ISSN 6815-6838

REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

ARMADA NACIONAL

SERVICIO DE OCEANOGRAFIA HIDROGRAFIA

Y METEOROLOGIA DE LA ARMADA

CARACTERISTICAS DEL COMPORTAMIENTO SEDIMENTOLOGICO DE LA BAHIA DE MONTEVIDEO

MONTEVIDEO 1981

PUBLICACION Nº 81-04

CARACTERISTICAS DEL COMPORTAMIENTO SEDIMENTOLOGICO DE LA BAHIA DE MONTEVIDEO

por Ricardo AYUP ZOUAIN

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA - DIVISION GEOLOGIA

PUBLICACION 81-04

Esta nueva publicación del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada, como las anteriores, desea volcar en la comunidad científica, el invalorable aporte de su personal especializado.

En ésta oportunidad se presenta un estudio realizado por el Señor Ricardo Ayup Zouain, Jefe de la División Geología del Departamento de Oceanografía, sobre las Características del Comportamiento Sedimentológico de la Bahía de Montevideo, como parte integrante del Sistema fluvio-marino del Río de la Plata.

Al autor, las felicitaciones por su incesante espíritu de investigación que dió forma a ésta publicación y al Departamento de Oceanografía por el trabajo de campo, laboratorio y gabinete ejecutado con la responsabilidad que lo caracteriza.

Capitán de Navío (C.G.)
Yamandú Flangini
JEFE

El presente trabajo corresponde a una parte del Plan de Estudios desarrollado en la Bahía de Montevideo por el Departamento de Oceanografía del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada.
Los estudios incluyen un período desde el año 1976 a 1980, en forma interrumpida. La primer etapa fué ejecutada en los años 1976-1977; mientras que la segunda etapa se desarrolló en el período 1979-1980.

PERSONAL PARTICIPANTE EN TRABAJO DE CAMPO

Oficiales, Técnicos y Operadores oceanográficos del Departamento de Oceanografía del SOHMA.

TRABAJO DE LABORATORIO Y GABINETE

Ricardo AYUP ZOUAIN, Jefe División Geología.
Mario ACOSTA, División Geología
Néstor CAMPAL, División Geología
Guillermo POPELKA, División Geología

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Ricardo AYUP ZOUAIN

INDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	1
3.	MATERIALES Y METODOS	1
	3.1. SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO	6
	3.2. SEDIMENTOS EN SUSPENSIÖN	9
4.	CARACTERISTICAS DE LAS DESCARGAS Y EL DRAGADO	12
5.	DISCUSION	16
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	23

1. INTRODUCCIO

En el presente ajo se arrolla el estudio de la distribución de los sed mentos uperficiales de fondo de la Bahía de Montevideo.

Principalmente se a la incidencia que presentan los sedimentos en suspen a partir de sus fuentes origi narias y los mecanismos de transporte que favorecen su distribución en la masa de agua y su deposición.

Asimismo se aprecia la influencia de los vientos y la marea, que se van a relacionar como patrones selectivos en la distribución de los sedimentos.

2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Montevideo, en cuyo seno se ubica el Puerto del mismo nombre, se situa en el Departamento de Montevideo, capital de la República Oriental del Uruguay, en la zona transicional del Río de la Plata, localizada entre los 34º37' S y los 34º53'S y de 56º13' a 56º19' de longitud W, como se aprecia en la figura 1.

J. CHEBATAROFF (1969 y 1979), describiendo el litoral costero de Montevideo, aprecia la abundancia de puntas pedregosas y de numerosos arcos en los que se extienden playas arenosas. Es en dicho contexto geomorfológico que se destaca la presencia de una Bahía (la de Montevideo) de poca profundidad y con algunos islotes. Según el mismo autor, la abundancia de contrastes en el litoral de Montevideo, se explica por la constitución de la zona costera, en la que se presentan rocas típicas del Basamento Cristalino, que ofrecen una gran variedad de estructuras y resistencia diferencial a la acción del oleaje.

Si se consideran las apreciaciones vertidas por OTTMAN y URIEN en 1965, vemos que la Bahía de Montevideo está integrada al sector fluvio-marino del Río de la Plata. Asimismo, relacionada de acuerdo a los grupos texturales sedimentarios, URIEN,C., L.R. MARTINS e I.R. MARTINS, 1980, la incluyen dentro del dominio de los sedimentos limos-arcillosos.

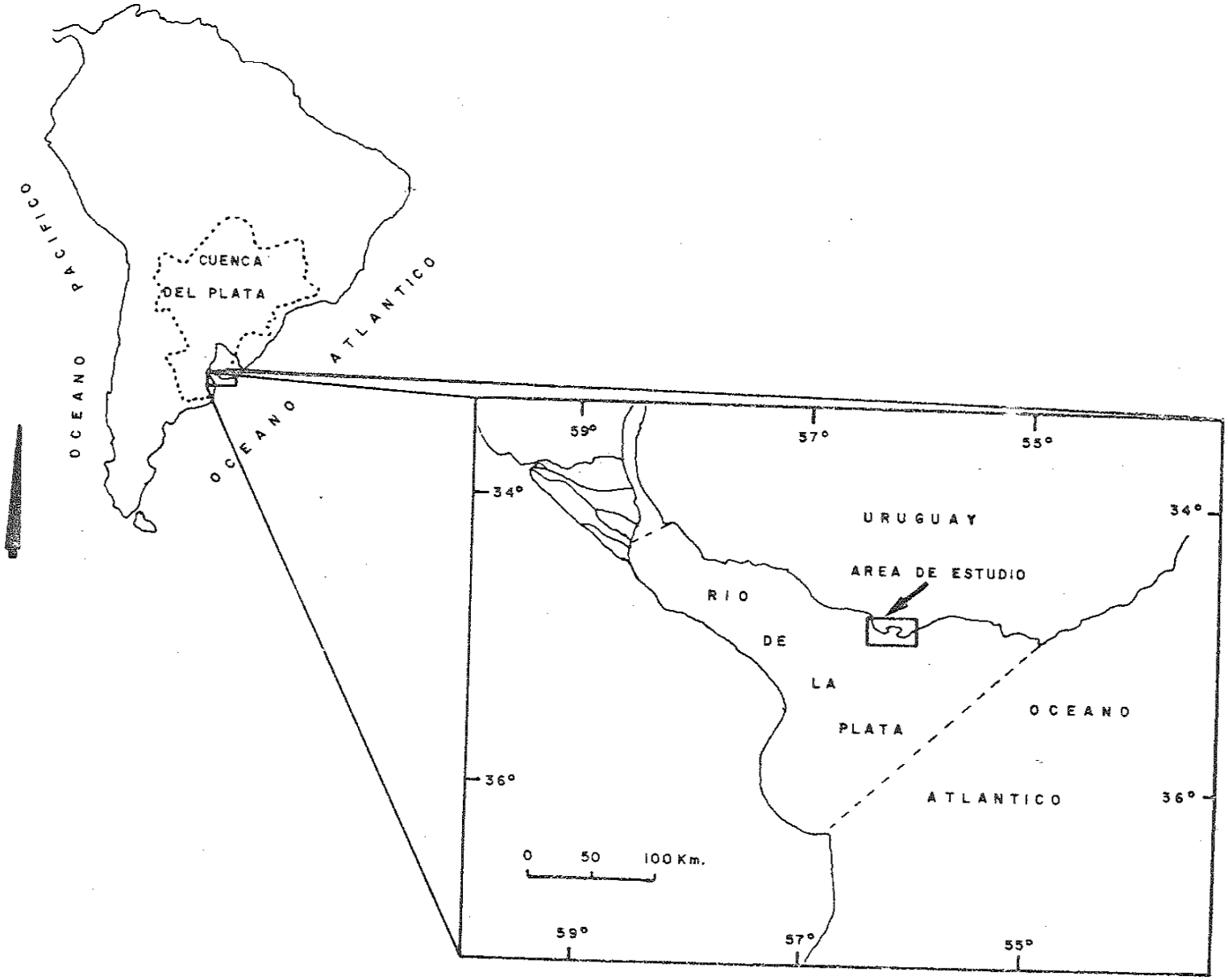

FIGURA 1. Situación del área de estudio.

