



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

VARIABILIDAD TEMPORAL DE NITRATOS, NITRITOS Y AMONIO
EN LA ENSENADA NORTE DE BAHIA DE LOS ANGELES, B.C.
EN CONDICIONES DE INVIERNO



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

LUIS FERNANDO DURAND SARMIENTO

ENSENADA, B.C. OCTUBRE DE 1989

RESUMEN

Se generaron series de tiempo de nueve días de nitratos, nitritos y amonio en una estación en la Ensenada Norte de Bahía de los Angeles, durante el período del 25 de Febrero al 5 de Marzo de 1987, comprendiendo un ciclo de mareas vivas y muertas. Se tomaron muestras cada dos horas a dos niveles de la columna de agua (superficie y diez metros), con el objetivo de describir la variabilidad temporal de las formas inorgánicas del ciclo del nitrógeno y elucidar los principales factores que causan su variación. Las condiciones que prevalecieron durante la serie -muestreada fueron, de mezcla durante mareas vivas y de estabilidad y estratificación, con mezclas ocasionales durante mareas muertas. En general el comportamiento de las formas inorgánicas del nitrógeno durante el período de estudio fue influenciada principalmente por procesos físicos, sin embargo durante mareas muertas logra manifestarse un proceso de gran actividad biológica aunado al efecto ocasional del viento que afecta la variación de los nutrientes. La componente de variación diurna está asociada a la actividad biológica. Sin embargo, no hay evidencias para señalar el efecto de la marea semidiurna sobre la variación de los nutrientes, ya que la componente semidiurna no se presentó. Las concentraciones de los nutrientes en el nivel de 10 metros son mayores que en la superficie, excepto para el amonio. Los intervalos de concentración encontrados fueron de 1.02-17.17 y 4.66-19.02 μM para Nitratos, 0.10-0.55 y 0.18-0.55 μM para Nitritos y 0.20-3.83 y 0.18-3.76 μM para Amonio, en la superficie y diez metros, respectivamente. Estas concentraciones de nutrientes son mayores que las reportadas para la época de verano y además las concentraciones superficiales de Nitratos y Nitritos son mayores que las reportadas para el Canal de Ballenas. Comparando la información disponible sobre la concentraciones de nutrientes limitantes para el crecimiento del fitoplancton con los datos obtenidos en este estudio, se sugiere que los nutrientes en Bahía de los Angeles no fueron limitantes durante el período de muestreo.

"VARIABILIDAD TEMPORAL DE NITRATOS, NITRITOS Y AMONIO
EN LA ENSENADA NORTE DE BAHIA DE LOS ANGELES, B.C.
EN CONDICIONES DE INVIERNO"

T E S I S
QUE PRESENTA:
LUIS FERNANDO DURAND SARMIENTO


Aprobada por:



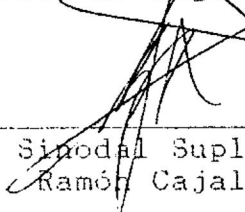
Presidente del jurado
OC. Francisco Delgadillo Hinojosa



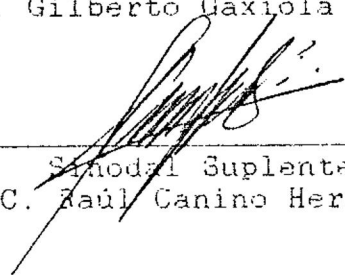
Sinodal Propietario
OC. José A. Segovia Zavala



Sinodal Propietario
M.C. Gilberto Gaxiola Castro



Sinodal Suplente
M.C. Ramón Cajal Medrano



Sinodal Suplente
OC. Raúl Canino Herrera

DEDICATORIA

A mi MADRE por su cariño, su fé, su manera tan positiva de ver la vida, sin amedrentarse ante lo imposible y sobre todo por eso.....por ser MI MADRE.

A mi PADRE por su ILUSION

A mis hermanos:

José Leonardo, Celia Luz y Gerardo Antonio

porque con ellos compartí los más hermosos momentos de mi infancia, adolescencia, juventud.....y seguiremos compartiendo.

A mis queridos sobrinos:

Gerardo Antonio y Denisse Alejandra

A mis queridos tíos:

Dorita de Sarmiento y Manuel Sarmiento Félix

A la MEMORIA de mis abuelos y mi tía:

Celia Durand Romo e Hilda Durand Romo

y

Luz Félix de Sarmiento y Manuel Sarmiento Quiñonez

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por haberme permitido ver la luz del día e iluminar mi sendero para llegar a donde he llegado.

A mis PADRES y HERMANOS por haber depositado su confianza en mí. Y muy especialmente a mi hermano JOSE LEONARDO a quien agradezco infinitamente toda la ayuda que me brindó, mientras estuve fuera de mi casa.

De manera especial a mi director Oc. Francisco Delgadillo Hinojosa, por haber aceptado la dirección de este trabajo y además por sus enseñanzas, críticas, recomendaciones y tiempo compartido.

A mis sinodales Oc. José A. Segovia Zavala, M.C. Gilberto Gaxiola Castro, M.C. Ramón Cajal Medrano y Oc. Raúl Canino Herrera, por sus correcciones, sus acertadas críticas y sugerencias hechas a este trabajo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, por haberme facilitado el uso de sus instalaciones y el material necesario para la realización de esta tesis. Además a todo el personal administrativo de esta Institución; mi más sincero agradecimiento a Hortencia Andrade por brindarme su ayuda desinteresada y por todas sus atenciones para conmigo, así mismo a M. Margarita Chávez, H. Beatriz Meléndez y Araceli Meléndez C.

A la sección de Oceanografía Física del I.I.O., especialmente al Oc. Sergio I. Larios, Oc. Luis F. Navarro, M.C. Oscar Delgado por facilitarme el uso de sus computadoras y su ayuda para la realización del escrito de esta tesis.

A la Universidad Autónoma de Baja California (U.A.B.C.), y dentro de esta misma Institución al personal encargado del almacén de Química de la Facultad de Ciencias Marinas, en especial a Ignacio Herrera Ruiz, quien en todo momento me brindó su amistad incondicional, sin importar el "Champagne" y la "Graduación". Además a todo el personal administrativo de esta Facultad y muy especialmente a María de Jesús Hernández y Rosario Chávez, por su ayuda y sus atenciones desde que inicié la carrera.

