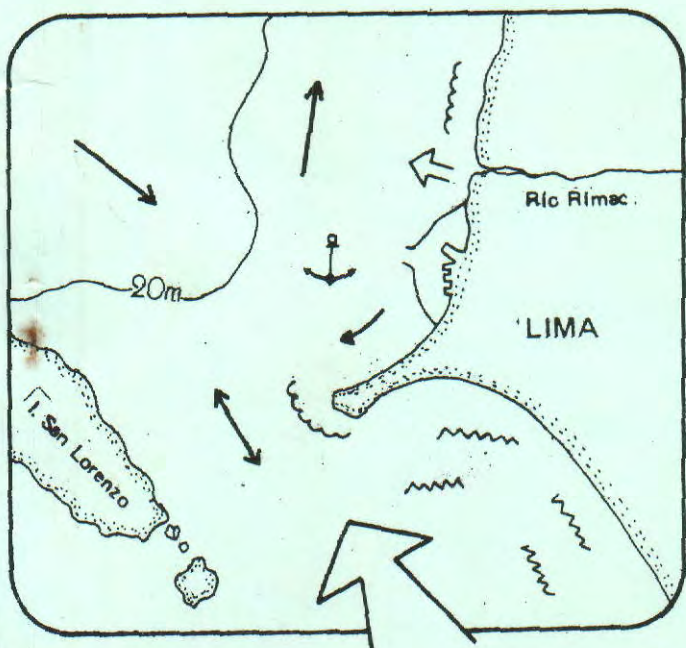
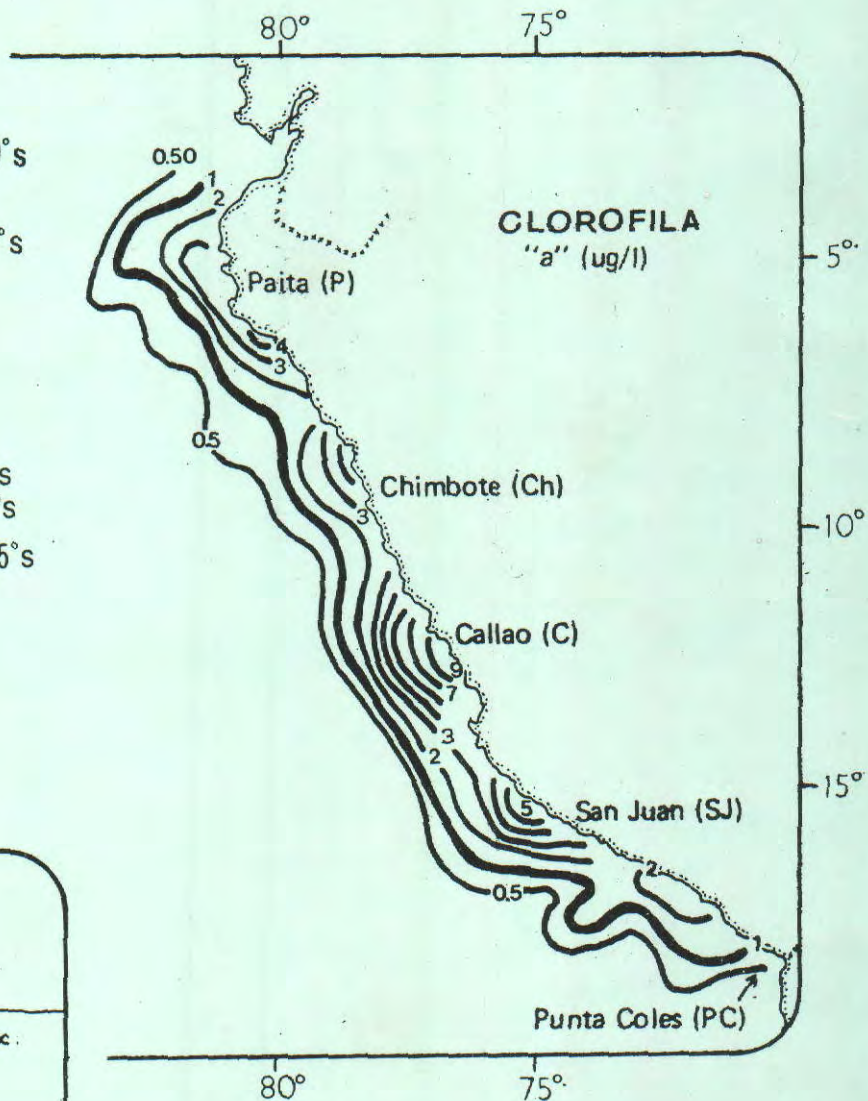
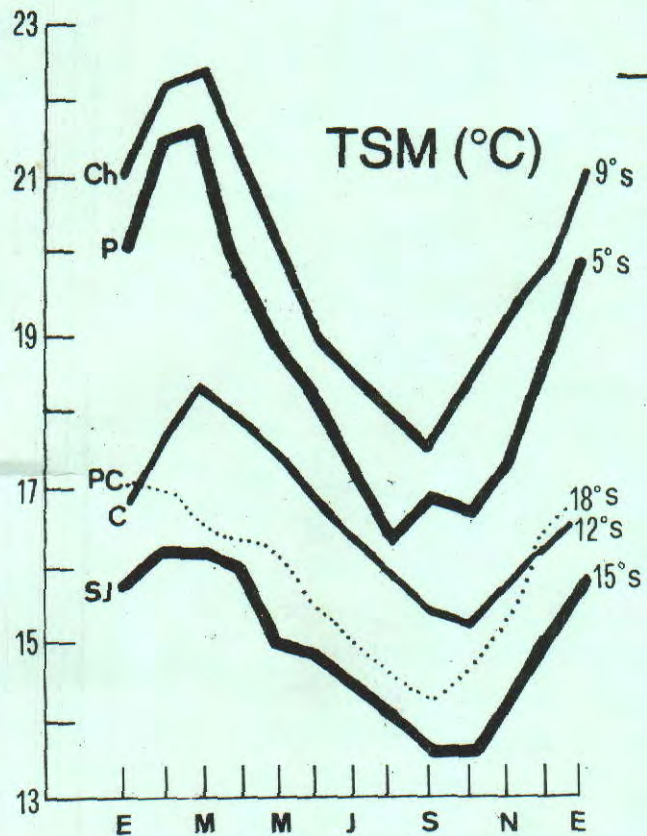




# Boletín



Editores: Salvador Zuta  
Antonio Landa

**PRESERVACION DEL AMBIENTE  
MARINO Y PRODUCCION PRIMARIA**

CALLAO - PERU - 1986

# EXPERIMENTOS DE NUTRIENTES Y PRODUCTIVIDAD CON AGUA DE MAR Y DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO RIMAC

Raquel Izaquirre de Rondán

## 1. INTRODUCCION

La distribución de los nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos) y de clorófila "a" en el agua de mar es conocida por los estudios realizados por investigadores del IMARPE y de otras instituciones extranjeras; pero referidos a aspectos de meso y macro-escala.

