

# ESTUDIO ESTADISTICO DE LAS ARENAS FERROTITANIFERAS DE LA COSTA NORTE DE LA ISLA WOOD, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

E. M. Gelós, J. O. Spagnuolo y A. O. Marcos

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis estadístico en base al tamaño de granos de los sedimentos que se encuentran en un tramo de la costa norte de la isla Wood en la bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.

La costa ha sido dividida en cuatro sectores: llanura de marea, playa, espaldón y médano. En cada sector se analizan la moda, mediana, media, desviación estándar, asimetría, curtosis y percentil 1 (C).

Los mismos parámetros se analizan para cinco perforaciones y algunos perfiles de barranca realizados en el área de estudio.

Los resultados permiten destacar los rasgos característicos de la zona costera de esta isla, los cuales pueden ser aplicados al estudio de otras áreas similares en las restantes islas de la bahía Blanca.

## ABSTRACT

A statistical analysis is performed based on the grain size of the sediments found in a tract of the northern coast of the Wood island in the Blanca bay, province of Buenos Aires.

The same data are analyzed on sediments from five saepholes and from some cliff profiles done in the studied area.

The results allow us to bring out the characteristic features of the coastal zone of the island. Those features can be applied to the study of similar zones on the remaining island of the Blanca Bay.

## INTRODUCCION

Se realiza el análisis granulométrico y el estudio de los parámetros estadísticos de los sedimentos de un sector de la costa norte de la isla Wood. Allí se observó la presencia de concentraciones de minerales ferrotitaníferos en forma de delgadas láminas oscuras en sectores de la playa.

Se consideró de interés realizar un estudio piloto en dicho sector con el objeto de establecer pautas comparativas entre el comportamiento granulométrico de las arenas existentes en los ambientes insulares de la bahía y de las costas bonaerenses aledañas.

## ANTECEDENTES

No se conocen trabajos específicos para este sector. Pueden citarse estudios similares efectuados por Angelelli *et al.* (1964, 1966), Mazzoni (1978) y Spalletti *et al.* (1979) para distintos sectores de la costa bonaerense.

## Ubicación y fisiografía

La isla Wood, también llamada isla Monte, se encuentra ubicada en la bahía Blanca, limitada al norte por la bahía Falsa y al sur por la bahía Verde. Tiene un largo aproximado de 10 km y un ancho

máximo de 3 km, orientándose su eje mayor en dirección noroeste (véase figura 1).

La isla es llana y está rodeada por un extenso cangrejal de naturaleza limo-arcillosa, lo que dificulta el acceso a la misma. La vegetación la constituyen pastizales y plantaciones de árboles. Se observan cordones medianosos bajos en sectores de la costa emergida y pequeñas barrancas erosionadas por acción de las mareas.

## MORFOLOGIA DEL AREA ESTUDIADA

El sector de playa estudiado tiene aproximadamente dos kilómetros de extensión y ocupa la porción central de la costa norte. En el mismo pueden reconocerse cuatro elementos geomorfológicos: a) llanura de marea (zona inundable por mareas); b) playa; c) espaldón; d) médano

Las características de cada geoforma son las siguientes:

a) *Llanura de marea*: Es una zona plana y extendida, predominantemente fangosa y en partes más firme por presencia de arena; su ancho máximo en bajante alcanza los 500 m. Mantiene humedad permanente y retiene agua de mar en pequeñas depresiones, manifestándose en partes la presencia de vegetación halófila. La pendiente es muy suave en relación con la del sector de playa por lo que el límite entre ambas se marca en forma

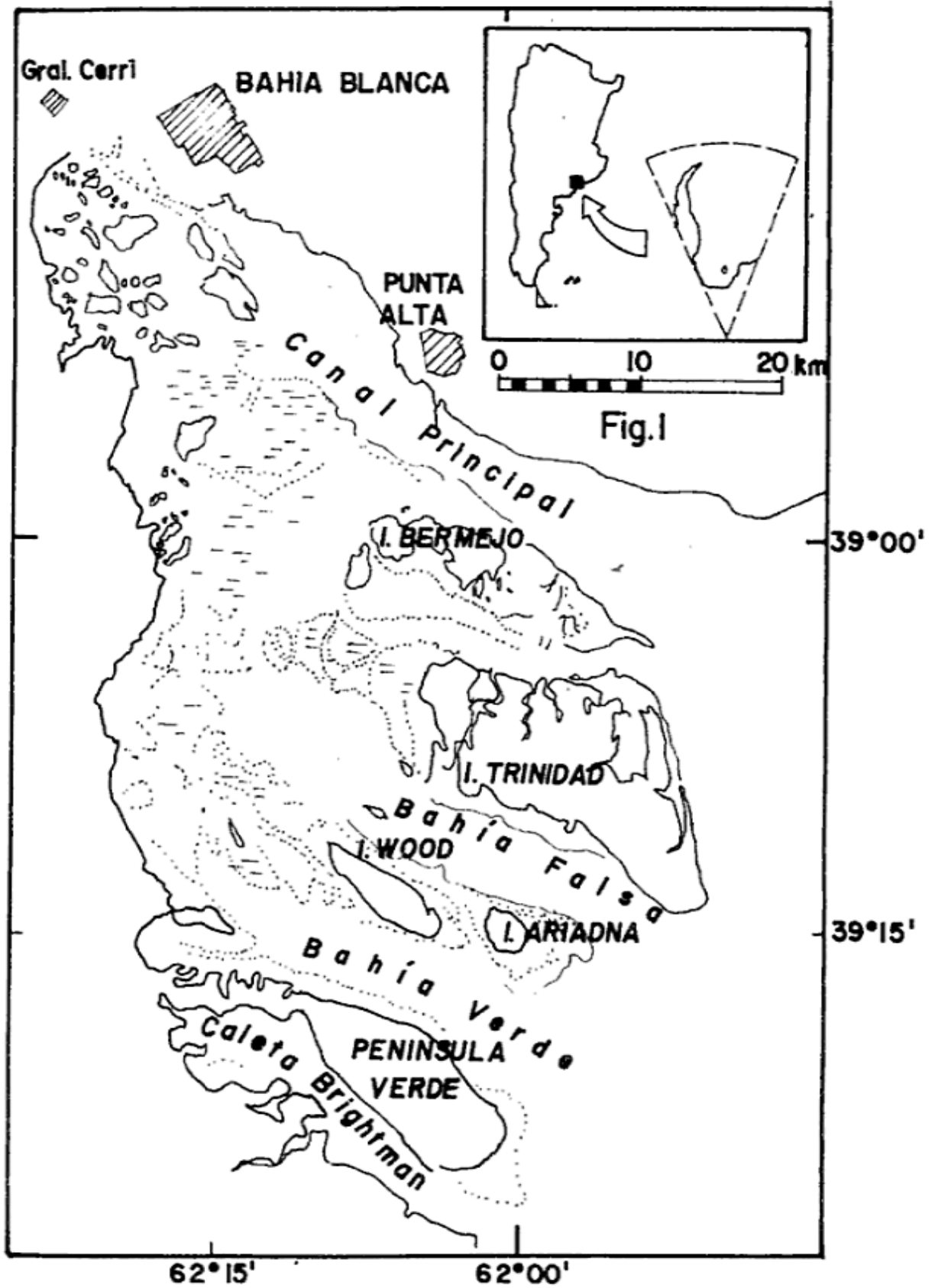


Figura 1: Ubicación de la isla Wood en la bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.

bien definida. Se advierte la presencia de ondulitas de pequeña amplitud.

b) *Playa*: Es de carácter arenoso, en partes con cantidades apreciables de conchillas y guijarros. Desde el borde de berma, que marca el límite con espaldón, presenta una pendiente bastante pronunciada. El ancho varía entre los 15 y 25 m, aumentando hacia el este, donde el gradiente disminuye y la berma tiende a desaparecer.

c) *Espaldón*: Es una franja arenosa cuyo ancho, que aumenta hacia el este, oscila entre 10 y 20 m. Culmina en una barranca cuya altura varía entre 2 y 3,50 m, constituida por un material loesoide bien consolidado, de posición horizontal, que aflora discontinuamente. Pueden observarse sectores con franjas oscuras de minerales ferrotitaníferos más o menos paralelos, constituidas por delgadas láminas de entre 3 a 5 mm de espesor.

d) *Médano*: Son en general bajos y fijos observándose dos líneas; la primera se asienta sobre la culminación del espaldón y la segunda hacia el interior a aproximadamente 200 m de distancia. Estos cordones bastante continuos, se interrumpen en parte en dirección este.