A todos mis compañeros de la XXV Generación "PEPE LE PIEU". A mis compañeros del Area de Química: Margarita, Ana María, Carmen, Francis, Martha, Rosalba, Eduardo, Omar, Heriberto, Luis E., Felipe, Marcos, Leobardo, por los momentos compartidos.

A mis dos grandes amigos de la carrera: César López V. y José Santos Ruiz E., porque entre los tres formamos una amistad sincera para siempre.

Y como los últimos siempre serán los primeros, y esta vez tampoco será la excepción. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Doña Luchy y Don Nacho, por haberme permitido integrarme en su seno familiar al considerarme como uno más de sus hijos. Además dentro de esa misma casa a mis amigos: Luis Alfonso, César López, Pedro César, Rafael Alberto, Mariano, Felipe de Jesús y Arturo.

A todas aquellas personas que en algún momento me ayudaron y de alguna manera contribuyeron a mi formación profesional.....GRACIAS!!!!!!

Cada uno de nosotros tiene en su interior un
océano de carácter desconocido. Bendito áquel que
actúa como el Jacques Cousteau de su propia alma.

Y como el Viejo decía.....
Si las cosas que valieran la pena se hicieran
fácilmente, cualquiera las haría.

Otoño de 1989.

DSL650109891027EBCM-HSMDAR.

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
PORTADA	I
HOJA DE APROBACION	II
RESUMEN	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
LISTA DE TABLAS	V
LISTA DE FIGURAS	V
1 INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo	5
2 MATERIAL Y METODOS	6
2.1 Descripción del área de estudio	6
2.2 Método de muestreo y análisis	8
2.3 Procesamiento de datos	9
3 RESULTADOS	11
3.1 Descripción de las series de tiempo	11
3.2 Análisis estadístico	18
3.3 Análisis espectral	21
4 DISCUSION	23
5 CONCLUSION	32
6 LITERATURA CITADA	34
7 APENDICE I	40

LISTA DE TABLAS

TABLAS		PAGINA
I	Estadística básica de la concentración de nutrientes para la serie total	19
II	Estadística básica de la concentración de nutrientes para el período de mareas vivas separadas en superficie y 10 metros	19
III	Estadística básica de la concentración de nutrientes para el período de mareas muertas separadas en superficie y 10 metros	19

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Localización geográfica de la zona de estudio.	7
2	a) Altura de la marea predicha b) Variación de la velocidad y dirección del viento	12
3	Series de tiempo de nitrato a) Superficie, b) Diez metros	13
4	Series de tiempo de nitrito a) Superficie, b) Diez metros	14
5	Series de tiempo de amonio a) Superficie, b) Diez metros	16
6	Distribución vertical de nutrientes a) nitrato, b) nitrito, c) amonio.	17
7	Análisis comparativo por medio de Intervalo de confianza a) nitrato, b) nitrito, c) amonio.	20
8	Espectro de varianza de la altura de marea	21
9	Espectros de varianza de los nutrientes a) y b) nitrato, c) y d) nitrito, e) y f) amonio.	22

1 INTRODUCCION

Las bahías, estuarios y lagunas costeras son importantes en la producción de alimentos al utilizarlas en pesquerías y para el desarrollo potencial de maricultivos. En comparación con el mar adyacente, las lagunas costeras son ecosistemas menos organizados, que periódicamente ofrecen gran cantidad de alimento que no puede ser consumido directamente en la propia laguna (Margalef, 1969).

A pesar de la alta productividad potencial de las lagunas costeras, ésta no siempre ha sido apreciada por el hombre, quien en ocasiones las ha clasificado como zonas desprovistas de valor y en ellas ha vertido desechos o las ha utilizado únicamente como zonas de recreación turística (Odum, 1972).

En las lagunas costeras de Baja California el interés por el desarrollo de la maricultura se incrementó a partir de la década de los setentas. La mayoría de estas lagunas aún se conservan en su estado natural. Sin embargo a medida que hay desarrollo urbano y de otros tipos, a partir de los dos extremos de Baja California, las actividades humanas están impactando su ecología. A través de estudios ecológicos de estas lagunas se puede obtener un marco de referencia contra el cual se podrían comparar situaciones a futuro (Millán-Núñez, 1981).

La mayoría de los estudios en las lagunas de Baja California se han limitado a la costa Oeste de la Península. El Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín han sido las regiones principalmente

estudiadas; en esta última se ha desarrollado exitosamente el ostricultivo (Islas-Olivares, 1982). Recientemente se ha incrementado el estudio del Golfo y sus lagunas costeras, donde la mayoría de las investigaciones se han enfocado al estudio de la producción de carbono y nutrientes en los sistemas lagunares del litoral Este (Alvarez-Borrego *et al.* 1978; Gilmartin y Revelante, 1978 y Florez-Verdugo *et al.* 1986). Sin embargo, las lagunas de la costa Oeste del Golfo han sido poco estudiadas.

Las lagunas costeras del Golfo al constituirse como áreas potenciales donde se pueden aplicar técnicas de acuicultura, se hace necesario un conocimiento científico de los mecanismos de producción, factores ambientales y su variación espacial y temporal; así mismo un conocimiento de las especies presentes y cultivables, además es necesario estimar el alimento disponible para estas especies. Esto último incluye la estimación de la abundancia de fitoplancton y la productividad orgánica de las lagunas costeras (Alvarez-Borrego, 1977).

Son variados los métodos que podrían utilizarse para determinar la productividad de un cuerpo de agua donde se planea desarrollar maricultivo a escala comercial. Los primeros trabajos sobre las condiciones que gobiernan el crecimiento del fitoplancton en el agua de mar, obedecieron a la necesidad de tener un conocimiento de la productividad orgánica atendiendo al conocimiento de que los

organismos fotosintéticos requieren de nutrientes minerales, principalmente nitrógeno y fósforo, para realizar sus actividades metabólicas (Provasoli, 1963).

En particular el nitrógeno se ha identificado como un nutriente limitante para la productividad en la zona costera y sistemas estuarinos (Ryther y Dunstan, 1971). No obstante, los procesos que controlan la distribución del nitrógeno, no están completamente entendidos (Haines, 1979; Furnas *et al.* 1986).

