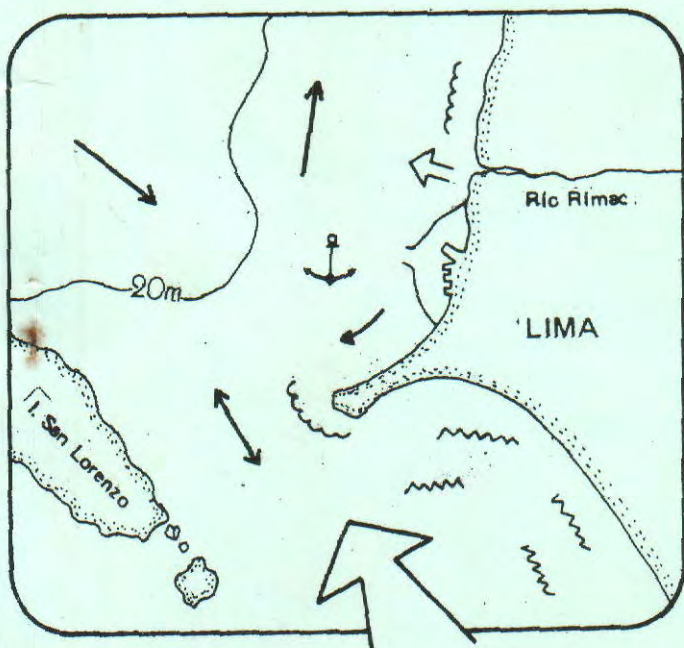
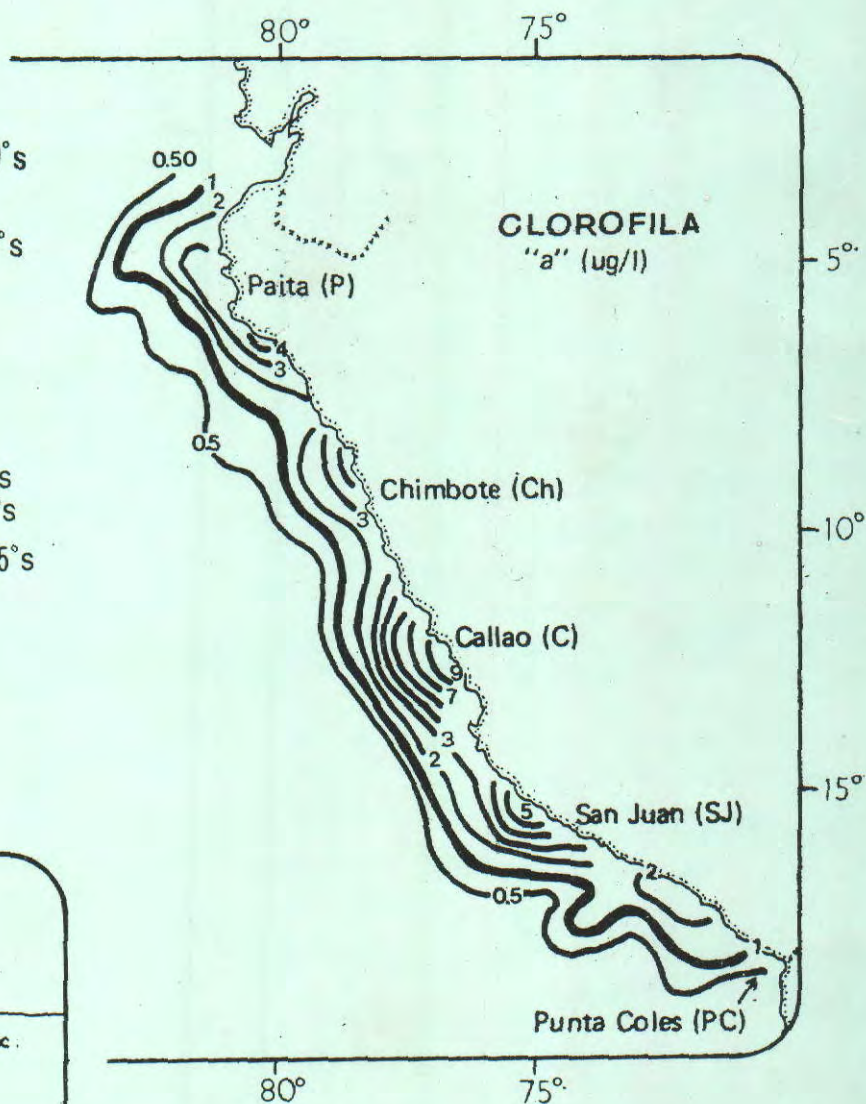
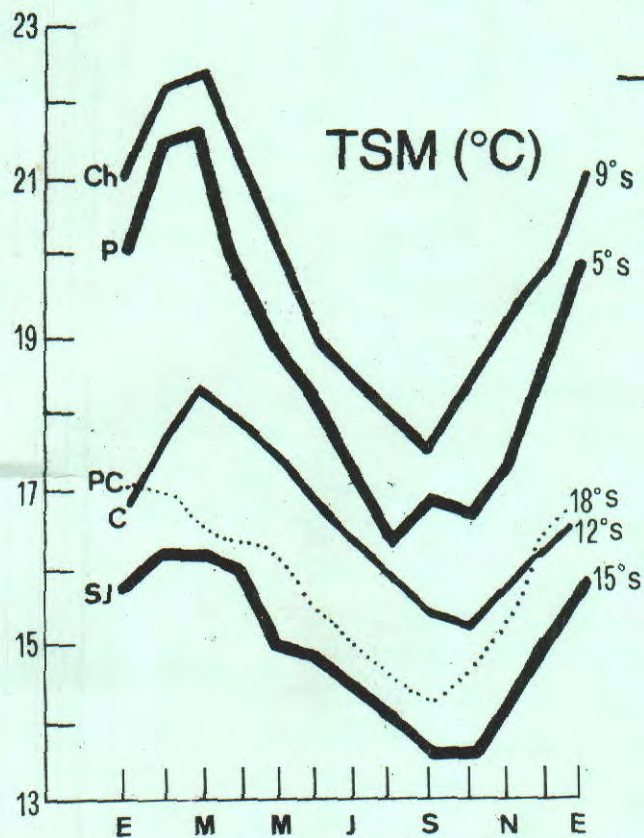


INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
OEA



VOLUMEN 10 N° 8

Boletín



Editores: Salvador Zuta
Antonio Landa

PRESERVACION DEL AMBIENTE
MARINO Y PRODUCCION PRIMARIA

CALLAO - PERU - 1986

DISTRIBUCION DE COBRE, PLOMO, ZINC Y CADMIO EN LOS SEDIMENTOS DEL PUERTO DEL CALLAO

Por

Oscar Guillén, César Delgado y Reynaldo Poma

1. INTRODUCCION

Los sedimentos marinos son el último recipiente de casi todas las trazas de metales introducidas por la actividad del hombre dentro del ecosistema marino. Los metales son un constituyente común de casi todos los sedimentos y son estudiados como tales, no solamente por sus efectos tóxicos directos sino también como indicadores para evaluar el comportamiento de ciertos desechos.

Las concentraciones de los metales en los sedimentos marinos están determinadas por equilibrios dinámicos complejos, que dependen de factores físicos, químicos y biológicos (Murray y Murray, 1973). Los centímetros superiores de los sedimentos contienen generalmente trazas de metales mucho mayores que las halladas en la columna de agua sobreyacente, incluyendo las partículas en suspensión y la biota, y aunque las concentraciones son diferentes para las diversas áreas geográficas, las variaciones estacionales en la física y química de la columna de agua influyen grandemente la distribución de ellas en los sedimentos (Hatcher y Segar, 1976).

El Puerto del Callao (Perú) recibe diversas cantidades de metales, los que se encuentran bajo diferentes formas en las aguas de las descargas del Río Rímac y de la Rada Interior del Puerto, las que contienen desechos domésticos e industriales, principalmente.

Las fuentes, características y niveles de estos elementos han sido dadas por Guillén et al (1978) y Guillén (1981). La circulación y tasas de flujo en el Puerto incrementan el tiempo de residencia de los contaminantes introducidos. La pesca comercial es aún sostenida, aunque el rendimiento de las especies comerciales han declinado drásticamente en las últimas décadas. Un decrecimiento similar ha sido observado en la diversidad de fauna bentónica y en la cosecha estable. Así, muchas especies comunes del área hasta 1960 no se han recuperado en los años recientes.

En el presente trabajo se hace un estudio comparativo de las distribuciones de las trazas de elementos (Cu, Pb, Zn y Cd) y de sus variaciones estacionales en el área del Puerto del Callao.

