



**UNIVERSIDAD AUTONOMA  
DE BAJA CALIFORNIA**

**Facultad de Ciencias Marinas**



**CONCENTRACION DE FOSFATO DISUELTO EN EL AGUA  
INTERSTICIAL DE LA PLANICIE DE INUNDACION DE  
LA LAGUNA COSTERA " ESTERO DE PUNTA BANDA",  
BAJA CALIFORNIA , MEXICO.**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**O C E A N O L O G O**

**P r e s e n t a :**

**MOISES VELASCO NOVA**

**ENSENADA , BAJA CALIFORNIA , DICIEMBRE 1987.**

## RESUMEN

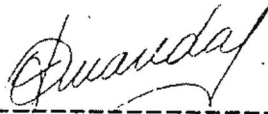
El presente trabajo se realizó en la planicie de inundación de la laguna costera "Estero de Punta Banda", Baja California, México, con el propósito de determinar la concentración de fosfato del agua intersticial tanto para pleamar media superior y bajamar inferior. Se obtuvieron un total de 07 muestras de agua intersticial, tomadas a una profundidad de 80 centímetros.

En los resultados obtenidos se observa que las concentraciones de fosfato en el agua intersticial no presentan un patrón definido, ya que existen variaciones significativas en una misma estación y entre cada estación de muestreo. Sin embargo existen algunas características relevantes como lo son, concentraciones de fosfato mayores en bajamar inferior, y menores en pleamar media superior, así mismo los valores de fosfato del agua intersticial son mayores que los de la columna de agua, y en la zona de la cabeza del estero se presentaron los valores máximos de la concentración de fosfato de  $7.2 \mu\text{g.at./l.}$  disminuyendo hacia la zona intermedia con un mínimo de  $1.6 \mu\text{g.at./l.}$  y aumentando en la zona de la boca con un máximo de  $7.5 \mu\text{g.at./l.}$

CONCENTRACION DE FOSFATO DISUELTO EN EL AGUA  
INTERSTICIAL DE LA PLANICIE DE INUNDACION DE  
LA LAGUNA COSTERA "ESTERO DE PUNTA BANDA"  
BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

T E S I S  
QUE PRESENTA:  
MOISES VELASCO NOVA

Aprobada por:



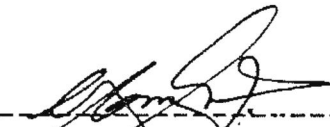
-----  
Presidente del Jurado  
Oc. Francisco J. Aranda Manteca



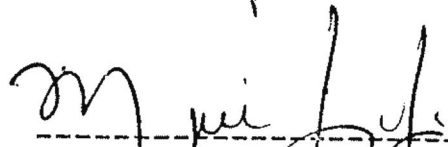
-----  
Sinodal Propietario  
M.C. Ramon Cajal Medrano



-----  
Sinodal Propietario  
M.C. Miguel A. Téllez Duarte



-----  
Sinodal Suplente  
Oc. Lorenzo Gómez-Morín F.



-----  
Sinodal Suplente  
Oc. Miguel López Álvarez

## DEDICATORIA

A mis padres:

Juan Velasco Hdz.

Maria Ilova de Velasco

Con todo mi amor y respeto que merecen.

Por brindarme la oportunidad de mi  
realización profesional.

A mis hermanos:

J. Alberto, Susana, Ma. Elena, J. Alejandro  
y Luis Arturo.

Por todo lo que de ellos he recibido en  
la vida.

A Rosa María Barajas C.

Por todo su apoyo, cariño y comprensión.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer en forma especial a mi asesor el Dr. Francisco Javier Aranda Manteca por su atenta colaboración durante el desarrollo de esta tesis.

A los miembros de mi comité de tesis, M.C. Miguel A. Téllez Duarte, M.C. Ramón Cajal Medrano, Dr. Miguel López Álvarez y al Dr. Lorenzo Gómez-Horin F., por sus valiosos comentarios en la revisión de mi tesis.

En especial al Dr. José Antonio Segovia Zavala y al Dr. Francisco Delgado Hinojosa, por su tiempo y ayuda desinteresada y sus recomendaciones para la preparación y realización de los trabajos de laboratorio.

Al M.C. Francisco Ley Lou por su tiempo y valiosos comentarios durante el desarrollo de mi tesis.

A la Facultad de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. y al centro de cómputo del Centro de Investigación Científica de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Por su contribución con instalaciones y equipos.

Y a todos mis compañeros que de alguna manera intervinieron en la elaboración del presente trabajo.

## INDICE

	Página
I Introducción.....	1
I.1. Antecedentes.....	3
I.2. Caracteres.....	5
I.3. Particulares.....	6
I.4. Objetivo.....	9
II Materiales y métodos.....	10
II.1. Descripción del área de estudio.....	10
II.2. Metodología.....	12
III Resultados.....	18
III.1. Agua intersticial.....	18
III.2. Pleamar media superior.....	19
III.3. Bajamar inferior.....	27
III.4. Columna de agua.....	32
IV Discusiones.....	40
V Conclusiones.....	55
VI Recomendaciones.....	57
VII Bibliografía.....	59

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla I	Valores de fosfatos, temperatura, salinidad y pH en el agua intersticial de pleamar media superior.....	20
Tabla II	Valores de fosfatos, temperatura, salinidad y pH en el agua intersticial de bajamar inferior.....	21
Tabla III	Valores de fosfatos, temperatura, salinidad y pH en la columna de agua.....	22
Tabla IV	Análisis de varianza de los valores de fosfatos de pleamar media superior y bajamar inferior.....	23
Tabla V	Análisis de varianza de salinidad de pleamar media superior y bajamar inferior.....	24
Tabla VI	Análisis de varianza de pH de pleamar media superior y bajamar inferior.....	25

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1a Principales características del ciclo del fósforo de océano abierto. Las líneas punteadas indican el proceso menor (Tomado de Piley y Chester, 1978).....	3
Figura 1b Principales características del ciclo del fósforo de una laguna costera somera. Las líneas punteadas indican el proceso menor. (Tomado de Piley y Chester, 1978)....	4
Figura 2 Localización del área de estudio y estaciones de muestreo de la planicie de inundación de la laguna costera, Estero de Punta Banda.....	11
Figura 3 Posición de los núcleos para la toma de agua intersticial por estación.....	14
Figura 4 Nucleador manual de agua intersticial (Tomado de Alvarez et al., en prensa).....	16
Figura 5 Curva de calibración, concentración de fosfatos en $\mu\text{g. at./l.}$ contra absorbancia.	18
Figura 6 Valores de fosfatos en ( $\mu\text{g. at./l.}$ ) en el agua intersticial de pleamar media superior.	23
Figura 7 Valores de salinidad (‰) en el agua	

	intersticial de pleamar media superior.....	25
Figura 8	Valores de pH en el agua intersticial de pleamar media superior.....	26
Figura 9	Valores de fosfatos en ( $\mu\text{g.at./l.}$ ) en el agua intersticial de pleamar media superior.	26
Figura 10	Valores de salinidad (‰) en el agua intersticial de bajamar inferior.....	30
Figura 11	Valores de pH en el agua intersticial de bajamar inferior.....	31
Figura 12	Valores de fosfatos en ( $\mu\text{g.at./l.}$ ) en la columna de agua.....	36
Figura 13	Valores de salinidad (‰) en la columna de agua.....	38
Figura 14	Valores de pH en la columna de agua.....	39
Figura 15	Modelo general de la percolación, las flechas indican el movimiento del agua intersticial.....	49

## I INTRODUCCION

Las lagunas costeras tienen una gran importancia tanto ecológica y comercial por sus altas tasas de producción primaria y secundaria. Para poder mantener esta alta productividad debe de presentar un aporte continuo de sustancias químicas como los nutrientes (Postma, 1969). Sin embargo, a pesar de su importancia poco se conoce de la dinámica de los nutrientes dentro de una laguna costera.

El agua intersticial o agua de poro, se define como una solución acuosa que ocupa un espacio entre las partículas de las rocas y sedimentos (Manheim, 1976; citado en Riley y Chester, 1976). Básicamente los estudios de fluidos intersticiales se han enfocado a los sedimentos en cuencas sedimentarias profundas, principalmente a los recursos naturales, y en especial a los hidrocarburos (White et al., 1968; Manheim, 1972; en Manheim 1976), también a cuerpos de aguas protegidas, éstos se han realizado principalmente en estuarios dejando a un lado el estudio del agua intersticial de las lagunas costeras, que no tienen aporte continuo de agua dulce (Camacho, 1987).

La química del agua intersticial es de gran importancia dentro de un cuerpo de agua protegido por los diversos

procesos biogeoquímicos que ocurren dentro del sedimento (Fig. 1a y 1b), que a su vez nos provee de información valiosa de los ciclos de los nutrientes dentro de una laguna costera (Presley y Trefrey, 1980).

El conocimiento de estos ciclos muestra la dinámica de regeneración de nutrientes, que permite intercambios químicos en la interfase agua-sedimento y puede controlar el aporte de nutrientes a la columna de agua. El flujo de sustancias disueltas a través de la interfase es determinado parcialmente por los procesos de difusión, la bioturbación, la percolación, el rango de mareas y la evaporación. La medición de la variación estacional de estos flujos es esencial para entender cuantitativamente el papel de las aguas intersticiales (Allen et al., 1981).

México cuenta con diez mil kilómetros de litoral aproximadamente, en el cual una tercera parte son lagunas costeras, en las que la mayoría de la investigación se ha dedicado a la columna de agua y escasamente al agua intersticial (Green et al., 1984). Es importante que México realice investigaciones de este tipo para una mejor comprensión de los problemas dinámicos que existen en las lagunas costeras.

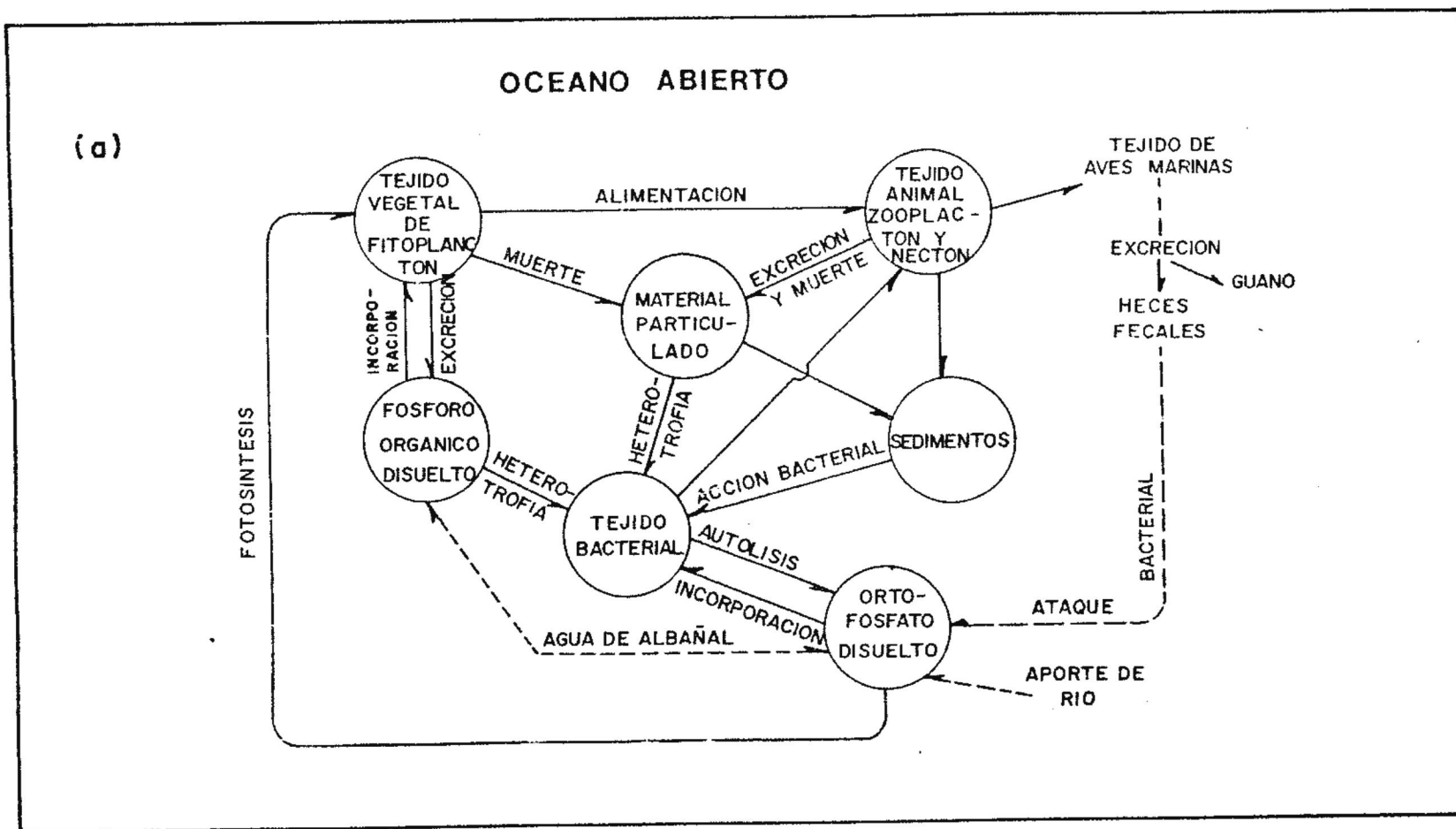


FIG. 1 a PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL CICLO DEL FOSFORO DE OCEANO ABIERTO. LAS LINEAS PUNTEADAS INDICAN EL PROCESO MENOR. (Tomado de Riley y Chester, 1978).



## I.1. ANTECEDENTES

### I.2. Generales

Las primeras investigaciones de agua intersticial marina, fueron publicadas por Sir John Murray, pionero de la Oceanografía Británica en unión con R. Irvine en 1895, (citado en Manheim, 1976), en donde exprimieron fluido de lodo azul somero de la costa de Escocia. Encontraron que a pesar de que la mayoría de los componentes como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  del agua intersticial, fueron similares a los del agua de mar. Durante los años cincuentas y sesentas se empezó a dar un gran interés a estudios geoquímicos, físicos y biológicos (Presley y Trefry, 1960). Estas investigaciones a nivel mundial, sobre la composición de las aguas intersticiales, han puesto poca atención al estudio en los cuerpos de agua protegidos, como las lagunas costeras, a pesar de la gran importancia de éstas tanto a nivel ecológico como comercial. Los estudios en sedimentos de este tipo de cuerpos de agua se han enfocado básicamente a la liberación de amoníaco y a fosfatos en menor escala (Allen, Mendelli y Zimmerman, 1981). Encontrándose en éstas evidencias de regeneración de nutrientes, lo que permite un flujo de los sedimentos hacia la columna de agua.

Siever (1962) diseña un extractor para obtener agua intersticial de sedimentos recientes, propone un método que pueda extraer el agua, de manera que no presente cambios posibles en la composición del agua intersticial y que también pueda ser usado en el campo y a bordo de embarcaciones.

