



REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY  
ARMADA NACIONAL



Ingresado 25/12/22 sell.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO  
DEL MATERIAL EN SUSPENSION  
DE LA BAHIA DE MONTEVIDEO

PUBLICACION 01-81

659

SOHMA  
Dpto. Oceanografía

*Opolov*

Archivo Técnico

000659

Archivo Dpto. Libros

MONTEVIDEO

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DEL MATERIAL EN SUSPENSION

DE LA BAHIA DE MONTEVIDEO

Ricardo AYUP ZOUAIN

DIVISION GEOLOGIA - DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

PUBLICACION 01 - 81

Cumpliendo con la misión del Servicio de Oceanografía Hidrografía y Meteorología de la Armada Nacional, se desarrollan estudios científicos de las aguas jurisdiccionales cuya publicación se efectúa con el cometido de permitir conocer los trabajos que se realizan y ampliar los conocimientos e información de aquellas personas que encaran sus actividades hacia el mar.-

Se felicita al Señor Ricardo Ayup, Jefe de la División Geología del Departamento de Oceanografía, por el estudio realizado que constituye la culminación de tareas de campo efectuadas por el Departamento citado.

Capitán de Navío (CG)



Mario Rodríguez Luis

J. F. F.

El presente trabajo fué celebrado en el transcurso de los años 1976 y 1977, por el Departamento de Oceanografía del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada dentro de un Plan integral de estudio de la Bahía de Montevideo iniciado en 1975.

PERSONAL PARTICIPANTE EN TRABAJOS DE CAMPO

T/N (C.G.) Juan A. ROBATTO, Jefe del Departamento

A/F (C.G.) Jorge DI LORINZI, Oficial Adjunto

Jorge CEPILLO, Operador Oceanográfico

Ruben MEDINA, Operador Oceanográfico

Gustavo SANTUCCIO, Operador Oceanográfico

Néstor VICENTINO, Operador Oceanográfico

Ricardo AYUT ZOUAIN, División Geología

TRABAJO DE LABORATORIO, CABINETE E INTERPRETACION

Ricardo AYUT ZOUAIN, División Geología.

## INDICE

	RESUMEN .....	1
1.-	INTRODUCCION.....	1
2.-	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	2
3.-	MATERIALES Y METODOS .....	6
4.-	DISCUSION.....	11
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	15

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1.	Ubicación del área de estudio.....	3
Figura 2.	Curvas de Niveles de Marea del Puerto de Montevideo.....	4
Figura 3.	Localización de las estaciones de muestreo.....	7
Figura 4.	Curvas de distribución granulométrica del material en suspensión.....	8
TABLA 1.	Niveles medios mensuales de mareas del Puerto de Montevideo.....	5
TABLA 2.	Distribución granulométrica del material en suspensión en diferentes niveles de la columna de agua.....	9

RESUMEN

Los factores que controlan la distribución de las partículas en suspensión de la Bahía de Montevideo, se rigen de acuerdo a las características dinámicas que se desarrollan en el sistema del Río de la Plata. Las mayores irregularidades se deben a las condiciones de enfrentamientos de las masas de agua oceánicas y de aguas de descargas de la cuenca del Plata, que provocan una "curva de salinidad" que determina la existencia de una nube de lodo en la zona próxima al fondo.

1. - INTRODUCCION

El propósito de éste estudio es caracterizar las condiciones en que se distribuyen las partículas en suspensión de la Bahía de Montevideo y conocer su comportamiento, de acuerdo a la influencia y dinámica del Río de la Plata.

Como antecedentes del comportamiento del Río de la Plata se pueden mencionar los trabajos de OTTMAN y URIPI (1965) en los cuales se hace mención a los problemas de sedimentación en el Río de la Plata. DELANY (1967), URIPI (1966, 1967 y 1972), BUSIATALLI y MAILLET (1968); quienes se refieren a aspectos generales del comportamiento de los sedimentos en el complejo sistema fluvio-marino del Río de la Plata.

Según URIPI (1972), el Río de la Plata es el foco de drenaje de las vastas cuencas de los ríos Paraná y Uruguay cuyo complejo de 3.170.000 Km<sup>2</sup> presenta una descarga de 23.000 a 23.000 m<sup>3</sup>/s.

Por esta razón, el estudio de la dinámica de las partículas de la Bahía de Montevideo, está relacionado no sólo al comportamiento del propio sistema en sí, sino a las características que dentro

del complejo sistema la misma presenta.