2. MARCO OCEANOGRÁFICO-GEOLOGICO DEL AREA

El área estudiada presenta aspectos oceanográficos y geológicos muy singulares: se encuentra en un centro de afloramiento costero importante, con las consiguientes características particulares: bajas temperaturas, bajos contenidos de oxígeno, altos contenidos de nutrientes y alta productividad primaria (Zuta y Guillén, 1970); los vientos predominantes son del SE (140-160°) y tiene velocidades de 3-7 m/seg (L. Pizarro, comun. pers.); las corrientes locales, de superficie y de fondo, se manifiestan en todas las direcciones, siendo las prevaletientes las del SE, con velocidades variables que pueden llegar a 36 cm/seg, aunque las más comunes son menores de 25 cm/seg (O. Morón, comun. pers.).

En el área de estudio desemboca el Río Rímac, con una descarga promedio de 29 m³/seg, pudiendo transportar en suspensión hasta 915 ton./año de material fino, según cálculos conservadores de acuerdo a lo recomendado por Renard y Lane (1975);

durante épocas de avenidas excepcionales, como en 1982/83 , podrían ser transportadas más de 2 millones de toneladas.

La mayor parte de la Bahía del Callao está cubierta por fango arcillo-limoso color verde oliva claro (sedimento seco), que llega a constituir un fango línicamente diatoméico por influencia de la productividad de las aguas, con contenidos de C-Org. $> 2\%$; sin embargo, frente a la desembocadura del Río Rimac y de la Rada del Puerto se observa una lengua de fango limo-arcilloso color pardo claro (sedimento seco), con contenidos de C-Org. $< 2\%$, que son sedimentos terrígenos típicos del río (Delgado y Gomero, 1985).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el presente estudio se han tomado los datos de trazas de metales en sedimentos correspondientes a los Muestreos 8209, 8305, 8403 y 8408. La ubicación de las estaciones es mostrada en la Fig. 1.

Para el estudio comparativo y de variaciones, el área de estudio ha sido dividida por latitudes de $01'$ y por distancias desde la costa: < 1 , 1-2, y 2-5 Km.

Las muestras de sedimento superficial fueron colectadas con una draga Van Veen , y guardadas en bolsas de polietileno, hasta su análisis posterior en el laboratorio. Los sedimentos fueron secados a 60°C , molidos y homogenizados. El análisis de trazas de metales fue realizado siguiendo básicamente la metodología recomendada por Eisler et al (1977). El procedimiento resumido es el siguiente: 2.5 g de sedimento seco y molido fueron digeridos dentro de un vaso Pyrex de 250 ml con 10 ml de ácido nítrico concentrado y 0.5ml de peróxido de hidrógeno al 30% luego se evaporó hasta la sequedad. Se dejó enfriar unos 5 minutos hasta la temperatura ambiente del laboratorio, se adiciona unos 20ml de agua deionizada-destilada. Se filtró la solución a tra

vés de filtro Whatman N°42 y se llevó al volumen final de 100 ml con agua deionizada-destilada. Las mediciones fueron efectuadas a la llana con un Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Perkin Elmer Modelo 403. Las concentraciones fueron medidas como ppm (µg/g) sobre la base de peso seco.

RESULTADOS

La distribución de la temperatura a 1 m del fondo marino es mostrada en la Figura 1, en la que se observa un flujo de oeste al este; este flujo estuvo muy bien marcado durante El Niño (Fig. 2b) con temperaturas mayores de 24.5°C. El flujo dominante hacia la costa frente al Río Rímac también se nota en el invierno de 1984 (Fig. 2d), el cual probablemente tuvo un marcado efecto sobre la distribución observada de las trazas de metales: cobre, zinc y plomo, especialmente, causada por el transporte hacia la costa de sedimentos no contaminados; hallándose consecuentemente bajas concentraciones de esos metales. También se observa que el verano "frio" de 1984 fue ligeramente más caliente que el invierno de 1982, excepto cerca de la costa, donde se halló un grado más alto de temperatura (Fig. 2c) frente a la desembocadura del Río Rímac. Por otro lado, el invierno de 1984 fue más frío que el invierno de 1982 en toda el área de estudio. Estas variaciones en el carácter físico de las aguas han tenido gran influencia en la distribución de las trazas de metales en el sedimento.

La distribución del cobre, plomo, cadmio y zinc en los sedimentos superficiales mostraron grandes variaciones (Fig. 3 a 6). El promedio de los muestreos, considerando todos los datos comprendidos entre las latitudes 12°00' y 12°03'S, fue de 122, 173, 6 y 251 ppm para el cobre, plomo, cadmio y zinc, respectivamente. Las mayores concentraciones cerca de la costa fueron halladas frente a la Rada Interior durante el invierno 1984 (Figs. 3d, 4d,

5d y 6b) con valores de: >200 ppm de cobre, >200 ppm de plomo, >10 ppm de cadmio y >1000 ppm de zinc.

Las máximas concentraciones de cobre (>300 ppm), plomo (>300 ppm), y cadmio (>15 ppm) fueron halladas frente al Río Rímac, a dos millas de la costa en el verano 1984 (Fig. 3c), otoño 1983 (Fig. 4b) y verano 1984 (Fig. 5c), respectivamente, como resultado de la acumulación de los sedimentos descargados por el río, principalmente. Las máximas concentraciones de zinc fueron encontradas frente y cerca de la Rada Interior (Fig. 6b), debido al transporte de las aguas provenientes de su interior, que contienen desechos industriales provenientes de las actividades del SIMA (Servicio Industrial de la Marina).

Las menores concentraciones de cobre, plomo y zinc (<10 ppm) fueron encontrados frente al Río Rímac en el invierno 1984. Esta baja concentración se debe al fuerte transporte de los sedimentos superficiales hacia la costa, causado por las fuertes corrientes de fondo que predominaron en este fuerte invierno, modificando la distribución de los sedimentos. Por otro lado, la distribución vertical de las trazas de metales en los sedimentos no es homogénea, sino que está sujeta a las fluctuaciones estacionales y al tiempo de residencia de ellos. Los menores valores de concentración de metales fueron encontrados en el Río Rímac-Rada Interior (<10 ppm) correspondientes al invierno 1982, primavera 1982 y verano 1983 (Fig. 5a, 5b y 5c).

Comparando la distribución de las trazas de metales en los sedimentos (Fig. 3 a 6) para el período 1982-1984, se observó un incremento de la concentración de cobre y plomo en el otoño de 1983, con una concentración promedio de 134 y 257 ppm, respectivamente. Esto puede deberse a la remoción de los sedimentos superficiales causados por el efecto de el Fenómeno El Niño, cuyas aguas dominaron el área de estudio, aumentando las concentracio-

nes en el verano 1984 debido a la adición de cobre y plomo contenidos en la descargas del Río Rímac. También incide en la mayor concentración la mayor descarga fluvial del río durante El Niño respecto a los años normales.

En el invierno 1984 se observó una disminución con respecto al verano 1984, de la concentración de cobre, plomo y cadmio (94, 50 y 2.8 ppm, respectivamente), debido probablemente, en parte, a las fuertes corrientes de fondo y a los procesos de dispersión reinantes en el invierno frío, excepto frente a la Rada Interior donde aumentó la concentración de cobre hasta más de 200 ppm.

La distribución de cadmio en los sedimentos superficiales mostró una mínima disminución en el otoño 1983, excepto lejos de la costa, donde las concentraciones fueron mayores de 10 ppm (5b), mientras que dichos valores aumentaron en general en el verano 1984 y decrecieron en general durante el invierno 1984, debido al transporte de los sedimentos por las corrientes de fondo y a procesos de circulación del área. La distribución del zinc en los sedimentos presentó un aumento en el invierno 1984 (Fig. 6b) respecto al verano 1984 (Fig. 6a), excepto frente al Río Rímac donde se hallaron concentraciones menores de 50 ppm originados por el fuerte transporte de sedimentos de oeste a este.

5. DISCUSION

Las principales fuentes de contaminación en el Puerto del Callao son: 1) Las aguas procedentes de la Rada Interior que contienen los residuos industriales de la actividad del SIMA, principalmente y 2) La descarga de las aguas del Río Rímac, que contienen gran cantidad de residuos industriales, mineros y desechos domésticos. Su efecto y variabilidad puede apreciarse en la distribución de las concentraciones de cobre,

plomo, cadmio y zinc en los sedimentos del área de descarga, cuyas variaciones son mostradas en las Tablas 1 y 2 y en las Figuras 3 a 6, que reflejan el efecto de las corrientes de fondo y de los procesos de mezcla y circulación del área.