Arenas et al., (1981) en su estudio de los sedimentos de la laguna Caimanero, Sinaloa, encontraron que el resecamiento y agrietamiento de los sedimentos anóxicos, aumenta la disponibilidad de fosfato inorgánico al proporcionar espacio y vías de acceso más rápidas del agua de la columna hacia el sedimento.

#### I.3. Particulares

Calis y Alvarez (1975) realizaron un estudio sobre la distribución superficial de parámetros hidrológicos y químicos en primavera y verano en el Estero de Punta Banda. Concluyeron que el estero presenta una salinidad y temperatura más elevada hacia el interior que en la boca, en donde la salinidad máxima del agua fue de 37.33 ‰ y la temperatura máxima fue de 25.0°C. ✓

Sanchez (1978) se enfoca a conocer la fertilidad del

estero en función de la concentración de nutrientes en un ciclo anual, encontrando que los valores de fosfatos en la columna de agua aumentan progresivamente hacia la cabeza del Estero de Punta Banda, con un valor máximo de  $2.362 \mu\text{m}$ . y un mínimo hacia la boca  $0.276 \mu\text{m}$ . Concluyendo que la distribución espacial de los nutrientes en el estero indica un área fértil con disponibilidad de nutrientes, principalmente de fosfato y silicatos y durante el verano se observa la mayor concentración de nutrientes. ✓

✓ Hillan et al., (1981) realizaron un estudio acerca de la variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en aguas superficiales del Estero de Punta Banda, encontraron que en el extremo interno del estero, aumentó la concentración de nutrientes (salinidad, temperatura, fosfatos, silicatos, clorofila a, b, c y fitoplancton, debido a la remineralización de nutrientes en los sedimentos y el efecto de la turbulencia, inducida por los vientos y las corrientes de mareas. ✓

✓ Green et al., (1984) presentan un trabajo donde determinan el silice disuelto en el agua intersticial y columna de agua del Estero de Punta Banda, encontrando flujos por difusión molecular del sedimento, hacia la columna de agua con rango  $3.5$  a  $8.3 \times 10^{-7}$  micromoles  $\text{cm}^2 \text{seg}^{-1}$ . ✓

Ames (1985) estudió las características granulométricas de los ambientes sedimentarios del Estero de Punta Banda, por medio de un análisis estadístico de los parámetros texturales de sedimentos. [Concluyó que los ambientes sedimentarios son tres: playa, duna y marisma; la marisma presentó cuatro facies sedimentarias características; marisma de barra, zona de cantil, zona de la boca, zonas de canales y marisma de planicies de inundación.]

Guardado (1986) estudió la distribución de los carbonatos totales en los sedimentos de la laguna costera, Estero de Punta Banda, encontrando un aumento de la concentración de carbonatos en dirección a la cabeza del estero.

[Contreras (1986) analizó los valores de Eh y pH en los sedimentos de la planicie de inundación de la laguna costera de Punta Banda, [concluyendo que los valores de pH, tienden en su gran mayoría a ser alcalinos, mientras que los valores positivos de eh se encuentran en su totalidad de la zona de marea alta y para valores negativos sucede lo contrario, sobre todo en marea baja.]

Canacho (1987) presentó un trabajo sobre la dinámica de nutrientes y salinidad de las aguas intersticiales de la marisma del Estero de Punta Banda, en general reporta

concentración máxima entre 5 y 15 cm. de profundidad durante mareas vivas con valores de 93  $\mu\text{m}$ . para fosfato y amonio 530  $\mu\text{m}$ . y en marea muerta de 50  $\mu\text{m}$ . para fosfato y amonio 240  $\mu\text{m}$ ., para la salinidad disminuyó con la profundidad hasta 32 ‰.

#### 1.4. Objetivo

Determinar la concentración de fosfato disuelto durante tres días de verano en el agua intersticial, de la planicie de inundación de la laguna costera, "Estero de Punta Banda", Baja California, México.

## II MATERIALES Y METODOS

### II.1. Descripción del área de estudio

El Estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, es una laguna costera, que se sitúa al SE de la Bahía de Todos Santos, B. C., entre los  $31^{\circ}42'$  y  $31^{\circ}47'$  latitud norte y los  $116^{\circ}30'$  y  $116^{\circ}40'$  de longitud oeste, a 13 kilómetros del puerto de Ensenada (Fig. 2).

El estero tiene forma de "L", con un brazo corto de longitud aproximada de 3 kilómetros, orientado en dirección SE y un brazo largo de 7.5 kilómetros en dirección NNE. Presenta una separación de la Bahía con una barra arenosa. Hacia el norte se localiza la boca, teniendo una abertura de aproximadamente 250 metros, por la cual se comunica a la Bahía de Todos Santos. A lo largo y paralelo a la barra se extiende un solo canal, que se localiza en dirección NW cerca de la boca para comunicarse con la Bahía. La profundidad más grande detectada es de 6 metros con respecto a bajamar media inferior, las profundidades van disminuyendo hacia la parte de la cabeza de la "L" desde los 6 metros hasta un metro. El ancho promedio del estero es de 345 metros en bajamar media inferior, aumentando aproximadamente

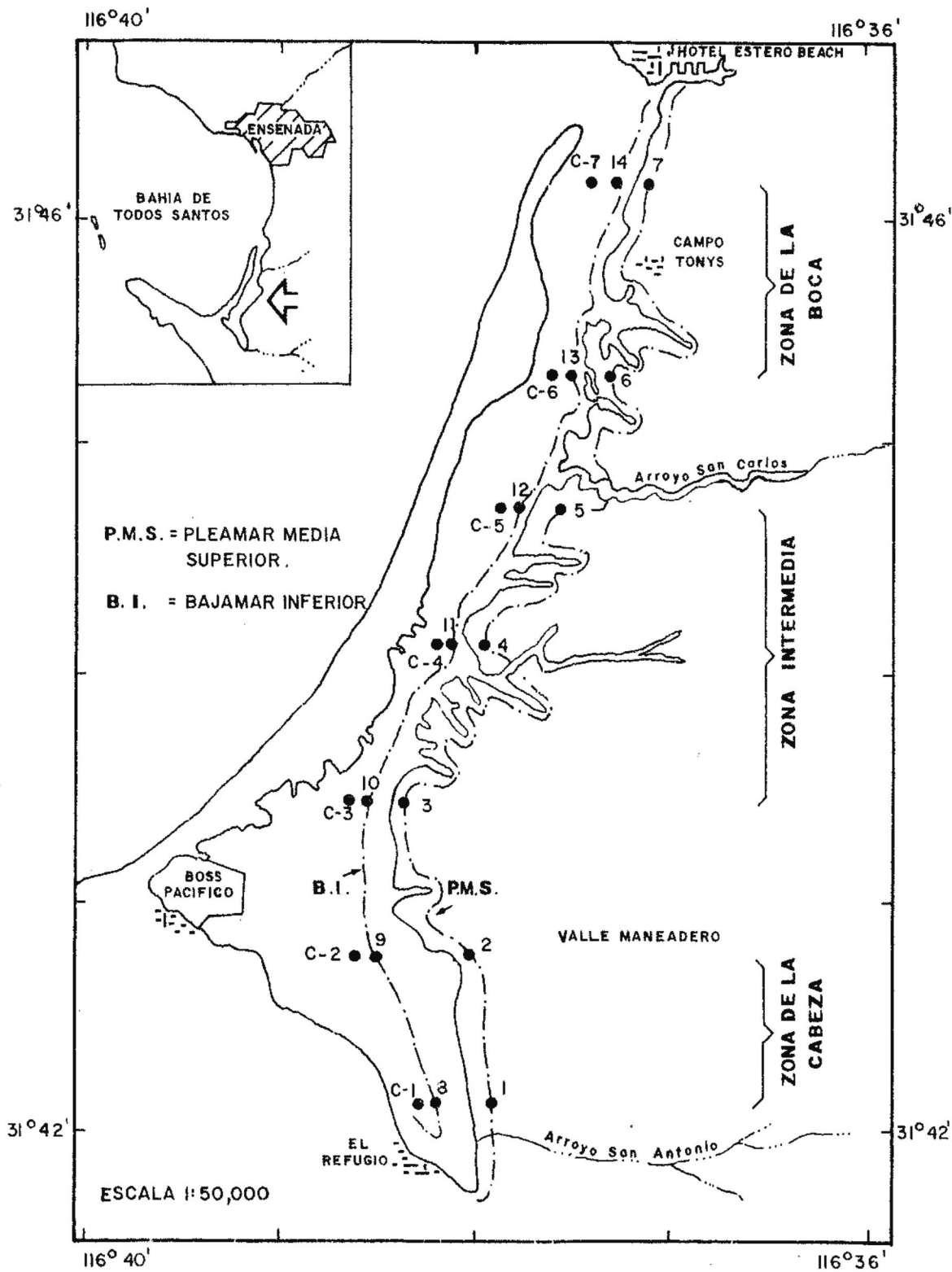


FIG. 2 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO DE LA PLANICIE DE INUNDACION DE LA LAGUNA COSTERA, ESTERO DE PUNTA BANDA.

unos 11 metros, más en pleamar media superior, evidenciando la existencia de extensas zonas de marisma que se cubren y descubren cíclicamente con la marea. El área total es de  $3.61 \times 10^6 \text{ m}^2$  en bajamar inferior y  $11.63 \times 10^6 \text{ m}^2$  en pleamar media superior. El volumen total del estero es de  $5.25 \times 10^6 \text{ m}^3$  en bajamar media inferior y  $17.12 \times 10^6 \text{ m}^3$  en pleamar media superior (Pritchard et al., 1978).

Esta laguna recibe aporte de los arroyos San Carlos y San Antonio. El primero drena un área de aproximadamente  $220 \text{ Km}^2$ , con una longitud cercana a los 60 km., entre los tipos de rocas que son erosionadas encontramos: roca pre-batolítica-volcánica, gneiss, gabbro, tonalita, granito y aluvión. El arroyo San Antonio presenta una longitud cercana a los 50 Km. drenando un área cercana a los  $200 \text{ Km}^2$ , donde erosiona rocas pre-batolíticas-volcánicas, gneiss, tonalita, gabbro y aluvión reciente, formando un abanico aluvial en el valle de Manadero, ambos arroyos presentan una orientación este-oeste en su cauce principal (Aranda, 1983).

## 11.2. Metodología

En el presente estudio, la planicie de inundación del Estero de Punta Banda, se ha dividido en tres zonas: zona de la cabeza, zona intermedia y zona de la boca. En ellas

se efectuaron los muestreos, los días 9, 10 y 20 de agosto de 1986, los días 9 y 10 corresponde a la zona de la cabeza y la zona intermedia del estero, el día 20 corresponde a la boca. *Los muestreos*

El muestreo se realizó paralelo a la costa aproximadamente cada kilómetro de la zona de la cabeza hacia la zona de la boca. Para la zona de la cabeza corresponden las estaciones 1, 2, 8, 9, C-1 y C-2; en la zona intermedia están las estaciones 3, 4, 5, 10, 11, 12, C-3, C-4 y C-5; en la boca las estaciones son 6, 7, 13, 14, C-6 y C-7. Es decir, que en pleamar media superior se localizan las estaciones 1 a la 7 y en bajamar inferior de la 8 a la 14 (Fig. 2), todas son muestras de agua intersticial. En cada una de las estaciones se colocó un cuadrante de un metro cuadrado, ubicando un nucleador en cada extremo y en la parte media del cuadrante (Fig. 3). En cada una de las estaciones se colectaron cinco muestras, con el objeto de ver la variación del fosfato por estación, excepto en la estación 5, que solamente se obtuvieron dos muestras. El total de muestras fue de 67. En la columna de agua se tomaron 7 muestras, que se representan de la C-1 a la C-7, éstas se encuentran adyacentes a bajamar inferior, entre los tres y cinco metros de distancia, la toma de la muestra fue directa en un frasco de vidrio.

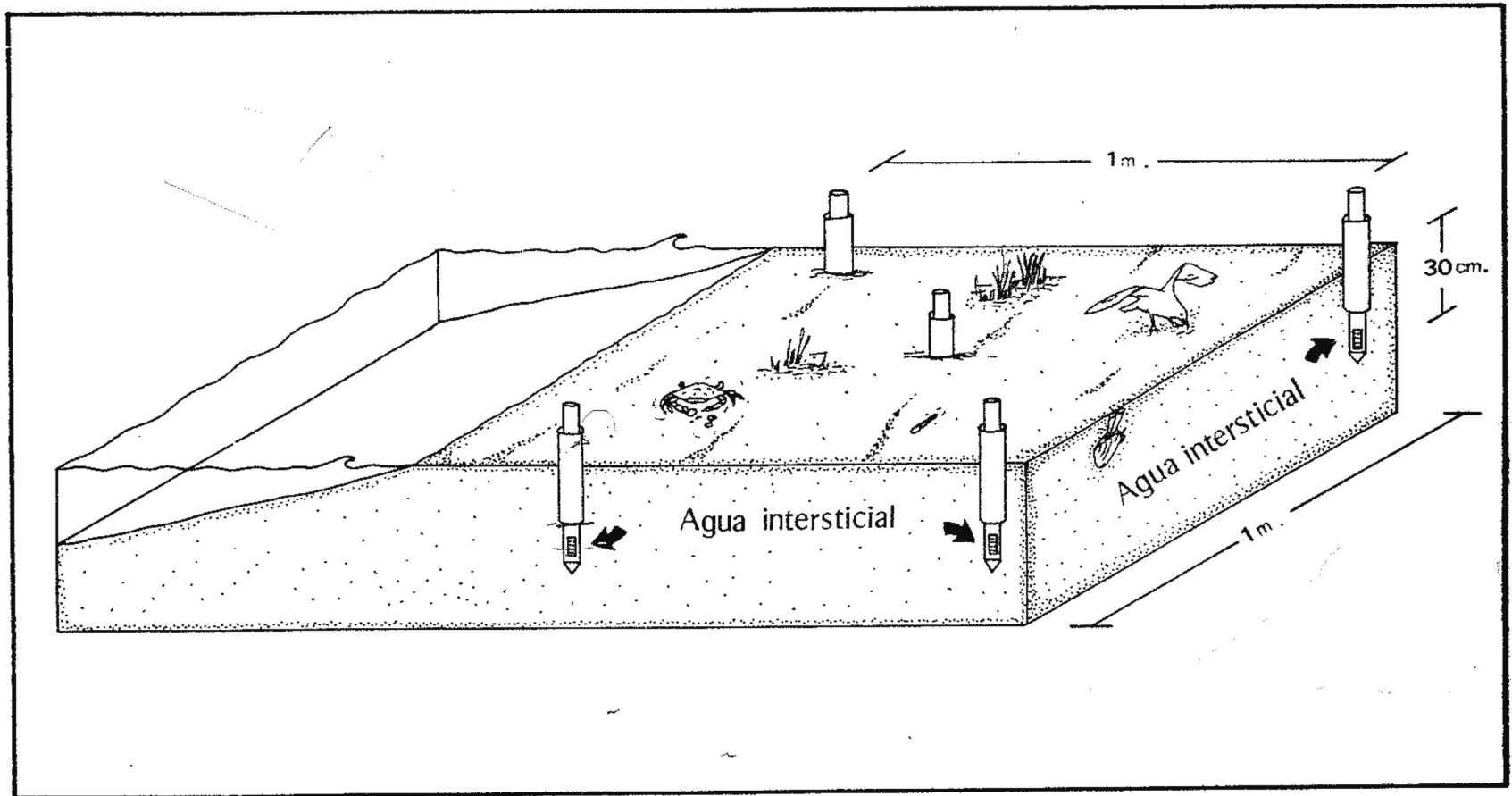


FIG. 3 POSICION DE LOS NUCLEOS PARA LA  
TOMA DE AGUA INTERSTICIAL POR  
ESTACION

Las muestras de agua intersticial se obtuvieron a 30 cm. de profundidad por medio de un nucleador manual diseñado en CICESE (Alvarez Berrego, et al., en prensa) y modificado para esta investigación se ~~hizo~~ ~~como~~ ~~base~~ el diseño del nucleador, sustituyendo el material acrílico original por un material de PVC de 3/4 de pulgada de diámetro (tubo exterior) y de 1/2 pulgada de diámetro (tubo interior) y una malla de nylon de 900 micras en la parte inferior del nucleador (Fig. 4). El agua intersticial obtenida del nucleador fue extraída y filtrada a través de una membrana de fibra de vidrio de 0.45 micras, inmediatamente después se colocó en un recipiente, para determinar la salinidad y el pH con un refractómetro marca AC Goldberg y un potenciómetro marca Photovolt, respectivamente. La temperatura se midió in situ poniendo el termómetro a un lado del nucleador.