Las investigaciones sobre nutrientes en la costa de Perú datan de muchos años. Cooper (1938) y otros investigadores estudiaron los silicatos. Reidfield et al (1963) y Strickland (1960) estudiaron los nutrientes y sus procesos de regeneración que en el océano. Cooper (1935), Hoffman (1956), Lorenzen (1955) y otros investigadores han realizado estudios de regeneración de silicatos, fosfatos y nitrógeno. Zuta y Guillén (1970) y Guillén y R. Izaquirre (1973) presentaron la distribución y variabilidad de los nutrientes a lo largo de la costa peruana. Guillén O. y R. Izaquirre (1973) presentaron una distribución de clorófila "a" a las siguientes profundidades 0, 25, 50 y 100m a lo largo de la costa peruana. Recientemente se tiene un atlas sobre la variabilidad espaciotemporal de clorófila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana por Calienes et al, (1985), con observaciones de varios años.

Al estudiar los problemas de la contaminación marina en micro-escala se ha realizado últimamente análisis de nutrientes y clorófila "a" en el área del Callao. La relación de datos de los bioensayos realizados en el muestreo 8408 y 8411 de Callao son dados en Guillén et al, 1984. En dichos análisis se ha encontrado que la concentración de tales parámetros es diferente en aguas muy costeras que en aguas más alejadas de la costa, por lo que se ha realizado este trabajo con el propó-

sito de conocer estas variaciones y comparar con los resultados de la misma área de 1985.

## 2. MATERIAL Y METODOS

La colección de la muestra de agua de río, se tomó en la desembocadura del río Rímac y la de agua de mar fue a 3 millas de la costa frente al Callao.

En cada experimento se llevaron a cabo cuatro bioensayos correspondientes: 1) en agua de río, 2) en agua de mar 3) agua de mezcla (50% de agua de río y 50% de agua de mar) y 4) agua de mezcla (25% de agua de mar y 75% de agua de río). Las muestras que se colectaron estuvieron expuestas a diferentes porcentajes de luz (100%, 50%, 25%, 10% y 1% de luz superficial). Cada 24 horas se submuestrearon y se analizaron los nutrientes y clorófila "a" por un período de cinco días consecutivos en el IMARPE.

Los análisis de nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos) se realizaron de acuerdo a Guillén y R. de Rondán (1973), usando un espectrofotómetro Beckman DU-2 y el Spectronic 21 Bausch & Lomb. La fecha de los muestreos se da en las Tablas 1-4.

## 3. RESULTADOS

La variación y rangos de nutrientes y clorófila en los diferentes tipos de agua se presentan en las Tablas 1 al 3.

### 3.1 Primer Bioensayo (24-30 de Setiembre de 1984)

Fosfatos y Silicatos.- La mayor concentración se encontró en los experimentos con el agua de río, como se muestra en las Figs. 1 y 2.

Nitratos .- La mayor concentración se encontró en el agua de mar. El contenido decreció fuertemente a partir de la

concentración inicial tal como se puede apreciar en la Fig. 3.

Clorófila "a" .- La variación es menos notoria que en los nutrientes, sin embargo, lo que se puede apreciar es que la concentración fue mayor en los primeros días (Fig. 4), tanto en el agua de mar y de río.

### 3.2 Segundo Bioensayo (5-10 de Noviembre de 1984)

Fosfatos y Silicatos .- Al igual que en el primer bioensayo, las mayores concentraciones se encontraron en el agua de río, como se muestra en las Figs. 5 y 6. La concentración inicial de fosfatos en el agua de río fue mucho mayor que en el 2° Bioensayo ( $> 20 \mu\text{g-at/l}$ ) y se mostró en los diferentes porcentajes de luz; el último día decreció esta concentración. Los silicatos se mantuvieron casi igual a la inicial, con ligeras variaciones.

Nitrato .- Al igual que en el primer bioensayo, la concentración decreció a medida que pasaban los días, en los diferentes porcentajes de luz (Fig. 7).

Clorófila "a" .- A diferencia del 1er. bioensayo la concentración de clorófila aumentó fuertemente en los últimos días ( $> 10 \text{ mg/m}^3$ ), con excepción de la muestra de agua de mar, como se puede apreciar en la Fig. 3. La mayor concentración fue en el agua de río, al igual que en los nitratos.

### 3.3 Tercer Bioensayo (29 Marzo-3 de Abril 1985)

En este bioensayo sólo se tomaron muestras para análisis de clorófila "a" (Tabla 4). Las concentraciones iniciales en el agua de mar fueron menores que en el agua de río. En los demás días el comportamiento fue como el que sigue:

En el agua de mar las concentraciones fueron mayores en casi todos los días. En el agua de río las concentraciones de clorófila fueron menores que en la inicial a excepción del último día. En las aguas de mezcla C y D en general fueron mayores que la inicial, en la C mayor a partir del 2º día y en el D mayor a partir del 3er. día.

### 3.4 Cuarto Bioensayo ( 2-5 de Setiembre de 1985)

Los resultados se muestran en las Tablas del 5 al 8.

**Fosfatos** .- Como en los anteriores bioensayos, la mayor concentración se presentó en el agua de río; comparando los resultados con el 1er y 2º Bioensayos, los resultados muestran que en el 1er. bioensayo tuvo mayores concentraciones.

**Silicatos** .- En este parámetro también se encontró mayor concentración en el agua de río, ligeramente mayor que en el 2º bioensayo, pero menor que en el 1er. bioensayo.

**Nitratos** .- La concentración fue mayor en el agua de mar, al igual que en el 1er y 2do. bioensayo,

**Clorófila "a"** .- Similar a lo ocurrido con los nitratos, la mayor concentración fue en el agua de mar, lo que también se puede notar en los primeros bioensayos. En los experimentos de este muestreo se ha encontrado menor concentración de clorófila "a" con respecto a los anteriores bioensayos.

## 4. CONCLUSIONES

- En los cuatro experimentos de los bioensayos realizados con el agua de río se encontraron mayores concentraciones de fosfatos y silicatos que en el agua

de mar.

- Las concentraciones de nitratos y clorófila "a" fueron mayores en el agua de mar en los cuatro experimentos.
- La muestra expuesta a los diferentes porcentajes de luz no influye mayormente en los resultados como el origen del agua, ya sea de río ó de mar.

## 5. REFERENCIAS

- CALIENES, R., O. GUILLEN Y M. LOSTAUNAU. 1985. Variabilidad espacio-temporal de clorófila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar. Perú/OEA, 10 (1)
- COOPER L.M.N. 1935. The rate of liberation of phosphate in sea water by the breakdown of plankton organisms. I. Mar. biol. Ass. U.K. 20: 197-200
- COOPER L.H.N. 1939. Redefinition of the anomaly of the nitrate phosphate ratio I. Mar. biol. Ass U.K. 23:179
- GUILLEN, O. Y R. DE RONDAN, 1973. Distribution of chlorophyll "a" in the Peru Coastal Current. In: Oceanography of the South Pacific. 1972. R. Fraser (ed.) New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington.
- GUILLEN, O. Y R. DE RONDAN, 1973. Nutrients in the Peru Coastal Current. Oceanography of the South Pacific. 1972. R. Fraser. (Ed) New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington.
- GUILLEN, O. Y R. DE RONDAN, 1973. Análisis químicos y de productividad en el agua de mar. I Parte. Inst. Mar Perú.
- GUILLEN, O. Y R. AQUINO, 1973. Análisis químicos del agua de mar por Instrumentación II Parte. Inst. Mar-Perú.