## TOMA DE MUESTRAS

Se procedió a un muestreo sistemático con las siguientes características:

a) se trazaron 15 perfiles perpendiculares a la línea de costa, con una equidistancia de alrededor de 100 m. (véase figura 2).

b) En la mayoría de los mismos se tomaron ocho muestras, cuatro de superficie y cuatro a 0,50 m de profundidad, representativas de las cuatro geoformas que se reconocieron en el sector. Se obtuvieron así 104 muestras. Deben agregarse además 11 obtenidas de los perfiles de barranca y otras 6 tomadas con un extractor de mano tipo Hélix en el área interna a aproximadamente 100 m de la costa.

Las muestras se trataron en laboratorio para su posterior estudio mediante los métodos rutinarios. Para el tamizado se utilizó una columna de tamices norma Tyler calibrada con un intervalo de 1/2 phi.

En las muestras con más del 10 % de fracción fina se procedió a su separación mediante el método de la pipeta hasta el grado 9 phi.

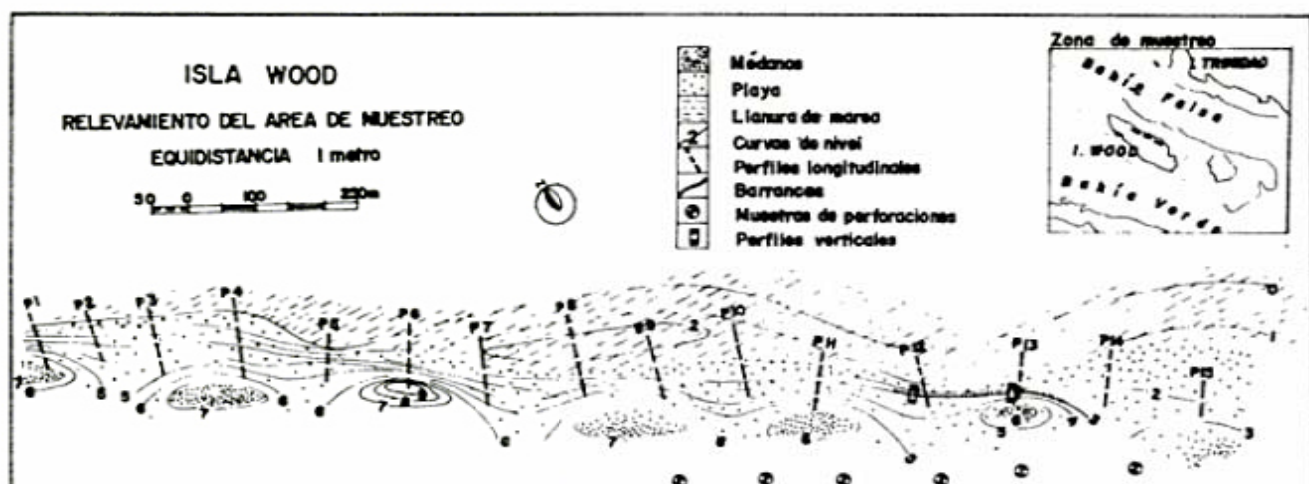


Figura 2: Ubicación de los perfiles y puntos de muestreo.

Con los datos obtenidos se trazaron las curvas acumulativas y se procesaron para la determinación de los parámetros estadísticos.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y ESTADÍSTICO

Este análisis se llevó a cabo sobre 117 muestras correspondientes al sector costero, los perfiles de barranca y las perforaciones.

Para la determinación de los parámetros estadísticos se siguió la metodología propuesta por Folk y Ward *et al.* (1957), Folk (1966) y Mazzoni (1978). En los cálculos se utilizó el programa desarrollado por Mouzo *et al.* (1974), usándose para tal fin una computadora Hewlett Packard 2100-A.

#### Moda - Histogramas

La interpretación de la frecuencia de tamaño del grano se efectuó mediante histogramas, siguiendo las normas generales expuestas al respecto por Krumbein *et al.* (1948).

En el cuadro I se agrupan las muestras de acuerdo al tipo modal:

Cuadro I: Distribución general de las modas

Tipo de moda	Cantidad de muestras	Porcentaje
Unimodales	56	47,86
Bimodales	28	23,93
Polimodales	33	28,20

Se observa que los tipos bimodal y polimodal superan en su conjunto a los unimodales, lo que estaría señalando un comportamiento inverso al atribuido para sedimentos costeros de playa por diversos autores (Udden, 1914; Pettijohn, 1949; Mazzoni, 1978 y Spalletti *et al.*, 1979). Esta característica es más notable en los sectores de playa y espaldón. Este fenómeno parecería indicar la existencia de condiciones dinámicas particulares en la bahía Blanca, cuya influencia se haría sentir en la distribución de los sedimentos litorales de los ambientes insulares.

En el cuadro II se presenta la distribución de la cantidad total de las muestras que, dentro de cada tipo modal, corresponden a un determinado tamaño de grano; también se expresa en porcentaje cada uno de esos valores en cada columna. Esta distribución permite deducir los siguientes resultados:

Cuadro II: Distribución de la cantidad total de muestras de acuerdo al tipo de moda.

Tamaño de grano en (mm)	Cantidad de muestras															
	Unimodales		Bimodales				Polimodales									
	M <sub>1</sub>	%	M <sub>1</sub>	%	M <sub>2</sub>	%	M <sub>1</sub>	%	M <sub>2</sub>	%	M <sub>3</sub>	%	M <sub>4</sub>	%	M <sub>5</sub>	%
4.000					1	3,57	3	9,09	3	9,09	4	12,12	7	33,32	3	37,50
2.828																
2.00					3	10,71	1	3,03	7	21,21	2	6,06	5	23,80	1	12,50
1.414					10	35,70			1	3,03						
1.000	1	1,79	2	7,14	3	10,71	6	18,18	5	15,15	11	33,33	1	4,76		
0.707			1	3,57	3	10,71			3	9,09	5	15,15				
0.500			1	3,57												
0.354					3	10,71	4	12,12	11	33,33	7	21,21	5	23,80		
0.250																
0.177	36	64,29	15	53,57	3	10,71	13	39,39	1	3,03			1	4,76	1	12,50
0.125	16	28,57	6	21,43			5	15,15	2	6,06	3	9,09	1	4,76	2	25,00
0.088	2	3,57	1	3,57			1	3,03			1	3,03	1	4,76	1	12,50
0.063	1	1,79	2	7,14												
0.031																
0.016																
0.008																
0.004					2	7,14										

**Unimodales:** Total de muestras: 56. El 64,29 % de este tipo tiene su máximo principal en 0,177 mm. Teniendo en cuenta que los valores de las mezclas proximales muestran un marcado predominio hacia los extremos de los finos, se deduce que la moda está ubicada en el grado arena fina. En consecuencia los histogramas unimodales más frecuentes son aquellos que muestran una distribución asimétrica de las mezclas proximales hacia los valores más finos. En la figura 3 se ilustra un ejemplo de histograma de este tipo.

