



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

DISTRIBUCION ESPACIAL Y REGISTROS CIRCADIANOS
DE NO_3 , NO_2 , PO_4 , Y SiO_2 EN EL DELTA DEL RIO COLORADO



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

JOSE MARTIN HERNANDEZ AYON

ENSENADA, B.C. OCTUBRE DE 1990.

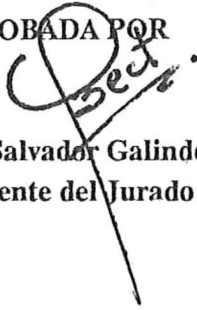
RESUMEN

Con el propósito de determinar el índice de fertilidad y la variación de los nutrientes, se generaron registros circadianos en un punto fijo y distribuciones espaciales en 17 estaciones para NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2 en el Delta del Río Colorado. Los registros circadianos y la distribución espacial se muestrearon bimensual y mensual respectivamente. En los registros circadianos se tomaron muestras cada dos horas. En base a las concentraciones de nutrientes se identificaron tres zonas: costa de Sonora quien presentó las más bajas concentraciones en todos los nutrientes, costa de Baja California que presentó altas concentraciones de fosfatos y nitritos y por último la región del río en la que nitratos y silicatos fueron máximos. La distribución espacial y los registros circadianos señalan que los nutrientes no son limitantes en el Delta del Río Colorado, conciderándola como una zona con alta fertilidad. El intervalo anual promedio de nitratos fué de 16 a 37 μM ; nitritos de 0.3 a 8.7 μM ; fosfatos de 1 a 12 μM y silicatos de 39 a 66 μM . Los registros circadianos de nutrientes señalan la presencia de dos épocas estacionales, con valores menores en verano y mayores en invierno.

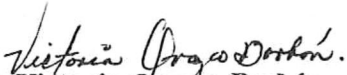
**DISTRIBUCION ESPACIAL Y REGISTROS CIRCADIANOS DE NO3, NO2, PO4 Y SIO2 EN
EL DELTA DEL RIO COLORADO**

**TESIS PRESENTADA POR
José Martín Hernández Ayón**


APROBADA POR




**Oc. Manuel Salvador Galindo Bect
Presidente del Jurado**



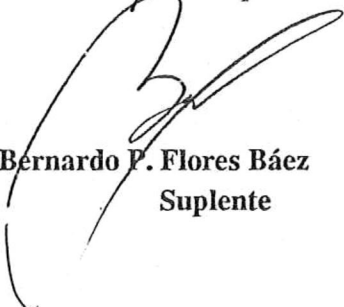
**Oc. Victoria Orozco Borbón
Sinodal Propietario**



**Oc. Hector Bustos Serrano
Sinodal Propietario**



**Oc. Guillermo M. Martínez García
Sinodal Suplente**



**Oc. Bernardo P. Flores Báez Sinodal
Suplente**

DEDICATORIA

A DIOS

POR PERMITIRME LLEGAR A ESTA META

A MI MADRE ESTHER AYON I.

POR SER MI AMIGA, MI GUIA, MI APOYO Y MI EJEMPLO.

A MIS HERMANOS MARCO, SARA Y ANA
POR SU PACIENCIA Y COMPRESION

A TI MARY
POR TU CARINO Y APOYO

A MIS PRIMOS TONY, JAVI Y SAUL
POR SER COMO MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS
POR SUS CONSEJOS Y AYUDA

AGRADECIMIENTOS

A **Salvador Galindo y Bernardo Primitivo Florez B.** por su valiosa ayuda y orientación en la elaboración de esta tesis.

Al **D.R. Saúl Alvarez Borrego** por sus acertadas observaciones y sugerencias.

A los **Oceanólogos Victoria Orozco, Hector Bustos y Guillermo Martinez** por sus consejos y observaciones en la revisión de este trabajo.

Al **Instituto de Investigaciones Oceanológicas** por su cuanteosa ayuda.

A **CONACYT y a la U.A.B.C.** por su apoyo económico.

Al **Señor Luis Tirado** por su ayuda y hospitalidad.

A las **Cooperativas El Tornillal y Venustiano Carranza**, así como a los pescadores **Pancho, Chevo, Poncho y Chino** por su apoyo tan gentil.

A los maestros **Oc. Edgar Arrollo, Oc. Antonio Trujillo, M.C. Eduardo Santamaria y M.C. Luis Felipe** por sus asesorías.

A **Fco. Falcon, Javier de la Torre, Renato Mascorro, mi hermano Marco, al Oc. Fco. Delgadillo, al Oc. Luis A. Galindo Bect y a la Oc. Amelia** por su ayuda y colaboración.

A mis compañeros de muestreo en el Golfo, **Irma, Alma, Vicky, Karla, Lola, Pedro, Amilcar, Cándido y Alex.**

A TODOS USTEDES GRACIAS.

INDICE GENERAL

	Página.
RESUMEN.	I
HOJA DE APROBACION.	II
INDICE GENERAL.	III
LISTA DE FIGURAS.	IV
LISTA DE TABLAS.	V
I. INTRODUCCION.	
I.1 GENERALIDADES.	1
I.2 ANTECEDENTES.	4
I.3 OBJETIVOS.	6
II. MATERIALES Y METODOS.	
II.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.	8
II.2. METODOS DE CAMPO.	9
II.3. METODOS DE ANALISIS.	11
II.4. METODOS ESTADISTICOS.	11
III. RESULTADOS.	
III.1. DISTRIBUCION SUPERFICIAL.	
III.1.1. NITRATOS.	
III.1.1.1. JUNIO.	13
III.1.1.2. AGOSTO.	13
III.1.1.3. NOVIEMBRE.	16
III.1.1.4. DICIEMBRE.	16
III.1.1.5. FEBRERO.	16
III.1.1.6. MARZO.	20
III.1.1.7. ABRIL.	20
III.1.1.8. MAYO	20
III.1.2. NITRITOS	
III.1.2.1. JUNIO.	24
III.1.2.2. AGOSTO.	24
III.1.2.3. NOVIEMBRE.	24
III.1.2.4. DICIEMBRE.	27
III.1.2.5. FEBRERO.	27
III.1.2.6. MARZO.	27
III.1.2.7. ABRIL.	27
III.1.2.8. MAYO	33
III.1.3. FOSFATOS.	
III.1.3.1. JUNIO.	33
III.1.3.2. AGOSTO.	33
III.1.3.3. NOVIEMBRE.	37
III.1.3.4. DICIEMBRE.	37
III.1.3.5. FEBRERO.	37
III.1.3.6. MARZO.	37
III.1.3.7. ABRIL.	42
III.1.3.8. MAYO.	42
III.1.4. SILICATOS.	
III.1.4.1. AGOSTO.	42
III.1.4.2. NOVIEMBRE.	45

III.1.4.3. DICIEMBRE.	45
III.1.4.4. FEBRERO.	45
III.1.4.5. MARZO.	50
III.1.4.6. ABRIL.	50
III.1.4.7. MAYO.	50
III.2. REGISTROS CIRCADIANOS Y PBS.	
ESTADISTICAS.	54
IV.DISCUSIONES.	64
V. CONCLUSIONES.	73
VI. LITERATURA CITADA.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Reservorios del Río Colorado.	7
2. Localización geográfica y plan De estaciones de muestreo en el delta del Río Colorado.	9
3. Distribución espacial de nitratos junio.	14
4. Distribución espacial de nitratos agosto.	15
5. Distribución espacial de nitratos noviembre.	17
6. Distribución espacial de nitratos diciembre.	18
7. Distribución espacial de nitratos febrero.	19
8. Distribución espacial de nitratos marzo.	21
9. Distribución espacial de nitratos abril.	22
10. Distribución espacial de nitratos mayo.	23
11. Distribución espacial de nitritos junio.	25
12. Distribución espacial de nitritos agosto.	26
13. Distribución espacial de nitritos noviembre.	28
14. Distribución espacial de nitritos diciembre.	29
15. Distribución espacial de nitritos febrero.	30
16. Distribución espacial de nitritos marzo.	31
17. Distribución espacial de nitritos abril.	32
18. Distribución espacial de nitritos mayo.	34

19.	Distribución espacial de fosfatos junio.	35
20.	Distribución espacial de fosfatos agosto.	36
21.	Distribución espacial de fosfatos noviembre.	38
22.	Distribución espacial de fosfatos diciembre.	39
23.	Distribución espacial de fosfatos febrero.	40
24.	Distribución espacial de fosfatos marzo.	41
25.	Distribución espacial de fosfatos abril.	43
26.	Distribución espacial de fosfatos mayo.	44
27.	Distribución espacial de silicatos agosto.	46
28.	Distribución espacial de silicatos noviembre.	47
29.	Distribución espacial de silicatos diciembre.	48
30.	Distribución espacial de silicatos febrero.	49
31.	Distribución espacial de silicatos marzo.	51
32.	Distribución espacial de silicatos abril.	52
33.	Distribución espacial de silicatos mayo.	53
34.	Registro circadiano de NO ₃ , NO ₂ y PO ₄ para junio.	56
35.	Registro circadiano de NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ y SiO ₂ para agosto.	57
36.	Registro circadiano de NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ y SiO ₂ para noviembre.	58
37.	Registro circadiano de NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ y SiO ₂ para febrero.	59
38.	Registro circadiano de NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ y SiO ₂ para abril.	60

39.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo de nitratos en los registros circadianos.	69
40.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo de nitritos en los registros circadianos.	69
41.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo de fosfatos en los registros circadianos.	70
42.	Relación entre el valor medio, máximo y mínimo de silicatos en los registros circadianos.	70

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pag.
I.	Fechas de muestreo hidrológico en el Delta del Río Colorado.	12
II.	Resultados de la prueba de Tukey para NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ Y SIO ₂ en los registros circadianos.	61
III.	Resultados de la prueba de Wilcoxon para flujo y reflujos de nutrientes en los registros circadianos.	63

I. INTRODUCCION

I.1 GENERALIDADES

El estuario es una extensión de agua costera semicerrada que tiene una comunicación libre con el mar abierto, la cual es afectada fuertemente por la marea y en él se mezcla el agua de mar (Pritchard, 1967). Se caracteriza por la renovación en un corto tiempo de los nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos, así como la formación de detritus orgánicos en el bentos.

Estuarios como Cumberland Basin en Nueva Escocia, donde la presencia de mareas con un intervalo de aproximadamente 11 metros (similares a las observadas en el Delta del Río Colorado), provee tal energía que mucha de la producción en marismas parece ser exportada y distribuida altamente a lo largo del estuario, donde altos niveles de turbiedad no permiten que se lleve a cabo la producción fitoplanctónica. Debido a esto, aproximadamente la mitad del carbon fijado fotosintéticamente en dicho estuario es debido a la producción de marismas (Gordon Jr. *et al.*, 1985); así también la recuperación de alimento de los sedimentos profundos por la actividad microbiana y por raíces vegetales, crea un sistema de auto enriquecimiento (Kuenzler, 1961; Pomeroy *et al.*, 1965, 1969. Citados por Odum, 1972).

El Alto Golfo de California, específicamente el Delta del Río Colorado antiguamente se le consideraba como un estuario por la gran cantidad de agua dulce que recibía. Actualmente dicha zona presenta un comportamiento de tipo antiestuarino en virtud del escaso volumen de agua dulce que recibe, está clasificada como una zona de reserva donde las especies comerciales migran durante una etapa de su vida en busca de refugio y condiciones apropiadas para su desarrollo; las grandes extensiones de marismas proporcionan las condiciones adecuadas para su crecimiento.

El conocimiento de estas áreas altamente productivas, implica el tratar de preservarlas con la finalidad de introducir en estos cuerpos de agua organismos que localizados en los niveles tróficos iniciales consuman esta alta productividad. (Galindo Bect y Flores Baez, 1982).

La explotación de los recursos marinos renovables en cuerpos de agua costeros representa una fuente importante de alimento, contribuyendo con un alto porcentaje en las necesidades alimentarias del país. El camarón es un ejemplo de dichos recursos, el cual hasta el año pasado se consideró como el principal producto pesquero de exportación y uno de los primeros dentro de la balanza comercial de nuestro país. Cabe destacar que la captación de divisas por la exportación del camarón, le permitieron a esta pesquería situarse en sexto lugar entre los productos no petroleros que más se vendieron al exterior a nivel nacional (Secretaría de Pesca, 1989).

Sonora pertenece a la zona del Pacífico Norte considerada como la mayor en potencial de explotación pesquera, no obstante en dicha entidad federativa el sector pesquero ha resentido anualmente un descenso paulatino en la captura del crustaceo y peces (Luis Tirado¹, com. pers.). Se cree que estos problemas están relacionados con el incremento paulatino del esfuerzo pesquero, el cual puede provocar una sobreexplotación de los recursos marinos, esto aunado al insignificante aporte de agua dulce por parte del Río Colorado (SARH, 1984-1989). Ya que el ciclo de vida de los camarones es fluctuante en condiciones óptimas de desarrollo, los adultos maduran y desovan en condiciones marinas, donde también se lleva a cabo el desarrollo larval, posteriormente las postlarvas viven en condiciones de tipo estuarino hasta ser subadultos y migrar nuevamente al mar (Barnes, 1984).

El Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, desde hace algunos años ha encaminado sus esfuerzos al desarrollo de infraestructura científica que pueda ser utilizada para la producción de especies

¹ Luis Tirado. Cooperativa Venustiano Carranza. Domicilio conocido, Golfo de Santa Clara, Son.

comerciales mediante técnicas controladas de cultivo. A fines de 1972 se inició el proyecto para la introducción del ostión japonés *Crassostrea gigas* en la Bahía de San Quintín, B.C. (Islas Olivares, 1975), llegando a ser actualmente la región productora de ostión más importante en Baja California. Así también se han desarrollado cultivos a nivel experimental y comercial de esta misma especie en el Estero de Punta Banda, B.C. (Jaime Silva, 1974) y Laguna Manuela, B.C.S. (Islas Olivares, et al., 1982). Estos estudios fueron apoyados por estudios hidrológicos básicos que establecen el marco ambiental para el desarrollo adecuado de las especies a cultivar; tal es el caso de los estudios efectuados por Acosta Ruiz y Alvarez Borrego (1974), Alvarez Borrego et al, (1975), Pritchard et al, (1978), Del Valle y Cabrera Muro, (1981), Alvarez Borrego y Alvarez Borrego, (1982), Galindo Bect y Flores Baez, (1982), Farfán y Alvarez Borrego, (1983).

La justificación del presente trabajo, reside en el interés por parte de cooperativas del poblado denominado Golfo de Santa Clara Sonora, para establecer granjas camaroneras en la región del Alto Golfo de California, específicamente en el Delta del Río Colorado, por tal motivo el Instituto de Investigaciones Oceanológicas y la Facultad de Ciencias Marinas se encuentran desarrollando un programa interdisciplinario en las diferentes áreas del conocimiento, como son Física, Química, Biología y Geología con la finalidad de fincar las bases científicas que permitan la planeación adecuada de las granjas camaroneras.

El área de química dentro de los estudios hidrológicos contempla el estudio de la fertilidad de agua analizando sales nutritivas (NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2) ya que para el desarrollo de maricultivos a un nivel de rendimiento óptimo es necesario obtener un conocimiento básico sobre el índice de fertilidad del cual dependerá el alimento disponible que pueda ser capaz de sostener un cultivo a gran escala, además se podrá obtener un marco de referencia con el cual se podrán comparar condiciones del futuro y así hacer las decisiones racionales a medida que los cultivos se desarrollan.

I.2 ANTECEDENTES.

4

El Golfo de California es considerado como la principal cuenca de evaporación en la costa del Pacífico, con características físicas y químicas únicas en la zona Norte (Roden, 1964); esto es confirmado posteriormente por Alvarez Borrego y Galindo Bect (1974), Alvarez Borrego, *et al* (1975) y Martinez Rojas (1990) al encontrar una gran variabilidad en las condiciones hidrográficas.

Numerosos y variados han sido los estudios efectuados en el Golfo de California, sin embargo, los tres últimos trabajos son los únicos registros bibliográficos en que se reportan valores de las condiciones hidrográficas entre la desembocadura del Río Colorado y el puerto pesquero denominado Golfo de Santa Clara, Sonora; los cuales señalan la variabilidad en el Alto Golfo de California, con temperaturas mínimas de 8.25°C en diciembre y máxima de 32.58°C en agosto; salinidad superficial mínima de 35.28 o/oo en octubre y máxima de 41 o/oo en julio.

Alvarez Borrego y Galindo Bect (1974); Alvarez Borrego *et al.* (1975b), Galindo Bect y Flores Baez (1974) y Martinez Rojas (1990) realizaron estudios hidrológicos en la zona que comprende el Delta del Río Colorado, registrándose unicamente datos de temperatura, salinidad y oxígeno.

La mayoría de los registros disponibles sobre concentración de nutrientes en el Golfo son referidos al área comprendida de las islas Angel de la Guarda y Tiburón; donde en trabajos como Roden (1958); Sverdrup (1941); W-rsh C., Warshy Staley (1973) registran datos en esta zona; Alvarez Borrego *et al* (1978), y Alvarez Borrego y Graxiola Castro (1988) reportan datos de nutrientes del norte del Golfo de California con intervalos de NO₃ de 0 A 4.0 μM. de NO₂ de 0 a 0.2 μM. de PO₄ de 0.7 a 1.0 μM. y SiO₂ de 6.1 a 18.0 μM. Sin embargo datos datos previos a este trabajo en el Delta del Río Colorado no existen.

Alvarez Borrego (1980), señala que en el Golfo de California existen durante todo el año procesos de surgencia y de mezcla por las fuertes corrientes de marea y que el acoplamiento funcional de este sistema y el Delta del Río Colorado el cual se considera como una fuente importante de energía física, flujo de nutrientes disueltos y materia orgánica particulada, son los responsables de la alta fertilidad en el Alto Golfo de Baja California.

La depositación en el norte del Golfo de California fué regulado por el Río Colorado, el cual durante el cuaternario formó un cono de sedimentos de 300 millas cuadradas y surtía hasta 150 millones de toneladas de lodo y arena al año, esto debido a la gran amplitud de marea (Meckel, 1975).

Alvarez Borrego *et al* (1975) menciona que el fondo del Alto Golfo de California tiene una topografía muy irregular, con una serie de canales y bajos con dirección noroeste, mejor desarrollados hacia lo que es la boca del Río Colorado.

Las fotografías de satélite sugieren que en la región norte existe una circulación compleja del agua, en verano una corriente caliente y somera fluye mar adentro proveniente de las costas del Delta del Río Colorado, curvándose hacia la derecha por el efecto de coriolis (Lepley, *et al*, 1975).

Schreiber (1969), menciona que existen datos de flujo del sistema del Río Colorado en E.U.A. desde principios de siglo, sin embargo, se tiene conocimiento que desde 1935 el flujo del río ha sido atrapado en el Lago Mead y a medida que se descarga en la sección del río, se retiene en la parte superior del delta donde se utiliza para fines agrícolas (Alvarez Borrego, *et al*, 1975).

Vandivere y Vorste (1984), señalan que el agua del Río Colorado en su mayoría es atrapado por una serie de reservorios que impiden conocer realmente su comportamiento. Datos similares son proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1975 a 1989), señalando la gran inestabilidad que ha sufrido el curso del

Río Colorado debido a la construcción de presas a lo largo de su cause, ya que anteriormente contribuía con cerca del 50% del total de agua dulce vertida al golfo.
(Fig.1)

I.3 OBJETIVO.

- Conocer la fertilidad y variación temporal de sales nutritivas (NO_3 , NO_2 , PO_4 Y SiO_2) en el Delta del Río Colorado mediante la descripción espacial y registros circadianos de las sales mencionadas.

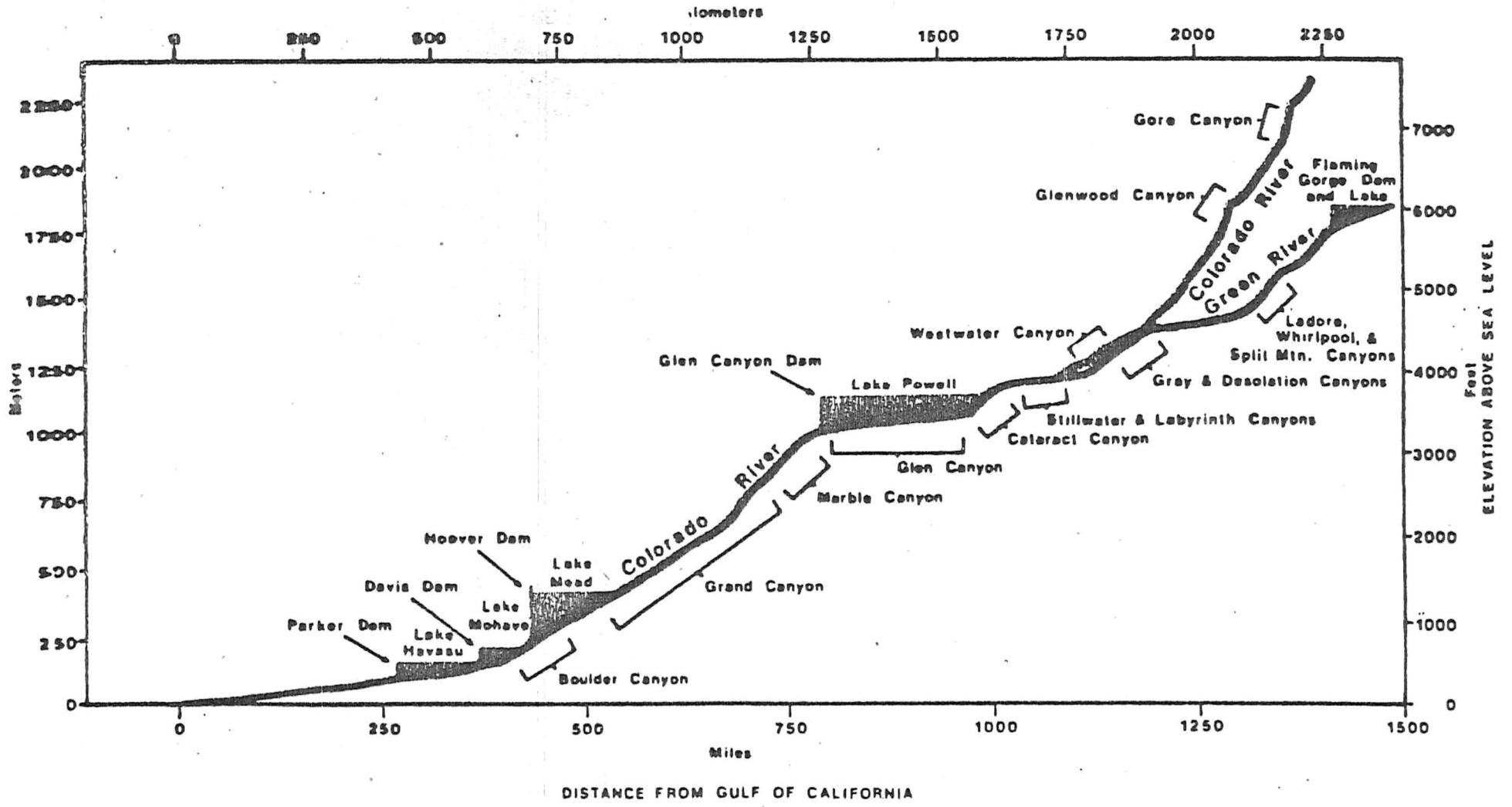


FIG. 1 - RESERVIORIOS DEL RIO COLORADO (GRAF, 1985)

II. MATERIALES Y METODO

II.I. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio (Fig.2), se encuentra localizada entre los 31° 41' y 31° 59' de latitud Norte y los 114° 36' y 115° 03' de longitud Oeste, entre los estados de Sonora y Baja California. Presenta clima semicálido, muy seco, con temperaturas de 0 °C a 55 °C, con promedio anual de 23 °C, con lluvias especialmente en verano (Contreras, 1988). La evaporación promedio anual es de 0.9 m (Lavín y Organista, 1988).

El Alto Golfo de California posee una forma más o menos triangular (Lepley, *et al* 1975), el contenido de sedimentos de origen continental fué acarreado en su mayoría por el Río Colorado, constituyendo un amplio delta sumergido en su mayor parte; su hundimiento alcanza aproximadamente 200 km, el cual al parecer está relacionado a la última transgresión post-Pleistocénica, con rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico medio (Carranza-Edwards, *et al* 1975). Presenta además una serie de afallamientos; una del Pleistoceno que provoca la separación en el desierto de Sonora y la otra del Mesozoico en Baja California separada de la cuenca por la Sierra Juarez y otras montañas (Meckel, 1975).

En lo que fué el estuario del Río Colorado , existen canales submarinos separados por barras de sedimentos emergiendo en islas (Meckel, 1975), tales son los casos de la Isla Montague (de mayor extensión, situada más al norte) y la Isla Pelicano (de menor tamaño, situada entre la I. Montague y la costa de Sonora) (Fig.2).

La zona adyacente a Isla Montague es muy somera, por lo que se ve muy afectada por el clima y en general por las condiciones atmosféricas. Es una zona con características hidrológicas muy variables (Alvarez Borrego, *et al* 1975b; Martinez Rojas, 1990).

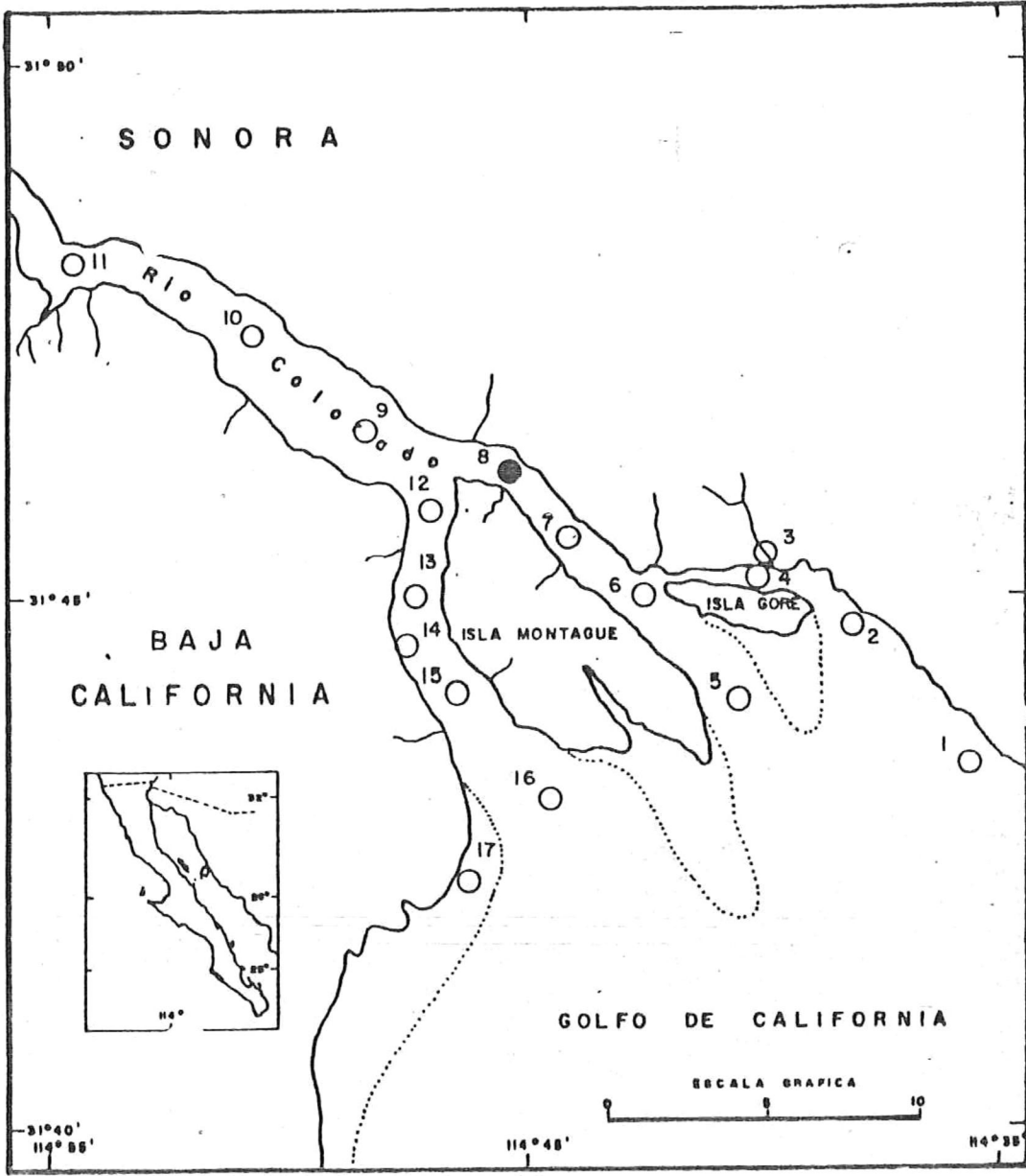


FIG. 2 LOCALIZACION GEOGRAFICA Y PLAN DE ESTACIONES DE MUESTREO EN EL DELTA DEL RIO COLORADO.