El clima de la región es subtrópical húmedo templado con pocas variaciones regionales. Los promedios anuales de temperatura y precipitaciones se indican en la Tabla 1.

Las características climáticas del área, asociadas a la influencia de la fisiografía, permiten el transporte de importantes cantidades de material en suspensión (fundamentalmente detritus) donde predominan la montmorillonita e illita y en menor proporción caolinita, como los principales componentes minerales arrastrados en suspensión (AYUP, 1981).

ESTACION CLIMATICA	PROMEDIO TºC	PROMEDIO PRECIPIT.
Verano	23º	252 mm
Otoño	18º	266 mm
Invierno	11º	246 mm
Primavera	17º	245 mm
Promedio Anual	17º	1009 mm

Fuente: Dirección General de Meteorología.

TABLA 1. Promedio anual de precipitaciones y temperatura en la Ciudad de Montevideo (Período 1908-1978).

Las dimensiones del Río de la Plata, permiten el desarrollo y la oscilación de mareas de desigualdades diurnas, que van a afectar las condiciones de la Bahía de Montevideo.

En 1961, M. BALAY, determina que el efecto de coriolis al actuar sobre las mareas, define un fenómeno de deflección de éstas en el Río de la Plata hacia la costa Sur, lo que implica una mayor amplitud de mareas que en la costas norte de dicho Río.

El intervalo normal de marea es de aproximadamente 12 horas y 32 minutos, observandose dichas variaciones de amplitud en la Tabla 2.

Los vientos en general, presentan velocidades promedios significativas, que pueden apreciarse en la Tabla 3, lo que permite obtener velocidades promedios dentro de un

rango de 6,0 m/s 9,0 m/seg.. Evidentemente, que basados en la poca profundidad del sistema, con fetch poco extensos, se posibilita el movimiento de la masa de agua, favoreciendo así la suspensión de las partículas.

La marea normalmente en función del efecto del viento (predominantes del NE y W-SW) no se presenta simetricamente como aparece en las tablas de predicción, ya que dicho factor retarda y define un aumento de amplitud en forma moderada.

JULIO 1981

DIA	HORA	ALTURA	DIA	HORA	ALTURA	DIA	HORA	ALTURA
01 Mie.	0036 0606 1354 1830	0.98 0.47 0.97 0.58	11 Sáb.	0224 0918 1454 2106	0.61 0.99 0.61 0.82	21 Mar.	0500 0948 1712 2142	1.22 0.78 0.99 0.67
02 Jue.	0124 0706 1554 1918	1.04 0.49 0.96 0.53	12 Dom.	0312 1142 1536 2154	0.62 0.85 0.70 0.80	22 Mie.	0548 1030 1736 2230	1.23 0.77 0.98 0.62
03 Vie.	0218 0754 1612 2012	1.09 0.52 0.97 0.56	13 Lun.	0400 1230 1624 2254	0.63 0.84 0.69 0.81	23 Jue.	0636 1118 1754 2318	1.29 0.76 0.96 0.58
04 Sáb.	0318 0848 1712 2100	1.13 0.57 0.98 0.66	14 Mar.	0448 1306 1712	0.66 0.84 0.70	24 Vie.	0718 1206 1824	1.17 0.73 0.94

TABLA 2. Algunos niveles de la Tabla de predicciones de mareas. (Tomado de ALMANAQUE 1981, SOHMA).

A modo de ejemplo puede mencionarse la alteración en el rango de mareas en el Río de la Plata, provocado por el temblor de Alaska del 28 de marzo de 1964, descrito por DE LANY en 1967, y que registró el mareografo de Montevideo la marca de 2.09 mts (situandose en 1,05 mts sobre la media normal). También pueden considerarse las variaciones que se producen por el ingreso de agua marina (para el caso particular de la Bahía, ingresa agua salobre) y su intercambio con el agua del Río, donde el movimiento más efectivo se produce en la ribera norte del Río de la Plata (URIEN, 1972).

Los cambios de salinidad en la Bahía de Montevideo, oscilan en un rango de 0,2 °/oo a 32,5 °/oo con un promedio de 10,31°/oo, observables en la Tabla 4, de acuerdo al trabajo publicado por SOHMA en 1977. Estas variaciones que

MESES	VELOCIDAD MEDIA MEN. (Km/h.)	DIRECCION MEDIA MEN.	VEOLOCIDAD MAX. MEDIA (Km/h.) MEN.	VELOCIDAD MIN. MEDIA (Km/h.) MEN.	MAYORES VIENTOS Dir.	Vel.
Enero	27.8	ESE	30.6	26.0	W	160.0
Febrero	26.9	NNE	29.9	24.3	SW	200.0
Marzo	26.7	NE	28.6	25.4	SE	160.0
Abril	26.4	NE	28.7	25.0	SSW	200.0
Mayo	25.3	NE	26.7	22.7	W	176.0
Junio	25.7	NNE	26.8	23.1	WSW	152.0
Julio	27.3	NE	28.9	24.9	SSE	200.0
Agosto	28.3	NNE	30.8	26.5	S	144.0
Setiembre	29.2	NE	31.4	28.0	S	160.0
Octubre	28.3	NE	30.8	27.0	SSW	184.0
Noviembre	27.8	NE	30.6	26.2	SW	184.0
Diciembre	28.3	NE	30.3	26.1	SSE	160.0

TABLA 3.- Variación del viento para la Bahía de Montevideo (Período 1941-1965) (Tomado de J.A. BATTIONE, 1969).

se producen durante todo el año, también inciden en la amplitud de mareas, ocasionando corrientes de mareas de importancia que favorecen el transporte de los sedimentos en suspensión; consecuentemente esto ayuda al desarrollo de enlaces y comportamiento coloidal de las arcillas, provocando la formación de agregados, que floculan y aceleran la precipitación de las partículas.

3. MATERIALES Y METODOS

Los materiales utilizados corresponden a muestras tomadas en la Bahía de Montevideo a nivel superficial, profundo y media agua para los sedimentos en suspensión, y a muestras de sedimentos superficiales de fondo de 35 estaciones, obtenidos en muestreos estacionales períodicos.

En la figura 2 se aprecia la localización y distribución de las estaciones estudiadas para el desarrollo del presente estudio.

SALINIDAD

En superficie. Valores de: Frecuencias, Promedios, Máximas y Mínimas

LOCALIDAD MONTEVIDEO Interv. / Meses	RESUMEN GENERAL, POR MESES, CORRESPONDIENTE AL PERIODO 1955 – 1974													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Casos	o/o
Hasta 0,99	–	–	–	3	6	4	16	4	19	7	2	5	66	1,16
de 1,00 a 4,99	20	49	52	145	186	171	166	143	86	88	84	44	1234	21,69
de 5,00 a 9,99	71	92	148	229	167	201	175	199	155	187	153	90	1867	32,82
de 10,00 a 14,99	117	105	140	79	76	56	92	85	128	142	128	164	1312	23,07
de 15,00 a 19,99	122	90	79	25	31	16	16	23	32	52	60	97	643	11,31
de 20,00 a 24,99	96	57	56	4	6	2	13	10	22	13	45	73	397	6,98
de 25,00 a 29,99	27	48	15	2	–	–	3	1	7	4	17	22	146	2,57
de 30,00 a 34,99	8	3	6	1	1	–	–	1	–	–	2	1	23	0,40
más de 35,00.....	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N. de casos	461	444	496	488	473	450	481	466	449	493	491	496	5688	–
Máximas	32,5	31,5	32,0	31,5	30,6	24,5	29,2	30,5	27,8	28,9	32,2	32,2	–	–
Mínimas	2,2	1,4	1,5	0,9	0,4	0,7	0,4	0,8	0,3	0,6	0,8	0,2	–	–
Media período	15,66	15,36	12,63	7,39	7,09	6,27	7,46	8,06	9,14	9,41	11,15	13,70	–	10,31

TABLA 4. Valores promedios de Salinidad en la Bahía de Montevideo. (Fuente: ALMANAQUE 1977, SOHMA).