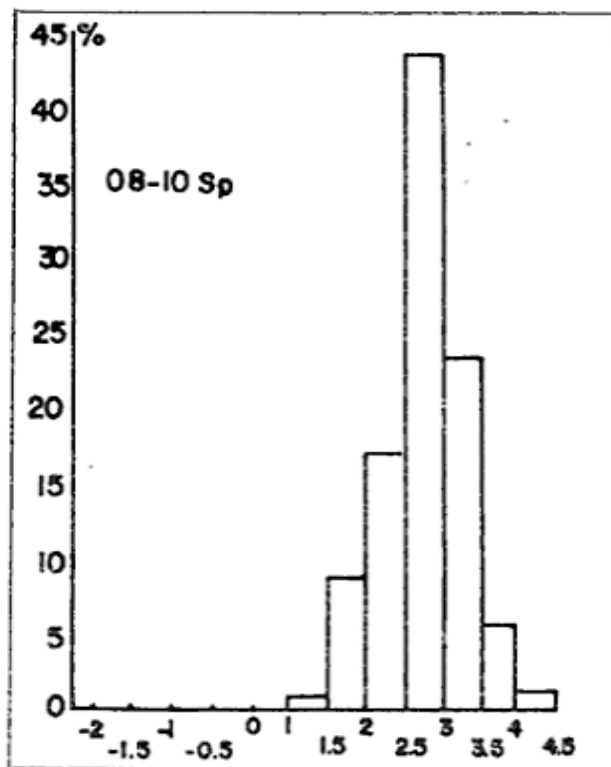


Figura 3: Ejemplo de histograma unimodal.

**Bimodales:** Total de muestras: 28. El máximo principal  $M_1$  corresponde al valor 0,177 mm, con un 53,57% de las muestras con muestras proximales en los grados más finos, se deduce que la moda principal se ubica en los grados arena fina a muy fina. El máximo secundario  $M_2$  predominante lo marca el 35,70% de las muestras en el valor 1,414 mm, con mezclas proximales y distales que tienden hacia los granos más finos,

lo que define a la moda secundaria como arena muy gruesa a gruesa. En consecuencia puede decirse que el carácter distributivo de las modas en este tipo, identifica una mezcla dominante de arena fina a muy fina con arena gruesa subordinada. Un ejemplo tipo de estos histogramas puede verse en la figura 4.

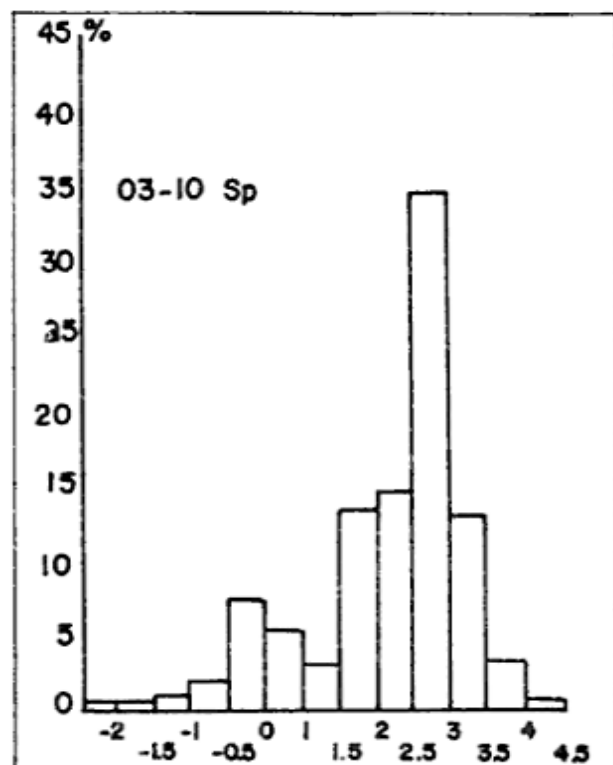


Figura 4: Ejemplo de histograma bimodal.

**Polimodales:** Total de muestras: 33. Estos histogramas son muy irregulares y pueden llegar a presentar hasta cuatro máximos secundarios. Sólo 13 muestras, correspondientes al 39,39 %, presentan su máximo principal  $M_1$  en el valor 0,177 mm con una tendencia de las mezclas proximales y distales hacia las fracciones más gruesas. Los máximos secundarios  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$ , y  $M_5$  se desplazan en orden sucesivo hacia las mezclas más gruesas. En consecuencia estos histogramas evidencian la presencia de mezclas muy variadas entre la moda principal, grado arena fina a mediana, y las modas secundarias que se ubican entre los grados arena muy gruesa a sábulo. Ver histograma tipo en la figura 5.

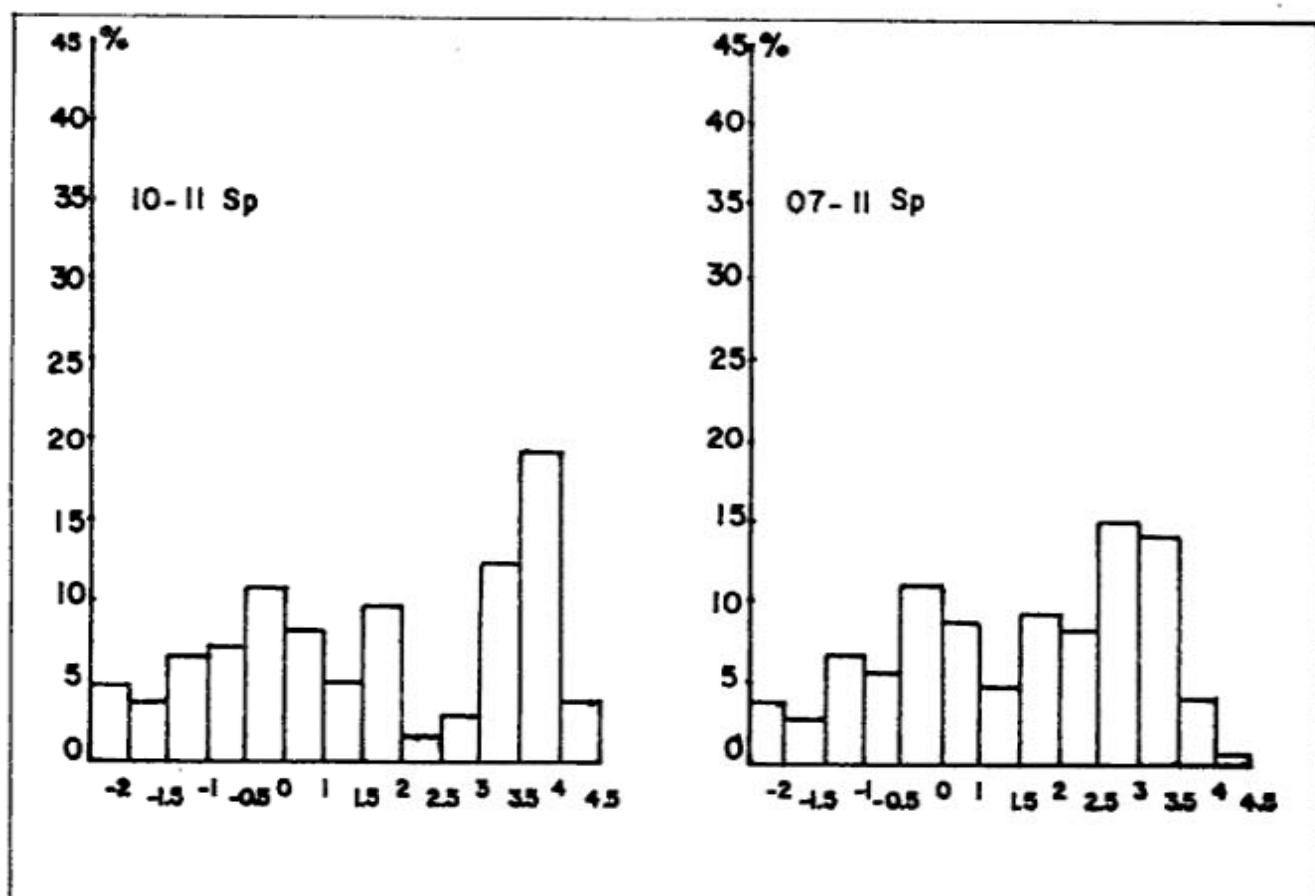


Figura 5: Ejemplos de histogramas polimodales.