La variabilidad en el rango de distribución del cobre, plomo, cadmio y zinc son debidas a complejos procesos que dependen de factores físico-químicos, corrientes de fondo, procesos de mezcla, etc. Así, el material disuelto o en suspensión que llega al mar es redistribuido por las corrientes al alejarse de las costas; primero se depositan los minerales más gruesos y más densos, y el material más fino y más ligero prosigue su deriva hasta ser depositado más lejos en el fondo marino. Por otro lado, el transporte de los sedimentos está relacionado con las corrientes y con el tamaño de las partículas. La velocidad de sedimentación depende de la densidad, tamaño y contorno de la partícula y la densidad y viscosidad del agua. El fango limoso-arcilloso es otro componente importante de los depósitos costeros que se encuentran cerca de la desembocadura del Río Rímac y en el resto de la Bahía. Estos sedimentos finos llegan a entorpecer el fondo y disminuyen la transparencia del agua. La fauna bentónica puede ser afectada por la acumulación de metales pesados en los sedimentos, ya que su capacidad de acumulación varía de 10 mil a 100 mil veces.

El área del Puerto del Callao es una área dinámica, en la que ocurre transporte de sedimentos hacia fuera y hacia dentro de la costa, dependiendo de las variaciones de las corrientes de fondo en diferentes épocas del año. Si asumimos que las variaciones en la distribución de cobre, plomo, cadmio y zinc (Figs. 3 a 6 y Tablas 1 y 2) en los sedimentos superficiales, son debida principalmente a la redistribución de la misma masa de sedimentos a través del área

(usando similares técnicas analíticas), entonces en cada estación la distribución de los metales mencionados serán distribuidos en forma similar pero alrededor de diferentes promedios en diferentes épocas del año. Así frente y cerca de la desembocadura del Rfo Rímac se hallan valores de 10 a 180 ppm de cobre, 20 a 250 ppm de plomo, 3 a 5 ppm de cadmio y 10 a 300 ppm de zinc.

Las máximas concentraciones de estos metales fueron hallados frente a las descargas procedentes de la Rada Interior del puerto, cuyas concentraciones, al igual que las de las descargas del Rfo Rímac, decrecen conforme se alejan de la costa, debido a la mayor precipitación de estos elementos, a medida que se distancian de la costa, dando como resultado general una mayor concentración de los metales en los sedimentos, debido en parte al transporte de las corrientes de fondo, las que periódicamente cambian de dirección y fuerza, originando cambios notorios en la distribución de estos metales en los sedimentos.

Como consecuencia de los procesos de circulación, corrientes de fondo y de turbidez, actividad biológica, etc. estos sedimentos de la zona costera son intermezclados, dispersados y transportados de un lugar a otro, dando como resultado, en algunos casos, áreas de mayor concentración tales como las máximas encontradas a dos millas de la costa, frente al rfo Rímac (Figs. 3c, 4b y 5c) con valores: > 300 ppm de cobre, > 300 ppm de plomo, y > 15 ppm de cadmio, producto de la acumulación en los sedimentos de estas sustancias contaminantes, que pueden ser inhibidoras o tóxicas si están en altas concentraciones o bajo ciertas formas químicas. Otra área con concentraciones relativamente altas de cobre, plomo y zinc es la situada frente a Acapulco (Fig. 3, 4 y 6); excepto el invierno 1984 donde se halló bajísimas concentracio-

nes de cobre (Fin. 3d) y el verano 1983 donde se hallaron valores bajos de zinc (Fin. 5a).

La Tabla 1 muestra las concentraciones promedio, desviación estandar y coeficiente de variación por latitudes (de 01' en 01'), frente al área de estudio; asimismo, en la Tabla 2 se dan las concentraciones promedio, desviación estandar y coeficiente de variación, a distancias < 1 Km, 1-2 Km y 2-5 Km de la costa, frente al Rfo Rímac, Rada Interior y el área de Acapulco-Fertiza, donde se puede apreciar sus variaciones y el efecto de los cambios de las condiciones oceanográficas en la distribución de las trazas de metales en los sedimentos superficiales.

En la Tabla 3 se da una comparación de las concentraciones de cobre, plomo, cadmio y zinc del área de estudio con las de otras áreas costeras marinas y continentales. La concentración máxima promedio de cobre (129 ppm) hallada en el Puerto del Callao fue menor al máximo encontrado en la zona costera del sur de California (300 ppm) y de Long Island Sound (279 ppm) y muy inferior a lo encontrado en la Bahía de Raritan (1230 ppm). La máxima concentración promedio de plomo de 201 ppm, se encuentra por debajo de los máximos correspondientes a la zona costera del sur de California, y muy inferior a los encontrados en la Bahía de Raritan (985 ppm); asimismo, los valores promedios del Puerto del Callao son mayores que los encontrados en la Bahía de New York y la Bahía de Ite.

La máxima concentración promedio de cadmio (6.4 ppm) fue menor al máximo encontrado en las otras áreas, excepto la Bahía de Ite, y muy inferior a los encontrados en el Puerto de Corpus Christi (130 ppm); por otro lado, el menor valor promedio correspondiente al área frente a Acapulco es más de tres veces mayor que el promedio hallado en la Bahía de Ite.

Los altos valores, de hasta 11,000 y 1530 ppm de zinc hallados en los sedimentos de Corpus Christi y zona costera del sur de California, respectivamente muy superiores a los valores promedios del Puerto del Callao.

Las máximas concentraciones halladas en el Río Rímac, de cobre, plomo, cadmio y zinc, son más bajos que los encontrados en el Río Providence y Río Blvth.

6. REFERENCIAS

- Carnody, D.J., Pearce, J.B. y Yasso, W.E., 1973. Trace metals in sediments of the New York Bight. *Mar. Pollut. Bull.*, 4:123-135.
- Cooper, B.S. y Harris, R.C., 1974. Heavy metals in organic phases of river and estuarine sediment. *Mar. Pollut. Bull.*, 5: 24-26
- Delgado, C. y Gomero, R., 1985. Algunas observaciones sobre las características de los sedimentos del área: San Lorenzo-La Punta. Informe Interno IMARPE, Set. 1985.
- Eisler, R., Lapan, L.R., Telek, G., Davey, W.E., Soper, E.A. y Barry M. Determination of Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn in marine sediments. *Mar. Poll. Bull.*, 8, N°11.
- Greig, R.A. y Grath, A.Mc., 1977. Trace metals in sediments of Raritan Bay. *Mar. Pollut. Bull.*, 8: 188-192
- Greig, R.A., Reid, R.N. y Wenzloff, D.R., 1977. Trace metals concentrations in sediments from Long Island Sound. *Mar. Pollut.*
- Guillén, O., Aquino, R., Valdivia, B. y Calienes, R., 1978. Contaminación en el Puerto del Callao. *Inf. Inst. Mar.* 62:14p.
- Guillén, O. 1981. Fuentes, Niveles y Efectos de la Contaminación Marina en el Perú. CPPS, Serie Seminarios y Estudios, 2:51-116.
- Guillén, O., 1985. Contaminación Marina en el Perú. Presentado al Seminario: Contaminación del Mar y su efecto en los Recursos Pesqueros, 16-21 Enero de 1985, Lima.
- Hatcher, P.G. y Segar, D.A., 1976. Chemistry and continental marine sedimentation. En : D.J. Stanley and D.J.P. Swift, eds., *Marine Transport and Environmental Management*. John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 461-477.

- Holmes, C.W., Slade, E.A. y McLerran, C.J., 1974. Migration and redistribution of zinc and cadmium in marine estuarine systems. *Environ Sci. Technol.*, 8:255.
- Lopez, T.S., 1982. Determinación de metales pesados (Cu, Fe, Pb y Cd) en agua y sedimentos marinos por espectrofotometría de absorción atómica en la Bahía de Ite. Universidad Nacional del Callao, Tesis, 119 p.
- Murray, C.V. y Murray, L., 1973. Absorption-desorption equilibria of some radionuclides in sediment-fresh water and sediment-seawater systems-Symp. on interaction of radioactive contaminants with the constituents of the marine environment, pp. 105-124. International Atomic Energy Commission.
- Renard, K.G. y Lane, L.T., 1975. Sediment Yield as related to stochastic model of ephemeral runoff. En: *Present and Prospective Technology for Predicting Yields and Sources*, Ref. ARS-1-40, U.S. Dep. of Agriculture, Agricultural Research Station, Southern Region, New Orleans.
- Zuta, S. y Guillén, O., 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú *Bol. Inst. Mar*, Vol. 2(3): 157-324

