

**ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS EN
LA ZONA DEL PUERTO DE MAR DEL PLATA MEDIANTE EL
USO DE RADIOISOTOPOS**

Dr. César R. Cortelezzi*

Dr. Horacio Cazeneuve**

Lic. Manuel Levin***

Lic. Félix Mouzo****

SERIE II, Nº 174

- * Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones
Tecnológicas
- ** Facultad de Ciencias Naturales y Museo
- *** Comisión Especial de Física Atómica y Radioisótopos
- **** Servicio de Hidrografía Naval

INTRODUCCION

Sobre el Litoral Atlántico de la Provincia de Buenos Aires, en la zona donde el cordón de Sierras de Tandil desaparece bruscamente en el mar por un sistema de fallas, está ubicada la ciudad de Mar del Plata. La topografía de la región se destaca por una serie de afloramientos de areniscas cuarcíticas, atribuidas al Silúrico, que descansan sobre basamento cristalino, que no aparece en la zona. Sobre las areniscas, y en discordancia erosiva, se asienta un loess cuaternario. Todo el conjunto configura un relieve suave de colinas, no mayores de 150 m sobre el nivel del mar.

El Puerto de Mar del Plata, que es una construcción enteramente artificial, está ubicado en una ligera inflexión de la costa, entre dos grandes afloramientos de areniscas cuarcíticas que corresponden al Cabo Corrientes y a Punta Mogotes, en el lugar donde desemboca un pequeño arroyo, conocido como Arroyo del Barco.

Las construcciones portuarias datan de la década de 1920 y desde un principio contaron con dos escolleras de abrigo. Una escollera Norte, orientada del NW al SE, de 1 100 m de largo. La otra, la escollera Sur, de 2 750 m, de orientación SW-NE, quedando la entrada del Puerto limitada por las extremidades de ambas escolleras.

La construcción de tales obras ha modificado la dinámica de los sedimentos de la zona, produciendo un banco que se extiende a continuación del extremo de la escollera Sur, con dirección al N, y una alteración en el aporte de arena a las playas vecinas. Ambos factores son importantes, ya que afectan directamente a la utilidad del Puerto y a una gran zona balnearia, que es la de mayor turismo en la República Argentina.

La formación del banco, que aumenta progresivamente, constituye un grave inconveniente para el tráfico marítimo, que ha llegado a producir el cierre del Puerto, cuya entra-

da debe ser continuamente dragada, con la consiguiente incidencia económica que representan tales trabajos.

Hasta la fecha no teníamos un estudio de los sedimentos en la zona del Puerto que nos indicara el camino que seguían, influenciados por las construcciones mencionadas, ni que nos diera una explicación real de la formación del banco.

Objeto de este trabajo fué, por lo tanto, estudiar las condiciones sedimentológicas de la zona del Puerto, y el movimiento de las arenas a lo largo de una franja paralela a la costa, desde Punta Cantera hasta la desembocadura del Arroyo Camet, en una extensión de 15 km de largo, y hasta una distancia de unos 3 km mar adentro.

Elegimos para realizar esta tarea, el marcado de sedimentos mediante un isótopo radioactivo, considerando que es un método utilizado con éxito en distintos países (abecasis et al., 1962; Gibert, 1955, 1960; Gibert et al., 1960; Inman & Chamberlain, 1958; Jaffry & Hours, 1959), y además por ser de fácil aplicación en el caso de sedimentos arenosos.

Sólo se había realizado en nuestro país una experiencia de este tipo por los técnicos de la C.N.E.A. en la misma zona, pero en un área limitada entre la escollera Norte y Playa Grande (Lachica & Baró, 1963). Agradecemos al Dr. G. Baró y al Ing. F. Lachica por la colaboración prestada, suministrándonos los antecedentes de sus experiencias; al Ing. C. Oyarvide, de la Dirección del Puerto, por las facilidades que nos brindó durante la realización del trabajo, y a los Sres. J. M. Ricoy y U. Colado por su colaboración en las tareas de campaña.

Este trabajo se realizó con el auspicio de la Comisión Especial de Física Atómica y Radioisótopos (C.E.F.A.R.), Universidad Nacional de La Plata, Instituto Interuniversitario de Biología Marina (I.I.B.M.), Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas de la Provincia de Buenos Aires (L.E.M.I.T.) y el Servicio de Hidrografía Naval (S.H.N.).

METODO USADO PARA EL MARCADO DEL SEDIMENTO

Para el marcado del sedimento se eligió como nucleido

Ag 110, por la facilidad de su manipuleo y principalmente por su larga duración, de 273 días, como semi-período de desintegración y por tratarse al mismo tiempo de un emisor de radiación gamma de energía adecuada. Hemos seguido la técnica de marcado empleada por Cordeiro (1958). Para tal fin se eligió arena proveniente del dragado del banco, la cuál después de un cuarteo fué tamizada a fin de eliminar los fragmentos grandes de valvas de moluscos y rodados.

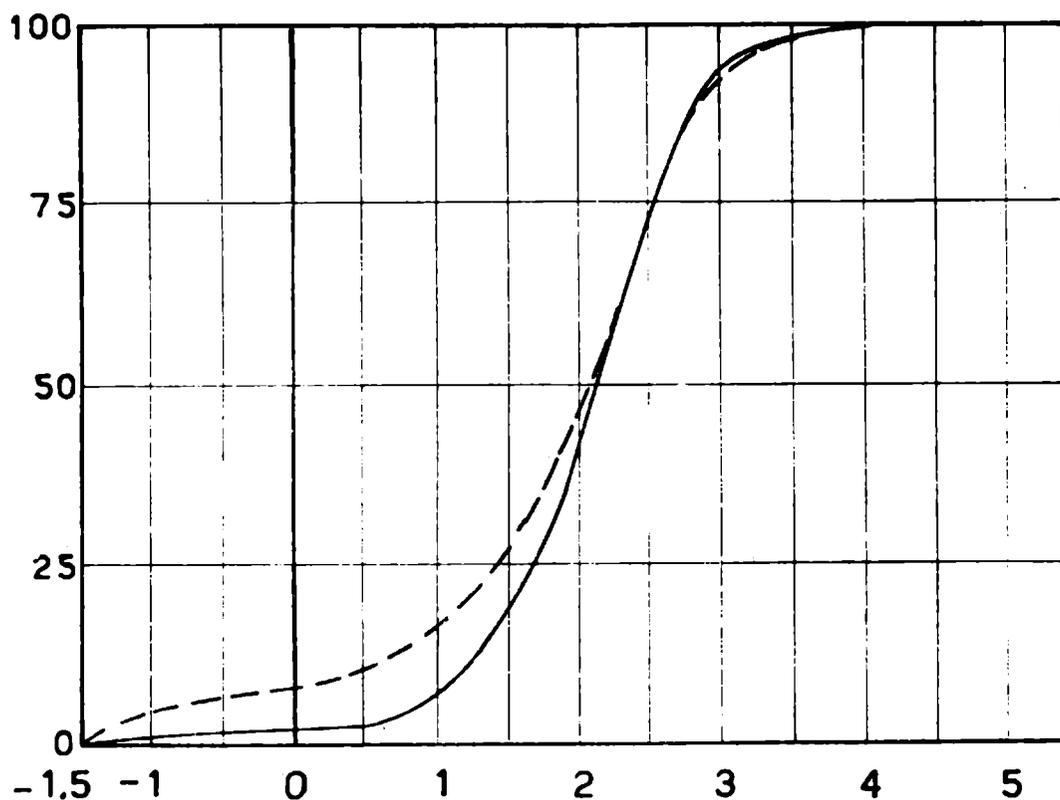
En las curvas 1 y 2, Fig. 1, puede observarse la granulometría del sedimento original y del sedimento tamizado, pudiendo comprobarse que sólo difieren en la fracción gruesa, y que la parte fina se mantiene sin variaciones.

