

REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
COMANDO GENERAL DE LA ARMADA
SERVICIO DE OCEANOGRAFIA, HIDROGRAFIA
Y METEOROLOGIA DE LA ARMADA

Agresado 1112/22

BAHIA DE MONTEVIDEO

CRUCERO-001

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

**SOHMA**
Dpto. Oceanografía

Archive Técnico

000176

Archivo Dpto. Libros

1981

INFORME TECNICO 02-81

Examen 92 (zona) ^{del Puerto de Montevideo} / Bahía de Montevideo / ^{La Puntana} / ^{Montevideo}
Temas) Sedimentos Estudios físico-químicos - columna de agua /
Distribución temperatura, Salinidad, oxígeno disuelto, Nutrientes
Muestras - Fondo y superficie del mar /

INFORME TECNICO 02-81

SERVICIO DE OCEANOGRAFIA, HIDROGRAFIA y
METEOROLOGIA DE LA ARMADA

INFORME DEL CRUCERO 001 REALIZADO EN LA
BAHIA DE MONTEVIDEO

A. FRANÇOIS
R. RISO

1985 11/2/81 11/2/81

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA-DIVISION QUIMICA

176

Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA - BIBLIOTECA

S/H - BIBLIOTECA A/T	
CLASIFICACION:	ESTRUCTURA:
NUMERO:	
FECHA:	
TOMO:	OPORTUNIDAD:
Observado:	



CONTENIDO

- 1.- Introducción
 - 2.- Personal Participante
 - 2.1- Trabajo de campo
 - 2.2- Trabajo de Laboratorio
 - 2.3- Personal encargado de gráficos y conclusiones.
 - 3.- Material y métodos.
 - 3.1- Instrumental de campo
 - 3.2- Desarrollo de las tareas
 - 3.3- Métodos de análisis empleados y forma de presentación de datos
 - 4.- Resultados
 - 4.1- Listado de datos
 - 4.2- Gráficos
 - 4.3- Discusión
 - 4.4- Conclusiones
 - 4.5- Continuación del trabajo
-

1- INTRODUCCION

Si bien existen precedentes de trabajos sedimentológicos realizados por el SOPMA en la Bahía de Montevideo, no se había encarado hasta el momento el estudio físico-químico de la columna de agua. Debido a los estudios emprendidos en el Río de la Plata, y en virtud de la importancia de los aportes al mismo introducidos por la Bahía de Montevideo, es que le hemos prestado singular importancia a los procesos físico-químicos que tienen lugar en la misma.

El presente constituye el primer crucero realizado por la División Química del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada, y da a conocer las distribuciones de temperaturas, salinidad, oxígeno disuelto, y nutrientes. Las muestras fueron extraídas en superficie y fondo, con una muestra intermedia cuando la profundidad lo permitió.

Dicho crucero fue realizado el día 7 de mayo de 1980, y se relevaron doce estaciones ubicadas teniendo en cuenta los aportes principales al sistema en estudio; a saber: los arroyos Miguelite y Pantanoso y el Río de la Plata.

La figura 1 muestra el emplazamiento de las diez estaciones realizadas en la Bahía y de las dos estaciones realizadas en las desembocaduras de los arroyos antes mencionados.

2.- PERSONAL PARTICIPANTE

2.1. TRABAJO DE CAMPO

Oficiales, técnicos y operadores oceanográficos del Departamento de Oceanografía del S.O.H.M.A. y embarcación R.O.U. 45 de la Fuerza de Mar.

2.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Y. GONZALEZ

H. MORESCO

R. RISO

P. SANSON

2.3. PERSONAL ENCARGADO DE GRAFICOS Y CONCLUSIONES

A. FRANÇOIS

R. RISO

3.-MATERIAL Y METODOS

Durante la salida de Campo se utilizó el siguiente material e Instrumental:

- 1- Botellas de muestreo reversibles de 1.250 lt. de capacidad.
- 2- Botellas de muestreo vertical NISKIN de 2.0 lt. de capacidad.
- 3- Botellas de muestreo vertical VAN-DORN de 1.5 lt. de capacidad
- 4- Sensor de Temperatura marca Montedeoro-Withney mod. T-10C
- 5- Heladeras para conservación de muestras
- 6- Anemómetro Portátil
- 7- Correntómetro Hydro-Products
- 8- Draga Dietz-Lafond para muestras de fondo
- 9- Muestreador de Gravedad tipo Phleger.

NOTA:Es de destacar que el Instrumental ha demostrado buen funcionamiento y que, los equipos que figuran en los puntos 6,7,8,9 se utilizaron para la obtención de parámetros físicos y sedimentológicos.

3.2 Desarrollo de Tareas

En las estaciones oceanográficas, se realizaron las siguientes tareas;

- 3.2.1.- a) Medición de Temperatura en Superficie y Fondo

b) Lanzamiento de Botellas a dos y tres niveles

c) Toma de muestras de fondo

3.2.2 Las muestras de agua obtenidas con las botellas de muestreo se trataron de la siguiente manera:

a) Muestras de agua para fijación y determinación de Oxígeno disuelto por el método de Winkler.

b) Muestras de Agua para determinación de Nutrientes.

c) Muestras de Agua para determinación de Salinidad.