- QUILLEN, O., 1973. Contaminación en el Puerto del Callao. Informe N°62 Inst. Mar Perú .
- QUILLEN, O. 1984. Informe Preliminar del Muestreo 8403. Proyecto Multinacional de Ciencias del Mar OEA-IMARPE
- KOFFMAN, K. 1956. Untersuchungen über die remineralization des phosphors in Plankton. Kiel Meeresforsch, 12: 25-36.
- LOANES, J. J. 1967. Determination of Chlorophyll and Phaeopigments Spectrophotometric Equations. Limnol. Oceanogr. 12 (2).
- PODFIELD, A.C. KETCHUM, B.H; RICHARDS F.A. 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. The Seas: Z.M.N. Hill, ed. Wiley, New York. pp. 24-77
- STRICKLAND, J.D. PARSON T.P. 1972. A practical Handbook of Sea Water Analysis, Bull 167 (Second edition) Res. Canada.
- ZETA, S. Y O. QUILLEN, 1973. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú 2 (5) 157-324.

TABLA N° 1

1er. Bioensayo  
(24-30 Setiembre, 1934)

FOSFATOS		RANGO	
Conc.Inicial		(ug-at/L)	
11.85	A (agua de rfo)	9.23	- 16.29
2.79	B (agua de mar)	2.64	- 12.15
16.29	C	8.34	- 19.50
13.06	D	10.62	- 19.75
SILICATOS			
117.81	A	54.12	-129.31
33.52	B	20.88	- 41.19
84.29	C	53.16	-113.03
68.46	D	47.89	-126.44
NITRATOS			
3.07	A	0.10	- 0.79
6.09	B	1.44	- 7.56
2.52	C	0.21	- 6.14
16.08	D	0.01	- 0.82
CLOROFILA "a"			
1.06	A	0.80	- 3.20
0.53	B	0.53	- 1.60
2.00	C	0.53	- 1.60
3.20	D	0.53	- 2.14



TABLA Nº 2  
2do. Bioensayo  
(5-10 Noviembre, 1984)

SILICATOS		RANGO	
Conc. Inicial		(ug-at/L)	
13.15	A (muestra de mar)	4.58	- 24.14
87.15	B (muestra de rfo)	77.43	- 114.50
69.80	C	65.84	- 95.85
65.20	D	53.43	- 84.92
FOSFATOS			
1.72	A	1.10	- 2.85
29.12	B	18.27	- 35.05
20.12	C	12.54	- 25.18
23.15	D	12.95	- 28.64
NITRATOS			
3.21	A	0.04	- 6.15
5.18	B	0.10	- 7.05
2.25	C	1.00	- 4.80
7.14	D	0.14	- 8.10
CLOROFILA "a"			
1.20	A	0.32	- 2.56
1.00	B	0.53	- 19.76
1.20	C	0.10	- 5.61
0.80	D	0.10	- 11.21

## TABLA N° 3

No. Bioensayo  
Setiembre, 1935]

FOSFATOS		RANGO	
Conc. Inicial		(ug-at/L)	
3.13	A (agua de mar)	1.70	- 3.24
17.70	B (agua de mar)	5.13	- 15.60
9.61	C	5.33	- 9.37
11.32	D	6.17	- 12.06
SILICATOS			
20.25	A	24.23	- 45.14
54.63	B	81.03	- 99.12
69.81	C	43.05	- 72.52
78.33	D	49.00	- 31.93
NITRATOS			
4.83	A	1.69	- 5.11
2.09	B	0.50	- 1.33
3.44	C	0.50	- 3.10
6.13	D	0.56	- 2.40
CLOROFILA "a"			
1.60	A	0.00	- 3.20
1.60	B	0.00	- 1.60
3.80	C	0.00	- 1.60
1.60	D	0.00	- 1.60

TABLA N°4 : Muestras de mar (A), de Río (B) y de Mezclas C y D , del Tercer Bioensayo de Productividad (29 Marzo-3 Abril, 1985)

OBSERVACION		CLOROFILA "a" (mg/m <sup>3</sup> )					CLOROFILA "a" (mg/m <sup>3</sup> )						
INICIO	FINAL	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%
		MUESTRA A					MUESTRA B						
		0.96						5.21					
29-3-85	30-3-85	0.96	0.96	1.28	5.13	2.56		0.80	0.80	1.60	2.80	1.2	
30-3-85	1-4-85	3.52	8.01	2.24	1.92	2.56		3.20	2.40	0.80	0.0	0.0	
1-4-85	2-4-85	0.96	3.85	1.92	1.60	0.0		1.60	0.40	0.0	0.0	0.0	
2-4-85	3-4-85	0.64	9.61	10.25	1.92	0.0		21.63	3.20	1.60	0.80	0.8	
		MUESTRA C (1A+1B)					MUESTRA D(1A+3B)						
29-3-85	30-3-85	1.07	1.60	1.07	-	1.60		3.20	1.07	1.07	1.60	2.6	
30-3-85	1-4-85	8.17	2.40	2.78	-	0.0		3.20	10.15	2.14	0.0	0.0	
1-4-85	2-4-85	46.99	11.75	6.41	-	0.0		32.04	63.01	0.53	0.0	0.0	
2-4-85	3-4-85	85.44	29.90	-	-	0.0		60.88	118.55	29.90	0.0	1.0	

Co. = Conc. Inicial

TABLA N°5. Muestras de mar (A) de silicatos, fosfatos, nitratos y nitritos de clorófila del Cuarto  
Bioensayo de Productividad ( 2-6 Setiembre 1985)

OBSERVACION				RADIACION TOTAL (cal) cm <sup>2</sup> /d	SILICATOS (ug-at/L)					FOSFATOS (ug-at/L)							
INICIO		FINAL			Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	
HORA	FECHA	HORA	FECHA														
14.00	2-09-85				30.95						3.13						
14.00	2-09-85	14.00	3-09-85	416.7		25.76	30.72	36.53	31.80	29.28		1.70	2.14	2.77	1.91	3.18	
14.00	3-09-85	14.00	4-09-85	441.4		38.56	38.51	45.14	34.23	35.04		2.66	1.93	2.86	3.00	2.76	
14.00	4-09-85	14.00	5-09-85	451.6		27.34	35.63	36.13	31.13	32.16		1.38	2.51	3.04	2.11	3.24	
14.00	5-09-85	14.00	6-09-85	447.2		24.23	30.00	33.83	30.41	30.81		1.92	1.70	2.37	2.47	2.83	
N I T R A T O S (ug-at/L)					N I T R I T O S (ug-at/L)					C L O R O F I L A "a" (mg/m. <sup>3</sup> )							
Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%
4.83						0.57						1.60					
	2.49	3.21	4.70	4.95	3.84		0.41	0.49	0.63	0.75	0.68		1.60	0.0	0.0	0.0	0.0
	2.15	2.60	2.90	3.49	3.55		0.60	0.71	0.72	0.83	0.74		1.60	0.80	2.40	0.0	2.40
	1.69	2.49	4.57	5.09	5.01		0.09	0.34	0.54	0.44	0.71		0.80	1.60	0.80	3.20	0.80
	2.12	2.26	3.57	5.11	4.22		0.11	0.21	0.54	0.53	0.55		0.80	0.80	1.60	0.0	0.80

TABLA N°6. Muestra de río (B) de fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos y clorófila, del Cuarto Bioensayo de Productividad ( 2-6 Setiembre 1985 )