Una vez seca, se pesaron 500 kg, y se fraccionaron en bolsas especiales de 50 kg. Preparada la solución radioactiva, se procedió a su mezcla en una hormigonera mediana, utilizándose por cada 100 kg de arena, 10 litros de solución. Se dejó mezclar por espacio de 15 minutos, y la arena ya preparada se colocó en una bandeja de forma trapezoidal, con una abertura en un extremo, para facilitar el posterior embolse de la muestra.

La arena en las bandejas se dejó expuesta a la luz solar durante 6 días, a fin de facilitar la reducción de la sal de plata. Transcurrido este tiempo, se procedió al envasado en bolsas dobles de polietileno y arpillera para 40 kg, listas ya para ser arrojadas al mar en el punto escogido.

El fondeo de la muestra se realizó mediante un dispositivo de hierro que permitió la abertura de las bolsas en el momento de tocar fondo, para asegurar que toda la muestra quedara localizada sobre un mismo punto. El muestreo se efectuó con una lancha, mediante dragas de arrastre en los lugares preestablecidos.

La primera operación se realizó a seis horas del fondeo inicial, siguiendo un muestreo intensivo durante las siguientes 72 horas. Posteriormente se continuó con muestreos semanales hasta el mes de diciembre.



1 - - - -

2 - - - -

Fig. 1 — Curvas acumulativas correspondientes al sedimento original (1) y a la muestra marcada (2).

PREPARACION DE LA SOLUCION RADIOACTIVA

La solución de marcado se preparó de tal forma que permitiera humedecer cantidades de arena no mayores de 100 kg, comprobándose que 10 litros de solución eran suficientes para tal fin.

Se disolvieron 60 g de nitrato de plata en 2 litros de agua destilada, y se agregó 0,5 litro de amoníaco, con lo cual

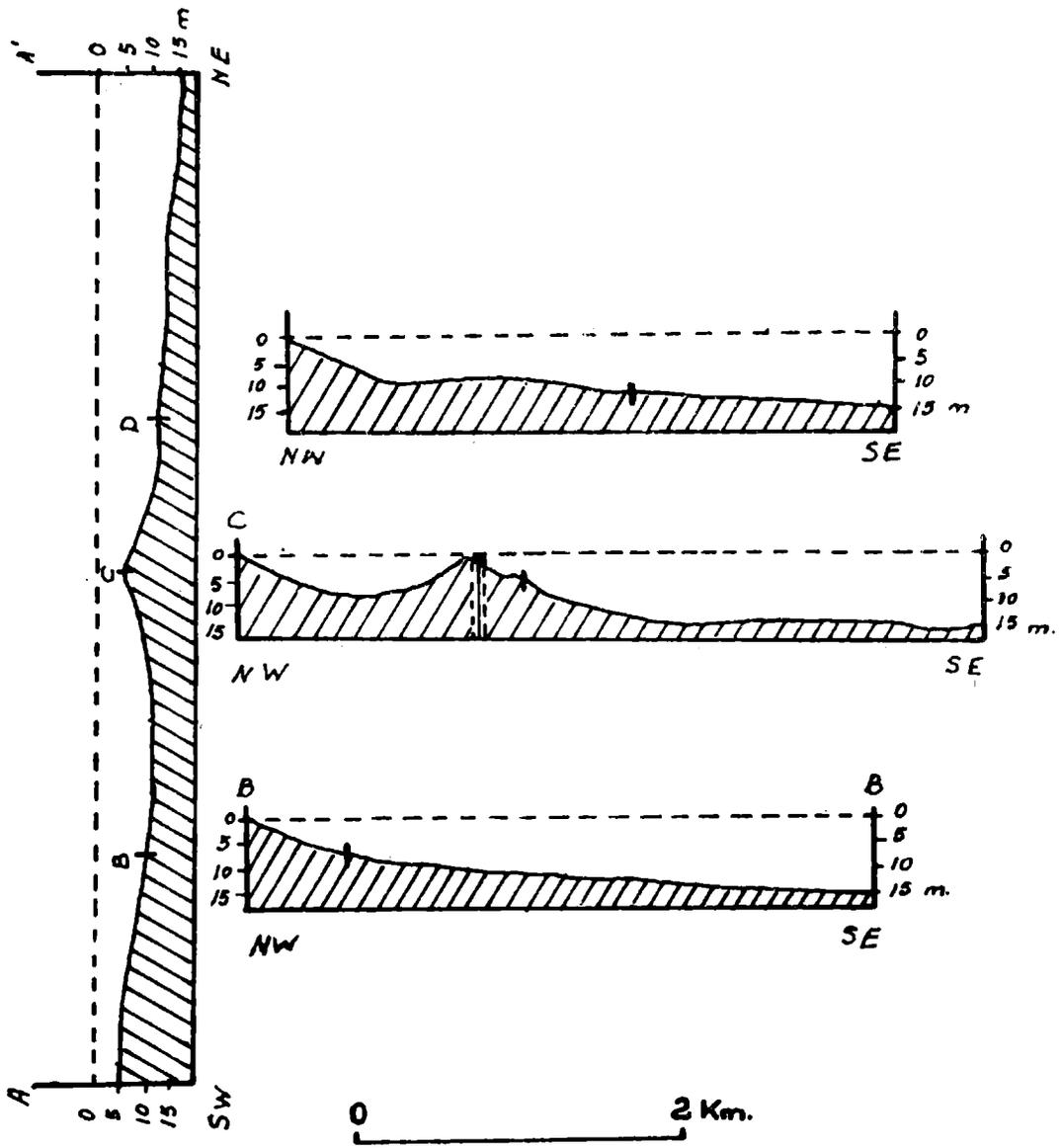


Fig. 2 — Perfiles del fondo en el área de estudio.

se obtuvo una total disolución del nitrato de plata; luego se agregaron 20 mc de Ag 110. Aparte se preparó la solución reductora, disolviendo 74 g de bitartrato de sodio y potasio en 2 litros de agua destilada; una vez homogeneizada esta solución, se la agregó al líquido conteniendo la plata radioactiva. Se completó la solución a un volumen de 10 litros con agua destilada. Esta solución fué la utilizada para humedecer la arena que se hallaba en la hormigonera.

Durante el proceso de preparación de la solución y mezclado de la arena, se tomaron las precauciones necesarias a fin de que los operadores tuvieran la mínima exposición, no registrándose exposiciones mayores a las permitidas.

De acuerdo a los distintos autores que trabajaron con este método, se sabe que la pérdida de actividad de la arena marcada en el agua de mar es de 30 a 40 por ciento, por lo que tuvimos en cuenta ese dato para nuestra experiencia.

MEDICIONES

Para la medida de la actividad de las muestras, se optó por medir directamente la actividad de las mismas mediante un contador, en lugar de recuperar la plata por vía química, debido a las dificultades que ofrece este último procedimiento y considerando que los resultados obtenidos son satisfactorios. Se utilizó un Geiger largo, del tipo de radiación cósmica, longitud útil del ánodo 80 cm, y dadas las condiciones geométricas del dispositivo usado para el conteo, se evidenció una alta eficiencia de detección. Los pulsos fueron enviados a un escalímetro sin amplificación, debido a su gran tamaño (25 V). Se comprobó que el tiempo muerto del instrumento no interfería en las mediciones.

El Geiger se colocó en un tubo metálico de dimensiones tales que permitiera una capacidad de 10 kg de arena húmeda, y se aseguró que se mantuviera la misma geometría durante las distintas mediciones, mediante un sistema de guías.

Previo al fondeo de la muestra radioactiva, se midió el fondo de las arenas en el área a estudiar.