## 2.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

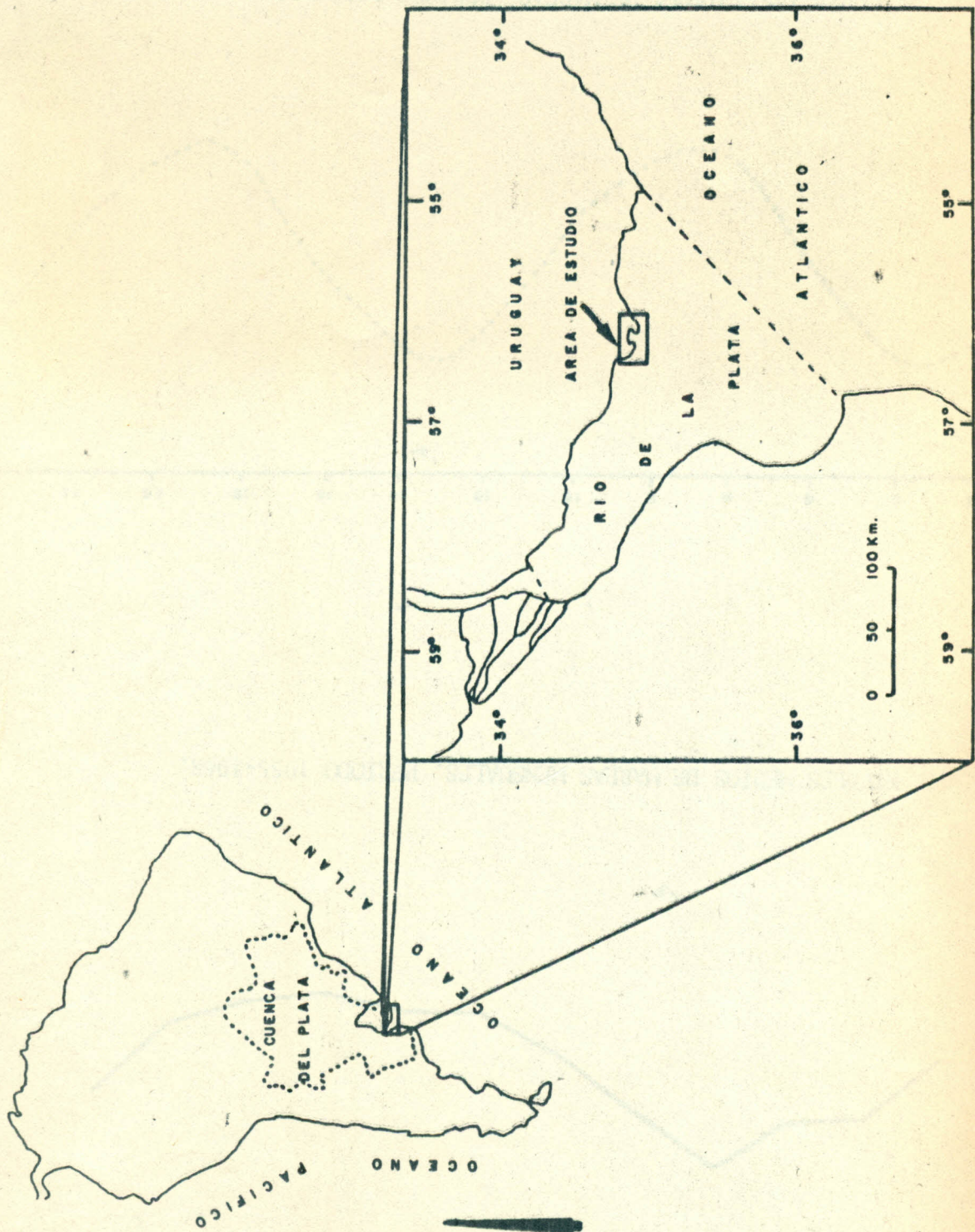
La Bahía de Montevideo, en cuyo seno se ubica el puerto del mismo nombre, se sitúa en el Departamento de Montevideo, Capital de la República Oriental del Uruguay, sobre el Río de la Plata.

El Río de la Plata, con un área aproximada de 35.000 km<sup>2</sup>, 270 Km de longitud, y de 32 a 230 Km de anchura, se encuentra localizado entre los 34° y 36° Sur y los 55° y 58°10' Oeste; localizándose la Bahía de Montevideo entre los 34° 52' y 34° 56' de latitud Sur y 56°10' y 56°15' de longitud Oeste (Figura 1).

El clima de la región es subtropical húmedo templado con pocas variaciones estacionales. Las características climáticas del área, asociadas a la influencia fisiográfica, permiten el transporte de importantes cantidades de partículas en suspensión, siendo montmorillonita e illita y en menor proporción kaolinita los principales componentes minerales arrastrados en suspensión (BUSTALLER Y MAILLET, 1963; URIEN, 1972).