Las muestras fueron guardadas en frascos de plástico obscuro previamente etiquetados, posteriormente se congelaron a  $-4^{\circ}\text{C.}$ , para ser analizadas en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C.

Las concentraciones de fosfatos en las muestras de agua intersticial y de la columna de agua se analizaron de acuerdo al método descrito por Strickland y Parsons (1972),

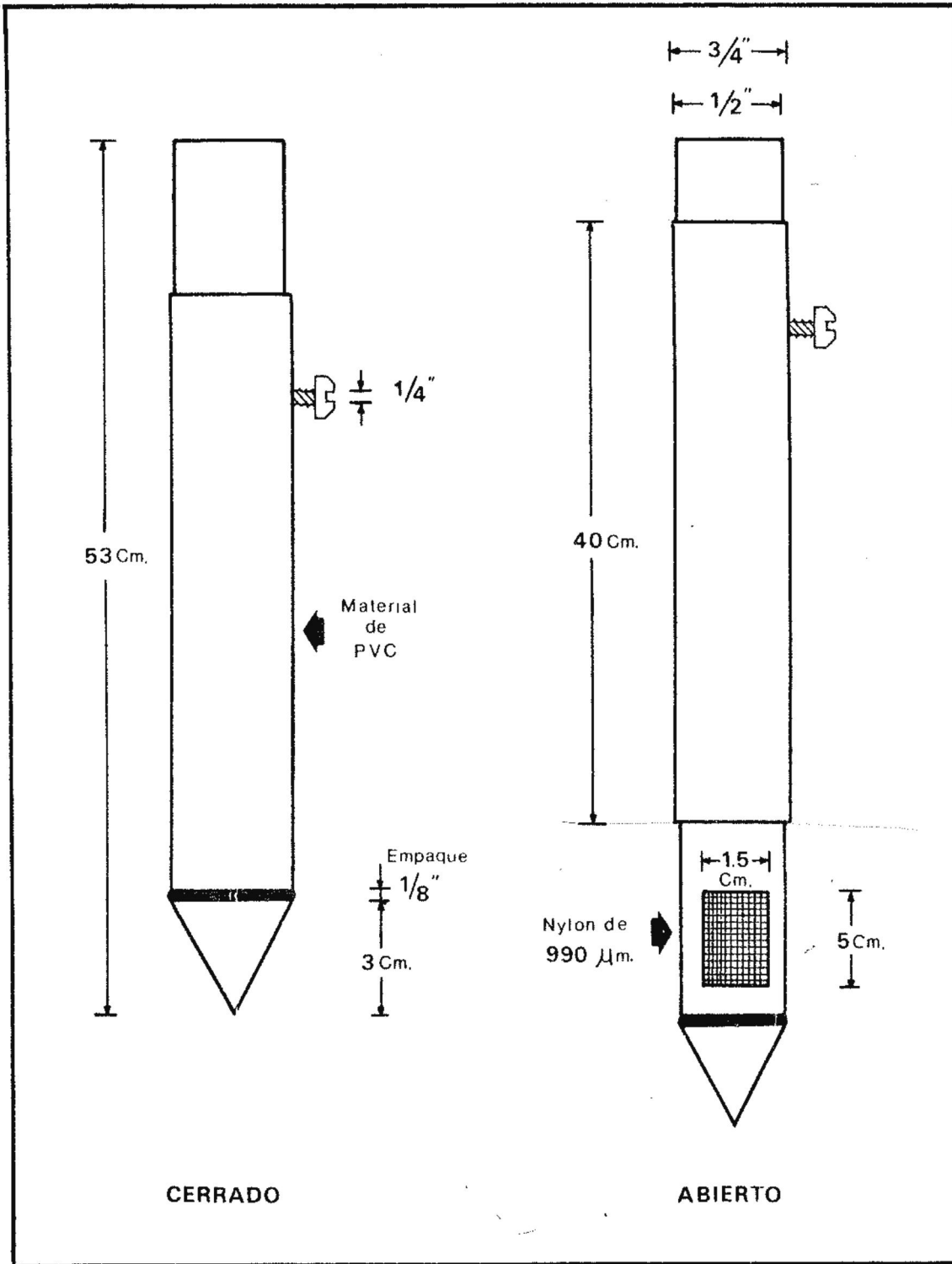


FIG. 4 NUCLEADOR MANUAL DE AGUA INTERSTICIAL  
 (Tomado de Alvarez et al., en prensa).

usando un espectrofotómetro marca spectronic 710 D Bausch & Lomb.

Para obtener las concentraciones de fosfatos en el agua intersticial y la columna de agua, se realizó un muestreo previo, corriendo estándares conocidos de 2, 3, 5, 10 y 20  $\mu\text{g.at./l.}$  y un blanco, con objeto de conocer el rango de concentración esperado. Así se elaboró una curva de calibración de fosfato en  $\mu\text{g.at./l.}$  contra absorbancias (Fig.5), teniendo un coeficiente de correlación de  $r=0.999999$ , en base a esto se analizaron las muestras. Los valores de fosfatos, salinidad y pH de cada una de las estaciones, son promediados y graficados, a la vez se obtuvo la desviación estandar de cada promedio para ver la variación que presenta cada estación. Los resultados en este trabajo se computaron mediante un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis).

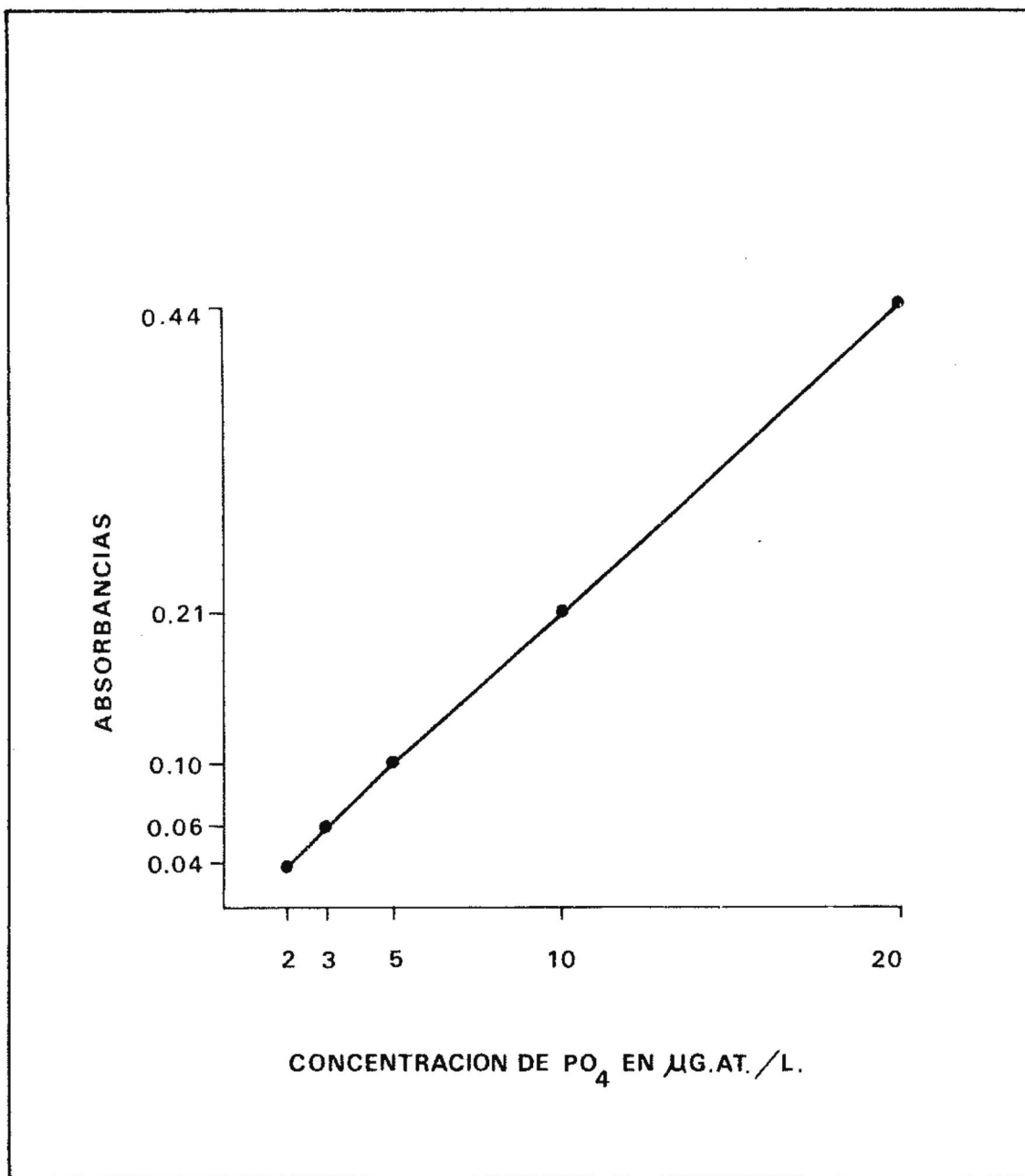


FIG. 5 CURVA DE CALIBRACION, CONCENTRACION DE FOSFATOS EN  $\mu\text{g. at./l.}$  CONTRA ABSORBANCIAS

### III RESULTADOS

#### III.1. Agua intersticial

#### III.2. Pleamar media superior

El fosfato disuelto en el agua intersticial, mostró en general valores de 4 a 5  $\mu\text{g.at./l.}$  más altos que los encontrados en la columna de agua (Tabla I, II y III).

Los valores de fosfato para pleamar media superior, son menores en general que los detectados en bajamar inferior. Las concentraciones de fosfato en el agua intersticial van de  $1.8 \pm 0.39 \mu\text{g.at./l.}$  a  $7.8 \pm 3.08 \mu\text{g.at./l.}$  en las estaciones 4 y 9 respectivamente.

Las concentraciones de fosfatos para pleamar media superior, presentaron un mínimo en la estación 4 y un máximo en la estación 2 de  $1.8 \pm 0.39 \mu\text{g.at./l.}$  y  $4.91 \pm 1.60 \mu\text{g.at./l.}$  En la zona de la cabeza se registraron los valores más altos de  $3.92 \pm 0.73 \mu\text{g.at./l.}$  a  $4.91 \pm 1.60 \mu\text{g.at./l.}$  estaciones 1 y 2 respectivamente (Fig. 6). En la zona intermedia se presentaron valores de  $3.26 \pm 1.27$

TABLA I VALORES DE FOSFATOS , TEMPERATURA ,  
SALINIDAD Y pH. EN EL AGUA INTERSTI-  
CIAL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR.

E S T.	MUES- TRAS	EJ DE PO <sub>4</sub> µg. dl./L	$\bar{X}$ DE PO <sub>4</sub> y D.S.	T°C.	S‰	$\bar{X}$ DE S‰ y D.S.	pH	$\bar{X}$ DE pH y D.S.	HORA	DIA	ZONA	
1	1.1	3.16	3.92	24	40	38.4	6.7	6.7	8:07	9	CABEZA	
	1.2	4.60		24	39		6.7					
	1.3	3.97	24	39	6.7							
	1.4	4.69	24	39	6.7							
	1.5	3.21	±0.73	24	35	±1.95	6.7					
2	2.1	6.72	4.91	24	40	39.0	7.5	7.5	13:49	9	CABEZA	
	2.2	6.49		24	40		7.5					
	2.3	4.47	24	38	7.5							
	2.4	3.43	±1.60	24	38	±1.0	7.5					
	2.5	3.48	24	39	7.5							
3	3.1	5.14	3.26	25	40	38.0	6.7	6.7	10:10	10	INTERMEDIA	
	3.2	3.79		25	38		6.8					
	3.3	2.22	25	38	6.8							
	3.4	1.99	±1.27	25	38	±0.89	6.7					±0.05
	3.5	3.16	25	38	6.8							
4	4.1	2.40	1.82	26	40	40.0	8.0	7.6	14:30	10	INTERMEDIA	
	4.2	1.77		26	42		7.0					
	4.3	1.54	26	40	7.0							
	4.4	1.41	±0.39	26	40	±0.89	8.0					±0.5
	4.5	1.99	26	40	8.0							
5	5.1	4.29	2.40	26	41	41.0	7.3	7.3	17:10	10	INTERMEDIA	
	5.2	0.51	±2.67	26	41	7.3						
6	6.1	5.32	4.46	30	62	63.2	7.0	6.6	9:30	20	BOCA	
	6.2	7.57		30	62		6.0					
	6.3	3.57	30	61	6.0							
	6.4	2.98	±1.99	30	65	±2.16	7.0					±0.5
	6.5	2.89	30	66	7.0							
7	7.1	2.49	2.35	30	40	40.0	6.0	6.5	12:30	20	BOCA	
	7.2	2.40		30	40		6.0					
	7.3	2.76	30	40	6.5							
	7.4	2.40	±0.38	30	40	7.0	±0.5					
	7.5	1.72	30	40	7.0							