El nitrógeno inorgánico varía grandemente en función del tiempo debido a factores físicos (mareas, corrientes) y a factores biológicos (consumo y remineralización). Por lo tanto es necesario discernir como influyen estos factores en la variación del nitrógeno en el sistema. Una descripción adecuada de esta variación requiere la generación de series de tiempo que además de ser relativamente largas tengan un intervalo de muestreo corto (Alvarez-Borrego *et al.* 1977). Estos autores concluyeron que series de tiempo de sólo 24 ó 26 horas son muy cortas para establecer las tendencias de cambio, sugiriéndose hacer muestreos relativamente largos para obtener un conjunto de datos que permitan hacer un análisis estadístico más adecuado.

La técnica del análisis espectral de series de tiempo es uno de los métodos utilizado para comprender mejor la interacción e importancia relativa de los procesos fisicoquímicos que conforman la hidrodinámica resultante. Cabrera Muro y Farrera Sánchez (1981) han

sugerido que con un análisis espectral de serie de tiempo, es relativamente más fácil escoger un modelo cuyos términos de las ecuaciones expresen más cercanamente las interrelaciones observadas entre las diferentes variables del sistema.

El presente trabajo forma parte del programa de investigación denominado "Cuerpos Costeros del Golfo de California", desarrollado por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la Universidad Autónoma de Baja California (U.A.B.C.). El planteamiento de investigación de dicho proyecto está enfocado para estudiar las condiciones extremas de variación que rigen al sistema en la región Oeste-Central, como son las altas y bajas temperaturas durante verano e invierno, respectivamente, además de la variación de corto período de mareas vivas y muertas y otras más pequeñas como la diurna y la semidiurna. Este trabajo tiene como complemento, el estudio realizado por Castro-Montoya (1988) en el mismo sitio, en condiciones de verano.

Los estudios Oceanológicos realizados en Bahía de los Angeles hasta antes del comienzo de este programa han sido muy pocos. Existen estudios como el de Lizarraga-Arciniéga y Marinone-Moschetto (1978), quienes reportan únicamente variables hidrológicas. Gilmartin y Revelante (1978) reportan para este mismo lugar una concentración superficial de nitratos de $0.61 \mu\text{M}$, para la época de verano. Particularmente con respecto a la variabilidad

de las formas inorgánicas del nitrógeno existe información reciente para Bahía de los Angeles en la época de verano durante un tiempo de diez días, reportada por Castro-Montoya (1988).

Se designó a Bahía de los Angeles para este estudio, ya que se encuentra situada en una franja del Golfo donde se presentan eventos característicos de fertilidad como surgencias, mezcla por marea y además los valores de concentración de nutrientes más altos del Golfo ocurren en esa zona (Alvárez-Borrego *et al.* 1983). Bahía de los Angeles posee además, características particulares como son topografía apropiada, infraestructura de acceso, área protegida, las cuales son necesarias para desarrollar el maricultivo.

1.1 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es el de evaluar la variabilidad de Nitratos, Nitritos y Amonio, durante nueve días en la Ensenada Norte de Bahía de los Angeles, en condiciones de invierno.

2 MATERIALES Y METODO.

2.1 Descripción del área de estudio.

Bahía de los Angeles se localiza en la región Oeste-Central del Golfo de California a 450 kms. al sur del Puerto de San Felipe, B.C. Con una extensión de 6400 hectáreas, se encuentra ubicada geográficamente entre las latitudes 28°N-30°N y las longitudes 113°W-114°W. Colinda al oeste con el poblado Punta Prieta y al este sobre el Golfo de California con la isla Angel de la Guarda y otras islas de menor extensión (Fig. 1).

La geomorfología de Bahía de los Angeles se caracteriza por estar constituida de un suelo arenoso árido rodeado de montañas. El clima imperante durante todo el año es extremo, de condición desértica y alta irradiación solar, poca precipitación pluvial y vientos muy variables. El sistema pluvial está formado por una serie de corrientes intermitentes que desembocan en la bahía, descendiendo de las montañas circundantes (S.A.R.H., 1980)

El área donde se realizó la investigación se localiza en la parte norte de Bahía de los Angeles, denominada Punta la Gringa (Fig. 1). Es una ensenada de forma semicircular protegida por una barra constituida por canto rodado, cuyo material terrígeno se hace más fino conforme se aleja de la punta en dirección norte, hasta constituirse en playas arenosas. Junto a la punta de la barra se ubica la entrada de un canal principal con una profundidad