OBSERVACION				RADIACION TOTAL (cal/cm <sup>2</sup> /d)	SILICATOS (ug-at/L)					FOSFATOS (ug-at/L)						
INICIO HORA	FECHA	FINAL HORA	FECHA		Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%
1.00	2-09-85			84.68						17.70						
1.00	2-09-85	14.00	3-09-85	416.7	88.74	86.93	88.28	87.83	87.83	13.39	12.45	13.16	13.32	13.72		
1.00	3-09-85	14.00	4-09-85	441.4	88.28	88.28	87.84	86.49	87.39	13.16	15.20	15.10	15.40	15.60		
1.00	4-09-85	14.00	5-09-85	451.6	87.84	85.14	87.39	84.68	89.19	6.73	6.18	6.87	7.48	12.81		
1.00	5-09-85	14.00	6-09-85	447.2	86.49	81.08	87.39	85.14	84.23	11.23	10.75	12.85	12.56	11.18		

N I T R A T O S (ug-at/L)					N I T R I T O S (ug-at/L)					C L O R O F I L A " a " (mg/m <sup>3</sup> )							
Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%
2.09						2.26						1.60					
	0.81	0.53	0.50	0.60	0.76		1.02	0.87	1.18	1.08	1.05		0.80	0.80	1.60	0.80	0.0
	1.61	0.60	0.59	0.60	0.62		0.85	0.94	0.93	1.06	0.81		0.0	0.80	0.0	0.0	0.0
	1.00	0.72	0.57	0.54	0.52		0.18	0.16	0.17	0.21	0.23		0.0	0.80	0.80	1.60	0.80
	1.88	1.37	1.14	1.06	1.28		0.13	0.71	0.12	0.16	0.10		0.80	0.80	1.60	0.80	1.60

TABLA N°7. Muestras (C) de Mezcla (1A+1B) de fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos y clorófila, del Cuarto Bioensayo de Productividad (2-6 Setiembre, 1985)

OBSERVACION				RADIACION TOTAL	SILICATOS (ug-at/L)					FOSFATOS (ug-at/L)						
INICIO	FINAL			( cal/	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%
HORA	FECHA	HORA	FECHA	cm <sup>2</sup> /d)												
14.00	2-09-85			69.81							9.61					
14.00	2-09-85	14.00	3-09-85	416.7	57.97	52.34	43.06	-	65.63		7.54	5.33	-7.06	-	7.98	
14.00	3-09-85	14.00	4-09-85	441.4	61.26	68.92	72.17	-	72.52		8.05	9.06	9.37	-	9.34	
14.00	4-09-85	14.00	5-09-85	451.6	68.02	70.72	66.08	-	67.12		6.02	5.91	6.31	-	7.45	
14.00	5-09-85	14.00	6-09-85	447.2	68.02	61.08	58.78	-	66.08		8.56	6.39	7.74	-	8.26	

N I T R A T O S (ug-at/L)					N I T R I T O S (ug-at/L)					C L O R O F I L A "a" (mg/m <sup>3</sup> )								
Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	
3.44						0.76						0.80						
	1.21	0.90	1.26	-	0.50		1.03	0.71	0.56	-	0.67		0.0	1.60	0.0	-	0.0	
	3.10	2.44	2.15	-	1.80		0.72	0.92	0.68	-	0.62		1.60	1.60	0.0	-	0.0	
	2.06	1.06	1.01	-	0.82		0.25	0.22	0.11	-	0.17		0.80	0.0	0.80	-	0.0	
	2.14	1.07	0.95	-	1.41		0.28	0.24	0.25	-	0.12		1.60	0.80	1.60	-	0.0	

TABLA N°8. Muestra (D) de mezcla (1A + 3B) de fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos y clorófila del Cuarto Bioensayo de Productividad (2-6 Setiembre 1985)

OBSERVACION				RADIACION TOTAL (cal/cm <sup>2</sup> /día)	SILICATOS (ug-at/L)					FOSFATOS (ug-at/L)					
INICIO HORA	FECHA	FINAL HORA	FECHA		Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%
14.00	2-09-85			78.38						11.82					
14.00	2-09-85	14.00	3-09-85	416.7	68.47	69.34	49.00	57.16	62.25	8.90	10.08	9.09	9.55	7	
14.00	3-09-85	14.00	4-09-85	441.4	81.98	79.73	80.18	79.28	77.93	12.02	12.06	11.72	10.83	10	
14.00	4-09-85	14.00	5-09-85	451.6	73.42	75.68	72.52	79.73	65.32	6.17	8.33	6.95	6.74	6	
14.00	5-09-85	14.00	6-09-85	447.2	79.28	69.82	69.82	76.58	62.25	10.24	9.60	9.97	9.79	9	

N I T R A T O S (ug-at/L)					N I T R I T O S (ug-at/L)					C L O R O F I L A "a" (mg/m <sup>3</sup> )							
Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%	Co.	100%	50%	25%	10%	1%
6.13						1.21						1.60					
0.63	0.70	0.65	0.76	0.56		0.75	0.74	0.70	0.64	0.86		0.80	0.0	0.80	0.0	1.60	
1.71	1.71	1.39	1.46	1.30		0.77	0.77	0.78	0.65	0.60		0.0	0.0	1.60	0.80	0.0	
0.82	0.59	0.97	1.03	0.85		0.14	0.28	0.19	0.09	0.16		0.80	0.80	1.60	0.80	0.80	
1.64	2.40	0.87	1.41	1.27		0.09	0.26	0.17	0.23	0.37		0.0	0.80	1.60	0.80	0.80	