**TABLA II VALORES DE FOSFATOS, TEMPERATURA, SALINIDAD Y pH EN EL AGUA INTERSTICIAL DE BAJAMAR INFERIOR.**

E S T.	MUES- TRAS	[J DE PO <sub>4</sub> μg.at/l.	$\bar{X}$ DE PO <sub>4</sub> y D.S.	T°C.	S ‰	$\bar{X}$ DE S ‰ y D.S.	pH	$\bar{X}$ DE pH y D.S.	HORA	DIA	Z O N A
8	8.1	5.68	6.22 ± 0.86	23	34	32.4 ± 1.14	7.4	7.2 ± 0.24	10:30	9	C A B E Z A
	8.2	6.13		23	32		7.5				
	8.3	5.14		23	33		7.1				
	8.4	7.17		23	31		6.9				
	8.5	6.99		23	32		7.1				
9	9.1	4.15	7.80 ± 3.08	24	37	37.0	7.2	7.0 ± 0.16	14:30	9	C A B E Z A
	9.2	10.05		24	37		7.2				
	9.3	10.59		24	37		7.1				
	9.4	4.78		24	37		7.1				
	9.5	9.46		24	37		6.8				
10	10.1	1.99	2.30 ± 0.49	25	40	40.0	7.1	6.9 ± 0.09	12:00	10	I N T E R M E D I A
	10.2	2.22		25	40		6.9				
	10.3	2.80		25	40		6.9				
	10.4	1.86		25	40		6.9				
	10.5	2.98		25	40		7.0				
11	11.1	2.89	2.80 ± 0.29	26	40	40.4 ± 0.5	6.0	6.3 ± 0.44	15:15	10	I N T E R M E D I A
	11.2	2.94		26	40		6.0				
	11.3	2.58		26	40		6.0				
	11.4	2.49		26	41		6.5				
	11.5	3.21		26	41		7.0				
12	12.1	4.06	5.30 ± 1.43	26	40	40.2 ± 0.44	7.0	7.0	17:50	10	I N T E R M E D I A
	12.2	6.40		26	41		7.0				
	12.3	7.30		26	40		7.0				
	12.4	4.47		26	40		7.0				
	12.5	4.42		26	40		7.0				
13	13.1	7.17	7.75 ± 0.98	29	40	40.4 ± 0.54	7.1	6.9 ± 0.37	10:20	20	B O C A
	13.2	6.99		29	41		6.3				
	13.3	9.46		29	40		7.0				
	13.4	7.57		29	41		7.2				
	13.5	7.57		29	40		7.2				
14	14.1	5.68	5.96 ± 0.76	30	40	40.0	6.1	6.1 ± 0.08	13:25	20	B O C A
	14.2	6.13		30	40		6.2				
	14.3	7.17		30	40		6.1				
	14.4	5.14		30	40		6.2				
	14.5	5.68		30	40		6.0				

B A J A M A R I N F E R I O R

TABLA III VALORES DE FOSFATOS, TEMPERATURA,  
SALINIDAD Y pH EN LA COLUMNA DE  
AGUA.

ESTA- CION	[P] DE PO <sub>4</sub> EN μg. at./l.	T °C.	S‰	pH	HORA	DIA
C-1	1.99	23	34	7.5	10:30	9
C-2	1.86	24	35	7.3	14:30	9
C-3	1.63	25	35	7.0	12:00	10
C-4	1.63	26	36	6.0	15:15	10
C-5	1.68	28	36	6.2	17:50	10
C-6	1.59	30	38	7.0	10:20	20
C-7	1.32	30	38	6.0	13.25	20

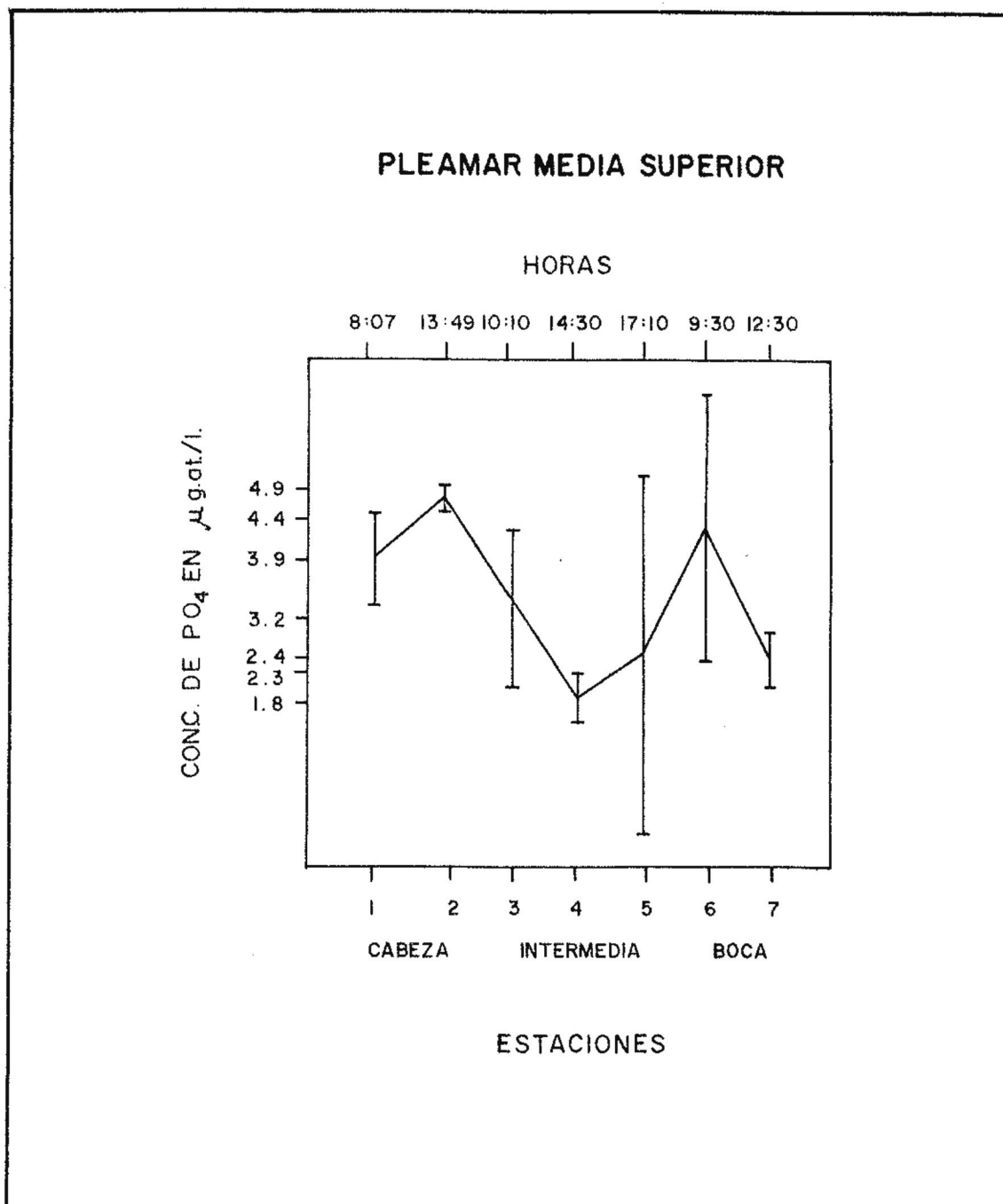


FIG. 6 VALORES DE FOSFATOS EN ( $\mu\text{g.at./l.}$ ) EN EL AGUA INTERSTICIAL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR.

$\mu\text{g.at./l.}$  a  $1.82 \pm 0.39 \mu\text{g.at./l.}$  para las estaciones 3 y 4, durante el muestreo de la estación 5 solamente se obtuvieron dos muestras de agua intersticial. Hacia la boca se observa un valor máximo en la estación 6 y un mínimo en la estación 7 de  $4.45 \pm 1.99 \mu\text{g.at./l.}$  a  $2.35 \pm 0.38 \mu\text{g.at./l.}$  respectivamente. En general se observa que los valores de fosfato presentaron una desviación estándar significativa en todas las estaciones.

Las muestras de salinidad en el agua intersticial fueron mayores que las de la columna de agua. En general la salinidad va de  $32.4 \pm 1.14 \%$  como mínimo y un máximo de  $63.2 \pm 2.16 \%$  estación 2 y 6 respectivamente (Fig. 7 y 10). En la zona de la cabeza y la zona intermedia se registraron los valores más bajos de  $39.0 \pm 0.89 \%$  a  $41.0 \%$  estaciones 3 y 5. Para la zona de la boca se detectaron los valores más altos de  $63.2 \pm 2.16 \%$  y  $40.0 \%$  estación 6 y 7. En general la salinidad disminuyó en dirección de la cabeza.

El comportamiento del pH de las muestras de agua intersticial, no presentaron un patrón definido (Fig. 8). El pH en planar media superior varía de  $6.5 \pm 0.5$  a  $7.6 \pm 0.05$  en las estaciones 7 y 4 respectivamente. Para la zona de la cabeza se encontraron rangos de pH de 6.7 a 7.5 en la estación 1 y 2 respectivamente. En la zona intermedia los valores de pH fueron de  $6.7 \pm 0.05$  a  $7.6 \pm 0.5$  y 7.3 para

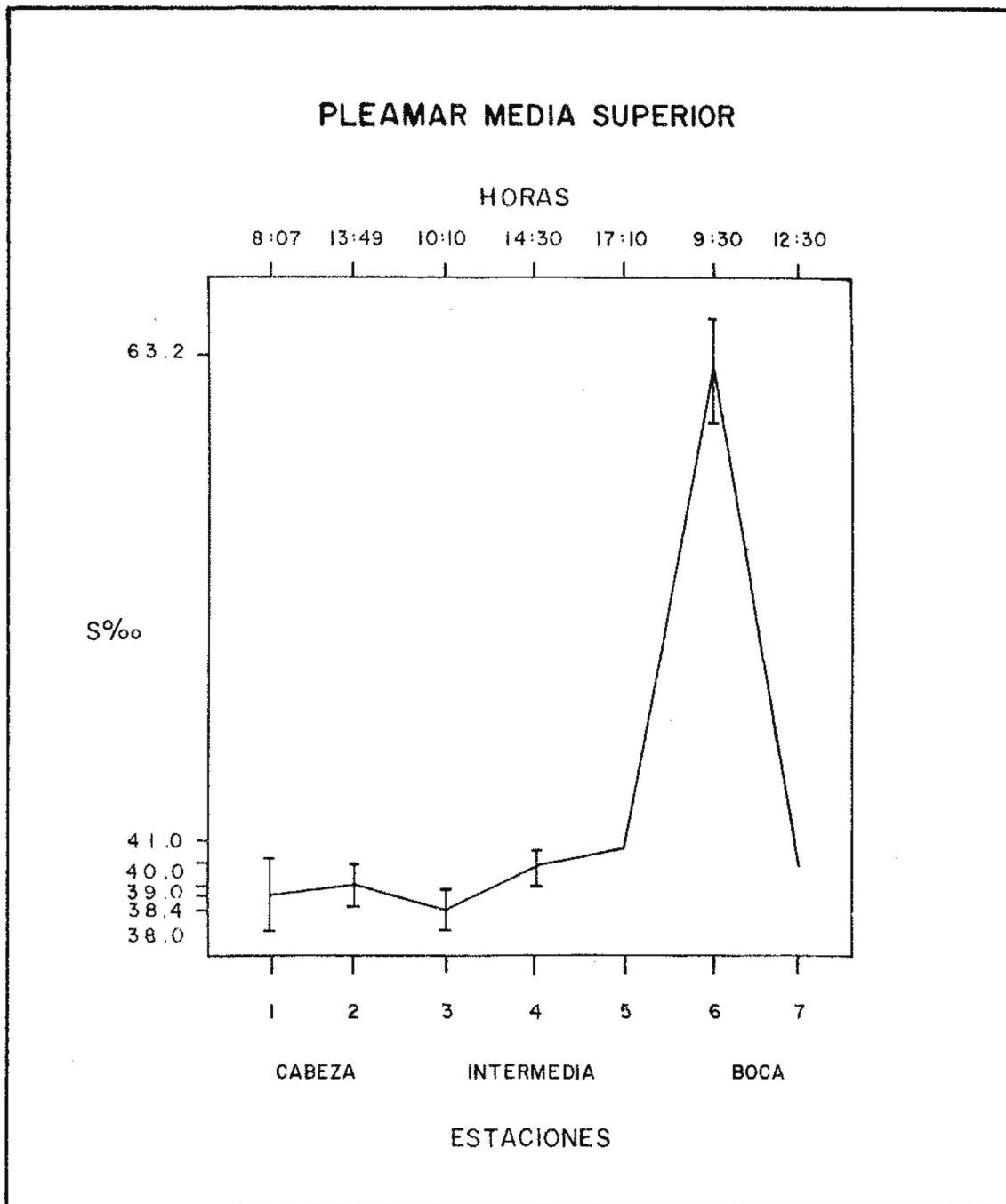
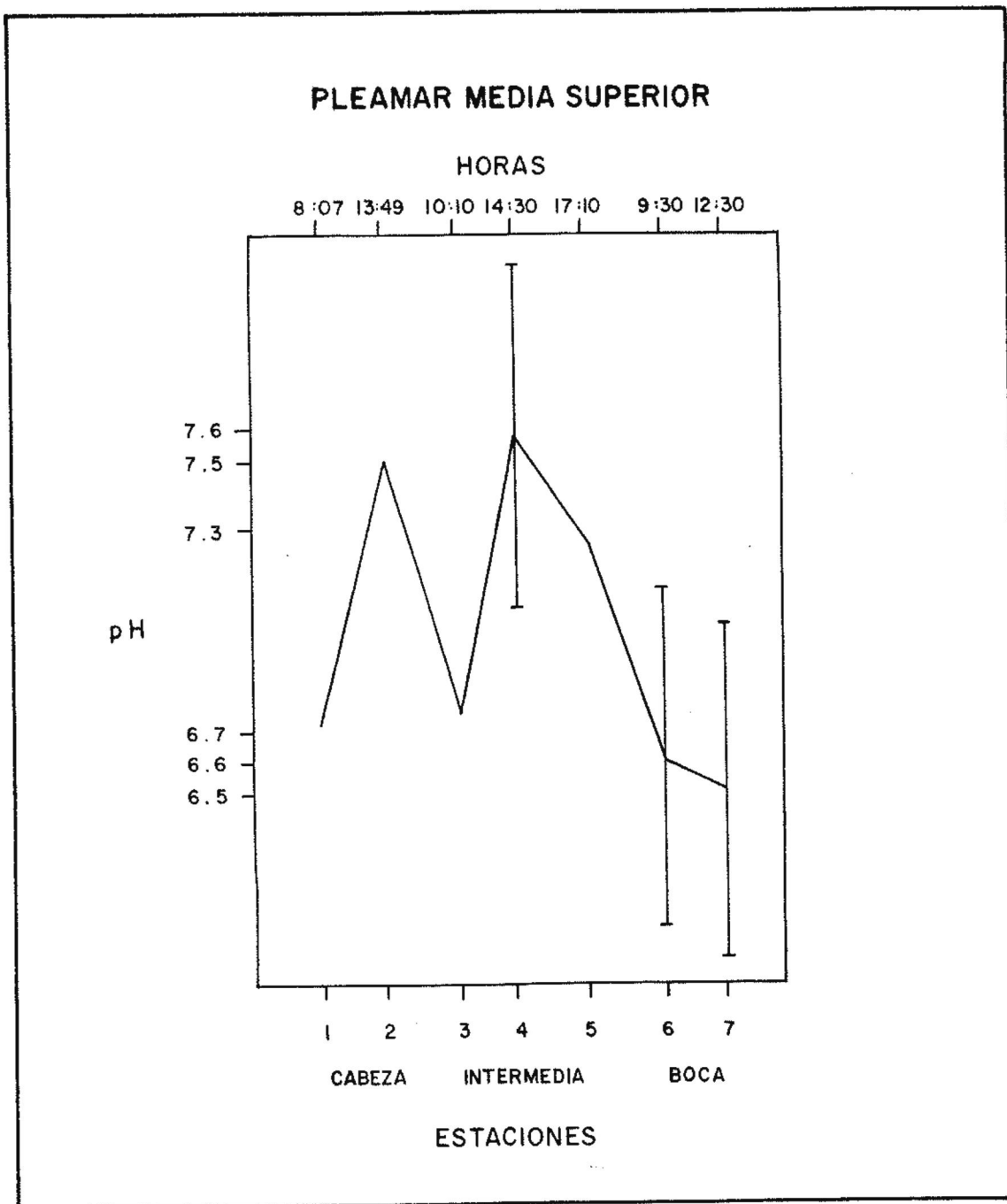


FIG. 7 VALORES DE SALINIDAD (‰) EN EL AGUA INTERSTICIAL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR.