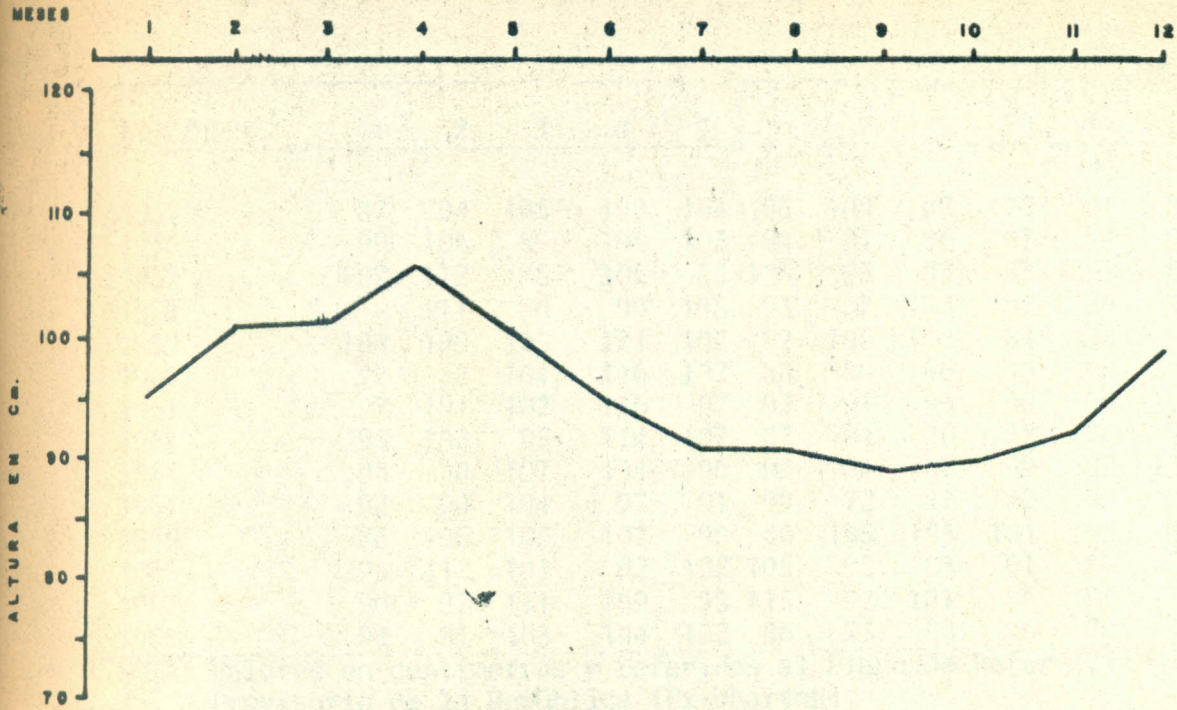
SANGUINETTI en 1977, hace referencia a los efectos de los niveles de marea de la Bahía de Montevideo, resumidos en la Tabla 1. El intervalo normal de marea es de aproximadamente 13 horas y 12 minutos, siendo observables en la Figura 2 las variaciones que la misma ofrece.

La marea normalmente no se presente simétricamente en los tiempos expresados en las Tablas de Predicción; esto es resultado del efecto que provoca el viento, principalmente del NE y del SE, retardando a las mismas.



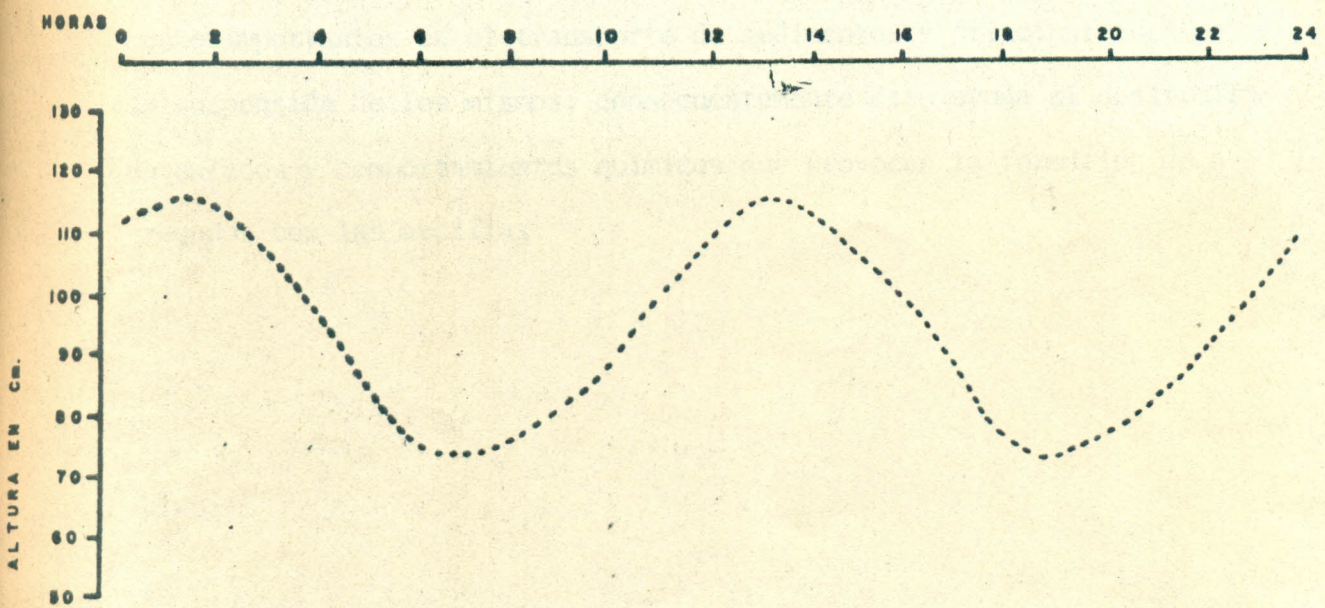


A



NIVELES MEDIOS DE MAREAS MENSUALES. PERIODO 1955-1968.