La resuspensión de sedimentos por efecto de marea en el área de los que fué el Río Colorado produce una alta turbiedad en las aguas cercanas a la costa. El contenido orgánico de estas aguas es muy alto, lo que ocasiona que la zona del extremo norte del golfo sea muy rica en bacterias, plancton, así como juveniles de peces y crustáceos (Bourillón-Moreno, *et al* 1988).

Las mareas en el golfo son predominantemente del tipo semidiurno, considerándose entre las mayores del mundo. En mareas vivas se han medido fluctuaciones de más de 9 metros (Bourillón-Moreno, *et al* 1988).

La vegetación se encuentra distribuida a lo largo de la costa y en la planicie deltaica por plantas de marisma, especialmente *Dystichlis sp* (García Pámanes², com. pers.).

II.2. METODOS DE CAMPO

La colecta de las muestras de agua sub-superficial, se realizó con botellas tipo Van Dorn, de 3 litros de capacidad con estructura reversible, en períodos de mareas vivas.

Se diseñó un plan de 17 estaciones, distribuidos de tal forma que nos proporcionó la variación espacial de las sales nutritivas (NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2) (Fig.2). La localización de las estaciones se hizo por estima, utilizando como referencia puntos fijos en la costa.

Para determinar la variación circadiana, se eligió la estación 8 (Fig.2) en la cual se colectaron muestras de agua cada 2 horas en un período de 24 horas.

Las muestras de agua fueron colectadas en botellas de plástico y congeladas inmediatamente para su posterior análisis en laboratorio.

² Fernando García Pámanes. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, U.A.B.C.. Apdo. postal 453 Ensenada, B.C.

La tabla I, muestra las fechas en que se efectuaron los registros circadianos, así como las distribuciones espaciales.

II.3. METODOS DE ANALISIS

Se utilizaron técnicas espectrofotométricas para el análisis de las muestras de nutrientes descritas por Strickland y Parsons (1972) utilizando un espectrofotómetro marca Spectronic 1001 Plus. Las muestras eran previamente filtradas con filtros GFC.

II.4. METODOS ESTADISTICOS

Se utilizó estadística no paramétrica para el análisis de los datos debido a su naturaleza y a la diferencia entre la media, mediana y moda.

Se realizó una comparación general, entre los datos de NO_3 , NO_2 , PO_4 y SiO_2 obtenidos de los registros circadianos para cada mes, mediante un ANOVA no paramétrico de 1 vía de Kruskal-Wallis al 95% de confianza, cuya hipótesis nula (H_0) es que todos los meses en que realizó los registros circadianos no presentaron diferencias significativas.

Se también la prueba de Tukey al 95% de confianza para comparar mes con mes.

Así mismo se realizó una prueba de Wilcoxon al 95% de confianza para pruebas independientes con el propósito de comparar las concentraciones de nutrientes durante flujo y reflujos en los registros circadianos para cada mes de muestreo, donde la hipótesis nula (H_0) es que las concentraciones de nutrientes no presentaron diferencias significativas.

TABLA I - FECHAS DE MUESTREO HIDROLOGICO EN EL
DELTA DEL RIO COLORADO.

	DISTRIBUCION SUPERFICIAL	REGISTRO CIRCADIANO
20 - 23 JUNIO 1989	X	X
22 - 25 AGOSTO 1989	X	X
26 - 27 NOVIEMBRE 1989	X	X
14 - 16 DICIEMBRE 1989	X	
24 - 26 FEBRERO 1990	X	X
25 MARZO 1990	X	
25 - 26 ABRIL 1990	X	X
26 MAYO 1990	X	

III. RESULTADOS

III.1 Distribución Superficial.

III.1.1 Nitratos

El patrón general de la distribución espacial de los nitratos fué de registrar los valores altos en el río disminuyendo hacia la boca, localizandose las menores concentraciones en la zona costa de Sonora. Con un intervalo de variación muy amplio que va desde un valor mínimo de $0.5 \mu\text{M}$ en agosto hasta un valor máximo de $49.1 \mu\text{M}$ en noviembre.

III.1.1.1 Junio

Las estaciones de la costa de Baja California presentaron valores muy variables fluctuando desde $8.5 \mu\text{M}$ en la Est.17 hasta $20.2 \mu\text{M}$ encontrado en la Est.12 sin presentar un patrón definido; mientras que en la costa de Sonora se presentaron valores con un aumento progresivo de la boca hacia el río. (Fig.3). Las concentraciones mas elevadas se registraron entre las estaciones 9-11.

Para este mes se encontró concentraciones mínimas de $1.1 \mu\text{M}$ en la est.1 y máximos de $46.3 \mu\text{M}$ en la est.10 (río).

III.1.1.2 Agosto

Este mes presentó un patrón el cual indica que existe una tendencia a aumentar de la est.1 hacia el río (est.11) y una tendencia a disminuir de manera progresiva hacia la est.17. (Fig.4) encontrandose una concentración mínima de $0.5 \mu\text{M}$ en la est.2, siendo la más baja en todo el año y una máxima de $36.4 \mu\text{M}$ en la est.11 en el río.

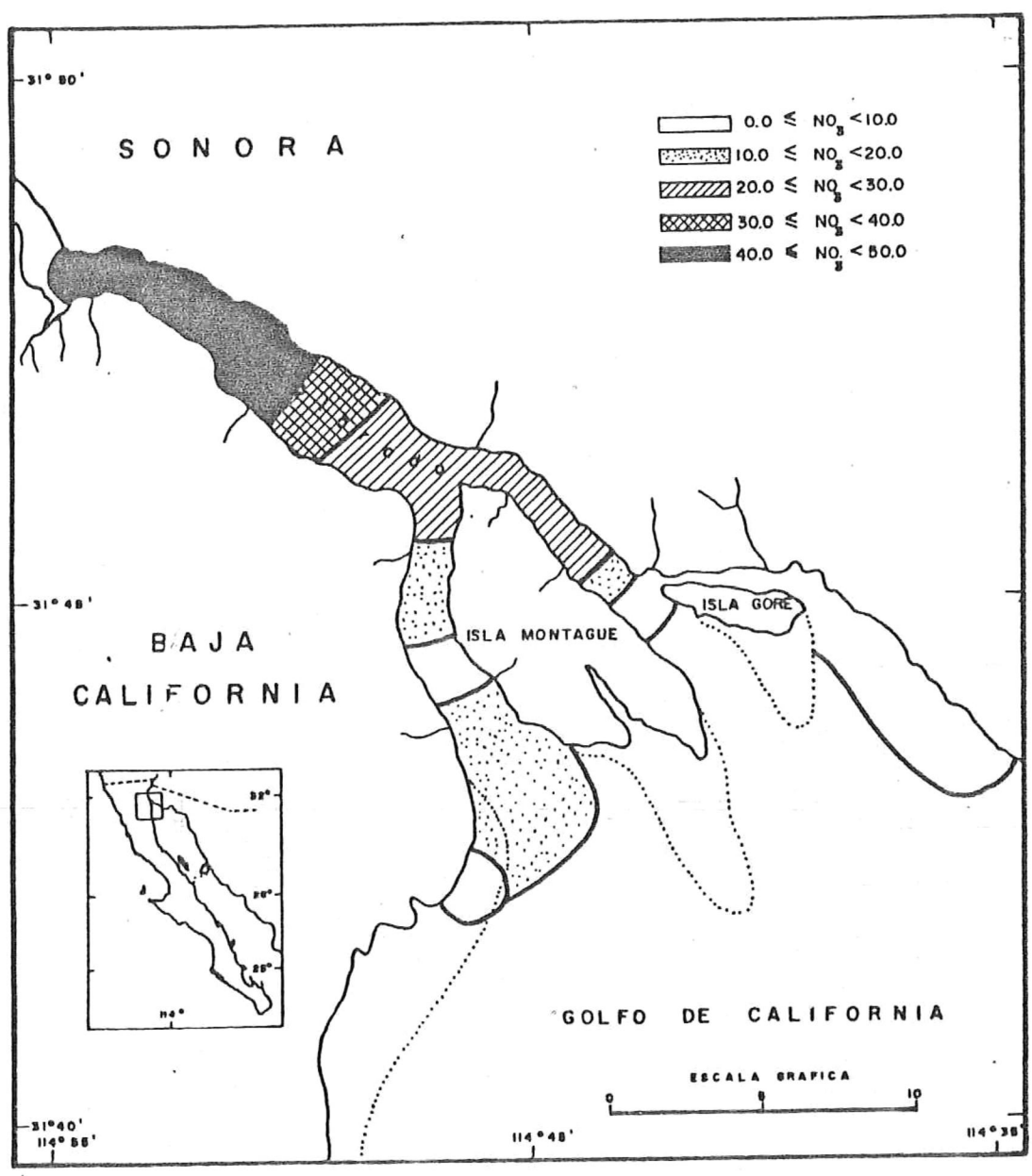


FIG. 3 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lt}$) JUNIO 1989.

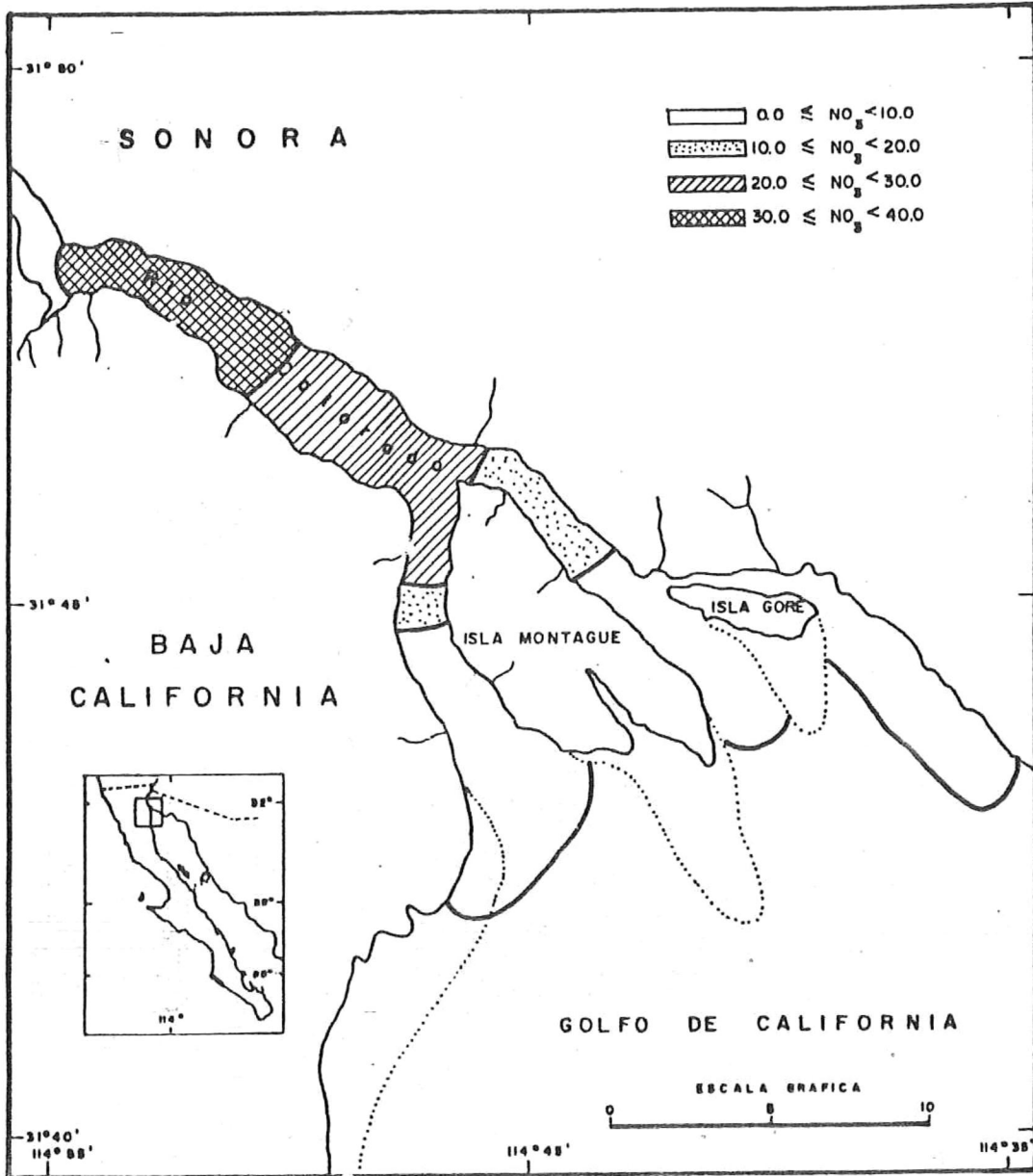


FIG. 4 - DISTRIBUCION SPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$) AGOSTO 1989.

III.1.1.3 Noviembre

16

Vientos provenientes de la costa de Baja California no permitieron realizar todo el muestreo, por lo que solo se cuenta con datos de la costa de Sonora. Se presentaron valores variables de la est.6 a la est.9 pero a partir de la última el patrón aumentó hacia el río. (Fig.5)

En la est.9 se encontró una concentración mínima de $1.3 \mu\text{M}$ y máxima de en la est.11 de $49.1 \mu\text{M}$, siendo el mayor registrado en el año muestreado.

III.1.1.4 Diciembre

La distribución superficial de nitratos mostró un patrón que tiende a aumentar por la costa de Sonora de la boca hacia río y a disminuir hacia la costa de Baja California de río a boca, presentando claramente la zona de transición estuario-mar en la est.5 y en la parte Oeste de la isla. (Fig.6).

El valor mínimo encontrado fué de $1.3 \mu\text{M}$ (Est.12) siendo el valor máximo de $36.4 \mu\text{M}$ (Est.11).

III.1.1.5 Febrero

Los valores máximos encontrados se localizaron en el río y los menores en las bocas de la costa de Sonora y Baja California; en la primera hay una tendencia a aumentar hacia el río y en la costa de Baja California a disminuir hacia la boca. (Fig.7)

El valor mínimo registrado fué de $0.6 \mu\text{M}$ (Est.2) y máximo de $43.5 \mu\text{M}$ (Est.11).

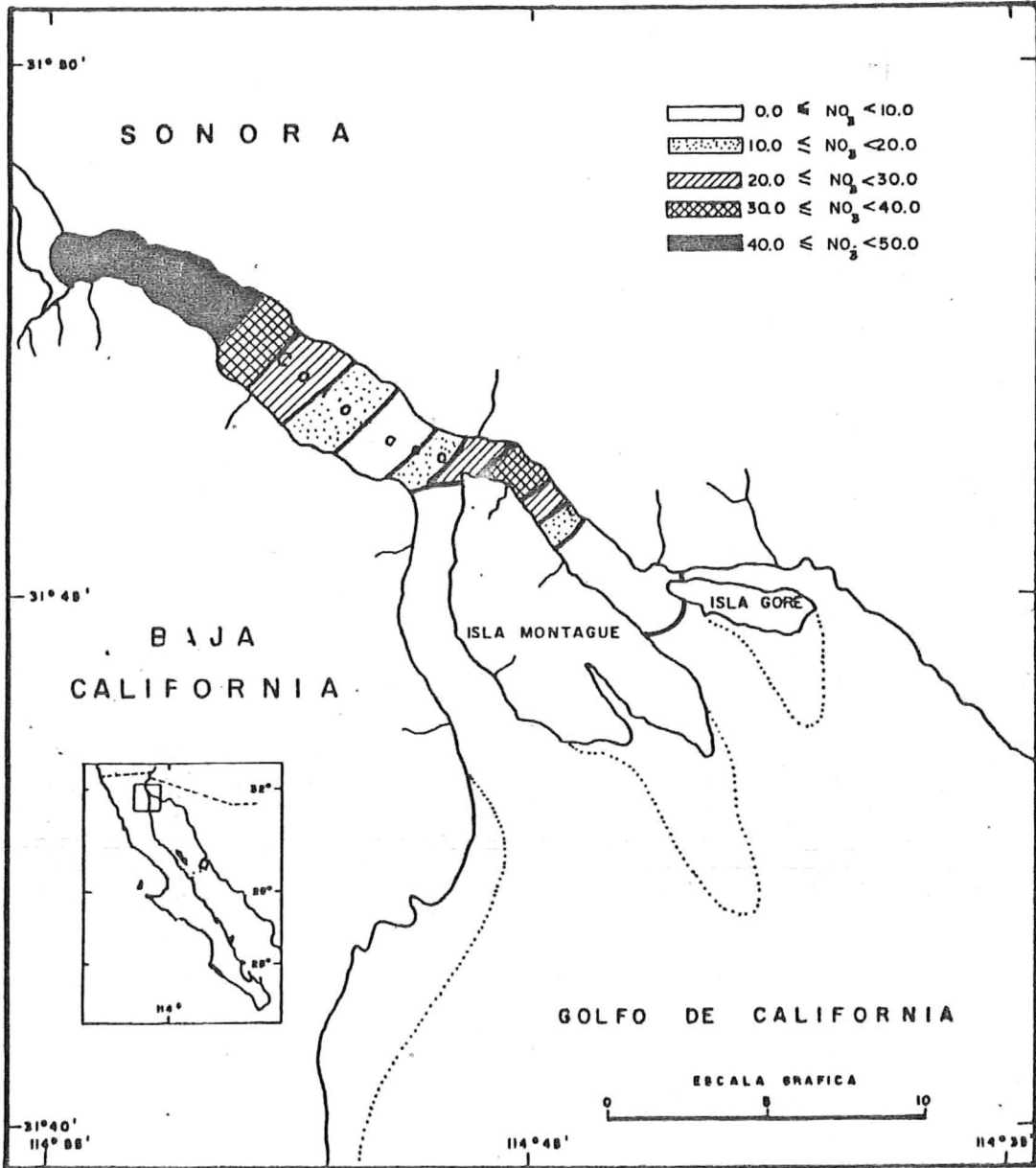


FIG. 5 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g-at/lit}$) NOVIEMBRE 1989.

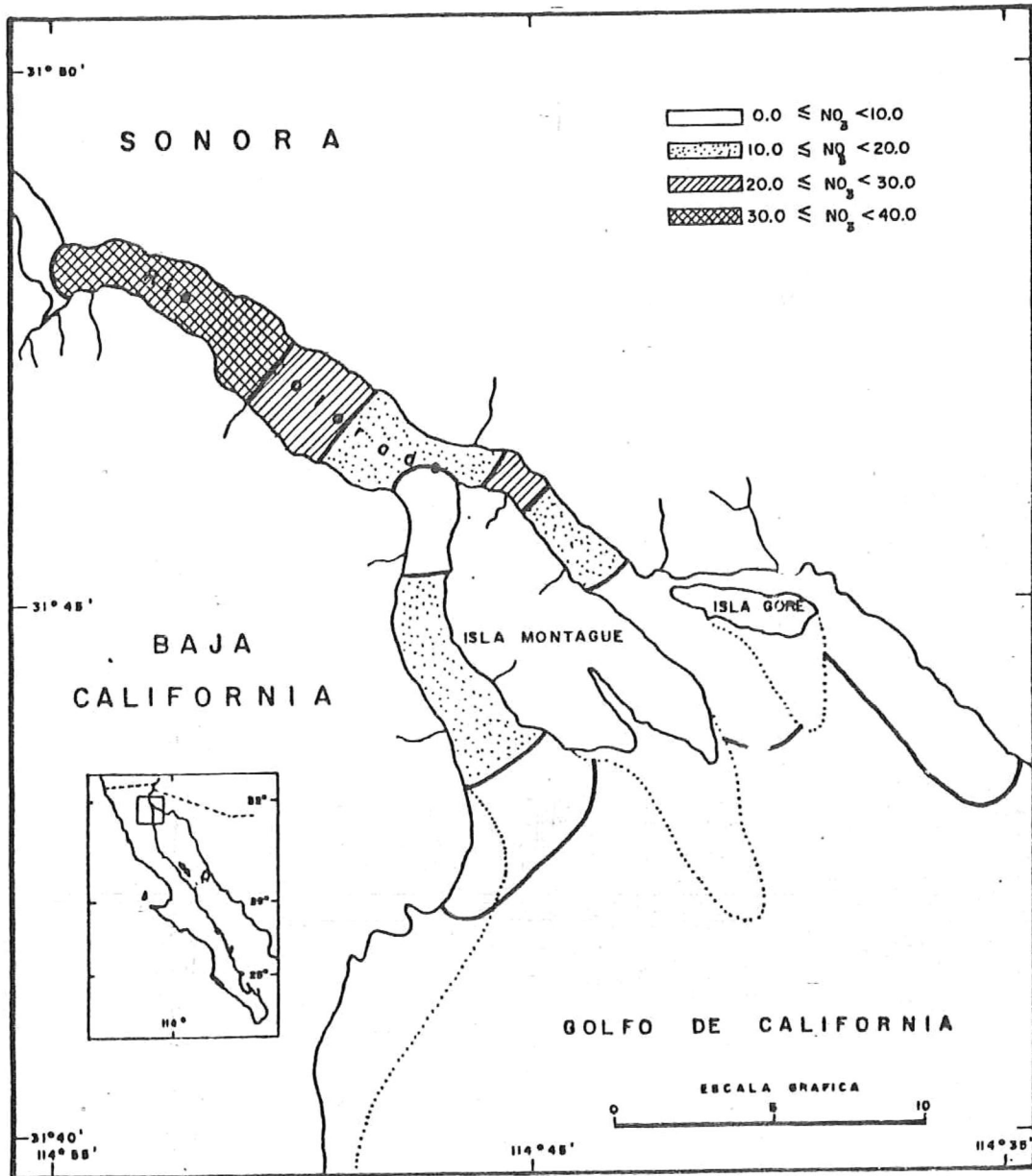


FIG. 6 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g: at/lit}$) DICIEMBRE 1989.

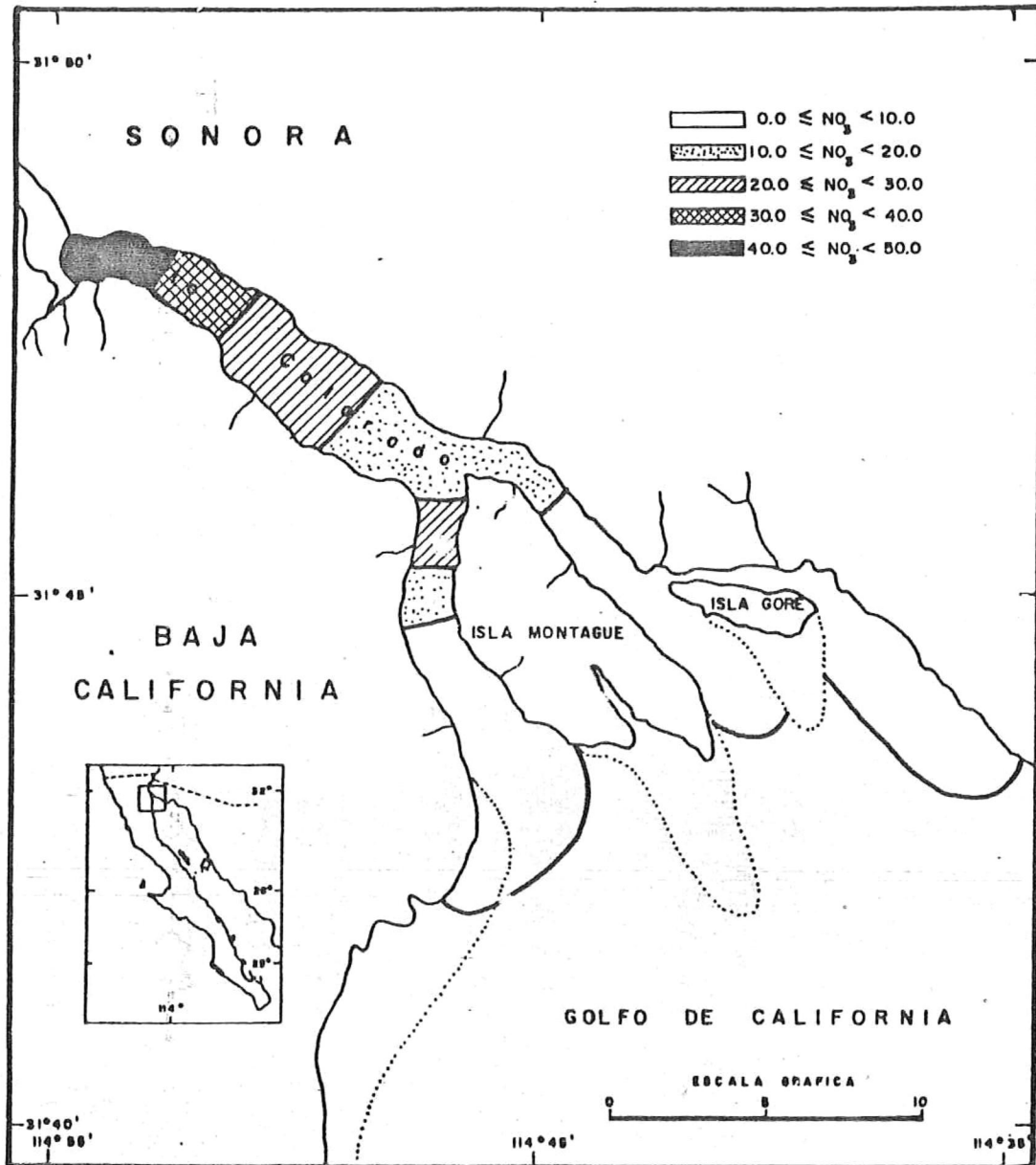


FIG. 7 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g-at/lit}$) FEBRERO 1990.

III.1.1.6 Marzo

20

Se presentó el mismo patrón que los meses anteriores, mostrando claramente la zona de transición entre estuario-mar, y una tendencia general de aumentar las concentraciones de la boca de la costa de Sonora hacia el río y a disminuir en la costa de Baja California de río hacia la boca. (Fig.8)

El valor mínimo encontrado fué de $0.9 \mu\text{M}$ (Est.4) y máximo de $46.3 \mu\text{M}$ (Est.11).

III.1.1.7 Abril

Las estaciones de la costa de Baja California presentaron valores mas altos comparados con los de la costa de Sonora; sin embargo las mayores concentraciones se encontraron en la parte norte del delta (río). El patrón fué similar al encontrado en meses anteriores. (Fig.9).

El valor mínimo fué de $6.8 \mu\text{M}$ (Est.1) localizado frente al poblado, y máxima de $39.9 \mu\text{M}$ (Est.10).

III.1.1.8 Mayo

Se presentaron concentraciones más altas comparadas con los demas meses en la costa de Baja California con una tendencia a disminuir hacia la boca; en la costa de Sonora se presentó una tendencia similar a la registrada en los anteriores meses la cual aumentaban las concentraciones progresivamente de la boca hacia el río. (Fig.10).