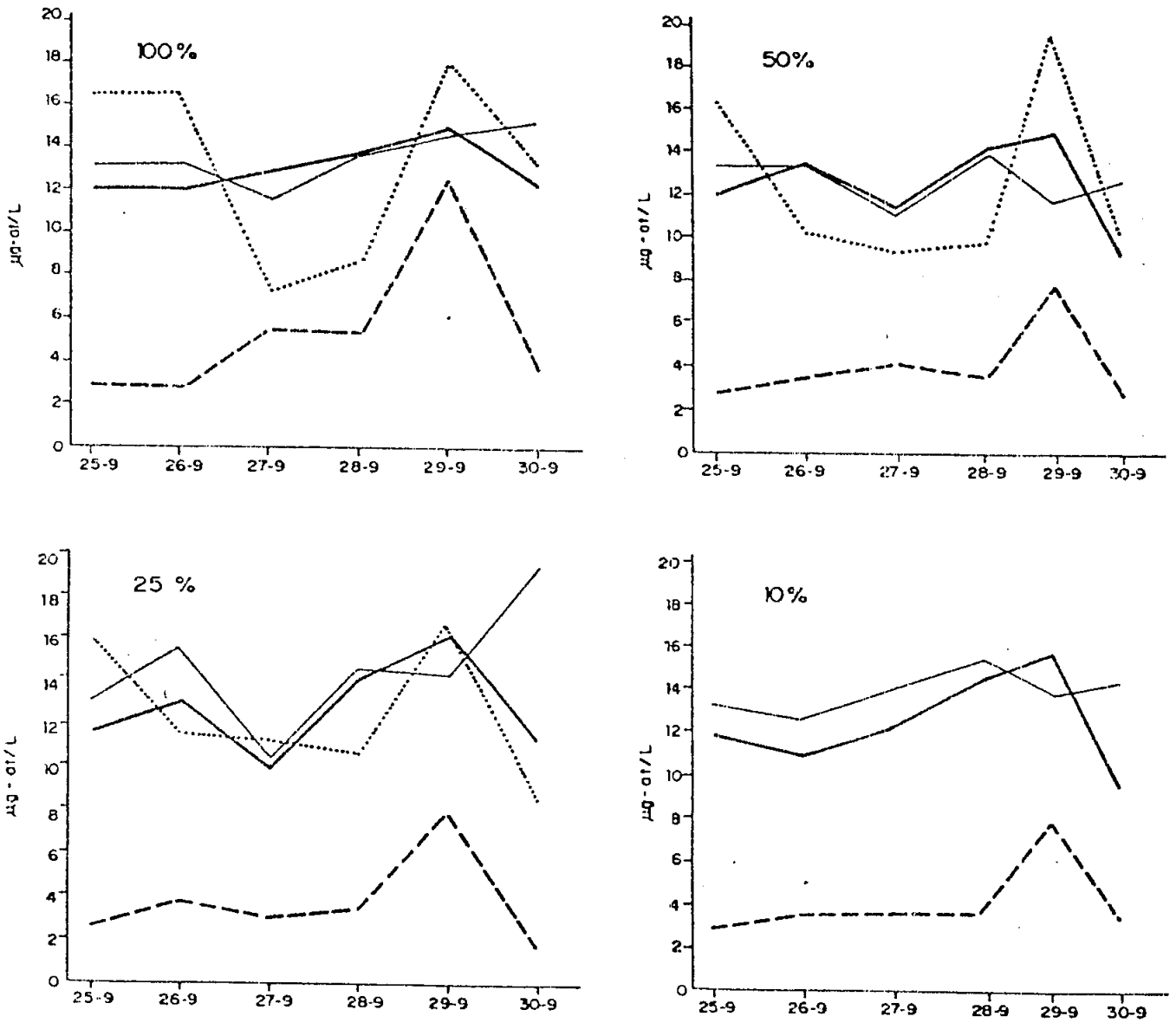


Fig 1.- 1<sup>er</sup> Bioensayo PO<sub>4</sub> µg-at/ L

A = AGUA DE RIO ———  
 B = AGUA DE MAR - - - -  
 C = .....  
 D = ———



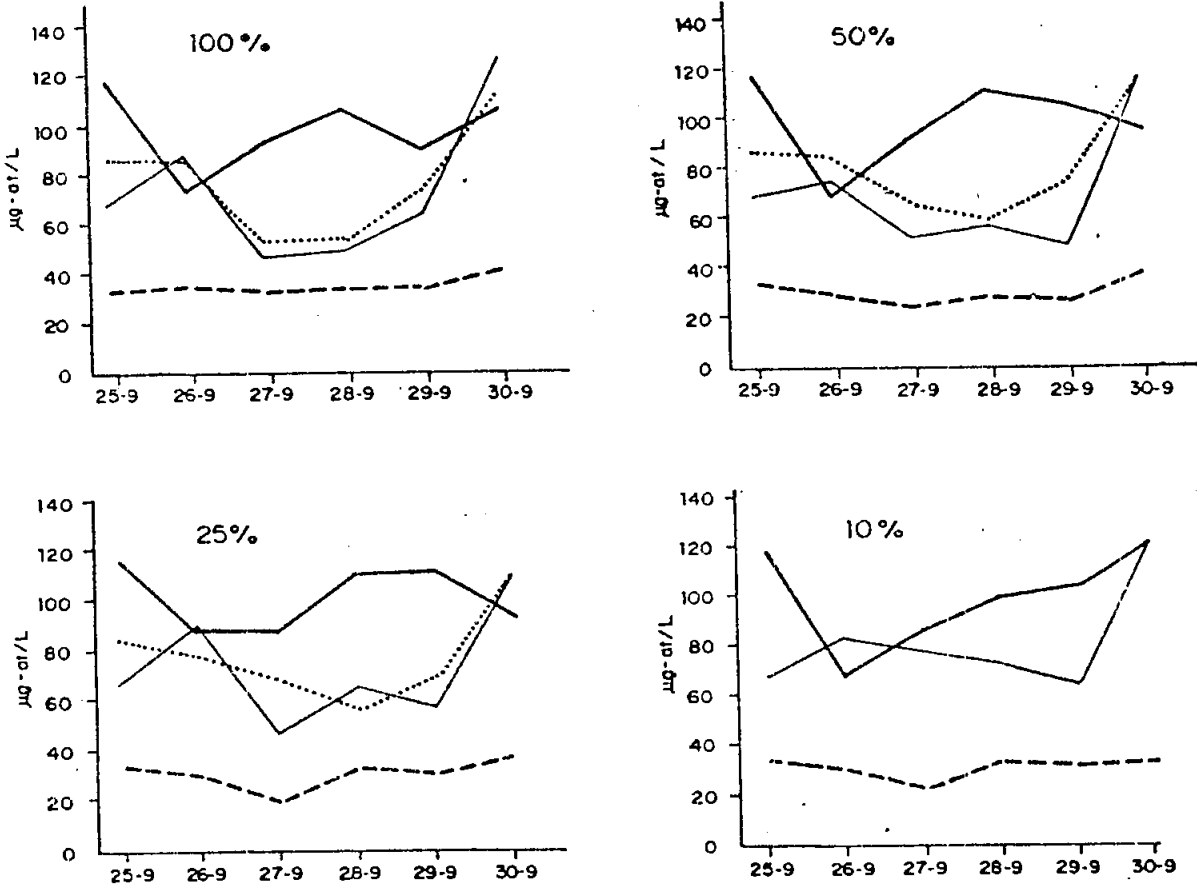


Fig. 2- 1er Bioensayo SiO<sub>4</sub> µg-at/L

- A = AGUA DE RIO ———
- B = AGUA DE MAR - - - - -
- C = ..... (dotted line)
- D = — · — · — (dash-dot line)