B



CURVA INSTANTANEA DE MAREAS. PERIODO 1956-1959.

FIGURA 2. Curvas de Niveles de Marea del Puerto de Montevideo.

AÑOS/MESSES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual
1955	87	94	105	100	104	98	100	82	78	91	82	99	93
1956	99	106	89	100	103	93	91	86	97	84	95	105	96
1957	102	112	85	106	88	105	93	82	88	91	80	98	94
1958	-	-	111	96	99	105	93	87	103	92	90	97	97
1959	100	109	105	124	102	92	106	102	84	98	98	104	102
1960	92	88	104	116	102	88	90	86	88	90	97	102	95
1961	97	101	102	116	97	92	91	93	90	86	104	105	98
1962	95	102	95	114	107	87	94	86	82	86	86	94	94
1963	95	90	107	104	96	92	84	87	99	88	102	99	96
1964	92	90	104	97	91	99	72	87	82	83	85	92	90
1965	86	106	109	102	99	86	105	103	104	95	84	105	99
1966	95	112	101	92	102	105	95	88	91	97	87	99	97
1967	96	97	111	109	95	115	92	101	86	95	91	96	99
1968	94	91	103	104	102	86	73	82	86	78	95	92	91

NOTA: Valores en centímetros y referidos al Plano de Referencia Hidrométrico Provisorio de la República (Ex-Wharton).

TABLA 1.- Niveles medios mensuales de mareas del Puerto de Montevideo. Período 1955-1968. (Tomado de P. SANGUINETTI, 1977).

Los cambios de salinidad en la Bahía de Montevideo oscilan en un rango de 1,3‰ a 32‰, éstas variaciones que se dan durante el año, inciden en los rangos de mareas, provocando corrientes de mareas sumamente importantes en el transporte de sedimentos y principalmente en la suspensión de los mismos; consecuentemente ésto ayuda al desarrollo de enlaces y comportamientos químicos que provocan la formación de agregados con las arcillas.

### 3.- MATERIALES Y METODOS

Los materiales utilizados corresponden a muestras obtenidas en profundidades correspondientes a niveles superficiales, profundos e intermedios de 44 estaciones relevadas en muestreos semanales periódicos efectuados en el área portuaria de la Bahía de Montevideo y áreas adyacentes (Figura 3).

Las investigaciones fueron efectuadas de febrero de 1976 a agosto de 1977. El sedimento transportado en suspensión fué coleccionado mediante el uso de botellas de muestreo de Ottman.

El material así coleccionado se conservó en envases de PVC de color azul, la fracción orgánica fué fijada agregando 10 ml de solución de formol al 10%.

Con la finalidad de obtener resultados satisfactorios, GEIST--DOERFER (1972-1973), sugiere que, de acuerdo a las características que presentan las partículas en suspensión en el agua de mar o en estuarios, deben complementarse diferentes métodos de análisis.

Los métodos analíticos para los estudios cuantitativos y cualitativo de las muestras, se desarrollaron de acuerdo a los métodos propuestos por GILLBRICHT (1951) -Mediciones directas del tamaño de las partículas; STRICKLAND & PEARSONS (1975) - Filtración; LOPIAN (1968) - Centrifugación; GOLDBERG, BAKER & FOX (1952), MacMURDO (1966) - Análisis individual con microscopio sobre los filtros; JERLOV (1951 a 1963) -Mediciones ópticas..

El volumen absoluto de muestras coleccionadas fué medido y posteriormente filtrado repetidamente, de acuerdo a las características de cada muestra, utilizando filtros Whatman 41, los cuales fueron secados al horno a temperatura entre 40° y 50° C., para proceder a la determinación del volumen en peso de sedimentos en mg/l..