Se registró un valor máximo de $42.4 \mu\text{M}$ (Est.11) y un mínimo de $5.8 \mu\text{M}$. (Est.1)

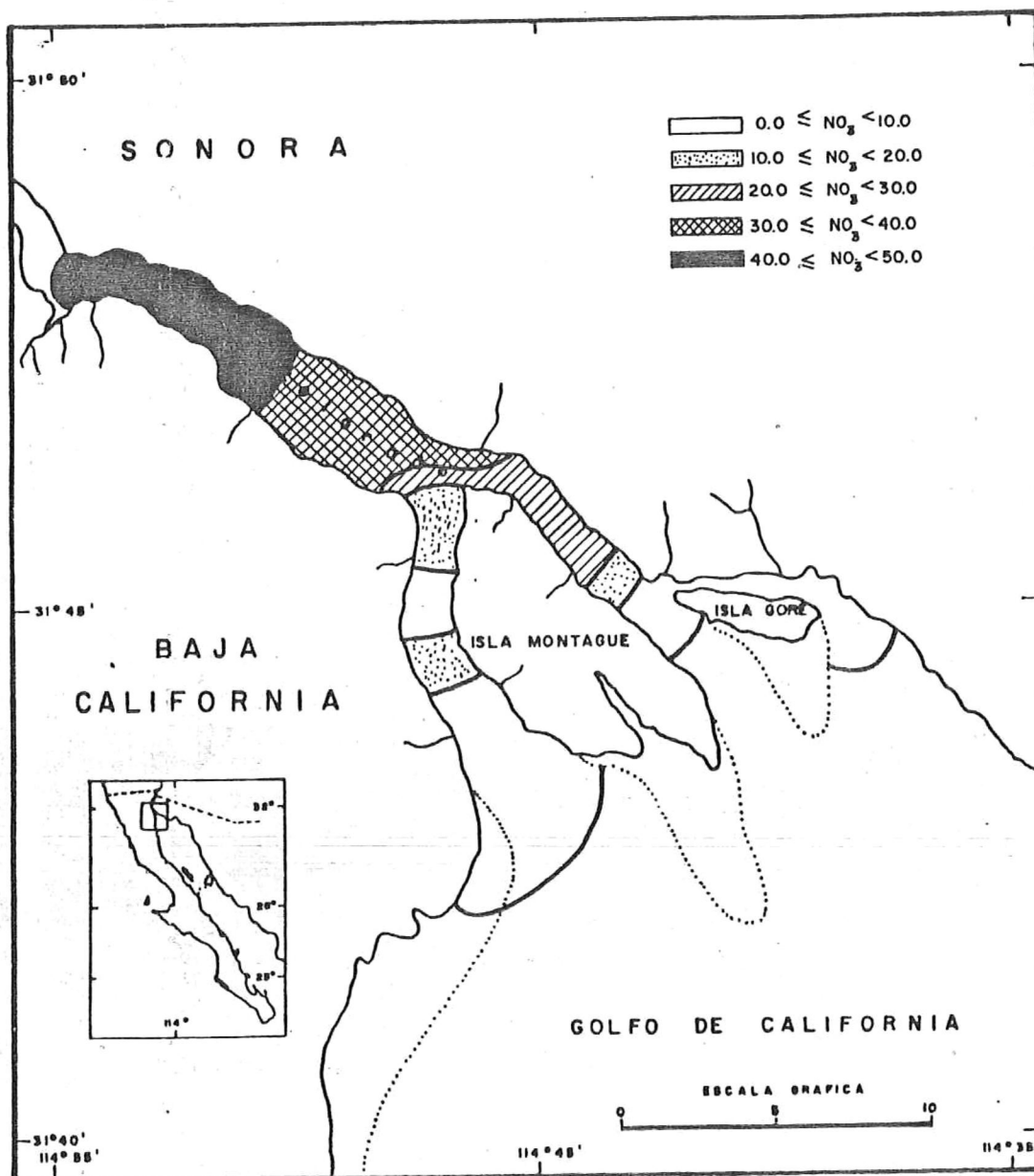


FIG. 8 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g-at/lit}$) MARZO 1990.

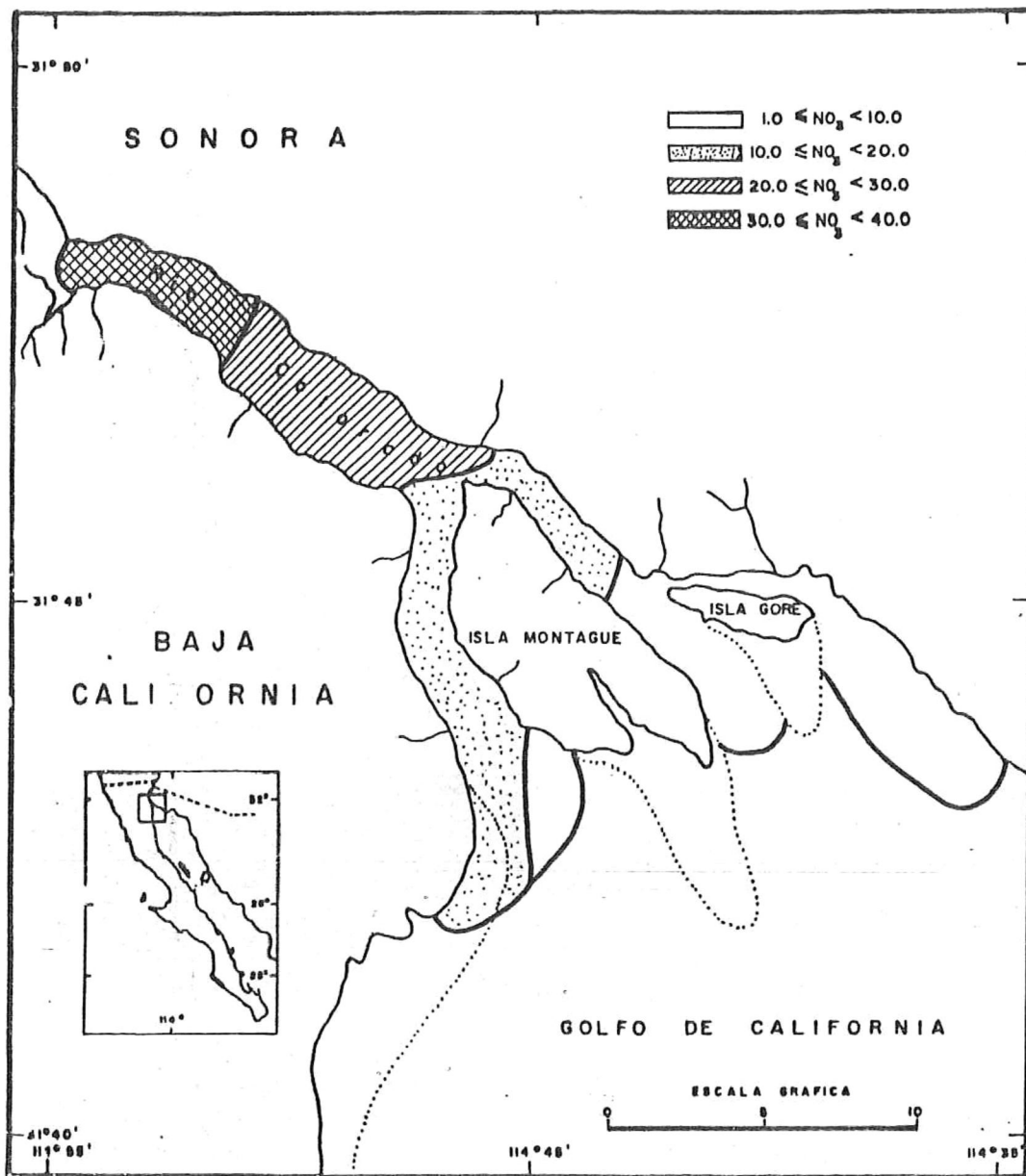


FIG. 9 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{lt}$) ABRIL, 1990.

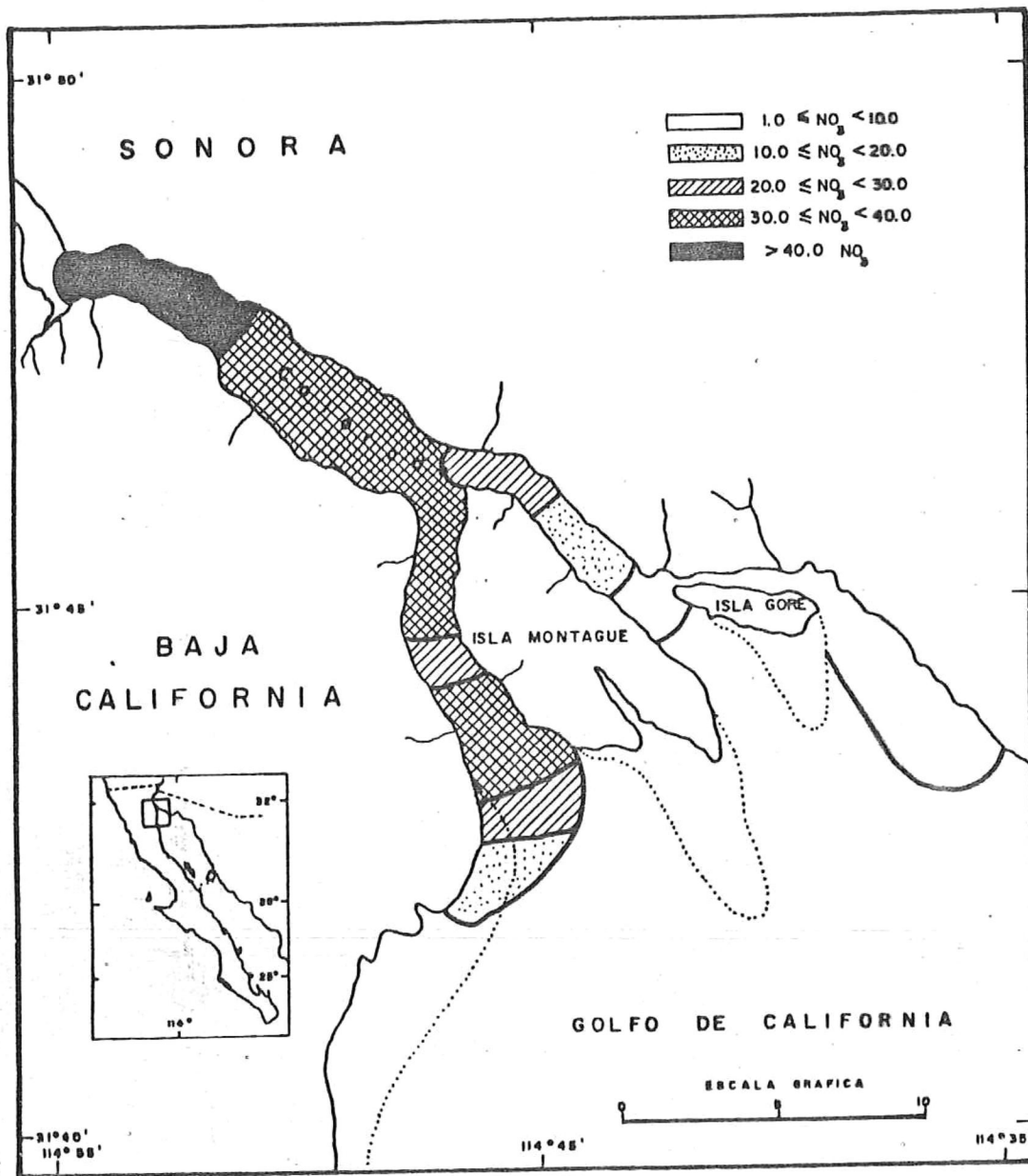


FIG. 10 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lt}$) MAYO, 1990.

III.1.2 NITRITOS

24

El patrón general de la distribución espacial de nitritos fué de registrar los valores altos en la región de la costa de Baja California disminuyendo hacia el río; se observa también una zona de transición río-estuario en el centro del delta, con un rango de variación de $0.08 \mu\text{M}$ en agosto y un máximo de $17 \mu\text{M}$ en febrero.

III.1.2.1 Junio

Se observó tres zonas bien definidas; la costa de Sonora que presentó un aumento gradual en las concentraciones de la est.1 hasta la est.7, la costa de Baja California en la cual se encontraron los valores más altos y más variables y las zonas comprendidas en el centro del delta en el cual se observó una zona de transición río-estuario con una ligera tendencia a aumentar hacia la est.11. (Fig.11)

El valor máximo fué de $4.7 \mu\text{M}$ (Est.17), encontrándose un mínimo de $0.3 \mu\text{M}$ en la est.1 frente al poblado de Santa Clara.

III.1.2.2 Agosto

en general se presenta un patrón similar al obtenido para el mes anterior excepto la zona que comprende el río ya que los valores tienden a disminuir hacia la est.11. El valor máximo encontrado fué de $0.7 \mu\text{M}$ (Est.11) y mínimo de $0.08 \mu\text{M}$ (Est.12) siendo en este mes la menor concentración registrada en el año. (Fig.12).

III.1.2.3 Noviembre

La distribución de nitritos se presenta con un patrón muy variable en la costa de Sonora y en la región del río. Registrándose las menores concentraciones en la zona del río y las mayores en la costa de Sonora.

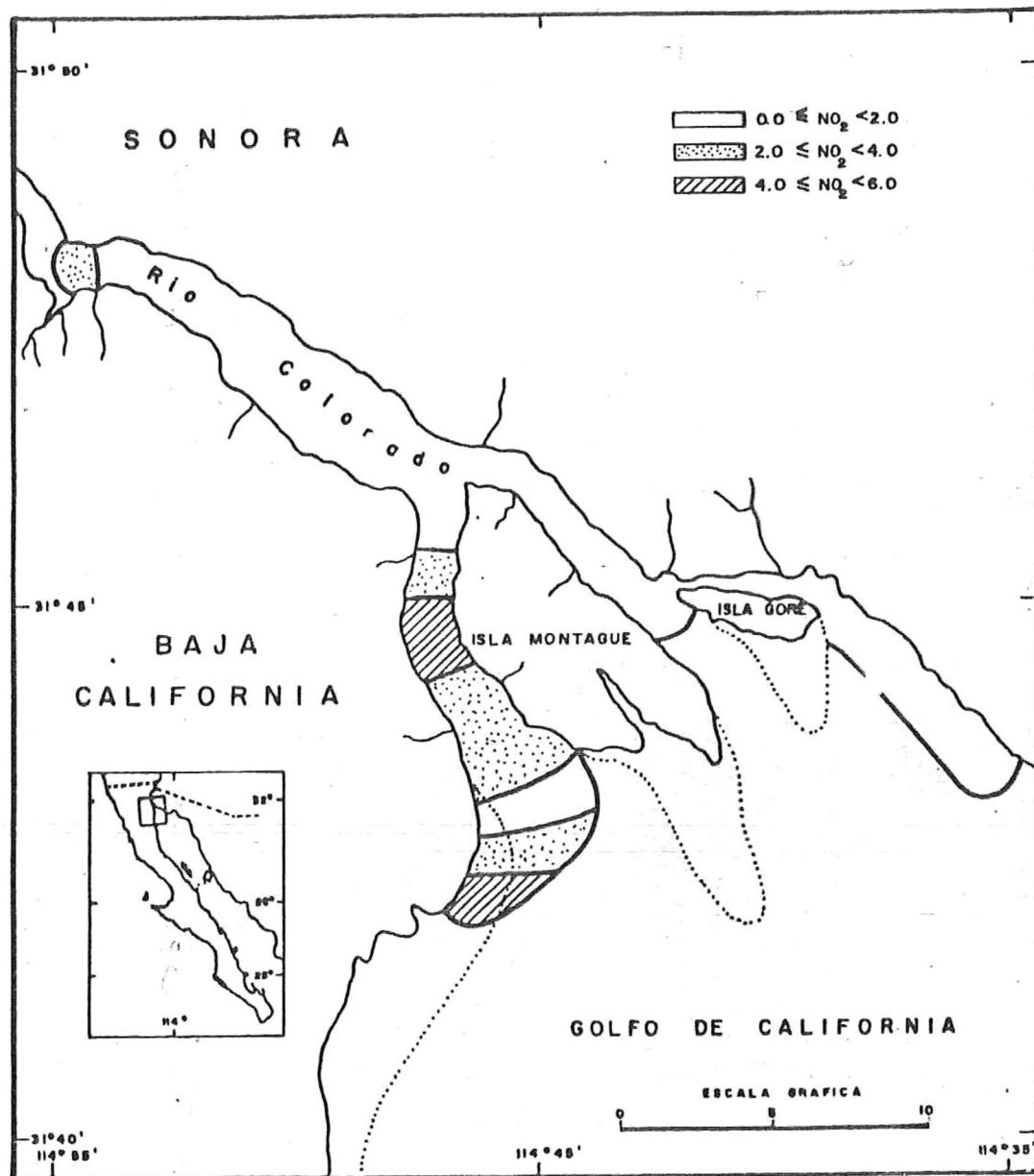


FIG. 11 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu\text{g-at/lit}$) JUNIO, 1990.

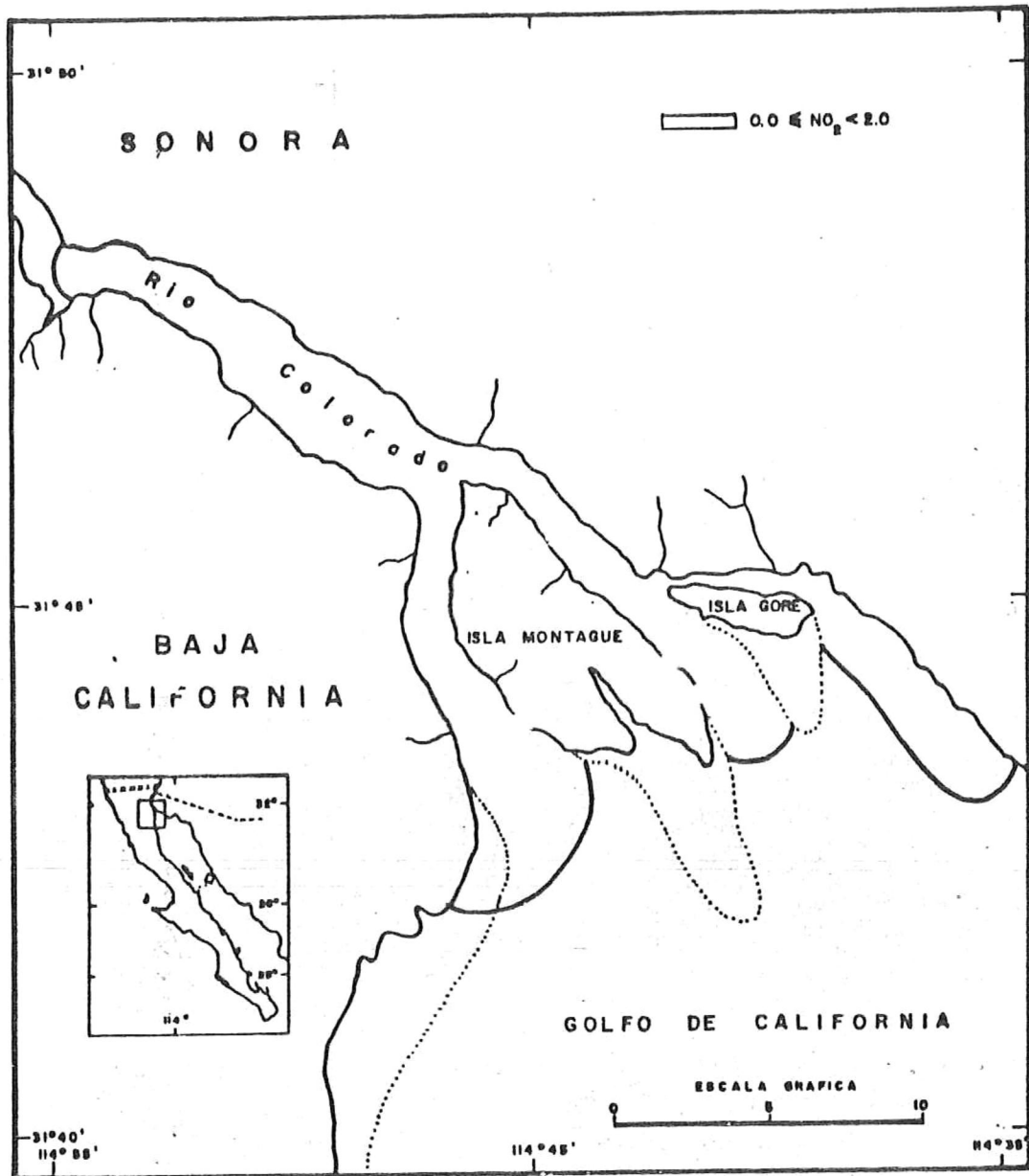


FIG. 12 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu g \cdot dl/l$) AGOSTO 1990.

El valor máximo fué de 1.244 μM (Est.6) y el mínimo fué de 0.688 μM (Est.11). (Fig.13).

III.1.2.4 Diciembre

Las concentraciones fueron relativamente variables, encontrando las mayores en la costa de Baja California y las menores en la zona del río. (Fig.14).

El valor máximo fué de 0.9 μM (Est.13) y mínima de 0.3 μM (Est.3).

III.1.2.5 Febrero

La distribución presenta valores mas altos en la zona del río y menores en la costa de Baja California; los correspondientes a la costa de Sonora fueron muy variables. (Fig.15).

El valor máximo se encontró en la est.11 con un valor de 8.7 μM siendo este el valor más alto encontrado en todo el año; el valor mínimo fué de 0.2 μM (Est.2).

III.1.2.6 Marzo

Los registros encontrados fueron variables, sin embargo los valores más altos fueron encontrados en la costa de Baja California y los menores en la costa de Sonora. (Fig.16).

El valor máximo encontrado fué de 1.2 μM (Est.14) y mínimo de 0.3 μM (Est.3).

III.1.2.7 Abril

El patrón general es similar a la de los meses anteriores con valores máximos en la costa de Baja California y mínimos en la región del río. (Fig.17).

El valor máximo fué de 1.1 μM (Est.17) y mínimo de 0.1 μM (est.1).

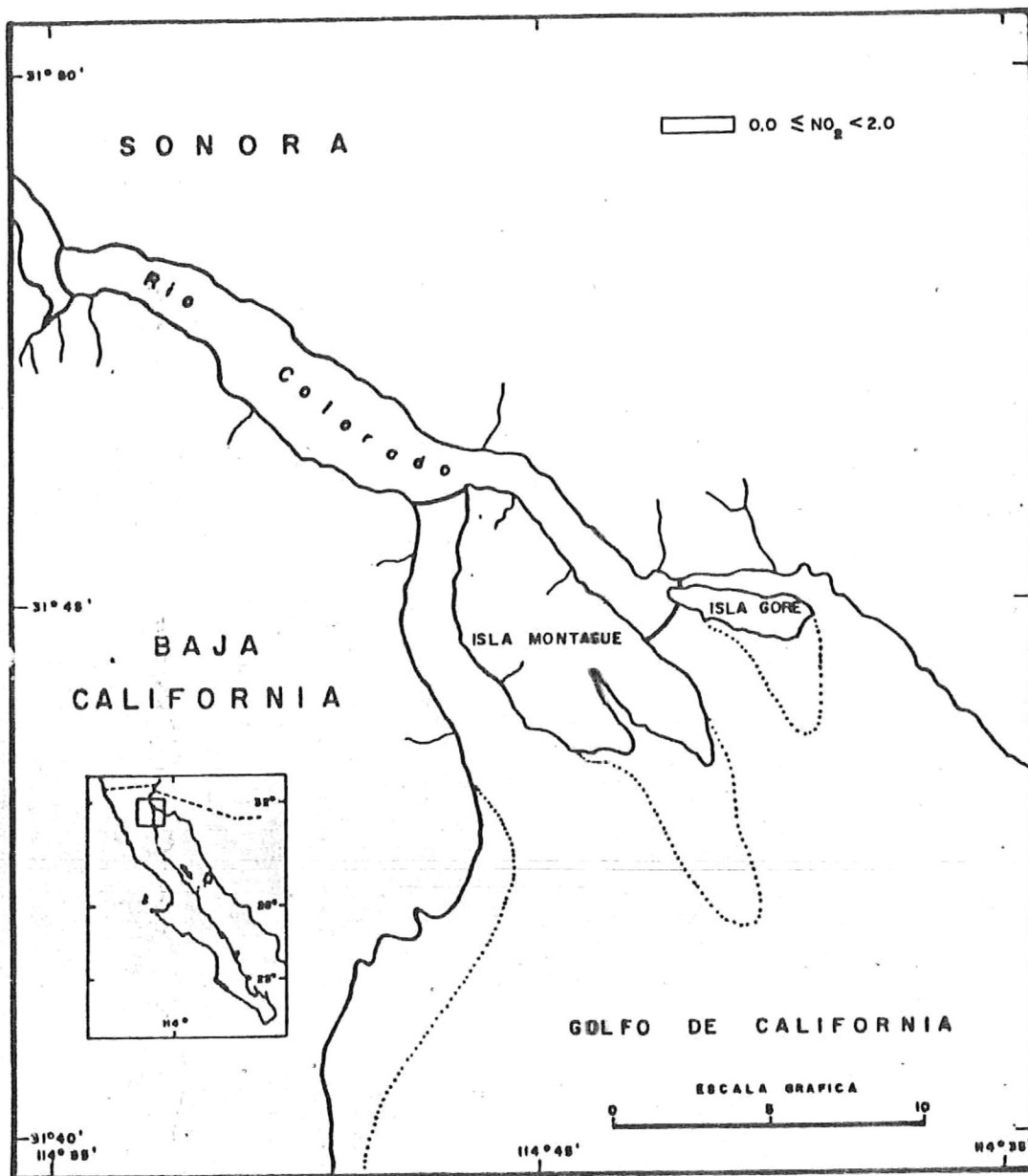


FIG. 13r DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu\text{g}\cdot\text{dl}/\text{lt}$) NOVIEMBRE 1989.

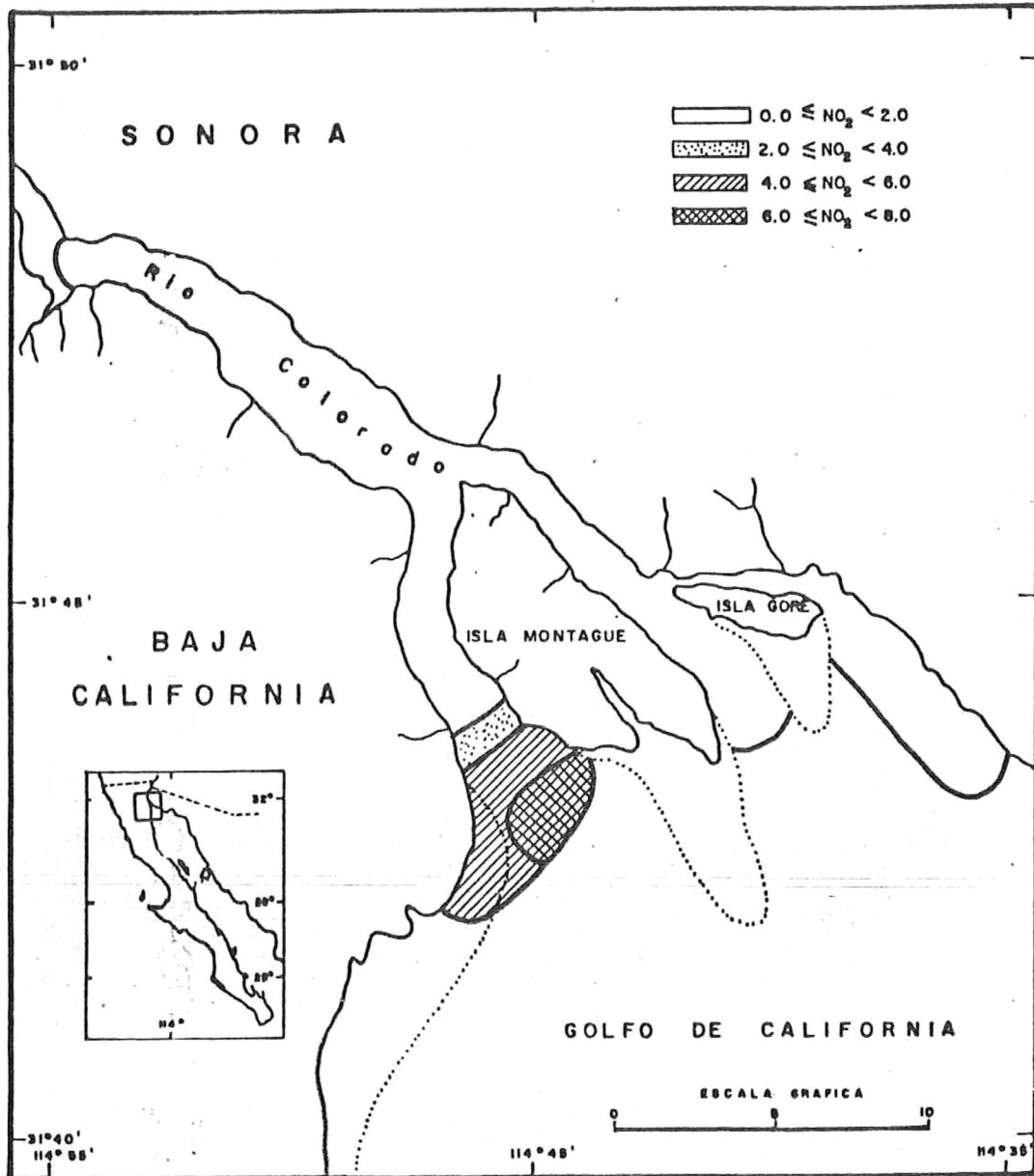


FIG. 14- DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lt}$) DICIEMBRE 1989.