**FIG. 8 VALORES DE pH EN EL AGUA INTERSTICIAL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR.**

Las estaciones 3, 4 y 5 respectivamente, posteriormente en dirección de la boca, disminuye el pH de  $6.6 \pm 0.5$  a  $6.5 \pm 0.5$  estación 6 y 7.

Los resultados de la temperatura del agua intersticial de piezamar media superior y bajamar inferior como de la columna de agua, no se describieron ni se elaboraron gráficas por la razón de que se tiene una diferencia de días en la colecta de las muestras, para la zona de la cabeza, zona intermedia y zona de la boca. En la tabla I, II y III se representan los valores de la temperatura.

### III.3. Bajamar inferior

Las concentraciones de fosfato para bajamar inferior, presentaron un mínimo en la estación 10 y un máximo en la estación 9 de  $2.30 \pm 0.49 \mu\text{g.at./l.}$  y  $7.60 \pm 3.08 \mu\text{g.at./l.}$  Para la zona de la cabeza, se registraron los valores de  $6.22 \pm 0.86 \mu\text{g.at./l.}$  y  $7.80 \pm 3.08 \mu\text{g.at./l.}$  en la estación 8 y 9 respectivamente (Fig. 9). En la zona intermedia se presentó un descenso con un rango de  $2.30 \pm 0.49 \mu\text{g.at./l.}$  a  $5.30 \pm 1.48 \mu\text{g.at./l.}$  estación 10 y 12. Hacia la boca se observa un aumento en la concentración de fosfato para las estaciones 13 y 14 de  $7.75 \pm 0.98 \mu\text{g.at./l.}$  e  $5.96 \pm 0.73 \mu\text{g.at./l.}$  En general se observa que los valores de fosfato presentan una desviación estándar

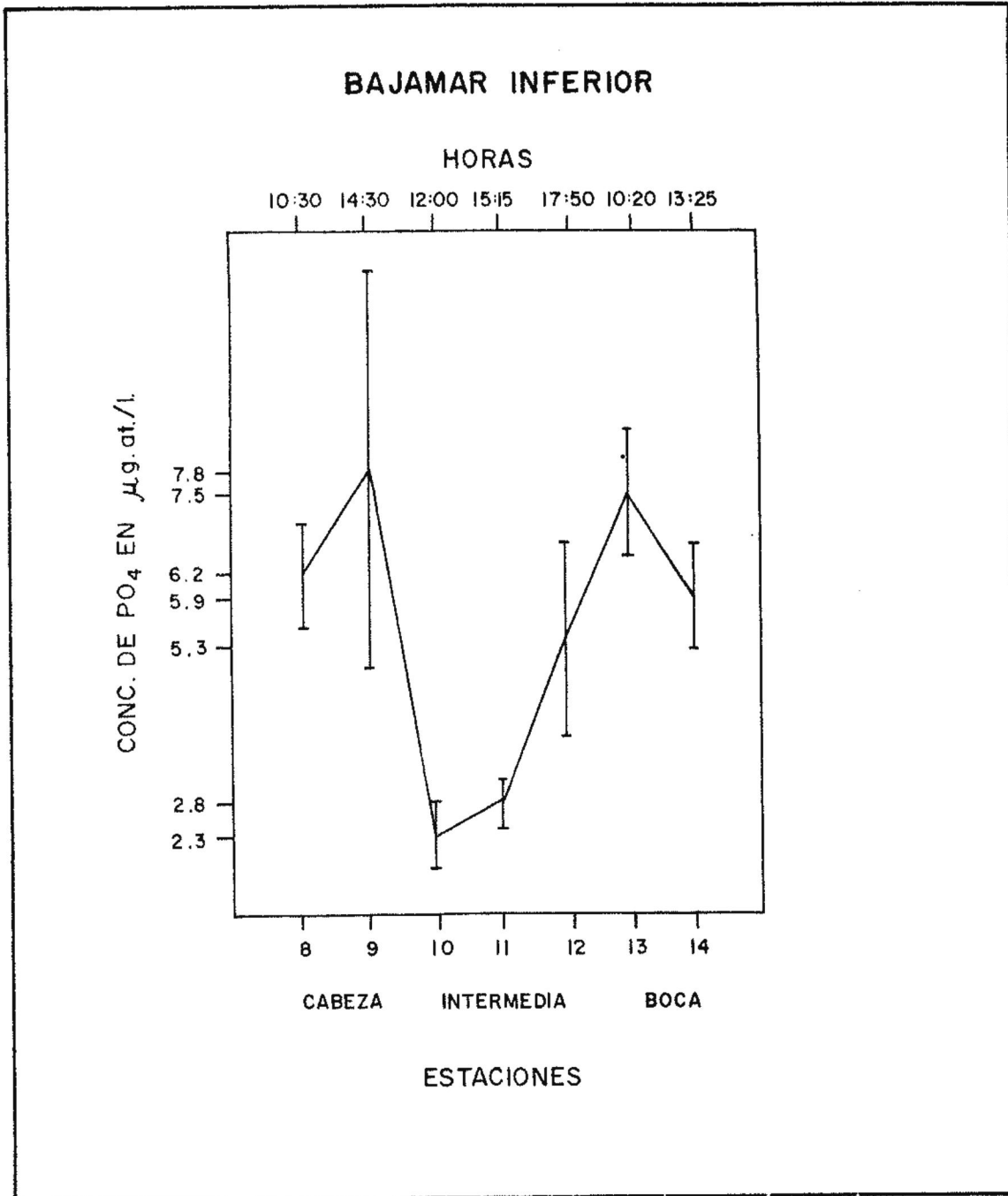


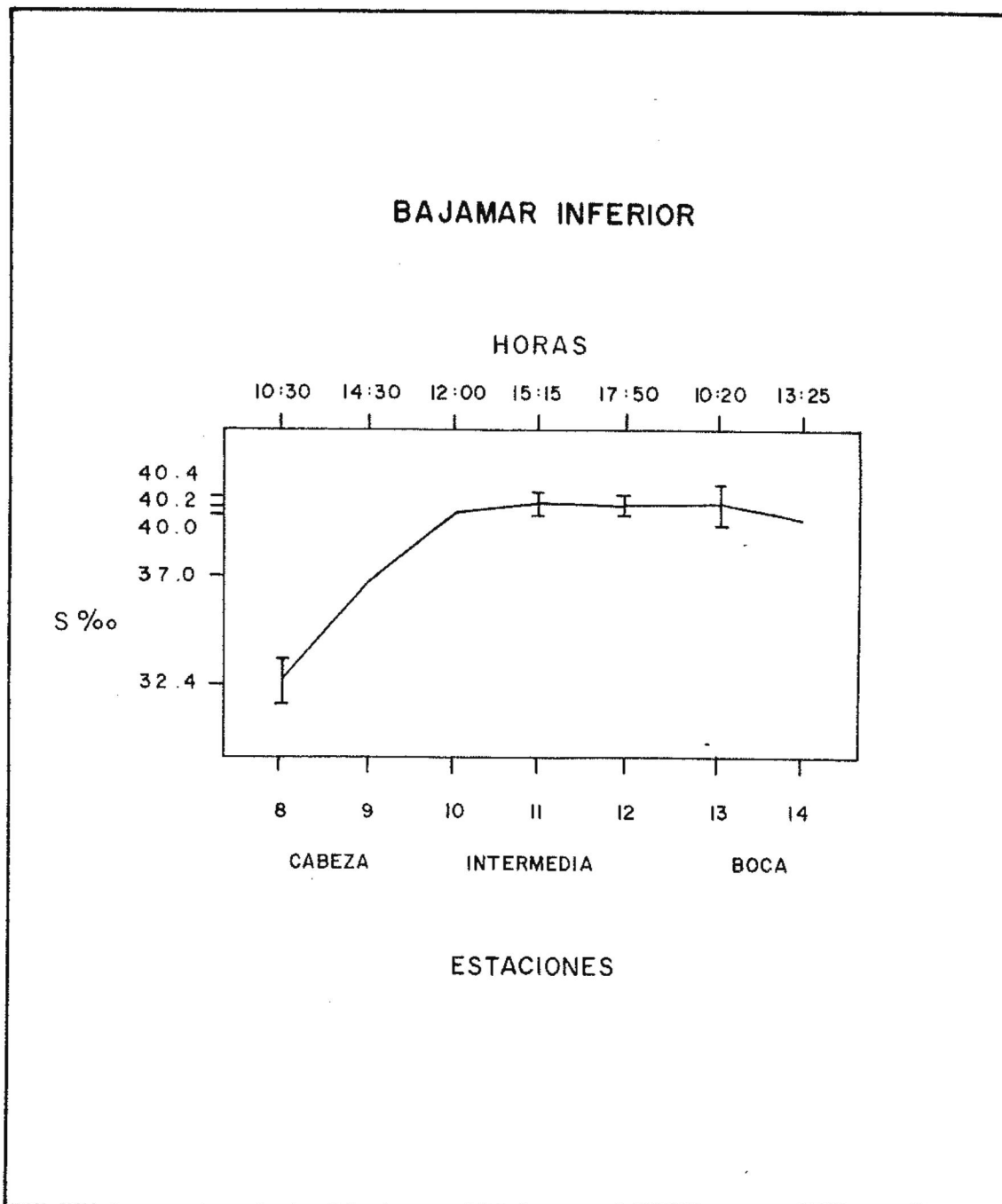
FIG. 9 VALORES DE FOSFATOS EN ( $\mu\text{g. at./l.}$ ) EN EL AGUA INTERSTICIAL DE BAJAMAR INFERIOR.

significativa en todas las estaciones .

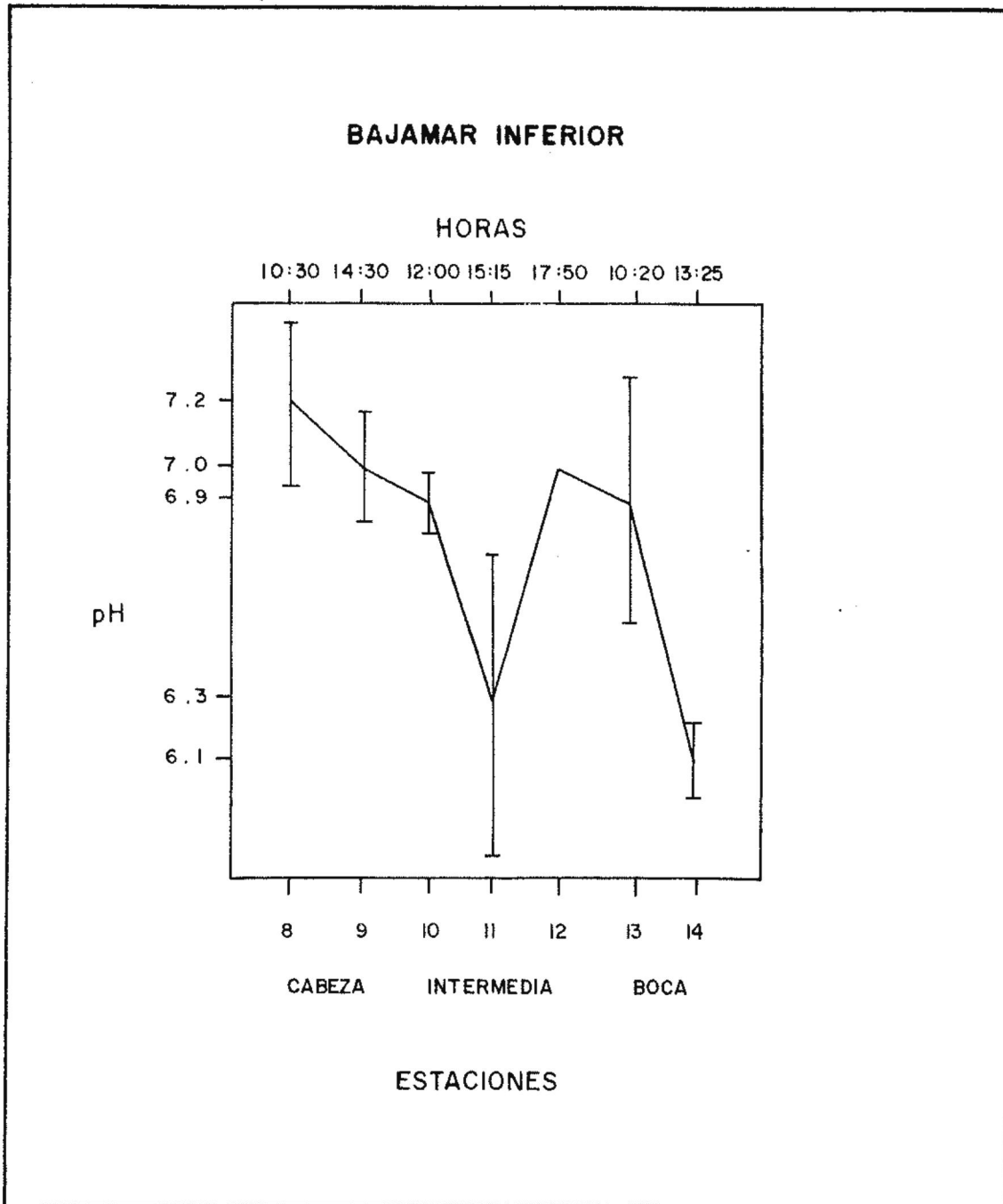
Los valores de salinidad del agua intersticial fueron menores en el interior del estero, aumentando en dirección de la boca (Fig. 10). En la zona de la cabeza la salinidad fue  $22.4 \pm 1.14$  ‰ y  $37.0$  ‰ para la estación 8 y 9 respectivamente. En la zona intermedia la salinidad se registró de  $40.0$  ‰ a  $40.2 \pm 0.44$  ‰ en las estaciones 10 y 12. Para la zona de la boca la salinidad se mantuvo casi constante de  $40.4 \pm 0.54$  ‰ a  $40.0$  ‰, estaciones 13 y 14 respectivamente.