*Análisis modal por sector*

Cuadro III: Distribución modal por sector.

Tipo de moda	Sector					
	LL. de marea	Playa	Espaldón	Médano	Perfor.	Perfiles
Unimodal	7	7	7	23	5	7
Bimodal	3	8	10	2	1	4
Polimodal	4	14	12	3		

**Llanura de marea: Total de muestras: 14.**

Las siete muestras *unimodales* presentan valores oscilantes entre 0,177 mm y 0,063 mm lo que ubica la moda en los grados arena fina a muy fina.

Las tres muestras *bimodales* tienen los valores de la moda principal entre 0,125 mm y 0,063 mm, mientras que la moda secundaria predominante se ubica en 0,004 mm; esto indica una mezcla entre arena muy fina y limo.

Las cuatro muestras *polimodales* presentan un comportamiento muy irregular, tanto en la moda principal como en la secundaria, si bien puede señalarse que dos de ellas poseen valores de su máximo principal en 0,177 mm y 0,088 mm; esto

podría indicar que la moda principal se ubica en el grado arena fina a muy fina, con mezclas de arena gruesa a sábulo, de acuerdo con una tendencia general al aumento del tamaño de grano en los máximos secundarios.

El análisis general del sector indica un comportamiento modal con predominio de los sedimentos finos para todos los tipos modales, apareciendo en forma muy subordinada los grados más gruesos como mezclas secundarias.

**Playa: Total de muestras: 29.**

De las siete muestras *unimodales*, seis corresponden a valores entre 0,177 mm y 0,125 mm, lo que indica una preponderancia para este sector de los grados arena fina a muy fina.

Seis muestras *bimodales* presentan sus máximos principales entre 0,177 mm y 0,088 mm y dos en 1,00 mm. Los máximos secundarios varían de 0,177 mm hasta 2,00 mm. Se deduce que la moda principal se agrupa en los grados arena fina a muy fina con mezclas en la moda secundaria entre los grados arena mediana a muy gruesa.

El rango de variación de los máximos principales de las 14 muestras *polimodales* varía dentro de un amplio margen, si bien seis de ellas corresponden al intervalo entre 0,125 mm a 0,177 mm y otras seis a valores entre 1,00 mm y 2,00 mm. Los máximos secundarios se distribuyen muy irregularmente, con una leve tendencia al predominio de los valores más gruesos. En consecuencia se trata de mezclas heterogéneas entre arenas finas a medianas con sedimentos de grado muy fino a sabulítico.

Un análisis general permite destacar el neto predominio de los tipos *polimodales* para este sector, circunstancia no frecuente en playas de características similares. El rango de variación de los grados del sedimento es también bastante amplio, si bien puede señalarse un cierto predominio de los grados arenosos con mezclas de sedimentos finos a muy gruesos.

#### *Espaldón*: Total de muestras: 29.

Las siete muestras *unimodales* tienen sus máximos entre 0,125 mm y 0,177 mm, indicando que la moda corresponde al grado arena muy fina.

Ocho muestras *bimodales* tienen su máximo principal en el valor 0,177 mm y las dos restantes en 0,125 mm. Los máximos secundarios oscilan entre 0,707 mm a 4,00 mm. Se deduce que la clase modal principal corresponde al grado arena fina a muy fina con mezclas de un rango de grado más amplio que varía de arena gruesa a sábulo.

Hay doce muestras *polimodales* de las cuales ocho tienen su máximo principal entre 0,125 mm y 0,177 mm. En cuanto a los máximos secundarios no poseen una tendencia clara de distribución aun cuando se evidencia un incremento del valor del tamaño. Se presenta en consecuencia una moda principal dominante en los grados arena fina a mediana con mezclas subordinadas con rangos variables desde arena mediana a sábulo.

El rasgo destacable de este sector es la preponderancia de los tipos *polimodales*. En las diferentes clases, la moda principal se ubica en los grados de arena fina a muy fina, con mezclas gruesas en los tipos *bimodales* y *polimodales*.

#### *Médano*: Total de muestras: 28

La clase *unimodal* tiene 23 muestras; 20 pertenecen al valor 0,177 mm y 3 al valor 0,125 mm. Corresponden por lo tanto a los grados arena fina a muy fina.

Hay sólo dos muestras *bimodales* que tienen sus máximos principales en los valores 0,177 mm y 0,125 mm respectivamente; el máximo secundario de ambas está en el valor 1,414 mm. Se trata entonces de grados arena fina a muy fina con mezclas de arena muy gruesas.

Las tres muestras *polimodales* presentan su máximo principal en el valor 0,177 mm con máximos secundarios que aumentan sucesivamente hacia los tamaños mayores. Esto indica mezclas del grado arena fina en la moda principal con grados de arena mediana a gruesa en las modas secundarias.

La característica general de este sector es el neto predominio de la clase *unimodal*, siendo el grado dominante en todas las clases el de arena fina a muy fina.

*Perfiles y perforaciones*: Las once muestras tomadas de los perfiles de la barranca existente en algunos tramos de la costa presentan el siguiente comportamiento modal: siete son *unimodales*, con valores entre 0,125 mm y 0,177 mm, pertenecientes por lo tanto a los grados arena fina a muy fina; las cuatro restantes son *bimodales* con valores que indican mezclas entre los grados arena fina y arena muy gruesa.

De las seis muestras de perforaciones, cinco son *unimodales* con valores entre 0,125 mm y 0,177 mm, es decir, se trata de arena fina a muy fina. Hay una única muestra *bimodal* que presenta una mezcla de arena fina con arena muy gruesa.

De los resultados expuestos surgen algunas consideraciones respecto al comportamiento de la moda que se resumen a continuación:

- Los máximos principales más frecuentes pertenecen a los valores 0,125 mm y 0,177 mm lo que indica un neto predominio de los grados arena fina a muy fina. Solamente en la llanura de marea se señala la presencia del grado limo.
- Los máximos secundarios de las clases *bimodal* y *polimodal* presentan valores que, en términos generales, se desplazan hacia los tamaños mayores, indicando mezclas gruesas con grados comprendidos entre arena mediana a sábulo.
- La clase *unimodal* predomina netamente en el sector *médano*, lo que indica una buena selección producto de la acción dinámica cólica con niveles de energía sin mayores variaciones.

- d) Las clases bimodal y polimodal dominan en los sectores de playa y espaldón. Teniendo en cuenta que estas clases indican una mezcla poblacional, su presencia en estos sectores estaría señalando variaciones dinámicas de los agentes de transporte y depositación, con alternancia de períodos de alta y baja energía.
- e) La distribución modal determinada, indicaría igualmente condiciones de depositación dependientes de las características del perfil costero que son: La llanura de marea extensa y de muy escaso desnivel; las zonas de playa y espaldón, estrechas y de pendiente más pronunciada y una zona de médanos bajos que, en algunos sectores, se elevan sobre la barranca que culmina al espaldón.

#### *Análisis de los parámetros estadísticos por sector*

Los resultados obtenidos del tratamiento estadístico de los datos para cada parámetro se tabularon para su análisis por sector. Los parámetros considerados son: mediana (Md), media (Mz), desviación estandar (StD), asimetría (Sk), curtosis (K) y percentil 1 (C).

Los valores de los parámetros en cada sector se discriminaron en aquéllos correspondientes a las muestras superficiales, que se identifican como Sp y las subsuperficiales tomadas a 0,50 m de profundidad para el mismo punto, que se identifican como Sb.