3.1. SEDIMENTOS DE FONDO

Fueron extraídas un total de 134 muestras, a fín de desarrollar el análisis granulométrico de las mismas. Para su extracción se utilizó el muestreador de caída libre tipo Phleger que favorece la obtención de muestras en núcleos.

Una de las ventajas que presenta dicho instrumento, es la aislación del sedimento, impidiendo su lavado y alteración granulométrica, particularmente de los limos y arcillas (BUDMA & BOERMA, 1968). Además, a fín de poder desarrollar el análisis textural se aprecia una exactitud mayor en los resultados.

Las muestras fueron procesadas siguiendo la separación de las fracciones componentes de las mismas; por un lado se separó y analizó la fracción gruesa (arenas) y por otro el correspondiente a la fracción fina (limos y arcillas).

En la metodología seguida, inicialmente fué secada la muestra a105ºC aproximadamente; posteriormente se pesó para obtener el porcentaje de húmedad de las muestras.

Inmediatamente, se procedió a la separación de fracciones, utilizando el tamiz con malla de 88 micras (3,5phi (Nº 170 de la U.S. Sieves Series)), lo que permite pasar a la fracción de sedimentos correspondientes a 62 micras (4 phi) límite de las arenas muy finas y los limos. La separación se desarrolló en húmedo, con el uso de solución de amoníaco al 20%, a fín de favorecer la disgregación y no floculación de las partículas más finas. Posteriormente se procedió al lavado de la fracción gruesa retenida en el tamiz y al secado a 85ºC para su posterior procesamiento. La fracción de muestra que no fué retenida (correspondiente a limos y arcillas, así como a arenas muy finas) fué secada para proceder posteriormente a su análisis por pipeteado.

La fracción gruesa se analizó por el método de análisis mecánico, siguiendo el procedimiento descrito por UDDEN en 1914, y que posteriormente fuera modificado por WENTHWORT,1926; KRUMBEIN, 1932; KRUMBEIN & PETTIBOHN,1938; L. BERTHOIS, 1960; así como el no uso del tamiz Nº 230 para no retener la fracción menor a 88 micras, a fín de que en el analísis por el método de pipeteado se obtenga un resultado más satisfactorio y menor posibilidad de floculación en la fracción fina.

La fracción fina fué sometida al análisis por el método de pipeteado, siguiendo la técnica descrita por KRUM-

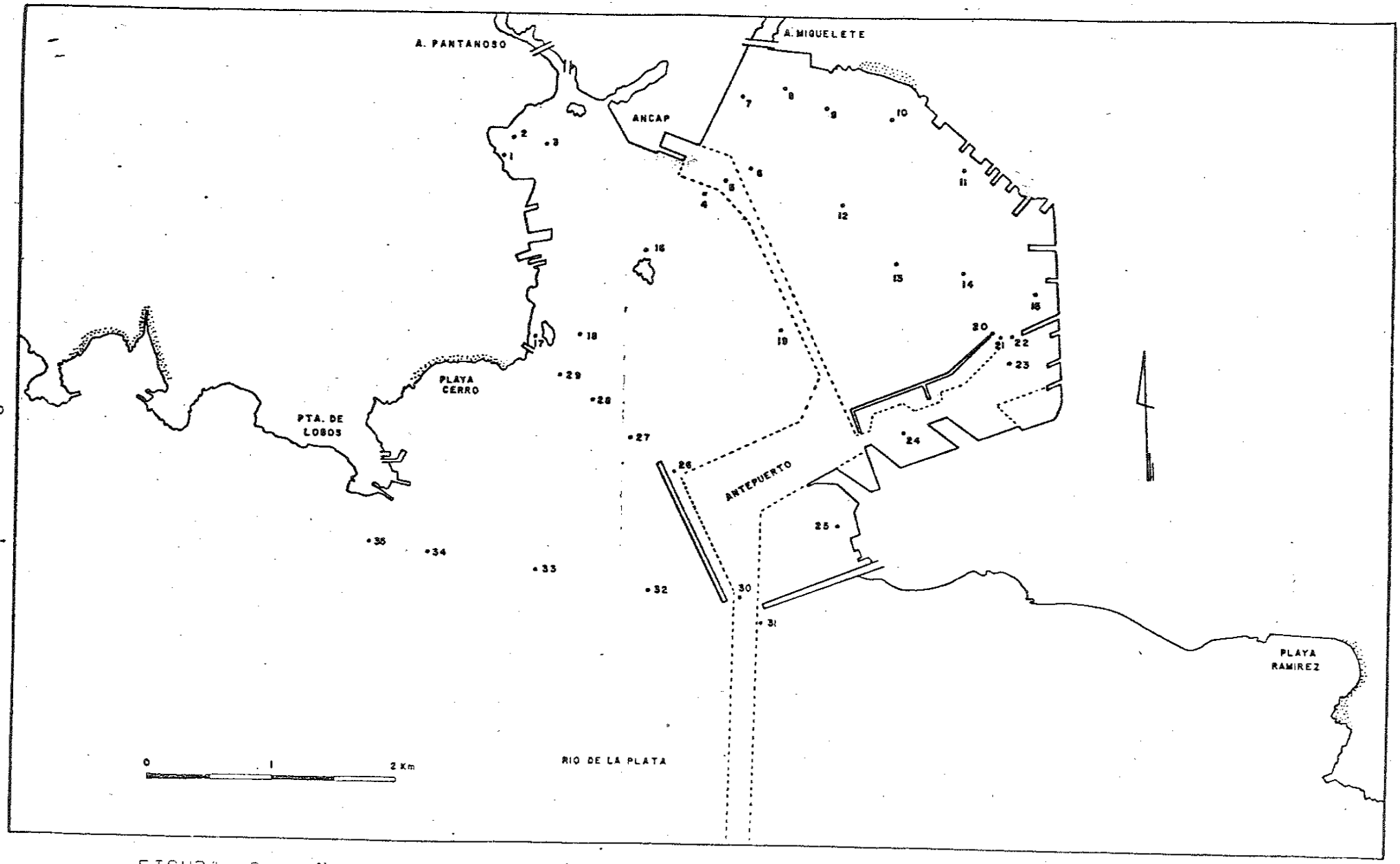

FIGURA 2. Mapa de localización de las estaciones de muestreo.

BEIN en 1935, basado en ROBINSON, 1922; JENNINGS, THOMAS & GADNERS, 1922 y modificaciones de R. FOLK en 1968.

Los resultados obtenidos de la composición granulométrica, así como los parámetros estadísticos de las muestras se presentan en la Tabla 5.

3.2. SEDIMENTOS EN SUSPENSION

El sedimento en suspensión fué obtenido con el uso de la botella tipo OTTMAN. El material se conservó en envases de vidrio de color caramelo, fijando la fracción orgánica con el agregado de 10 ml de formol al 10%.

La concentración de sedimentos en suspensión varía en los diferentes niveles; en superficie oscila entre 8,2 y 48,4 mg/l^{-1}; los rangos en niveles próximos al fondo alcanzan valores entre 33,4 a 627,8 mg/l^{-1}.