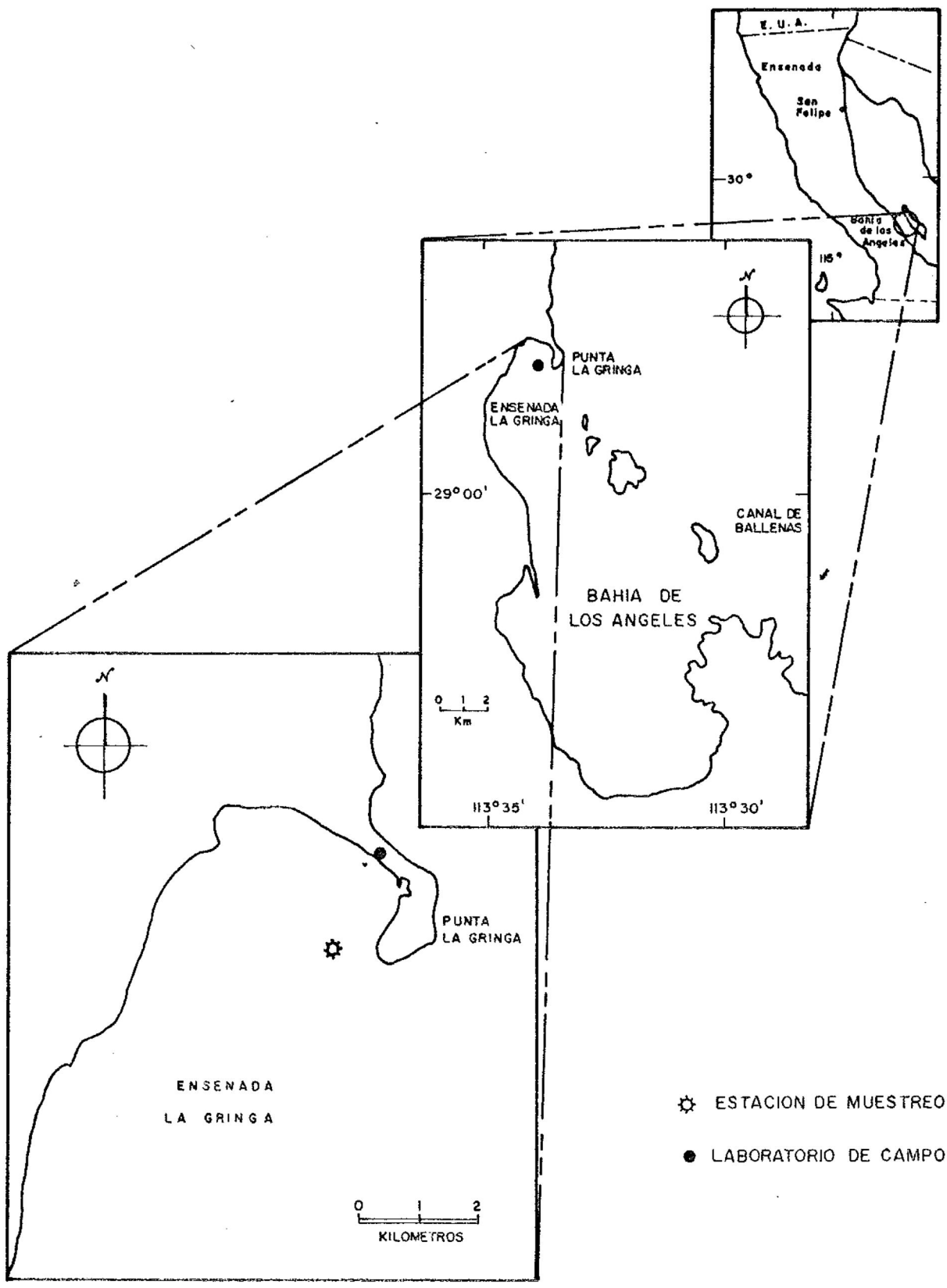


FIG. 1.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y ESTACION DE MUESTREO EN BAHIA DE LOS ANGELES, B.C., MEXICO.

aproximada de 25-30 m. La ensenada la Gringa posee además un sistema de marisma, el cual se inunda durante mareas altas (Ibarra-Sañudo, 1988).

2.2 Método de muestreo y análisis.

Del 25 de Febrero al 5 de Marzo de 1987, se realizó un muestreo cuasicontinuo en una estación fija situada sobre el canal principal, en Punta la Gringa, aproximadamente a 600 m. frente a la punta de la barra (Fig. 1). Se consideró este punto de muestreo sobre el canal principal asumiendo que el mayor flujo de volumen de agua por corrientes de marea en bahías y lagunas costeras se realiza sobre el canal principal.

Cada dos horas, día y noche, se tomaron muestras de agua a dos niveles de la columna (superficie y 10 metros) utilizando botellas Van Dorn. Submuestras de 250 ml. fueron colectadas en botellas de polietileno para nitratos, nitritos y amonio y se transportaron al laboratorio de campo, conservándose congeladas. Posteriormente las muestras se analizaron en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la U.A.B.C. Previo al análisis se hizo un filtrado de las muestras con filtros GF/C para eliminar turbiedad. Para el análisis del amonio se hizo la excepción de este filtrado con el propósito de evitar posibles alteraciones por parte del material considerando la sensibilidad del método. Sin embargo, posterior al análisis se hace una corrección de turbiedad, leyendo la absorbancia de la muestra de agua sin filtrar.

El análisis de los nutrientes se hizo mediante métodos espectrofotométricos, para lo que se utilizó la técnica descrita por Strickland y Parsons (1972) para nitratos y nitritos y el método descrito por Grasshoff (1976) para amonio. Para las mediciones de Absorbancia se utilizó un espectrofotómetro digital SPECTRONIC 2000 de la Bausch & Lomb, con el cual se obtuvieron las lecturas de tres alicuotas para cada una de las muestras de cada nutriente.

2.3 Procesamiento de datos

La concentración de los nutrientes se determinó utilizando la ecuación de la recta que resulta de la regresión lineal de una curva de calibración, con estándares de cada nutriente, obteniéndose lecturas similares tanto de blanco como estándares, con coeficientes de determinación hasta de 0.99, lo que indica que los errores manuales, mecánicos y por reactivos resultaron minimizados (ver apéndice I).

Con el propósito de establecer una relación del comportamiento de los nutrientes con respecto a la marea se utilizó la gráfica de altura de marea generado por el grupo de Mareografía del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE),

El procesamiento de los datos se hizo mediante un análisis estadístico básico convencional, obteniéndose la media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos. Se

calcularon además los límites de confianza al 95 % de variación de cada uno de los nutrientes, durante todo el período de muestreo, y también por períodos de mareas vivas y muertas.

Para el tratamiento de las series de tiempo, se aplicó un análisis espectral (Bendat-Piersol, 1981), donde se aplica un algoritmo de la transformada de Fourier, con el fin de obtener los espectros de varianza de cada una de las series y poder conocer las componentes de variación de los nutrientes durante la serie de tiempo y tratar de explicar dicha variación en función de los procesos que afecten a la variable que se analiza. Wastler (1969) señala que para conocer los eventos que ocurren con un período de 12 ó 24 horas, el tiempo de muestreo debe ser al menos 10 veces mayor a ese período. Ya que el tiempo de muestreo en el presente estudio fué de 200 horas, esto no nos permite detectar con claridad componentes de período mayor de 24 horas.

3 RESULTADOS

3.1 Descripción de las series de tiempo

La serie de tiempo de altura de marea muestra una secuencia de mareas vivas durante los primeros cinco días y mareas muertas en los días restantes, con un comportamiento semidiurno. El rango máximo y mínimo de marea durante el muestreo fué de 2.85 y 0.95 m., respectivamente (Fig. 2a).

De acuerdo al patrón de vientos, durante el primer período fueron predominantemente del suroeste con una velocidad promedio de 4.4 m.s^{-1} con magnitudes hasta de 10 m.s^{-1} . Posteriormente durante el segundo período, aproximadamente para el sexto y séptimo día de muestreo, se presentaron ausencia total de vientos fuertes, con algunas rachas esporádicas de dirección variable con velocidades menores de 3 m.s^{-1} . Posteriormente la intensidad del viento aumentó para el final del muestreo con velocidades que iban desde 4.5 a 8.5 m.s^{-1} con dirección noroeste (Fig. 2b)

Las series de tiempo de nitratos y nitritos superficiales, muestran un comportamiento similar, coincidiendo al mismo tiempo los picos máximos y/o mínimos. El mismo comportamiento se muestra para los nitratos y nitritos a nivel de 10 metros. Estos dos nutrientes muestran una tendencia de onda larga para ambos niveles, sin embargo para el nivel de 10 metros se muestra además una tendencia de incremento durante el período de muestreo (Fig. 3 y 4).