3.2.3 Se efectuaron mediciones de transparencia con Disco de Secchi.

3.2.4 Se obtuvieron valores de corrientes.

3.2.5 Se efectuaron observaciones meteorológicas y Mareográficas.-

3.3 Métodos de cálculo empleados y forma de presentación de los datos.

Los métodos empleados en la elaboración de los datos obtenidos fueron los siguientes:

Salinidad	Método Inductivo Salinómetro Beckman Modelo RS7-C
Oxígeno Disuelto	Método de Winkler
Fosfato Reactivo	Método Espectrofotométrico-Strickland y Parsons (1972)
Nitrato Reactivo	" "
Nitrito Reactivo	" "
Silicato Reactivo	" "

4. - RESULTADOS

4.1 Listado de Datos.

Estación	z	T°C	S _g .	O ₂ ⁽¹⁾	SiO ₃ ⁽²⁾	PO ₄ ⁽³⁾	NO ₃ ⁽⁴⁾	NO ₂ ⁽⁵⁾	UAO ⁽⁶⁾	% S	N/P
1	0	15,7	1,076	3,25	206,5	3,894	5,179	0,965	3,67	47,0	1,33
2	1,8	15,7	1,089	3,06	131,1	4,487	15,01	0,561	3,86	44,2	3,35
3	0	16,0	1,259	5,99	78,82	1,429	17,63	0,190	0,88	87,2	11,82
4	2,5	16,0	1,249	5,83	138,7	1,288	18,31	0,635	1,04	84,9	14,22
5	0	16,3	1,301	6,62	140,0	0,858	17,49	0,082	0,20	97,0	20,31
6	4,5	16,4	1,317	6,13	196,0	1,196	17,70	0,520	0,68	90,1	14,80
7	0	16,0	1,310	6,13	108,0	1,451	15,82	0,133	0,74	89,3	10,90
8	6	16,2	1,480	5,94	104,0	1,400	19,85	0,186	0,89	87,0	14,18
9	11	16,4	1,709	6,37	134,0	1,574	19,30	0,198	0,42	93,8	12,26
10	0	16,2	1,021	4,66	194,0	3,056	18,24	1,129	2,19	68,1	5,97
11	5	16,2	1,155	4,72	127,0	3,240	14,07	0,487	2,12	69,0	4,34
12	10	16,2	10,070	4,17	134,0	2,815	12,10	0,676	2,31	64,3	4,24
13	0	16,1	0,977	5,15	204,7	2,688	18,65	1,375	1,71	75,0	6,94
14	5	16,2	0,996	5,64	197,9	3,076	18,32	1,307	1,21	82,4	5,96
15	10	16,2	10,272	4,10	147,2	2,524	12,43	0,973	2,37	63,3	4,92
16	0	16,4	0,972	4,29	210,9	3,557	19,54	1,662	2,53	62,9	5,49
17	4	15,9	0,967	5,39	128,4	2,126	19,07	0,351	1,50	78,2	8,97
18	0	16,2	1,085	5,70	131,8	1,686	17,85	0,049	1,15	83,3	10,59
19	2	16,0	1,130	5,51	135,2	2,064	20,32	0,202	1,36	80,2	9,84
20	0	16,4	0,987	2,51	123,0	2,627	14,11	1,174	4,31	36,8	5,37
21	2,5	16,0	0,970	2,52	115,0	3,291	16,33	1,221	4,36	36,6	4,96
22	0	16,8	1,246	6,06	196,4	1,359	16,94	0,738	0,69	89,7	12,47
23	3,5	16,0	1,234	6,19	136,4	0,910	17,49	0,070	0,68	90,1	19,22
AMigue.	0	20,3	1,235	--	376,4	28,14	6,72	0,495	--	--	0,24
A°Pant.	0	15,6	1,070	--	429,4	28,00	6,51	0,346	--	--	0,23

(1) ml.l⁻¹ (2) Atq. l⁻¹

4.2 GRAFICOS

A continuación se presentan los gráficos efectuados como parte del procesamiento de datos.

- Fig.1 Carta de Estaciones de Muestreo
- Fig 2 Distribución de Salinidad(Superficial)
- Fig 3 Distribución de Salinidad(Fondo)
- Fig.4 Radial de Estaciones (Mig..9.8.3.4.)
- Fig.5 Radial de Estaciones (4;10;2;1;Pant.)
- Fig.6 Radial de Estaciones(3,5,6,7)
- Fig.7 Distribución vertical de %Sat. de Oxígeno
- Fig.8 Distribución de U.A.O. (Superficial)
- Fig.9 Distribución de U.A.O.(Fondo)
- Fig.10 Distribución de Fosfatos(Superficial)
- Fig.11 Distribución de Fosfatos(Fondo)
- Fig.12 Distribución de Nitratos(Superficial)
- Fig.13 Distribución de Nitratos (Fondo)
- Fig.14 Distribución de Nitritos(Superficial)
- Fig.15 Distribución de Nitritos(Fondo)
- Fig.16 Distribución de Silicatos(Superficial)
- Fig.17 Distribución de Silicatos(Fondo)
- Fig.18 Distribución de la Relación Nitrato-Fosfato(Sup.)
- Fig.19 Distribución de la Relación Nitrato-Fosfato(Fondo)
- Fig.20 Clasificación de Areas.