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación de las estaciones en el área de estudio:
- Estaciones del Muestreo 8209 (Set. 1982)
 - Estaciones del Muestreo 8305 (Mayo, 1983)
 - Estaciones del Muestreo 8403 (Marzo, 1984)
 - Estaciones del Muestreo 8408 (Agosto, 1984)
- Figura 2. Distribución de la temperatura del agua a 1m. del fondo:
- Temperatura durante Setiembre de 1982
 - Temperatura durante Mayo de 1983
 - Temperatura durante Marzo de 1984
 - Temperatura durante Agosto de 1984
- Figura 3. Distribución del Cobre(ppm) en los sedimentos:
- Distribución del Cobre en Setiembre de 1982
 - Distribución del Cobre en Mayo de 1983
 - Distribución del Cobre en Marzo de 1984
 - Distribución del Cobre en Agosto de 1984
- Figura 4. Distribución del Plomo(ppm) en los sedimentos:
- Distribución del Plomo en Setiembre de 1982
 - Distribución del Plomo en Mayo de 1983
 - Distribución del Plomo en Marzo de 1984
 - Distribución del Plomo en Agosto de 1984
- Figura 5. Distribución del Cadmio(ppm) en los sedimentos:
- Distribución del Cadmio en Setiembre de 1982
 - Distribución del Cadmio en Mayo de 1983
 - Distribución del Cadmio en Marzo de 1984
 - Distribución del Cadmio en Agosto de 1984
- Figura 6. Distribución del Zinc(ppm) en los sedimentos:
- Distribución del Zinc en Marzo de 1984
 - Distribución del Zinc en Agosto de 1984

TABLA 1 : PROMEDIO, DESVIACION ESTANDAR, Y COEFICIENTE DE VARIACION POR LATITUDES DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC EN SEDIMENTOS EN EL PUERTO DEL CALLAO

CRUCERO	Latitud:12°00'-12°01'S				Latitud:12°01'-12°02'S				Latitud:12°02'-12°03'S			
	Nº	X	CV		Nº	X	CV		Nº	X	CV	
COBRE												
8209	5	83.26	4.31	5.18*	2	85.81	6.36	7.41	3	76.25	16.0	21.03
8305	4	120.46	8.9	7.39	4	141.16	61.36	43.47	2	145.76	4.89	3.36
8403	2	164.7	49.36	29.97	4	207.4	70.66	34.07	3	158.76	69.41	43.72
8408	4	142.65	50.53	35.42	4	3.03	2	66.0	4	136.3	90.64	66.5
PLOMO												
8209	5	112.13	63.54	56.67	2	148.14	28.27	19.08	3	134.36	49.98	37.2
8305	4	179.86	38.77	21.55	4	213.18	88.81	41.66	3	418.73	419.32	100.14
8403	2	269.5	84.57	31.38	4	238.65	111.16	46.58	3	205.07	106.15	51.76
8408	4	71.92	57.41	79.83	4	30.68	40.47	131.93	4	48.79	58.16	119.21
CADMIO												
8209	5	5.22	0.64	12.21	2	5.95	0.41	6.89	3	6.58	4.08	62.06
8305	4	3.93	1.35	34.39	4	5.62	4.0	71.19	2	8.47	6.21	73.30
8403	2	7.25	1.06	14.63	4	10.53	6.58	62.47	3	5.97	3.77	63.16
8408	4	1.2	0.27	22.66	4	2.79	1.91	68.64	4	4.50	1.74	38.59
ZINC												
8403	2	4.4	3.54	80.35	4	212.26	166.43	78.41	3	284.9	61.57	21.61
8408	4	427.9	204.14	47.71	4	142.98	266.75	186.57	4	434.5	519.06	119.46

TABLA 2 : PROMEDIO, DESVIACION ESTANDAR, Y COEFICIENTE DE VARIACION POR DISTANCIAS DE LA COSTA DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC EN SEDIMENTOS EN EL PUERTO DEL CALLAO

CRUCERO	Area 1 Km				Area de 1 a 2 Km				Area de 2 a 5 Km			
	Nº	X	CV		Nº	X	CV		Nº	X	CV	
COBRE												
8209	4	84.86	4.52	5.32	2	74.02	23.04	31.12	4	82.28	2.07	2.52
8305	4	121.69	15.52	12.76	2	104.41	8.05	7.71	4	160.6	47.60	29.64
8403	3	129.49	50.56	39.04	3	197.56	2.86	1.45	3	218.03	83.14	38.13
8408	5	85.28	87.15	102.19	3	127.36	109.29	85.80	4	79.85	88.04	110.26
PLOMO												
8209	4	143.35	77.0	53.71	3	122.12	39.89	32.67	3	106.74	19.52	18.28
8305	6	294.92	299.21	101.45	2	180.30	32.10	17.80	4	225.17	80.91	35.93
8403	3	182.6	65.13	35.66	3	345.2	37.19	10.77	3	175.13	51.04	29.14
8408	5	35.32	31.82	90.32	3	56.15	69.5	122.77	4	65.22	64.61	99.00
CADMIO												
8209	4	6.07	3.45	56.87	4	5.36	0.79	14.87	3	5.51	0.76	13.90
8305	3	3.32	0.30	9.03	4	4.85	2.89	59.73	4	8.71	4.09	46.94
8403	3	5.0	3.0	60.0	3	8.8	2.04	23.20	3	11.03	7.59	68.84
8408	5	3.04	1.56	51.51	3	2.76	1.58	57.49	4	2.61	2.98	114.16
ZINC												
8403	3	197.63	174.0	88.04	3	234.5	201.47	85.91	3	138.71	128.15	92.38
8408	5	469.5	442.04	94.15	3	241.6	366.72	151.75	4	237.25	233.08	98.24

TABLA 3 : COMPARACION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIO DE COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC EN SEDIMENTOS DEL AREA DE ESTUDIO CON OTRAS AREAS COSTERAS

L U G A R	CONCENTRACION PROMEDIO (ppm)				REFERENCIAS
	COBRE	PLOMO	CADMIO	ZINC	
1. Puerto del Callao :					Este estudio;
- Frente a Acapulco	127.8	158.4	4.4	216.2	Guillén et al 1978; Guillén 1985
- Frente al Río Rímac	109.4	157.7	6.2	177.6	
- Frente a Rada Interior	129.3	201.7	6.4	359.7	
2. Bahía de Ite, Perú	1,320	14	1.3	---	López, 1982
3. Bahía de Nueva York (cerca al área de descarga)	141	144	---	264	Carnody et al; 1973
4. Bahía de Raritan	1,230	985	15	815	Greig y Grath, 1977
5. Long Island Sound	279	210	---	354	Greig, Reid y Wenzlop, 1977
6. Puerto de Corpus Christi, USA	---	---	130	11,000	Holmes, Slade y McLerran, 1974
7. Zona Costera del Sur de California	300	357	---	1,530	
8. Río Providence, USA	1,015	279	---	---	Cooper y Harris, 1974
9. Río Blyth, USA	720	400	12	730	Cooper y Harris, 1974