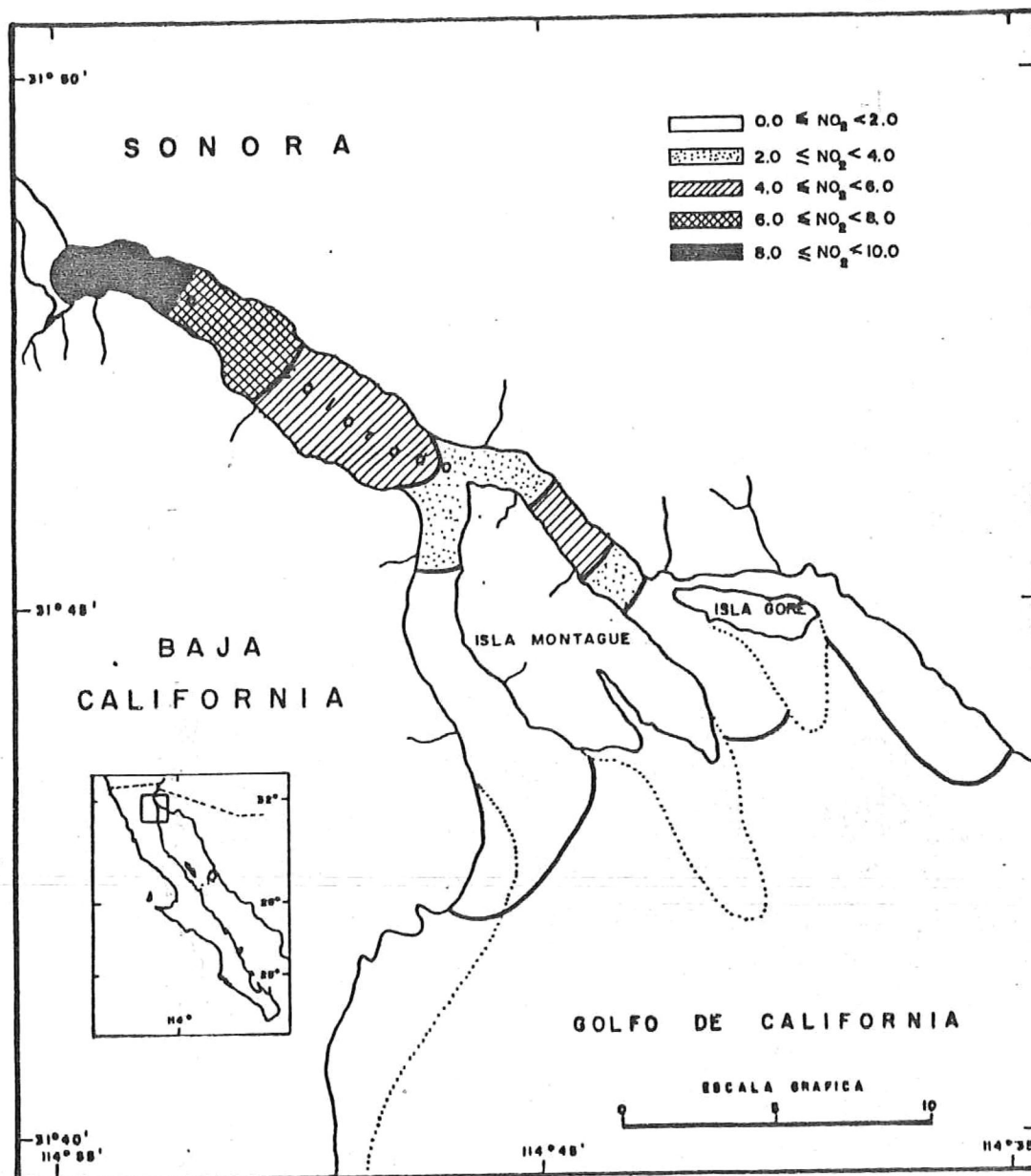


FIG. 15- DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu\text{g-at/lit}$) FEBRERO 1990.



FIG. 16 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS (μg of NO_2^-) MARZO 1990.

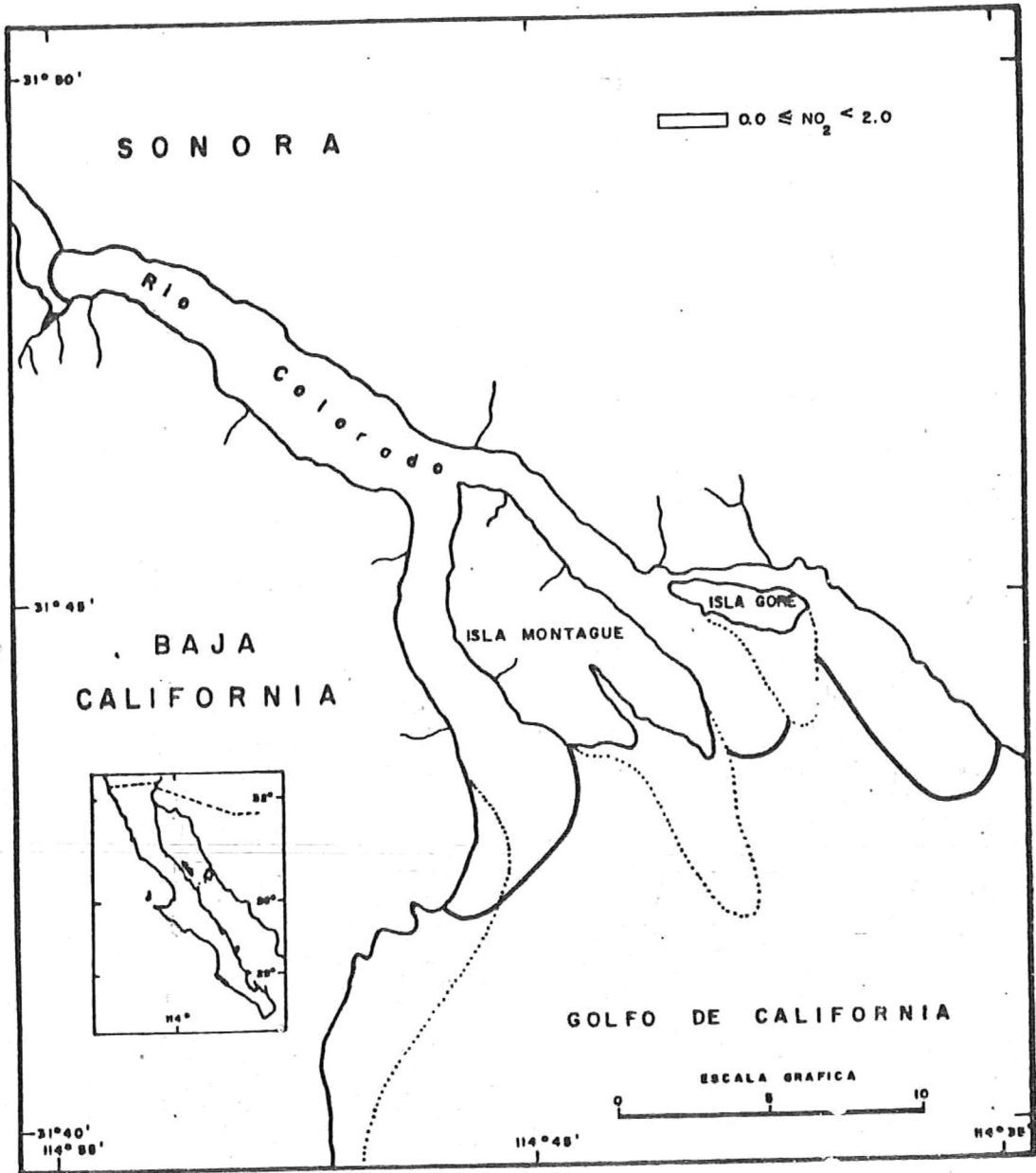


FIG. 17^r DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu\text{g-at/lit}$) ABRIL 1990.

III.1.2.8 Mayo

33

Los registros de manera general a diferencia con el anterior muestran valores altos en la costa de Baja California y valores mínimos en la costa de Sonora y un patrón no definido en la región del río. (Fig.18).

El valor máximo fué de 1.7 μM registrado (Est.17) y mínimo de 0.1 μM (Est.1).

III.1.3 FOSFATOS

El comportamiento de esta sal nutritiva durante todo el año fué variable, las concentraciones más altas en la mayor parte del año se presentaron en la costa de Baja California, las mas bajas en la costa de Sonora y una intermedia en la región del río; se presentaron concentraciones tan altas como 13.3 μM en el mes de Mayo y mínimas de 0.4 μM en junio.

III.1.3.1 Junio

Los valores máximos de la concentración de fosfatos se presentaron en la región del río, y las menores en la costa de Sonora. En la zona costa de Baja California se encontraron los valores intermedios. Se encontró un valor mínimo de 0.4 μM (Registro más bajo del año) (Est.2) y un máximo en la est.9 de 8.2 μM . (Fig.19).

III.1.3.2 Agosto

Presentó un incremento marcado en los valores de fosfatos en la zona costa de Baja California con tendencia a disminuir hacia la boca; la zona costa de Sonora presento una tendencia a aumentar hacia el río.

El valor máximo encontrado fué de 12.7 μM en la est.14 y mínimo de 0.8 μM en la est.1 frente al poblado. (Fig.20).

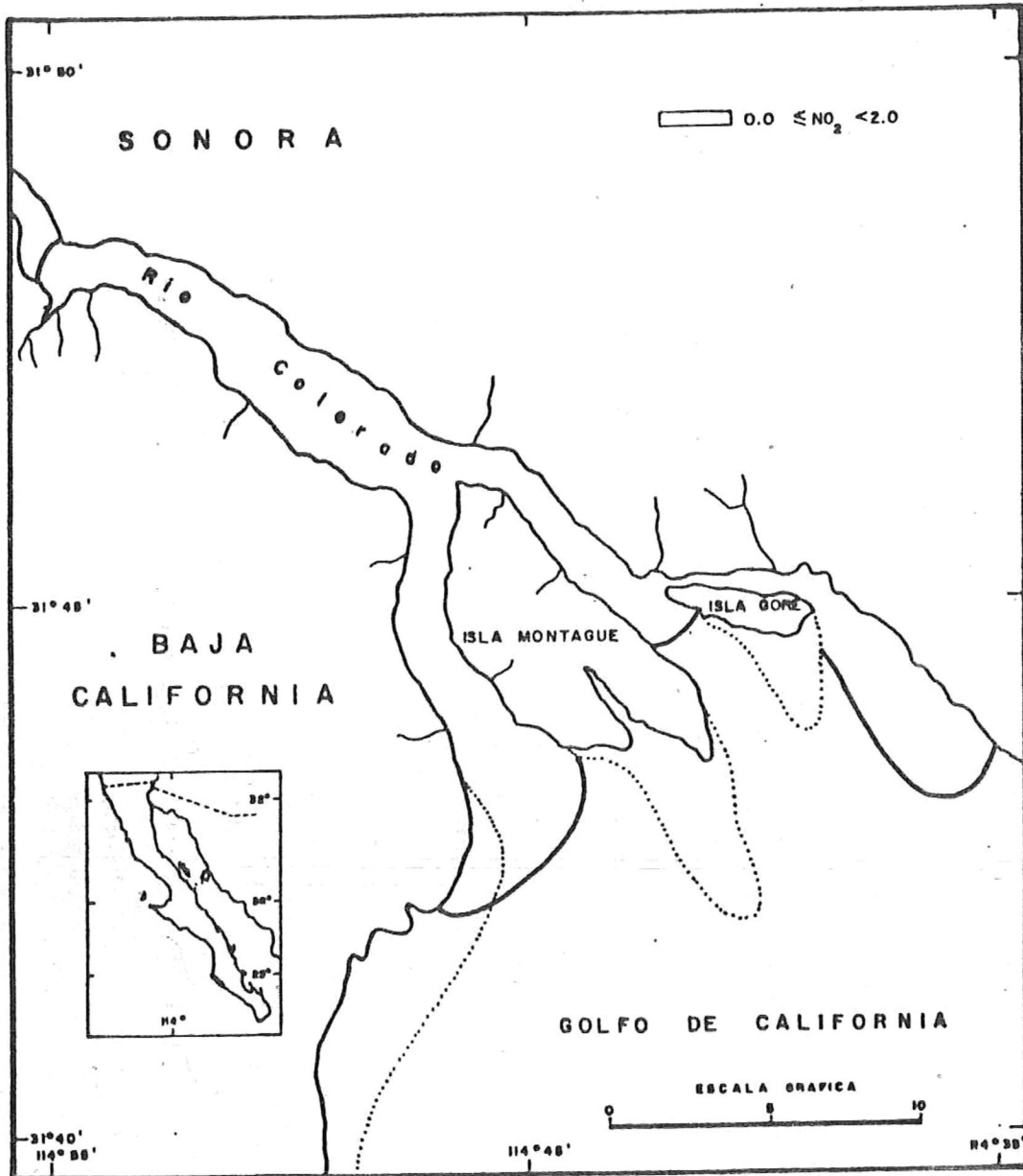


FIG. 18- DISTRIBUCION ESPACIAL DE NITRITOS ($\mu\text{g at/lit}$) MAYO 1990.

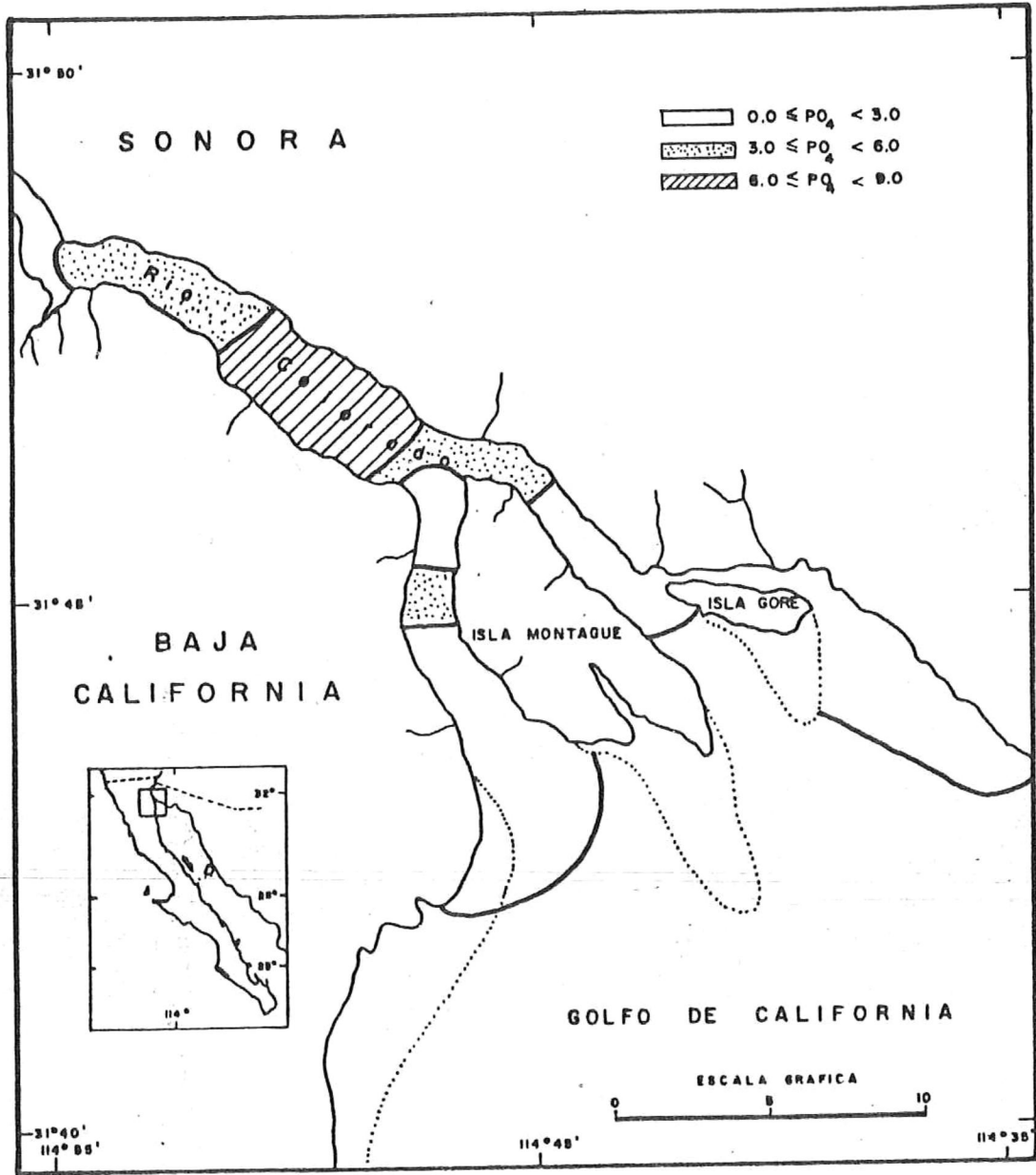


FIG. 19- DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{lt}$) JUNIO 1990.

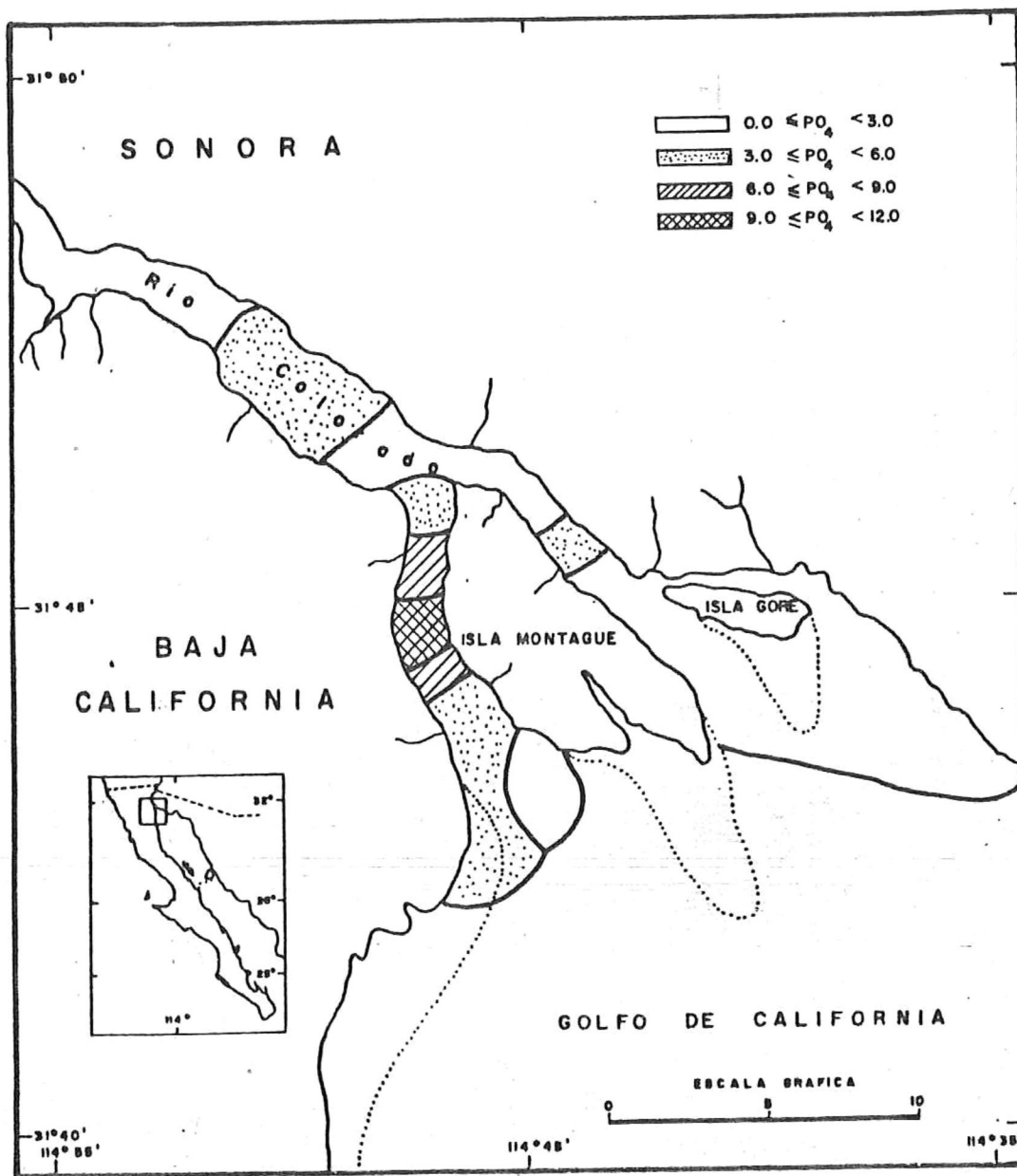


FIG. 20- DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$) AGOSTO 1989.

III.1.3.3 Noviembre

37

Se observa un patrón que aumenta hacia la est.9; a partir de esta los valores tienden a disminuir hasta la est.11. El valor máximo encontrado fué de 9.7 μM en la est.9 y mínimo de 3.3 μM en la est.6. (Fig.21).

III.1.3.4 Diciembre

Los valores máximos se encontraron de manera similar que en el mes de agosto, con valores más altos en la costa de B.C., con tendencia a aumentar de hacia la est.8. (Fig.22)

El valor mínimo que se encontró fué de 3.9 μM en la est.2 y máximo de 10.0 μM en la est.12.

III.1.3.5 Febrero

Se registran altas concentraciones en la costa de Baja California comparados con la zona costa de Sonora, los valores de una manera general fueron variables ya que no siguen un patrón en la región del río. (Fig.23)

El valor máximo fué de 12.5 μM (Est.12) y mínimo de 1.3 μM (Est.2).

III.1.3.6 Marzo

En general los registros fueron similares al anterior, presentando valores altos en la costa de B.C., sin un patrón definido en la región del río y con tendencia a aumentar de boca a est.8 en la costa de Sonora. El valor máximo fué de 11.9 μM (Est.12) y mínimo en la est.16 de 3.5 μM (zona de transición estuarino-mar). (Fig.24).

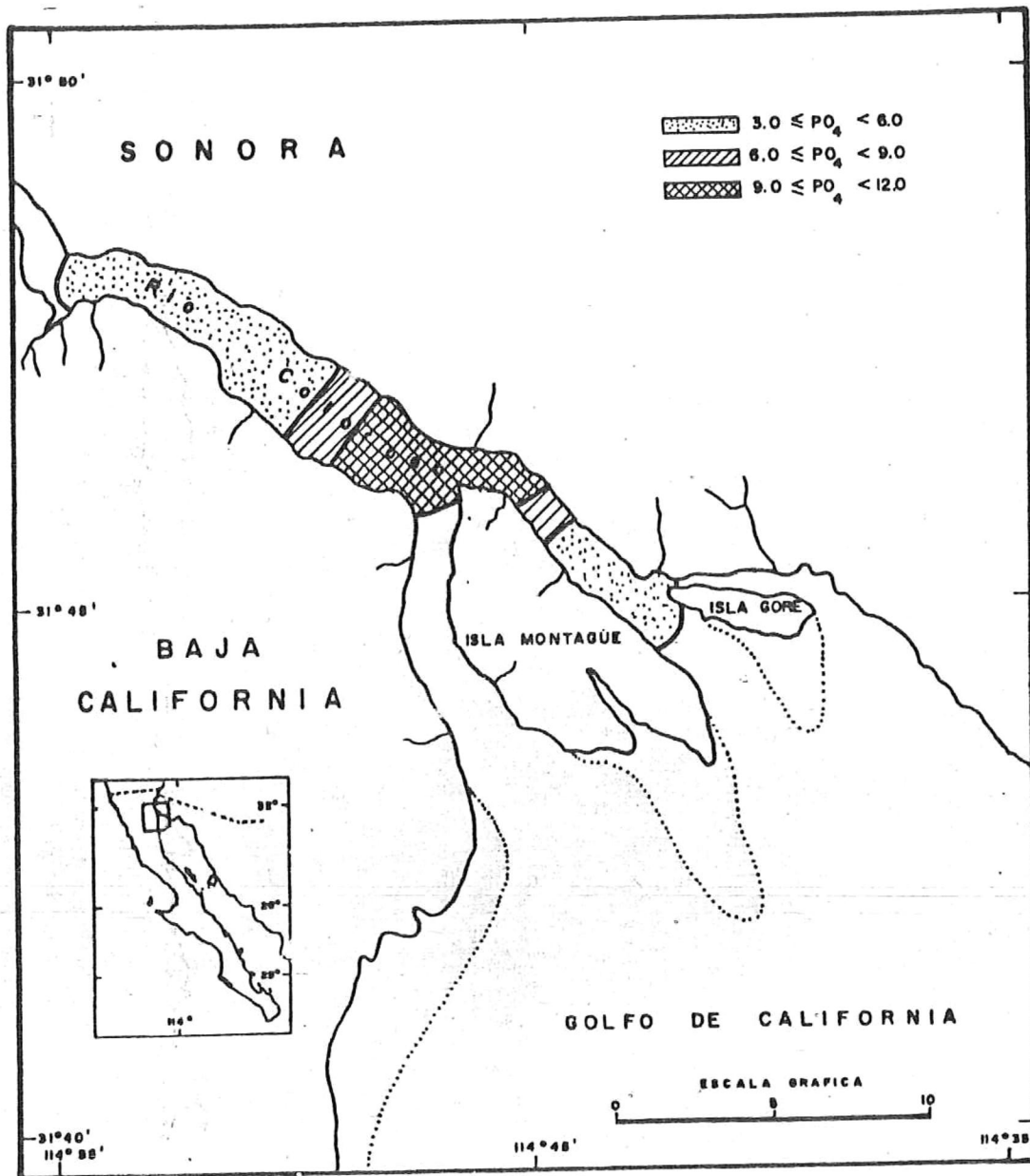


FIG. 21 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g at/lt}$) NOVIEMBRE 1989.