Los métodos analíticos para los estudios cuantitativos y cualitativos de la composición de los sedimentos en suspensión se desarrollaron de acuerdo a las metodologías propuestas por GILLBRICHT (1951)-Mediciones directas del tamaño de las partículas; STRIKLAND & PARSONS (1975) -Filtración; LOHMAN (1908)-Centrifugación; GOLDBERG, BAKER & FOX (1952), McNABB (1966) - Analísis individual con microscopio sobre filtros: JERLOV (1951, 1963)-Mediciones ópticas.

El volumen de muestras colectadas fué medido y posteriormente filtrado de acuerdo a las características particulares de cada nivel, utilizando filtros Gelman de 0.45 µm; los que fueron secados posteriormente en el horno a temperaturas oscilantes entre 40 y 55ºC.

Una vez obtenidos los resultados cuantitativos, se efectuó el analísis de tamaño de las partículas en base a los métodos descritos antes mencionados. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6.

Nº Muestra	TEXTURA GRANULOMETRICA			Parametros: FOLK & WARD				KRUMBEIN
	ARENA	LIMO	ARCILLA	Mz	SK_I	σ_I	Kg	Sk_a
ARCILLAS LIMOSAS								
23	0.25	46.27	53.44	7.15	0.57	1.20	1.43	0.57
LIMOS ARCILLOSOS								
11	1.17	72.44	26.39	5.85	0.14	1.89	0.65	0.49
13	0.31	64.03	35.71	6.45	0.22	2.29	0.73	0.38
14	2.61	69.66	27.87	5.83	0.35	2.15	0.35	0.18
20	0.72	79.66	19.55	5.41	0.51	1.78	0.98	0.23
22	1.37	50.42	48.25	6.96	0.14	2.32	0.58	-0.13
26	1.89	55.03	43.12	4.96	0.51	1.48	1.26	0.30
28	14.30	55.36	28.35	5.69	0.39	2.23	0.21	0.56
30	11.00	62.74	26.25	5.70	0.51	1.96	0.95	0.35
31	3.89	53.91	42.20	6.00	0.27	2.01	0.77	0.29
32	0.00	70.00	30.00	5.40	0.30	1.06	2.62	0.08
33	0.36	61.46	38.16	6.72	0.23	2.33	0.70	0.58
34	9.93	53.41	33.66	6.17	0.39	2.18	0.58	0.36
LIMOS								
3	0.42	85.15	14.54	5.06	0.60	0.46	1.36	0.31
4	1.63	76.01	22.33	5.63	0.40	1.84	0.94	0.40
6	0.75	86.05	13.21	5.40	0.30	1.56	2.62	0.05
8	1.66	85.15	13.19	5.75	0.26	1.85	1.63	0.19
9	8.33	88.50	2.98	4.80	0.59	0.43	3.18	0.65
12	0.74	77.13	22.15	5.62	0.60	1.70	1.36	0.03
16	9.68	70.34	19.93	5.17	0.05	1.43	0.72	-0.16
19	0.06	94.05	5.38	4.85	0.52	0.88	1.05	0.22
24	1.11	78.06	20.82	6.18	0.37	1.21	0.68	0.19
25	1.53	76.95	21.52	4.57	0.49	2.59	1.31	-0.17
27	2.73	83.88	15.20	4.96	0.51	1.48	1.26	0.21
29	0.17	77.26	22.55	5.67	0.38	0.88	1.16	0.32
35	8.39	76.10	14.71	5.14	0.19	1.49	1.05	0.11
LIMOS ARENOSOS								
2	21.56	68.39	10.03	4.75	0.28	1.46	0.28	0.20
10	23.81	62.25	13.94	4.98	0.22	1.56	0.37	0.26
18	25.41	60.37	14.22	4.67	0.26	1.59	0.29	0.24
ARENAS LIMOSAS								
1	53.47	32.41	14.12	3.90	0.53	1.12	0.21	-0.23
17	50.21	27.76	22.03	3.95	0.29	1.51	0.37	-0.09

TABLA 5. Composición Granulométrica y parámetros estadísticos de los sedimentos superficiales de fondo de la Bahía de Montevideo.

NIVEL DE MODA	TAMAÑO (PHI)	NIVELES DE PROFUNDIDAD					
		SUPERFICIE		MEDIA AGUA		PROX.FDO	
		%	% Ac.	%	% Ac.	%	% Ac.
1	3.32	-	-	-	-	1.8	1.8
2	3.46	-	-	-	-	2.0	3.8
3	3.64	-	-	-	-	3.2	7.0
4	3.84	10.0	10.0	-	-	5.2	12.2
5	4.06	8.0	18.0	10.7	10.7	10.2	22.4
6	4.32	6.0	24.0	7.2	17.9	10.1	32.5
7	4.64	8.0	32.0	8.3	26.2	3.9	36.4
8	5.02	8.0	40.0	20.7	46.9	1.8	38.2
9	5.62	3.2	43.2	4.9	51.8	2.3	40.5
10	6.32	0.8	44.0	2.0	53.8	3.9	44.4
11	6.79	1.9	45.9	3.5	57.3	2.0	46.4
12	6.98	1.8	47.7	2.5	59.8	1.9	48.3
13	7.16	2.3	50.0	2.3	62.1	2.1	50.4
14	7.38	2.6	52.6	4.8	66.9	2.9	53.3
15	7.64	3.6	56.2	3.9	70.8	2.2	55.5
16	7.96	9.2	65.4	7.1	77.9	3.4	58.9
17	8.38	34.6	100.0	18.6	100.0	41.1	100.0

TABLA 6. Composición granulómetrica de los sedimentos en suspensión en diferentes niveles de la columna de agua.

4. CARACTERISTICAS DE LAS DESCARGAS Y EL DRAGADO

Una de las principales fuentes de aportes de materiales detríticos que van a incidir en la Bahía de Montevideo, corresponden a las descargas producidas por las diferentes bocas de saneamiento y por los vertederos ubicados a lo largo de la costa de Montevideo, que cumplen la función de resumideros cuando se producen las precipitaciones.

En la Tabla 7, se pueden observar detalladamente la localización de los diferentes vertederos de la ciudad de Montevideo; de los cuales el 58,70 % descargan de un modo u otro en el sistema de la Bahía de Montevideo, totalizando gran parte de las descargas industriales y de la mayor parte de la población de Montevideo.

SITUACION	SEDIMENTOS (1) (Ton/año)	SOLIDOS EN SUSPENSION (2) (Ton/año)
CERRO	7.379	7.625
PANTANOSO	8.130	8.445
MIGUELETE	14.530	41.560
VICTORIA	4.530	3.290
CAPURRO	11.473	11.491
SANTA FE	911	24.837
SAN FRUCTUOSO	76	1.180
	47.126	98.428

(1) Cálculo efectuado por la I.M.M.
(2) El presente trabajo.
NOTA: La estimación de sólidos en suspensión aportados es en relación a la cuenca y al número de habitantes con saneamiento, incluyendo las efluentes industriales.

TABLA 8.- Aportes de sedimentos y materia orgánica a la Bahía de Montevideo.