CARTA DE ESTACIONES

Crucero 001

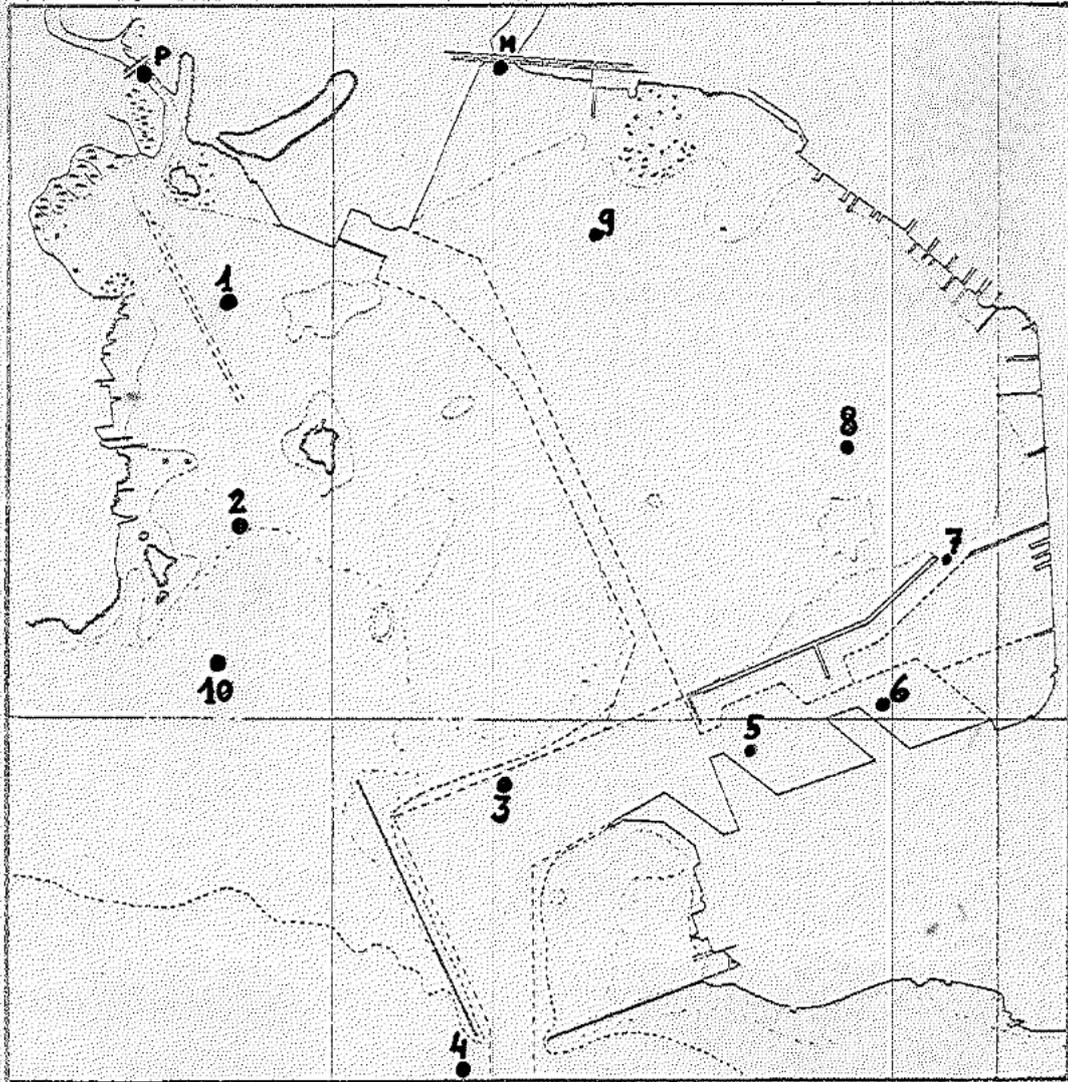


Fig. 1

DISTRIBUCION DE SALINIDAD (Sup.) Crucero 001 7-5-80

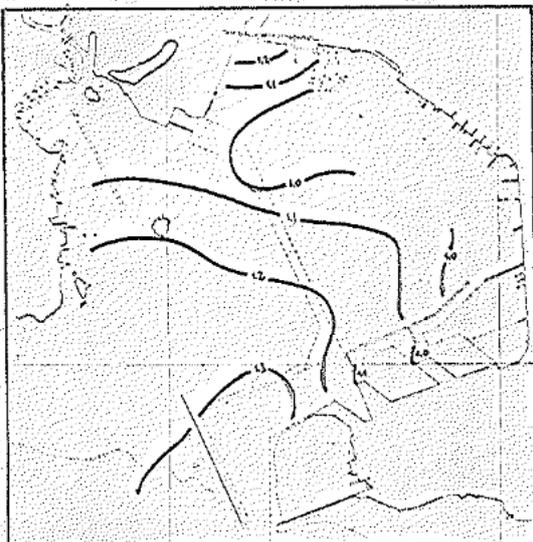


Fig. 2

DISTRIBUCION DE SALINIDAD (Fondo) Crucero 001 7-5-80

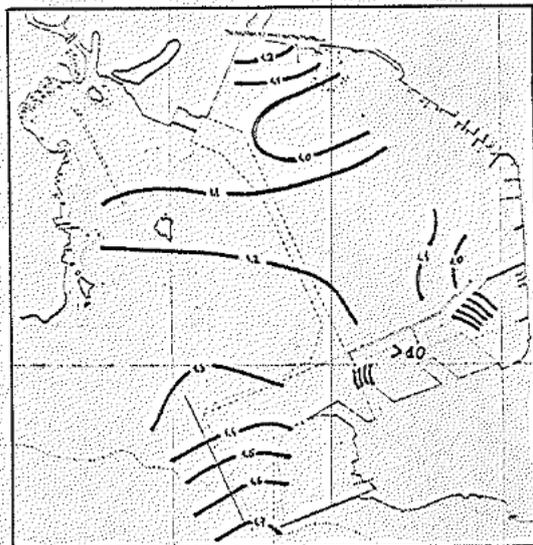


Fig. 3

4.3 DISCUSION

SALINIDAD Y TEMPERATURA

Dadas las características de poca profundidad que presenta la Bahía de Montevideo, se observa durante este crucero una masa de agua homogénea del punto de vista de las temperaturas (T. mín.: 15.6°C; T. máx.: 16.8°C) y de la salinidad (S mín.: 0.967; S máx.: 1.709), y que ocupa la totalidad de la Bahía, salvo dos excepciones.

La primera, en cuanto a temperatura, se observa en la desembocadura del A°Miguelete, en donde esta alcanza el valor de 20.3°C. Esta diferencia de temperatura de alrededor de 4°C estaría dada por la descarga de aguas de enfriamiento de la planta de ANCAP situada en ese lugar.