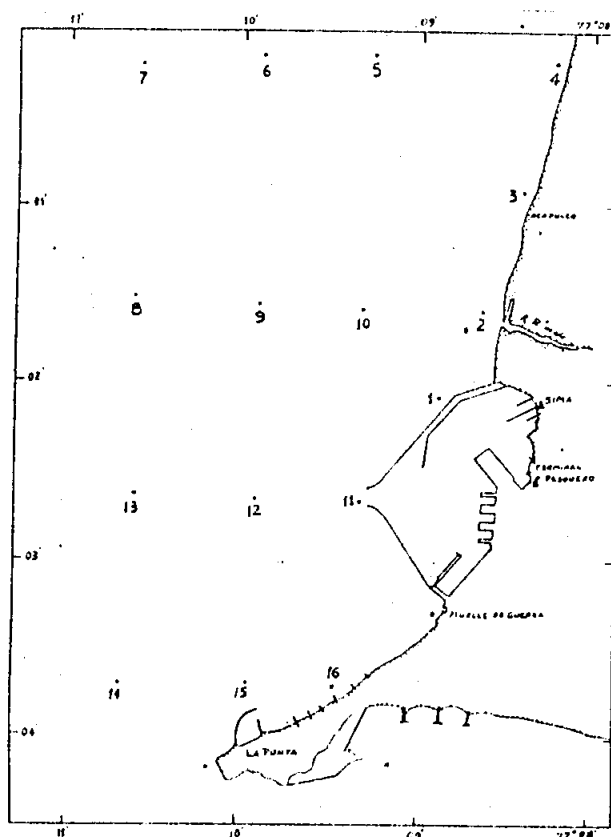


Fig. 1a

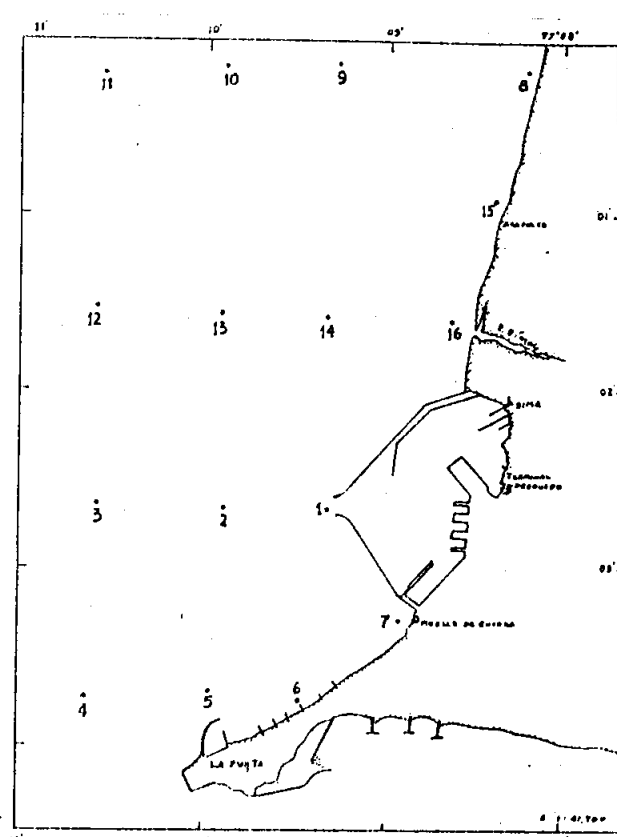


Fig. 1b

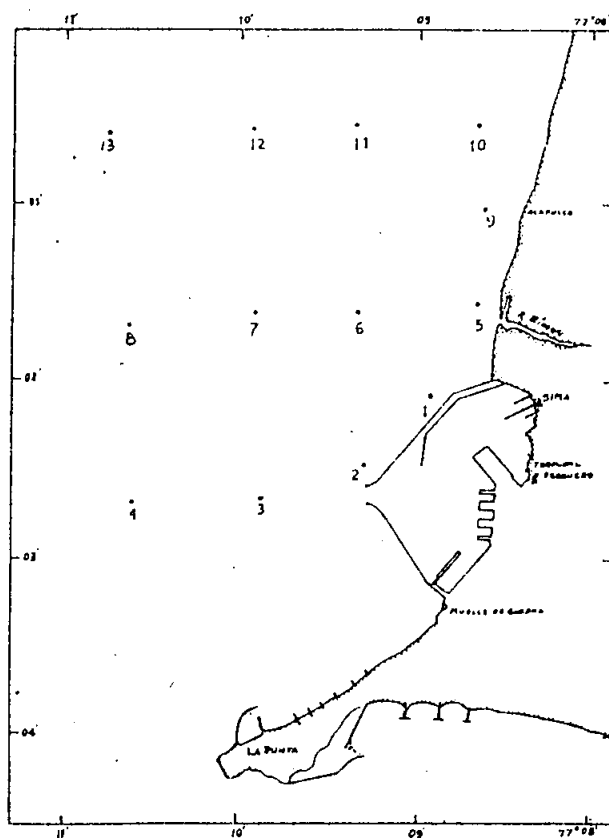


Fig. 1c

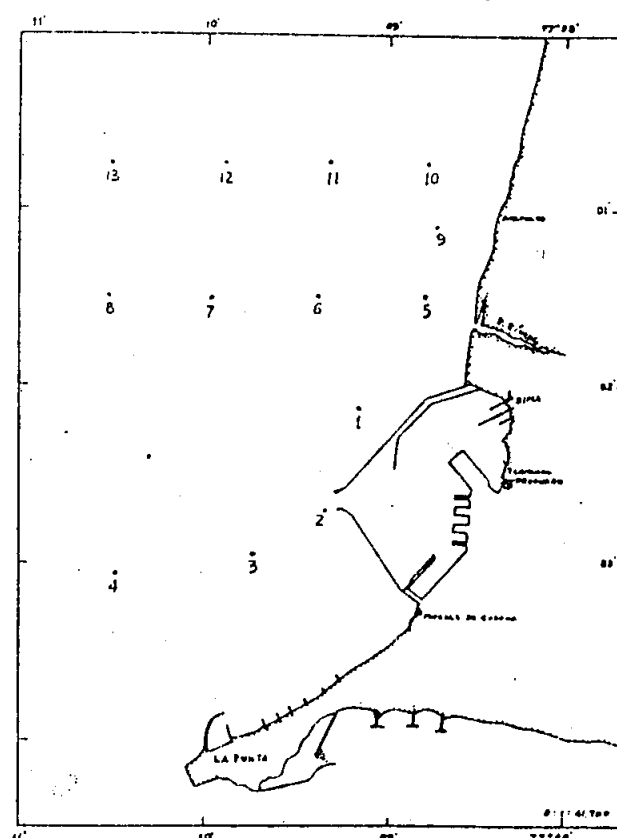


Fig. 1d

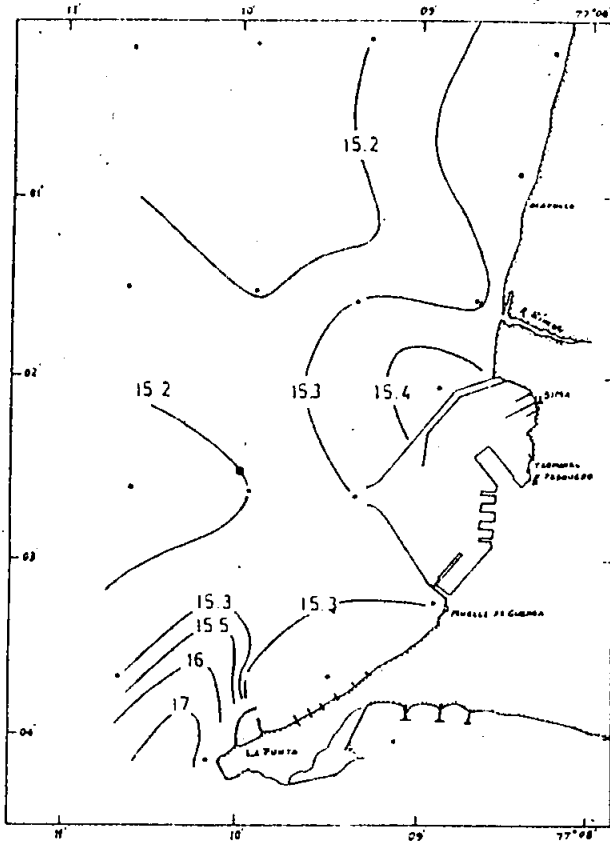


Fig. 2a

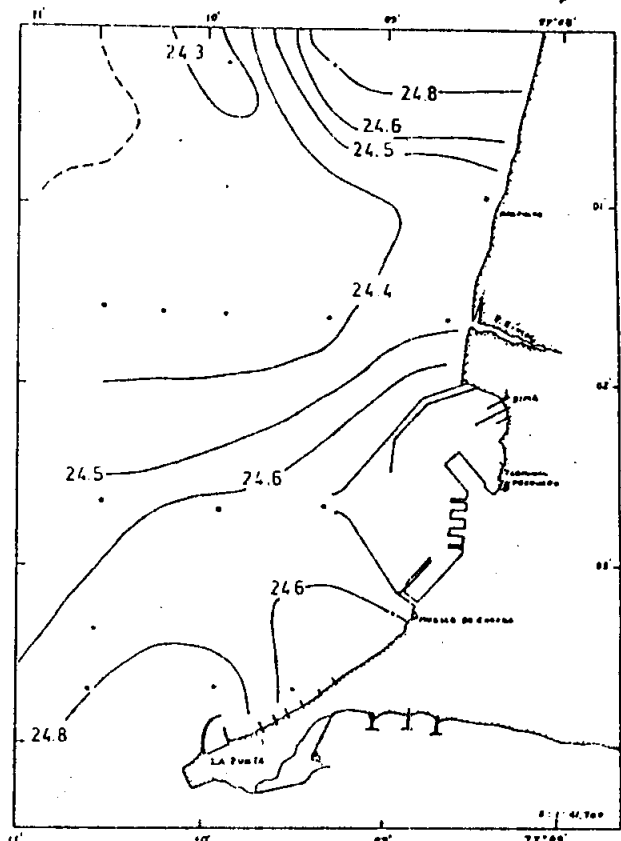


