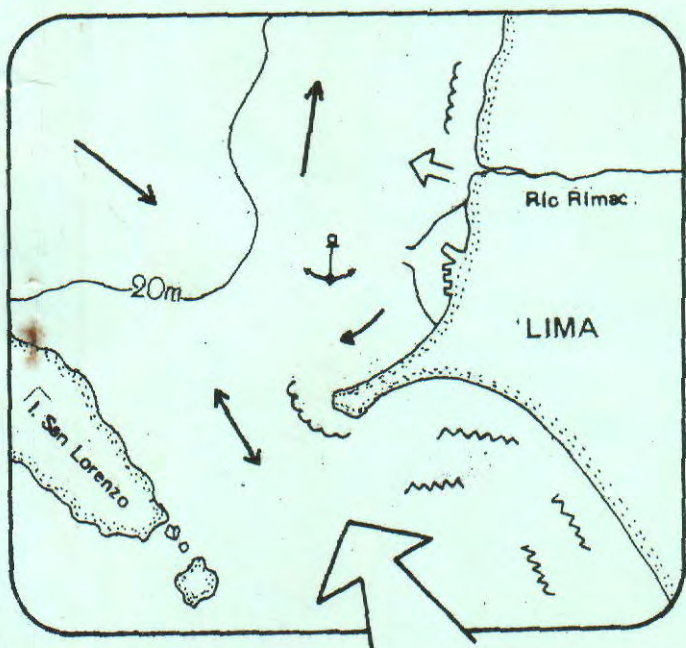
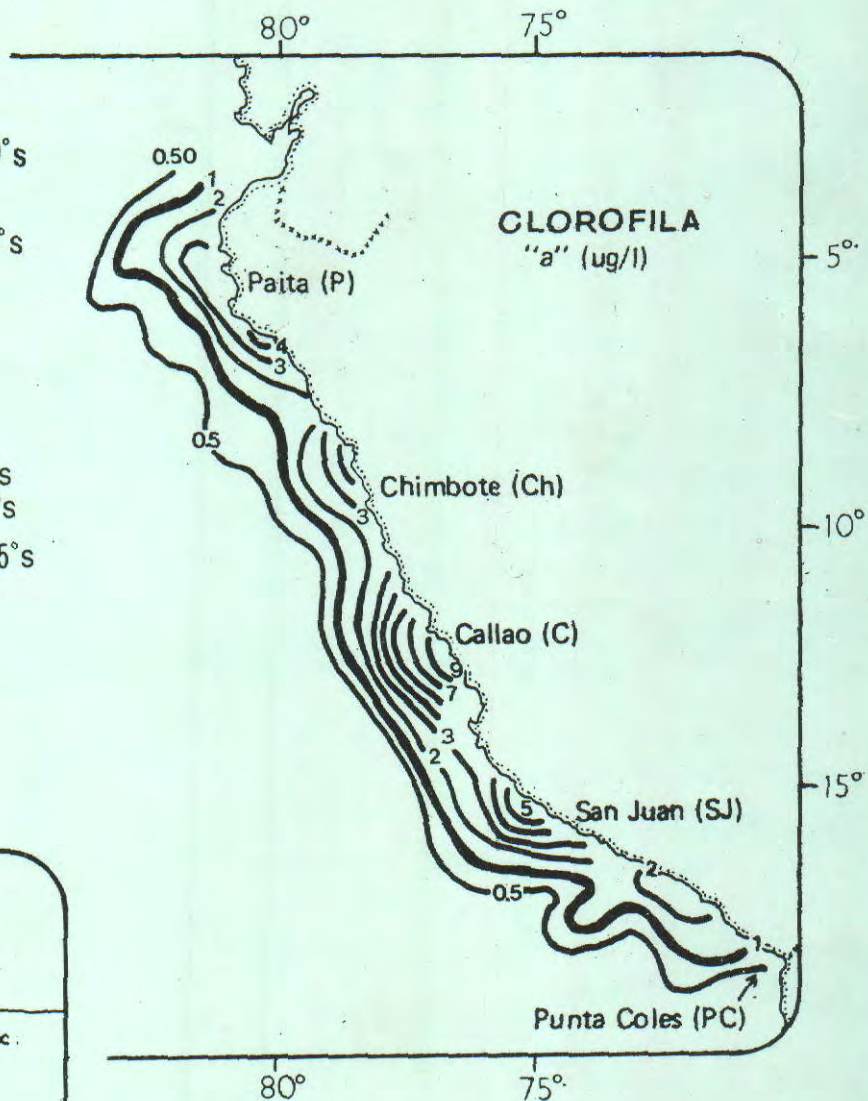
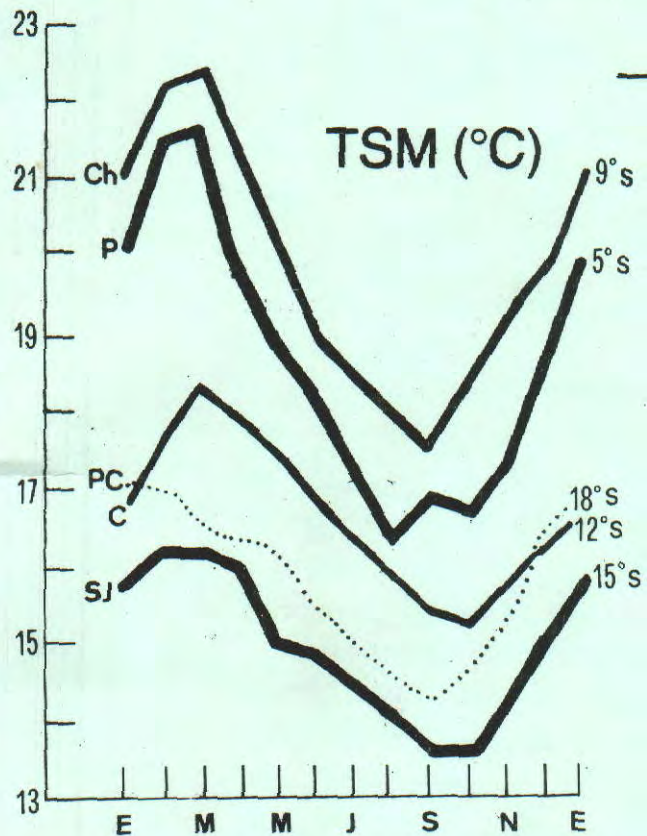




Boletín



Editores: Salvador Zuta
Antonio Landa

**PRESERVACION DEL AMBIENTE
MARINO Y PRODUCCION PRIMARIA**

CALLAO - PERU - 1986

DISTRIBUCION DE TRAZAS DE METALES EN EL PUERTO DEL CALLAO

Por

O. Guillén, R. Aquino y M. Jacinto

1. INTRODUCCION

En los últimos años se esta introduciendo al ambiente marino grandes cantidades de contaminantes como resultado del desarrollo industrial y manufacturero, así como el aumento demográfico en el Perú.

La Bahía de Callao ha sido identificado por varios autores como una de las áreas contaminadas a lo largo del litoral peruano Valcarcel et al, 1974; Arriaga, 1976; Malnatti, 1976; Guillén y Aquino 1978; Guillén et al 1978; Guillén, 1981, 1984 y 1985, debido principalmente a la descarga de desechos domésticos e industriales contenidos en las aguas procedentes del Rfo Rimac y de la Rada Interior del Puerto.

Existe tres reservorios para metales: agua, sedimentos y biota, los que son gobernados por complejos equilibrios que dependen de los factores físicos, químicos y biológicos (Murray y Murray, 1973).

En relación a la toxicidad hay que tener en cuenta que un contaminante sumamente tóxico que llega al ecosistema marino en pequeñas cantidades pueden ser algunas veces más importantes que otro material menos tóxico que ingresa al ecosistema en cantidades nocivas. La transferencia de los contaminantes desde el agua a los organismos marinos pueden ocurrir en algunos grupos de invertebrados, peces, etc, concentrandose dentro de los tejidos a medida que pasan a niveles más altos en la cadena alimenticia.