Una vez obtenidos los resultados cuantitativos se efectuó el

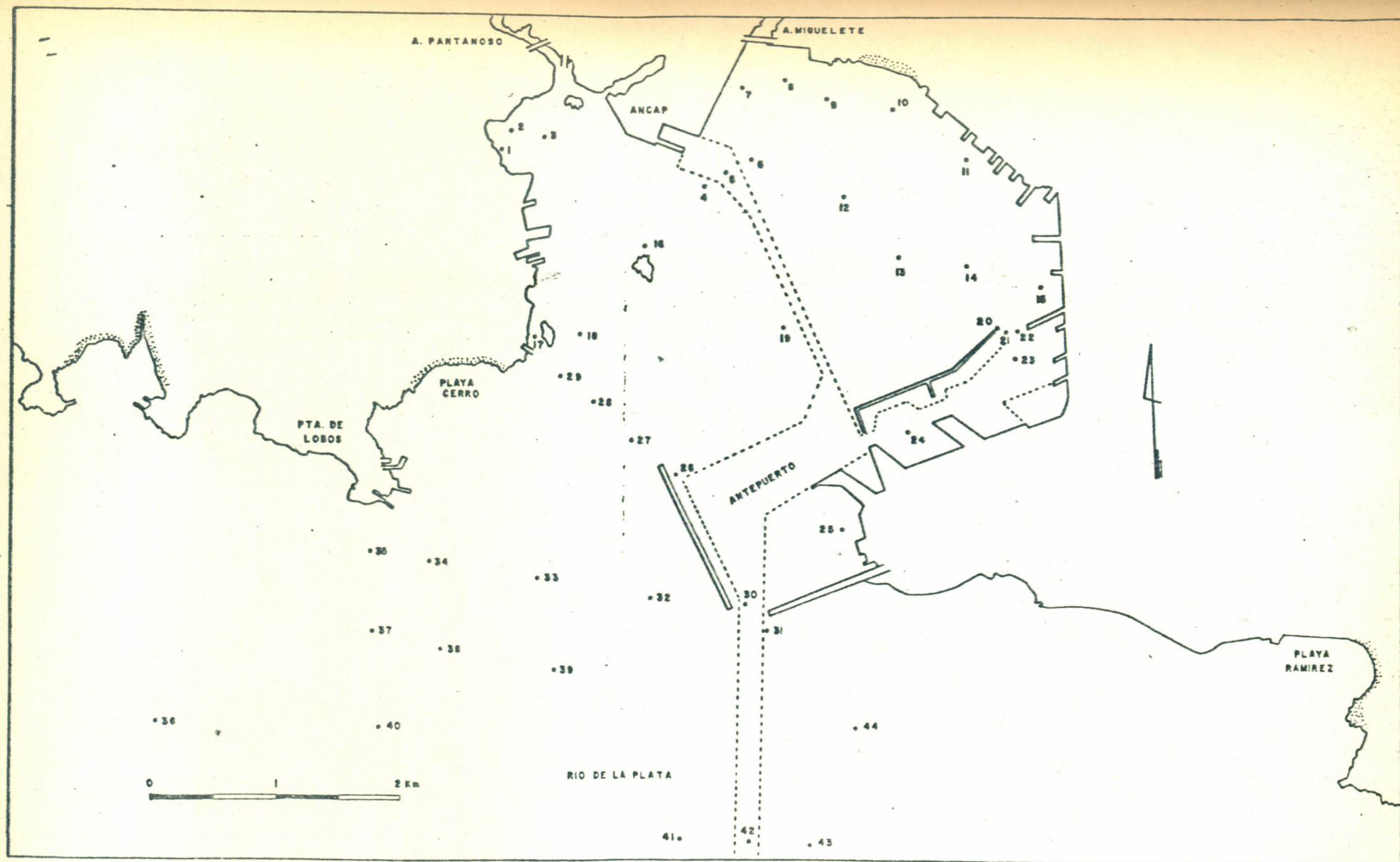


FIGURA 3. Mapa de Localización de las estaciones de muestreo.

análisis del tamaño de las partículas en base a los métodos descritos por GILLBRICHT (1951); GOLDBERG, BACKER & FOX (1952); JERLOV (1951 a 1963) y Mac NABB (1966). Los resultados obtenidos se indican en la Tabla 2 y las graficas correspondientes, se aprecian en la Figura 4.