Una de las características más importantes que van a producir éstas descargas, tienen relación con el impacto ambiental que producen. Desde el punto de vista sedimentológico, las características de las descargas influye en la

TABLA 7

UBICACION DE VERTEDEROS
OVERFLOWS LOCATION

UBICACION DEL VERTEDERO	UBICACION DE LA DESCARGA	DESCARGA EN
RAMBLA ENTRE SAN NICOLAS E IRACUSTEGUI	CALLE SAN NICOLAS	ESTUARIO
SAN NICOLAS Y RAMBLA		
RAMBLA FRENTE A PLAYA VERDE	PUNTA GORDA	ESTUARIO
RAMBLA Y YAGUARESES	PUNTA GORDA	ESTUARIO
RAMBLA Y VERACIERTO	CALLE COLOMBES	ESTUARIO
RAMBLA Y CONCEPCION DEL URUGUAY		
PLAYA FRENTE A COLOMBES	CALLE COLOMBES	ESTUARIO
RAMBLA Y BASAÑEZ	CALLE BASAÑEZ	ESTUARIO
RAMBLA Y ALPES	CALLE ALPES	ESTUARIO
RAMBLA Y 26 DE MARZO	CALLE 26 DE MARZO	ESTUARIO
RAMBLA Y LARRAÑAGA	AVDA. LARRAÑAGA	ESTUARIO
ECHEVARRIARZA Y BERRO HASTA RAMBLA	CALLE PEREIRA DE LA LUZ	ESTUARIO
RAMBLA Y AVDA. BRASIL	TROUVILLE	ESTUARIO
RAMBLA Y 21 DE SETIEMBRE	PLAYA LA ESTACADA	ESTUARIO
RAMBLA Y TERU	CALLE TERU	ESTUARIO
RAMBLA Y JOAQUIN NUÑEZ	CALLE JOAQUIN NUÑEZ	ESTUARIO
RAMBLA Y PARVA DOMUS	CALLE PARVA DOMUS	ESTUARIO
RAMBLA Y BULEVAR ARTIGAS	BULEVAR ARTIGAS	ESTUARIO
RAMBLA ENTRE J.M.SOSA Y CACHON	RAMBLA CASI CACHON	ESTUARIO
RAMBLA Y GABOTO	CALLE GABOTO	ESTUARIO
RAMBLA Y MEDANOS	CALLE MEDANOS	ESTUARIO
WASHINGTON Y JUAN L.CUESTAS	CALLE WASHINGTON	ANTEPUERTO
25 DE MAYO Y JUAN L.CUESTAS	CALLE 25 DE MAYO	ANTEPUERTO
PIEDRAS Y J.L.CUESTAS	CALLE PIEDRAS	ANTEPUERTO
COLON Y MARSELLAISE	CALLE COLON	PUERTO

UBICACION DEL VERTEDERO	UBICACION DE LA DESCARGA	DESCARGA EN
SOLIS Y MARSELLAISE	CALLE SOLIS	PUERTO
ZABALA Y MARSELLAISE	CALLE ZABALA	PUERTO
MISIONES Y MARSELLAISE	CALLE MISIONES	BAHIA
RONDEAU Y LA PAZ	CALLE CONVENCION	BAHIA
NUEVA YORK Y RONDEAU	CALLE ASUNCION	BAHIA
COLOMBIA Y RONDEAU	CALLE COLOMBIA	BAHIA
GRAL.LUNA Y MELO	CALLE GRAL.LUNA	BAHIA
ARROYO GRANDE Y GRAL.AGUILAR		
GRAL.AGUILAR Y RONDEAU	CALLE GRAL. AGUILAR	BAHIA
ARAYUBA Y SAN FRUCTUOSO	CALLE ENTRE RIOS	BAHIA
PARAISO Y 12 DE DICIEMBRE	CALLE 12 DE DICIEMBRE	BAHIA
ZUFRIATEGUI Y CORACEROS	CALLE ZUFRIATEGUI	Aº MIGUELETE (IZQ.)
ANGEL SALVO E IGLESIA	CALLE IGLESIA	Aº MIGUELETE (DER.)
LUCAS OBES Y AVDA. AGRACIADA	CALLE LUCAS OBES	Aº MIGUELETE (IZQ.)
F.CABALLERO Y CASTRO	FELIPE CABALLERO	Aº MIGUELETE (DER.)
EMANCIPACION Y COSTANERA	CALLE EMANCIPACION	Aº MIGUELETE (DER.)
BUSCHENTAL Y D.AGUSTINI	AVDA. BUSCHENTAL	Aº MIGUELETE (IZQ.)
MAUA Y RAMON CACERES	CALLE MAUA	Aº MIGUELETE (DER.)
MILLAN Y RAMBLA COSTANERA	CASI MILLAN	Aº MIGUELETE (DER)
AVDA. COSTANERA Y Aº MIGUELETE	CALLE EHRLICH	Aº MIGUELETE (IZQ.)
EHRLICH Y BURGUES		
SANTA ANA Y COSTANERA	CALLE SANTA ANA	Aº MIGUELETE (IZQ.)
RIVERA INDARTE Y LUIS DE LA PEÑA	CALLE RIVERA INDARTE	Aº MIGUELETE (DER.)
AMEGHINO Y LUIS DE LA PEÑA	CALLE AMEGHINO	Aº MIGUELETE (DER.)
TRAPANI Y FOCH	CALLE TRAPANI	Aº MIGUELETE (DER.)

transparencia del agua, debido al incremento en el tamaño de las arcillas por efecto coloidal, formando conglomerados.

Estimaciones realizadas por la Intendencia Municipal de Montevideo y por el autor, permiten apreciar en la Tabla 8, los volumenes que se vierten anualmente dentro de la Bahía, favoreciendo en función de las características de la circulación debida al fenómeno de descarga y por los vientos (Figura 3) el embancamiento progresivo y la colmatación en algunos sectores.

Pero, a fín de evitar la progresiva incorporación de sedimentos y favorecer la doble función del Puerto, éste y en general una extensión considerable de la Bahía de Montevideo, se ve sometida a dragado continuo (Tabla 9).

LOCALIDAD	SUPERFICIE DRAGADA		
Canal de Acceso	1,85	Km^2	
Antepuerto	0,85	Km^2	
Darsena Fluvial	0.06	Km^2	
Canal ANCAP	0.39	Km^2	
Darsenas 1 y 2	0.39	Km^2	
Zona de Cabotaje	0.34	Km^2	
Canal Aº Pantanoso	0.03	Km^2	
TOTAL DRAGADO	3.91	Km^2	
Superficie dragada en Puerto	2.06	Km^2	... 52,68%
Superficie dragada en el Canal.....	1.85	Km^2	... 47,32%
Superficie no dragada.....	9.23	Km^2	
SUPERFICIE TOTAL DE AGUAS	13.14	Km^2	

Fuente: Administración Nacional de Puertos, 1979.

TABLA 9.- Superficie de aguas y dragado de la Bahía de Montevideo.