La segunda excepción, en cuanto a la salinidad, se observa en las estaciones 5 y 6 situadas en el interior de las dársenas, a nivel del fondo, donde hay valores de 10‰. Esta agua salina se encuentra aprisionada por la masa de agua de baja salinidad en una cubeta de 10 m de profundidad.

La fig. 2 muestra las isohalinas de superficie. Se puede observar que, a pesar de tener pocas variaciones en la salinidad, los valores más bajos (inf. a 1‰) se encuentran en la zona de baja profundidad, situada al Este del canal central, y dentro de las dársenas. Los valores más elevados (sup. a 1.3 ‰) los encontramos en el antepuerto y al Oeste de la escollera Oeste. Esto indicaría que, en superficie, estaríamos en presencia de una circulación del agua en

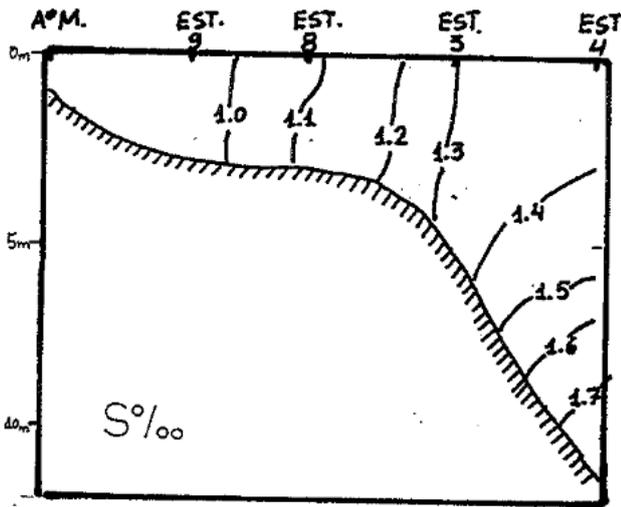


Fig. 4-Radial de Estaciones

Mig., 9, 8, 3, 4,

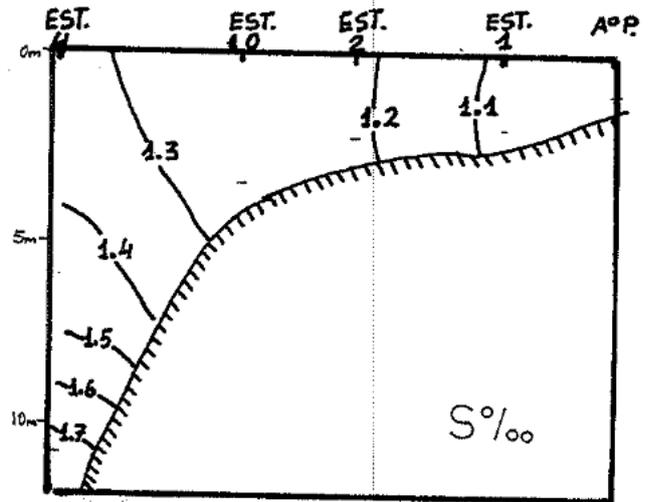


Fig. 5-Radial de Estaciones

4, 10, 2, 1, Pant.