Las condiciones oceanográficas frente al Callao han sido descritas por Zuta y Guillén (1970), Guillén (1964 y 1976) y Calienes (1973).

2. MATERIAL Y METODOS

Para el presente estudio se han tomado los datos de los siguientes muestreos:

Muestreo 8209 : Del 29 al 30 de Setiembre 1982

Muestreo 8212 : Del 15 al 16 de Diciembre 1982

Muestreo 8305 : Del 23 al 24 de Mayo 1983

Muestreo 8403 : Del 23 al 26 de Marzo 1984

Muestreo 8408 : Del 29 al 31 de Agosto 1984

La carta de posiciones de las estaciones correspondientes a los muestreos, antes mencionados son dados en la Figura 1.

Las muestras de agua de mar fueron obtenidas de la superficie del mar y a un metro del fondo marino, usando botellas Niskin de 10 litros de capacidad. Las muestras fueron preservadas a adicionandole ácido nítrico concentrado y guardados en la congeladora hasta su análisis.

La determinación de cobre, plomo, cadmio y zinc fueron realizados siguiendo basicamente la metodología dada por Kremlin y Peterson (1974), modificado por Aquino (1977).

3. RESULTADOS

3.1 Distribución de Trazas de Metales en la Superficie del Mar

El promedio de cobre para el área $12^{\circ}00' - 12^{\circ}03'$ fue de: 23.3, 24.4, 26.3, 18.3 y 40.6 ppb, correspondientes a los muestreos de verano e invierno 1982, otoño 1983 y verano e invierno 1984, respectivamente.

A lo largo del litoral (Figura 2), el área más contaminada por Cobre fue frente a la Rada Interior del Puerto, alcanzando las máximas concentraciones (50 ppb) en la primavera de 1982 (Figura 2b) y otoño de 1983 (Figura 2c), logrando los menores niveles en el invierno de 1984 (Figura 2e). Sin embargo frente a Acapulco durante el verano o invierno de 1984

(Figura 2e). Sin embargo, frente a Acapulco durante el verano ó invierno de 1984 (Figuras 2d y e) se hallaron valores más altos que frente a la Rada Interior del Puerto encontrándose en el invierno 1984 (Figura 2e) Niveles mayores de 90 ppb. Como resultado de los procesos de circulación del área.

Frente a la desembocadura del Río Rímac se hallaron valores entre 16.0-33.0 ppb de cobre para el período de estudio 1982-1984, cuya distribución estuvo influenciada por los procesos de circulación y mezcla del área. Las celdas menores de 15 ppb observados durante el invierno y primavera de 1982 (Figuras 2a y b) fueron debidas a la influencia de las aguas subtropicales que se acercaron a la costa, como consecuencia de la ocurrencia del fenómeno El Niño 1982-83. Comparando los inviernos de 1982 y 1984 se halló un promedio de 40.6 ppb para el último, casi el doble del promedio encontrado en el primero. Los valores promedios de plomo en la superficie del mar fueron de 18.5, 9.6, 12.2, 12.0 y 14.0 ppb hallados en el invierno y primavera de 1982, otoño 1983 y verano e invierno 1984, respectivamente. Dichos promedios muestran que el promedio del invierno 1982 fue cerca del doble del encontrado en la primavera 1982, mientras que las variaciones de los promedios de los años 1983 y 1984 fueron pequeños. Su distribución mostró una gran variabilidad, debido en parte a los procesos de circulación y de mezcla, especialmente a la presencia de el Fenómeno El Niño.

Cerca de la costa (Figura 3) el área de mayor contaminación fue observado frente a la Rada Interior del Puerto, excepto en el verano de 1984 (Figuras 3d), donde las mayores concentraciones correspondieron al área frente a Acapulco y en el invierno 1984 (Figura 3e) en el que se hallaron valores mayores de 50 ppb de cobre.

El área frente a la desembocadura del Río Rímac presentó valores de 0.0 (primavera 1982) a 50.0 ppb (invierno 1984), observándose la influencia de las aguas subtropicales superficiales que se acercaron a la costa durante 1982-1983 como consecuencia de la aparición de el Fenómeno El Niño. Los valores < 10 ppb observados en el invierno de 1982 (Figura 3a) lejos y frente al Río Rímac fueron causados por el avance hacia la costa de las aguas subtropicales su per ficia les.

Durante el período de estudio las mínimas concentraciones (< 5 ppb) fueron hallados (Figura 3d) frente al área Río Rímac-Rada Interior (verano 1984) como resultado del pre do mi nio de las aguas frías de la corriente peruana.

También se han observado celdas de alta concentración en la Primavera 1982 (> 20 ppb) y otoño 1983 (> 30 ppb) como consecuencia de los procesos de circulación.

Acapulco fue otra área contaminada por plomo, presentando sus máximos valores (Figuras 3a y d) en el invierno 1982 (> 25 ppb) y verano 1984 (> 30 ppb).

En la superficie del mar el cadmio presentó valores promedios de 2.5, 2.5, 2.9, 1.2 y 1.4 ppb correspondiente a los muestreos invierno 1982, primavera 1982, otoño 1983, verano e invierno 1984, respectivamente.

A lo largo de la costa (Figura 4) las mayores concentraciones se hallaron frente al Río Rímac, alcanzando sus altos va lo res durante invierno y primavera de 1982 (Figura 4a y b) y los menores valores en el verano de 1984 (Figura 4d) como resultado de los procesos de afloramiento.

Otra área afectada por la contaminación por cadmio fue frente a Acapulco que presentó valores entre 0.95 a 3.6 ppb, al go ma yo r que los hallados frente a la Rada Interior del Puer to (0.35-3.3 ppb).

Los valores mayores de 4 ppb observados en el invierno y pr i m ave ra 1982 y otoño 1983 (Figuras 4a, b y c) son debidas a

procesos de mezcla y de circulación, excepto la playa de Cantolao donde concentraciones > 4 ppb fue debido a la contaminación local.

El fenómeno El Niño tuvo un marcado efecto en la distribución del cadmio (Figura 4), decreciendo sus concentraciones después del cese del fenómeno (verano 1984), aumentando luego sus niveles en el invierno de 1984, como consecuencia del intenso proceso de afloramiento costero.

La distribución del zinc a la superficie del mar (Figura 5) presentó valores promedios de 116.2 y 114.8 ppb en el verano e invierno 1982.

Las mayores concentraciones (Figura 5) cerca de la costa fueron encontrados frente a Acapulco (Figura 5) (~ 2.30 ppb) en el verano e invierno 1984, luego le siguió el área frente a la Rada Interior (110-230 ppb) como resultado de los altos niveles de zinc contenidos en los desechos industriales que descargan hacia el mar. Las altas concentraciones de zinc hallados lejos de la costa frente a Fertisa son resultados de la circulación del agua.

3.2 Distribución de Trazas de Metales a un Metro del Fondo Marino

La distribución de cobre fue bastante irregular, presentando valores promedios de 9.4, 15.1, 13.9, 9.1 y 38.9 ppb hallados en los muestreos de invierno y primavera 1982, otoño 1983 y verano e invierno 1984.

Cerca de la costa (Figura 6) el área más contaminada fue la Rada Interior con valores entre 20 ppb (otoño 1983) y menor de 10 ppb (invierno 1984).