Se ha obviado la presentación de las tablas por no considerárselas estrictamente necesarias para la interpretación de los datos, pudiendo ser requeridos a los autores por los interesados.

#### **Mediana (Md)**

En la opinión de Folk *et al.* (*op. cit.*) este parámetro no tiene valor estadístico pues no define una tendencia valorable en la curva acumulativa en base a un solo punto de la misma. Por esta razón no se la analiza en forma detallada en este trabajo. De los valores obtenidos puede decirse que, en general, presentan un rango de variación muy amplio para la mayoría de los sectores, excepto para el médano, perfiles y perforaciones. El valor promedio para los distintos ambientes se ubica en el grado arena fina, no así para el sector playa donde corresponde al grado arena mediana.

#### **Media (Mz)**

Llanura de marea: Total de muestras: 14. Los valores extremos oscilan entre 0,19 a 5,57 con un promedio de 2,41 y una desviación de 1,47.

La tendencia de variación es similar para muestras Sp y Sb. La gran dispersión observada a partir del valor arena fina estaría vinculada a las características morfológicas y a las condiciones dinámicas que son: La gran extensión y escasa pendiente del sector que, durante un ciclo de marea normal, está sometido al avance y retroceso de las aguas. Durante la estoa de creciente, cuando queda totalmente cubierta, se produciría la depositación del material fino en suspensión, por disminución de la energía. La remoción y mezcla con partículas mayores tendría lugar en los períodos en los que el área es afectada por mareas extraordinarias o de tormenta, combinadas con un aumento en la intensidad, la capacidad de transporte y la competencia.

*Playa:* Total de muestras: 29. La gran variación de valores de este sector tiene como promedio 1,28, que corresponde al grado arena mediana. La dispersión es igualmente bastante alta pues el desvío es de 1,17. Los sedimentos Sp son más finos que los Sb, ya que el promedio respectivo es de 1,67 y 0,93 respectivamente. Los valores hallados no manifiestan una clara correspondencia con el ambiente, ya que la mencionada dispersión estaría indicando una tendencia a la mezcla de fracciones heterogéneas, con concentración de los grados más gruesos en subsuperficie. La morfología de la otra parte, la acción de mareas extraordinarias o de tormenta, capaces de cubrir de agua el sector, suministraría esporádicamente altos estados de energía para el transporte y depositación, que facilitarían las mezclas heterogéneas.

*Espaldón:* Total de muestras: 29. Los valores extremos oscilan entre 0,22 y 2,91, con un promedio de 1,92. La dispersión, indicada por un valor en la desviación de 0,85 es moderada. Las muestras Sp y Sb son muy similares, siendo estas últimas algo más gruesas. Las características morfológicas de este sector son semejantes a las de playa, con una pendiente algo menos pronunciada. La acumulación de sedimentos se produciría en parte por aporte eólico desde el médano costero; estos sedimentos serían mezclados y retrabajados con material aportado por el mar en momentos de mareas extraordinarias con muy alta energía. Una evidencia de tales tipos de mareas se manifiesta en la presencia de líneas de resaca halladas al pie del médano y las barrancas.

*Médano:* Total de muestras: 28. Los valores extremos oscilan entre 0,92 y 3,43, con un promedio de 2,33. Hay una baja dispersión medible por una desviación de 0,43. No hay diferencias aprecia-



bles entre las muestras Sp y Sb, si bien estas últimas son algo más gruesas. Se trata de sedimentos bien seleccionados, cuyo transporte y depositación se vincularían a la dinámica eólica.

**Perfiles y perforaciones:** Total de muestras: 11 y 6 respectivamente. El valor promedio para los perfiles es de 2,65 y el desvío de 0,45; mientras que para las perforaciones es de 2,52 y 0,14.

En consecuencia predomina el grado arena fina para estos sedimentos, cuyo alto grado de selección estaría indicando un origen eólico para estos depósitos.

#### Desviación estandar (StD)

**Llanura de marea:** Este sector muestra características de selección muy variables. El 42,9 % de las muestras son moderadamente seleccionadas, el 35,7 % pobremente seleccionadas y el 21,4 % muy pobremente seleccionadas. La tendencia a las bajas selecciones estaría indicando que los agentes dinámicos actuantes son de baja capacidad selectiva por lo que facilitan la mezcla poblacional. Las características apuntadas son similares para las muestras Sp y Sb.

**Playa:** También aquí se advierte una amplia variabilidad del grado de selección. Un 55 % de las muestras son muy poco seleccionadas mientras que las restantes se distribuyen en porcentajes variables entre moderadamente a bien seleccionadas. Aquí también la acción dinámica se presenta como poco efectiva como agente selectivo, si bien tienden a mejorar dichas condiciones. El comportamiento es similar en las muestras Sp y Sb.

**Espaldón:** En este sector el 48,3 % de las muestras son poco seleccionadas; las restantes tienen porcentajes variables desde moderadamente a bien seleccionadas. En consecuencia se repiten las condiciones señaladas para el sector playa en cuanto a la dinámica selectiva.

**Médano:** Los más altos porcentajes corresponden a los grados moderadamente bien seleccionado, con un 42,9 % y bien seleccionado con un 35,7 %. Los valores Sp indicarían un aumento de la selección en superficie ya que se observa que el total de las muestras se distribuye entre moderadamente bien seleccionadas (42,9 %) a bien seleccionadas (57,1 %). La condición de buena selección determinada en este sector podría atribuirse a la acción dinámica eólica.

**Perfiles y perforaciones:** En los primeros el mayor porcentaje corresponde a las moderadamente bien seleccionadas con un 63,6 % y porcentajes variables hacia las poco seleccionadas que tienen un 18,2 %. Esto marcaría una cierta

variación en las condiciones dinámicas de transporte y depositación para los distintos horizontes del perfil. En cuanto a las perforaciones hay un 66,7 % de muestras bien seleccionadas y un 33,3 % de moderadamente bien seleccionadas, lo que indicaría acción dinámica semejante a la del sector de médanos.

#### Asimetría (Sk)

**Llanura de marea:** Se presentan todos los tipos de asimetría con un máximo del 35,7 % en el tipo casi simétrico; en el muy negativo el promedio es de 21,4 % y en el negativo de 14,3 %. Tal característica señala que las "colas" determinan mezclas gruesas a muy gruesas. Esto es particularmente notable en las muestras Sb donde el tipo muy negativo alcanza el 42,9 %.

**Playa:** También aquí se manifiestan todos los grados de asimetría, con un valor máximo de 31 % para el tipo positivo y de 27,7 % para el casi simétrico. Puede decirse que en este caso las mezclas corresponden al tamaño mediano con "colas" finas y gruesas. En las muestras Sb hay un aumento de los tipos que incluyen "colas" gruesas a muy gruesas.

**Espaldón:** Hay una cierta preponderancia del tipo muy negativo con un 37,9 %, observándose una disminución gradual hacia valores muy bajos en el tipo muy positivo con sólo 3,4 %. En consecuencia predominan las mezclas muy gruesas en particular para los sedimentos Sp donde el tipo muy negativo alcanza un 57,2 %.

**Médano:** El 46,6 % es casi simétrico, con un 25 % de tipo negativo y un 14,3 % de tipo positivo. Se marca así una cierta tendencia hacia las "colas" gruesas, si bien hay un carácter algo más equilibrado en las mezclas.

**Perfiles y perforaciones:** Los mayores porcentajes en los perfiles corresponden al tipo positivo con un 45,4 % y casi simétrico con un 36,4 %; lo que revela que las mezclas se apartan escasamente del tipo normal. En cuanto a las perforaciones el tipo casi simétrico alcanza el 66,7 % y el positivo el 33,3 %, lo que está indicando un carácter homogéneo para las "colas" de mezcla.