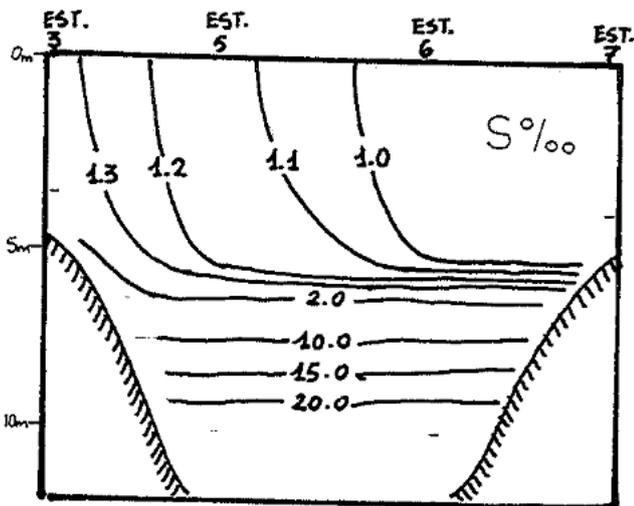


Fig. 6-Radial de Estaciones

3, 5, 6, 7.

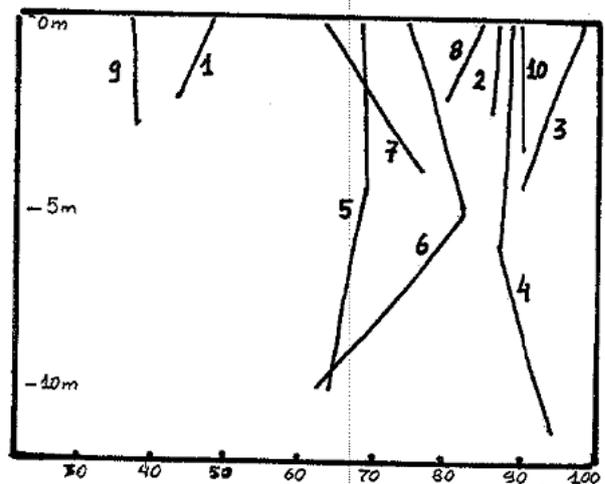


Fig. 7-Distribución vertical de % Sat.

de Oxígeno.-

sentido horario: los aportes de agua dulce de los arroyos situados al Norte de la Bahía, se desplazarían hacia el Oeste y siguiendo la línea de la costa, entrarían dentro de las dársenas por la estación 7. Por otra parte el agua proveniente del Río de la Plata entraría por la boca de las escolleras pero también en forma más importante, por la llamada "boca falsa", desplazándose primero hacia el Norte y luego tomando el sentido general del movimiento de la Bahía.

La fig.3 muestra las isohalinas de fondo, que confirman las características de la circulación en superficie, excepción hecha del lente salino. Salvando este hecho las isohalinas de fondo prácticamente se superponen a las de superficie. Las figuras 4 y 5 muestran dos perfiles correspondientes a dos radiales Sur-Norte que atraviesan la bahía: es neta la falta de estratificación vertical. En cambio, la fig. 6 muestra la radial realizada en el interior de las dársenas, con la situación del lente salino.

OXIGENO DISUELTO

Para los valores de oxígeno obtenidos, se calcularon los porcentajes de saturación (% S) y la utilización aparente de oxígeno (UAO).

En vista que la principal fuente de oxígeno es la atmósfera, y que las profundidades de la Bahía no exceden 10 m. cabría esperar valores próximos a la saturación, no sólo en superficie, sino también en profundidad debido a la falta de estratificación vertical del agua.