Durante el desarrollo de las tareas, se tuvieron en cuenta las condiciones meteorológicas, y se consignó la acción de las mareas, pues consideramos que estos factores pueden llegar a influenciar notablemente el movimiento de los sedimentos.

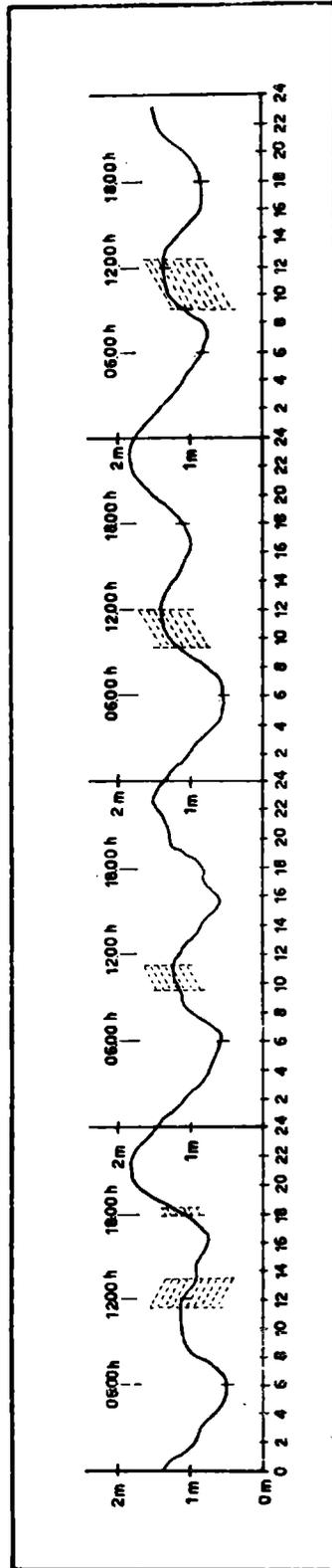


Fig. 3.- Curvas de mareas de los días 22 al 25 de agosto de 1963, fechas durante las cuáles se realizó el fondeo de la muestra marcada, y períodos en los cuáles se realizó el muestreo (zonas rayadas de la curva)

El comienzo efectivo del trabajo se inició con el fondeo de la muestra marcada, en plena estación invernal; en esa época se esperaban las condiciones más favorables para las operaciones.

El día 22 de agosto de 1963, con marea parada durante la pleamar, las condiciones eran óptimas para arrojar la muestra inicial. Las olas eran bajas, menores de 1 pie, y de dirección SW, es decir casi paralelas a la escollera Sur. Se estimó la existencia de una corriente litoral débil de menos de 0,5 nudos hacia el NE, debido a la refracción de olas. La información oceanográfica fué aportada por el Sr. Cap. Federico Aragno, del Servicio de Hidrografía Naval. En ese momento y durante los siguientes tres días de muestreo, se tuvo vientos del sector oeste, de una fuerza media de 15 nudos, que por venir del lado de tierra mantuvieron estables las condiciones del mar.

No se pudieron realizar mediciones de velocidad de corriente por carecer del instrumento apropiado.

En base a la carta nº 25 del Servicio de Hidrografía Naval, construimos los perfiles que indican la topografía del fondo en el área de trabajo (Fig. 2).

Se incluyen las curvas de marea de los días 22 al 25 de agosto de 1963, con los datos suministrados por el mareógrafo de Mar del Plata del Servicio de Hidrografía Naval (Fig. 3).

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE LAS MUESTRAS

Los sedimentos extraídos en las distintas fechas en las cuáles se realizaron los muestreos, fueron estudiados a fin de conocer las posibles variaciones texturales y mineralógicas durante el período que duró la experiencia.

Se realizó un tamizado de las muestras, utilizándose una serie de tamices ASTM, que figuran en la tabla I. La granulometría se representó en curvas acumulativas en escala $Fi \phi$. Los más representativos fueron presentados en los gráficos adjuntos. Las muestras se agruparon según

TABLA I
GRANULOMETRIA DE LAS MUESTRAS DE FONDO (Por ciento)

| Nº de tamis | 10 | 14 | 18 | 25 | 35 | 45 | 60 | 80 | 120 | 170 | 230 | Total |
|-----------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Abertura en phi | -1,5/-1 | -1/-0,5 | -0,5/0 | 0/0,5 | 0,5/1 | 1/1,5 | 1,5/2 | 2/2,5 | 2,5/3 | 3/3,5 | 3,5/4 | |
| Muestra 2 | 4,831 | 0,672 | 1,703 | 3,201 | 5,102 | 11,004 | 18,502 | 25,500 | 20,703 | 6,102 | 2,206 | 99,526 |
| 3 | 2,290 | 1,620 | 1,516 | 5,578 | 4,684 | 17,372 | 8,464 | 5,612 | 3,084 | 15,036 | 33,952 | 99,208 |
| 4 | 1,304 | 0,796 | 0,884 | 3,330 | 2,770 | 8,436 | 9,794 | 21,664 | 32,380 | 16,222 | 2,064 | 99,644 |
| 5 | 1,236 | --- | 1,388 | 2,238 | 1,690 | 4,958 | 7,612 | 21,758 | 37,576 | 17,524 | 3,512 | 99,492 |
| 6 | 0,660 | 0,190 | 0,170 | 0,362 | 0,256 | 1,084 | 5,140 | 15,272 | 43,698 | 4,084 | 28,152 | 99,168 |
| 7 | 0,420 | 0,542 | 0,796 | 4,360 | 4,642 | 16,776 | 14,474 | 26,002 | 24,194 | 6,240 | 1,084 | 99,530 |
| 8 | 0,452 | 0,262 | 0,400 | 1,400 | 2,162 | 9,516 | 13,628 | 25,731 | 31,734 | 5,488 | 8,484 | 99,278 |
| 9 | 2,506 | 3,228 | 1,208 | 2,344 | 1,772 | 1,420 | 0,438 | 1,530 | 9,120 | 4,107 | 31,792 | 99,465 |
| 10 | 0,262 | 0,452 | 0,576 | 3,376 | 3,592 | 10,820 | 13,292 | 27,202 | 30,954 | 7,784 | 0,870 | 99,280 |
| 11 | --- | 0,368 | --- | 0,336 | 0,156 | 0,474 | 0,952 | 3,184 | 10,736 | 15,882 | 67,564 | 99,652 |
| 12 | --- | 0,290 | --- | --- | --- | 2,500 | 0,692 | 2,842 | 8,142 | 19,010 | 66,250 | 99,726 |
| 13 | --- | --- | --- | 0,144 | --- | 0,218 | 0,602 | 3,682 | 24,938 | 62,630 | 7,020 | 99,332 |
| 14 | --- | --- | 0,184 | 0,660 | 0,876 | 5,894 | 7,574 | 24,634 | 13,442 | --- | 16,132 | 99,360 |
| 15 | --- | 0,120 | --- | 0,474 | 0,272 | 0,548 | 0,596 | 4,534 | 30,674 | 30,242 | 36,262 | 99,742 |
| 16 | --- | 0,340 | --- | 0,400 | 0,294 | 0,532 | 3,224 | 22,696 | 49,134 | 18,404 | 5,568 | 99,562 |
| 17 | 0,134 | --- | 0,176 | 0,238 | 0,198 | 1,050 | 3,952 | 20,548 | 53,290 | 17,392 | 2,536 | 99,508 |
| 18 | --- | 0,164 | 0,500 | 0,500 | 0,336 | 1,708 | 4,916 | 26,514 | 50,998 | --- | 13,724 | 99,260 |
| 19 | 2,022 | 1,004 | 1,302 | 3,110 | 3,316 | 13,322 | 23,488 | 32,858 | 15,230 | 2,864 | 1,062 | 99,588 |
| 20 | 1,644 | 1,314 | 1,656 | 4,060 | 2,952 | 10,372 | 16,082 | 16,080 | 32,628 | 12,656 | --- | 99,446 |
| 21 | --- | 0,214 | 0,072 | 0,122 | 0,076 | 0,448 | 2,238 | 13,706 | 39,772 | 26,314 | 16,440 | 99,402 |
| 22 | 1,896 | 1,122 | 1,336 | 5,776 | 6,344 | 20,374 | 18,348 | 7,534 | 11,936 | 6,436 | 2,576 | 99,672 |
| 23 | --- | --- | --- | 0,356 | 0,428 | 3,470 | 2,972 | 1,446 | 1,546 | 48,858 | 40,482 | 99,558 |
| 24 | 3,140 | 2,156 | 2,394 | 9,728 | 10,884 | 25,120 | 3,234 | 1,482 | 2,412 | 0,310 | 38,464 | 99,324 |
| 25 | 3,392 | 1,630 | 1,258 | 9,368 | 13,158 | 5,592 | 12,826 | 7,482 | 3,852 | 1,004 | --- | 99,532 |
| 26 | 1,058 | 0,926 | 0,994 | 2,680 | 2,224 | 4,030 | 2,652 | 8,112 | 26,136 | 35,108 | 15,338 | 99,258 |
| 27 | 5,702 | 5,188 | 6,610 | 24,140 | 17,920 | 27,552 | 1,564 | 2,136 | 2,702 | 4,256 | 1,464 | 99,254 |
| 28 | --- | 0,352 | 0,372 | 1,598 | 1,610 | 4,298 | 2,998 | 4,974 | 18,268 | 44,456 | 21,004 | 99,430 |
| 29 | --- | 0,184 | 1,000 | 0,742 | 0,924 | 6,752 | 16,414 | 41,284 | 26,914 | 5,624 | --- | 99,818 |
| 30 | 4,154 | 1,404 | 2,702 | 10,054 | 11,456 | 42,544 | 18,062 | 4,014 | 2,976 | 2,156 | 0,118 | 99,450 |
| 31 | --- | 0,112 | --- | 0,434 | 0,310 | 1,654 | 4,216 | 18,996 | 45,390 | 24,998 | 3,230 | 99,338 |
| 32 | 0,142 | 0,500 | 0,728 | 0,292 | 0,258 | 1,236 | 3,116 | 14,604 | 50,592 | 15,176 | 12,262 | 99,906 |
| 33 | 2,476 | 1,368 | 1,738 | 5,128 | 3,554 | 9,732 | 10,310 | 18,752 | 24,862 | 15,840 | 4,580 | 99,540 |
| 34 | --- | 0,542 | --- | 1,314 | 1,054 | 3,472 | 4,736 | 10,884 | 27,156 | 36,756 | 13,998 | 99,712 |
| 35 | 13,078 | 4,738 | 3,282 | 4,476 | 1,576 | 1,310 | 2,712 | 3,246 | 18,464 | 37,024 | 9,714 | 99,620 |