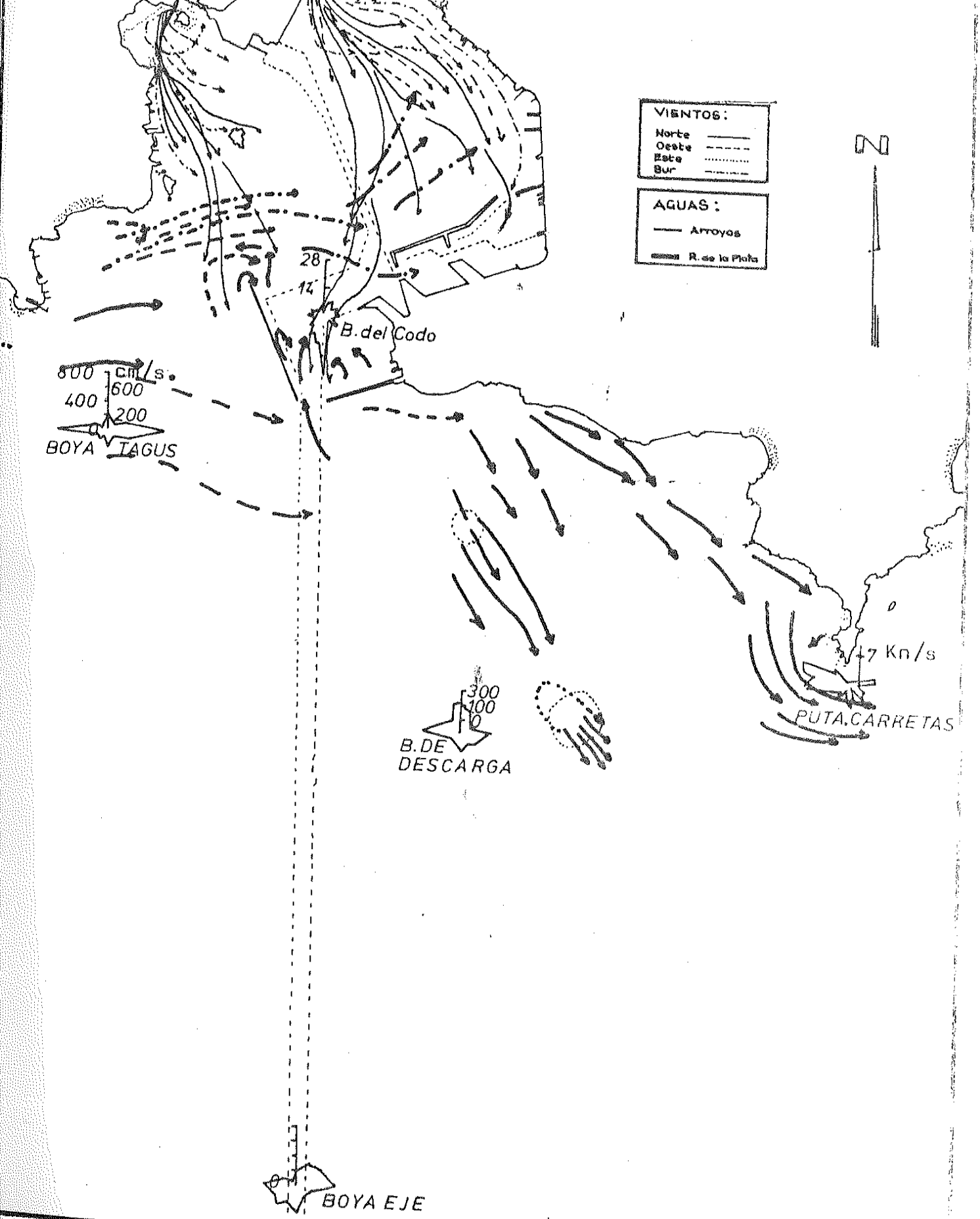

FIGURA 3. Características de la circulación de las masas de aguas y el transporte de sedimentos por efecto del viento.

5. DISCUSION

De acuerdo a las diferentes características que presenta el sistema fluvio-marino del Río de la Plata, podemos apreciar tres ambientes deposicionales (URIEN,1972). Dentro de dicho contexto, como ya hemos visto, la Bahía de Montevideo queda localizada en el sector fluvio marino propiamente dicho, donde las condiciones de confrontación de masas de agua favorecen la suspensión de los sedimentos (AYUP, 1981) así como un patrón de selección para la sedimentación de las particulas en el fondo.

La significancia que producen las aguas de descargas (FRANÇOIS y RISO, 1981) así como los afluentes del Río de la Plata adyacentes a la Bahía o bien en su interior, provocan al enfrentarse con las aguas marinas o salobres introducidas al interior, una cuña de salinidad que provoca la existencia continua de una nube de lodo y de una crema de lodo (AYUP, 1981).

En general, las muestras correspondientes a los sedimentos de fondo, evidencian una predominancia de las fracciones finas. El noventa por ciento de las muestras presentan la "mediana" dentro de la fracción limo y el resto dentro de las fracciones arenas muy finas y arcillas. Las frecuencias de las fracciones arenas, limos y arcillas de las muestras estudiadas se observan en la Tabla 5, las que incluídas en un diagrama ternario de SHEPARD de 1954; posibilitaron la distribución de los diferentes grupos texturales que definen los fondos de la Bahía de Montevideo, como se aprecia en la figura 4.

Considerando la distribución de las muestras según SHEPARD, vemos que el 41.9 % corresponden a limos; 38.7 % son sedimentos limo-arcillosos; 3.2 % a arcillas-limosas; 9.7 de limos-arenosas y 6.5 % de arenas-limosas.

Si bien el número de muestras estudiadas puede afectar la exactitud de los porcentajes, estos muestran las tendencias principales de distribución de los sedimentos en la

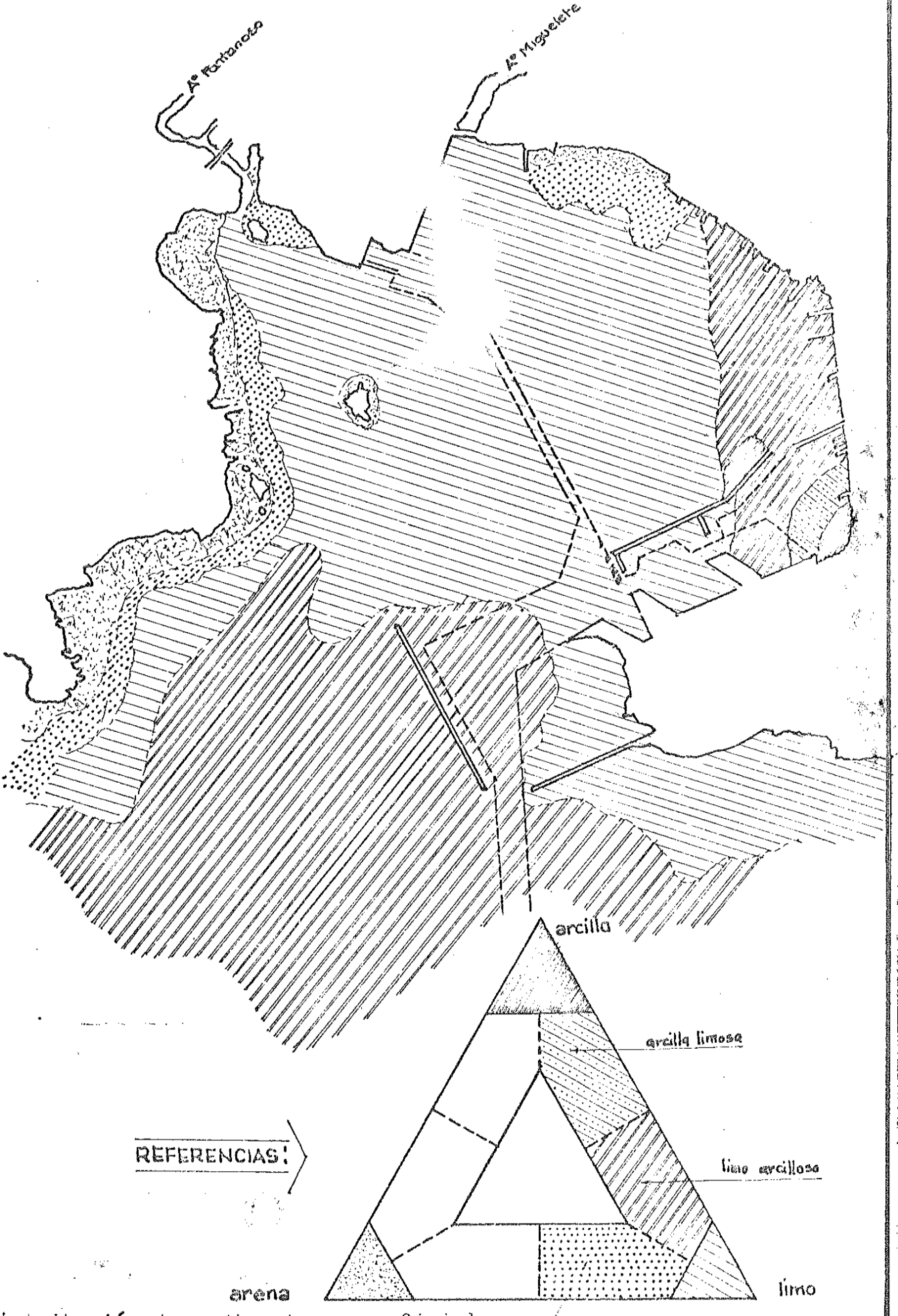

FIGURA 4. Distribución de sedimentos superficiales.