#### Curtosis (K)

**Llanura de marea:** Los tipos meso y leptocúrticos son predominantes con un 28,6 % cada uno. Los muy platicúrticos y muy leptocúrticos igualan también sus valores respectivos con un 21,4 %. Tales características indicarían para este sector condiciones dinámicas variables en el agente de depositación, lo que se refleja en las diferentes

frecuencias de tamaños de granos. Es dable suponer que los movimientos de marea tienen velocidades muy variables lo que determina condiciones energéticas que dificultan una buena selección.

**Playa:** La mayor cantidad de muestras se distribuyen entre los tipos leptocúrticos con el 37,9 % y platicúrtico con el 24,1 %; sólo las muestras Sb muestran una tendencia al tipo muy leptocúrtico con un 21,4 %. Las consideraciones dinámicas para este sector, si bien son similares a las de la llanura de marea, parecerían indicar una mayor influencia eólica, particularmente en aquellas circunstancias en que la marea muy baja permite que el sedimento de playa pierda humedad y sea removido por el viento.

**Espaldón:** Se advierte un predominio del tipo leptocúrtico con un 48,3 %. Por su parte las muestras Sp dividen su mayor porcentaje entre los tipos leptocúrtico con un 35,7 % y platicúrtico con el 28,6 %. Las condiciones dinámicas podrían interpretarse como semejantes a las del sector anteriormente descrito, si bien es probable que se manifieste una mayor influencia de la acción eólica, tanto en el aporte de sedimento a partir del médano vecino, como en la circulación en el espaldón que permanece habitualmente seco.

**Médano:** Predomina el tipo leptocúrtico con un 53,6 %. En las muestras Sp hay una variación hacia el tipo mesocúrtico, mientras que en las Sb es hacia el tipo muy leptocúrtico. Es de destacar que la tendencia a una fuerte acumulación de la curva puede tener una directa relación con la dinámica eólica que, en este sector, opera como agente de transporte y depositación.

**Perfiles y perforaciones:** Teniendo en cuenta que el 90,9 % de las muestras de perfiles y el 100 % de las perforaciones son del tipo leptocúrtico, se puede considerar que en ambos ambientes reinaron condiciones dinámicas similares y muy homogéneas.

#### Porcentil 1 (C)

Con el objeto de determinar la competencia del agente de transporte en relación con el tamaño de

grano, se efectuó la determinación de este parámetro que fue introducido por Passega (*op. cit.*). Los valores obtenidos se muestran en el cuadro IV. (Al pie de la página.)

Los valores promedio negativos indican alta competencia en los sectores de llanura de marea, playa y espaldón. Las colas más gruesas se observan en la playa, debido probablemente a la concentración de clastos sabulíticos y bioclastos como consecuencia de mareas de tormenta.

En el sector de médano el valor promedio es más bajo, lo que destaca el carácter poco competente del agente eólico.

Las muestras de perfiles y perforaciones presentan valores muy homogéneos y bajos, señalando la acción de agentes poco competentes durante su depositación. Esto puede deducirse asimismo de las características de dichos sedimentos, ya que se trata de muestras de tipo loesoide y arenosas de posible origen eólico.

Por otra parte se observa que las muestras Sp definen una menor competencia del agente de transporte por cuanto sus valores son siempre algo menores que los Sb. Se exceptúa el sector de playa donde posiblemente la concentración de sedimentos más gruesos es favorecida por la mayor pendiente.

#### CONSIDERACIONES FINALES

Del análisis estadístico realizado surgen algunas consideraciones que se detallan a continuación.

##### Moda

Permite destacar algunas características definidas en la distribución de la frecuencia de peso.

En primer lugar hay que señalar un hecho que no es común para las arenas de playa. Según diversos autores (Udden, *op. cit.*; Pettijohn, *op. cit.*; Mazzoni, 1978 y Spalletti *et al.*, *op. cit.*), los histogramas de los sedimentos de playa son casi exclusivamente unimodales. En este estudio se ha determinado que están subordinados a la suma

Cuadro IV: Valores del Porcentil 1 (C).

Sector	Promedio general	Promedio Sp	Promedio Sb	Valores Extremos	$\sigma_{n-1}$
LL. de marea	-0,27	-0,13	-0,40	-2,27 a 1,68	1,39
Playa	-1,15	-0,83	-1,46	-3,50 a 1,32	1,41
Espaldón	-0,68	-0,32	-1,03	-2,29 a 1,85	1,35
Médano	0,43	1,06	-0,21	-2,20 a 2,32	1,33
Perfiles	0,90	-	-	-0,25 a 1,39	0,55
Perforaciones	0,87	-	-	-0,52 a 1,32	0,69

total de los bimodales y los polimodales. Esta tendencia es particularmente destacable en los sectores de playa y espaldón, ya que en la llanura de marea se presenta una distribución más equilibrada. Esta característica hace suponer que en la bahía Blanca existirían condiciones hidrodinámicas particulares que harían sentir su influencia en la distribución de los sedimentos costeros de los ambientes insulares allí presentes.

La frecuencia modal en los distintos sectores es la siguiente:

- a) Llanura de marea: Arena muy fina a fina con mezclas tanto de limo como de arena gruesa.
- b) Playa: Arena fina a muy fina con mezclas desde gruesas a sabulítica.
- c) Espaldón: Distribución similar a la de playa.
- d) Médano: Arena fina con mezclas muy subordinadas de arena gruesa a sabulítica.

Las muestras de los perfiles y las perforaciones son composicionalmente muy similares con un valor promedio en el tamaño de grano que corresponde al grado arena fina. Sin embargo en el análisis detallado de los perfiles pueden apreciarse horizontes de distinta granulometría, desde limosos de características loesoides, hasta francamente arenosos finos, más o menos estratificados, con conchillas en algunos niveles. Se trataría de depósitos holocenos de tipo litoral. Los sedimentos de las perforaciones, por presentar características similares, representarían idénticos niveles.

### Media

Según diversos autores (Folk, *op. cit.*; Sahu, 1964; Folk *et al.*, *op. cit.*) este parámetro sirve para determinar el tamaño medio o frecuencia

media del sedimento y la relación existente entre la fuente de aporte y el ambiente deposicional en función de la energía cinética promedio de los agentes de transporte.

La llanura de marea presenta un alto valor promedio de sedimentos finos con escasa mezcla de materiales más gruesos. Esto indicaría que las condiciones normales del ambiente son de baja energía con capacidad del agente áqueo para movilizar solamente sedimentos finos; los mismos se depositarían durante la estoa de pleamar. Los materiales gruesos serían aportados durante las mareas de tormenta, cuando la energía del medio se incrementa, aumentando así la capacidad de movilizar los materiales gruesos posiblemente a partir del ambiente de playa y espaldón.

En los sectores de playa y espaldón, que son más estrechos y de mayor pendiente, asociados a condiciones de energía variable, se facilitaría el aumento del tamaño del grano, depositándose arenas desde finas a medianas, con mezclas gruesas en las clases bimodales y polimodales. Es probable que aquí se vinculen condiciones de energía áqueo-eólicas.

Las arenas de los médanos se ubican en el grado fino. Este ambiente, predominantemente eólico, muestra condiciones de energía uniformes y posiblemente bajas en general. Tal característica se evidenciaría en la ausencia de mezclas gruesas y en la homogeneidad granulométrica del ambiente.

Se ha confeccionado un mapa donde se han volcado los valores promedio de la media para cada lugar de muestreo (muestras Sp y Sb). En el mismo puede apreciarse la vinculación existente entre dichos valores y la distribución de las geofomas del área estudiada. (véase figura 6).