Durante el fenómeno El Niño los sedimentos superficiales fueron removidos y redistribuidos dando como resultado en comparación al invierno 1982 (Figura 6a) un incremento de cobre a un metro del fondo en la primavera 1982 y otoño 1983 (Figuras 6b y c), decreciendo luego en el verano 1984 (Figura 6d) e incrementando nuevamente, debido al fuerte afloramiento ocurri-

do en el invierno 1984 (Figura 6e). Los valores altos encontrados más allá de los 3Km de la costa durante el otoño 1983 (Figura 6c) y verano e invierno 1984 (Figuras 6d y e) son el resultado de procesos de mezcla y de circulación. La aparente contradicción entre los valores promedios encontrados en el invierno 1982 (9.4 ppb) e invierno 1984 (38.9 ppb) son debido en parte al fuerte invierno 1984 y a la falta de datos cerca de la costa en el invierno 1982, sin embargo en la boca de la Rada Interior la concentración de cobre fue el doble en el invierno 1982 que el invierno 1984.

Los valores de plomo (Figura 7) presentaron una variabilidad mucho mayor que la del cobre hallándose un promedio de 10.8, 4.7, 8.9, 10.9 y 11.0 ppb obtenidos en los muestreos de invierno y primavera 1982, otoño 1983 y verano e invierno 1984. Lamentablemente para los dos primeros muestreos no se tiene información dentro de los 2 Km de la costa al norte de la Rada Interior. Las mayores concentraciones (> 20 ppb) cerca de la costa (Figuras 7c y e) fueron encontrados frente a la Rada Interior y el Río Rímac.

Las concentraciones de cadmio (Figura 8) presentaron valores promedios de 1.7, 1.0, 2.9, 0.5 y 0.9 ppb correspondientes a los muestreos de invierno y primavera 1982, otoño 1983 y verano e invierno 1984, respectivamente, siendo su distribución muy irregular, debido principalmente a la ocurrencia del fenómeno El Niño y al otoño frío de 1984 que modificaron su distribución, presentando un rango de 0.15 a 1.8 ppb para el período 1982-84.

Las mayores concentraciones halladas más allá de los 3 Km de la costa encontrados en otoño 1983 (Figura 8c) y verano 1984 (Figura 8d) son el resultado de los procesos de circulación del área.

Los promedios de zinc en el verano e invierno de 1984 (Figura 9) fue de 248.1 y 107.1 ppb, hallándose cerca de la costa al norte de Acapulco las máximas concentraciones con

valores mayores de 1500 ppb (verano 1984) 90 ppb (invierno 1984).

Los menores valores (Figura 9a y b) a lo largo del litoral fue encontrado en la Rada Interior durante el verano (20 ppb) e invierno 1984 (75 ppb).

Los valores mayores de 100 ppb hallados a más de 2 km de la costa frente a Acapulco y la Rada Interior se debe probablemente a los procesos de circulación del área.

4. DISCUSION

Las principales fuentes de contaminación en el Puerto del Callao fueron: Las aguas procedentes de la Rada Interior que contiene desechos industriales, procedentes principalmente de las actividades del SIMA, y a la descarga de las aguas procedentes del Rfo Rímac que contiene residuos industriales, mineros y desechos domésticos.

La distribución del cobre, plomo, cadmio y zinc mostraron una gran variabilidad (Figuras 2 al 9) debido a complejos procesos que dependen de diversos factores físicos, químicos, biológicos, olas, mareas, corrientes superficiales, vientos, procesos de mezcla, etc., lo que varían de acuerdo a la estación del año.

La acumulación de los metales pesados pueden afectar a los recursos vivos, cuyo factor de acumulación varía de 10,000 a 100,000.

En la superficie del mar (Figuras 2 al 5) y cerca de la costa el área más afectada fue la situada frente a las descargas de las aguas procedentes de la Rada Interior, cuyas concentraciones al igual que los de la descarga del Rfo Rímac decrecen a medida que se alejan de la costa, presentando en algunas épocas más allá de las dos millas de la costa concentraciones altas, debido en parte al transporte de las corrientes superficiales y de fondo, los que en cierta época

del año cambian de dirección originando cambios bruscos en la distribución de estos metales en el agua de mar.

La contaminación fue más marcada durante el invierno y primavera 1982 y otoño 1983, presentando las máximas concentraciones en el último con valores mayores de 50, 20 y 3 ppb de cobre, plomo y cadmio (Figuras 2c, 3c y 4c) como resultado del acercamiento hacia la costa de las aguas subtropicales superficiales debido a la ocurrencia de el fenómeno El Niño. Las menores concentraciones fueron halladas en el año frío 1984, originado por el fortalecimiento de las aguas de la corriente fría que contiene bajísimos valores de trazas de metales.

Otro foco de contaminación en el área cerca de la costa fue la ubicada frente a la desembocadura de las aguas del Rfo Rf mac, correspondiendo los máximos valores al invierno frío de 1984 (Figuras 2e, 3e, 4e y 5b) con concentraciones mayores de 30, 50, 1.5 y 100 ppb de cobre, plomo, cadmio y zinc, respectivamente, causando por los intensos procesos de afloramiento.

Otra área de menor contaminación fue la ubicada frente y al norte de Acapulco siendo más marcado durante el año frío 1984, correspondiendo al invierno (Figuras 2e, 4c y 5b) las mayores concentraciones de cobre, cadmio y zinc con valores mayores de 90, 3, 200 ppb, respectivamente, excepto los valores de plomo, cuyos máximos fueron encontrados en el verano 1984 (Figura 3d).

La distribución del cobre, plomo, cadmio y zinc en el agua de mar a un metro del fondo fue variable, debido principalmente a la influencia de el fenómeno El Niño y al año frío 1984, que dió como resultado una modificación en la circulación y una redistribución de los contaminantes, debido en gran parte a la remoción de los sedimentos al igual que en superficie las áreas más afectadas fueron las situadas cerca y frente a la Rada Interior y a la desembocadura del Rfo Rf mac. Las mayores concentra

ciones de cobre y plomo fueron encontrados en el otoño 1983 (Figuras 6c y 7c), durante la ocurrencia del fenómeno El Niño con valores > 20 ppb, mientras que los valores mayores de cadmio fueron observados en la primavera 1992 (Figura 8b).

Las áreas de máximas encontradas más allá de las 2 millas de la costa, tal como la observada en el verano 1983 frente a Fertisa (Figuras 6d, 7d, 8d y 9d) con valores :

20 ppb de cobre, y plomo, > 1 ppb de cadmio y > 600 ppb de zinc fue causada por acumulación de sustancias contaminantes que conducen al aumento de ciertos elementos tóxicos en el agua de mar, debido a las corrientes de fondo, procesos de mezcla, actividad biológica, etc, que hace que los contaminantes se dispersen y sean transportados de un lugar a otro.

En el otoño 1983 se hallaron que los promedios de plomo y cadmio (8.9 y 2.9 ppb) fueron el doble de los encontrados en la primavera 1982, mientras que el cobre decreció ligeramente de primavera 1982 (15.1 ppb) al otoño 1983 (13.9 ppb). Durante el invierno 1984, la concentración de cobre y cadmio aumentó con respecto al verano frío 1984, siendo similares los valores promedios de plomo, debido en parte al invierno frío y a los procesos de afloramiento costero, mientras que el promedio de zinc, decreció a la mitad de lo hallado en el verano 1984, debido a la altísima concentración (1520 ppb) encontrado frente y cerca de la costa frente a Acapulco (Figura 9a).

Las tablas 1 y 2 presentan las concentraciones promedios, desviaciones estandar y coeficiente de variación, a distancia

1 km, 1-3 km y > 3 km de la costa frente al área de estudio en la superficie del mar y a un metro del fondo marino, respectivamente.

Las Tablas 3 y 4 muestran los promedios, desviaciones estandar y coeficiente de variación por latitudes de 01° en $01'$

frente al Puerto del Callao (área Acapulco-Fertisa, Rfo Rímac y Rada Interior) en los que se puede observar sus variaciones y el efecto de los cambios de las condiciones oceanográficas en la distribución de cobre, plomo, cadmio y zinc en el agua de mar.