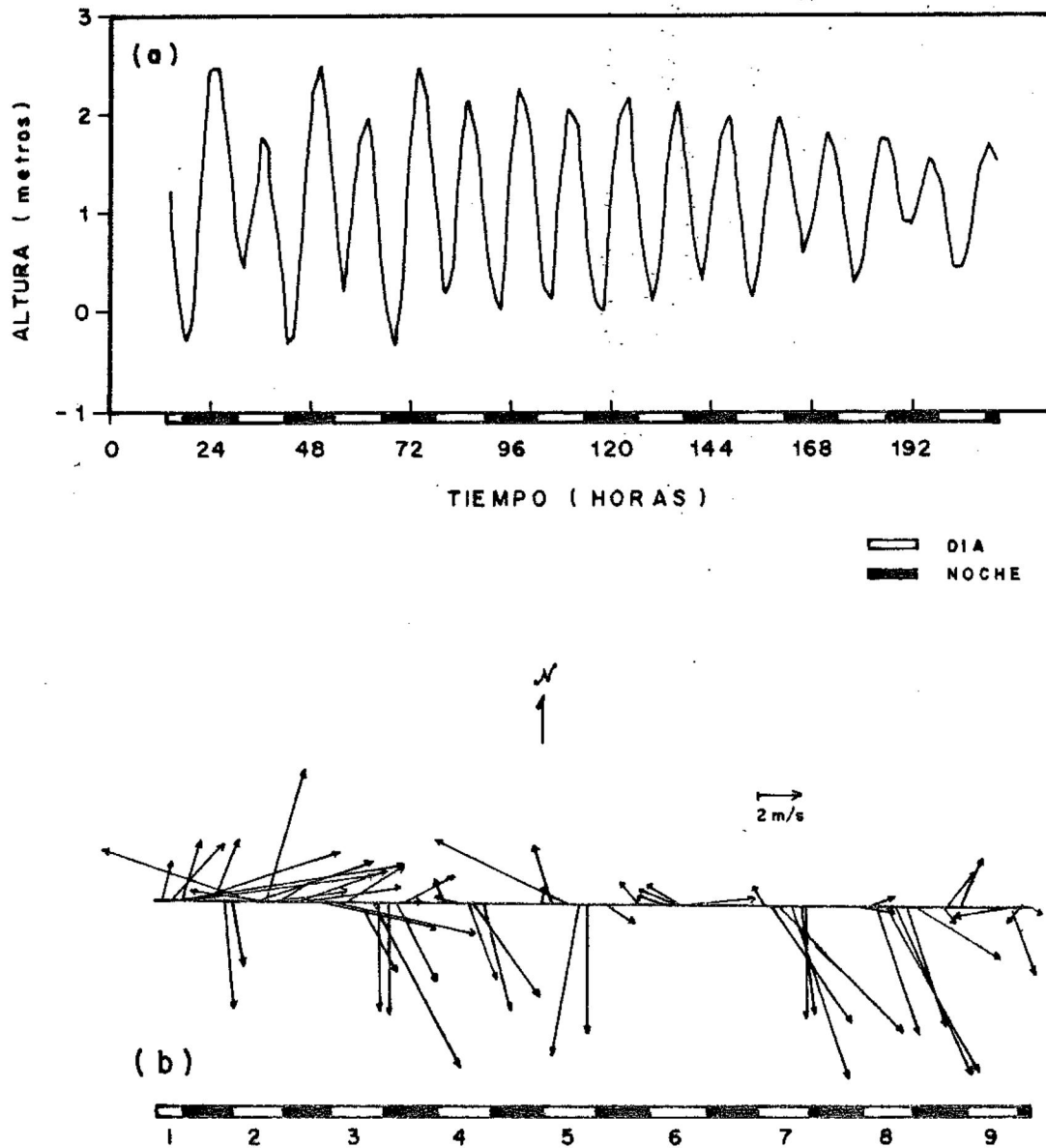


FIG. 2 - (a) SERIE DE TIEMPO DE LA MAREA PREDICHA.
 (b) DIRECCION E INTENSIDAD DEL VIENTO EN BAHIA DE LOS ANGELES, B. C. DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987. (b) TOMADO DE LOPEZ-VALDEZ, 1989.

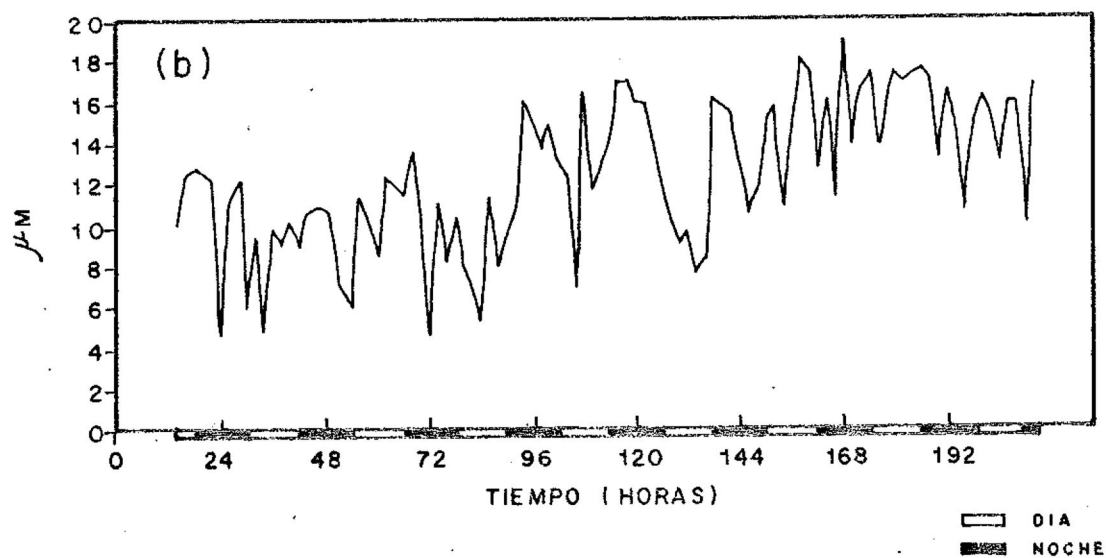
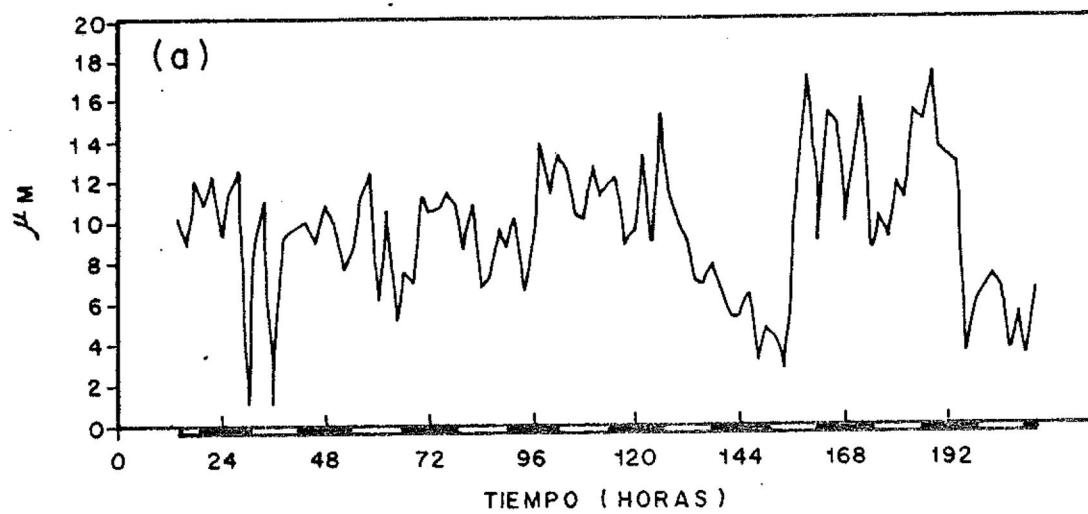