El análisis mineralógico de las arcillas se realizó siguiendo

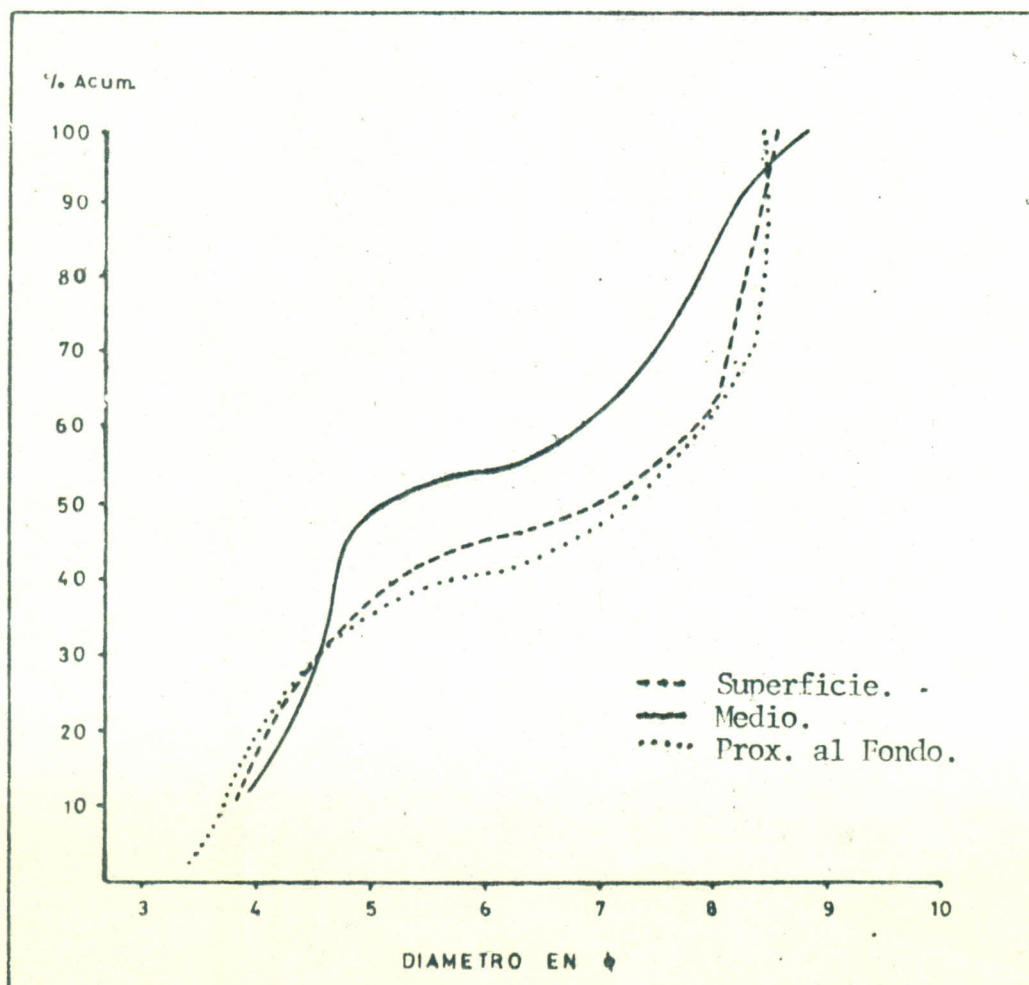


FIGURA 4. Curvas de distribución granulométrica del material en suspensión de la Bahía de Montevideo.

do la técnica descrita por REYNOLDS & HOWER (1970). La fracción arcilla, se trató con Acido Acético 1:4 para remover los carbonatos, dispersando en solución débil de Hexametáfosfato de Sodio utilizándose tubos de sedimentación para retener con los filtros

TAMAÑO (PHI)	NIVELES DE PROFUNDIDAD					
	SUPERFICIE		MEDIA AGUA		PROX. FONDO	
	%	%Ac.	%	%Ac.	%	%Ac.
3.32	--	---	--	---	1.8	1.8
3.46	--	---	--	---	2.0	3.3
3.64	--	---	--	---	3.2	7.0
3.84	10.0	10.0	--	---	5.2	12.2
4.06	8.0	18.0	10.7	10.7	10.2	22.4
4.32	6.0	24.0	7.2	17.9	10.1	32.5
4.64	8.0	32.0	8.3	26.2	3.0	36.4
5.02	8.0	40.0	20.7	46.9	1.8	38.2
5.62	3.2	43.2	4.9	51.8	2.3	40.5
6.32	0.8	44.0	2.0	53.8	3.9	44.4
6.79	1.9	45.9	3.5	57.3	2.0	46.4
6.98	1.8	47.7	2.5	59.8	1.9	48.3
7.16	2.3	50.0	2.3	62.1	2.1	50.4
7.38	2.6	52.6	4.8	66.9	2.9	53.3
7.64	3.6	56.2	3.9	70.8	2.2	55.5
7.96	9.2	65.4	7.1	77.9	3.4	58.9
8.38	34.6	100.0	18.6	96.5	41.1	100.0
8.98	--	---	3.5	100.0	--	---

TABLA 2.. Distribución del material en suspensión en diferentes niveles de la columna de agua.

las partículas. Además, para determinar la presencia de montmorillonita e illita, se practicó la glicolación de la muestra a 70° C durante 4 horas como mínimo, y se le sometió a 400° C por un tiempo mínimo de 30 minutos. La utilización del tubo de sedimentación favorece el efecto de orientación del estrato de silicatos, realizando en la base de entrelazado de reflexión durante el análisis por difracción de Rayos-X; siendo de ésta manera el método muy ágil, permitiendo definir con facilidad los minerales constitutivos del material en suspensión.

#### 4.- DISCUSION

De acuerdo a las condiciones que presenta el Río de la Plata URIEN en 1972, define tres ambientes deposicionales, basado en la dinámica del mismo. La Bahía de Montevideo, queda localizada en el ambiente fluvio-marino, donde las condiciones de suspensión de los sedimentos se ordenan de acuerdo a las influencias de las masas de agua en confrontación. En el área de estudio, debido principalmente al aporte significativo de los afluentes, que además de la carga detrítica aportan desechos domésticos e industriales, crean un gran desequilibrio en ciertos sectores de la Bahía (FRANÇOIS y RISO, 1981).