La Tabla 5 muestra las concentraciones promedios de cobre, plomo, cadmio y zinc encontrados en el presente estudio que comparados con los promedios hallados para el área costera dada por Chester y Stoner (1973) son mayores. Las concentraciones promedios de cobre hallados por Guillén et al (1978) para el Callao y Chimbote presentaron valores similares, mitad de lo encontrado por Valcarcel et al (1974) y muy inferior a lo encontrado en el presente estudio. Los valores promedios de plomo son mayores que los encontrados por Guillén et al (1978) e inferior a lo hallado por Valcarcel et al 1974. Los promedios de cadmio y zinc son mayores que los encontrados en otras áreas excepto la concentración promedio de cadmio hallado por Valcarcel et al (1974) que fue muy superior al encontrado en el presente estudio.

Los promedios encontrados de cobre, plomo, cadmio y zinc en el puerto del Callao sobrepasan los límites máximos permisibles dados por la Ley General de Aguas Clase V (Ministerio de Salud 1983), mientras que la concentración promedio del plomo sobrepasa ligeramente al dado por dicha Ley. Comparando con la Ley General de Aguas Clase VI los valores promedios de plomo y cadmio hallados en el Puerto del Callao son inferiores, pero no así el zinc • cuya concentración es muy superior al máximo permisible dado por la Ley mencionada.

- Aquino, R. 1977. Determinación de las Trazas de Metales. Primer Curso. Internacional sobre Producción Primaria OEA/IMARPE.
- Ancieta, C. 1979. Determinación de Plomo y Cadmio en el Agua de Mar y Sedimentos Marinos de la Bahía de Callao. Tesis, Univ. Nac. Callao 83 p.
- Arriaga, L. M. 1976. Contaminación en el Océano Pacífico Suroriental (Ecuador-Perú-Chile). Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 5: 3-62.
- Bewers, J.M., B. Sundby y P.A. Yeats. 1976. The distribution of trace metals in the western North Atlantic off Nova Scotia. Geochim. Cosmochim. Acta, 40:687-696.
- Calienes, R. 1973. Diversidad y Asociación del Fitoplancton en Callao. Tesis, Universidad Nacional San Agustín, Arequipa-Perú.
- Chester, R. y J. H. Stoner. 1974. The distribution of zinc, nickel, manganese, cadmium, copper and iron in some surface waters from the world ocean mar. chem., 2: 17-32.
- Guillén, O. y R. Aquino 1978. Contaminación de los Puertos del Callao y Chimbote y su Efecto en la Productividad. Inf. Inst. Mar. 61: 17 p.
- Guillén, O., R. Aquino, B. Valdivia y R. Calienes. 1978. Contaminación en el Puerto de Callao. Inf. Inst. Mar. 62: 14 p.
- Guillén, O. 1984. Diagnóstico sobre los Contaminantes que Afectan los Recursos Hidrobiológicos de los Países del Convenio "Andrés Bello". Rev. Convenio "Andrés Bello", 21: 89-132
- Guillén, O. 1964. Distribución y Variación Anual de Fosfatos y Oxígeno en la Región Marítima del Perú (Feb. 1961-Ene. 1962). Distribución y Variación Anual de Fosfatos y Oxígeno Disuelto en el Área Marítima del Perú

- durante el año 1962. Inf. Inst. Invest. Recurs. Mar, 28: 32 p.
- Guillén, O. 1985. Contaminación Marina en el Perú. Presentado al Seminario: Contaminación del Mar y su Efecto en los Recursos Pesqueros, Lima del 16 al 21 de Enero 1985.
- Guillén, O. 1981. Fuentes, Niveles y Efectos de la Contaminación Marina en el Perú. CPPS. Serie Seminarios y Estudios, 2: 51-116.
- Guillén, O. 1976. El Sistema de la Corriente Peruana. I. Parte: Aspectos Físicos, Actas de la Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". FAO Inf. Pesca 185: 243-284.
- Knauer, G.A. y J.H. Martín. 1973. Seasonal Variation of cadmium copper, manganese, lead and zinc in water and phytoplankton in Monterrey Bay, Calif. Limnol. Oceanogr., 18: 597-604.
- Kremling, K. y H. Petersen. 1974. APDC-MIBK extration system for the determination of copper and iron in 1 cm³ of Seawater by flameless atomic absorption spectrometry Anal. Chim. Acta 70: 35-39.
- Malnatti, L. 1976. La Contaminación de Aguas en el Perú y Rol del Ministerio de Salud en su Control. IV Reunión de Ministros de Salud de los Paises del Area Andina Convenio "Hipólito Unanue". Inf. 1-37.
- Ministerio de Salud, 1983. Decreto Supremo N°007-83-SA del 11 de Noviembre de 1983. Modificando los arts. 81 y 82 del Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas. El Peruano: 17 de Noviembre 1983.
- Murray, C.V. y L. Murray. 1973. Absorption description 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, International Atomic Energy Commission: 105-124.

- Riley, J.P. y D. Taylor. 1972. The concentration of cadmium, copper, iron, manganese, molybdenum, nickel, vanadium and zinc in part. of the tropical north-east Atlantic Ocean. Deep-Sea Research, 19: 307-317.
- Valcarcel, G., F. Valdez y P. Vernal. 1974. Investigación sobre la Contaminación de las Aguas en el Litoral Peruano. Ministerio de Pesquería, 16: 249 p.
- Windom, H.L. y R. G. Smith 1972. Distribution of cadmium, cobalt, nickel and zinc in northeastern United States continental shelf waters. Deep. Sea Res., 19: 727-730.
- Zuta, S. y O. Guillén. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Bol. Inst. Mar, 2 (5): 157-324.

TABLA 1: NUMERO DE DATOS, CONCENTRACIONES PROMEDIOS, DESVIACIONES ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION DE COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC EN LA SUPERFICIE DEL MAR EN LAS BANDAS I, II, Y III DE LA FIG. 1

CRUCERO	BANDA I				BANDA II				BANDA III			
	N° DATOS	\bar{X}	CV		N° DATOS	\bar{X}	CV		N° DATOS	\bar{X}	CV	
a) COBRE												
8209	8	20.75	7.79	38	7	25.29	14.43	57	3	18.00	8.19	45
8212	6	29.83	14.74	49	6	24.50	12.60	51	2	27.50	4.95	18
8305	6	26.33	13.29	50	7	25.57	5.38	21	3	20.33	4.73	23
8403	5	20.00	9.90	49	5	18.60	8.38	45	2	13.50	7.78	58
8408	5	52.40	40.98	78	6	31.08	15.50	50	2	43.50	6.36	15
b) PLOMO												
8209	8	20.06	6.17	41	7	16.71	4.58	27	3	13.67	4.04	30
8212	7	10.00	2.94	29	7	11.79	7.90	67	2	11.25	6.01	53
8305	6	13.00	6.99	54	7	12.86	11.13	87	3	5.67	2.08	37
8403	5	16.00	9.62	60	5	8.80	5.25	60	3	10.67	0.58	5
8408	5	17.80	18.10	102	6	11.83	4.75	40	2	7.00	1.41	20
c) CADMIO												
8209	8	2.53	0.79	31	6	1.48	0.25	17	3	3.13	1.57	50
8212	7	1.83	0.75	41	7	3.73	2.69	72	2	1.70	0.28	17
8305	6	3.07	0.93	30	6	2.90	0.78	27	3	2.77	0.83	30
8403	5	0.58	0.28	47	5	2.42	4.24	175	3	0.43	0.03	7
8408	5	2.04	0.88	43	6	0.87	0.46	53	2	1.40	0.14	10
d) ZINC												
8403	5	157.00	89.27	57	5	77.00	58.59	76	3	113.33	117.30	103
8408	5	149.80	51.90	35	6	97.83	30.99	32	2	89.00	32.53	37