FIG. 3 - SERIE DE TIEMPO DE NITRATOS EN BAHIA DE LOS ANGELES, B.C. DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987. (a) SUPERFICIE, (b) 10 METROS.

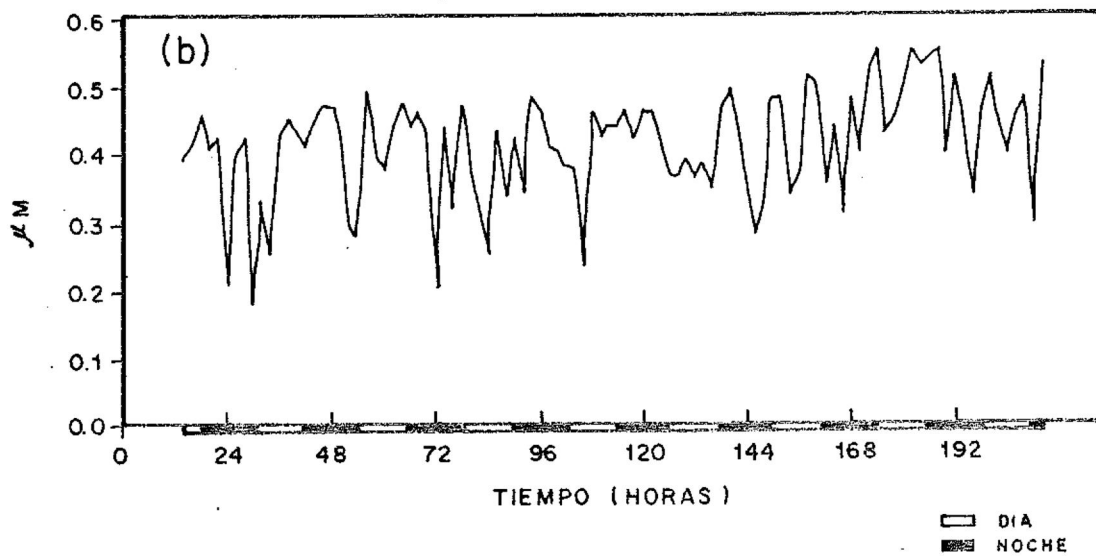
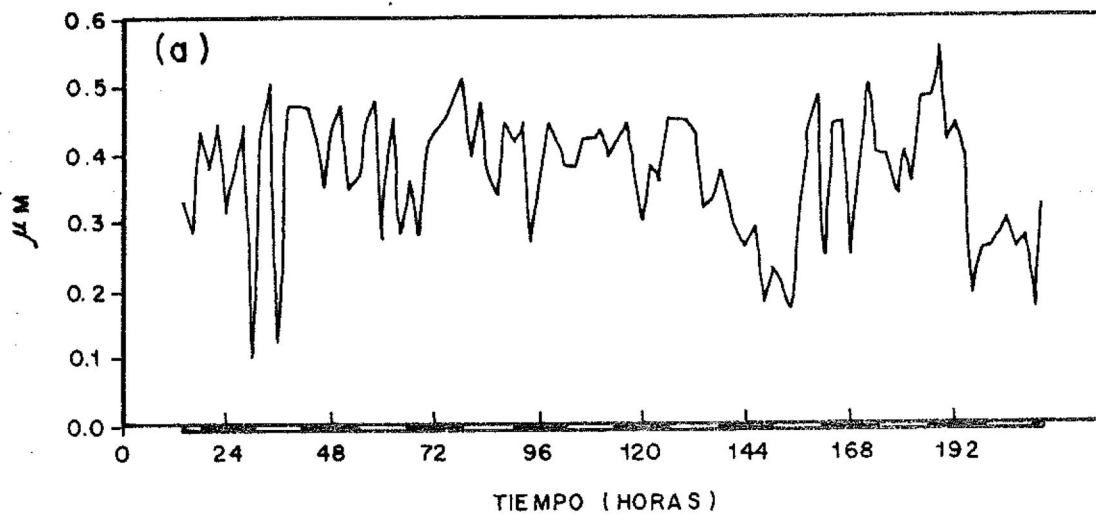


FIG. 4 - SERIE DE TIEMPO DE NITRITOS EN BAHIA DE LOS ANGELES, B.C. DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987. (a) SUPERFICIE, (b) 10 METROS.

La serie de tiempo del amonio se comporta de una manera muy diferente a las otras dos formas inorgánicas de nitrógeno. El amonio permanece variando durante toda la serie sin presentar ningún patrón definido tanto para mareas muertas como para mareas vivas, en ambos niveles (Fig. 5).