El pH de las estaciones de bajamar inferior presentó una variación muy irregular a todo lo largo de la marisma, teniendo valores de  $7.2 \pm 0.24$  como máximo y  $6.1 \pm 0.00$  como mínimo, en las estaciones 8 y 14 (Fig. 11). En general el pH aumenta en dirección del interior del estero, teniendo un pH de  $7.2 \pm 0.24$  a  $7.0 \pm 0.16$ . Para la zona intermedia el rango de pH va de  $6.3' \pm 0.44$  a  $7.0$  en las estaciones 11 y 12. En la boca los valores son de  $6.9 \pm 0.37$  a  $6.1 \pm 0.00$ , estaciones 13 y 14. En general se observa que los valores de pH presentaron una desviación estándar significativa en todas las estaciones.

Los resultados obtenidos de fosfato, salinidad y pH fueron sometidos a un análisis de varianza no paramétrica



**FIG. 10 VALORES DE SALINIDAD (‰) EN EL AGUA INTERSTICIAL DE BAJAMAR INFERIOR.**



**FIG. II VALORES DE pH EN EL AGUA INTERSTICIAL DE BAJAMAR INFERIOR.**

(prueba de Kruskal-Wallis), tabla IV, V y VI.

El análisis de varianza para fósforo mostró 56 estaciones con diferencia significativa y 35 no significativa y para la salinidad 56 estaciones significativas y 35 no significativas. Para el pH se presentaron 52 estaciones significativas y 38 no significativas.

#### III.4. Columna de agua

En la tabla III y Fig. 12, se presentan los resultados de la concentración de fósforo disuelto en la columna de agua, se observa que el comportamiento del fósforo es muy diferente al del agua intersticial. En general se observa un incremento de la concentración del fósforo hacia el interior del estero. El valor máximo se encuentra en la estación C-1 de 1.99  $\mu\text{g.at./l.}$  (cabeza) y el mínimo de 1.32  $\mu\text{g.at./l.}$  estación C-7 (boca).

El comportamiento de la salinidad en la columna de agua, mostró valores mínimos en la zona de la cabeza y aumentó en dirección de la boca; para la estación C-1 el valor mínimo fue de 34.0 ‰ aumentando a 35.0 ‰ estación C-2. En la zona intermedia la salinidad mínima fue de 25.0 ‰ y la

TABLA IV ANALISIS DE VARIANZA DE LOS VALORES DE FOSFATOS DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR Y BAJAMAR INFERIOR.

EST.	PLEAMAR MEDIA SUPERIOR						BAJAMAR INFERIOR						
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	NS	NS	S	NS	NS	S	S	S	S	NS	NS	S	S
2		S	S	S	NS	S	NS	S	S	S	NS	S	NS
3			S	NS	NS	NS	S	S	NS	NS	S	S	S
4				NS	S	NS	S	S	NS	S	S	S	S
5					S	NS	S	S	NS	NS	S	S	S
6						S	S	S	S	S	NS	S	NS
7							S	S	NS	NS	S	S	S
8								NS	S	S	NS	NS	NS
9									S	S	NS	NS	NS
10										NS	S	S	S
11											S	S	S
12												S	NS
13													NS

NS = NO SIGNIFICATIVAS  
S = SIGNIFICATIVAS

**TABLA V ANALISIS DE VARIANZA DE SALINIDAD  
DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR Y  
BAJAMAR INFERIOR.**

		PLEAMAR MEDIA SUPERIOR					BAJAMAR INFERIOR						
EST.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	NS	NS	S	S	S	S	S	NS	S	S	S	S	S
2		NS	S	S	S	NS	S	S	NS	S	S	S	NS
3			S	S	S	S	S	NS	S	S	S	S	S
4				NS	S	NS	S	S	NS	NS	NS	NS	NS
5					NS	S	S	S	S	NS	NS	NS	S
6						S	S	S	S	S	S	S	S
7							S	S	NS	NS	NS	NS	NS
8								NS	S	S	S	S	S
9									S	S	S	S	S
10										NS	NS	NS	NS
11											NS	NS	NS
12												NS	NS
13													NS

NS = NO SIGNIFICATIVAS

S = SIGNIFICATIVAS

**TABLA VI ANALISIS DE VARIANZA DE pH DE  
PLEAMAR MEDIA SUPERIOR Y BAJA-  
MAR INFERIOR .**

		PLEAMAR MEDIA SUPERIOR						BAJAMAR INFERIOR					
EST.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	S	NS	S	S	NS	NS	S	S	S	NS	S	S	NS
2		S	NS	NS	S	S	NS	S	S	S	S	S	S
3			S	S	NS	NS	S	S	NS	NS	S	S	NS
4				NS	S	S	NS	NS	S	S	S	NS	S
5					S	S	NS	NS	S	S	NS	NS	S
6						NS	S	S	NS	NS	NS	S	S
7							S	S	NS	NS	S	S	NS
8								NS	NS	S	NS	NS	S
9									NS	S	NS	NS	S
10										S	NS	NS	S
11											S	S	NS
12												NS	S
13													S

NS = NO SIGNIFICATIVAS

S= SIGNIFICATIVAS

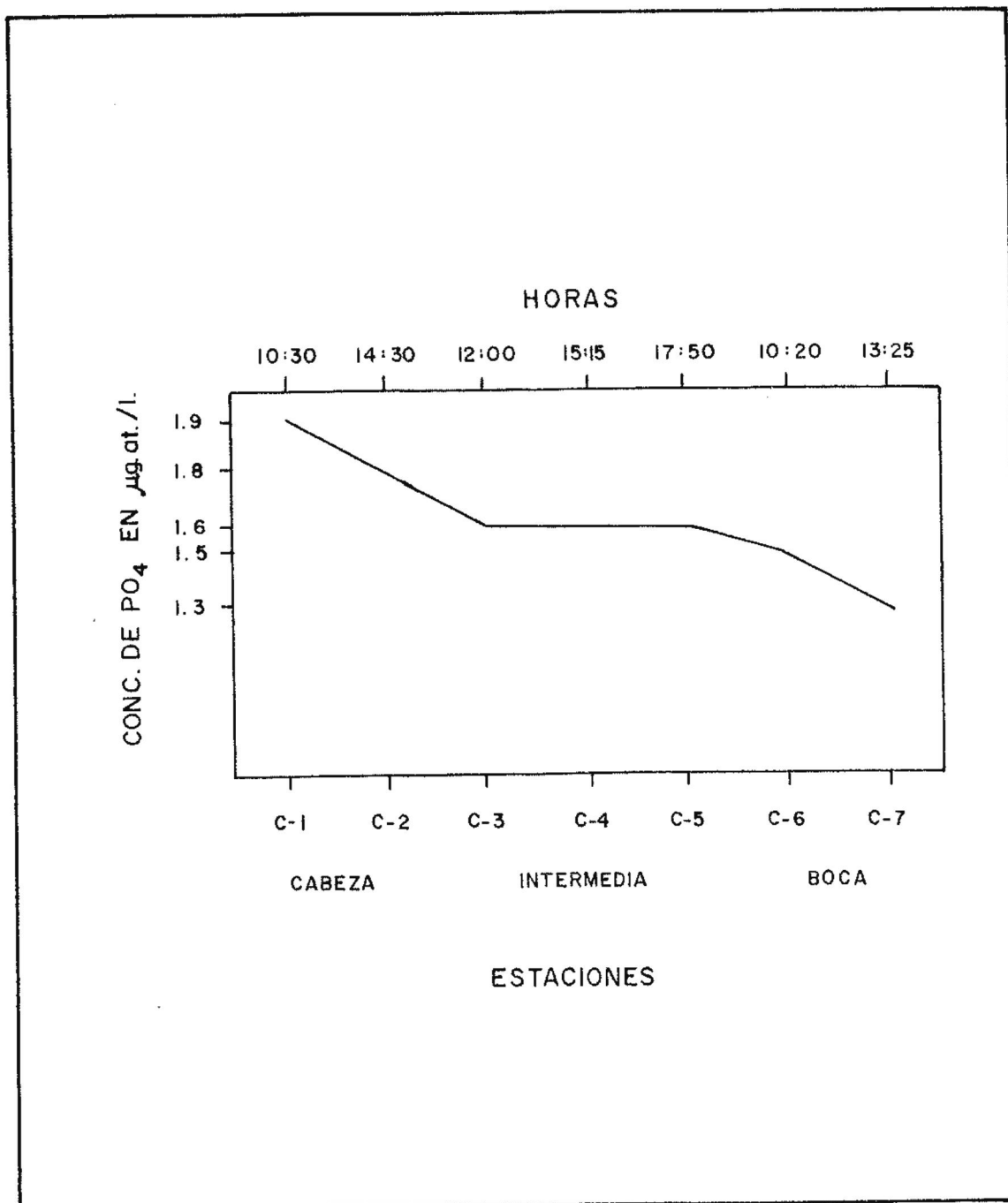


FIG. 12 VALORES DE FOSFATOS EN ( $\mu\text{g.at./l.}$ )  
EN LA COLUMNA DE AGUA .

máxima de 36.0 ‰, manteniendo la salinidad constante en las estaciones C-6 y C-7 de 38.0 ‰. (Fig. 13). Sin embargo, estos resultados reflejan una variación en la salinidad causada por la técnica de muestreo.

El pH presentó variaciones a lo largo de la marisma, encontrándose el valor más alto en la zona de la cabeza de 7.5 estación C-1, teniendo una disminución en la zona intermedia de pH de 6.0 en las estaciones C-4, C-5 y C-7, para la estación C-6 fue de 7.0 (Fig. 14).