TABLA 2 : NUMERO DE DATOS, CONCENTRACIONES PROMEDIOS, DESVIACION ESTANDAR, COEFICIENTE DE VARIACIONES DEL COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC EN EL AGUA DE MAR A UN METRO DEL FONDO MARINO EN LAS BANDAS I, II Y III DE LA FIG. 1

CRUCERO	BANDA I				BANDA II				BANDA III			
	Nº DATOS	\bar{X}	-	CV	Nº DATOS	\bar{X}	-	CV	Nº DATOS	\bar{X}	-	CV
a) COBRE												
8209	2	13.50	3.54	26	3	7.33	2.52	34	3	9.17	3.33	36
8212	1	11.00			4	15.25	6.90	45	2	12.50	4.95	40
8305	6	13.50	5.43	40	7	14.57	4.39	30	3	13.00	3.61	28
8403	5	8.70	8.01	92	5	6.90	0.82	12	3	13.50	14.34	106
8408	5	7.30	3.27	45	6	91.83	107.65	117	2	85.75	88.74	103
b) PLOMO												
8209	1	8.00			3	11.00	2.29	21	3	10.67	3.33	31
8212	1	5.50			4	5.13	1.80	35	2	3.75	1.06	28
8305	6	12.50	6.09	49	7	6.71	1.25	19	3	5.00	1.73	35
8403	5	11.60	3.36	29	5	8.80	2.05	23	3	13.00	13.00	100
8408	5	9.20	6.87	75	6	16.83	16.58	99	2	17.25	1.06	6
c) CADMIO												
8209	2	1.15	0.07	6	3	1.43	0.12	8	3	2.17	0.51	24
8212	1	1.00			4	1.08	0.13	12	2	0.75	0.07	9
8305	6	2.57	0.93	36	7	2.50	0.76	31	3	4.00	0.62	16
8403	5	0.49	0.25	51	5	0.40	0.28	71	3	0.67	0.65	98
8408	5	0.87	0.27	31	6	0.83	0.43	51	2	1.18	0.67	57
d) ZINC												
8403	5	404.00	630.21	156	5	92.00	62.51	68	3	248.33	344.43	139
8408	5	93.80	21.60	23	6	126.83	64.53	51	2	154.50	71.42	46

TABLA 3 : NUMERO DE DATOS, CONCENTRACIONES PROMEDIOS, DESVIACION ESTANDARD Y COEFICIENTE DE VARIACION DEL COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC (ppb) EN LA SUPERFICIE DEL MAR POR LATITUDES EN LAS BANDAS I, II y III DE LA FIG. 1

CRUCERO	BANDA I				BANDA II				BANDA III			
	Nº DATOS	\bar{X}		CV	Nº DATOS	\bar{X}		CV	Nº DATOS	\bar{X}		CV
a) COBRE												
8209	5	20.80	2.26	30	4	15.25	6.40	42	4	34.38	14.14	41
8212	3	29.00	16.09	55	3	18.67	6.81	36	2	26.00	8.49	33
8305	5	22.80	5.89	26	4	21.75	1.89	9	3	38.30	11.68	30
8403	4	24.25	8.88	37	4	15.75	9.46	60	4	15.00	5.10	34
8408	4	47.50	31.71	67	5	47.40	32.96	70	3	20.00	6.93	35
b) PLOMO												
8209	5	21.30	5.52	26	4	13.00	4.32	33	4	20.38	2.17	11
8212	4	6.88	1.31	19	3	11.50	3.50	30	3	11.33	0.58	5
8305	5	8.60	4.77	56	4	10.25	7.80	76	3	20.67	14.01	68
8403	5	16.40	8.96	55	4	9.88	4.21	43	4	8.63	5.25	61
8408	4	12.75	5.19	41	5	17.40	18.39	106	3	10.00	2.65	26
c) CADMIO												
8209	4	3.23	1.29	40	4	2.14	1.15	54	4	2.23	0.61	27
8212	4	2.45	1.45	59	3	2.30	0.85	37	3	2.60	1.04	40
8305	5	2.66	0.66	25	3	2.83	0.85	30	3	3.20	0.66	20
8403	5	0.67	0.24	35	4	0.40	0.07	18	4	2.80	4.80	171
8408	4	1.48	1.51	102	5	1.46	0.29	20	3	1.23	0.57	46
d) ZINC												
8403	5	172.00	75.38	44	4	52.50	31.22	59	4	110.00	102.55	93
8408	4	124.50	71.85	58	5	92.20	26.03	28	3	139.33	34.56	25

TABLA 4 : NUMERO DE DATOS, CONCENTRACIONES PROMEDIOS, DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION DEL COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC (ppb) EN EL AGUA DE MAR DE UN METRO DEL FONDO MARINO POR LATITUDES DE 01' EN 01' FRENTE AL PUERTO DEL CALLAO

CRUCERO	BANDA I				BANDA II				BANDA III			
	N° DATOS	\bar{X}		CV	N° DATOS	\bar{X}		CV	N° DATOS	\bar{X}		CV
a) COBRE												
8209	3	10.50	5.27	50	2	11.00	1.41	13	2	6.00	1.41	24
8212	1	16.00			2	14.50	7.78	54	3	15.33	5.13	33
8305	5	11.20	2.28	20	4	15.75	1.89	12	3	16.00	6.56	41
8403	5	13.20	12.16	92	4	6.50	0.71	11	4	6.63	2.93	44
8408	4	85.13	65.33	77	5	21.70	21.78	100	3	6.00	3.46	58
b) PLOMO												
8209	2	10.25	4.60	45	2	12.25	1.06	9	2	10.00	2.12	21
8212	1	4.50			2	3.50	0.71	20	3	5.50	2.00	36
8305	5	8.40	4.93	59	4	6.75	0.96	14	3	12.67	8.08	64
8403	5	12.00	9.14	76	4	9.00	2.94	33	4	11.25	4.35	39
8408	4	11.13	6.09	55	5	12.00	7.07	59	3	9.00	2.65	29
c) CADMIO												
8209	3	1.67	0.62	36	2	1.95	0.92	47	2	1.50	0	0
8212	1	0.80			2	0.80	0.14	18	3	1.10	0.10	9
8305	5	3.46	1.12	32	4	2.70	0.90	33	3	2.20	0.70	32
8403	5	0.52	0.51	98	4	0.64	0.31	49	4	0.33	0.09	27
8408	4	0.86	0.23	27	5	0.97	0.48	50	3	0.63	0.28	43
d) ZINC												
8403	5	496.00	626.06	126	4	97.50	29.01	30	4	88.75	70.75	80
8408	4	129.50	52.18	40	5	104.40	19.55	19	3	81.67	10.97	13

TABLA 5: COMPARACION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIOS DE COBRE, PLOMO, CADMIO Y ZINC (ppb) EN EL AGUA DE MAR SUPERFICIAL DEL PUERTO DEL CALLAO CON OTRAS AREAS DEL MUNDO.