DISTRIBUCION DE U.A.O. (Sup.) Crucero 001 7-5-60

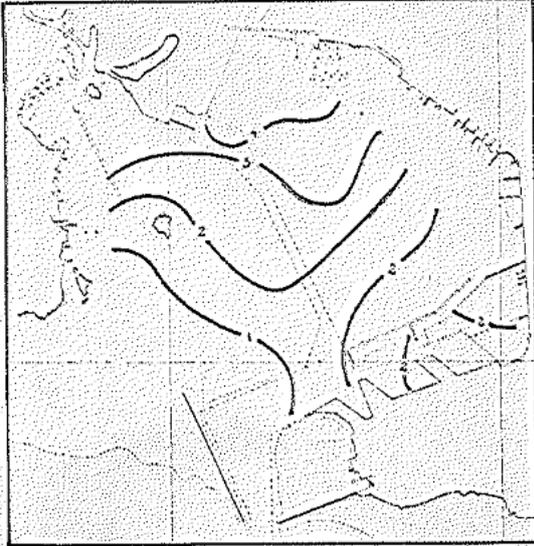


Fig. 8

DISTRIBUCION DE U.A.O. (Fondo) Crucero 001 7-5-60

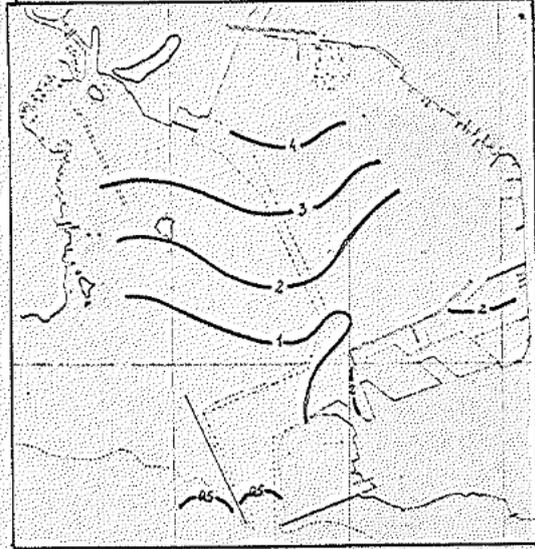


Fig. 9

DISTRIBUCION DE FOSFATO (Sup.) Crucero 001 7-5-60



Fig. 10

DISTRIBUCION DE FOSFATO (Fondo) Crucero 001 7-5-60



Fig. 11



Esta situación se da sólo en las estaciones 2,3,4 y 10 (fig. 7) que tienen valores de %S superiores a 85%. Luego tenemos dos grupos de estaciones:

- 5-6-7-8 que presentan %S bajos (60 a 80%)
- 1-9 con valores anormalmente bajos (35 a 45%)

El grupo de estaciones normales corresponde al agua del Río de la Plata, mientras que la zona con valores bajos se sitúa en la deriva de las aguas aportadas por los arroyos Miguete y Pantanoso. Las estaciones con valores anormalmente bajos se sitúan en el sector Norte de la Bahía y son las más próximas a las desembocaduras de los arroyos.

La causa de estos valores bajos es, posiblemente, el consumo de oxígeno por la degradación bacteriana de la materia orgánica aportada por los arroyos. Las figuras 8 y 9 muestran las isolíneas del UAO en superficie y fondo respectivamente. Pero en el caso de la Bahía los valores de UAO no representan un índice exacto de la degradación ya que tenemos un aporte constante de oxígeno por parte de la atmósfera. Las únicas conclusiones que podemos sacar es en cuanto a la zona Norte que presenta un gran desequilibrio (con consumos de más de 4 ml.l^{-1}) y, en cuanto a los niveles de la columna de agua, donde se realizaría dicha degradación: fundamentalmente existirían dos niveles preferenciales, en primer lugar el fondo, donde se desarrollaría parte de la degradación, pero en segundo lugar tenemos una fuerte demanda de oxígeno a nivel de la

DISTRIBUCION DE NITRATOS (Sup.) Crucero 001 7-5-80



Fig. 12

DISTRIBUCION DE NITRATOS (Fondo) Crucero 001 7-5-80



Fig. 13

DISTRIBUCION DE NITRITOS (Sup.) Crucero 001 7-5-80



Fig. 14

DISTRIBUCION DE NITRITOS (Fondo) Crucero 001 7-5-80



Fig. 15

superficie. Esto estaría relacionado con el tiempo de sedimentación de la partículas aportadas por los arroyos.

NUTRIENTES

FOSFATOS

Las fig. 10 y 11 muestran la distribución de los fosfatos en superficie y fondo respectivamente. Se puede apreciar claramente que el aporte principal en fosfatos está dado por los arroyos Miguelete y Pantanoso, y que la distribución de los mismos se da en relación estrecha con la circulación de agua en la Bahía.

Si aplicamos el mismo criterio de agrupamiento de estaciones que utilizamos para los porcentajes de saturación de oxígeno y calculamos el promedio de las concentraciones en Fosfato obtenemos:

a) Estaciones 2-3-4-10	$PO_4 = 1.281 \mu\text{atg.l}^{-1}$	(.25) *
b) Estaciones 5-6-7-8	$PO_4 = 2.687$	" (.587)*
c) Estaciones 1-9	$PO_4 = 3.574$	" (.798)*
d) Miguelete y Pantanoso	$PO_4 = 28$	"

De ésto se deduce: que durante el crucero 001 los fosfatos se diluyen rápidamente en una primera etapa (28 a $3.6 \mu\text{atg.l}^{-1}$) y luego más lentamente (3.6 a $2.7 \mu\text{atg.l}^{-1}$); y en segundo lugar que las concentraciones del agua de la Bahía corresponden aproximadamente al doble de las que encontramos en el agua del Río de la Plata.

* Los valores entre paréntesis indican el Desvío Standard.

NITRATOS

Las fig. 12 y 13 muestran las isolíneas de distribución de los nitratos en superficie y fondo respectivamente.

En el caso de los nitratos se produce un fenómeno inverso al de los fosfatos: las concentraciones aportadas por los arroyos son sensiblemente más bajas que las halladas en la Bahía.