las fechas de extracción.

La tabla I contiene los porcentajes retenidos en los distintos tamices, y en base a las curvas (Fig. 4) y a las constantes estadísticas se han obtenido los datos que figuran en la tabla II. Del estudio de los mismos se obtienen las siguientes conclusiones: la mediana $Md \phi$, oscila entre 2,85 ϕ (0,138 mm) y 2,17 ϕ (0,222 mm); excepcionalmente se observan valores máximos de 3,77 ϕ (0,073 mm) y mínimos de 0,80 ϕ (0,574 mm), que corresponden a áreas finas a muy finas.

La desviación de los cuartiles $Qd \phi$, equivalente al coeficiente de selección de Trask, So , dan valores que oscilan entre un máximo de 1,57 ϕ y un mínimo de 0,17 ϕ , equivalente al So de 3,00 y 1,10. Estos datos demuestran que los sedimentos estudiados son bien seleccionados en general; excepcionalmente lo son poco seleccionados.

Con respecto al coeficiente de asimetría, $Sk \phi$, los valores son en general negativos; ello significa que la media se halla ubicada del lado más grueso de la distribución con respecto a la mediana. Solamente en cinco casos se observó lo contrario. Los valores consignados son en general muy próximos a cero, lo cuál indica gran simetría de las curvas.

La media ϕ , $M \phi$, presenta valores que en la mayoría de los casos son menores que los de la $Md \phi$, lo cual indica que la media geométrica es mayor que la media aritmética.

La desviación ϕ standard, $O \phi$, demuestra que un 20 % de sedimentos poseen un valor mayor que 1, y el resto oscila entre valores 0,49 y 0,99; esto significa que la media está entre medio y un grado Fi , desviada de la $M \phi$. Esto confirma el coeficiente hallado anteriormente según Trask.

El estudio mineralógico no revela variaciones en el contenido de los minerales de las arenas. No se incluyen los detalles del mismo pues se encuentra en preparación la Carta Batilitológica de la zona de Mar del Plata, cuyas campañas y muestreos coinciden con las fechas de realización de esta experiencia.

Tabla II

PARAMETROS ESTADISTICOS

| Muestra | Md \emptyset | QD \emptyset | So | SK \emptyset | M \emptyset | O \emptyset |
|---------|----------------|----------------|------|----------------|---------------|---------------|
| 2 | 2,10 | 0,45 | 1,36 | 0,00 | 1,85 | 1,14 |
| 3 | 3,05 | 1,17 | 2,30 | - 0,57 | 2,34 | 1,34 |
| 4 | 2,55 | 0,50 | 1,40 | - 0,10 | 2,28 | 0,96 |
| 5 | 2,65 | 0,37 | 1,27 | - 0,07 | 2,42 | 0,90 |
| 6 | 2,75 | 0,35 | 1,27 | 0,15 | 2,71 | 0,71 |
| 7 | 2,17 | - 0,75 | 1,65 | - 0,30 | 2,03 | 0,84 |
| 8 | 2,45 | 0,45 | 1,35 | - 0,05 | 2,30 | 0,79 |
| 9 | 3,42 | 0,26 | 1,20 | - 0,11 | 2,93 | 1,17 |
| 10 | 2,35 | 0,47 | 1,35 | - 0,07 | 2,17 | 0,79 |
| 11 | 3,80 | 0,34 | 1,26 | - 0,14 | 3,31 | 0,51 |
| 12 | 3,77 | 0,38 | 1,27 | - 0,03 | 3,32 | 0,50 |
| 13 | 3,20 | 0,17 | 1,10 | - 0,07 | 3,20 | 0,49 |
| 14 | 2,65 | 0,32 | 1,25 | - 0,05 | 2,49 | 0,65 |
| 15 | 3,20 | 0,38 | 1,27 | 0,03 | 3,08 | 0,54 |
| 16 | 2,82 | 0,30 | 1,25 | - 0,07 | 2,66 | 0,54 |
| 17 | 3,05 | 0,43 | 1,40 | 0,13 | 2,36 | 0,57 |
| 18 | 2,60 | - 0,20 | 1,15 | 0,05 | 2,53 | 0,58 |
| 19 | 2,02 | 0,42 | 1,31 | - 0,04 | 1,89 | 0,99 |
| 20 | 2,37 | 0,58 | 1,50 | - 0,03 | 2,06 | 1,01 |
| 21 | 2,85 | 0,56 | 1,50 | - 0,04 | 2,89 | 0,58 |
| 22 | 1,85 | 0,17 | 1,10 | 0,05 | 1,29 | 0,94 |
| 23 | 3,45 | 0,17 | 1,10 | - 0,02 | 3,32 | 0,57 |
| 24 | 1,46 | 1,57 | 3,00 | 1,07 | 2,01 | 1,46 |
| 25 | 1,25 | 0,39 | 1,26 | 0,01 | 1,24 | 0,85 |
| 26 | 3,00 | 0,65 | 1,60 | - 0,05 | 2,65 | 0,96 |
| 27 | 0,80 | 0,50 | 1,40 | 0,00 | 0,83 | 1,21 |
| 28 | 3,25 | 0,32 | 1,36 | - 0,07 | 3,01 | 0,76 |
| 29 | 2,32 | 0,31 | 1,25 | - 0,01 | 2,16 | 0,66 |
| 30 | 1,30 | 0,40 | 1,30 | - 0,20 | 1,19 | 0,91 |
| 31 | 2,85 | 0,27 | 1,20 | - 0,07 | 2,71 | 0,57 |
| 32 | 2,75 | 0,31 | 1,25 | 0,13 | 2,69 | 0,72 |
| 33 | 2,42 | 0,67 | 1,60 | - 0,14 | 2,12 | 1,13 |
| 34 | 3,05 | 0,40 | 1,30 | - 0,09 | 2,87 | 0,76 |
| 35 | 2,98 | 1,50 | 2,80 | - 1,15 | 2,04 | 1,83 |