Un rasgo muy característico de los nitratos y nitritos superficiales, es un descenso muy marcado que ocurre durante el sexto y séptimo día de muestreo, correspondientes al período de mareas muertas y que concuerda con una disminución de la intensidad del viento. Posterior a esta disminución, ocurre un incremento en la concentración de estos nutrientes, volviendo a disminuir marcadamente al final del muestreo. La serie del nivel de 10 metros a diferencia de la de superficie de estos mismos nutrientes no presenta la disminución del sexto y séptimo día, sin embargo la concentración de estos continua siendo mayor en los siguientes días, sin llegar a tener un descenso marcado al final del muestreo (Fig. 3 y 4).

La columna de agua presentó durante mareas vivas una homogenización muy clara para el nitrato y el nitrito, presentando valores de concentración similares entre superficie y 10 metros. Por otra parte en mareas muertas se presentaron estratificaciones claras de la columna de agua, respecto a estos mismo nutrientes. Sin embargo, el amonio presentó mayor variación durante el período de muestreo (Fig. 6).

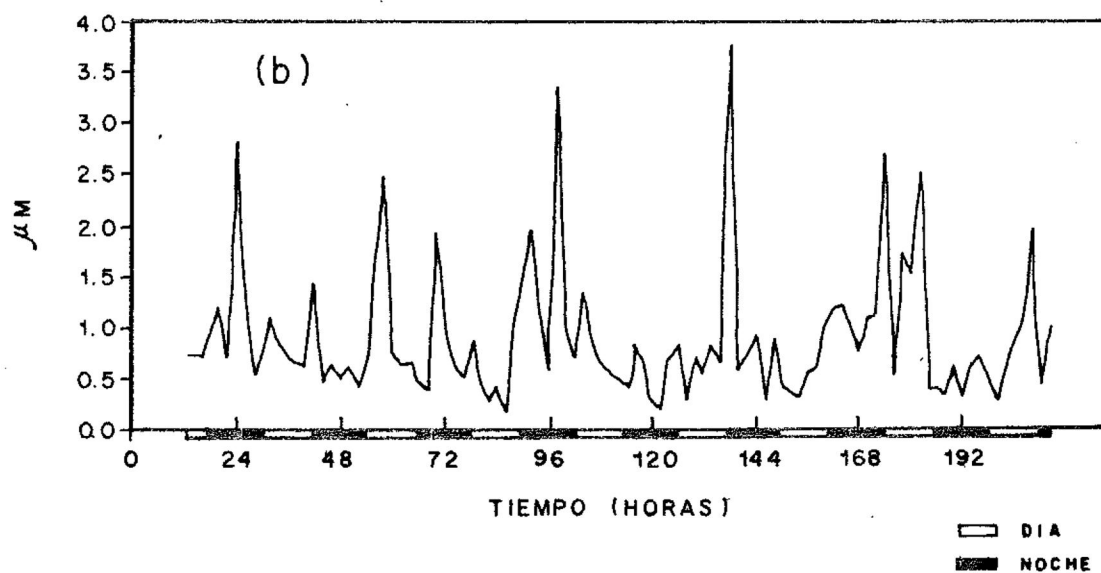
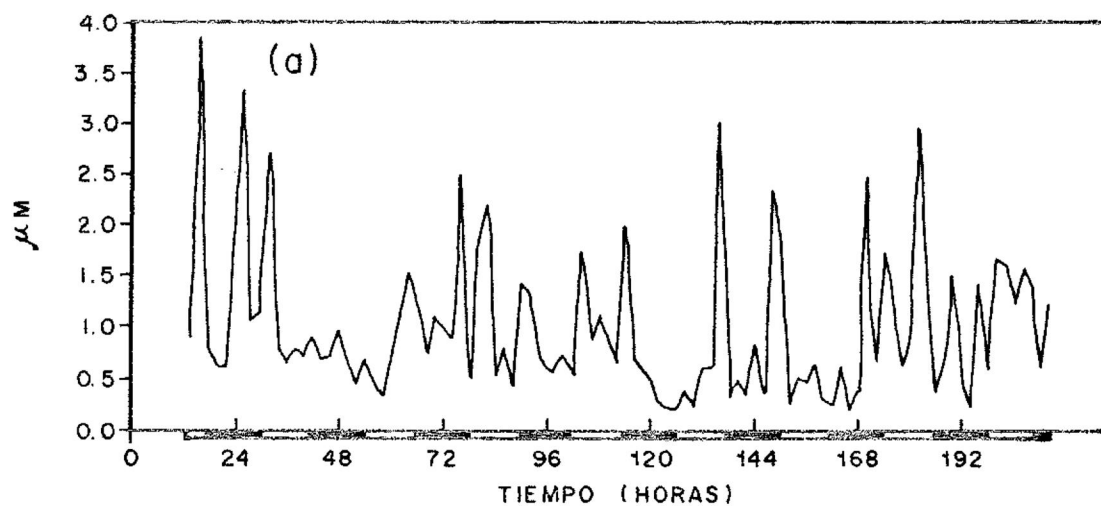


FIG. 5- SERIE DE TIEMPO DE AMONIO EN BAHIA DE LOS ANGELES, B.C. DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987. (a) SUPERFICIE, (b) 10 METROS.