Bahía de Montevideo. De la Tabla 5 se desprende una distribución constante de [illegible]cción limos, y una tendencia entre los extremos de arenas y arcillas en grados variables. Esto induce a pensar, que [illegible] variable granulometrica principal corresponde a la fra[illegible]imos, y que de acuerdo a la zona opera como complem[illegible]

Las muestras han permitido la d[illegible]ación de los grados de selección de FOLK & WARD (195[illegible] [illegible]dencian para los sedimentos en superficie, diferentes grados de distribución, siendo predominantes los sedimentos muy bien seleccionados en el interior, disminuyendo el grado de selección a medida que nos acercamos a las zonas de dominio de los factores del Río de la Plata (generalmente el factor de selección esta condicionado por las descargas de los efluentes y los vertederos asociados al transporte por el viento y las mareas). En la zona de antepuerto y exterior, generalmente donde la profundidad supera los tres metros, se percibe una selección mala a regular de los sedimentos, fenómeno que obedece a la incidencia fundamentalmente del viento, las corrientes de marea y la intrusión salina.

Si el mecanismo de transporte obedeciera a un sólo factor, encontraríamos un solo stock de granos dominantes, que es lo que ocurre en general en la zona interior (efecto de la descarga de los arroyos Miguelete y Pantanoso) ya que allí la intrusión salina apenas si se hace sentir. Ahora bien, donde se presentan factores simultaneos (vientos, corrientes de mareas, mezcla de masas de agua, descargas) se acentúa la presencia de dos o más stocks de partículas, con selección mala a moderada. Generalmente los sedimentos muestran una tendencia del domino de las medias de población cercanos a las 22 micras (5.5 Phi) con predominio de las mixturas gruesas sobre las finas.

Observando las Tablas 5 y 6, se deduce que el conjunto menor a 62 micras, en general habría sido transportado en suspensión; ya que los resultados de los sedimentos en suspensión brindan una distribución bastante regular en

las zonas mue[illegible]adas, con e[illegible]nio de una clase modal frecuente, c[illegible]ondiente [illegible]artículas del nivel de moda 17, observable en toda [illegible]mna de agua. Esto permite considerar que el efec[illegible]ualquier factor, favore ce la suspensión de las par[illegible] de dicho nivel. Como vemos en las zonas próxi[illegible]ndo, la moda frecuente representa el cuarenta y [illegible] por ciento del total de las partículas.

A nivel de la columna de agua, a profundidades medias, la moda de sedimentos en suspensión siempre presenta una moda asociada, caracterizada por la marea o la acción del viento, así como por la profundidad. En zonas superficiales, la moda asociada, está definida por el nivel de moda 4; mientras a profundidades intermedias dichas modas corresponden a los niveles 5 y 8; fenómeno también apreciable en los sedimentos próximos al fondo (crema de lodo). Como hemos visto, podemos considerar al viento como el factor más importante, ya que alcanza velocidades promedios del orden de los 6 m/s. a 9 m/s.; favoreciendo la confrontación de las masas de agua y también la permanencia de una masa de agua como forma de "tapón" dentro de la Bahía, dependiendo del cuadrante original desde donde predomina el viento.

Las condiciones de distribución de los sedimentos en suspensión a nivel de las aguas superficiales, obedece principalmente a la nube de lodo, que permite a las partículas más gruesas por acción del viento mantenerse en suspensión; pero a medida que dicha influencia desaparece, se ve la disminución de dichas particulas en los niveles intermedios y próximos al fondo. La característica fundamental que se aprecia en las particulas son: 1) una tendencia a sedimentarse por exceso de carga, y 2) el mantenerse en suspensión por la confrontación de las masas de agua y los efectos electrolíticos que se producen en la mezcla.

En las profundidades intermedias, la distribución de los sedimentos en suspensión es irregular, con un comportamiento de caracter transicional, que denotan una ten

dencia a la deposición, con modas distributivas poco uniformes de las partículas.

En las zonas próximas al fondo, observamos el dominio de las mixturas gruesas, debido a la deposición por exceso de carga y simultanéamente por la floculación de las partículas más finas por diferentes efectos. Lo más importante resulta de la buena selección que presentan dichos sedimentos en la crema de lodo, constituídos principalmente por illita y montmorillonita (AYUP, 1981).

Esto nos permite deducir que como ya hemos dicho, las particulas menores a 62 micras han sido transportadas y depositadas por exceso de carga; las partículas de 16 a 32 micras, generalmente se encuentran en equilibrio con el medio y las más finas se encontrarían en suspensión.

La distribución de los sedimentos superficiales de fondo, de acuerdo a los grupos texturales (Figura 4) muestra que las partículas mayores a 62 micras, se encontrarían en equilibrio en el sector oeste y norte de la Bahía, beneficiados por la presencia de pequeñas prominencias rocosas y formando playas arenosas.

Según ALLEN (1965), las partículas más finas deberían haber sido transportadas en suspensión y depositadas a causa de su floculación y aglomeración en partículas de mayor tamaño, cercanos o superior a las 62 micras, como ya hemos discutido.

Asociando el transporte a las corrientes de marea, y al efecto de los vientos (Figura 3), podemos apreciar en la figura 5, las condiciones que favorecen la distribución y el traslado de las partículas. Se evidencia, que asociado al fenómeno de las descargas, se asocia la selección de las particulas. En general la selección es muy buena cercano a las zonas de influencia de los arroyos que descargan. En zonas de aguas calmas, con poca incidencia de las corrientes de marea y de los vientos, como en el sector SE del Puerto, se produce el embancamiento y colmatación acelerada con arcillas.

Atendiendo a la distribución espacial de los sedimentos superficiales de fondo, se puede establecer una zona de