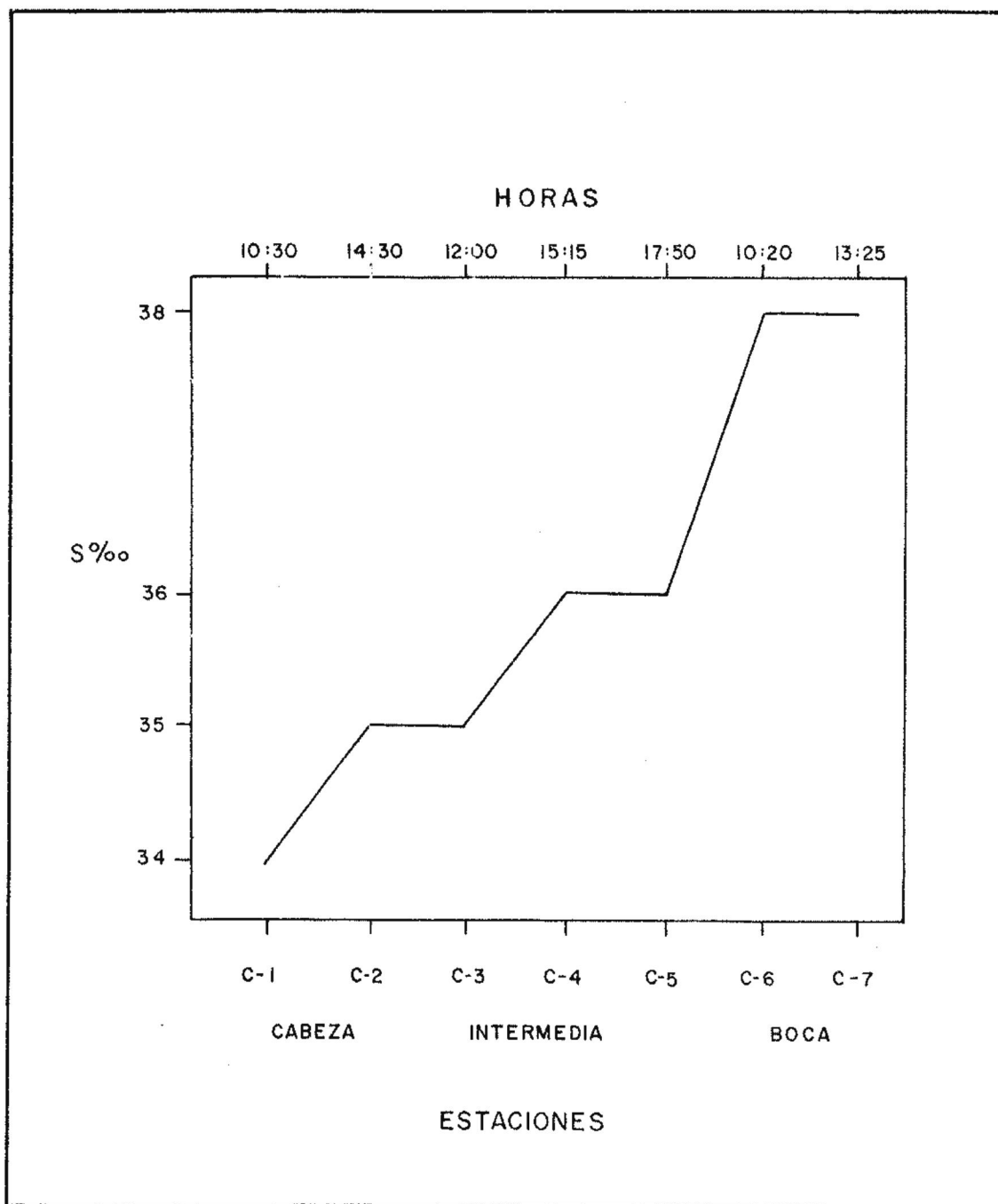


FIG.13 VALORES DE SALINIDAD (‰) EN LA COLUMNA DE AGUA

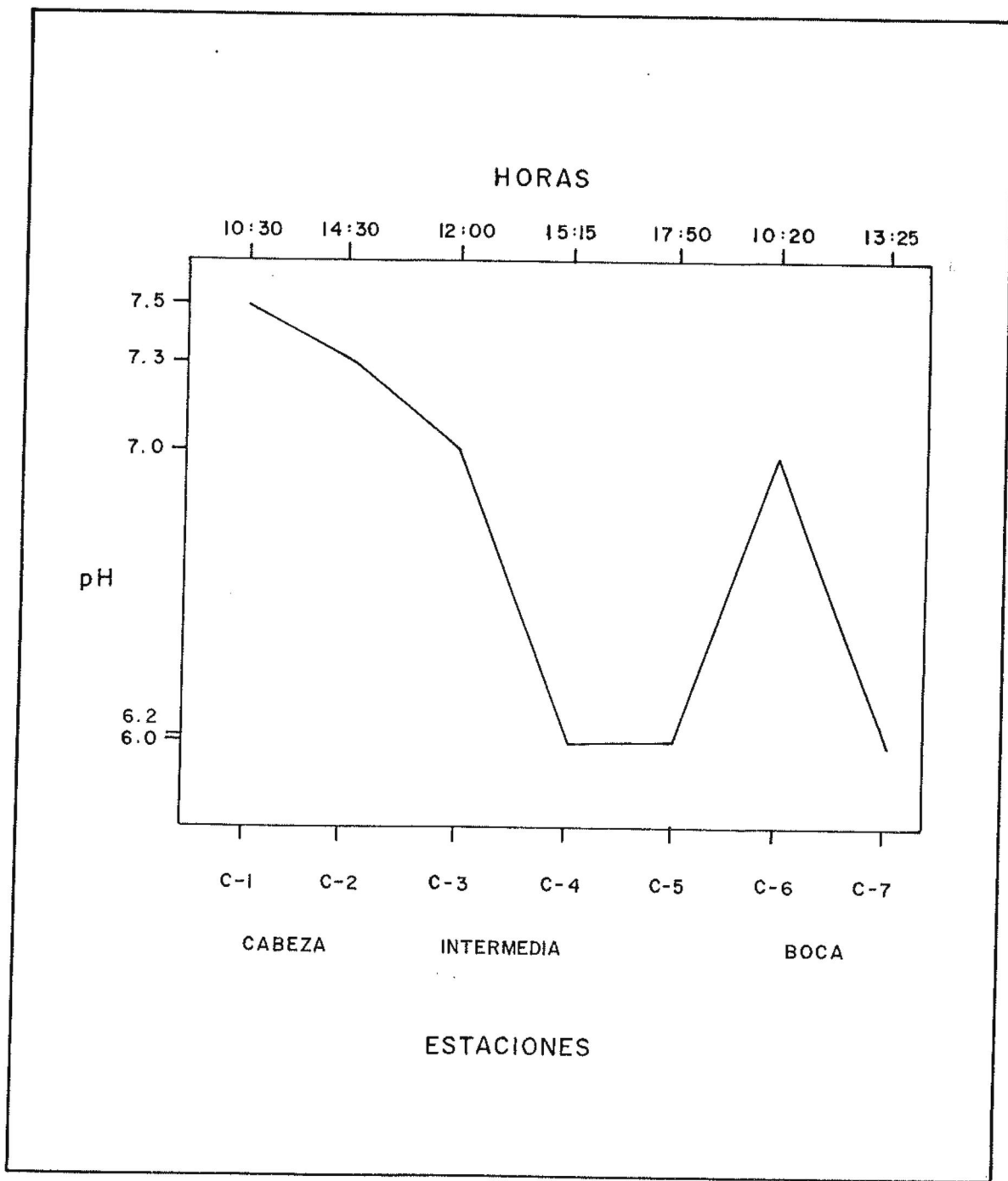


FIG. 14 VALORES DE pH EN LA COLUMNA DE AGUA.

#### IV DISCUSIONES

En general, los resultados obtenidos de la concentración de fosfato del agua intersticial de la planicie de inundación de la laguna costera, Estero de Punta Banda, muestran una desviación estándar muy grande, lo que indica que existen procesos físicos, químicos y biológicos, que provocan variaciones significativas en la concentración de fosfato, en un área de un metro cuadrado. A su vez, esta variación se da también entre estaciones, obteniendo 58 estaciones, significativas, y 38 no significativas (Tabla IV). Por lo cual, no es posible establecer un patrón de distribución de fosfato en el agua intersticial de la planicie de inundación.

En la planicie de inundación las concentraciones de fosfato encontradas en este estudio, son de 4 a 5  $\mu\text{g.at./l.}$  más altas, que las obtenidas en la columna de agua y las reportadas para la columna de agua por Hillón et al., (1981). Este aumento puede explicarse, ya que la matéria orgánica en los sedimentos es degradada por las bacterias y transformada a nutrientes, los cuales son incorporados al agua intersticial.

En la columna de agua los valores de fosfatos fueron mayores en la zona de la cabeza y disminuyeron en dirección a la boca. Esto indica que en el extremo interno del estero, la remineralización de nutrientes en los sedimentos y el efecto de la turbulencia inducida por el viento y las corrientes de marea, incrementa la concentración de nutrientes en las aguas superficiales (Celis y Alvarez, 1975); Millán et al., (1981).

En general la concentración de fosfato del agua intersticial de pleamar media superior, es menor que, la concentración de fosfato del agua intersticial de bajamar inferior, esto puede explicarse ya que, los sedimentos localizados en la planicie de inundación de pleamar media superior, están expuestos durante un mayor número de horas a los rayos solares, lo que ocasiona un crecimiento mayor en las plantas de marisma que utilizan el fosfato para su desarrollo (Martin, 1970). También es importante destacar que el agua intersticial al bajar la marea, se percola llevándose una cantidad importante de nutrientes (Reimel, 1972).

Se observó que los valores de fosfato son mayores en la zona de la cabeza y boca, con un máximo en el interior del estero.

Para la zona de la cabeza tenemos que la circulación de las aguas es bastante restringida, así como la profundidad de la zona, ✓ lo que provoca una acumulación de materia orgánica y un medio adecuado para su degradación, ocasionando la producción de fosfato. ✓ Las aves que en su mayor cantidad habitan en esta zona, pueden de alguna forma contribuir a la concentración de fosfato como guano, (Zedler, 1982). (Lo cual no se ha determinado si funciona como un aportador o lo están remineralizando para dicha zona).

En la zona intermedia los valores de fosfato del agua intersticial son los más bajos. Esto puede ser explicado, ya que en estas zonas se encuentran áreas muy extensas que quedan al descubierto y están asociadas con un gran número de canales y una abundancia de plantas.

Para la zona de la boca la alta concentración de fosfato, puede explicarse por la presencia de descargas de aguas domésticas que son drenadas a esta zona, por el Hotel Estero Beach y Campo Tonys durante todo el año (Aranda, 1987, comunicación personal).

En base a lo anterior, es posible plantear algunas características que ayuden a entender el ciclo biogeoquímico ✓ del fosfato disuelto en el agua de la laguna costera, Estero

de Punta Banda, con el objeto de ser más claro, se desglosará en un modelo.

a).- El principal factor que puede estar contribuyendo a la variación de fósforo es la materia orgánica, que proviene principalmente de la vegetación que habita en la marisma, que cuando muere se acumula en la superficie del sedimento y debajo de ella. En el área de estudio se observó la presencia de plantas como: Spartina foliosa, Suaeda californica, Ruppia maritima y Salicornia virginica. Estas plantas actúan también como atenuantes de flujo y refluo maresal, permitiendo que el material en suspensión, orgánico e inorgánico, se deposite en el fondo, causando una concentración elevada de material orgánico, principalmente en los sedimentos del extremo interno de la laguna. Se observó que en esta zona la turbidez es mayor que en la boca (Gallo y Alvarez, 1975).

Cuando una planta muere, los tallos se depositan en el sedimento y sus raíces se degradan en el mismo lugar. Este material orgánico se empieza a descomponer en los primeros centímetros del sedimento, y es usado principalmente por organismos detritófagos y heterótrofos. A la vez, las bacterias producen una bi oxidación intensa y una remineralización de los nutrientes en los sedimentos, estos sedimentos con alta concentración de material orgánico,

muestran a menudo una producción significativa de ácido sulfhídrico, que se puede apreciar por el olor al remover los sedimentos. Esto evidencia condiciones anaeróbicas (Celis y Alvarez, 1975).

✓ Cuando el fosfato disuelto se encuentra en el sedimento, grandes cantidades son asimiladas por organismos fotosintéticos, tales como las plantas, algas y organismos hervíboros. (Pomeroy et al., 1969; en Whitney et al., 1981) demostró que spartina obtiene el fosfato para su crecimiento y formar nuevos tejidos por medio de sus raíces a partir de sedimentos, el fosfato es reciclado nuevamente a medida que muere la planta y es descompuesta por las bacterias o comida por otros organismos. McRoy y Sardate (1970; en Reimold, 1972) y Zedler (1982) indica que un factor que puede afectar al fosfato, es la absorción por las raíces de las halófitas como Zostera marina y Spartina, asimilando e incorporando el fosfato a los tallos y los exsuda hacia la columna de agua, funcionando así como una ✓ bomba de fosfato, desde el sedimento hacia la columna de agua.

La distribución de las plantas en el área de estudio presenta una heterogeneidad, y más aún en las raíces y rizomas, lo cual provoca una mayor y menor acumulación de materia orgánica depositada en el sedimento. Esto explica

La alta variabilidad de fosfato en el agua intersticial.

b).- Otro factor más que puede contribuir a la heterogeneidad en la distribución de los parámetros físicos y químicos en los sedimentos de la planicie de inundación, es la intensa actividad biológica de los organismos bioturbadores como el cangrejo violinista Uca crenulata, el gasterópodo Cerithidea californica, y los cangrejos Pachygrapsus sp., Hemigrapsus sp. Zimmermann et al., (1985) encontraron diferencias significativas en la velocidad de la percolación entre dos puntos colocados a un metro de distancia. Concluyeron que las halófitas y la fauna bentónica asociada, actúan aumentando la velocidad de la percolación, creando rutas de acceso para el agua intersticial. En este caso las raíces de las plantas y los organismos bioturbadores, hacen posible que fluya el agua intersticial por los sedimentos. Esto hace suponer que las concentraciones de fosfato, son mayores en bajamar inferior, debido a que una vez en solución, el fosfato intersticial puede difundirse o transportarse por percolación hacia afuera del sedimento y por las vías de acceso, que forman los organismos excavadores como Uca crenulata. Así mismo la actividad de Uca crenulata puede afectar la producción y descomposición de la materia orgánica, incrementando la superficie aeróbica de los sedimentos entre un 20 y 60 % o más, aumentando la capacidad de oxigenación y provocando la

degradación aeróbica de la materia orgánica, inhibiendo a su vez el efecto de sustancias tóxicas resultantes del metabolismo anaeróbico, principalmente el ácido sulfhídrico, que inhibe el crecimiento de Spartina (citado por Gamacho, 1987). De acuerdo a Félix (1972), las plantas superiores forman diversos compuestos en sus células, por ejemplo las plantas contienen alrededor de 0.3 % del peso de la materia seca en fósforo, los organismos herbívoros y sedimentívoros, a su vez, fijan parte del fósforo ingerido en su esqueleto, aproximadamente el 20 % y gran proporción es eliminado por la materia fecal y vuelve al sedimento o es transportado al agua.

c).- En términos generales se ha encontrado una estrecha relación con el tamaño de grano del sedimento y la materia orgánica. A menor tamaño de grano, mayor concentración de materia orgánica o viceversa (Trask, 1969; Pettijhon, 1976). En base a los medios ambientes sedimentarios identificados por Ames (1965), se observa que para la zona de la cabeza el tamaño de grano va de limas arenosas y arenas arcillosas. La menor influencia de flujo y reflujo de marea, para esta zona permite la deposición de sedimentos finos y a su vez una mayor acumulación de material orgánico, haciendo posible el aumento de la concentración de fosfato en el agua intersticial.

Para la zona intermedia, el sedimento está representado por limos arcillosos, en donde cabría esperar concentraciones de fosfatos más altas que las encontradas en esta zona, pero una vez en solución el fosfato intersticial es consumido rápidamente por las plantas y organismos en esta extensa planicie de inundación (Martin, 1970).

Armstrong (1965; en Martin, 1970) demostró que en las Bahías semitropicales y tropicales, los cambios diarios están asociados con la actividad biológica. Las concentraciones de fosfato son máximas antes de salir el sol, y disminuyen durante el día hasta alcanzar un mínimo para volver a aumentar por la noche. Por ello es importante señalar que el muestreo se realizó durante tres días a distintas horas y la variación diaria en nuestra área de estudio no ha sido determinada.

Para la zona de la boca se tiene un tamaño de grano que va de arena a arena limosa. A partir de lo cual sería de esperarse concentraciones menores de fosfato en esta zona, ya que el sedimento es mayor, pero los valores de fosfato son más altos que los de la zona intermedia, esto pudiera ser una consecuencia de los medios ambientes, que han sido alterados por medio de descargas de aguas domésticas que drenan hacia el estero. En esta zona puede suceder que exista un aporte de agua dulce con detergentes y desechos

orgánicos, lo que aumentaría la concentración de fosfato. El intercambio de agua de mar que ocurre en la bahía y el estero, durante el ciclo de las mareas, produce que el agua de la Bahía con el agua del estero se mezclen y se diluya la concentración de fosfato en el agua del estero.

En general, los procesos que afectan al ciclo biogeoquímico del fosfato disuelto en el agua intersticial de la planicie de inundación, son las plantas, bacterias, algas, organismos bioturbadores del sedimento y las fluctuaciones de la marea. Una vez en solución, el fosfato producido, puede difundirse o transportarse por percolación hacia afuera del sedimento, pasando a la columna de agua y enriqueciéndola con nutrientes, (Fig. 16).

En base a los resultados obtenidos de temperatura del agua intersticial, como de la columna de agua, no es posible discutirlos, ya que el muestreo se realizó en tres días diferentes, por lo cual no son comparables, debido a que las condiciones climáticas fueron para cada día diferentes.

La salinidad del agua intersticial de la planicie de inundación, presentó una mínima variación en un metro cuadrado, por lo tanto su desviación estándar es pequeña entre cada estación, dando como resultado 36 estaciones significativas y 56 no significativas (Tabla V). Esto

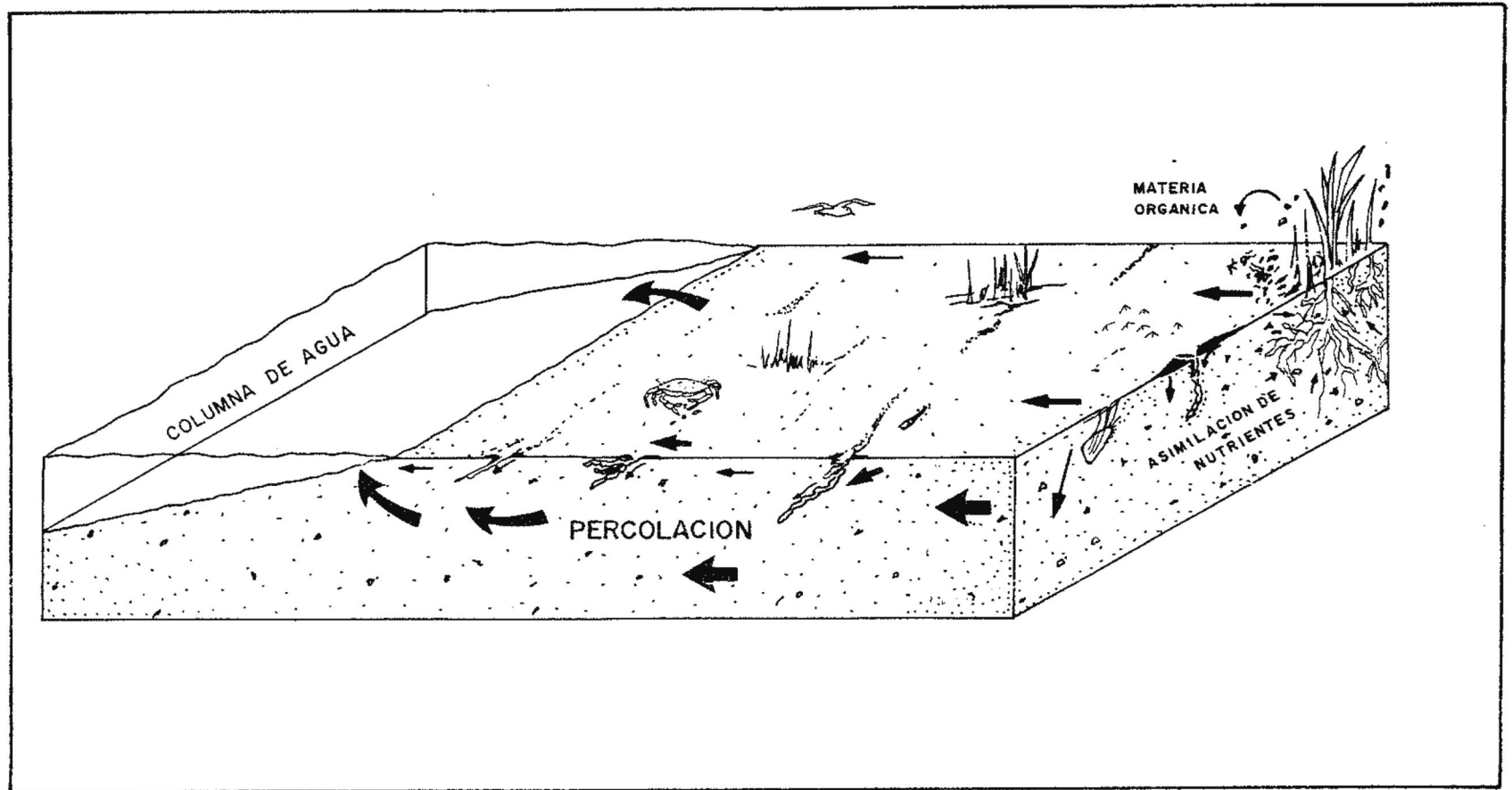


FIG 15 MODELO GENERAL DE LA PERCOLACION, LAS FLECHAS INDICAN EL MOVIMIENTO DEL AGUA INTERSTICIAL .

permite generar un patrón de distribución de salinidad en la planicie de inundación, encontrando la salinidad mínima para la zona de la cabeza y aumentando en dirección de la boca. En general la salinidad del agua intersticial de pleamar media superior, es mayor que la salinidad de bajamar inferior.