LOCALIDAD	COBRE	PLOMO	CADMIO	ZINC	REFERENCIA
Puerto Callao	26.7	13.4	2.1	115.5	Presenta Trabajo
Puerto Callao	20	29	51	52	Valcarcel <u>et al</u> (1974)
Puerto Callao	9.7				Guillén y Aquino (1978)
Puerto Callao		1.2			Guillén <u>et al</u> (1978)
Puerto Callao			1.58		Ancieta (1979)
Puerto Chimbote	11.3				Guillén y Aquino (1978)
Plataforma de Escocia	0.56		0.04	1.1	Bewers <u>et al</u> (1976)
Plataforma de Sur Africa	0.7		0.09	3.5	Chester y Stoner (1974)
Plataforma de Nor Atlantico	1.2		0.08	1.8	Chester y Stoner (1974)
Plataforma de Noroeste USA			0.11	7.4	Windom y Smith (1972)
Plataforma de Chile	1.3		0.15	6.5	Knauer y Martin (1973)
Oceano Noroeste	1.0		0.11	6	Diley y Talylor (1972)
Promedios de Aguas Costeras	0.7		0.09	3.5	Chester y Stoner (1974)
Promedio de Aguas Oceánicas	0.8		0.07	1.4	Chester y Stoner (1974)
Ley General de Aguas Clase V	10	10	0.2	20	Ministerio de Salud (1983)
Ley General de Aguas Clase VI		30	4.0		Ministerio de Salud (1983)

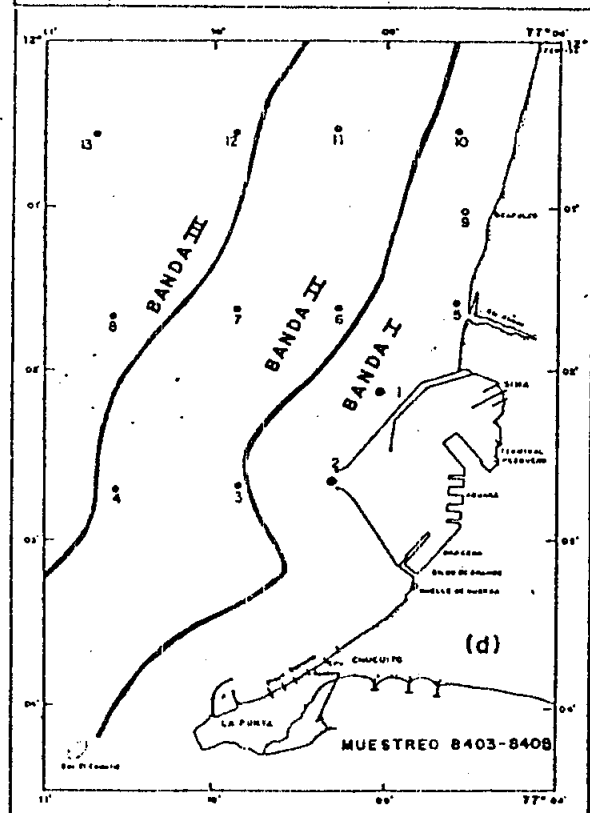
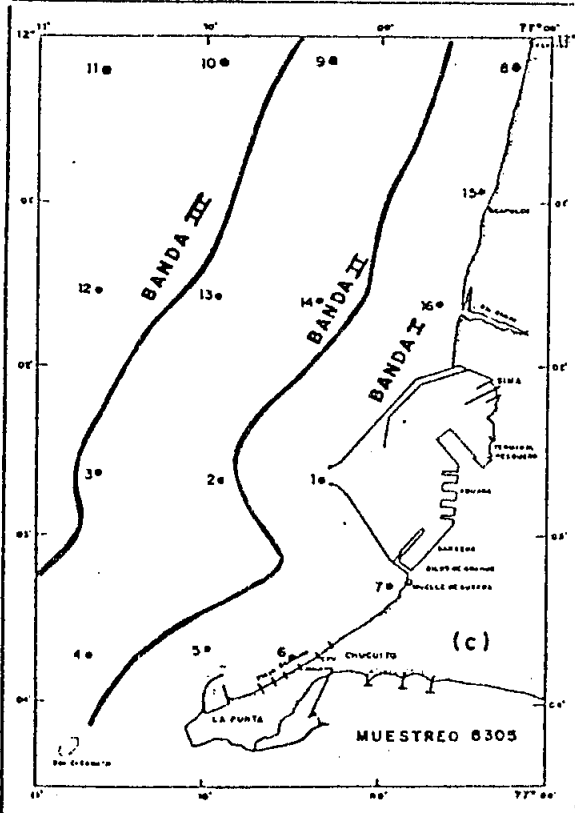
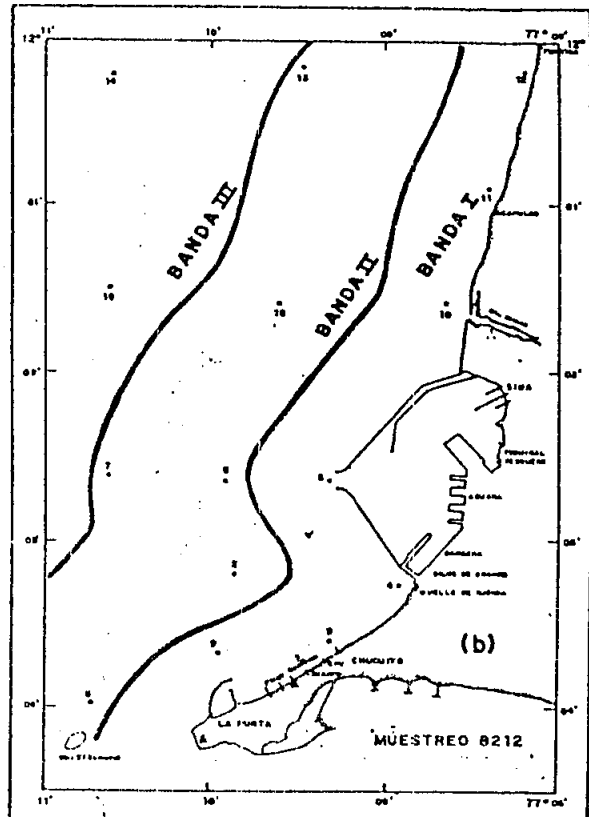
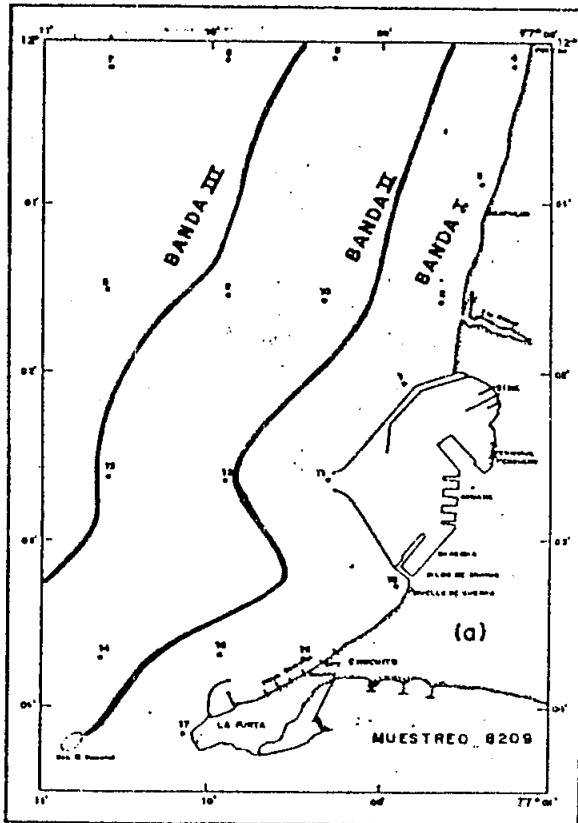