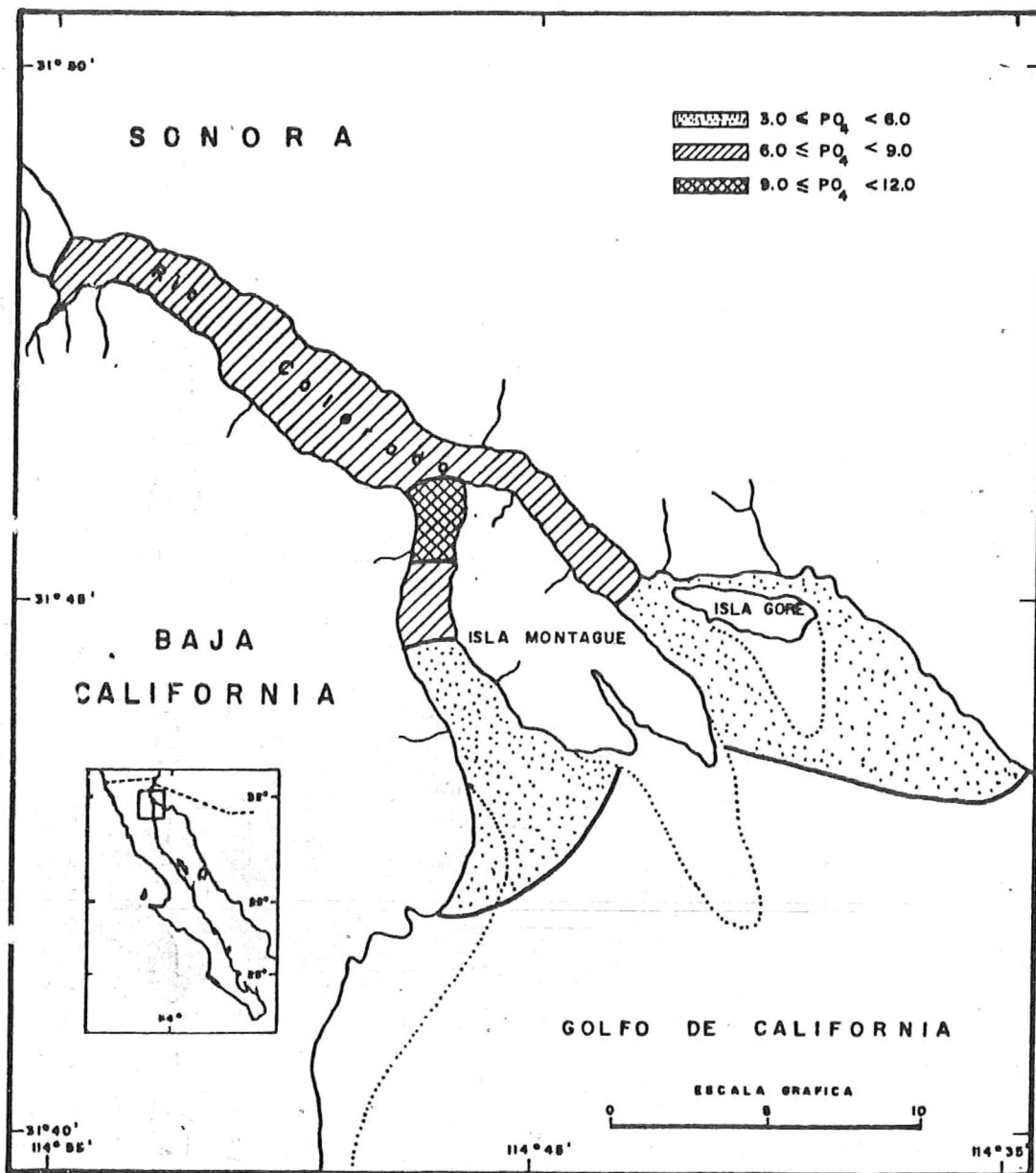


FIG. 22- DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lt}$) DICIEMBRE 1989.

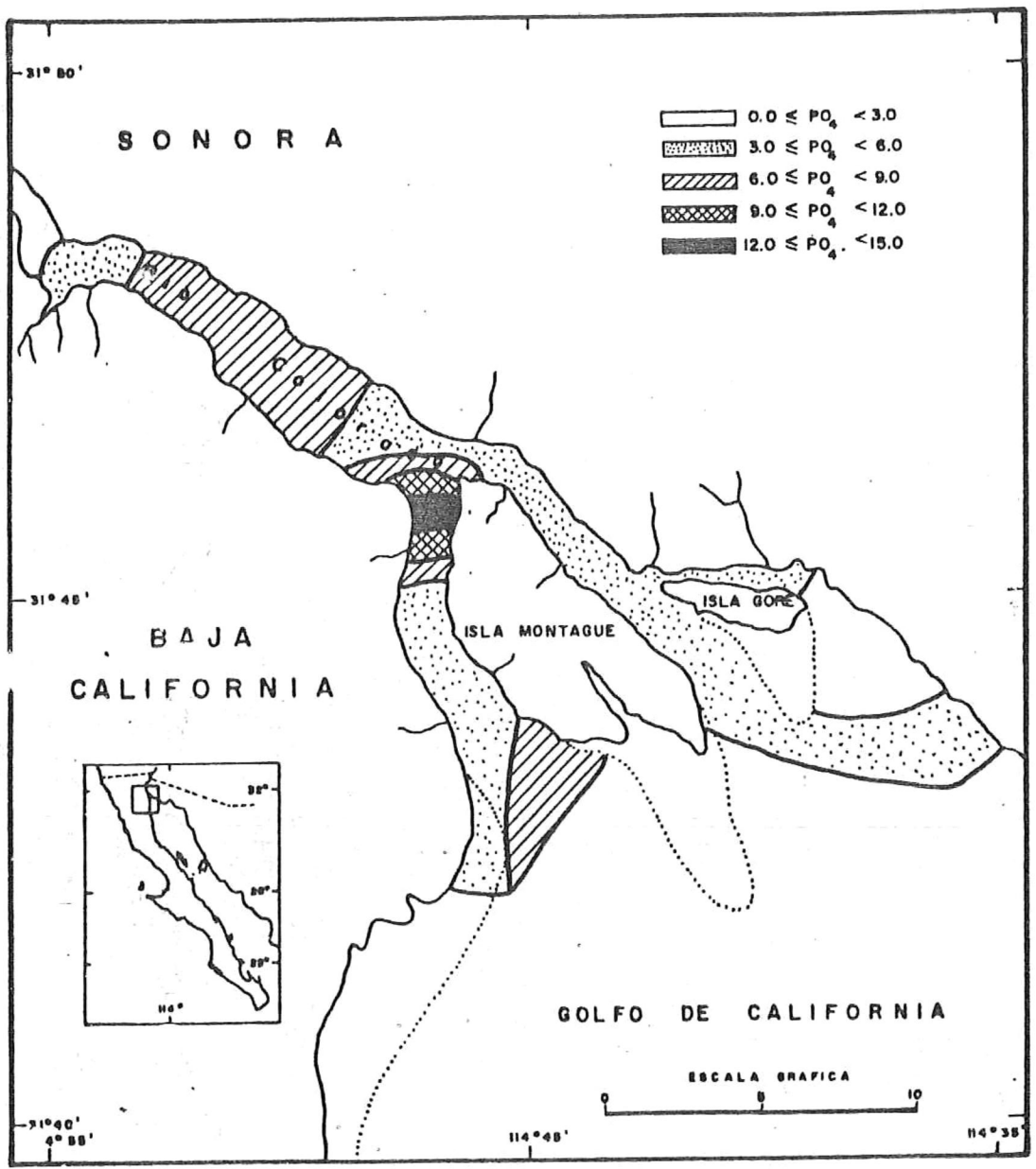


FIG. 23- DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g-at/lit}$) FEBRERO 1990.

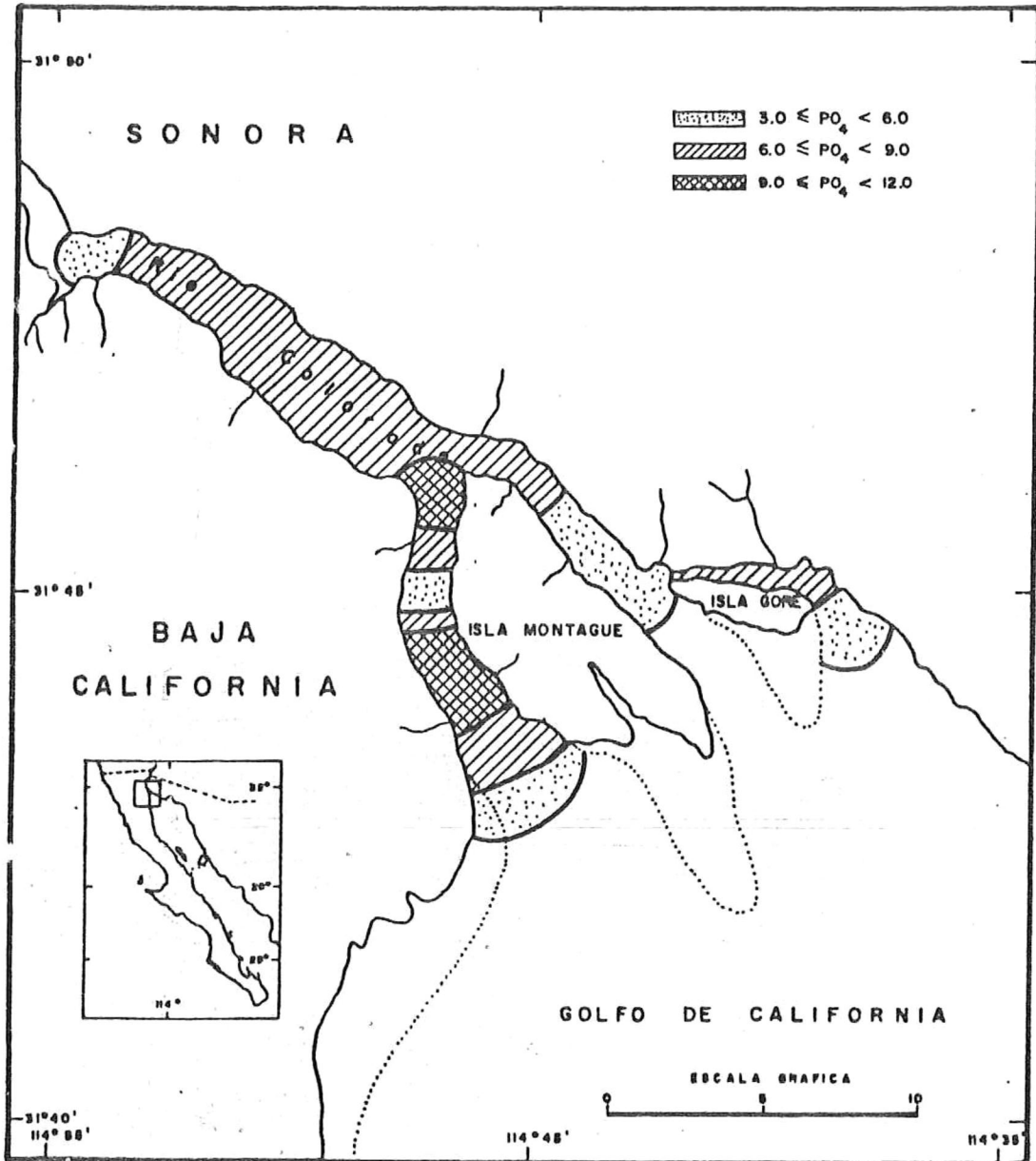


FIG. 24- DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lt}$) MARZO 1990.

III.1.3.7 Abril

42

Los registros muestran un comportamiento similar a los presentados en NO₃ ya que las concentraciones tendieron a aumentar de boca hasta el río (est.11) disminuyendo hacia la costa de B.C; sin embargo las concentraciones de la costa de B.C. presentaron concentraciones más altas que la costa de Sonora, pero menores que las de la región del río. (Fig.25).

La concentración máxima fué de 8.9 μM (est.11) y mínima de 1.6 μM (Est.1).

III.1.3.8 Mayo

Este mes registró las concentraciones más altas; sin embargo fueron muy variables y no exhiben un patrón definido. (Fig.26).

La máxima concentración registró una concentración máxima de 13.3 μM (Est.15) y mínima de 3.1 $\mu\text{g}/\text{lt}$ (Est.2).

III.1.4 SILICATOS

Los registros de este nutriente en la mayoría de los meses denota la presencia de 3 zonas de concentración, alta, media y baja. La zona de máxima concentración se presentó en la región del río, la media, en la costa de B.C. y la baja en la costa de Sonora. Se registraron valores tan altos como 69.1 μM reportados para Marzo y tan bajos como 10.2 μM encontrado en agosto.

III.1.4.1 Agosto

Por la costa de Sonora los registros muestran una tendencia a aumentar gradualmente de boca hacia el río y una disminución de río a boca por la costa de B.C.

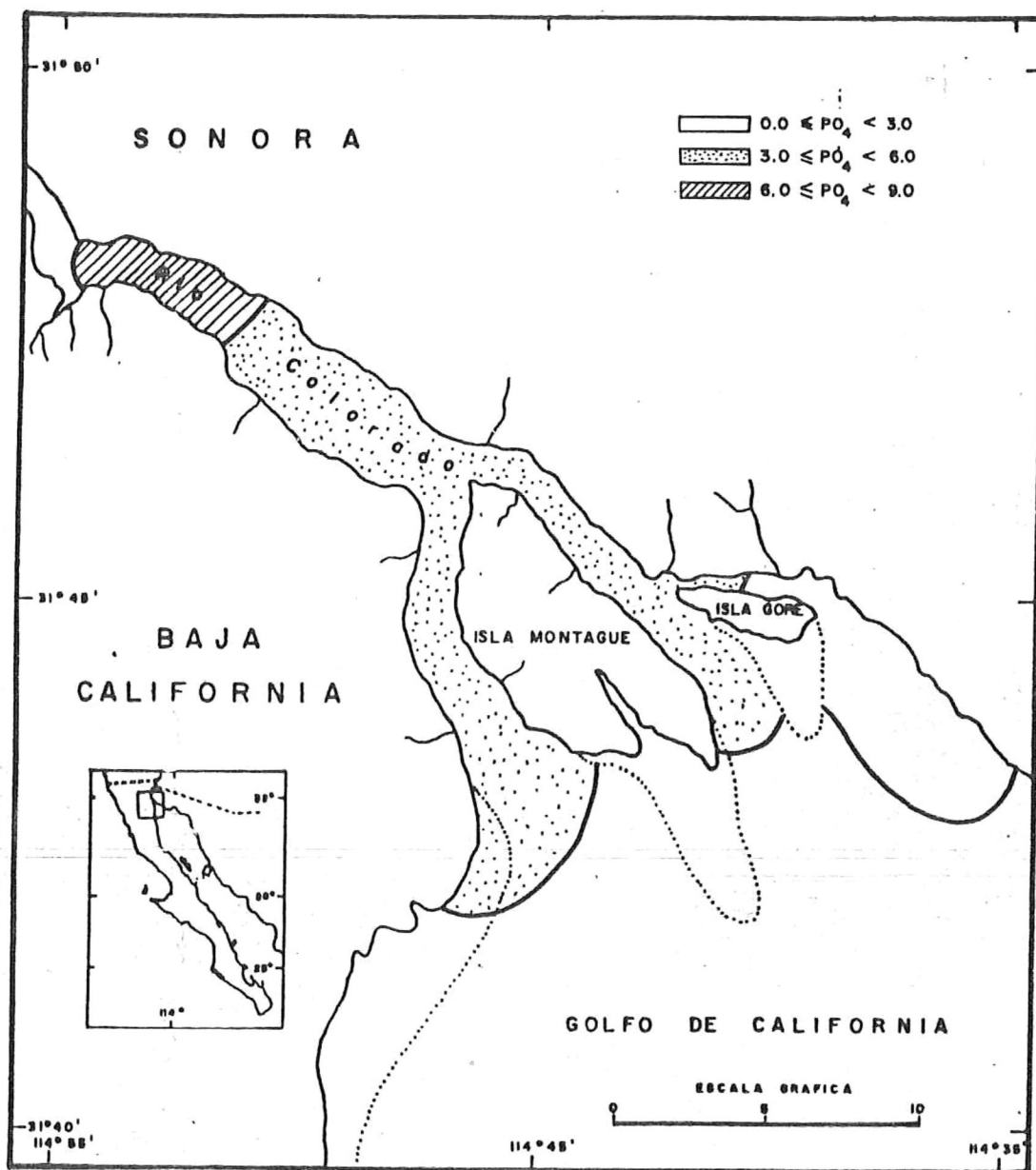


FIG. 25 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lt}$) ABRIL 1990.

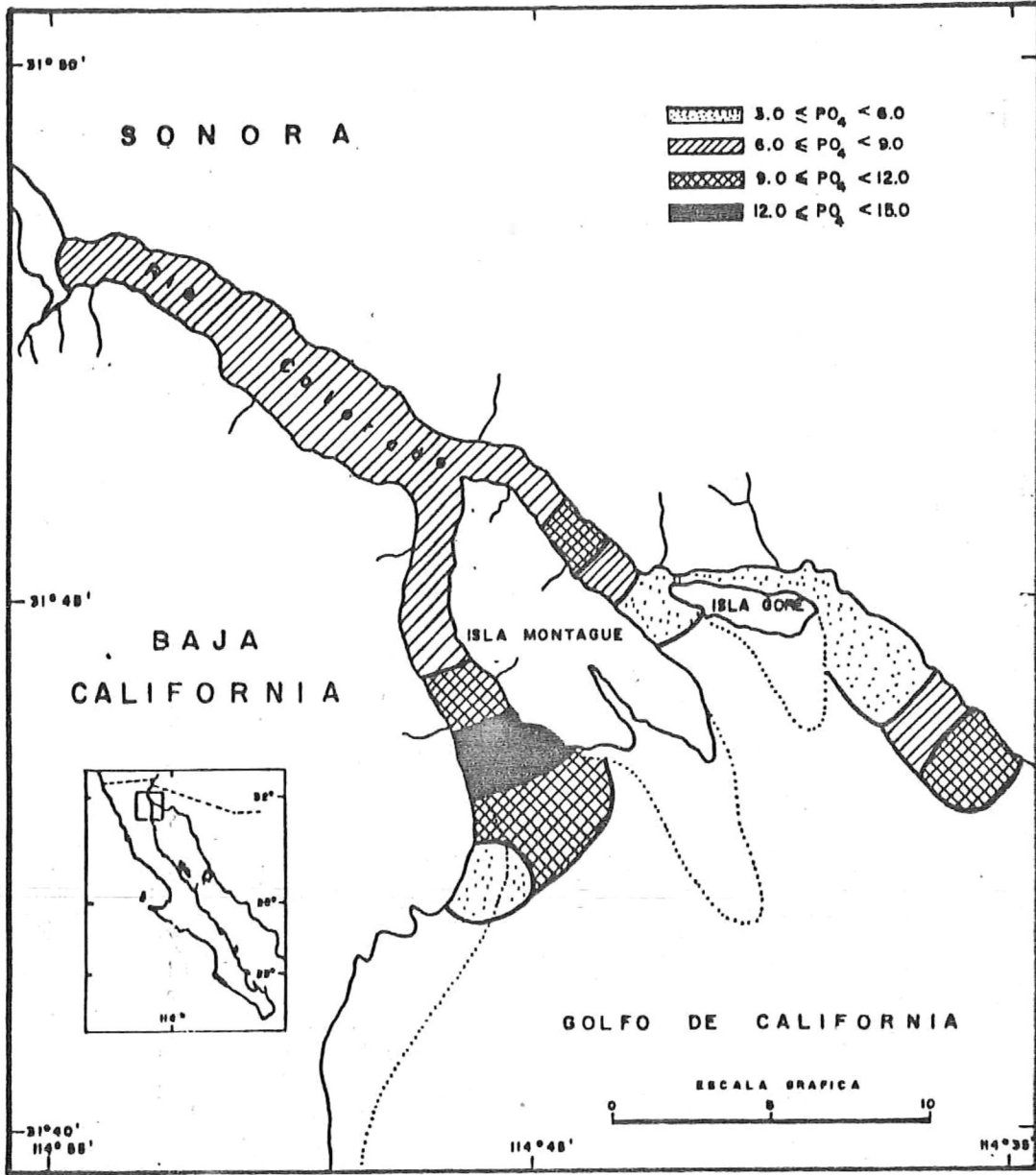


FIG. 26^r DISTRIBUCION ESPACIAL DE FOSFATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$) MAYO 1990.

Los valores más altos se presentaron en la región del río y los mínimos en la costa de Sonora. La máxima concentración fué de $62.3 \mu\text{M}$ (Est.10) y mínimo fué de $10.2 \mu\text{M}$ (Est.1), siendo el más bajo del año. (Fig.27)

III.1.4.2 Noviembre

Este mes registró la máxima concentración en la est.7 con $37.9 \mu\text{M}$ en la costa de Sonora y mínimo de $24 \mu\text{M}$; los valores fueron muy variables y de manera general muestran una tendencia a aumentar hacia la región del río. (Fig.28)

III.1.4.3 Diciembre

Los valores más altos se detectaron entre las estaciones del río y la est.12, a partir de la cuál, hay una marcada disminución hacia la boca en la costa de B.C., en la costa de Sonora los valores fueron más altos. Sin embargo en la costa de Sonora los valores fueron muy variados. (Fig.29).

El mínimo valor encontrado fué de $10.7 \mu\text{M}$ (Est.6) y máximo de $44.8 \mu\text{M}$ (Est.12).

III.1.4.4 Febrero

Los registros obtenidos para las costas de Sonora y Baja California señalan una varabilidad general, la región del río no mostró un patrón claro. El monto de este nutriente no se inclina a ninguna costa, sin embargo los valores más bajos se observan en la zona del río. (Fig.30).

Los valores máximos fueron de $38.7 \mu\text{M}$ (Est.1) frente al poblado y mínima de $13.2 \mu\text{M}$ en la est. 15.

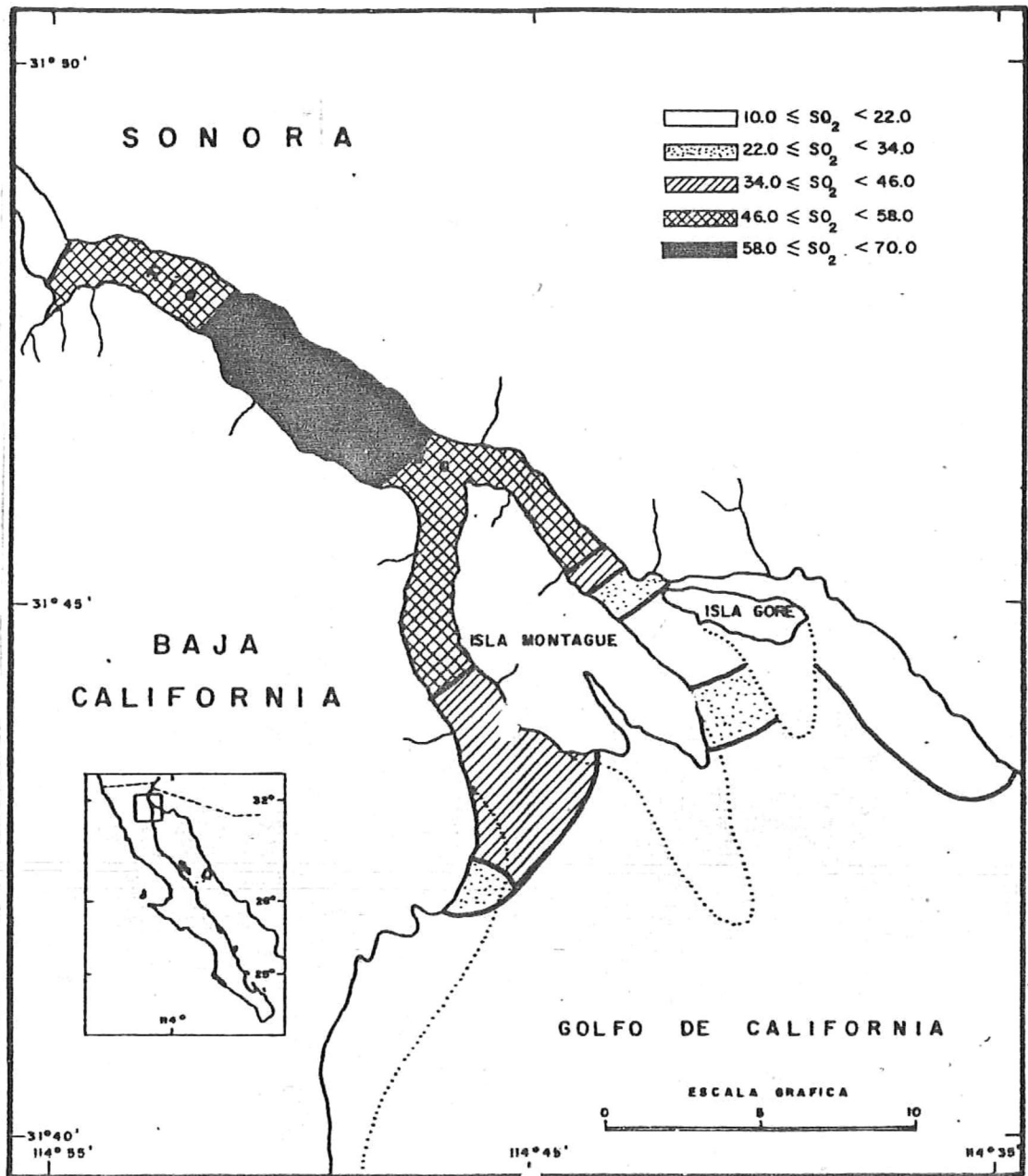


FIG. 27- DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$) AGOSTO 1989.

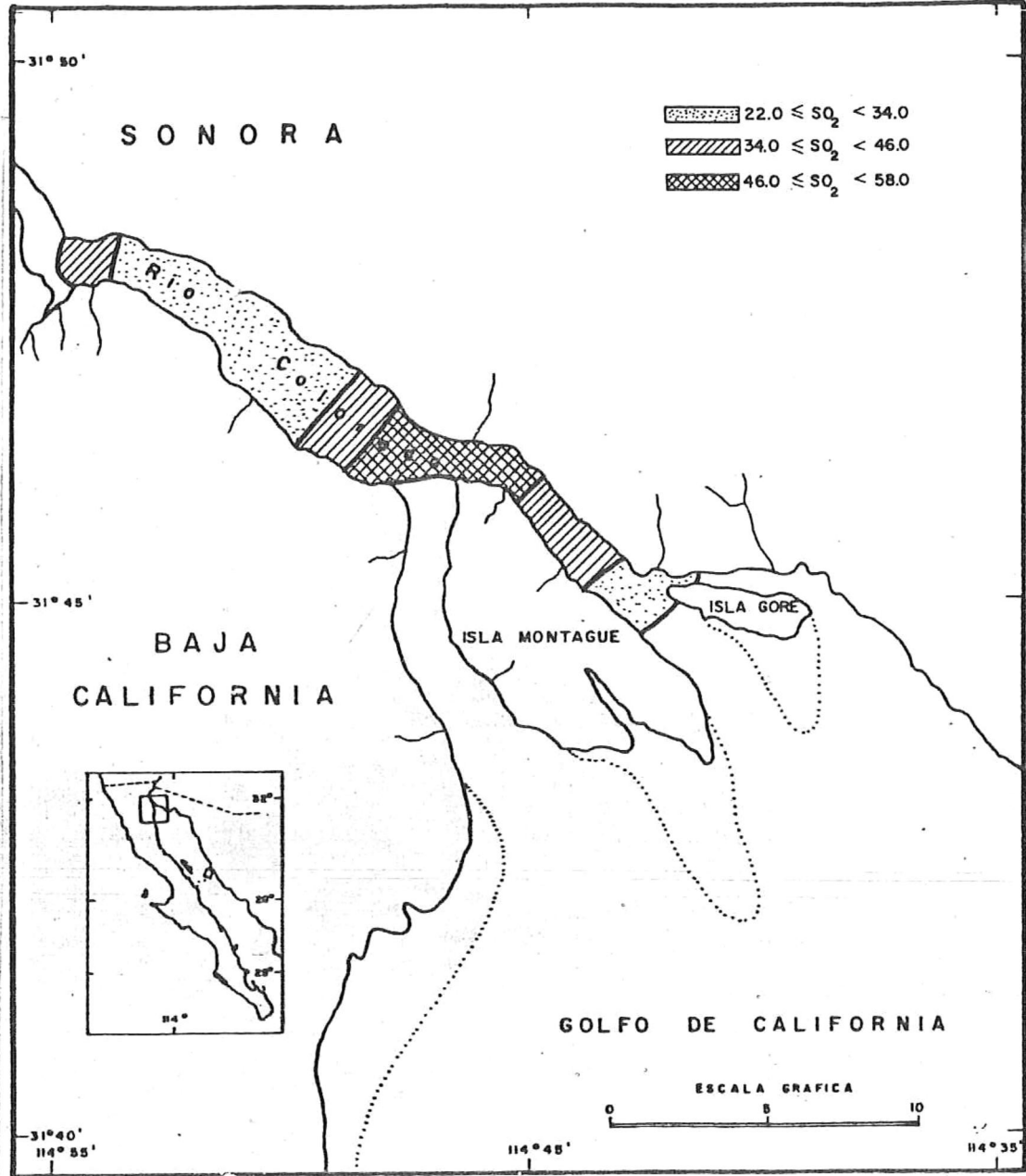


FIG. 28 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu g \cdot at/lt$) NOVIEMBRE 1989

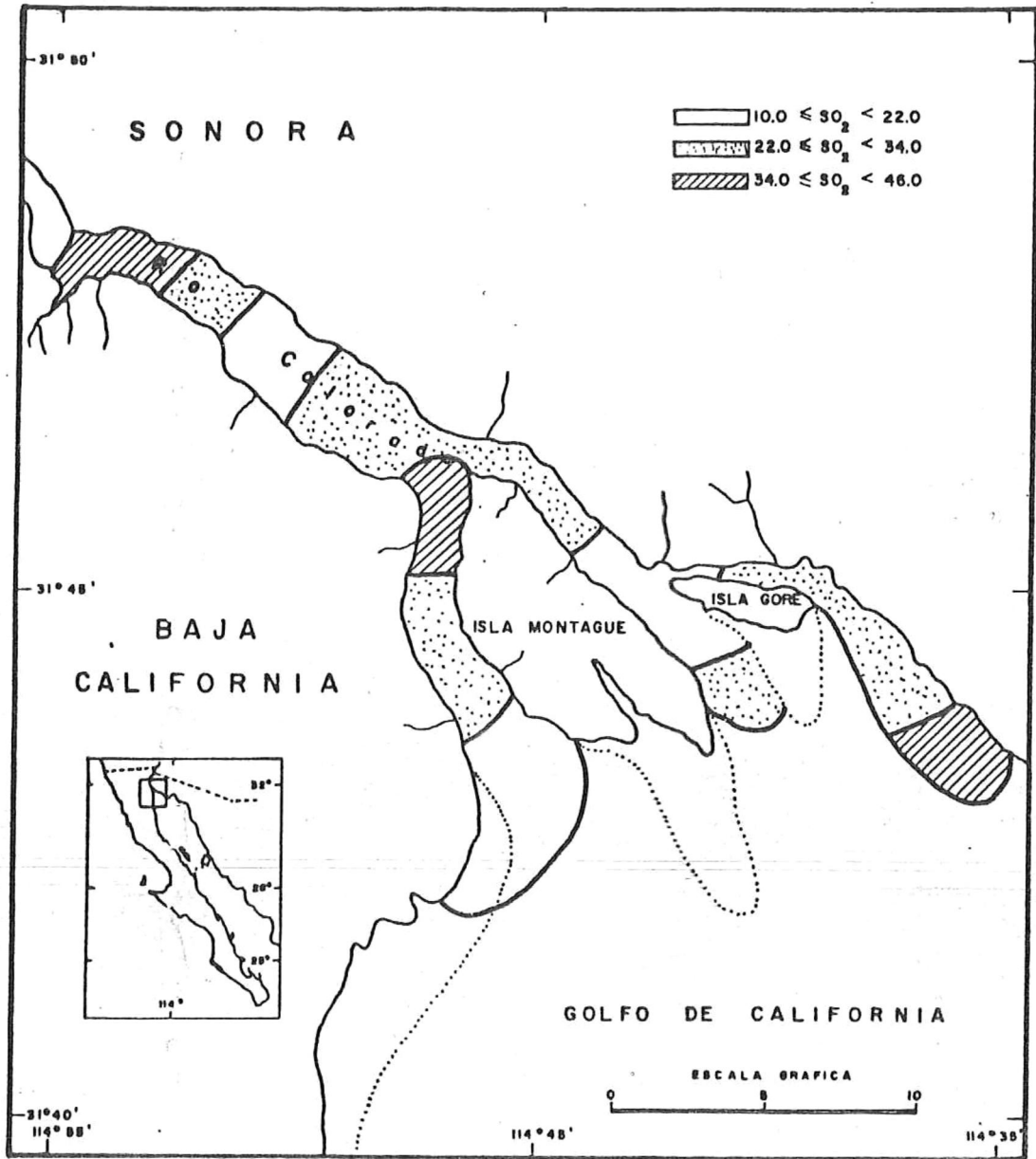


FIG. 29 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu\text{g-at/lit}$) DICIEMBRE 1989.