REFERENCIAS: ..... CIRCULACION EN BAJAMAR

— — — — CIRCULACION EN PLEAMAR

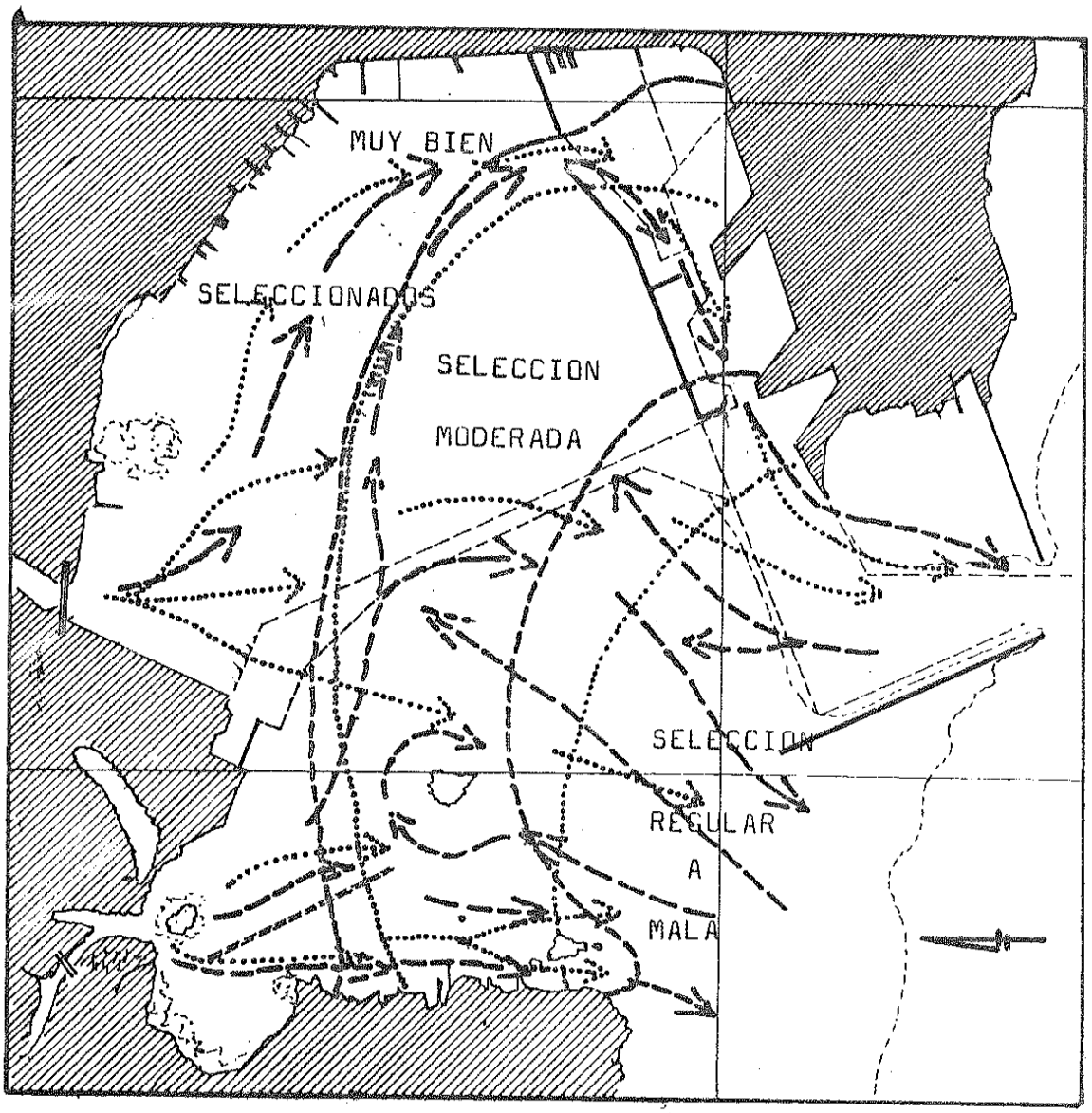

FIGURA 5. Transporte y características de selección en los sedimentos superficiales de fondo de la Bahía de Montevideo.

presencia de arenas en la zona occidental de la Bahía (Playa del Cerro y adyacencias), con una importante zona de dominio de los limos arenosos rodeando a la misma; así como una pequeña franja de arenas en la zona NE de la Bahía (Playa Capurro). Un gran dominio de los limos en la zona central, muy bien seleccionados en su mayoría, y, una zona oriental desde el antepuerto hacia el exterior, con dominio de limos arcillosos con una selección regular a mala, que estaría determinada por la influencia neta del sistema fluvio-marino y la variación de la profundidad lo que diversifica los factores selectivos.

Esto nos indicaría a grandes rasgos, que la sedimentación se realiza a partir de los materiales aportados por las aguas de los tributarios y por los vertederos, así como su recirculación en suspensión de los materiales de las descargas del dragado, retransportados por las corrientes de marea.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALLEN, J.R.L., 1965. Late Quaternary Niger Delta, and adjacents areas, sedimentary environments and lithofacies. Am.Ass. Pet. Geol. Bull. 49 (5): 547-600.

AYUP ZOUAIN, R., 1981. Contribución al conocimiento del material en suspensión de la Bahía de Montevideo. SOHMA 81-01:1-16.

BALAY, M.A., 1961. El Río de la Plata entre la atmósfera y el mar. Serv. Hid. Nav. PUB. 621: 1-75.

BATTIONE CHIARINO, J.A., 1969. Análisis de 25 años de velocidad horaria de vientos en Montevideo. M.T.C.yT.:D.G.M.U. Tech. Report.; 1-37.

BERTHOIS, L., 1961a. Técnica de analísis granulométrico: Analísis por tamizaje. Rev. de Geog. de la Univ. de Mérida, Venezuela II (5 y 6): 23-53.

_____, 1961b. Técnicas de analísis granulométrico: Resultados que se expresan en frecuencias numericas. Rev. de Geog. de la Univ. de Mérida, Venezuela. III (7): 113-126.

BOUMA, A. H. & J.A. BOERMA, 1968. Vertical disturbances in piston cores. Marine Geology (6): 231-241.

CHEBATAROFF, J., 1969. Relieve y Costas del Uruguay. Nuestra Tierra 3: 3-68.

_____, 1979. Geografía de la República Oriental del Uruguay. Barreiro y Ramos Ed. Montevideo: 1-159.

DELANY, P., 1967. Geomorphology and Quaternary Coastal of Uruguay. Louisiana State Univ. Coastal Studies. Inst. Tech. Rep.: 1-39.

FOLK, R.L., 1966. A review of grain-size parameters. Sedimentology 6: 73-93.

_____, 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill's Pub. Oraner "M" Univ. of Austin, Tex. USA: 1-454.

_____ & W.C. WARD, 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameter. Jour. Sed. Pet. 27 (1): 3-26.

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.

GILLBRICHT, M., 1951. Untersuchungen zur Produktions biologie 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. Mar. Samp. with molecular filter. Jour. Mar. Res. 11: 194-204.

JENNINGS, D.S., M.D. THOMAS & W. GARDNERS, 1922. A new method of mechanical analysis of soils. Soil Science 14: 485-499.

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.

_____, 1963. Optical oceanography: Oceanographia. Mar. Biol. Amm. Rev. 1: 89-114.

KRUMBEIN, W.C., 1932. A history of the Principles and Methods of Mechanical Analysis. Jor. Sed. Pet. 2 (2): 89-124.

_____, 1935. A time chart for mechanical analysis by the pipette method. Jor. Sed. Pet. 5: 03-95.

_____& PETTIJOHN, F.J., 1938. Manual of Sedimentary Petrology. Appleton Century-Crofts, N.Y.: 549pp.

LOHMAN, H., 1908. Untersunhungen zur Feststellung des vollständigen géhaltes dee Meeres und Plankton. Wiis. Meeresun sunters 10: 129-370.

MacNABB, C.D., 1960. Enumeration of fresh phytoplancton concentred on the membrane filter. Limnol. Oceanog. 5 (1): 57-61.

OTTMAN, F. et C.M!URIEN, 1965a. Le melange des eaux douces et marines dans le Rio de la Plata. Cah. Oceanog. XVII (10): 703-713.

_____, 1965b. Sur quelques problemes sedimentologiques dans le Río de la Plata. Rev. Geograp. Phys. et Geol. Dynam. VIII (3): 200-224.

SHEPARD, F.P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Jour. Sed. Petrol. 24 (3): 151-158.

S.O.H.M.A., 1977. ALMANAQUE 44ª Edición. Montevideo, Uruguay: 1-65.

_____, 1981. ALMANAQUE 48ª Edición. Montevideo, Uruguay: 1-94.

STRICKLAND & PARSONS, 1975. A practical handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Board of Canada. Bull. 167: 1-310.

UDDEN, J.A., 1914. The mechanical composition of clastic sediments. Geol. Soc. Am. Bull. 25: 655-744.

URIEN, C. M., 1972. Rio de la Plata Environments. The Geol. Soc. Am. Inc.: 213-234.

URIEN, C.M., L.R. MARTINS e I.R[illegible]RTINS, 1980. Evoluçao Geológica de Quaternario [illegible]itoral Atlantico Uruguaio Plataforma Continen[illegible]e Regioes vizinhas. Notas Tecnicas CECO 3: 7

WENTHWORT, C.K., 1926. Methods of mechanical analysis of sediments. Univ. Iowa St. in Nat. His. 11 (11).