Fig. 1c CARTA DE POSICIONES DEL MUESTREO 8305

Fig. 1d CARTA DE POSICIONES DEL MUESTREO 8403 y 8408

Fig. 1-CARTAS DE UBICACION DE ESTACIONES DE MUESTREO

Fig. 2

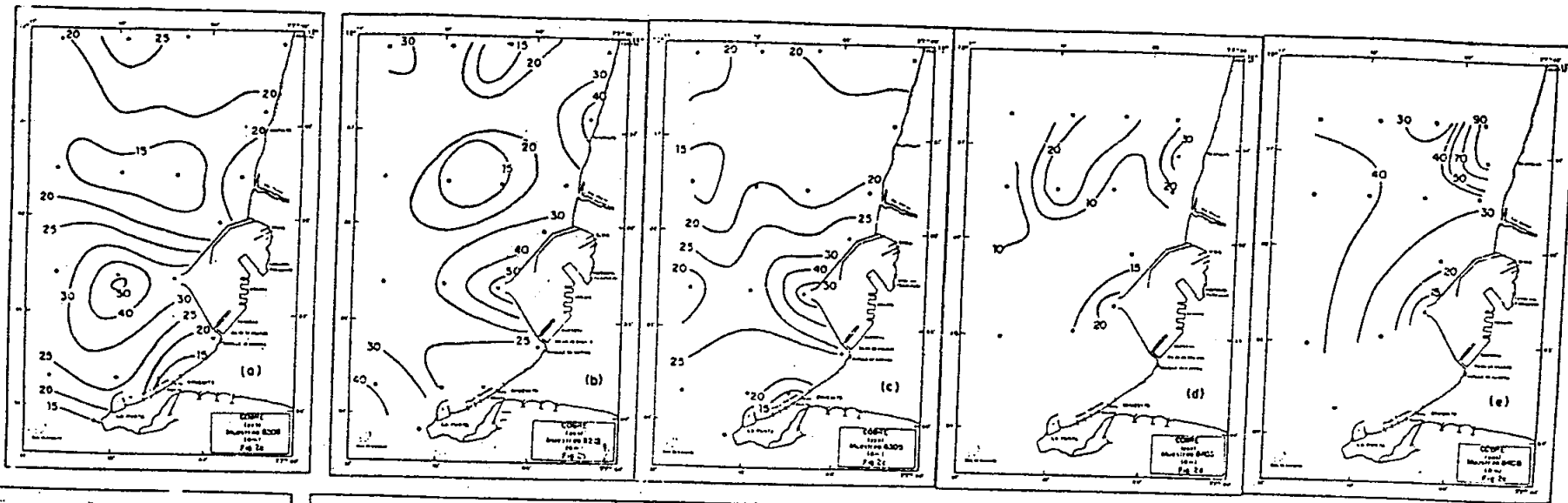


Fig. 3

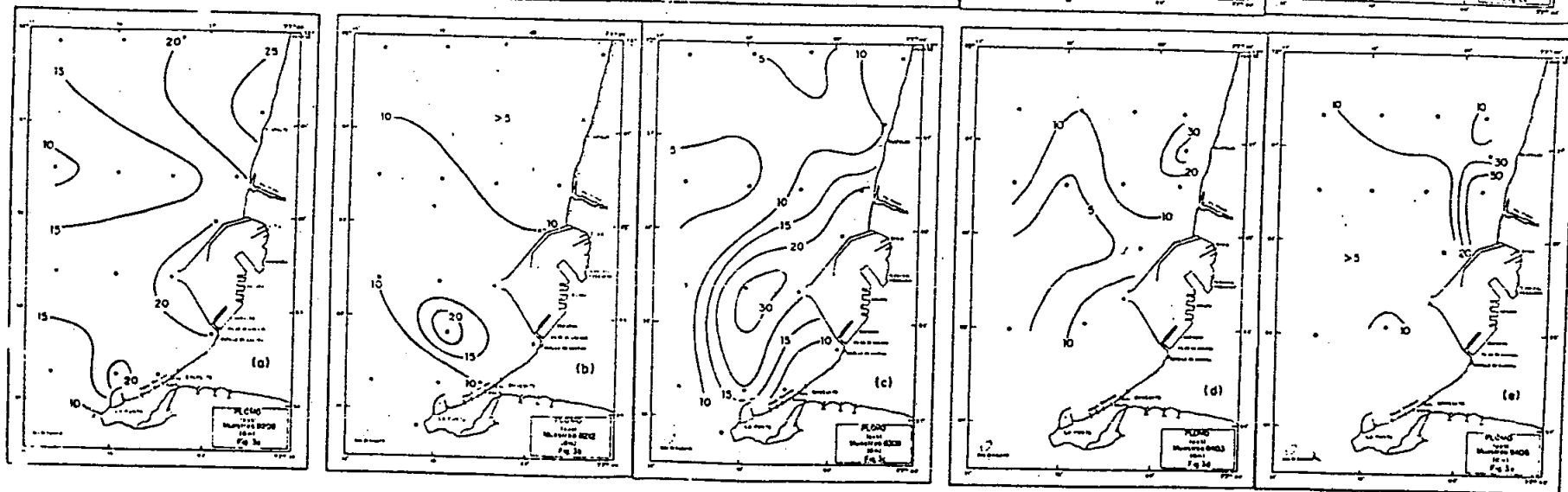