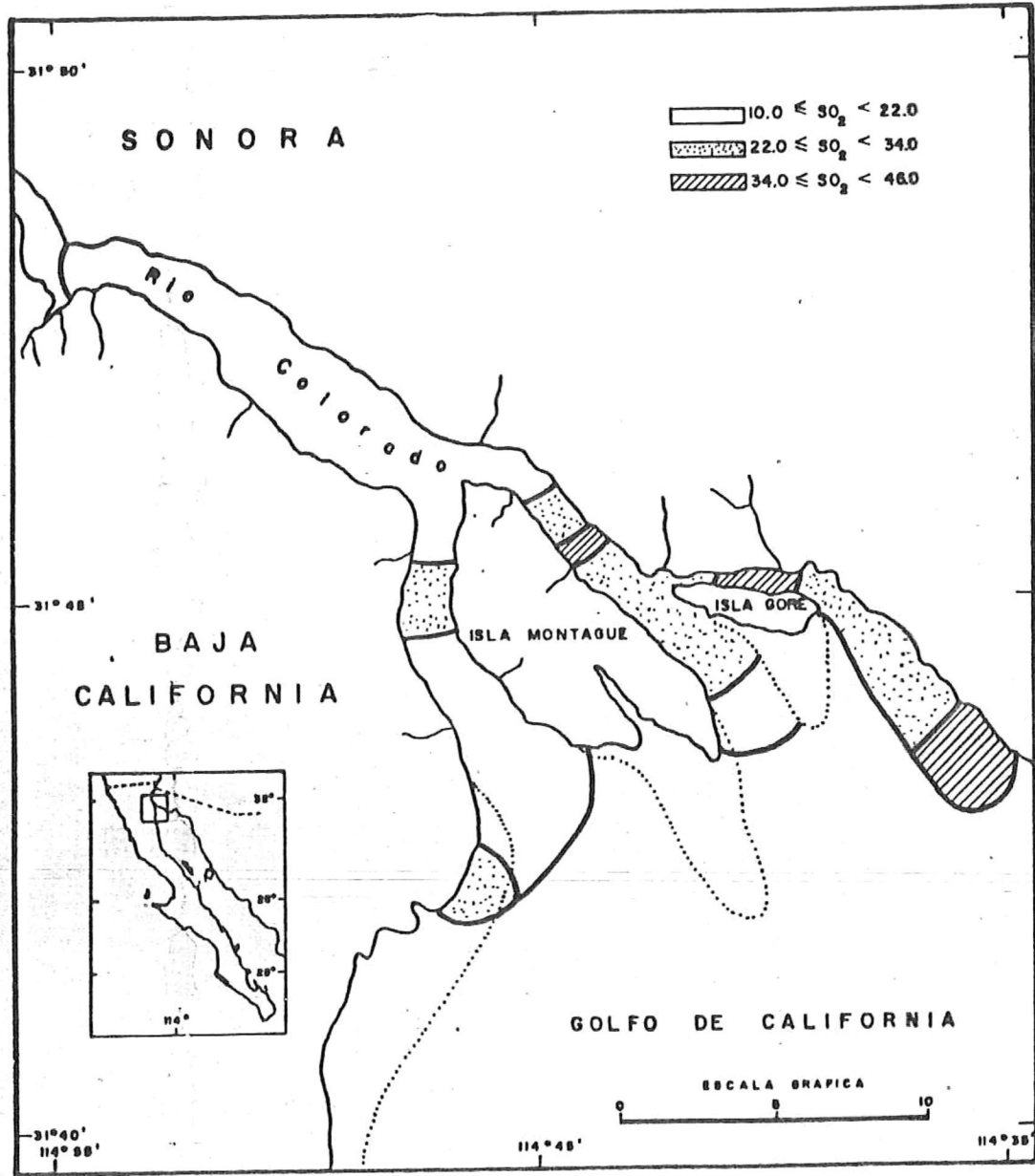


FIG. 30 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu\text{g at/lit}$) FEBRERO 1990.

III.1.4.5 Marzo

50

Los registros de manera global presentan un comportamiento similar al mes de agosto, mostrando una tendencia a aumentar de la boca de la costa de Sonora hacia la est.11 en el río; así como disminuir del río hacia; la boca de la costa de B.C. (Fig.31).

Para este mes el valor mínimo registrado fué de 13.9 μM (Est.16) y máximo de 69.1 μM (Est.11) el cual fué el máximo registrado en todo el año.

III.1.4.6 Abril

Los valores presentan un comportamiento similar al mes anterior en el la tendencia es aumentar la concentración de boca a río por la costa de Sonora y disminuir del río a boca en la costa de B.C.

Los valores más altos se localizaron en la zona del río y los valores más altos se localizaron en la región de la costa de Sonora. (Fig.32).

El valor máximo fué de 62.5 μM en la est.10 y mínimo de 17.5 μM en la est.1.

III.1.4.7 Mayo

Se presentó 3 zonas definidas, una con las máximas concentraciones localizada en la zona del río, una media y muy homogénea en la costa de B.C. y una baja en la costa de Sonora. El máximo valor fué de 60.5 μM (Est.11) y mínimo de 20.8 μM en la est.2. (Fig.33).

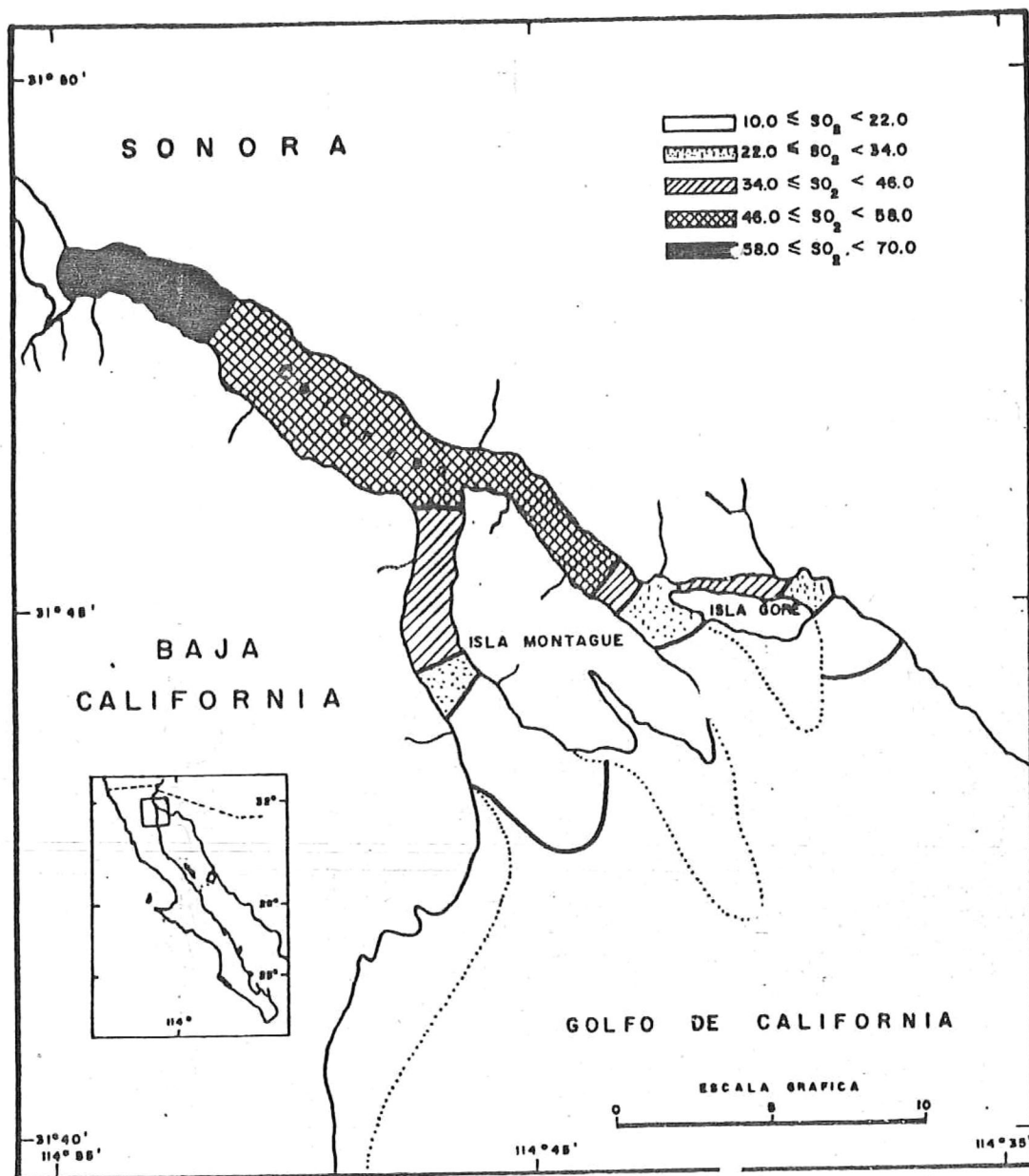


FIG. 31 - DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$) MARZO 1990.

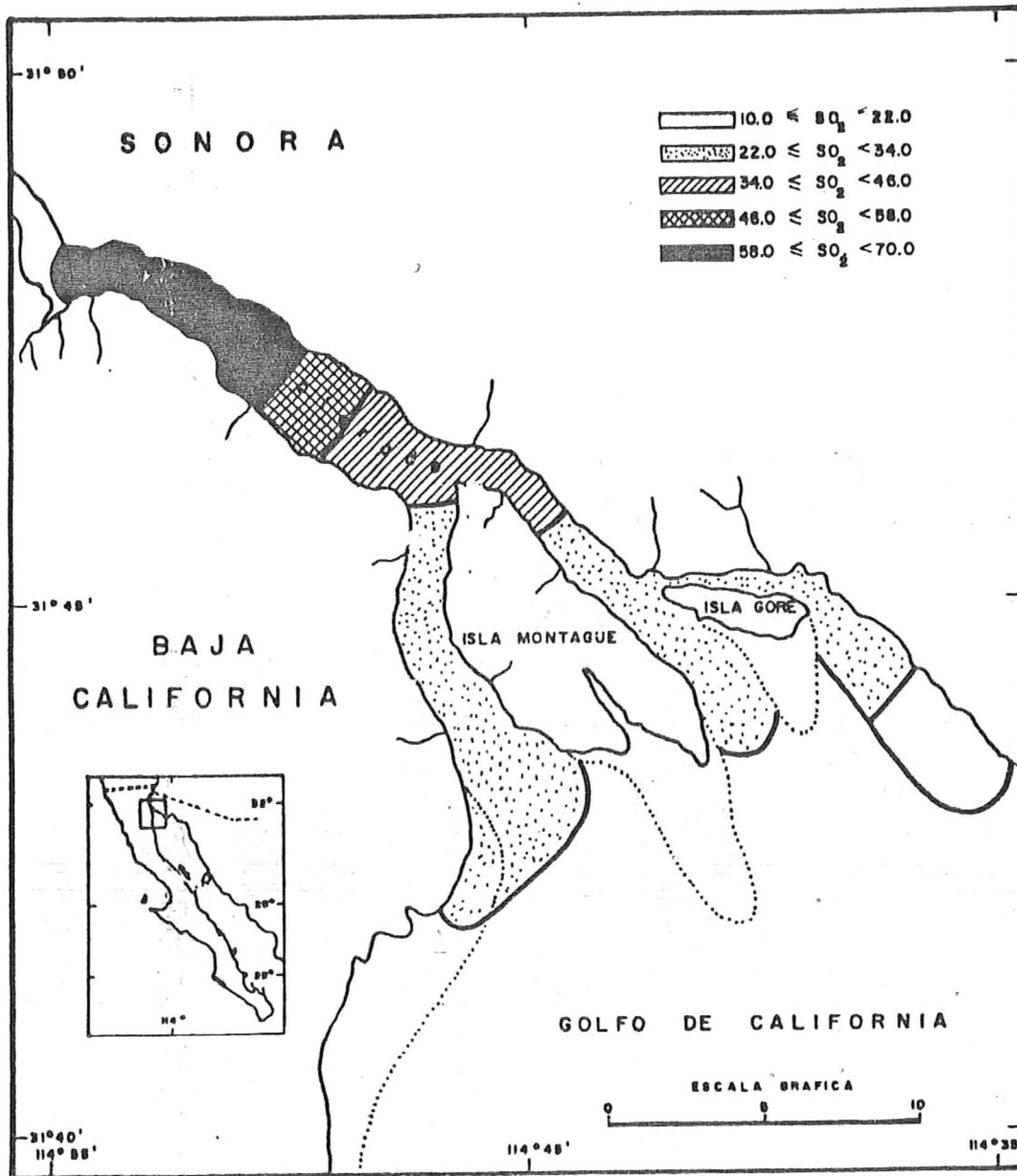


FIG. 32- DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$) ABRIL 1990.

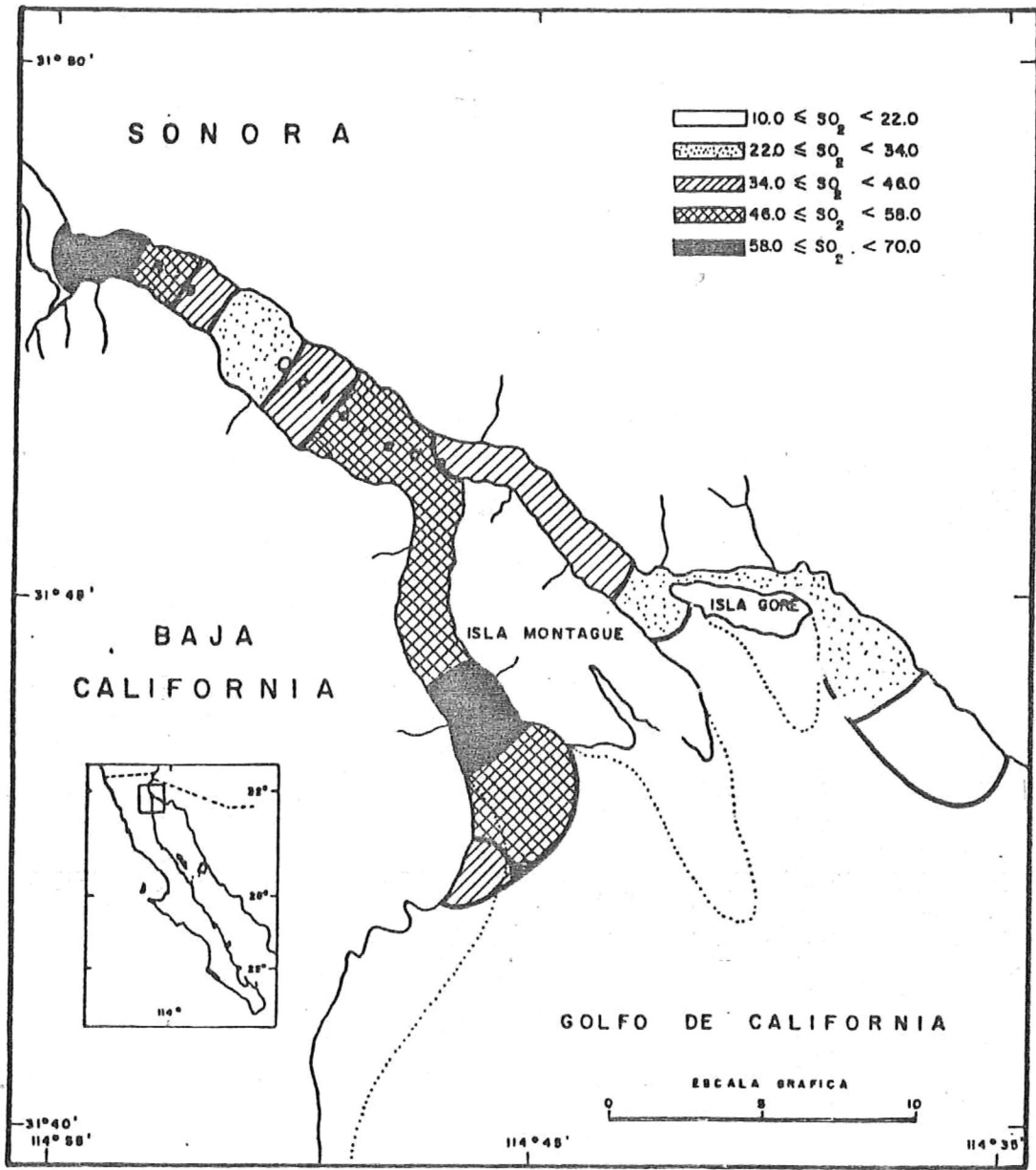


FIG. 33- DISTRIBUCION ESPACIAL DE SILICATOS ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$) MAYO 1990.

El patrón de los registros circadianos para nitratos en los meses de muestreo fueron muy similares, en los cuales, la marea influía en la alta o baja concentración; esto es, con el flujo de la marea las concentraciones disminuían y con el reflujo aumentaban.

La concentración máxima de todo el año la registro el mes de noviembre con 53.3 μM , la concentración mínima la registró el mes de febrero con 8.01 μM .

Las concentraciones para los meses de junio, agosto y abril fueron muy similares, siendo los máximos respectivamente 37.6 μM , 38.4 μM y 35.9 μM ; y mínimos de 10.1 μM , 17.8 μM y 15.3 μM .

El comportamiento general de nitritos tuvo la misma tendencia que los nitratos aumentando la concentración cuando ocurre el reflujo y disminuyendo cuando se presentaba el flujo, a excepción del mes de noviembre que se comporto de manera inversa, aumentando en flujo y disminuyendo en reflujo.

La máxima concentración en el año la presentó el mes de febrero con 14.9 μM y la mínima la registró el mes de junio con 0.06 μM .

Las concentraciones para el mes de agosto fueron similares a las del mes de junio ya que la concentración máxima fué de 0.5 μM y mínima de 0.1 μM .

Los meses de noviembre y abril registraron concentraciones similares las cuales fueron; máximos de 1.8, 1.3 μM y mínimos de 0.5, 0.7 μM respectivamente.

Los fosfatos al igual que los anteriores nutrientes, registró la influencia de la marea d aumentar en reflujo y disminuir en flujo en todos los meses en que se realizaron los registros circadianos, presentando un valor máximo en el mes de noviembre de 41.3 μM y un valor mínimo en el mes de junio con 0.1 $\mu\text{g}/\text{lt}$.

En orden de concentración agosto fué el segundo mes con concentración más baja presentando valores de $3.8 \mu\text{M}$ con un mínimo de $3.8 \mu\text{M}$.

Febrero y abril presentaron concentraciones de 6.0 y $8.6 \mu\text{M}$ como máximos respectivamente; y mínimos de 3.5 y $5.7 \mu\text{M}$.

El patrón general de silicatos fué igual que el de los nutrientes anteriores, debido al efecto de la marea; presentando una aumento y una baja en las concentraciones en reflujos y flujos de la marea respectivamente.

Noviembre fué nuevamente el mes que ahora para silicatos presento el valor más alto en todo el año con valores de $91.6 \mu\text{M}$ con un mínimo para este mes de $44.3 \mu\text{M}$, el mes de febrero registró un mínimo de $17.8 \mu\text{M}$ y un máximo de $53.9 \mu\text{M}$.

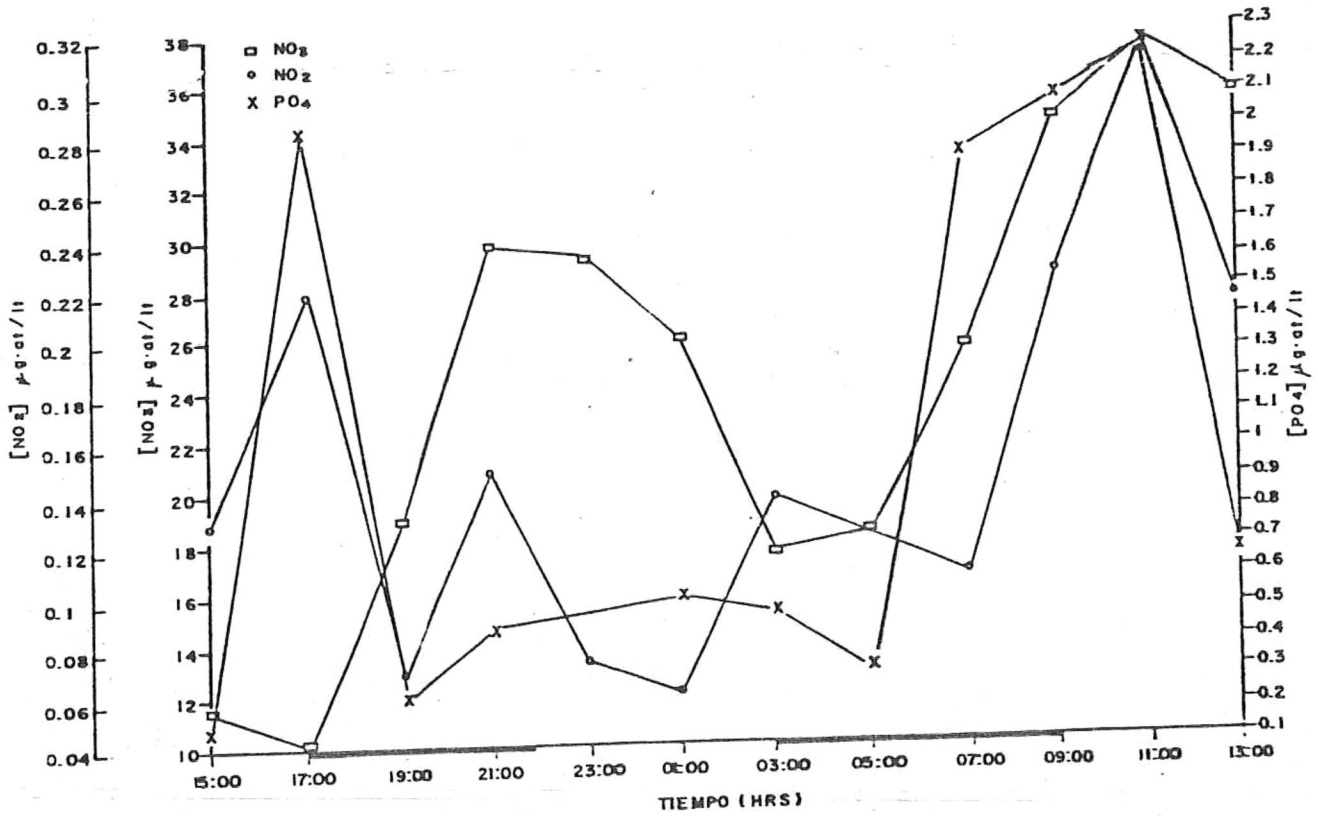
Agosto presentó valores más altos que el meses de abril y concentraciones muy cercanas a las de noviembre, registrando un valor máximo de $88.7 \mu\text{M}$ y un mínimo de $50.5 \mu\text{M}$.

Para abril el valor máximo fué de $62.5 \mu\text{M}$ y mínimo de $36.7 \mu\text{M}$.

El efecto de la marea sobre las sales nutritivas en los registros circadianos se observan en las figs. 34-38.

La prueba de Kruskal Wallis de una vía no paramétrica de comparación múltiple en la comparación de los registros circadianos de nutrientes, con valor crítico de $H = 9.49$ (Alfa = 95%; g.l. = 4), señaló la existencia de diferencias significativas entre los meses, de esta manera se rechaza la hipótesis nula.

La tabla II muestra los resultados de la prueba de Tukey, la cuál señala de manera general en todos los nutrientes la presencia de una época fría y una época cálida.