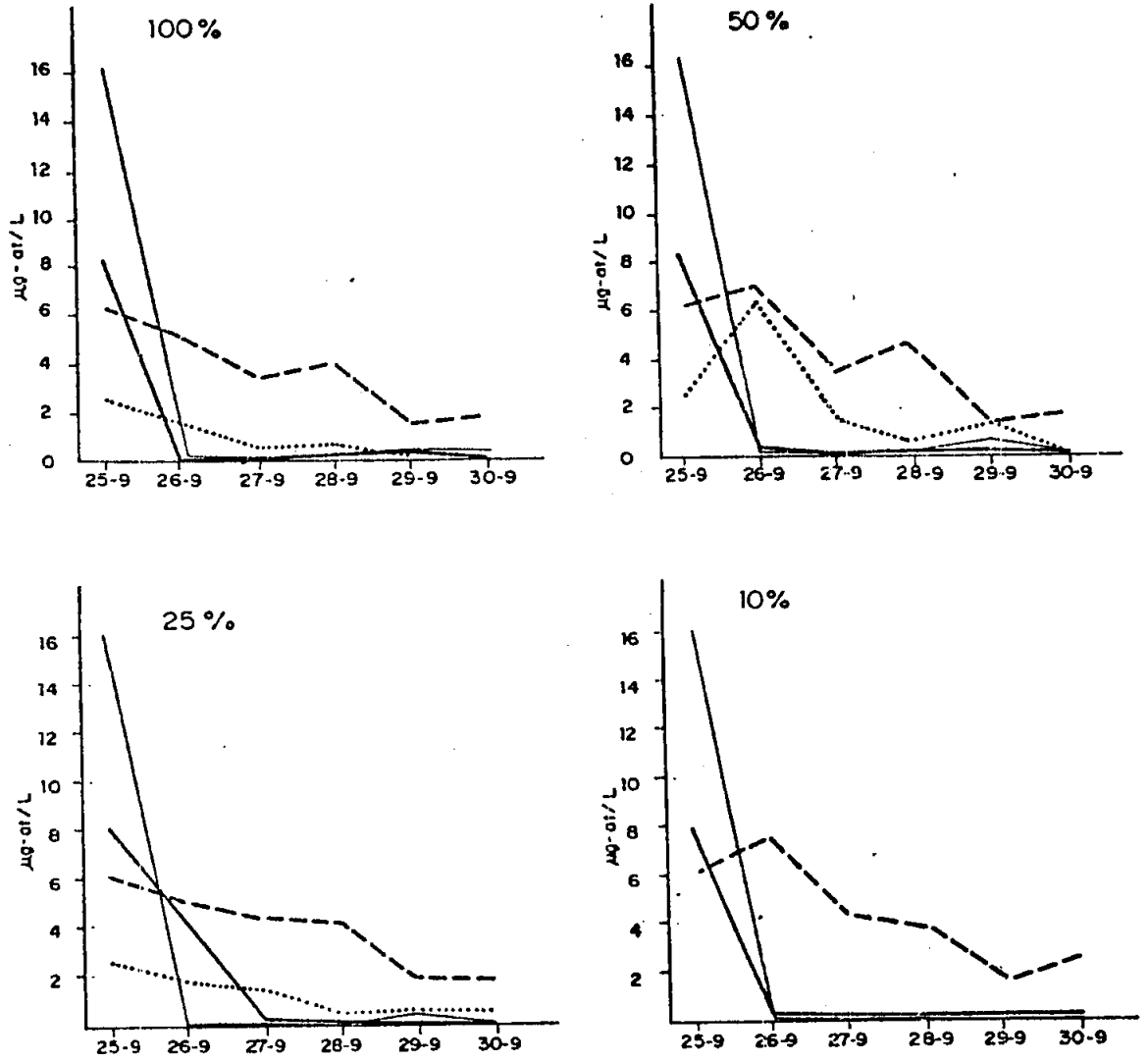


Fig. 3 - 1<sup>er</sup> Bioensayo  $\text{NO}_3^- \mu\text{g-at/L}$

- A = AGUA DE RIO ———
- B = AGUA DE MAR - - - - -
- C = ..... (Dotted)
- D = — · — (Dash-dot)

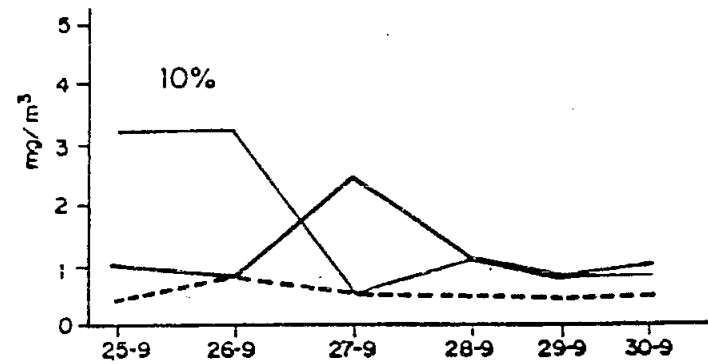
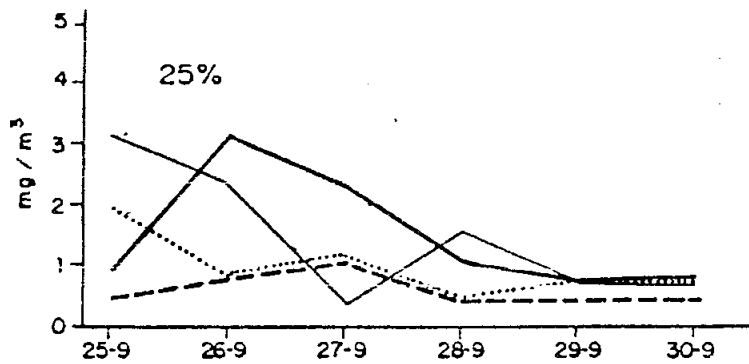
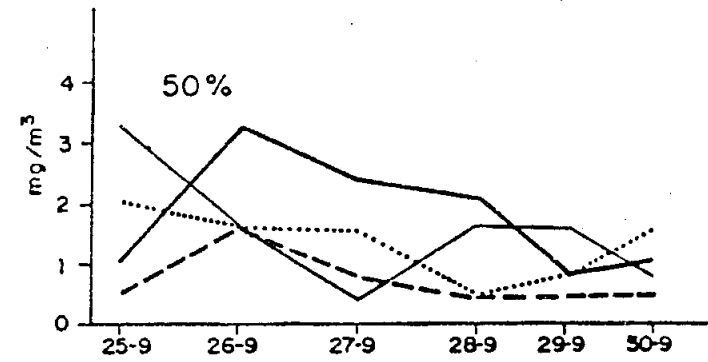
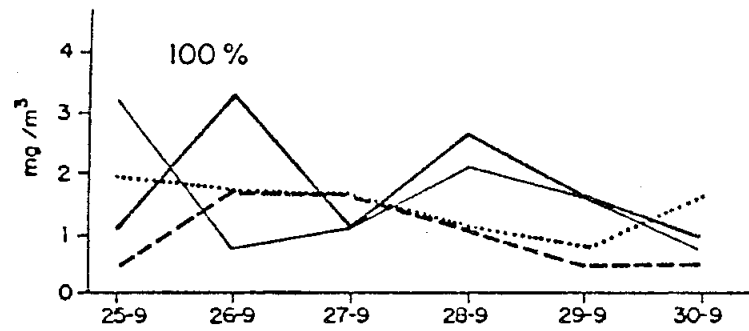


Fig 4.- 1<sup>er</sup> Bioensayo Clorofila "a" (mg/m<sup>3</sup>)