Fig. 4

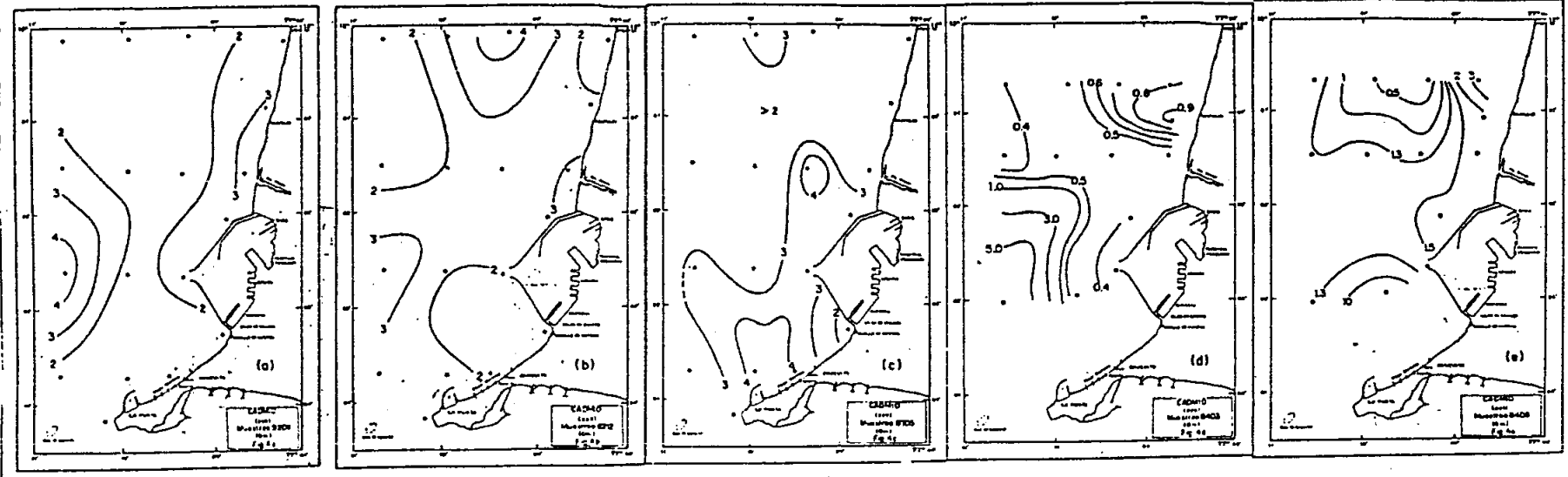


Fig. 5

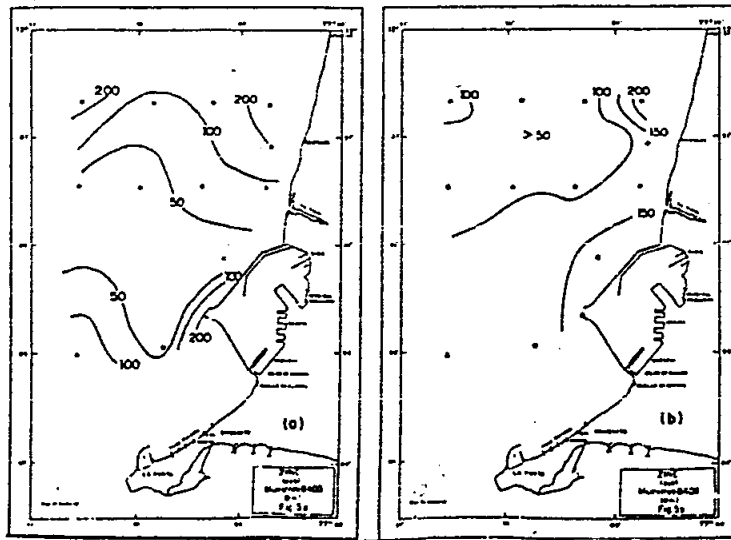


Fig. 6

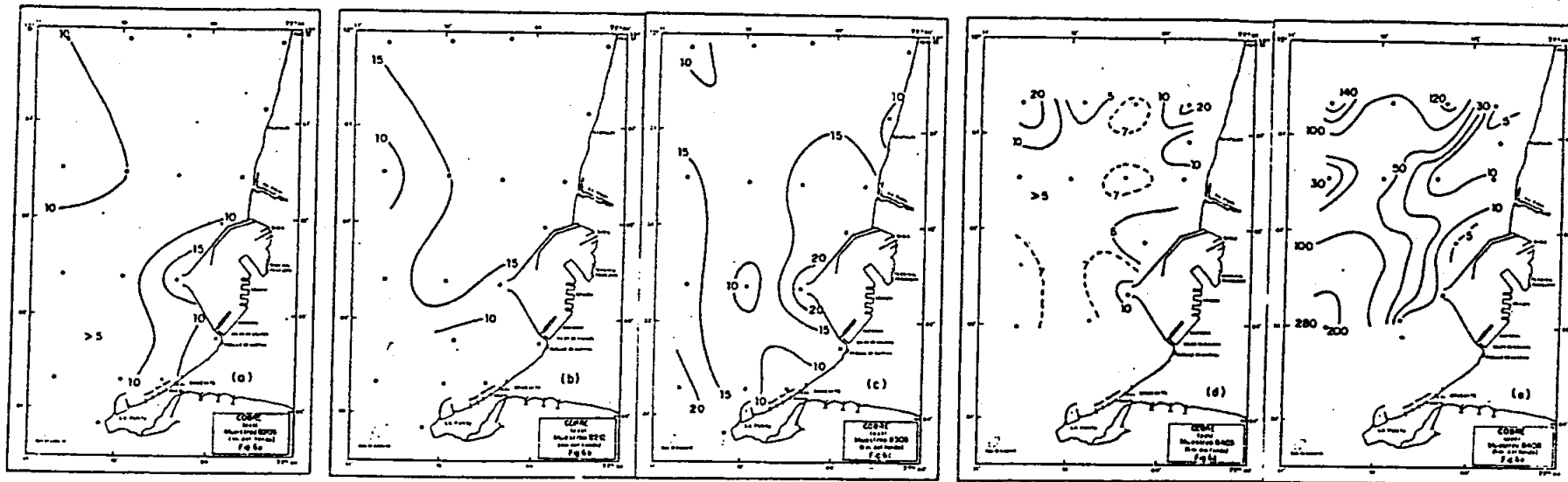


Fig. 7

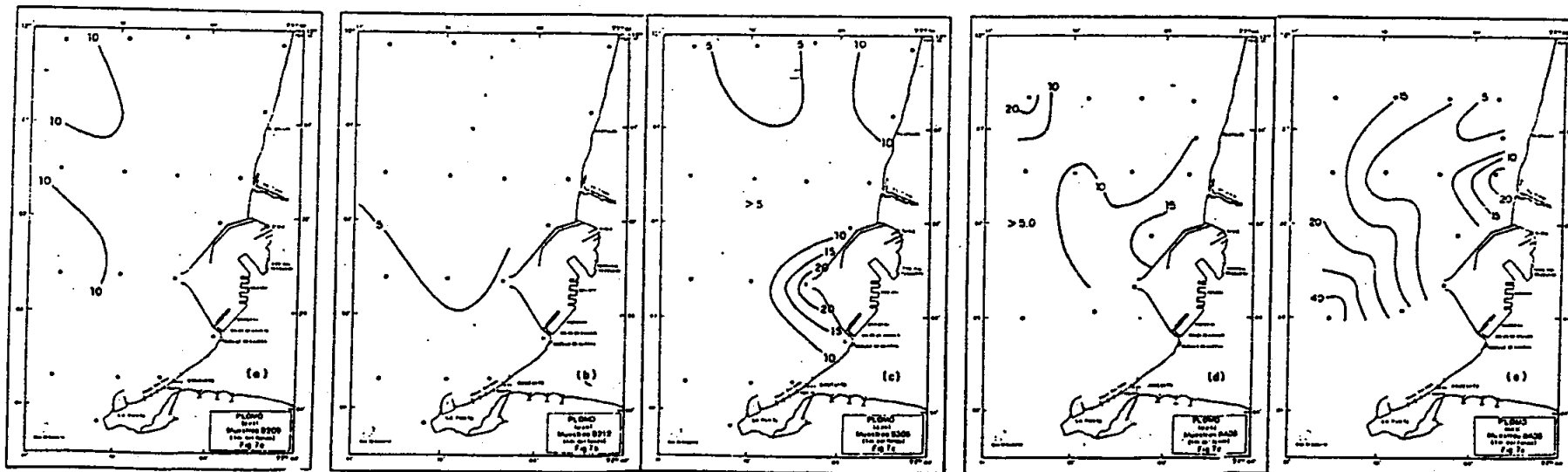


Fig. 8

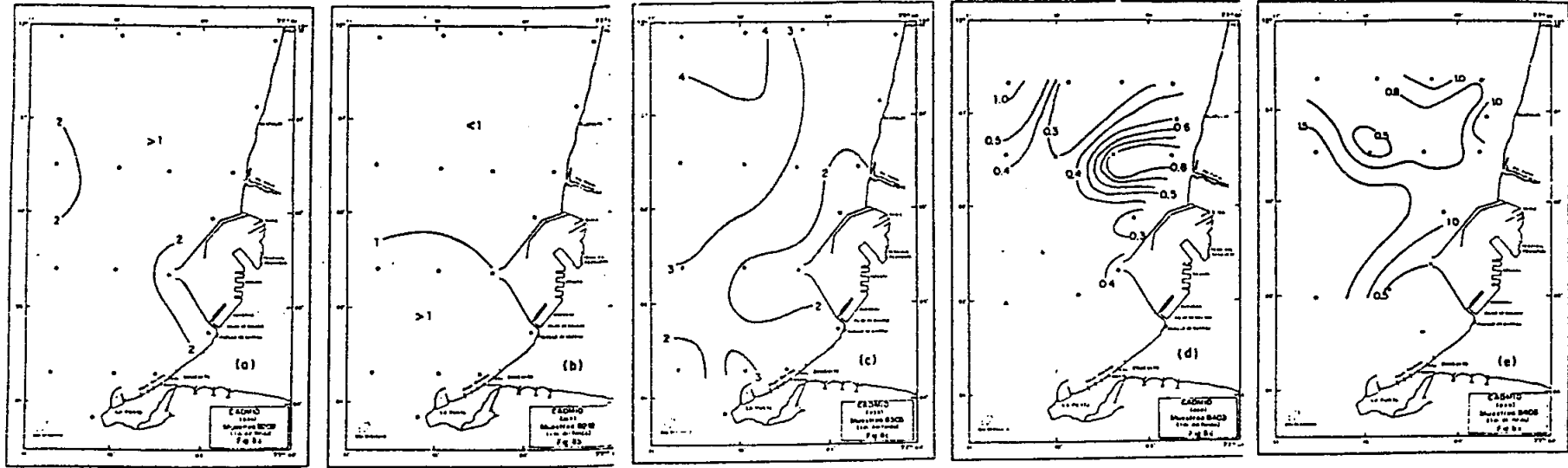


Fig. 9