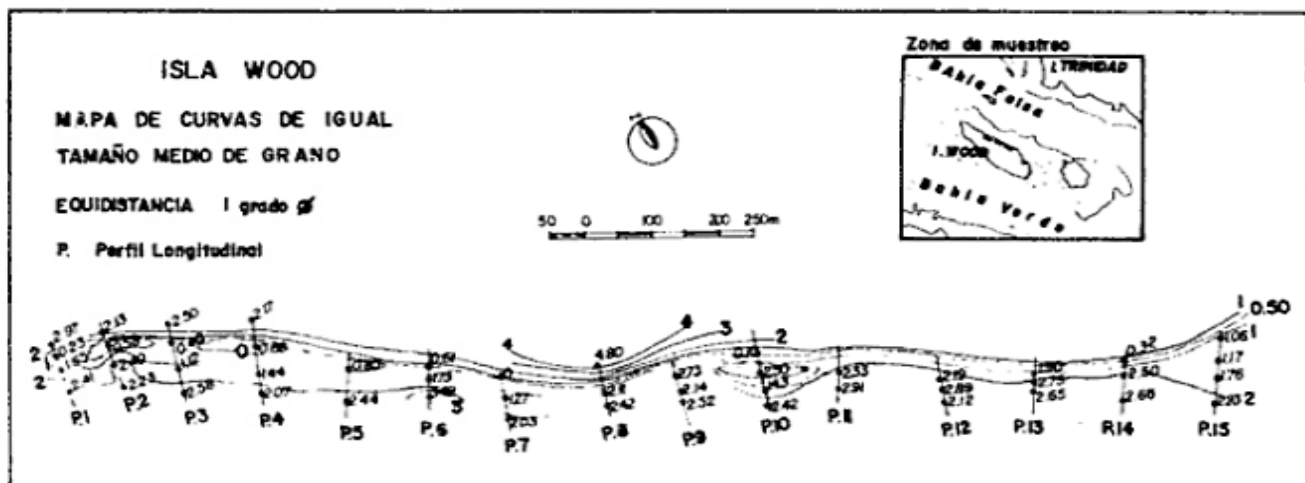


Figura 6: Curvas de igual tamaño de grano.

### Desviación estandar

Denominada también coeficiente de selección por Folk *et al.* (*op. cit.*) fue interpretada como un indicador de la fluidez del medio de transporte y sedimentación (Spalletti, 1980) y de las fluctuaciones de velocidad del agente depositante en relación al valor medio (Sahu, *op. cit.*).

En la figura 7 puede apreciarse que la mejor selección corresponde al sector médano, donde el agente eólico manifiesta una mayor fluidez y escasas fluctuaciones energéticas. La más baja selección puede advertirse en los sectores de playa y espaldón, que son afectados por lo común por mareas extraordinarias de alta energía; por su parte la acción eólica, de baja energía, dado que no opera en forma continua y exclusiva, no tiene posibilidades de mejorar la selección. El resultado de esta acción de agentes energéticos variables en velocidad y fluidez, determina la mezcla de sedimentos finos y gruesos y la pobre selección de los mismos.

### Asimetría

Este parámetro permite discriminar la variación en la distribución de frecuencias con respecto a la distribución normal. Según Sahu (*op. cit.*) puede representar fluctuaciones en la velocidad de corriente, entre valores máximos para las asimetrías negativas y mínimos para las positivas.

En la figura 7 se muestran estas variaciones para los distintos sectores del área estudiada.

Las arenas de médano son casi exclusivamente del tipo casi simétrico, con una tendencia muy subordinada a las asimetrías negativas. Es probable que esta característica se asocie no tanto a la competencia del agente actuante y sus fluctuaciones, sino más bien a la presencia de una fracción algo más gruesa original de difícil remoción por la acción eólica actual.

Las arenas de espaldón muestran una tendencia definida a las asimetrías negativas. Esto podría interpretarse como la consecuencia de la mezcla poblacional gruesa y fina, producto de la acción combinada de los agentes ácuo, a partir de mareas extraordinarias, y eólico.

Las arenas de playa por su parte manifiestan carácter simétrico a positivo, mientras que en la llanura de marea se presentan decididamente positivas. Esta característica señalaría una disminución en la energía del agente ácuo hacia las bajas velocidades en el sector de llanura de marea, donde se produciría la depositación de los sedimentos más finos principalmente. Es posible

considerar la hipótesis de que originalmente los materiales finos superen volumétricamente a los gruesos en el ambiente de la bahía; por esta razón las corrientes de marea dispondrían principalmente de materiales finos para su depositación en los sectores de playa y llanura de marea.

### Curtosis

Este parámetro se ha utilizado para medir el grado de acuminación de la curva normal. Según Folk (*op. cit.*) permite calcular la extensión de la distribución de la parte central de la curva y la extensión de las fracciones marginales.

En la figura 7 se pueden observar las variaciones de este parámetro para los distintos sectores.

Las arenas de médano son decididamente leptocúrticas. En los sectores de espaldón y playa hay también un mayor porcentaje de tipo leptocúrtico, con un incremento de los platicúrticos. La llanura de marea presenta una distribución equilibrada entre los tipos leptocúrticos y mesocúrticos e igual característica para los muy leptocúrticos y muy platicúrticos.

En general no se aprecian tendencias claras que puedan definirse mediante este parámetro, como lo han manifestado otros autores.

### Porcentil 1

Passega (*op. cit.*) define este parámetro como un indicador de la competencia del medio de transporte. Su análisis nos permite considerar que en el área estudiada se puede comprobar la acción de dos tipos de agentes.

En el sector de médanos ha actuado principalmente el agente eólico poco competente, facilitando el transporte y depositación de arena fina.

En los sectores de espaldón, playa y llanura de marea el transporte y la depositación están definidos por el agente ácuo, posiblemente en condiciones hidrodinámicas particulares y energéticas variables, para regímenes de mareas normales y mareas extraordinarias o de tormenta. En el sector de espaldón posiblemente se asocie la acción del viento a la del agua, determinando la presencia de un sedimento de mezcla característico.

En base a las consideraciones detalladas que se han formulado precedentemente se puede postular la siguiente hipótesis general sobre la relación existente entre las características granulométricas de los sedimentos presente en el área y la acción dinámica que ha producido su dis-