Los promedios de las concentraciones de nitratos para los diferentes grupos de estaciones son:

a) 2-3-4-10	$\text{NO}_3 = 17.84 (1.2) \mu\text{atg.l}^{-1}$
b) 5-6-7-8	$\text{NO}_3 = 17.05 (3.0) \mu\text{atg.l}^{-1}$
c) 1-9	$\text{NO}_3 = 12.65 (5.07) \mu\text{atg.l}^{-1}$
d) Arroyos	$\text{NO}_3 = 6.62 \mu\text{atg.l}^{-1}$

Este hecho merecerá un estudio especial en el futuro, ya que, a priori, la explicación a partir de la producción de nitratos por la degradación de la materia orgánica, parece inaplicable, dado los lapsos de tiempo que pone el agua desde la desembocadura de los arroyos hasta las estaciones 1 y 9 (máximo 1 hora) y la magnitud de esta producción ($6 \mu\text{atg.l}^{-1}$). Por otra parte no existen diferencias de salinidad significativas que sugieran la existencia de fenómenos de desorción.

NITRITOS

Las fig. 14 y 15 muestran la distribución de los nitritos en superficie y fondo respectivamente. Los promedios de las concentraciones de nitritos para los diferentes grupos de estaciones son:

a) 2-3-4-10	$\text{NO}_2 = .311 (.262) \mu\text{atg.l}^{-1}$
b) 5-6-7-8	$\text{NO}_2 = .821 (.547) \quad "$
c) 1-9	$\text{NO}_2 = .980 (.301) \quad "$
d) Arroyos	$\text{NO}_2 = .421 \quad "$

Si bien se repite el hecho de que las concentraciones de nitritos en la desembocadura de los arroyos son más bajas que en las estaciones 1 y 9, entre los tres grupos de estaciones en la Bahía (a,b,c) los nitritos se comportan como los fosfatos, siendo las concentraciones dentro de la Bahía, el doble de las del Río de la Plata.

SILICATOS

Las fig. 16 y 17 muestran la distribución de las concentraciones de silicatos en superficie y fondo respectivamente. Si bien aparece claramente que las concentraciones en las desembocaduras de los arroyos son muy importantes ($400 \mu\text{atg.l}^{-1}$), las concentraciones observadas en la Bahía se encuentran entre 100 y $200 \mu\text{atg.l}^{-1}$ SIN que exista una clara diferenciación entre los distintos grupos de estaciones (promedios: 137 ± 39 ; 161 ± 36 y $144 \pm 42 \mu\text{atg.l}^{-1}$). Esto se debe seguramente a la poca

DISTRIBUCION DE SILICATOS (Sup.) Crucero 001 7-5-80



Fig. 16

DISTRIBUCION DE SILICATOS (Fondo) Crucero 001 7-5-80



Fig. 17

DISTRIBUCION - RELACION NITRATO-FOSFATO (Sup.) Cr. 001



Fig. 18

DISTRIBUCION - RELACION NITRATO-FOSFATO (Fondo) Cr. 001



Fig. 19

diferencia relativa de concentraciones entre los arroyos y el Río de la Plata.

RELACION N/P

Las fig. 18 y 19 muestran los valores de la relación nitratos-fosfatos en superficie y fondo respectivamente.

Los valores promedios para los distintos grupos de estaciones son:

a) 2-3-4-10	N/P = 14.46 (3.27)
b) 5-6-7-8	N/P = 6.73 (2.29)
c) 1-9	N/P = 3.00 (2.40)
d) Arroyos	N/P = .24

Siendo la relación N/P un índice del equilibrio del sistema, podemos constatar que se confirma lo adelantado en relación al porcentaje de saturación del oxígeno. Los arroyos presentan un desequilibrio extremo en cuanto a las proporciones de nitrógeno y fósforo, ya que la relación N/P es inferior a 1. La zona Norte (1 y 9) y el interior de las dársenas presentan también un gran desequilibrio que va disminuyendo a medida que nos acercamos a las características del agua del Río de la Plata con valores de 12 y más.

$PO_4 \sim 28 \text{ mgat } l^{-1}$
 $NO_3 \sim 6$ "
 $N/P < 1$ "
 $NO_2 \sim 0.4$ "