A = AGUA DE RIO ———  
 B = AGUA DE MAR - - - -  
 C = .....  
 D = ———

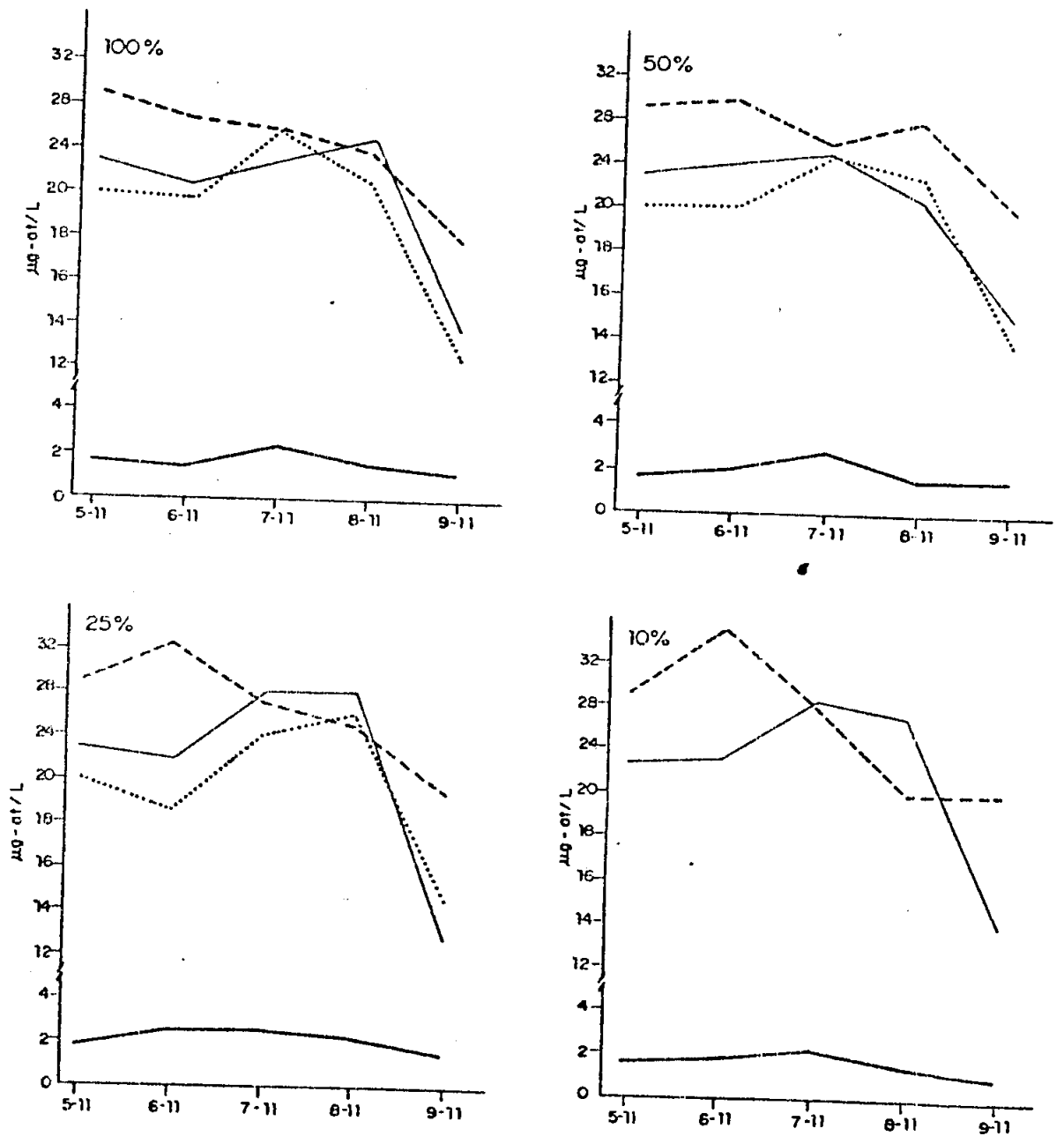


Fig. 5.- 2° Bioensayo  $PO_4$   $\mu g-oi/L$

- A = AGUA DE MAR ———
- B = AGUA DE RIO - - - - -
- C = .....
- D = — · — · —

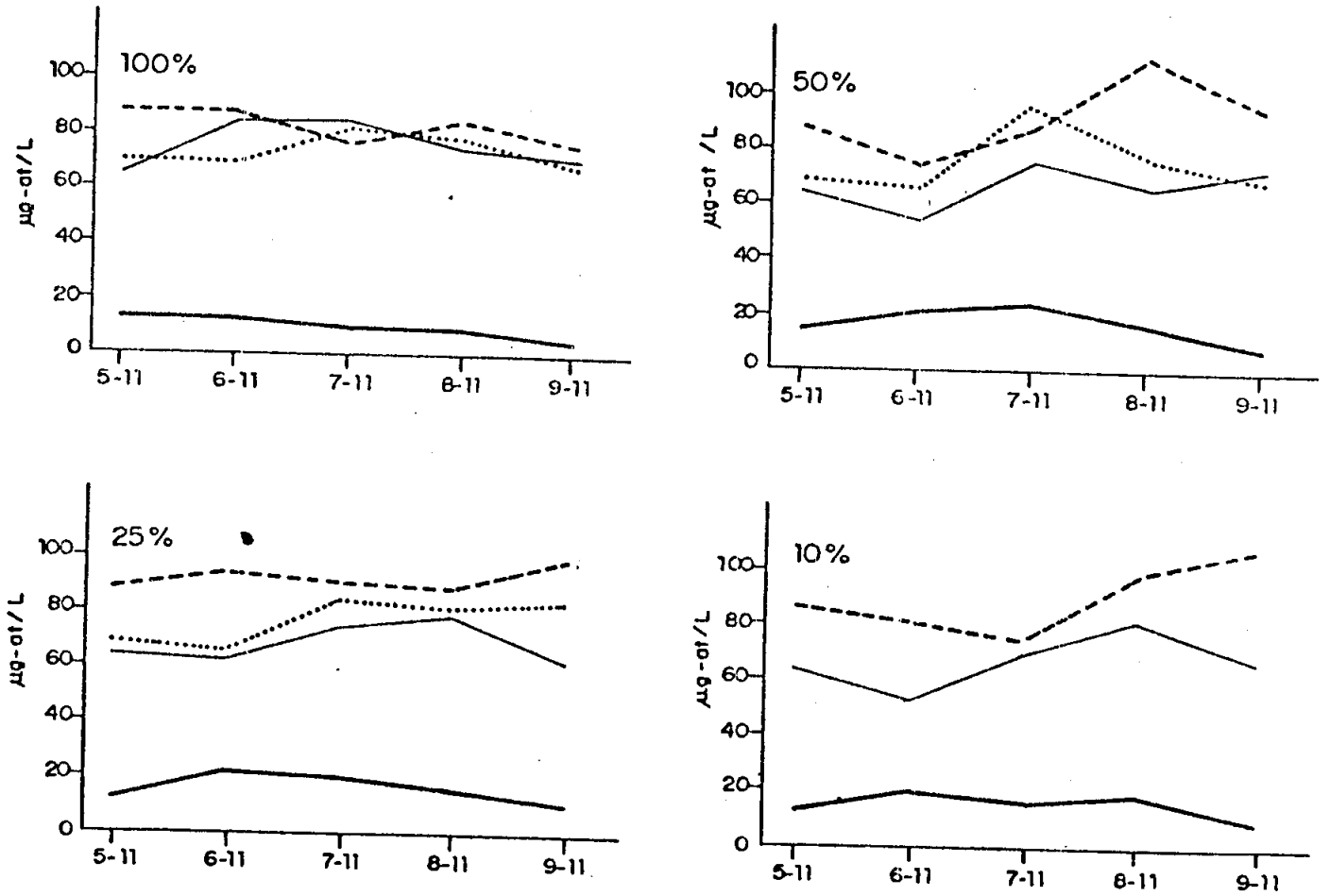


Fig. 6.- 2° Bioensayo  $\text{SiO}_4$   $\mu\text{g-at/L}$

- A = AGUA DE MAR ———
- B = AGUA DE RIO - - - - -
- C = .....
- D = - . - . - .