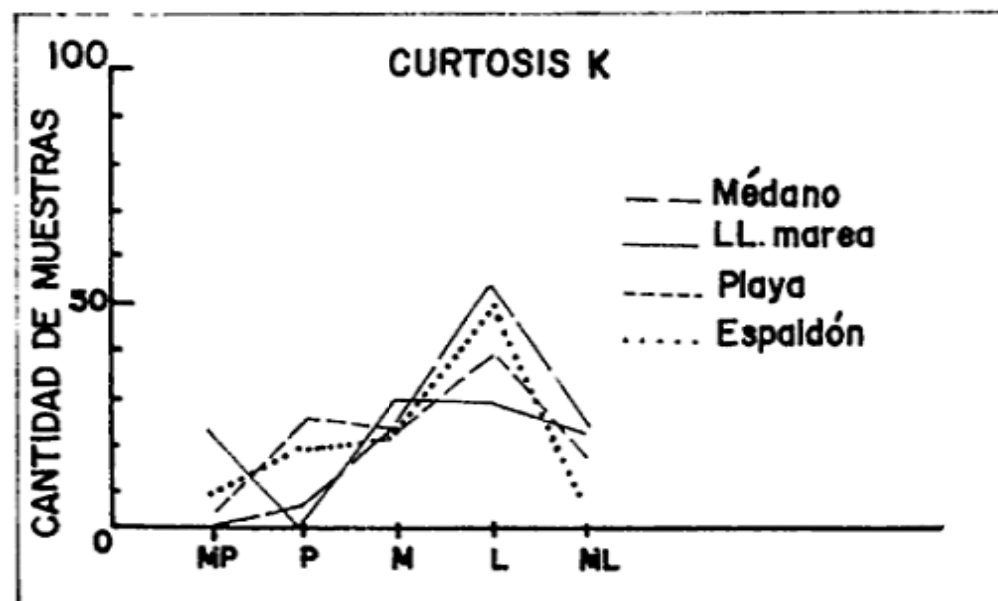
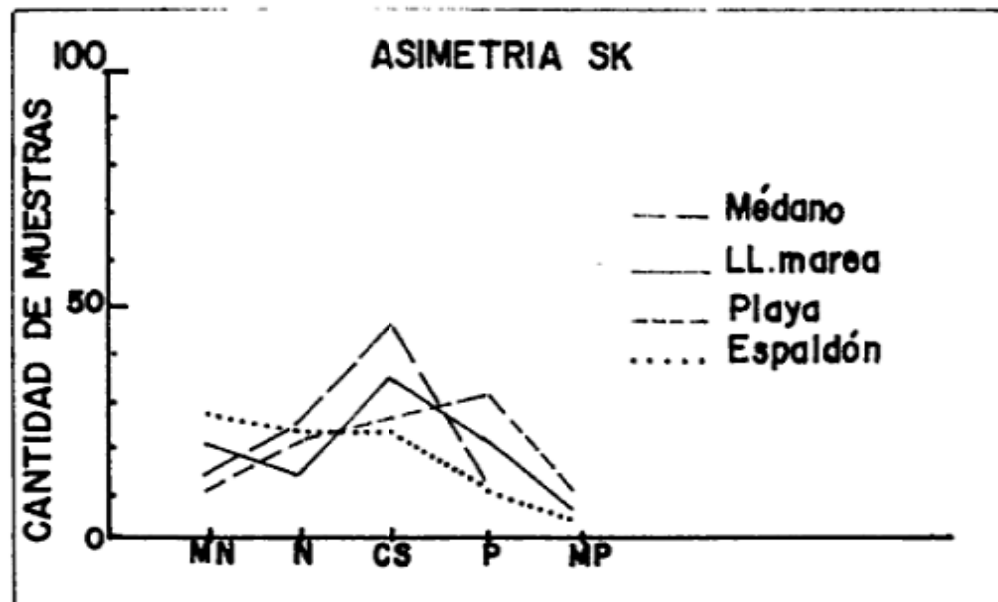
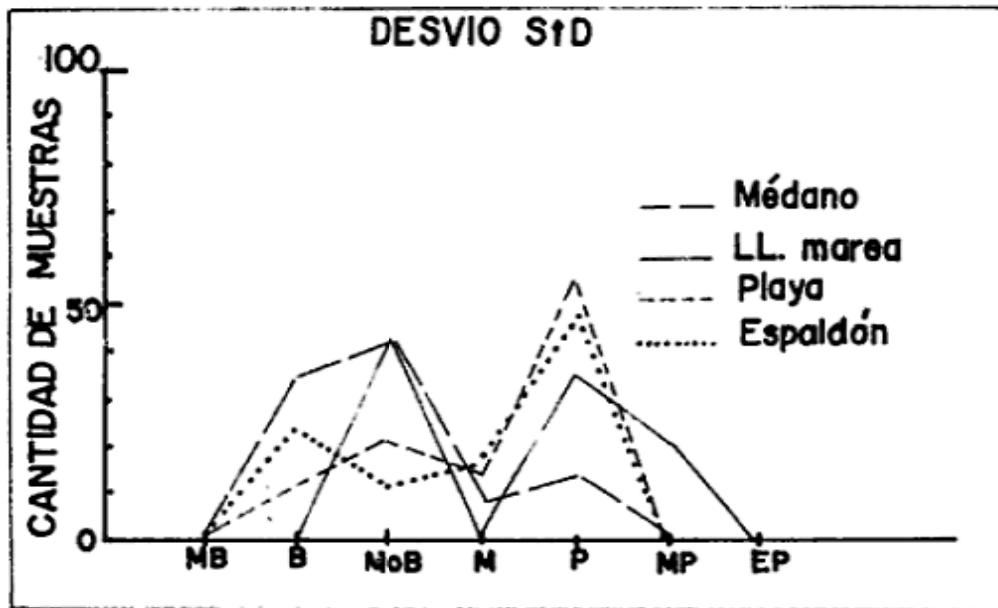


Figura 7: Representación de los parámetros estadísticos.

tribución. Una comparación entre los sedimentos Sp y Sb para los distintos parámetros considerados, evidenciaría una tendencia de variación en las condiciones energéticas de los agentes eólico y álcico en tiempos actuales. Efectivamente, las muestras Sp en casi todos los sectores tienden a ser algo más finas, lo que llevaría a suponer que actualmente los agentes dinámicos han disminuído su energía facilitando su permanencia y una mayor condición de mezcla entre éstos y los más gruesos.

### CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido caracterizar el comportamiento sedimentológico en los sectores determinados para el área costera de la isla Wood. Si bien se trata de una zona de extensión limitada, sus características morfológicas y sedimentológicas son similares a las existentes en áreas litorales de los ambientes insulares de la bahía Blanca. Esto hace que los resultados obtenidos puedan servir como valores de base de comparación en posteriores estudios que pudieran efectuarse en dichos ambientes, así como en las áreas costeras continentales que limitan la mencionada bahía.

### AGRADECIMIENTOS

Al Lic. J. Kostanidoff del IADO, que reconoció por primera vez el área estudiada, sugiriendo la posibilidad e interés de su estudio.

Al personal profesional y técnico del IADO que colaboró en las tareas de campaña y de laboratorio.

Al técnico Sr. W. Melo del IADO por las ilustraciones del presente trabajo.

### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

ANGELELLI, V. y E. CHAAR, 1964. Las arenas de la bahía San Blas, su investigación por minerales de hierro, titanio y circonio. CNEA N° 122, (inéd.), Buenos Aires.

—, 1966. Los depósitos de titanomagnetita, ilmenita y circonio de la bahía San Blas (tramo Baliza La Balena - Faro Segundo Barranca), partido de Carmen de Patagones, provincia de Buenos Aires. CNEA N° 122, (inéd.), Buenos Aires.

FOLK, R. y W. WARD, 1957. Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameter. Jour. Sed. Petr., 27 (1): 3-26.

—, 1966. A review of grain size parameter. Sedimentology (6), 73-93, Elsevier.

KRUMBEIN, W., y F. PETTIJOHN, 1948. Manual of Sedimentary Petrography. Ed. Appleton, Century Crofts Inc., New York.

MAZZONI, M., 1978. El uso de medidas estadísticas texturales en el estudio ambiental de arenas. Rev. Mus. La Plata, Obra Centenario, (IV) Geol.: 179-203, La Plata.

MOUZO, F. y E. FERNANDEZ, 1974. Programación FORTRAM para cómputos de parámetros estadísticos en sedimentología. Asoc. Min. Petr. Sed., Rev., V (3-4): 73-74, Buenos Aires.

PASSEGA, R., 1957. Texture as characteristic of clastic deposition. Am. Asoc. Petr. Geol. Bull., 41: 1952-1984, Tulsa.

PETTIJOHN, F., 1949. Sedimentary rocks. Ed. Harper & Brothers, New York.

SAHU, B., 1964. Depositional mechanism from the size analysis of clastic sediments. Jour. Sed. Petr., 34 (1): 73-83.

SPALLETTI, L. y M. MAZZONI, 1979. Caracteres granulométricos de arenas de playa frontal, playa distal y médano del litoral bonaerense. Asoc. Geol. Arg., Rev., XXXIV (1): 12-30, Buenos Aires.

—, 1980. Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas. Asoc. Geol. Arg., Serie B Didáctica y Complementaria, N° 8, Buenos Aires.

UDDEN, J., 1964. Mechanical composition of clastic sediments. Geol. Soc. Amer. Bull., V: 655-744, Boulder.

Recibido: 8 de agosto, 1985

Aceptado: 26 de mayo, 1987

EDGARDO M. GELOS  
JORGE O. SPAGNUOLO  
ANGEL O. MARCOS

Instituto Argentino de Oceanografía  
CONICET  
Av. Alem 53  
8000 Bahía Blanca