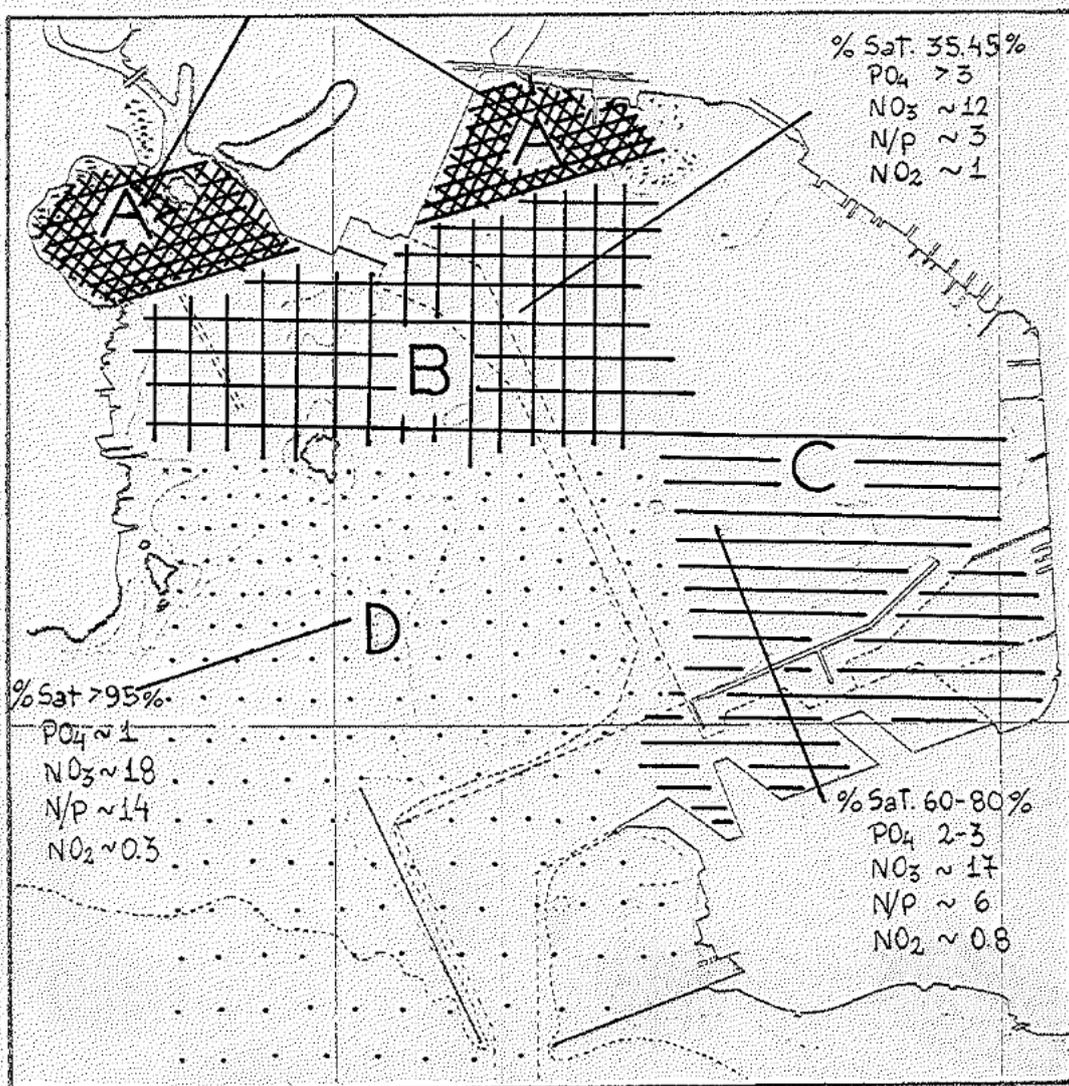


Fig.20 Clasificación tentativa de áreas

4.4 CONCLUSIONES

Definimos a partir de lo expuesto cuatro zonas en la Bahía de Montevideo (fig. 20):

A-Zona extrema de desequilibrio
en las desembocaduras de los
arroyos Pantanoso y Miguelete.

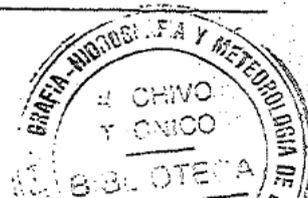
B-Zona de gran equilibrio
en la franja Norte de la Bahía.

C-Zona desequilibrada
la franja Este de la Bahía y
el interior de las dársenas.

D-Zona aparentemente equilibrada
la zona central, Oeste y Sur
de la Bahía.

Las características de cada una de estas zonas se resumen en el cuadro siguiente:

	A	B	C	D
% de saturación O ₂		35-45	60-80	80
PO ₄	28	3.574	2.687	1.281
NO ₃	6.62	12.65	17.05	17.84
N/P	.24	3.00	6.73	14.46
NO ₂	.421	.98	.821	.311



4.5 CONTINUACION DEL TRABAJO

Es de destacar que la caracterización de las zonas anteriormente expuesta, no intenta presentar el comportamiento general de la Bahía. Dicha zonación, corresponde a los datos obtenidos del crucero desarrollado, pues dado que el sistema en estudio constituye un cuerpo de agua de poca profundidad las variaciones físicas (Vientos, Lluvias, etc) pueden contribuir ampliamente a cambiar las condicionantes. En base a ésto es que nuestro estudio comprende el relevamiento estacional (Primavera, Verano, Otoño, Invierno) y no menos de tres veces por estación, de la zona, para así luego de un ciclo estacional completo de estudio y otro de verificación poder definir, si es posible, el comportamiento del sistema.

Por otra parte y en base a los datos obtenidos de Nitratos y Nitritos sería conveniente el estudio del Ciclo del Nitrógeno en la Bahía de Montevideo, implementando los parámetros que incluyen otros estados de Oxidación del citado elemento como ser Urea, Amonio, etc.....-