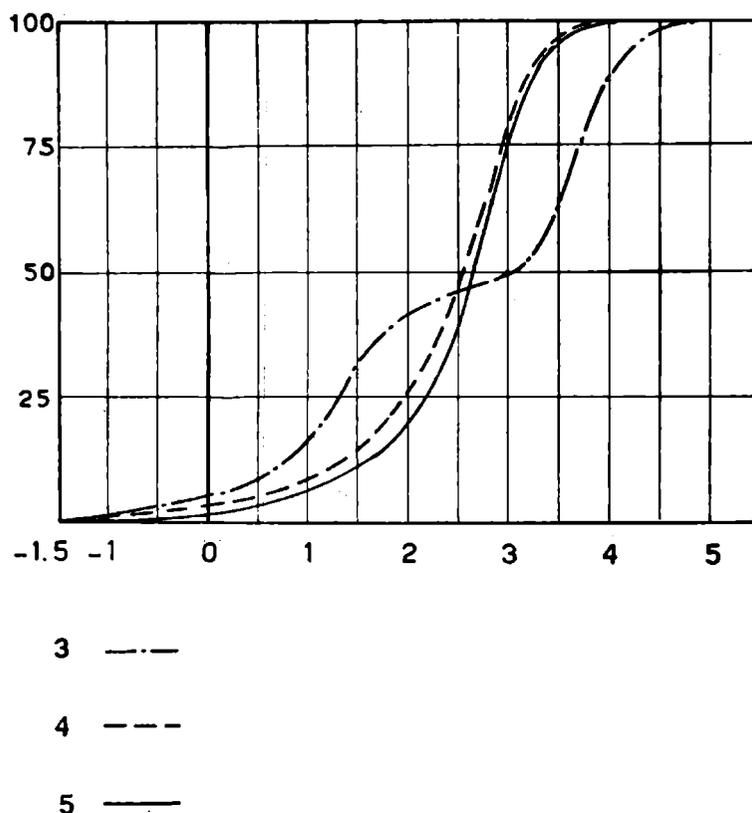


Fig. 4 — Curvas acumulativas correspondientes a las muestras del día 23-8-1963.

Comparando el análisis textural y mineralógico de las muestras recolectadas en distintas fechas de la experiencia de este trabajo, con los de la muestra 2, que fué usada para el marcado, se comprobará que dentro del término en que fué realizado el estudio, no han existido variaciones marcadas con respecto a la granulometría, ni la mineralogía de los sedimentos en una amplia zona de rastreo.

Abocados al problema de la elección del lugar de fondeo de la muestra, se resolvió ubicarlo en un lugar al Sur del Puerto, y a una distancia de la costa que no fuera afectada por las rompientes de la playa. Dicho lugar se ubicó en $\varphi 38^{\circ}03'3$ $\omega 57^{\circ}31'9$.

La elección de dicha zona se realizó considerando que las observaciones empíricas indican la presencia de una corriente general de sur a norte.

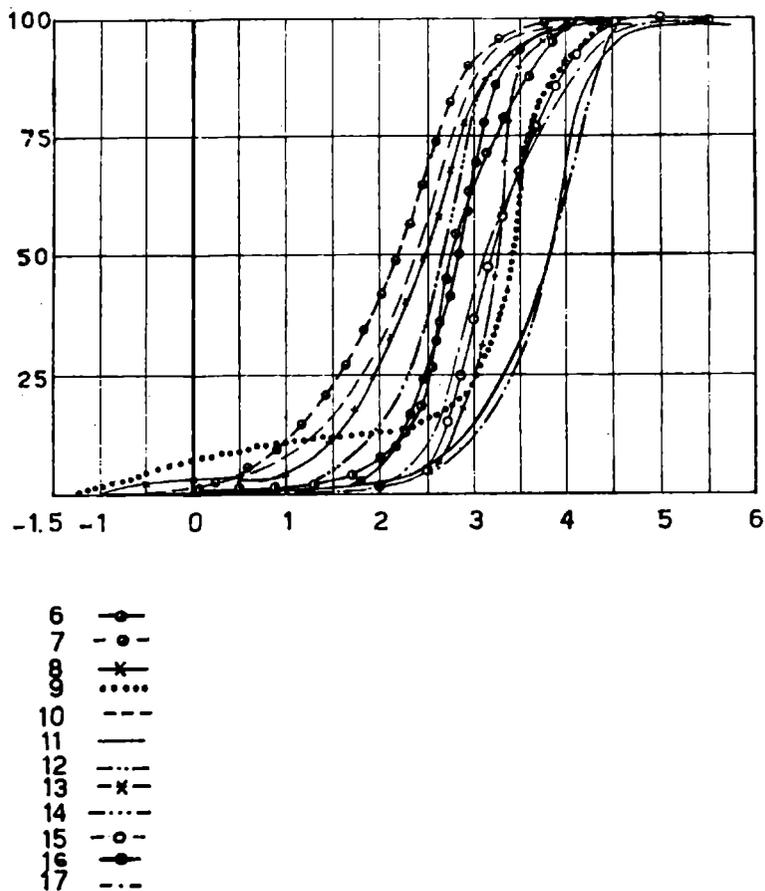
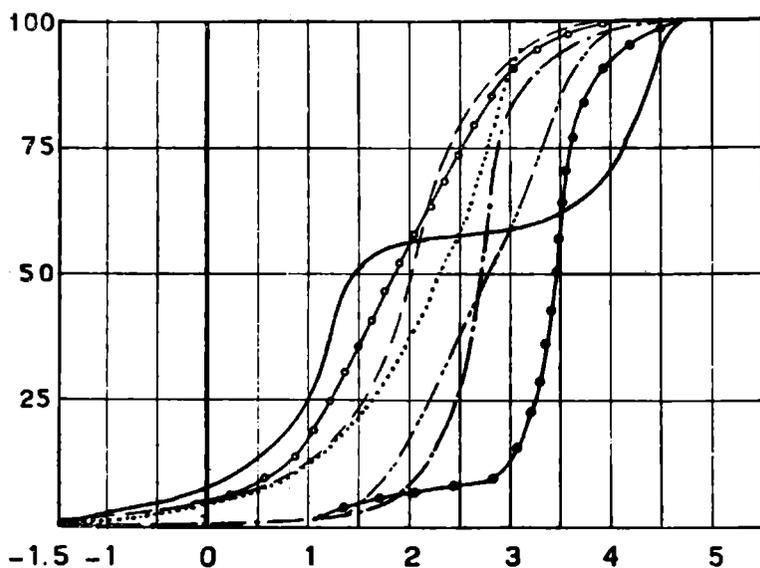


Fig. 4 — Curvas acumulativas correspondientes a las muestras del día 24-8-1963.