La importancia de la descargas que traen los arroyos y su enfrentamiento con el agua de mar, provoca la presencia de "cuñas salinas" que interfiere en el transporte de los sedimentos, suspendiendo gran cantidad de material, lo que provoca la presencia de una "nube de lodo" en superficie y de una "crema de lodo" próximo al sustrato (Figura 5).

Los resultados de la composición granulométrica (Tabla 2), muestran una distribución irregular en las zonas muestreadas; percibiendo una composición modal dominante en los niveles de la columna de agua muestreada. Dicho tamaño corresponde a las arcillas más gruesas (8.38 phi) que no pueden considerarse como patrón selectivo debido en forma significativa a la influencia de las mareas (ya sea generadas por corrientes salinas o afectadas por los vientos) que se presentan alterando y definiendo la dinámica de la Bahía.



En las zonas próximas al fondo, la moda más frecuente corresponde a valores que oscilan entre el 30% y 50% del total de la composición granulométrica de las partículas constitutivas de dicho nivel; analizando el total, como se presenta en la Tabla 2 podemos apreciar que para el total de muestras analizadas en di-

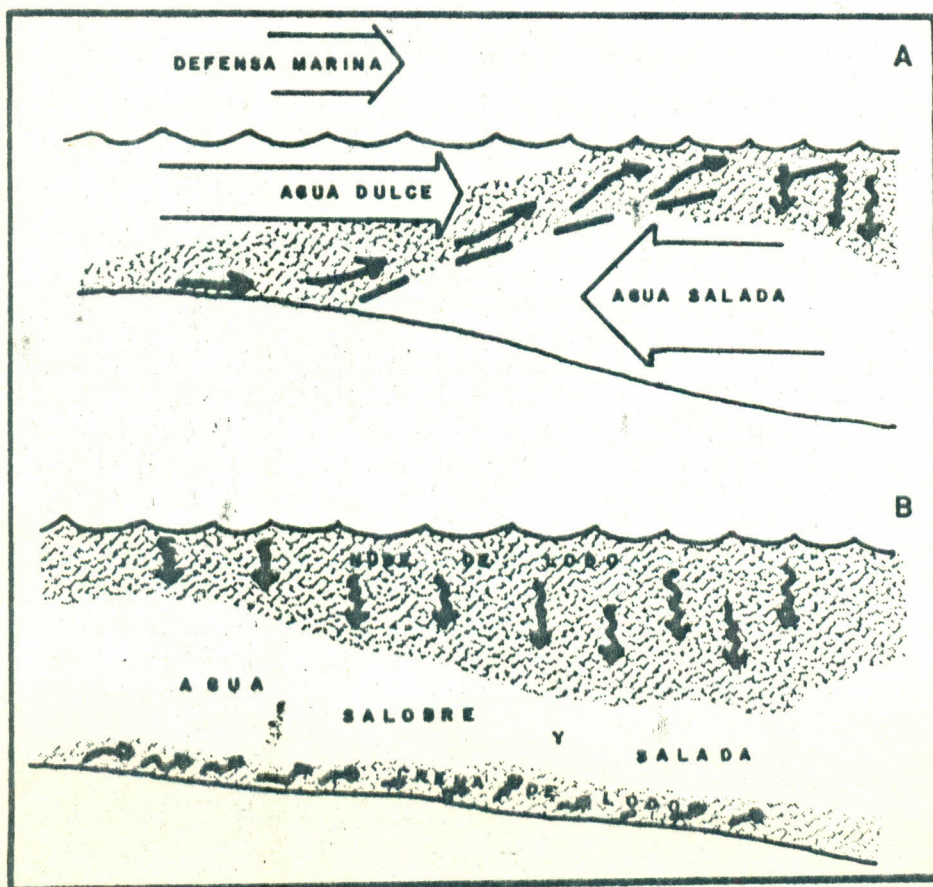


FIGURA 5.. Mecanismo de sedimentos suspendidos y su deposición en la Bahía de Montevideo. A.. Sección esquemática mostrando el efecto de la "Cuña de Salinidad". B. Sección esquemática mostrando la distribución de los sedimentos en suspensión por los efectos de la confrontación de las diferentes masas de aguas existentes dentro de la Bahía de Montevideo. (Modificado de URIEN, 1972).

cha profundidad, la moda representa el 41,1% del total.

En los diferentes niveles investigados, la moda dominante normalmente se presenta una moda asociada, que ayuda a caracterizar las condiciones de dominio de mareas y descargas,

Acorde a los resultados observados en la Tabla 2, es posible considerar que en los niveles superficiales, la moda asociada queda representada por las partículas de diámetro de 3,84 phi (arenas muy finas); en aguas de profundidades intermedias, corresponden a las modas asociadas a la moda dominante que son las partículas de 4,06 phi y 5,02 phi (limos gruesos y muy gruesos), hecho éste que también se desarrolla en aguas próximas al fondo (4,06 phi y 4,32 phi); respondiendo a las características definidas del medio.