Fig. 2b

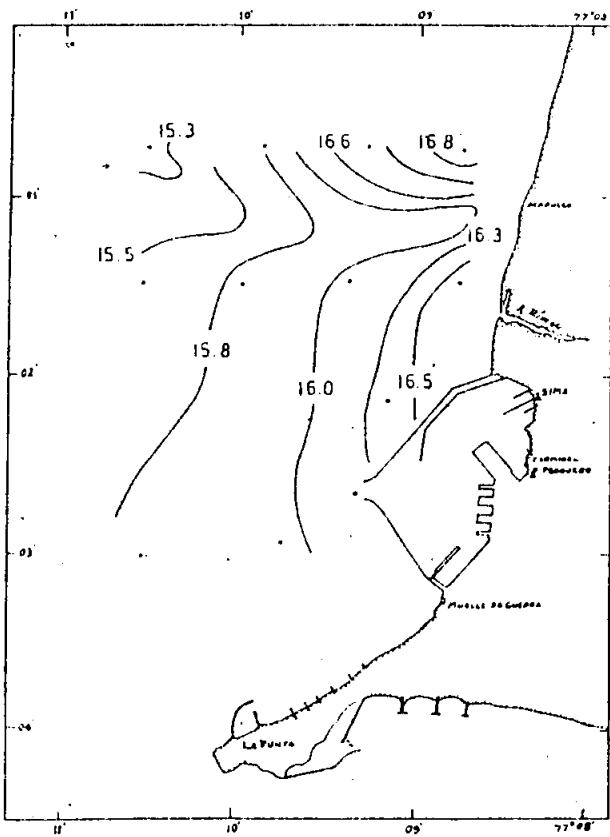


Fig. 2c

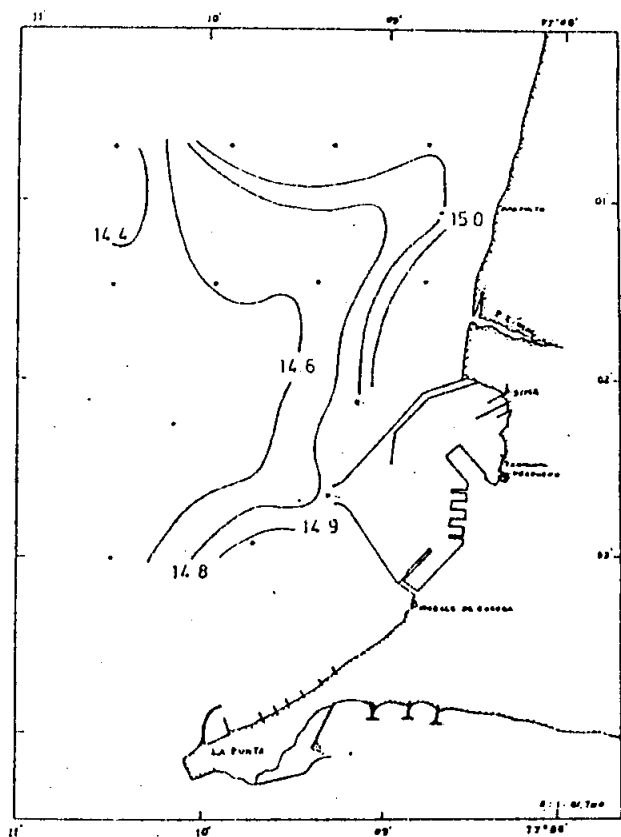


Fig. 2d

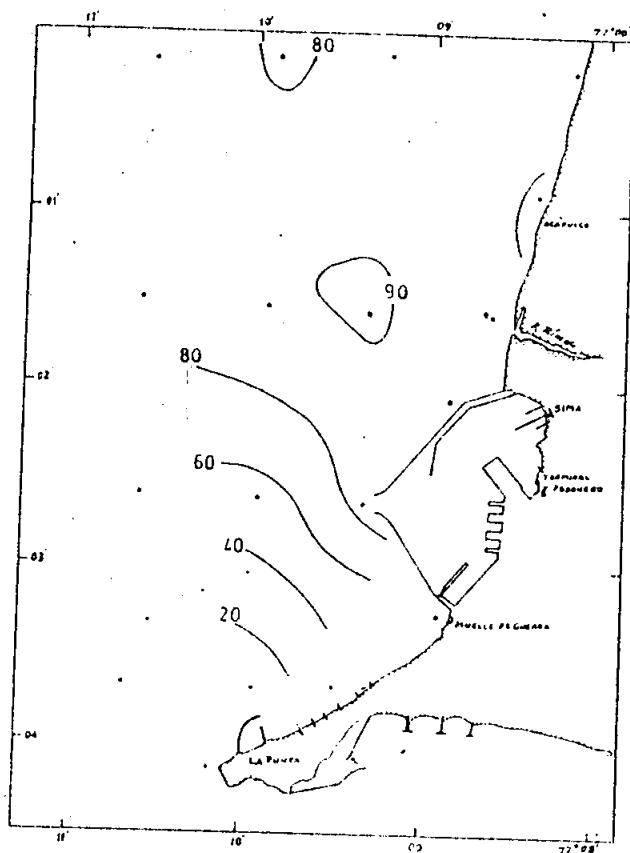


Fig. 3a

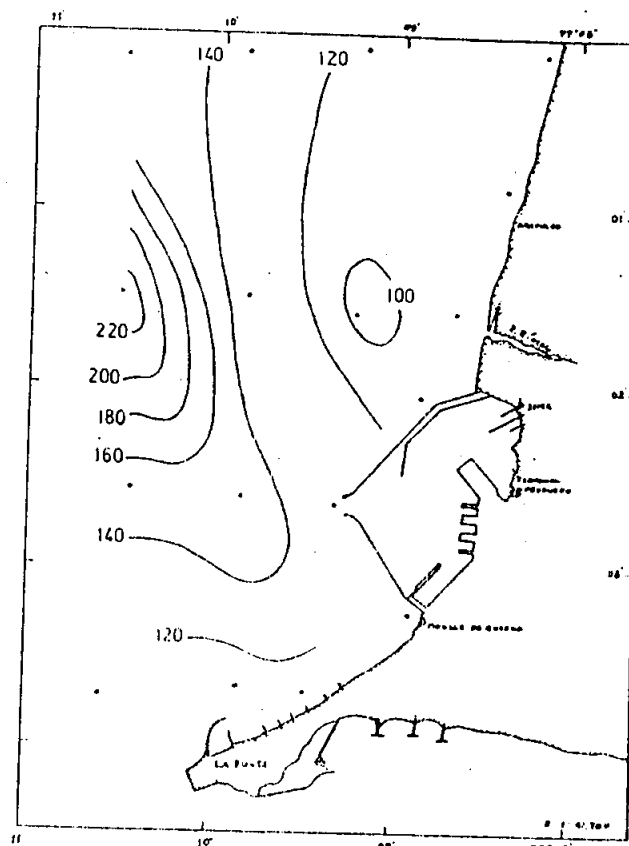


Fig. 3b

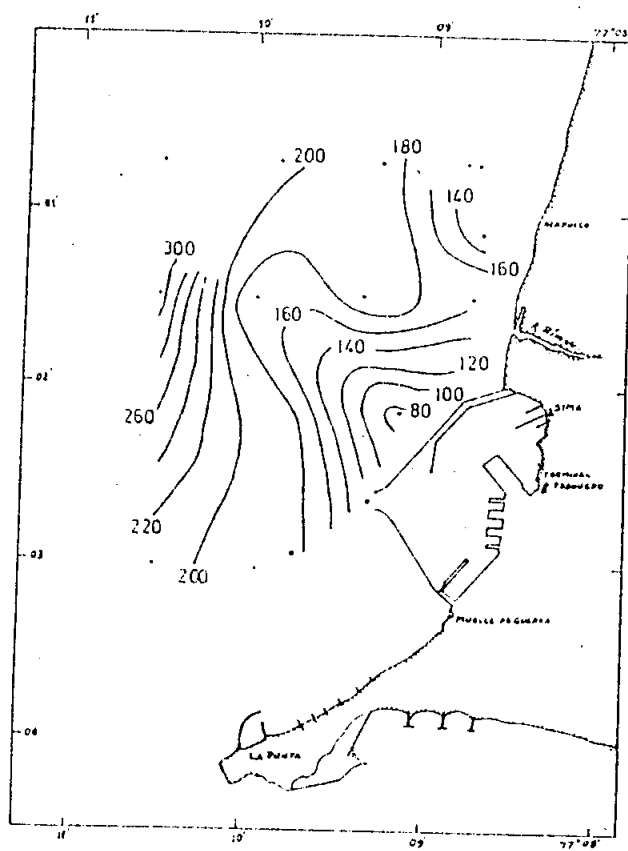


Fig. 3c