El plan general de toma de muestras se fué produciendo a medida que conocíamos su radioactividad, lo que nos permitió seguir el movimiento de los sedimentos marcados en la forma más conveniente, modificando el reticulado original.

Dada la dispersión de los sedimentos, la cuál excedía el área de interés del presente trabajo, se adjuntan sólo dos curvas de isoactividad de las primeras 72 horas.

De la observación de las curvas trazadas, se desprende que a las 24 horas, la arena se había desplazado paralelamente a la escollera Sur, con dirección NW, constituyendo un frente de avance a la altura de la entrada del Puerto (Fig. 5). No se registró actividad en las playas próximas, ni a una distancia aproximada de 1 200 m mar adentro de la escollera.



- 18 ---
- 19 - - -
- 20
- 21 - · - · -
- 22 —○—
- 23 —●—
- 24 ———

Fig. 4 — Curvas acumulativas correspondientes a las muestras del día 25-9-1963.

A las 48 horas se observa una mayor dispersión en la misma dirección señalada. Se detecta arena marcada sobre la línea de entrada al Puerto. El frente se ha ampliado, hallándose las mayores concentraciones en la zona de Playa Grande y proximidades de la boca de entrada al Puerto, y no mar adentro (Fig. 6).

Las curvas del tercer día (Fig. 7) muestran que la dispersión continúa en aumento, pero ya recostándose sobre una faja que corre en las proximidades de la costa. Se observan dos centros de mayor actividad, uno localizado en las proximidades del lugar donde fué arrojada la muestra, y otro ubicado en el área comprendida entre Playa Grande, Escollera

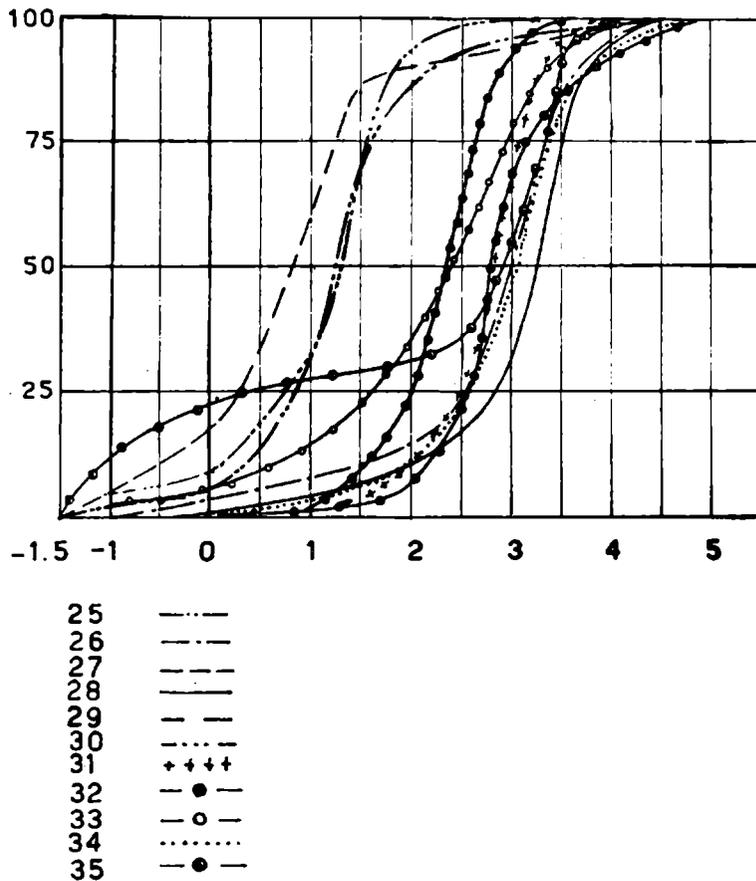


Fig. 4 — Curvas acumulativas correspondientes a las muestras del día 19-10-1963.

Norte y el banco. No se detectó actividad en el banco ni en la entrada del puerto.

El análisis de estas curvas nos permitió determinar que el movimiento de los sedimentos tiene una componente principal paralela a la línea de costa, en una dirección sur-norte.

Comparando las curvas, se comprueba la existencia de marcadas inflexiones que se desplazan hacia el Norte, a medida que avanzan los muestreos. Estas se deberían a la acción de corrientes de marea.

No se observó radioactividad sobre el banco durante la experiencia, pero a las 48 horas se la detectó en la boca del Puerto. Atribuimos tal circunstancia a que los sedimentos han entrado al puerto bordeando el banco y no pasando por encima de él, por una corriente de marea e hidráulica debida a la in-

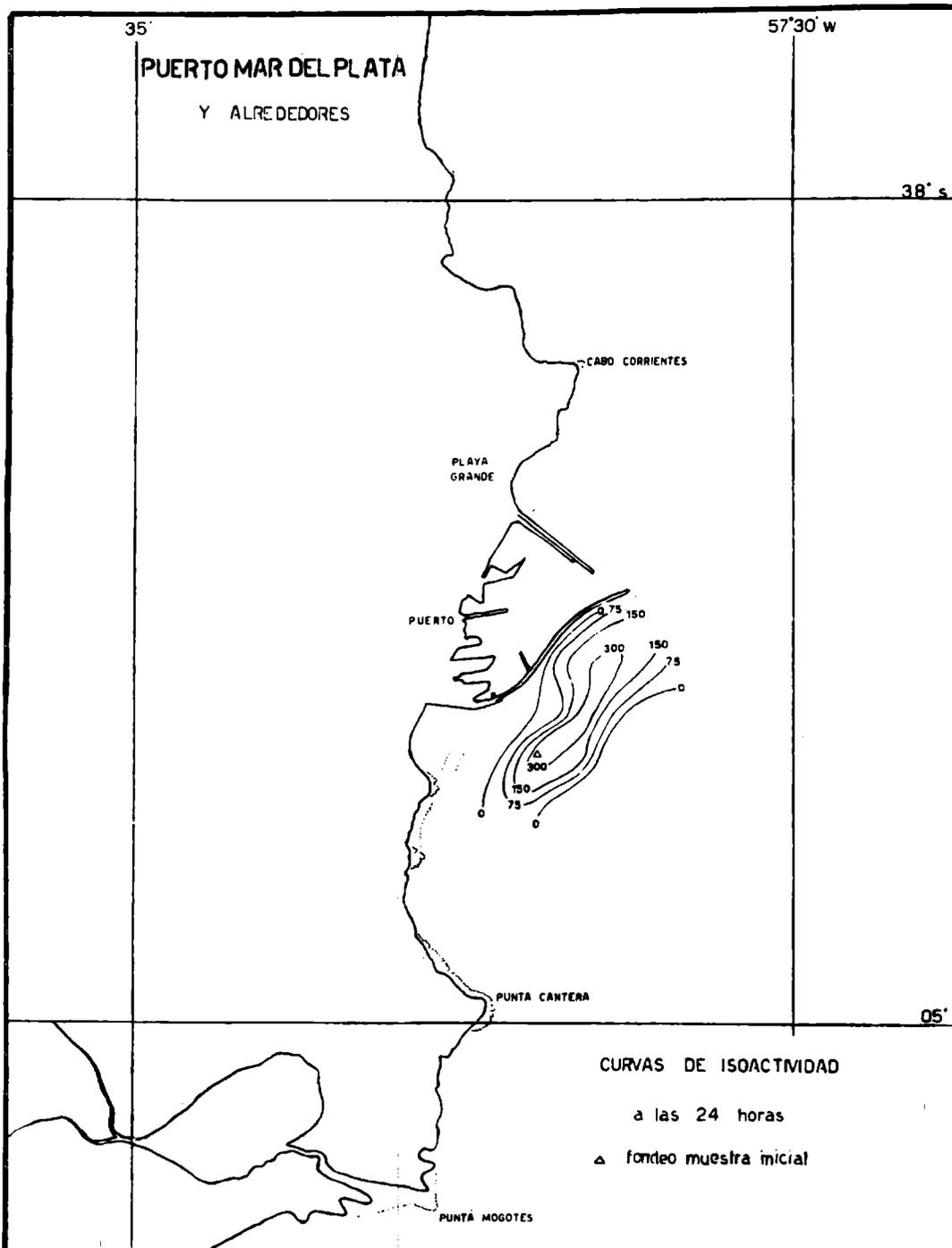


Fig. 5 — Curvas de isoactividad a las 24 horas después del fondeo de la muestra marcada.