Las causas que provocan dicha distribución son muy variadas, siendo las más importantes las mencionadas por la confrontación de los diferentes tipos de masas de aguas, que provocan diferentes alternativas para la suspensión de materiales de muy variado diámetro; otro aspecto a considerar es la influencia que ejercen las mareas cuando son afectadas por corrientes de mareas salinas y por efectos de los vientos.

De acuerdo con los resultados químicos obtenidos (FRANÇOIS y RISO, 1981), las condiciones son favorables para que se desarrollen interacciones electrolíticas coloidales que favorezcan la suspensión de ciertas partículas.

Las condiciones superficiales de distribución obedecen a la nube de lodo, que se encuentra constantemente en todos los puntos muestreados del sistema; a medida que nos aproximamos al fondo, la zona intermedia se caracteriza por su transicionalidad, y es allí donde la distribución se hace sumamente irregular, debido a -- que existen partículas con tendencia a sedimentarse y otras que son movilizadas y comienzan a ser transportadas y suspendidas a conse--

cuencia de las condiciones antes mencionadas.

Adaptando las condiciones del comportamiento y acorde a la Figura 5, se ve el patrón de comportamiento de las partículas. De las gráficas, se desprende que las partículas de superficie (asociadas a la nube de lodo) presentan un predominio de las mixturas finas sobre la media, con un buen patrón selectivo. A niveles intermedios, la distribución de las partículas es sumamente irregular; lo que nos indica de la situación de transicionalidad del sector, ya sea en las condiciones de transporte, suspensión y deposición de las partículas; lo que hace posible una distribución polimodal con tres modas bien definidas. Finalmente en zonas próximas al fondo, observamos que las mixturas más gruesas dominan sobre la media de la distribución granulométrica, hecho posible a la formación de agregados de las partículas. El dominio modal corresponde a las arcillas gruesas (8.38 phi) muy bien clasificadas dominando la montmorillonita e illita.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- DELAN, P., 1967. Geomorphology and Quaternary Coastal of Uruguay. Louisiana State Univ. Coastal Stud. Inst. Tech. Rep: 1-30.
- FRANÇOIS, A. y R. RISO, 1981. Informe del Crucero 001 en la Bahía de Montevideo. S.O.H.M.A., I.T. 02-81: 1-22.
- GEISTDOERFER, P., 1972-73. Etude granulométrique des particules in suspension dans les eaux de mer Méditerranéennes. Vie et Milieu XXIII (2P): 193-207.
- GILLBRICHT, M., 1951. Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Plankton in der Kieler Bucht 1. Kieler Meeresforsch., 8: 173-191.
- GOLDBERG, E.D., M. BAKER & D.L. FOX., 1952. Microfiltration in oceanographic research. Marine Sampling with the molecular filter. Jour. Mar. Res. 11: 194-204.
- JERLOV, N.G., 1951a. Optical studies of ocean water. Rep. Swedish Deep Sea. Exp. 3 (1): 1-59.
- \_\_\_\_\_, 1951b. Optical measurements of particle distribution in the sea. Tellus 3 (3): 122-128.
- \_\_\_\_\_, 1953. Influence of suspended and dissolved matter on transparency of sea water. Tellus 5 (1): 59-65.
- \_\_\_\_\_, 1955. The particulate matter in the sea as determined by means of the Tyndall meter. Tellus 9 (2): 213-225.
- \_\_\_\_\_, 1963. Optical Oceanography: Oceanographic. Mar. Biol. Ann. Rev. 1: 89-114.
- LOHMANN, H., 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres und Plankton. Wiss. Meeresunters. 10: 120-370.
- MCNABB, C.D., 1960. Enumeration of fresh phytoplankton concentrated on the membrane filter. Limnol. Oceanogr. 5 (1): 57-61.
- OTTMAN, F. & URIEN, C., 1965. Le mélange des eaux douces et marines dans le Río de la Plata. Cahiers Oceanogr. XVII (10): 703-713.
- REYNOLDS, R.C. Jr. & J. HOWER, 1970. The nature of interlayering in mixed layer illite-montmorillonites. Clay and Clay Min. 18: 25-36.
- RIBESTALLER, R.E. y A.R. MAILHE, 1968. Contribución al conocimiento del material inorgánico en suspensión del Río de la Plata. Comun. del Museo Arg. de Cienc. Nat. Geol. II (3): 23-30.

- SANGUINETTI, P., 1973. Planos Fundamentales de Marea: Período 1955-1968., Uruguay. ALMANAQUE, S.O.H.M.A. 45: 61-74.
- STRICKLAND, J.D. & T.R. PARSONS, 1975. A manual of sea water analysis. Bull.Fish.Res. Bd. Can., 125.
- URIEN, C.M., 1966. Distribución de los sedimentos en el Río de la Plata Superior. Serv. de Hidrog. Naval, Argentina III (3): 197-203.
- \_\_\_\_\_, 1967. Los sedimentos modernos del Río de la Plata Exterior. Serv. Hid. Nav. Argentina. IV (2): 113-213.
- \_\_\_\_\_, 1972. Río de la Plata Environments. The Geol. Soc. Am. Inc. Memoir 1972: 213-234.