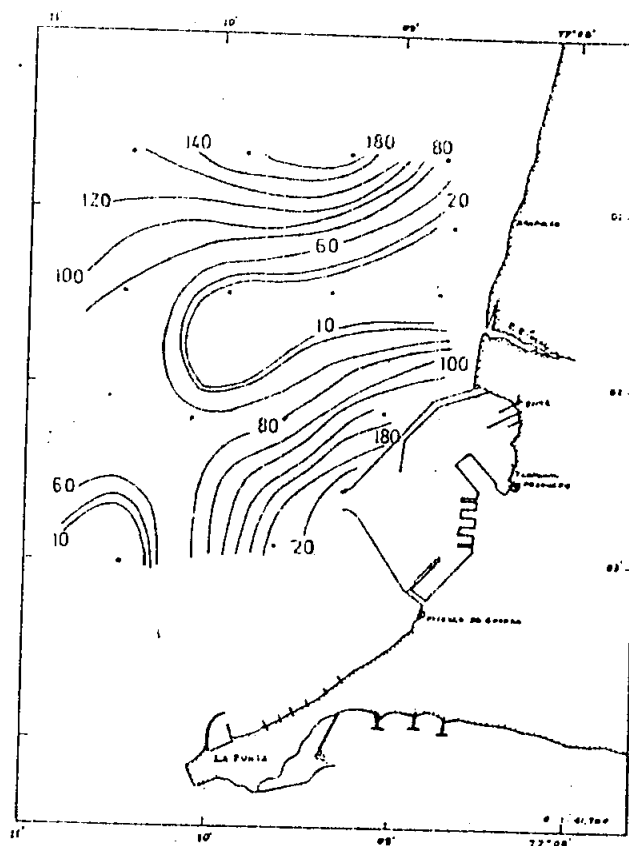


Fig. 3d

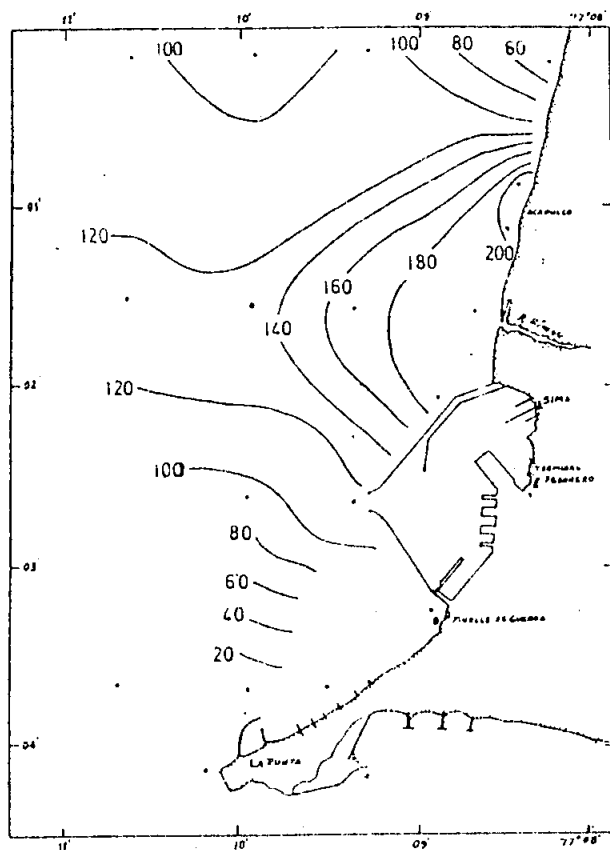


Fig. 4a

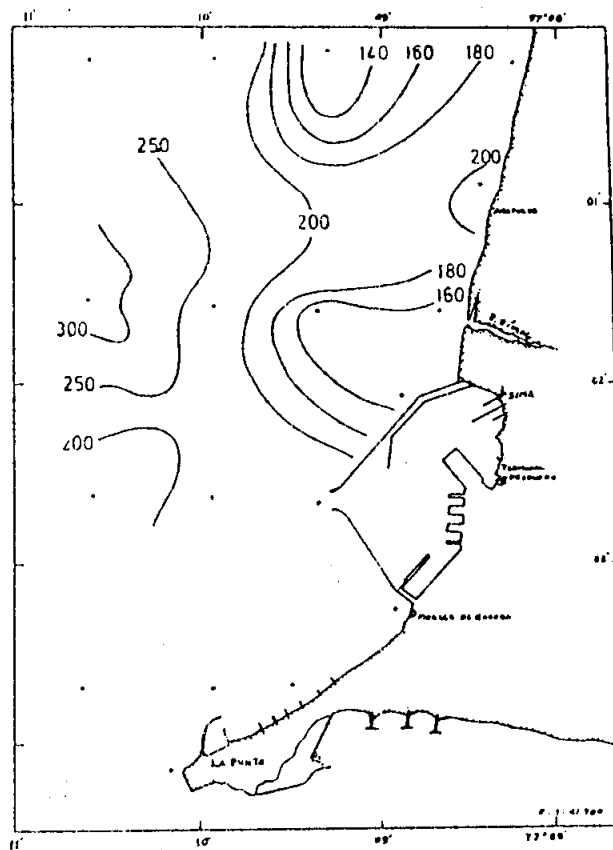


Fig. 4b

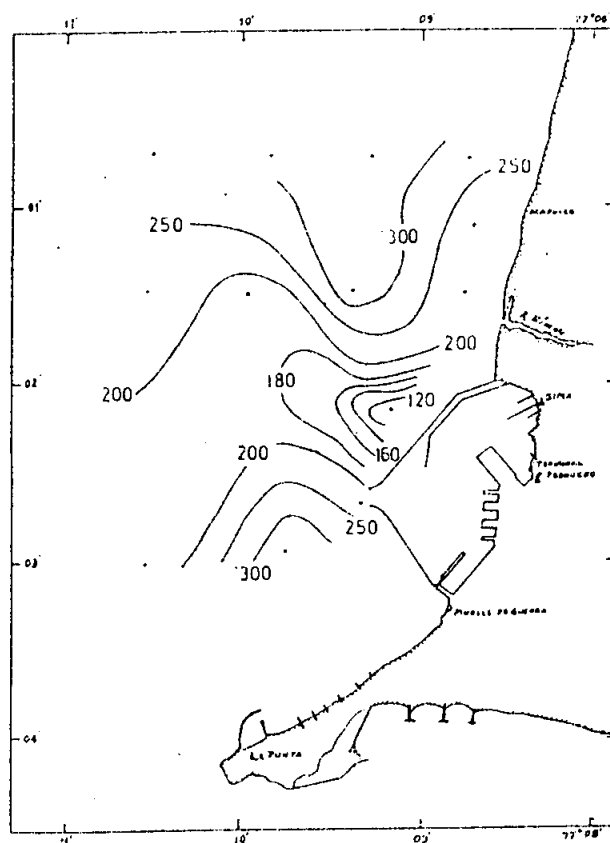


Fig. 4c

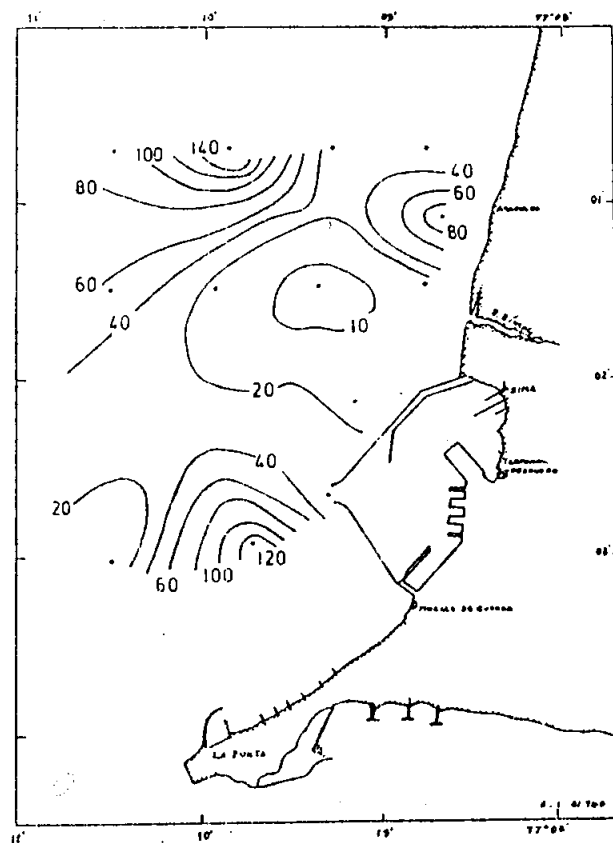


Fig. 4d

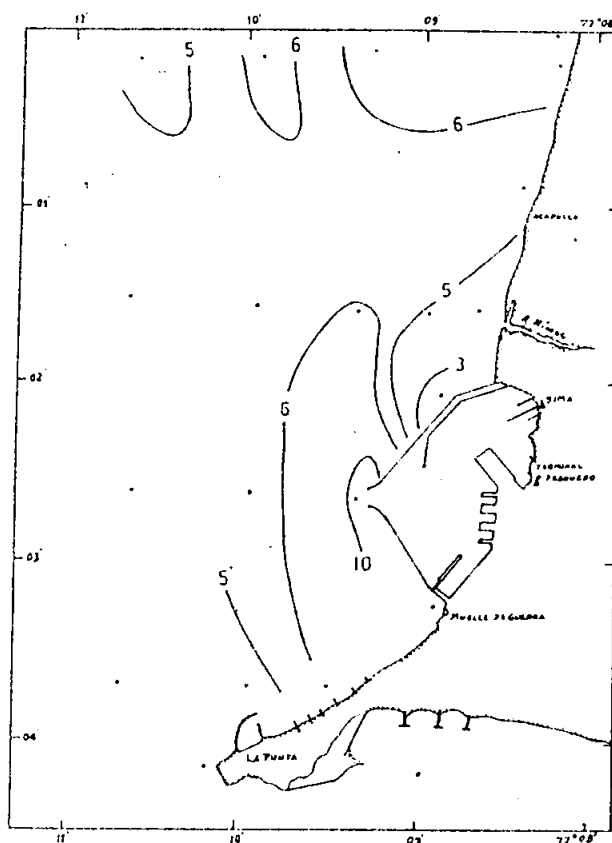