REFLUJO
FLUJO

FIG. 34 - REGISTROS CIRCADIANOS DE JUNIO PARA NO₃, NO₂, PO₄ Y SiO₂ [μg-at/lit]

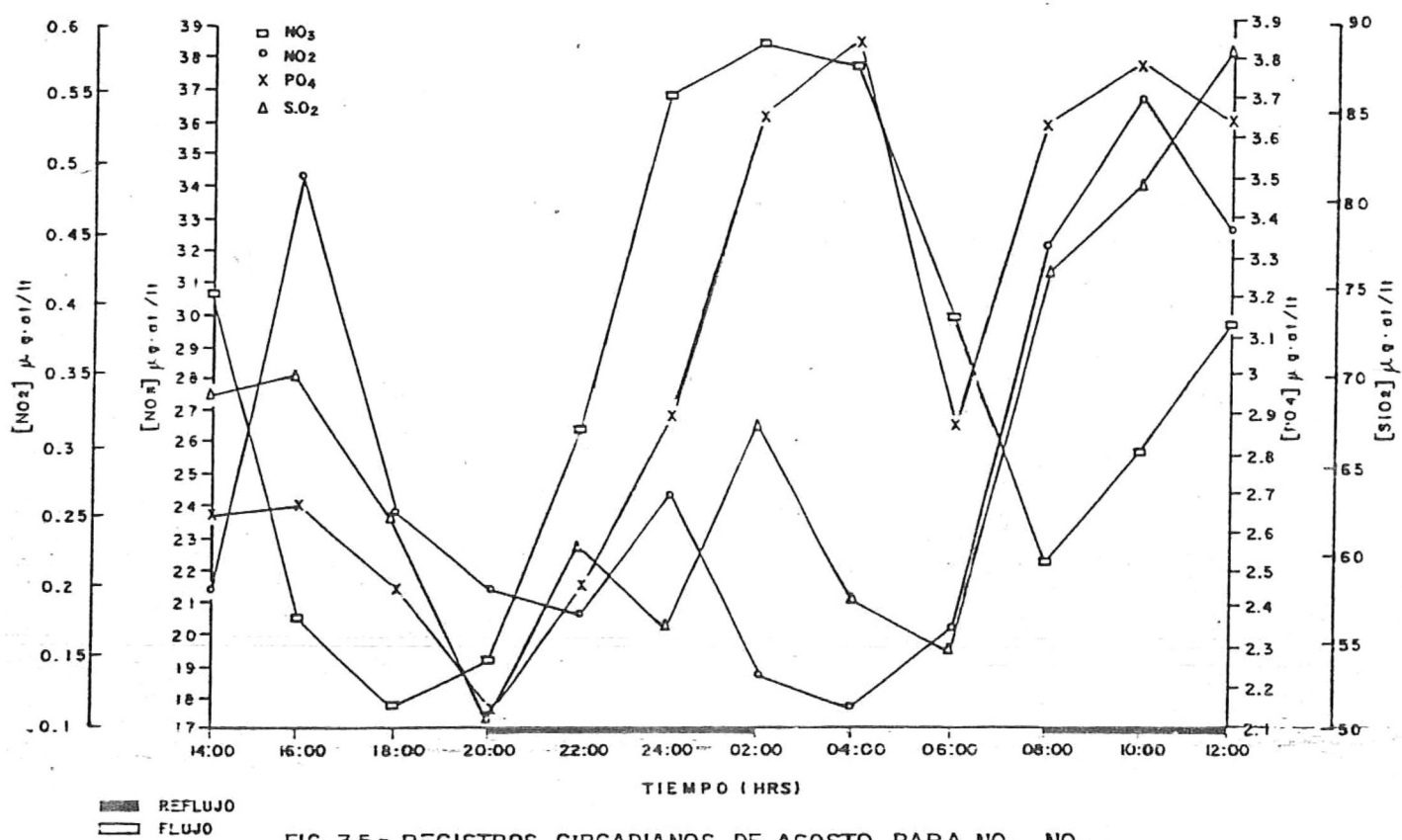


FIG. 35 = REGISTROS CIRCADIANOS DE AGOSTO PARA NO₃, NO₂, PO₄ Y SiO₂ [µg-at/lit]

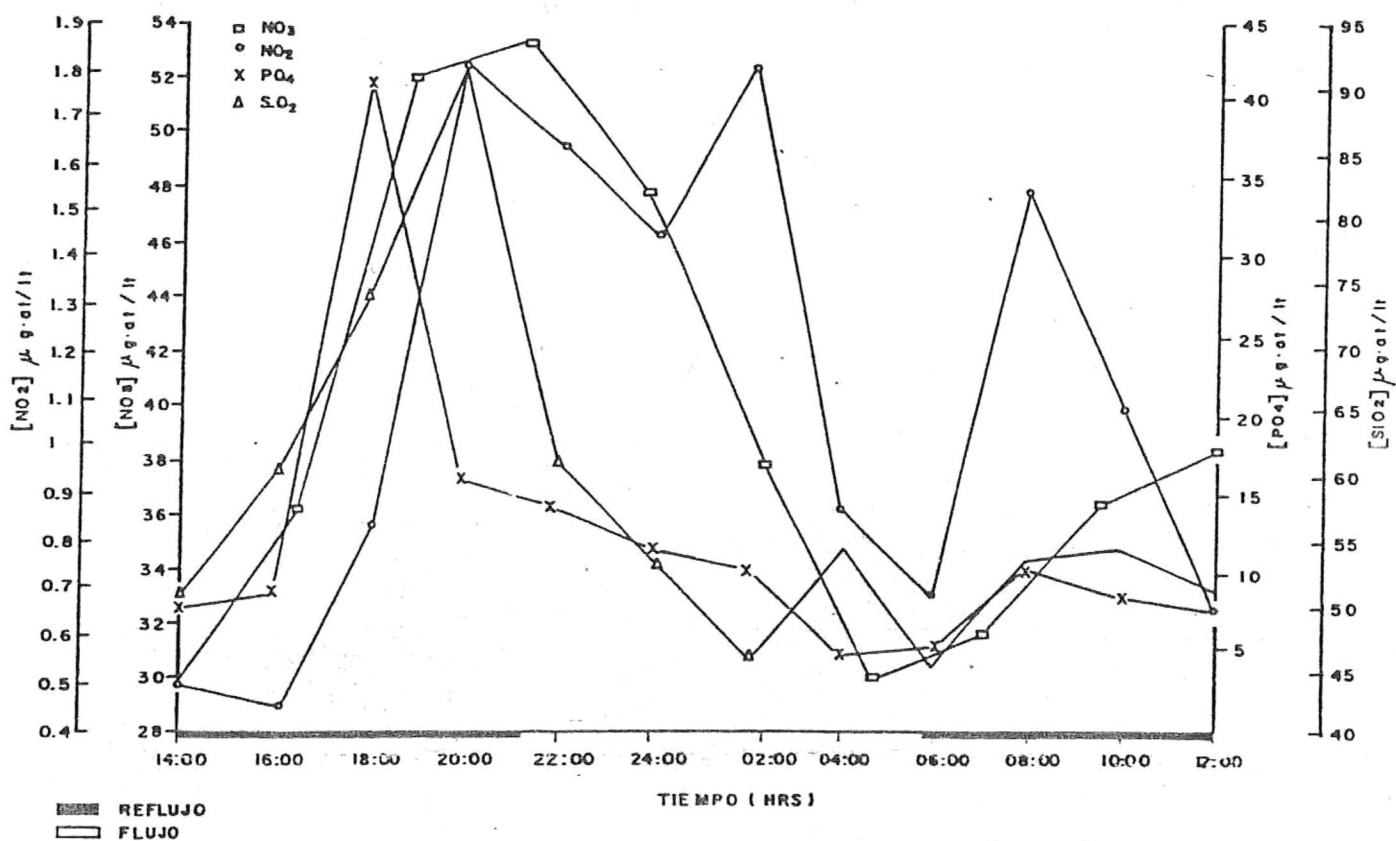


FIG. 36- REGISTROS CIRCADIANOS DE NOVIEMBRE PARA NO₃, NO₂, PO₄ Y SiO₂ [µg-at/lit]

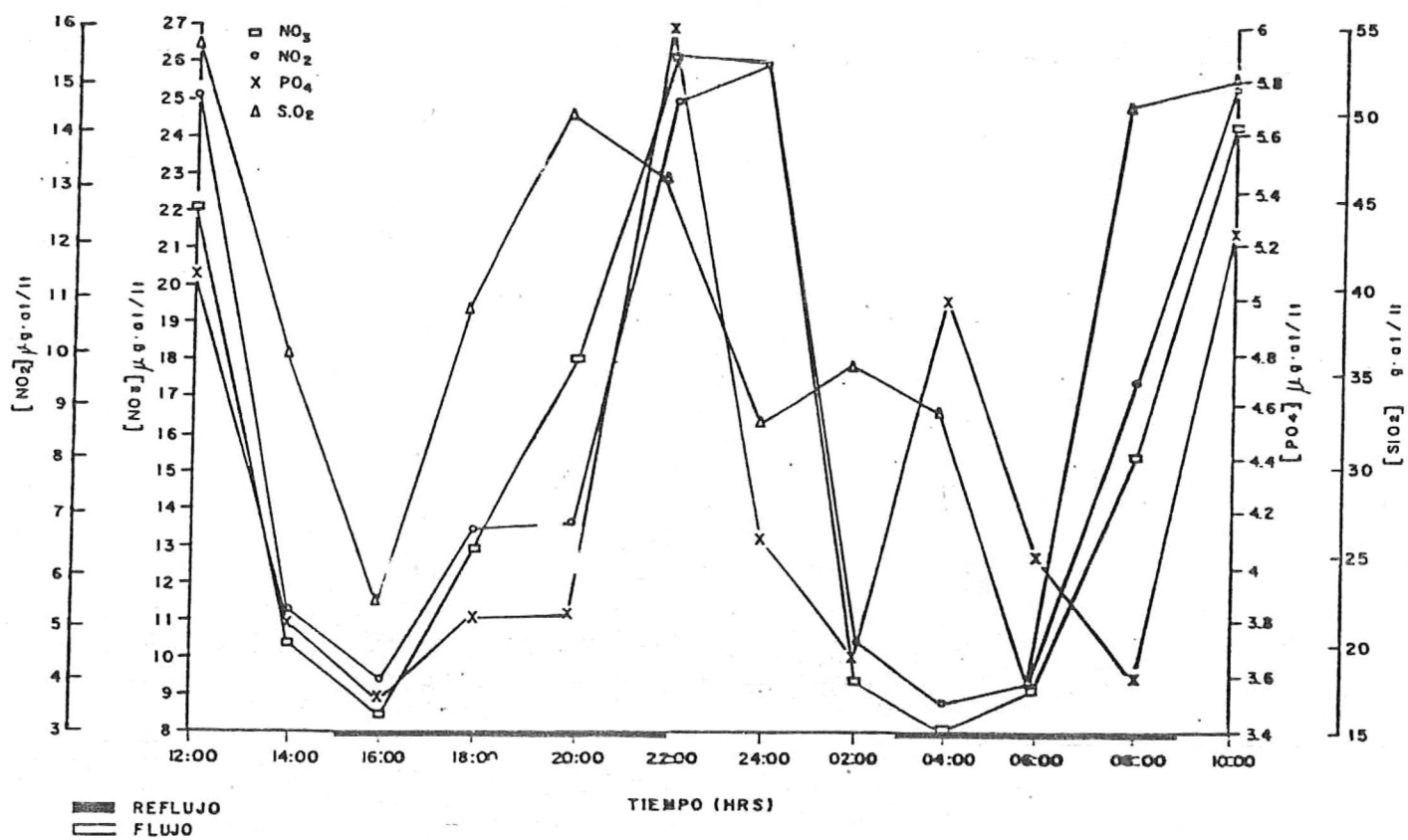


FIG. 37 - REGISTROS CIRCADIANOS DE FEBRERO PARA NO₃, NO₂, PO₄ Y SiO₂ [μg·at/lit]

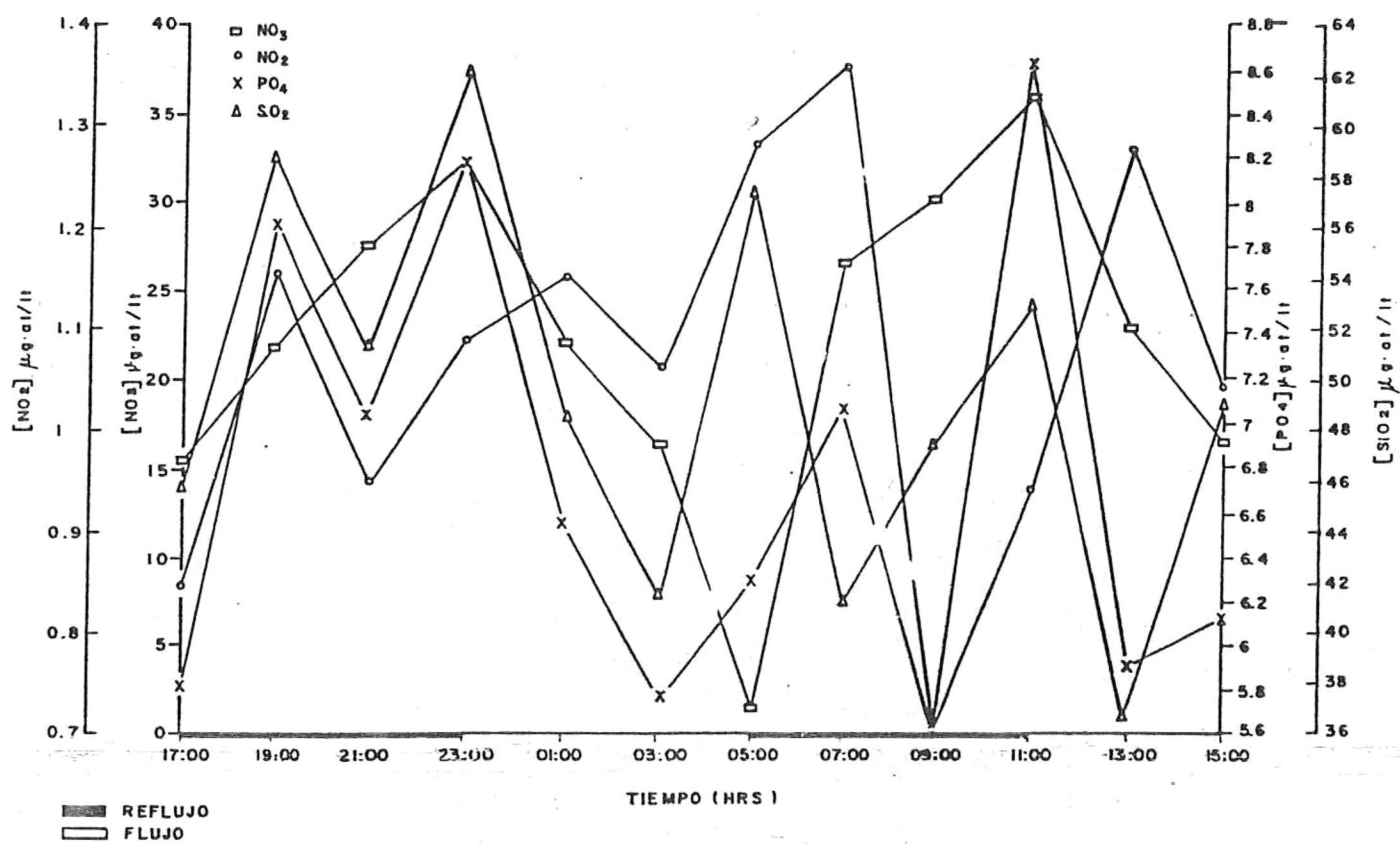


FIG. 38 - REGISTROS CIRCADIANOS DE ABRIL PARA NO_3 , NO_2 , PO_4
Y SiO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{lit}$]

TABLA II - RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TUKEY NO PARAMETRICA DE COMPARACION MULTIPLE PARA NO_3 , NO_2 , PO_4 Y SIO_2 DE LOS REGISTROS CIRCADIANOS EN LA ESTACION 8.

H_0 : EN LOS MESES DE ESTUDIO LOS REGISTROS CIRCADIANOS NO DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE.

		JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	FEBRERO
NO_3	AGOSTO	NR			
	NOVIEMBRE	R	R		
	FEBRERO	NR	R	R	
	ABRIL	NR	NR	R	NR

VALOR CRITICO = 3.858 (PARA COMPARACIONES CON NOVIEMBRE ES 3.481)
VALOR CALCULADO = (1.34 A 12.90)

		JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	FEBRERO
NO_2	AGOSTO	NR			
	NOVIEMBRE	R	NR		
	FEBRERO	R	R	NR	
	ABRIL	R	R	NR	NR

VALOR CRITICO = 3.858
VALOR CALCULADO = (1.43 A 9.000)

		JUNIO	AGOSTO	NOVIEMBRE	FEBRERO
PO_4	AGOSTO	NR			
	NOVIEMBRE	R	R		
	FEBRERO	R	R	NR	
	ABRIL	R	R	NR	NR

VALOR CRITICO = 3.858
VALORES CALCULADOS = (0.413 A 8.0)

		AGOSTO	NOVIEMBRE	FEBRERO	
SIO_2	NOVIEMBRE	NR			
	FEBRERO	R	R		
	ABRIL	R	NR	NR	

VALOR CRITICO = 3.633
VALOR CALCULADO = (1.88 A 6.58)

(α = 0.5 ; INFINITO, $K = 5$)

R = SE RECHAZAN

NR = NO SE RECHAZAN

Los resultados de la prueba de Wilcoxon para muestras independientes, mostrados en la tabla III, señalan las diferencias significativas en su mayor parte en la época fría.

TABLA III - RESULTADOS DE LA PRUEBA DE WILCOXON NO PARAMETRICA QUE COMPARO LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES DURANTE FLUJO Y REFLUJO EN LOS REGISTROS CIRCADIANOS PARA CADA MES DE MUESTREO.

	NO ₃	NO ₂	PO ₄
JUNIO	NR	R	R
AGOSTO	NR	NR	NR
NOVIEMBRE	R	NR	NR
FEBRERO	R	R	R
ABRIL	R	R	R

H₀: LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES NO PRESENTARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.

(ALFA = 0.5 ; g.l. = 4)

R = SE RECHAZA

NR = NO SE RECHAZA

IV. DISCUSIONES

La importancia de los nutrientes inorgánicos, especialmente nitrógeno, fósforo y sílice, sobre la productividad de estuarios y aguas costeras ha sido reconocida desde inicios de siglo (Brandt, 1899; Juhstone, 1908) (citados por Nixon, 1981).

Se ha observado que el nitrógeno normalmente es limitante en poblaciones fitoplanctónicas estuarinas (Ryther y Dunstan, 1971; William, 1972). Eppley, *et al* (1969); señala que la mayoría del fitoplancton estuarino puede crecer a concentraciones de $5.0 \mu\text{M}$. Para el caso del fósforo Butler (1975) (citado por Ley-Lou, 1979) menciona que es otro nutriente que puede ser limitante en la productividad acuática primaria, el reporta valores que van de 0.7 a $11.0 \mu\text{M}$.

Los datos reportados por los autores previos comparados con los encontrados en la distribución superficial así como en los registros circadianos, sugieren que los nutrientes en el delta no son limitantes. Cabe señalar que en la región de Sonora se encontraron las concentraciones más bajas comparadas con las encontradas en la región del río y en la costa de Baja California. Además en los registros circadianos en la época cálida se registraron las más bajas concentraciones, considerándose que estos no son limitantes ya que entran en los intervalos de los autores mencionados.

Las variaciones de más de $5 \mu\text{M}$ de NO_3 y SiO_2 observadas entre colecta y colecta, el valor máximo de PO_4 de $41.3 \mu\text{M}$ encontrado en noviembre y los altos valores de NO_2 encontrados en Febrero con un máximo de $14.9 \mu\text{M}$ (Fig. 34-38) indican claramente el efecto combinado de una distribución espacial en forma de manchas (petacheo) y la influencia de las corrientes de marea.

El factor que controla los incrementos o decrementos de nitratos, es el que tan cerca o lejos esté el punto de muestreo de las bocas del delta. Es decir, el factor más

64

importante es el tiempo de residencia del agua, o su contraparte la velocidad de renovación, ya que los valores mayores se registraron en la región interna del río y los menores hacia la parte expuesta al golfo.

En la región del río y la costa de Baja California no solo se reportaron los valores más altos, sino también valores tan bajos como los registrados en la costa de Sonora como fué el caso de PO_4 , SiO_2 y NO_2 . Esto indica que estas zonas tienen un intenso petacheo en las condiciones físicas y químicas de los sedimentos y una gran variabilidad espacial del flujo de nutrientes a través de la interfase agua-sedimento (Soto Balderas M.G.L. y Alvarez Borrego S., 1990).

La distribución espacial de nutrientes en el Delta del Río Colorado se encontró que es variable dependiendo del lugar de colecta, los muestreos realizados a lo largo de un año señalan la presencia de tres zonas características. La primera comprende la costa de Sonora caracterizándose por presentar las concentraciones más bajas en todos los nutrientes, pudiendo observarse un aumento gradual únicamente de los nitratos de la región más oceánica en dirección al río. La segunda zona fué la del río donde se registraron las más altas concentraciones de nitratos y silicatos; y la tercera correspondiendo a la costa de Baja California en la cual al igual que la región del río presentó altas concentraciones de nutrientes, sin embargo en este caso fueron sales de fosfatos y nitritos, los nitratos fueron menores comparados con los encontrados en el río pero mayores que los de Sonora.

Las altas concentraciones encontradas de nitratos y silicatos en la zona del río pueden estar relacionadas por diversos factores, sin embargo asumimos que este principalmente es debido a la remineralización de la materia orgánica y es aportado por los organismos bentónicos (Rowe, *et al* 1975; Rowe y Smith, 1977; Nixon, 1977; Teague, 1983). Para nitrógeno inorgánico es difícil identificar patrones estacionales comunes, sin embargo en muchas lagunas los altos niveles de concentración de nitratos están asociados al aporte de agua dulce (Nixon, 1982); Martínez Rojas (1990) encontró una ligera disminución de la salinidad en la región muestreada más interna de lo que fué el río,

haciendo mención al posible aporte de agua dulce por infiltración, de esta manera no se puede descartar una posible fuente de sales nutritivas por esta fuente. Las altas concentraciones de silicatos se pueden atribuir además de aporte por aguas infiltradas a que dicha sal tiene origen continental, principalmente por transporte eólico y deslaves a causa de la marea.

El hecho de encontrar mayores concentraciones de nutrientes en la costa de Baja California se debe a que las mayores extensiones de marismas se encuentran en esta región, aunado posiblemente a que el agua proveniente de la región interna del delta con un alto contenido de nutrientes salga principalmente por esta vía. Esta última hipótesis se asume al observar las diferencias marcadas en la topografía del delta entre ambas costas. La costa de Sonora presenta acantilados de hasta aproximadamente ocho metros de altura, permitiendo inferir que el flujo de agua con mayor energía entra por esta zona; en Baja California por el contrario se observa solo zonas con grandes planicies, producto de una menor energía física del agua y con la consecuente depositación de los sedimentos acarreados durante el reflujó de la marea.

En medios aeróbicos el amonio producto de la degradación de la materia orgánica es oxidado a nitrito y nitrato, esto ocurre en la columna de agua y en los sedimentos superficiales (Suess, *et al* 1980). Sin embargo estudios con isótopos en carbon realizados en estuarios de Georgia señalan que el detritus de *Spartina* sp no es un importante componente del seston orgánico (Haines, 1977) pero contribuye en el carbón orgánico encontrado en el sedimento (Sherr, 1982). Se menciona además que las marismas son exportadores de nitrógeno (Heinle and Flemer, 1976; Woodwell, *et al* 1977, 1979; Valiela, *et al* 1978; Valiela and Teal, 1979) y fósforo (Reimold, 1972; Heinle and Flemer, 1976).

Las marismas de esta area se encuentran caracterizadas principalmente por *Dystichilis* sp, a diferencia de otras encontradas en Norte América donde la especie

dominante es *Spartina* sp, la cual de acuerdo a Teal (1962), Odum y de la Cruz (1967), Borey, *et al* (1983), mencionan que estas marismas son exportadoras de energía en forma de materia orgánica.

La gran abundancia de pastos marinos en la costa de B.C se cree que hace el efecto de trampa del material orgánico que es acarreado del interior del delta por las corrientes de marea, de esta manera los pastos actúan como atenuantes de estas corrientes de marea, 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; además, si se le suma la actividad bacteriana que causa una bio-oxidación intensa y remineralización de los nutrientes en estos sedimentos, genera un medio rico en nutrientes principalmente por procesos autótrofos.

Bourillón Moreno *et al* (1988) menciona que los sedimentos del delta del Río Colorado poseen alto contenido de material orgánico, por lo que la zona es altamente fértil para el desarrollo de bacterias, plancton, peces y crustáceos. La influencia que ejerce el viento sobre la columna de agua provoca procesos de turbulencia que ponen en suspensión los sedimentos y materia orgánica particulada, como lo señalado por Gabrielson y Lukatelich (1985) y Demers *et al* (1987). Es importante señalar que en invierno hubo mal tiempo caracterizado por fuertes vientos que influyeron en la remoción de sedimentos, además las temperaturas de hasta 9.0 °C fueron lo suficientemente bajas como para asumir que existió un consumo mínimo de nutrientes por parte del fitoplancton.

Se tiene conocimiento que la producción estimada en Curberland Basin (Nueva Escocia) indica que la producción anual de *Spartina alterniflora* es aproximadamente igual a la producción de microalgas bentónicas y es el doble de la producción del fitoplancton (Gordon, *et al.*, 1985), en el delta no se puede hablar de producción ya que no se cuenta con esa información más sin embargo, es posible que el aporte más grande de materia orgánica es debido a las marismas.

En trabajos efectuados en otros lugares, se menciona un cambio estacional marcado en el contenido de *Puccinellia maritima*, donde los resultados en el contenido de nitrógeno fué mayor durante invierno y mínimo durante el verano (Abd Aziz S. A. and Teal, 1985); otros autores mencionan que la alta abundancia de detritus por *Spartina* sp se debe principalmente a dos factores: La acción de la marea y el invierno (Gordon and Desplanque, 1983). Es muy posible se esté presentando un fenómeno similar para la zona de estudio, ya que se observó que los pastos de las marismas del delta muere en épocas frías.

Se cree que las altas concentraciones de fosfato y nitritos y las bajas de nitratos en esta costa se debe a que puede haber periodos en los que virtualmente la mayor parte del nitrógeno inorgánico sea removido de la columna de agua en contraste con los fosfatos (Nixon, 1982). Es importante señalar que en la costa de Baja California se han encontrado las mayores concentraciones de clorofilas y además ahí es donde se ha encontrado con mayor frecuencia camarón (García Pamanes, Com. pers.)

Los registros circadianos, señalan que la influencia de la marea sobre dichas sales fué un factor muy importante, en el Alto Golfo de California el efecto de las mareas es grande ya que estas se encuentran entre las mayores del mundo. Durante mareas vivas se han medido las fluctuaciones de más de 9 metros (Bourillon Moreno, *et al* 1988), esto influyo significativamente ya que todos los nutrientes mostraron el mismo patrón de comportamiento (Figs. 34-38) en el cuál su concentración disminuía en flujo y aumentaba en reflujo; esto se explica debido a que se inundan grandes extensiones de zona costera con pastos marinos, realizando un reemplazo con agua oceánica en flujo y una concentración de los nutrientes en reflujo.

Los resultados estadísticos de los registros circadianos señalan que las concentraciones de las sales nutritivas tienden a comportarse de acuerdo a dos épocas del año, una fría y una cálida (Tabla II). Por otro lado las mayores concentraciones de manera general se presentaron en los meses fríos y las más bajas en los meses cálidos como puede observarse en las figs. 39-42.

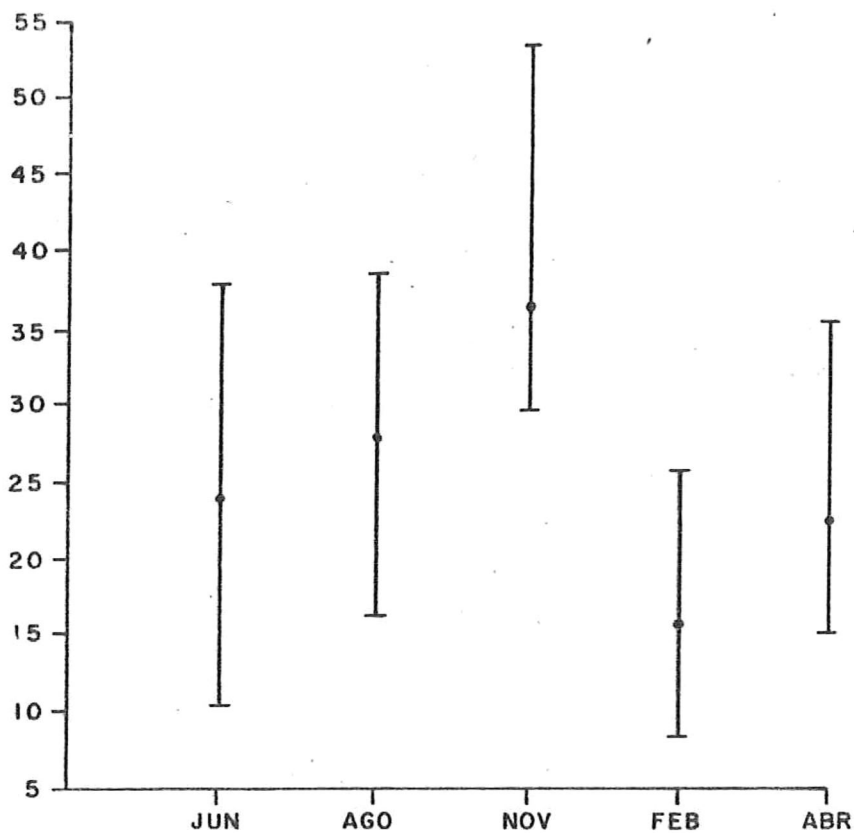


FIG. 39 - RELACION ENTRE EL VALOR PROMEDIO, MAXIMO Y MINIMO DE NITRATOS EN LOS REGISTROS CIRCADIANOS .