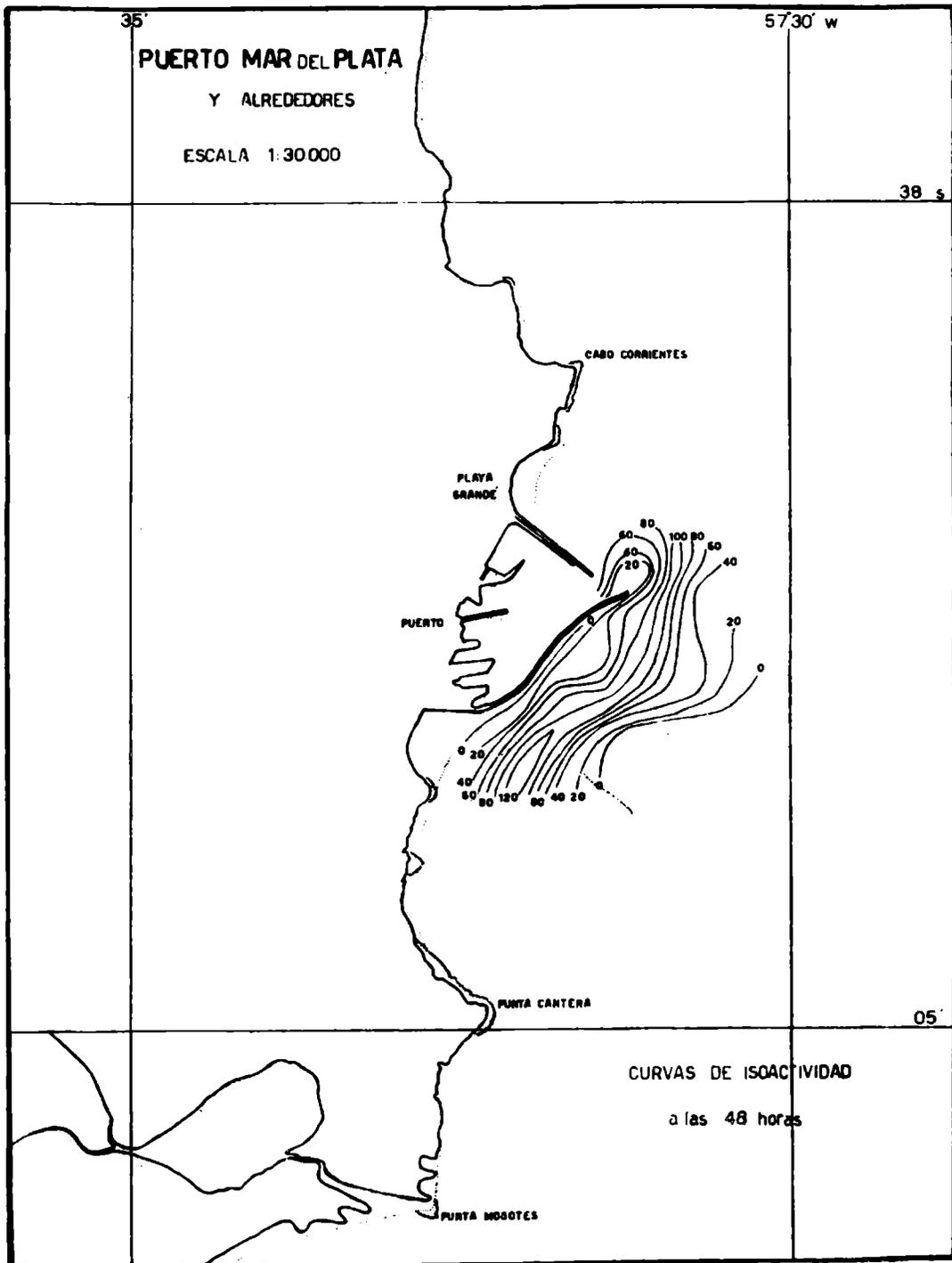


Fig. 6 — Curvas de isoactividad a las 48 horas después del fondeo de la muestra marcada.