Fig. 5a

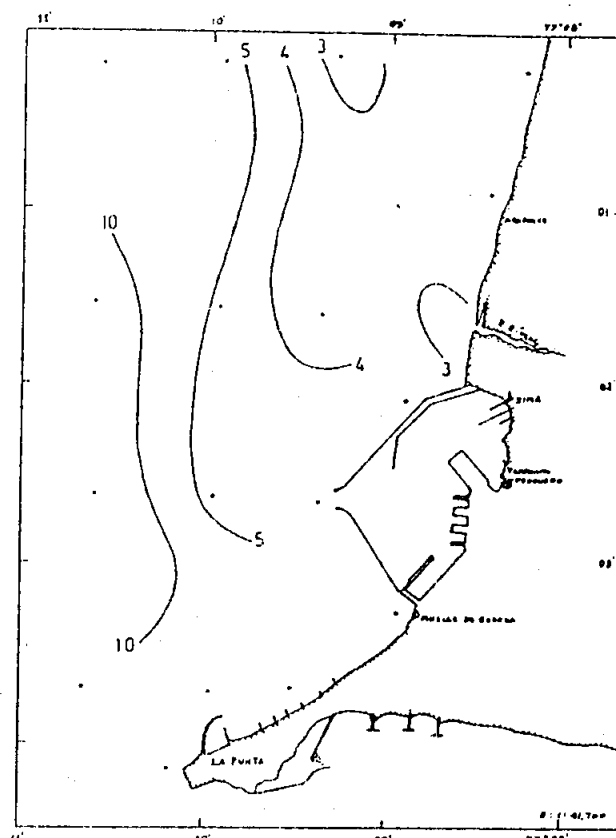


Fig. 5b

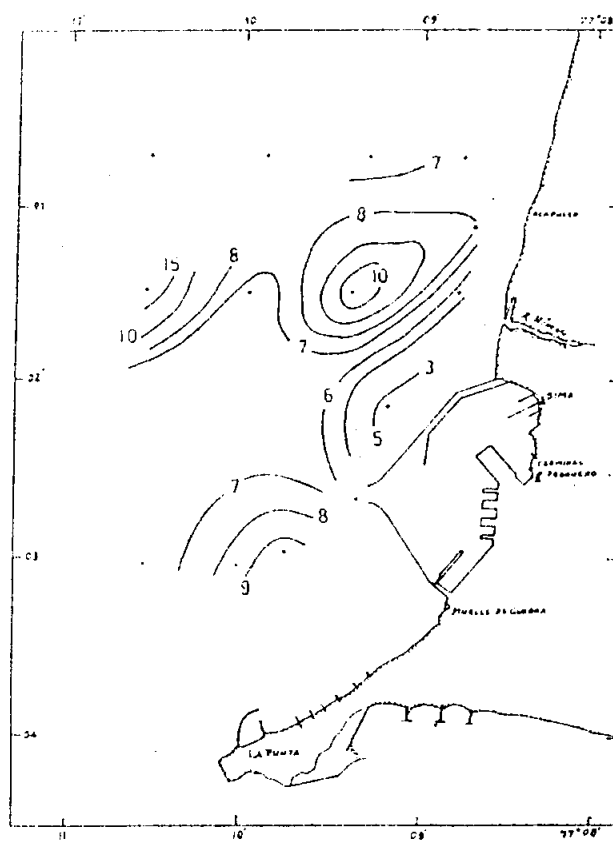


Fig. 5c

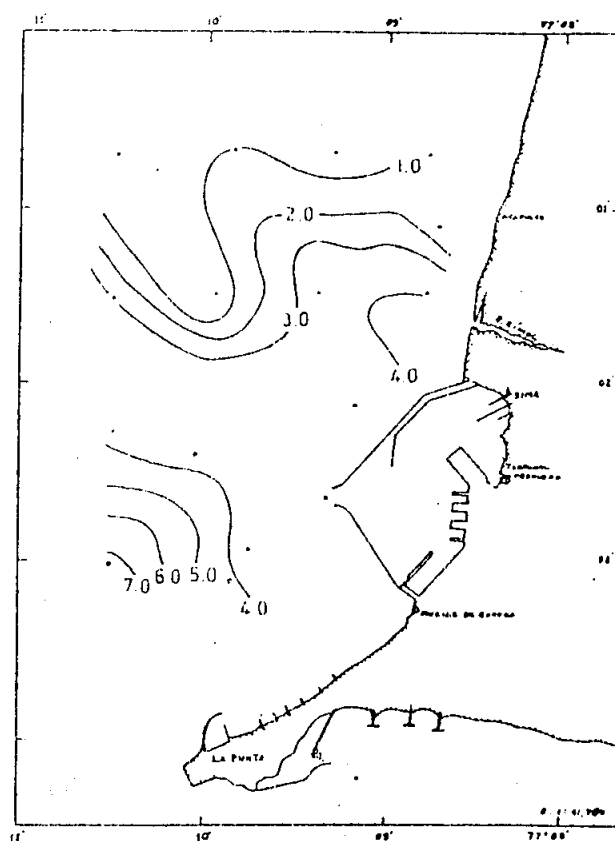


Fig. 5d

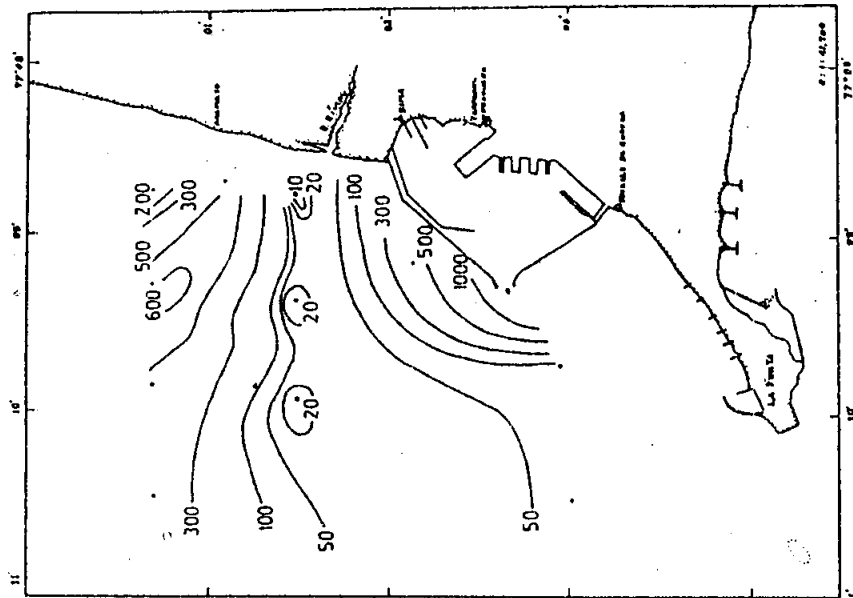


Fig. 6b

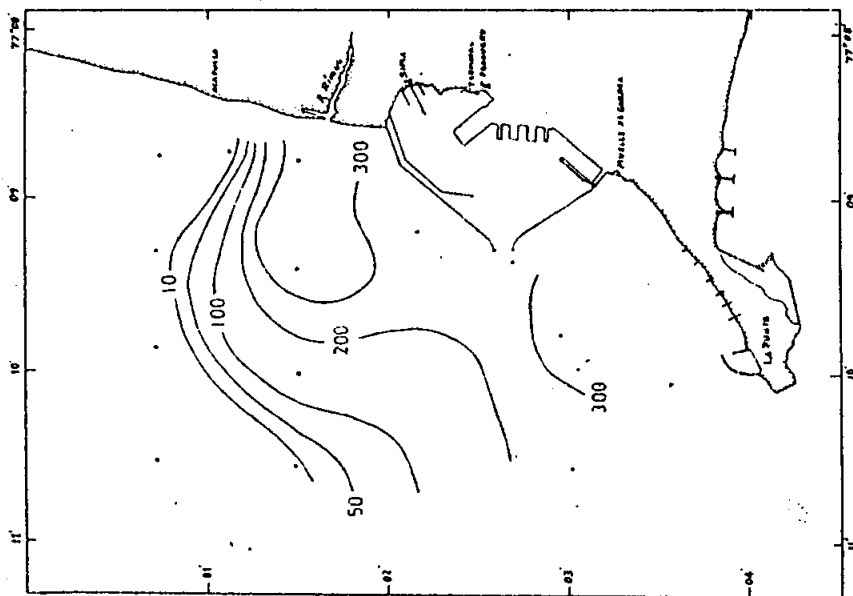


Fig. 6a