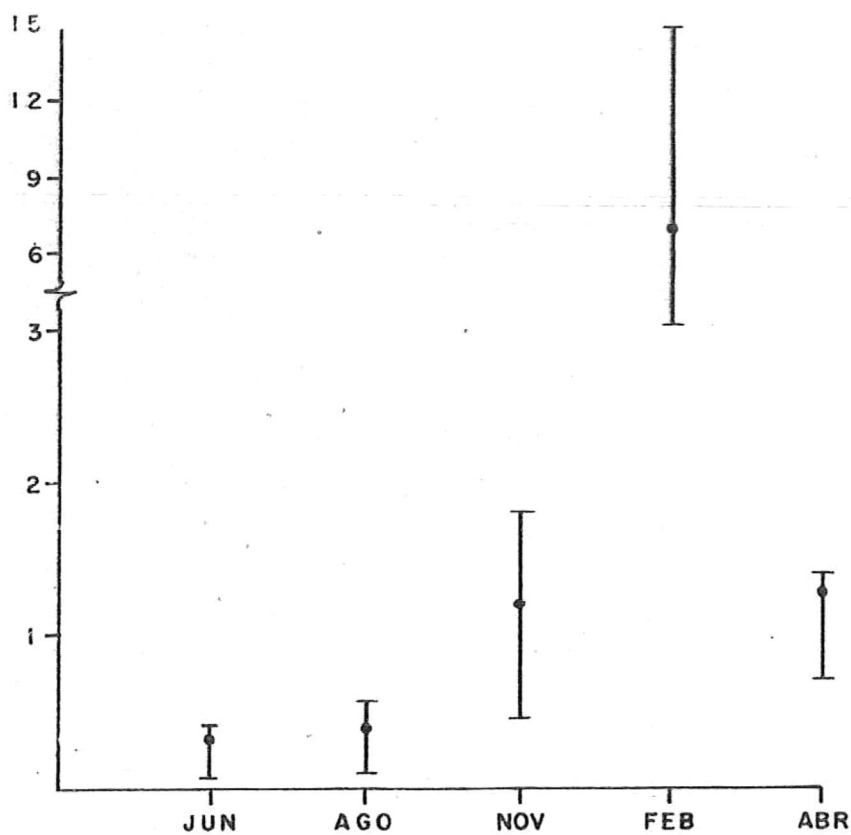


FIG. 40- RELACION ENTRE EL VALOR PROMEDIO, MAXIMO Y MINIMO DE NITRITOS EN LOS REGISTROS CIRCADIANOS.

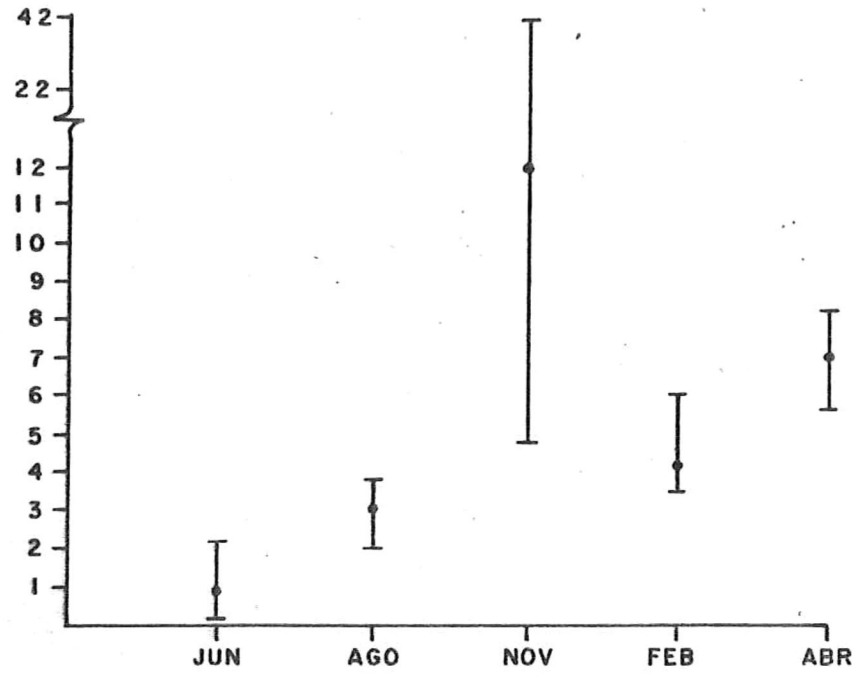


FIG. 41-RELACION ENTRE EL VALOR PROMEDIO, MAXIMO Y MINIMO DE FOSFATOS EN LOS REGISTROS CIRCADIANOS .

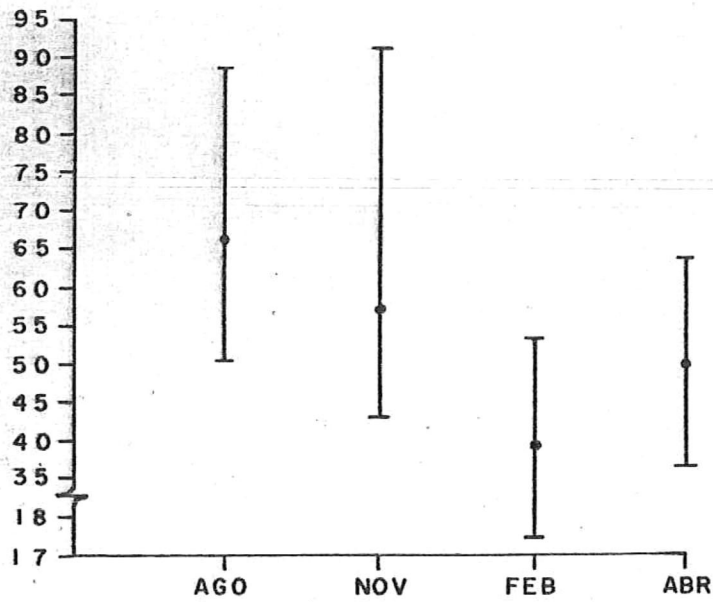


FIG. 42- RELACION ENTRE EL VALOR PROMEDIO, MAXIMO Y MINIMO DE SILICATOS EN LOS REGISTROS CIRCADIANOS .

Se considera además que por las características químicas (especialmente nutrientes) de la columna de agua donde se realizaron los registros circadianos son muy semejantes a los encontrados en aguas intersticiales, ya que de manera global las concentraciones determinadas registran valores muy altos, los cuales atribuimos principalmente al efecto de la remineralización.

Se menciona que como resultado de la proximidad del fondo como es el caso en el delta donde las profundidades son pequeñas, la regeneración bentónica de nutrientes juega un papel importante en la dinámica biológica de los sistemas costeros (Klump y Martens, 1983). Por otro se menciona que es una característica común en los sistemas marinos someros donde su ocurrencia puede depender solamente del almacenamiento de una cantidad apreciable de materia orgánica en el fondo, que puede ser remineralizada a temperaturas mayores en donde sales como el fosfato se mezcla rápidamente en la columna de agua (Nixon, 1982).

Los incrementos y decrementos en las concentraciones de nutrientes en la época fría y cálida respectivamente se le atribuye a la presencia de una corriente provocada por frentes térmicos localizados cercanos al poblado Golfo de Santa Clara en verano (Durazo, 1989). La hipótesis planteada para describir estos cambios, es que la corriente neta con giro anticiclónico en el Alto Golfo de California es más intensa en verano, la cual reemplaza las aguas del delta con agua oceánica caracterizada con bajo contenido de nutrientes; Alvarez Borrego *et al* (1978), y Alvarez Borrego y Graxiola Castro (1988) reportan datos de nutrientes del norte del Golfo de California con un valor para $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ de $1.0 \mu\text{M}$; de PO_4 con un intervalo de 0.7 a $1.7 \mu\text{M}$; y SiO_2 de $14.1 \mu\text{M}$. La ausencia de esta corriente en invierno provoca un mayor tiempo de residencia en las aguas del delta, lo cual es un factor importante para el incremento paulatino de los nutrientes. Sin embargo es necesario efectuar estudios tendientes a elucidar con mayor claridad este fenómeno.

La prueba de Wilcoxon para muestras independientes para comparar flujo y reflujos para cada nutriente en el año muestreado reportan que el delta aparentemente es un sistema exportador de nutrientes, para asegurarlo habría que realizar otro tipo de estudios y así llegar a la realidad de este sistema. Aunque esto no sería raro ya que los estuarios engendran a menudo más fertilidad de la que son capaces de utilizar, lo que se traduce en exportación o el derrame de elementos nutritivos hacia el mar; por ejemplo en los estuarios de Georgia se produce tanta materia orgánica y esta se combina con tanto sedimento que los elementos nutritivos contenidos no pueden ser utilizados cabalmente en el estuario a causa de la poca penetración de la luz; en cambio al alcanzar estos elementos las aguas más claras frente a la costa pueden ser utilizados (Odum, 1972)

V. CONCLUSIONES

1.- La distribución espacial y registros circadianos señalan que los nutrientes no son limitantes en el Delta del Rio Colorado, la cual consideramos como una zona con alta fertilidad. El intervalo anual promedio de nitratos fué de 16 a 37 μM ; nitritos de 0.3 a 8.7 μM ; fosfatos de 1.0 a 12.0 μM ; silicatos de 39.0 a 66.0 μM .

2.- Se cataloga al delta como una fuente importante de nutrientes al mar abierto adyacente.

3.- Los registros circadianos señalan la presencia de dos épocas estacionales bien marcadas, una fría y una cálida, con valores de NO_3 , NO_2 Y PO_4 , menores en verano y mayores en invierno. SiO_2 por el contrario presentó concentraciones máximas en verano.

4.- Las bajas concentraciones en verano se atribuyen a la renovación de agua oceánica baja en nutrientes proveniente del Golfo provocada por la corriente formada por los frentes en esta época; por otro lado en invierno las altas concentraciones de nutrientes se la atribuimos principalmente al alto tiempo de residencia ya que no se registran dichos frentes.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta-Ruíz M. de J., y S. Alvarez-Borrego, 1974. DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ALGUNOS PARAMETROS HIDROLOGICOS, FISICOS Y QUIMICOS EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B.C., EN OTOÑO E INVIERNO. *Ciencias Marinas*, 1(1):16-45.
- Abd. Aziz S. A. and D. B. Nedwell, 1986. THE NITROGEN CYCLE OF AN EAST COAST, U.K., SALTMARSH: I. NITROGEN ASSIMILATION DURING PRIMARY PRODUCTION; DETRITAL MINERALIZATION. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 22, 559-575.
- Alvarez-Borrego J. y S. Alvarez-Borrego, 1982. TEMPORAL AND SPATIAL VARIABILITY OF TEMPERATURE IN TWO COASTAL LAGOONS. *CALCOFI R.* vol. XXII:188-197.
- Alvarez-Borrego, S., 1980. ECOLOGIA DE LAGUNAS COSTERAS Y MARES ADYACENTES DE BAJA CALIFORNIA. En: *Discusiones Internas Sobre Labores de Investigación y Docencia C.I.C.E.S.E.* Ensenada, B.C. pp. 130-137.
- Alvarez-Borrego, S., G. Ballesteros-Grijalva, y A. Chee-Barragán; 1975a. ESTUDIO DE ALGUNAS VARIABLES FISICOQUIMICAS SUPERFICIALES EN SAN QUINTIN, EN VERANO, OTOÑO E INVIERNO. *Ciencias Marinas*, 2(2):1-0
- Alvarez-Borrego, S., B.P. Flores-Baéz y L.A. Galindo-Bect, 1975b. HIDROLOGIA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. II. CONDICIONES DURANTE INVIERNO, PRIMAVERA Y VERANO. *Ciencias Marinas*, 2(1):21-36
- Alvarez-Borrego S. y Gilberto Graxiola-Castro, 1988. PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS OF NORTHERN GULF OF CALIFORNIA PHYTOPLANKTON. *Continental Shelf Research*. Vol.8. No. 1. pp. 37-47

- Alvarez-Borrego S., Jorge Alberto-Rivera, Gilberto Graxiola-Castro, Manuel De Jesus Acosta-Ruiz y Richard A. Swartlose, 1978. NUTRIENTES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA. *Ciencias Marinas*. 5(2):53-71
- Alvarez-Borrego, S. y L.A. Galindo-Bect; 1974. HIDROLOGIA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. I. CONDICIONES DURANTE OTOÑO. *Ciencias Marinas*, 1(1):46-64
- Barnes, R.D.; 1984. ZOOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS. 4a. ed. Edit. Interamericana S.A. de C.V., México. pp. 1157
- Borey, R. B., P.A. Harcombe and F.M. Fisher, 1983. WATER AND ORGANIC CARBON FLUXES FROM AN IRREGULARLY FLOODED BRACKISH MARSH ON THE UPPER TEXAS COAST. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 16, 379-402.
- Bourillón-Moreno, L., Cantú-Díaz Barriga, A., Ambrosi F. Eccardi, F., E. Lira-Fernández, J. Ramírez-Ruiz, J., Velarde E. Gonzalez y A. Zavala-González; 1986. ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA. Coedición Secretaría de Gobernación/UNAM. México. pp. 59-75
- Carranza-Edwards, A.; M. Gutiérrez-Estrada. y T. R. Rodríguez, 1975. UNIDADES MORFOTECTONICAS CONTINENTALES DE LAS COSTAS MEXICANAS. *An. Centr. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.* 2(1):81-88
- Contreras, F.; 1988. LAS LAGUNAS COSTERAS MEXICANAS. 2a. ed. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. pp. 263.
- Del Valle-Lucero I., y H. Cabrera Muro, 1981. ANALISIS ESTADISTICO DE CONDICIONES HIDRODINAMICAS EN LA BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C., VERANO DE 1977. *Ciencias Marinas*, 7(1):17-29.

- Durazo-Arvizu, R., 1989. FRENTEROS TERMICOS DE VERANO EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. Tesis de Maestría. Centro de Educación Científica y Educación Superior de Ensenada.
- Eppley, R. W., J. N. Roger, and J. J. McCarthy., 1969. HALF-SATURATION FOR UPTAKE OF NITRATE AMMONIUM BY MARINE PHYTOPLANKTON. *Limnol Oceanogr.* 14:912-920.
- Farfán B. C. y S. Alvarez-Borrego, 1983. VARIABILITY AND FLUXES OF NITROGEN AND ORGANIC CARBON AT THE MOUTH OF A COASTAL LAGOON. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 17:599-612.
- Fogg, G.E., 1975. PRIMARY PRODUCTIVITY. pp. 385-453. In: J. P. Riley and G. Skirrow (eds.), *Chemical Oceanography*, Vol. II, 2nd. ed. Academic Press, London.
- Gabrielson, J. O. and R.J. Lukatelich, 1985. WIND-RELATED RESUSPENSION OF SEDIMENTS IN THE PEEL-HARVEY ESTUARINE SYSTEM. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (20):135-145.
- Graf, W. L., 1985. THE COLORADO RIVER. Commercial Printing Inc. U.S.A. pp. 47-51.
- Galindo-Bect, M.S. y B.P. Flores-Báez, 1982. HIDROLOGIA COMPARATIVA EN LA BOCA DE DOS SISTEMAS ANTIESTUARINOS DE BAJA CALIFORNIA DURANTE OTOÑO E INVIERNO. *Ciencias Marinas*. 8(1):97-108.
- Gordon, D. C., JR., and C. Desplanque. 1983. DYNAMIC AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF ICE IN THE CUMBERLAND BASIN OF THE BAY OF FUNDY. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1331-1342.

- Gordon, D. C., JR., P. J. Cranford, and C. Desplanque., 1985. OBSERVATION ON THE ECOLOGICAL IMPORTANCE OF SALT MARSHES IN THE CUMBERLAND BASIN, A MACROTIDAL ESTUARY IN THE BAY OF FUNDY. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 20: 205-227.
- Groen P., 1969. PHYSICAL HIDROLOGY OF COASTAL LAGOONS. *Lagunas Costeras, un simposio. Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México, D.F., 275-280.*
- Haines, E. B., 1977., THE ORIGINS OF DETRITUS IN GEORGIA SALT MARSH ESTUARIES. *Oikos.* 29: 254-260.
- Head, P. C., 1976. ORGANIC PROCESSES IN ESTUARIES. Chapter 3 in: Burton, J. D. and Liss, P. S. (Eds.), *Estuarine Chemistry*, Academic Press, London, 229 pp.
- Heinle, D. R. and D.A. Flemer, 1976. FLOWS OF MATERIALS BETWEEN POORLY FLOODED TIDAL MARSHES AND AN ESTUARY. *Marine Biology.* 35, 359-373.
- Islas-Olivares R. 1975. EL OSTION JAPONES (*Crassostrea gigas*) EN BAJA CALIFORNIA. *Ciencias Marinas*, 2(1):58-59.
- Islas-Olivares R., 1982. ANALISIS ECONOMICO EN EL CULTIVO DEL OSTION JAPONES (*Crassostrea gigas*) en el Puerto Don Juan Bahía de los Angeles B.C. *Ciencias Marinas*, 8(2):55-68.
- Jaime-Silva D. R., 1974. CULTIVO DEL OSTION JAPONES (*Crassostrea gigas*) Tumberg, 1975 (Mollusca Eulamellibranchia) en el Estero de Punta Banda de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis profesional Escuela Superior de Ciencias Marinas U.A.B.C.

- Klump, J. V. and C.S. Martens, 1983. BENTHIC NITROGEN REGENERATION. Chapter 12 in: Carpenter, E. J. and Capone, D. G. (End.), Nitrogen in Marine Environment, Academic Press, London, 411-457.
- Lavin M. F. and S. Organista, 1988. SUFACE HEAT FLUX IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA. Journal of Geophysical Research, Vol.93. No. C11. pp:14,033-14,038.
- Lepley, L.K., S.P. Vonder Haar, J.R. Hendrickson and R.G. Calderón, 1975. CIRCULATION IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA FROM ORBITAL PHOTOGRAPHS AND SHIP INVESTIGATIONS. Ciencias Marinas, 2(2):86-93
- Ley Lou, Francisco, 1984. AQUATIC PRIMARY PRODUCTIVITY, NUTRIENT CHEMISTRY, AND OYSTER COMMUNITY ECOLOGY IN A MANGROVE BORDERED TIDAL CHANEL. Thesis of Master. Laguna de Terminos, México
- Martinez-Rojas M. Karla, 1990. VARIACION ESTACIONAL Y REGISTROS CIRCADIANOS DE OXIGENO SALINIDAD Y TEMPERATURA. Tesis de Licenciatura. Facultad De Ciencias Marinas. U A.B.C.
- Massey, L. K., J.R. Sokatch and R.S. Conrad, 1976. BRANCHED-CHAIN AMINOACID CATABOLISM IN BACTERIA. Bacteriological Review, 40:42-54.
- Meckel, L. D. 1975. HOLOCENE SAND BODIES IN THE COLORADO DELTA AREA, NORTHERN GULF OF CALIFORNIA. In: Broussard, M. L. Deltas: Models Exploration. Houston Geol. Soc. pp. 555.
- Nixon, S. W., 1979. REMINERALIZATION AND NUTRIENT CYCLING IN COASTAL MARINE ECOSYSTEMS. In: B. J. Nielson on Nutriente Enrichment in Estuaries, Humana press, Clifton, N.J.

- Nixon, S. W. 1980. BETWEEN COASTAL MARSHES AND COASTAL WATER A REVIEW OF TWENTY YEARS AND RESEARCH ON THE ROLE OF SALT MARSHES IN ESTUARINE PRODUCTIVITY AND WATER CHEMISTRY. Estuarine and Wetland Processes with Emphasis on Modelling (Hamilton and McDonald, K. B., eds.). Plenum, New York. pp. 437-525.
- Nixon, S.W. 1981. FRESHWATER INPUTS AND ESTUARINE PRODUCTIVITY. pp. 31-57. In. R.D Cross and D.L. Williams (eds.), Proceedings of the national Symposium on freshwater. U.S Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services.
FWS/OBS-81/94.vol.1.
- Nixon, S. W., 1982. NUTRIENT DYNAMICS, PRIMARY PRODUCTION AND FISHRIES YIELD OF LAGOONS. Ocenologica Acta. Proceedings International Symposium on Coastal Lagoons SCOR/ IABO/UNESCO, Bordeaux, 8-14 September, 1981, 357-371.
- Odum, E.D. 1972. ECOLOGIA. Tercera edición. Ed. Interamericana. México, D.F.
- Odum, E. P. and A.A. de la Cruz, 1967. PARTICULATE ORGANIC DETRITUS IN GEORGIA SALT MARSH ESTUARINE ECOSYSTEM. In Estuarine (Lauff, G. H., eds.). American Association for the Advancement of Science, Washington, pp. 383-388.
- Patriquin, D. G. and C.R. McClung, 1978. NITROGEN ACCRETION, AND THE NATURE AND POSSIBLE SIGNIFICANCE OF N₂ FIXATION (acetylene reduction) IN A NOVA SCOTIA *Spartina alterniflora* STAND. Marine Biology. 47, 227-242.
- Pritchard D. W., 1952. ESTUARINE HYDROGRAPHY. Adv. Geophys., 1:243-280.

- Pritchard W.D., R. de la Paz Vela, H. Cabrera Muro, S. Farreras Saenz y E. Morales., 1978. HIDROLOGIA FISICA DEL ESTERO DE PUNTA BANDA. Parte I: Análisis de datos. Ciencias Marinas, 5(2):1-23.
- Reimold, R. J., 1972. THE MOVEMENT OF PHSPHORUSTHROUGH THE SALT MARSH CORD GRASS *Spartina alterniflora* LOISEL. Limnology and Oceanography. 17, 606-611.
- Roden G.I., 1958. OCEANOGRAPHICAND METEOROLOGICALASPECTS OF THE GULF OF CALIFORNIA. Pacific Science, vol. XII, January, 1958.
- Roden G.I., 1964. OCEANOGRAPHICASPECTS OF THE GULF OF CALIFORNIA. In: Tij. H. Van Andel andG.G. Shor J.r (Edit), Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 3:30-58
- Rowe, G. T., and K. L. Smith., 1977. BENTHIC-PELAGIC COUPLING IN THE MILD ATLANTIC BIGHT, pp. 55-65. In: B.C. Coull (ed.), Ecology of Marine Benthos, University of South Carolina Press, Columbia.
- Rowe, G. T., C. H. Clifford, K. L. Smith, and P. L. Hamilton., 1975. BENTHIC NUTRIENT REGENERATIONAND ITS COUPLING TO PRIMARY PRODUC-TIVITY IN COASTAL WATER. Nature. 255:215-217.
- Rytner, J. H., and W. M. Dustan., 1971. NITROGEN, PHOSPHORUS, AND EUTROPHICATIONIN THE COASTAL MARINE ENVIROMENT. Science 171:1008-1013.
- Schereiber Jr. J.F.;1969.GEOGRAPHICAL AND GEOLOGICAL FEATURES. En: Environmental Impact of Brine Effluents on Gulf of California. U.S. Dept. Int. Res. and Dev. Prog. Rep. No. 387.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1975-1989). Balance Hídrico del Distrito.
- Secretaria De Pesca, 1989. ANALISIS DE LA ACTIVIDAD PESQUERA: SISTEMA NACIONAL INTEGRADO DE INFORMACION DEL SECTOR PESCA. Dirección General de Programación e Informática. México. No.19. pp:
- Sharp, H. J.; H.C. Culberson and T.M. Church, 1982. THE CHEMISTRY OF DELAWARE ESTUARY. GENERAL CONSIDERATIONS. *Limnol. Oceanogr.* 27(6):1015-1028.
- Sherr, E. B., 1982. CARBON ISOTOPE COMPOSITION OF ORGANIC SESTON AND SEDIMENTS IN A GEORGIA SALT MARSH ESTUARY. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 46: 1227- 1232.
- Soto-Balderas M. G. L. y S. Alvarez-Borrego, 1990. NUTRIENTES INORGANICOS EN LOS CANALES DE INUNDACION DE LAS MARISMAS DE UNA LAGUNA COSTERA DEL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA. En prensa.
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parson, 1972. A PRACTICAL HANDBOOK OF SEAWATER ANALYSIS. 2a. ed. Fish.Res.Bd.Can.Bull. 167. Canada.
- Suess, E., P.J. Muller, H.S. Powell and C.E. Reimers, 1980. A CLOSER LOOK AT NITRIFICATION IN PELAGIC SEDIMENTS. *Geochemistry Journal*, 14: 129-136.
- Sverdrup H. U. 1941. THE GULF OF CALIFORNIA. Preliminary discussion of the Cruise of the "E.W. Scripps" in February and March, 1939. Contribution from the Scripps Institution of Oceanography, New Series, No. 103.
- Teal, J. M., 1962. ENERGY FLOW IN THE SALT MARSH ECOSYSTEM OF GEORGIA. *ECOLOGY*. 43, 514-624.

- Vandivere W.P. y P. Vorster, 1984. HIDROLOGIA ANALISIS OF THE COLORADO RIVER FLOODS OF. *Geo. Journal.* 9.4:343-350.
- Valiela, I. and J.M. Teal, 1979. INPUTS, OUTPUTS AND INTERCONVERSIONS OF NITROGEN IN A SALT MARSH ECOSYSTEM. In *Ecological Processes in Coastal Environments* (Jefferies, R. L. and Davy, A. J., eds). Blackwell, Oxford. pp. 399-414.
- Valiela, I., J.M. Teal, S. Volkmann, D. Shafer and E.J. Carpenter, 1978. NUTRIENT AND PARTICULATE FLUXES IN A SALT MARSH ECOSYSTEM: TIDAL EXCHANGES AND INPUTS BY PRECIPITATION AND GROUND WATER. *Limnology and Oceanography.* 23, 798-812.
- Warsh C.E., K.L. Warsh, and R.C. Staley, 1973. NUTRIENTS AND WATER MASSES OF THE MOUTH OF THE GULF OF CALIFORNIA. 1972. *Deep-Sea research*, 1973. Vol. 20 pp. 561-570.
- Weihaupt, J.G.; 1984. EXPLORACION DE LOS OCEANOS. INTRODUCCION A LA OCEANOGRAFIA. C.E.C.S.A. México.
- William, R.B., 1972. NUTRIENT LEVELS AND PHYTOPLANKTON PRODUCTIVITY IN THE ESTUARY, PP. 59-89. In: R.H. Chabreck (ed.), *Proc. Coastal Marsh and Estuary Management Symposium*. Louisiana State University, Div. of Continuing Education, Baton Rouge.
- Woodwell, G. M. and D.E. Whitney, 1977. THE FLAX POND ECOSYSTEM STUDY: EXCHANGE OF PHOSPHORUS BETWEEN A SALT MARSH AND THE COASTAL WATER OF LONG ISLAND SOUND. *MARINE BIOLOGY.* 41, 1-6.

Woodwell, G. M., R.A. Houghton, C.A.S. Hall, D.E. Whitney, R.A. Moll and D.W. Juers, D. W., 1979. THE FLAX POND ECOSYSTEM STUDY: THE ANNUAL METABOLISM AND NUTRIENT BUDGETS OF A SALT MARSH. Ecological Processes in Coastal Environment (Jefferies, R. L. and Davy, A. J., eds). Blackwell, Oxford. pp. 491-511.