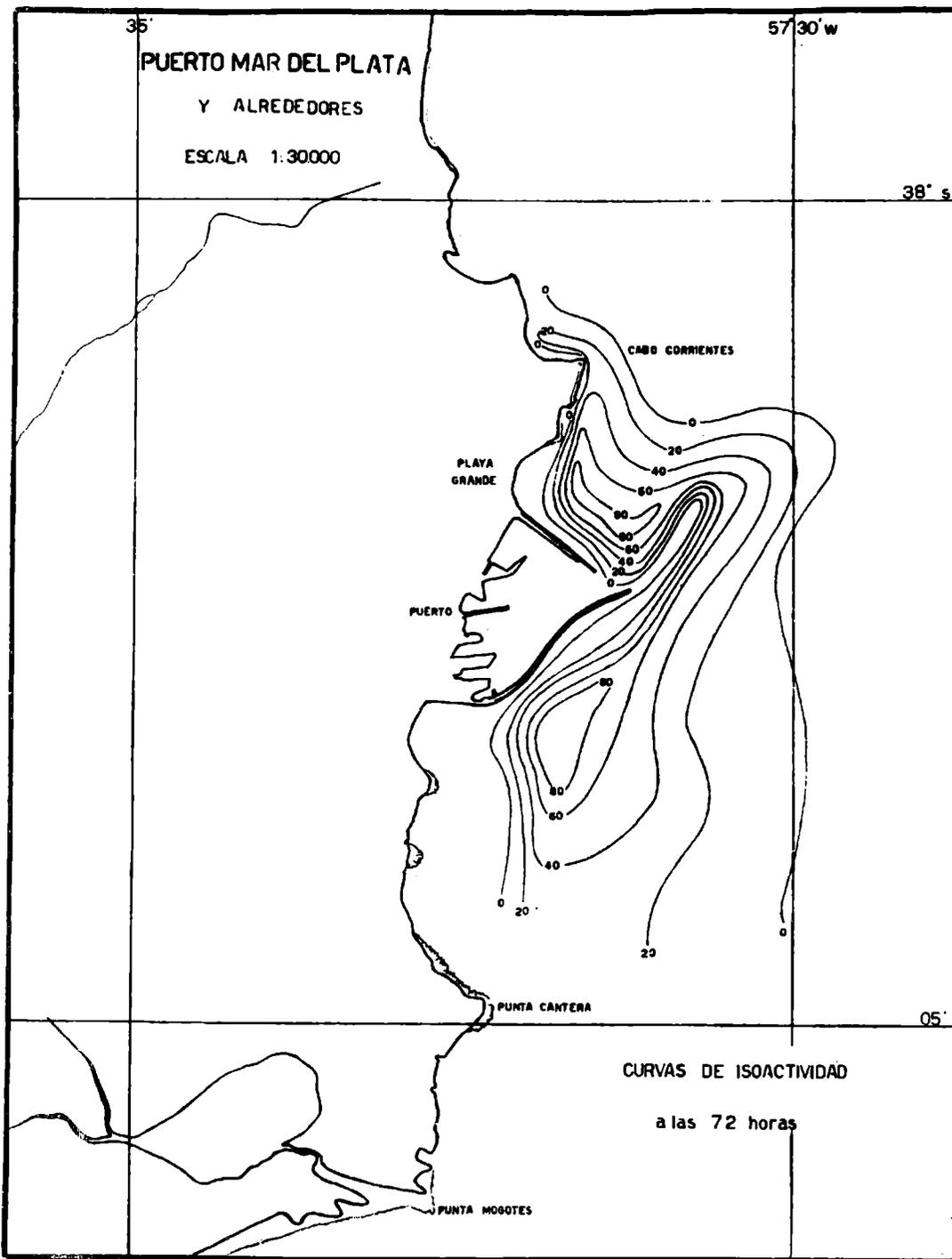


Fig. 7 — Curvas de isoactividad a las 72 horas después del fondeo de la muestra marcada.

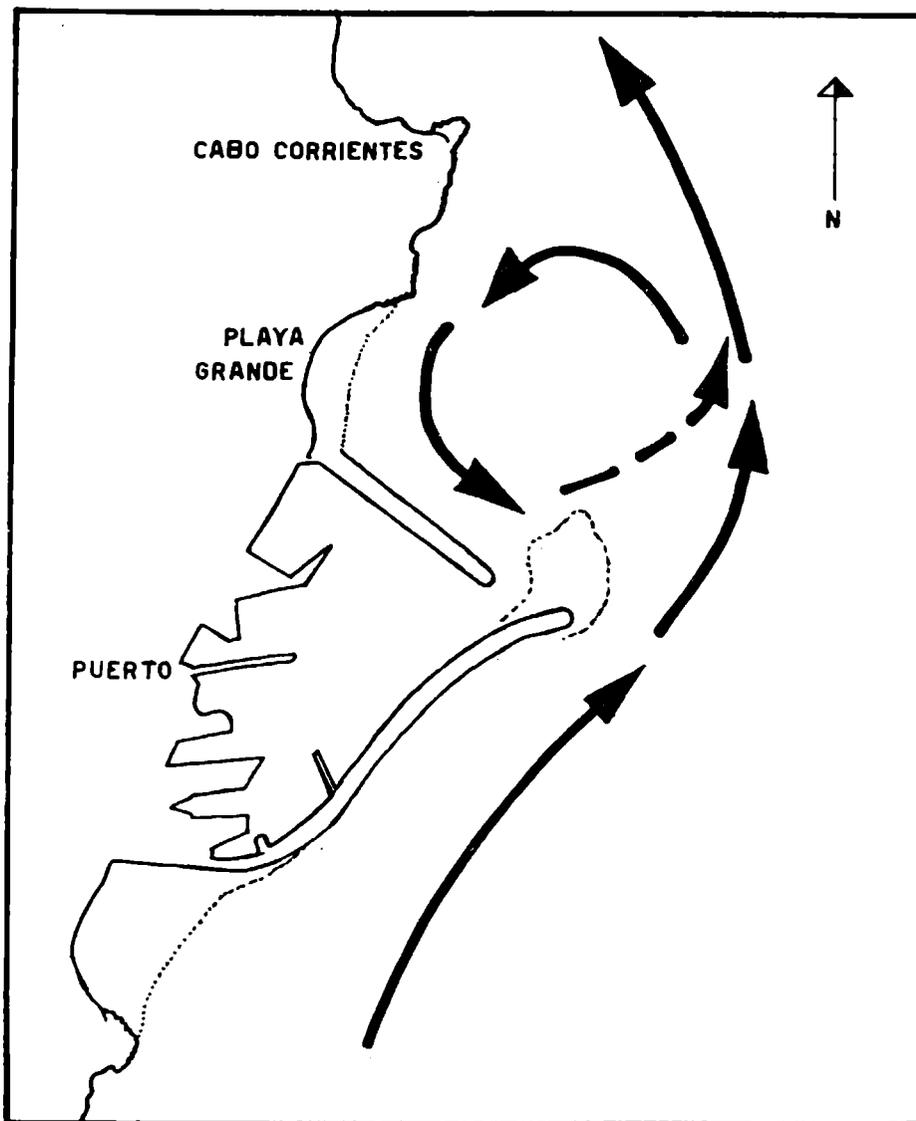


Fig. 8 — Esquema del movimiento de los sedimentos en la zona del Puerto de Mar del Plata

fluencia de la escollera.

En el área comprendida entre Playa Grande y el banco, se produce una concentración del sedimento, indicada por aumento de actividad. En esa zona se produciría un movimiento rotatorio que hace que la arena, al llegar a la zona del banco, pierda velocidad y se deposite, produciéndose así el crecimiento del mismo por el frente que mira hacia la costa y no por el lado del mar (Fig. 8).

Un componente de la corriente en el área mencionada sigue la dirección Norte, llevando parte de los sedimentos hacia la corriente principal ya consignada.

La arena de la llamada Playa Grande no presentó radioactividad hasta los cinco meses después de arrojado el sedimento. Si se considera que esta playa no ha sufrido grandes modificaciones durante muchos años respecto al aporte de arena, podemos deducir que su mantenimiento se debe a aportes lentos de la arena dentro del área mencionada.

En las otras playas próximas al Puerto tampoco se observó un aumento de la actividad durante el tiempo de la experiencia, con lo cuál podemos afirmar que el aporte de arena no se produce inmediatamente, sino después de un cierto tiempo, y que por lo tanto la arena acumulada es el resultado de la acción predominante de las olas.

CONCLUSIONES

La experiencia realizada en el Puerto de Mar del Plata nos permite afirmar:

1) Que puede utilizarse con éxito Ag 110 para el marcado de sedimentos arenosos en estudios de áreas más o menos amplias, relacionadas con problemas de sus movimientos, acumulación, que influyen directamente en problemas de construcciones portuarias.

2) Que existe un desplazamiento de sedimentos de dirección Sur a Norte.

3) Las construcciones del Puerto producen una acción

dinámica que desvía parte de los sedimentos hacia la costa, no depositándose los mismos sobre la playa sino al borde de la escollera Sur y forman así el banco.

4) Los sedimentos no se depositan en Playa Grande, manteniendo el equilibrio en que se encuentra dicha playa.

5) El aporte de sedimentos a las playas del Puerto de Mar del Plata se produce principalmente por acción de olas en períodos de temporal.

BIBLIOGRAFIA

Abecasis, F. et al., 1962.- Lab. Nac. Eng. Civ., Lisboa, Tech. Paper 186.

Cordeiro, S. de C., 1958.- Details on the large scale tests for studying sand movements in the sea by means of Ag 110, 1st. Meeting Port. Atom. Energ. Tech., Lisboa.

Gibert, A., 1955.- Lab. Nac. Eng. Civ., Coimbra, Publ. 63.

Gibert, A., 1960.- Lab. Nac. Eng. Civ., Lisboa, Memoir 143.

Gibert A., et al., 1960.- Lab. Nac. Eng. Civ., Lisboa, Tech. Paper 150.

Inman, D. L. & Chamberlain, T. K., 1958.- 2nd. U. N. Conf. Peac. Uses of Atom Energy, Geneve, P. 2357.

Jaffry, P. & Hours, R., 1959.- Ext. Cahiers Ocean., C.O.F.C., 11.

Lachica, F. & Baró, G., 1963.- Estudio del movimiento de arenas, C.N.E.A., Buenos Aires, Inf. 100.