Se ha reportado que el Estero de Punta Banda es una cuenca de evaporación (Acosta y Alvarez, 1974). Estos procesos de evaporación son más intensos en las zonas más someras, como la marisma superior, debido a la batimetría irregular, que presenta canales bajos y áreas muy extensas que quedan expuestas por un número de horas a los rayos del sol, por la cual el agua de la superficie se evapora, aumentando así la salinidad en el agua intersticial (Alvarez et al., 1977).

El comportamiento de salinidad de bajamar inferior, es debido a que el agua intersticial y la columna de agua, es más directo el intercambio de agua, y los sedimentos no han estado un mayor tiempo expuesto a los rayos del sol. Para la columna de agua no se presenta una variación como el agua intersticial, ya que el agua que proviene de la Bahía hacia el estero, generalmente llega con salinidad relativamente baja.

Chapman (1981) encontró variaciones de decenas de partes por mil de salinidad en los primeros 10 centímetros de profundidad en sedimentos lodosos, encontrando también que la penetración de sales hacia los sedimentos lodosos, no es tan rápida como en los sedimentos arcillosos. Es posible observar este comportamiento en los resultados obtenidos para el presente trabajo (Fig. 8 y 9). De acuerdo con lo reportado por Ames (1965) los sedimentos más gruesos se encuentran en la zona de la boca, haciéndose más finos hacia el interior de la planicie de inundación.

Sin embargo, se ha reportado que en la parte interna de la marisma, se presentan salinidades mayores, de 25 a 40 ‰ en las regiones de Spartina y más de 40 ‰ en zonas de Salicornia desprovistas de vegetación, (Bestler, 1977a; en Pomeroy y Imberger, 1981). Hackney De la Cruz (1978; en Camacho, 1987) reporta que en los primeros centímetros del sedimento la salinidad queda alterada por las raíces de Spartina, que cuenta con estructuras adaptativas llamadas glándulas salinas, que pueden absorber agua y aumentar la salinidad intersticial. En nuestra área de estudio se observó la presencia de Spartina y Salicornia, lo que puede de alguna manera contribuir al aumento de la salinidad intersticial.

En general los resultados obtenidos de pH del agua intersticial de la planicie de inundación, muestran una desviación estándar muy grande, lo que indica que existen procesos fisicoquímicos y biológicos, que provocan variaciones significativas en el pH en una área de un metro cuadrado. A su vez esta variación se da también entre cada estación obteniendo 52 estaciones significativas y 39 no significativas (Tabla VI), por lo cual no es posible establecer un patrón de distribución del pH en el agua intersticial. En la columna de agua los valores de pH son más estables que los del agua intersticial, encontrando el valor máximo de pH en la zona de la cabeza, disminuyendo en dirección de la boca, excepto en la estación 6 que presenta un máximo.

La distribución del pH en la columna de agua, principalmente es debido a los procesos biológicos, intercambio gaseoso aire-agua, y el flujo y reflujos de marea. Celis y Alvarez (1975) demostraron que la mayor oxigenación es debida a la turbulencia provocada por el oleaje, y en el extremo interno, por procesos de oxidación bioquímica, por el alto contenido de material orgánico en suspensión, aunado a intercambio gaseoso lento con la atmósfera.

En términos generales, el pH intersticial para plasmar

media superior y bajamar inferior, presentaron una variación de toda una unidad en el curso del día, provocando una heterogeneidad en la planicie de inundación. Estos cambios en el pH resultan primordialmente de la utilización del bióxido de carbono y carbonatos, por la microflora presente en el agua y sedimento, (Pomeroy, 1959; en Pomeroy y Inberger, 1981). Así mismo, la degradación de la materia orgánica por las bacterias, ocasiona condiciones oxidantes y reductoras (Scoffin, 1976).

En la planicie de inundación, se presentó una capa superior aeróbica u oxidada, donde el oxígeno está presente y una capa anaeróbica inferior donde sólo habitan bacterias, dominando esta capa para nuestras estaciones (Contreras, 1985). Lo que da como resultado medios ambientes ácidos y alcalinos para pleamar media superior y bajamar inferior. Aunque el sedimento presente condiciones anaeróbicas, el agua que drena a través de las vías de acceso con cada ciclo mareal, probablemente introduzca oxígeno en aquellas regiones que tienen contacto con el agua parcelada, el oxígeno es introducido también al sedimento a través de las raíces de Spartina, creando microzonas oxidadas alrededor de las raíces. Las condiciones reductoras son mantenidas principalmente por la entrada continua de la materia orgánica que proviene de las plantas, promoviendo así una variabilidad en la química y particularmente en la

bioquímica microbiana del sedimento (Delaune et al., 1978);  
(Pomeroy y Imberger, 1981).

## V CONCLUSIONES

1.- La concentración de fosfato disuelto en el agua intersticial de la planicie de inundación de la laguna costera, "Estero de Punta Banda", Baja California, presenta variaciones significativas en áreas de un metro cuadrado, por lo que con estos datos, no es posible establecer un patrón general de distribución.

2.- Las concentraciones de fosfato en el agua intersticial encontradas en este estudio, son de 4 a 6  $\mu\text{g. at./l.}$  más altas que las de la columna de agua.

3.- La concentración de fosfato disuelto en el agua intersticial de bajamar inferior, es mayor que la concentración de fosfato en pleamar media superior, indicando que existe una penetración del agua de la columna hacia el sedimento durante el flujo; y en el refluo el agua intersticial es capaz de fluir hacia afuera del sedimento. Por lo tanto, una vez en solución, el fosfato intersticial puede difundirse o transportarse por percolación. En la columna de agua la concentración de fosfato es mayor en la zona de la cabeza y disminuye en

dirección a la boca, lo que indica que la columna de agua se está enriqueciendo con nutrientes.

4.- Las concentraciones de fosfatos del agua intersticial fueron mayores en el interior del estero y en la boca, para la zona intermedia se detectaron los valores mínimos de fosfato.

## VI RECOMENDACIONES

Un par de recomendaciones para futuros trabajos son: primero determinar la porosidad del sedimento, granulometría y cantidad de materia orgánica en el agua intersticial y relacionarlos con muestras de la columna de agua, esto ayudará a tener una mejor idea de la concentración y comportamiento de las variables que se deseen estudiar. La segunda recomendación, que los muestreos sean a diferentes profundidades, y a distancias más cortas en diferentes medios ambientes de la laguna costera, con el objeto de llegar a estimar cuantitativamente la remineralización y el flujo hacia la columna de agua. Esto deberá de ser por lo menos durante varias semanas y durante el ciclo de mareas completas.

## VII BIBLIOGRAFIA

Acosta-Ruiz, H. J. y S. Alvarez, S., 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos, físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, Baja California. En otoño e invierno. Ciencias Marinas. U.A.B.C. (Mex.). 1 (1) : 18-43.

Alvarez-Borrego, S., H. J. Acosta, R. y J. R. Lara, L., 1977. Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas. U.A.B.C. (Mex.) 4 (1) : 1-11.

Alvarez-Borrego, S., S. Aguilóniga García y V. F. Comecho Ibar. (en prensa). Un nuevo, sencillo y barato muestreador in situ de aguas intersticiales de sedimentos de entre mareas. Ciencias Marinas (Mex.).

Allen, G. E., Handelli y J. P. F. Zimmerman., 1961. Physics-Geology-Chemistry in Coastal Lagoon Research, Present and Future. Unesco technical papers in marine science. 32. 29-49.

Ames-Sigala, L. F., 1985. Distribución de los ambientes sedimentarios en el Estero Punta Banda, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. 81 p.

Aranza-Hantoca, F. J., 1988. Estudios de minerales pesados como trazadores de la corriente litoral en la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. 78 p.

Arenas-Virgilic, y B. de la Lanza., 1981. The effect of dried and cracked sediment on the availability of phosphorus in coastal lagoons. *Estuaries*. 4 (3) : 208-212.

Cancho-Ibar, V. F., 1987. Dinámica de nutrientes de las aguas intersticiales de sedimentos lodosos con halófitas en una laguna costera. Tesis de Maestría. CICESE. 88 p.

Celis-Gascón, R. y Alvarez A. S., 1976. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos y químicos en el Estero de Punta Banda, Baja California, en primavera y verano. *Ciencias Marinas*. U.A.B.C. (Mex.). 2 (1) : 98-106.

Chapman, P.M., 1981. Measurements of the short term stability of interstitial salinities in subtidal estuarine sediments. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 12 : 67-81.

Contreras-Castellano, O., 1988. Distribución de los valores de Eh y pH en los sedimentos de la planicie de inundación de la laguna costera de Punta Banda, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. 46 p.

DeLaune, B. D., Patrick Jr. W. M. y J. N. Boynton, 1976. Nutrient Transformations in Louisiana Salt Marsh Soil. Louisiana State University., Baton Rouge, L. A. 38 p.

Félix-González, G., 1972. Introducción a la Geoquímica. Departamento de recursos naturales y energía. San Carlos de Bariloche, Rio Negro, Argentina. 140 p.

Guardado-France, R., 1988. Distribución de carbonatos totales presentes en los sedimentos de la laguna costera Estero de Punta Banda, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas U.A.B.C. 44 p.

Green-Ruiz, M. J., S. Caschetto y S. Alvarez B. 1984.  
Silice disuelto en la columna de agua y en las aguas  
intersticiales de una laguna costera. Ciencias Marinas.  
México. 9 (2) : 51-74.

Hanheim, T. F., 1976. Interstitial waters of marine  
sediments en J. P. Riley y R. Chester, 1976.  
Chemical Oceanography. 6 : 115-188.

Martin, F. D., 1970. Marine Chemistry. 2 : 183-223.

Gillán-Buñez, E., F. de J. Ortiz. y Alvarez, B. S.,  
1981. Variabilidad temporal y espacial de nutrientes de  
fitoplancton en una laguna costera a finales de verano.  
Ciencias Marinas. U.A.C.C. (Mex). 7 (1) : 135-128.

Pettijohn, F. J., 1975. Sedimentary Rocks. 3 Ed. Harper  
& Row, Pub. New York. 628.

Pestno, H., 1989. Chemistry of Coastal Lagoons. Lagunas  
Costeras, un Simposio. Mem. Sisp. Intern. Lagunas  
Costeras. UNAM-UNESCO, México, D. F. 421-450.

Pomeroy, L. R. y Inberger, J., 1981. The physical and  
chemical environment. En Pomeroy, L. R. y Viegert, R.  
G., 1981. The Ecology of a Salt Marsh. Ecological

Studies 38. New York Heidelberg Berlin. 24-36 p.

Presley, J. O. y Trefry, H. J., 1980. Sediments-water interactions and the geochemistry of interstitial waters. En Olausson, E. y Cato, I., Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. (1980). (6) : 197-232.

Pritchard, W. D., de la Paz, V. R., Cabrera, H. H., Ferreras, S. S. y Morales, E., 1979. Hidrografía física del Estero de Punta Banda. Parte I. Análisis de datos. Ciencias Marinas. U.A.B.C. (Mex). 5 (2) : 1-23.

Feimold, L. R., 1972. The movement of phosphorus through the salt marsh cord grass, Spartina alterniflora Loisel. Limnology and Oceanography 17 (4) : 600-611.

Biley, J. P. y Chester, R., 1973. Chemical Oceanography. Academic Press, London and New York, 7 : 402-403.

Sánchez-Hernández, J. L., 1978. Descripción superficial de nutrientes en un ciclo anual en el Estero de Punta Banda, Baja California Norte. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. 50 p.

Siever Raymond., 1902. A squeezer for extracting

interstitial water from modern sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*. 32 (2) : 329-331.

Scoffin, T. P., 1970. The trapping and binding of subtidal carbonate sediments by marine vegetation in Pinini Lagoon, Bahamas. *Jour. Sed. Petrology*. 40 (1). 848-870.

Strickland, R. D. J. y Parsons, R. T., 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Bull. Fish. Res. Bd Canada Ottawa. 167 p.

Trask, P. D., 1988. Organic content of recent marine sediments. Parker D. Trask (ed). Dover publications. Inc. New York. 788 p.

White, D. E., Hen, J. D. y Waring, B. D., (1968);  
Manheim, T. F., (1972); citado por Manheim, T. F.,  
(1978). en Riley, J. P. y Chester, R. (1976).  
*Chemical Oceanography*, (1976). 6 : 115-186.

Whitney, D. H., Chalmers, A. G., Haines, E. E., Hanson,  
R. E., Pomeroy, L. R., y Sherr, B., 1981. The cycles  
of nitrogen and phosphorus. En Pomeroy, L. R., y  
Wiegert, A. G., 1981. *The Ecology of Salt Marsh*.  
*Ecological Studies* 38. Cap. 8 163-181.

Zedler, B. J., 1982. The Ecology of Southern California Coastal Salt Marshes. A Community Profile. 49-95.

Zimmermann, C. F., Montgomery, J. R., y Carison, R. R., 1985. Variability of dissolved reactive phosphate flux rates in nearshore estuarine sediments: effects of ground water flow. Estuaries. 8 (2b): 229-236.