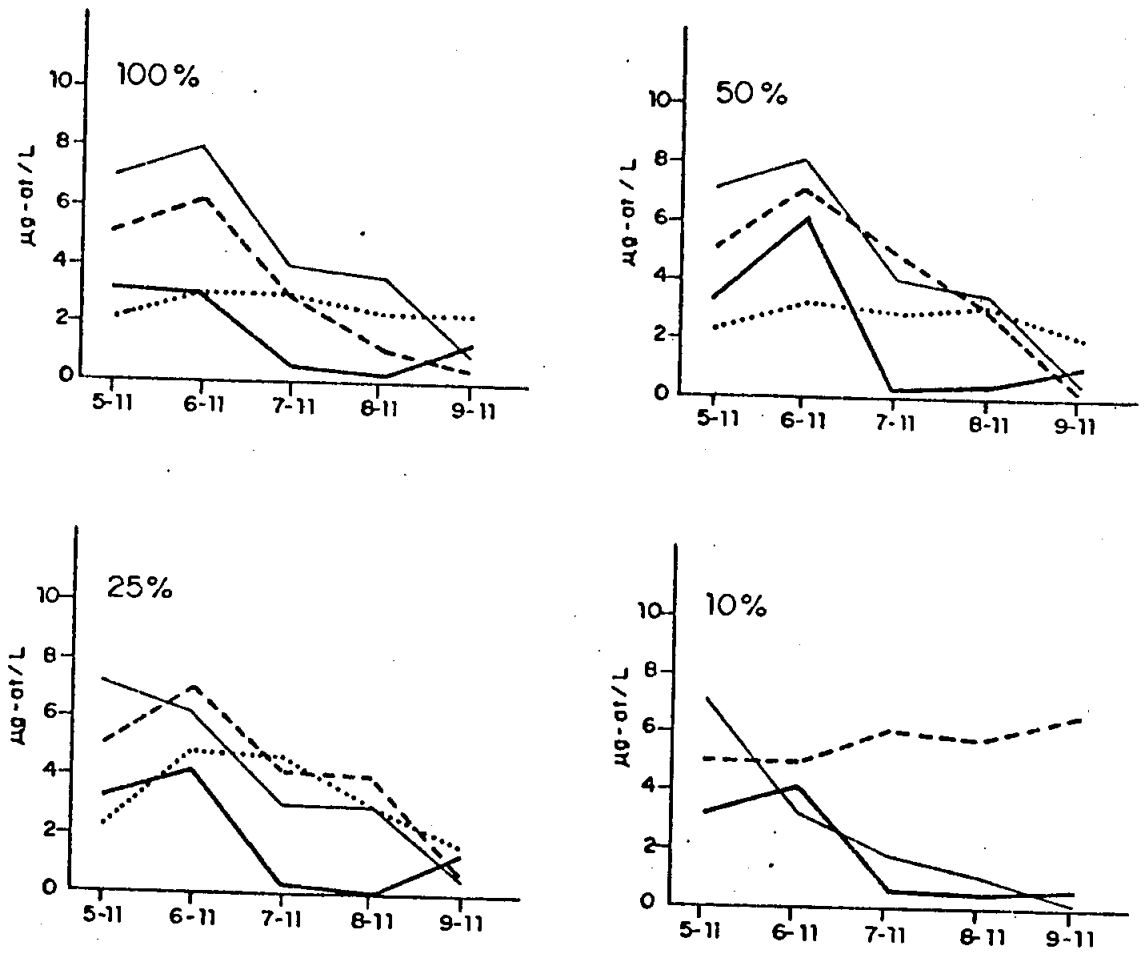


Fig.7- 2° Bioensayo  $\text{NO}_3^-$   $\mu\text{g-at/L}$

- A = AGUA DE MAR ———
- B = AGUA DE RIO - - - - -
- C = .....
- D = - . - . - .

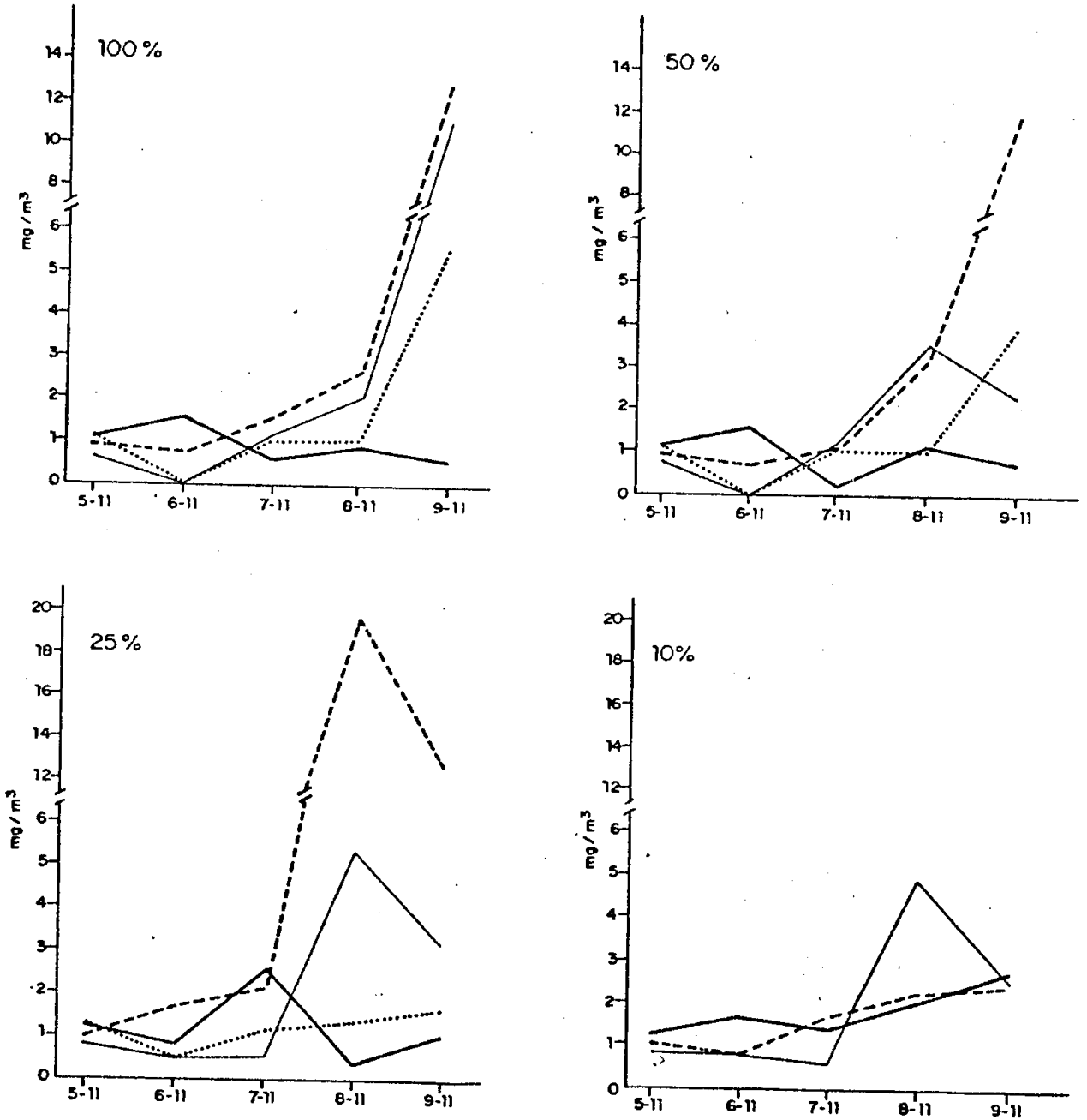


Fig. 8.- 2º Bioensayo Clorofila "a" mg/m<sup>3</sup>

- A = AGUA DE MAR ———
- B = AGUA DE RIO - - - - -
- C = .....
- D = ————