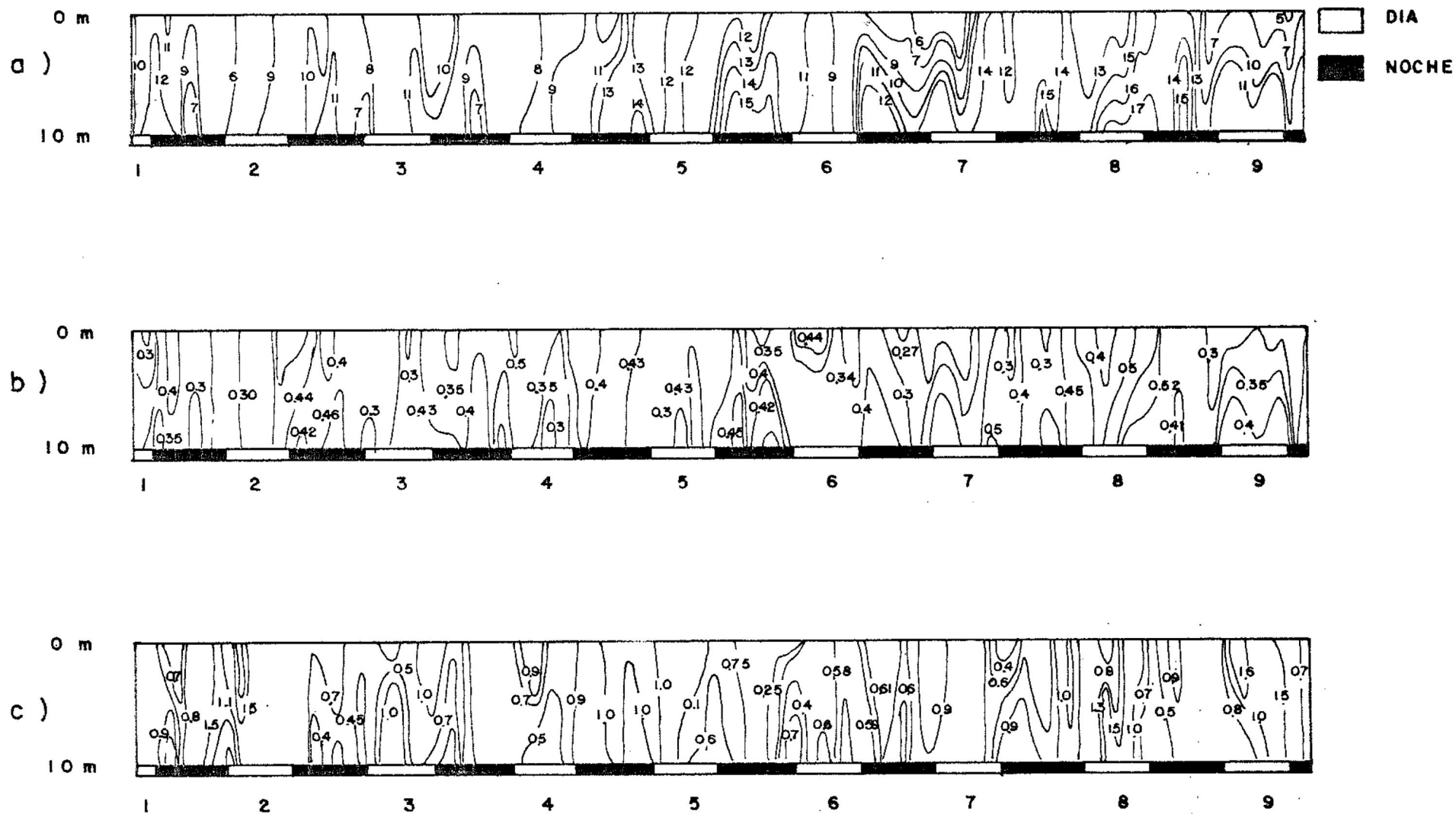


FIG. 6 - DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS NUTRIENTES EN BAHIA DE LOS ANGELES, B.C. DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987. (a) NITRATO, (b) NITRITO, (c) AMONIO. LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN M M.

Un rasgo característico que presenta la estructura vertical de la columna de agua referente al nitrato y nitrito durante el período de mareas muertas, es una clara estratificación que concuerda con los días que se presenta el abatimiento de los nitratos y nitritos superficiales. Posterior a este evento, se manifiesta una advección vertical de agua subsuperficial que genera concentraciones altas de nutrientes en la superficie (Fig. 6).

3.2 Análisis estadístico.

Las concentraciones de nitratos y nitritos fueron mayores a nivel de 10 metros durante toda la serie. Sin embargo, las concentraciones de amonio no presentaron diferencias significativas (Fig. 7).

Durante mareas vivas las concentraciones superficiales de todas las formas inorgánicas del nitrógeno fueron similares a las del nivel de 10 metros.

Durante el período de mareas muertas las concentraciones de nitratos y nitritos a nivel de 10 metros fueron mayores que las superficiales, sin embargo las concentraciones de amonio fueron iguales en los dos niveles.

En cuanto a la variación que presentan los nutrientes, la de los nitratos y nitritos a nivel de diez metros fueron menores que los superficiales para el período de mareas muertas, mientras que para mareas vivas la variación fué mayor en el nivel de diez

metros. No obstante, en general el amonio presentó los coeficientes de variación mayores tanto en mareas vivas como en mareas muertas en ambos niveles (Tabla I,II y III).

Tabla I.- Estadística básica de la concentración de nutrientes (μM) del 25 de Febrero al 5 de Marzo de 1987 (Serie Total) en Bahía de los Angeles, B.C.

Variable	Promedio	D.E.	C.V.	Mínimo	Máximo
NO ₃ Sup.	9.527	3.37	35.37	1.02	17.17
NO ₃ 10 m	12.423	3.48	28.03	4.66	19.02
NO ₂ Sup.	0.371	0.093	25.11	0.10	0.55
NO ₂ 10 m	0.413	0.078	19.05	0.18	0.55
NH ₄ Sup.	0.995	0.734	73.77	0.20	3.83
NH ₄ 10 m	0.898	0.653	72.69	0.18	3.76

Tabla II.- Estadística básica de la concentración de nutrientes (μM) durante mareas vivas del 25 de Febrero al 1 de Marzo de 1987 en Bahía de los Angeles, B.C.

Variable	Promedio	D.E.	C.V.	Mínimo	Máximo
NO ₃ Sup.	9.72	2.53	26.02	1.02	13.80
NO ₃ 10 m	10.89	3.15	28.96	4.66	16.99
NO ₂ Sup.	0.392	0.082	21.14	0.10	0.51
NO ₂ 10 m	0.395	0.077	19.64	0.19	0.49
NH ₄ Sup.	1.052	0.726	68.97	0.26	3.83
NH ₄ 10 m	0.895	0.624	69.74	0.18	3.36

Tabla III.- Estadística básica de la concentración de nutrientes (μM) durante mareas muertas del 1 de Marzo al 5 de Marzo de 1987 en Bahía de los Angeles, B.C.

Variable	Promedio	D.E.	C.V.	Mínimo	Máximo
NO ₃ Sup.	9.292	4.18	44.95	2.91	17.17
NO ₃ 10 m	14.295	2.93	20.47	7.66	19.02
NO ₂ Sup.	0.345	0.099	28.76	0.17	0.55
NO ₂ 10 m	0.435	0.075	17.24	0.28	0.55
NH ₄ Sup.	0.924	0.745	80.67	0.20	3.01
NH ₄ 10 m	0.902	0.693	76.89	0.28	3.76

D.E.= Desviación Estandar C.V.= Coeficiente de variación.

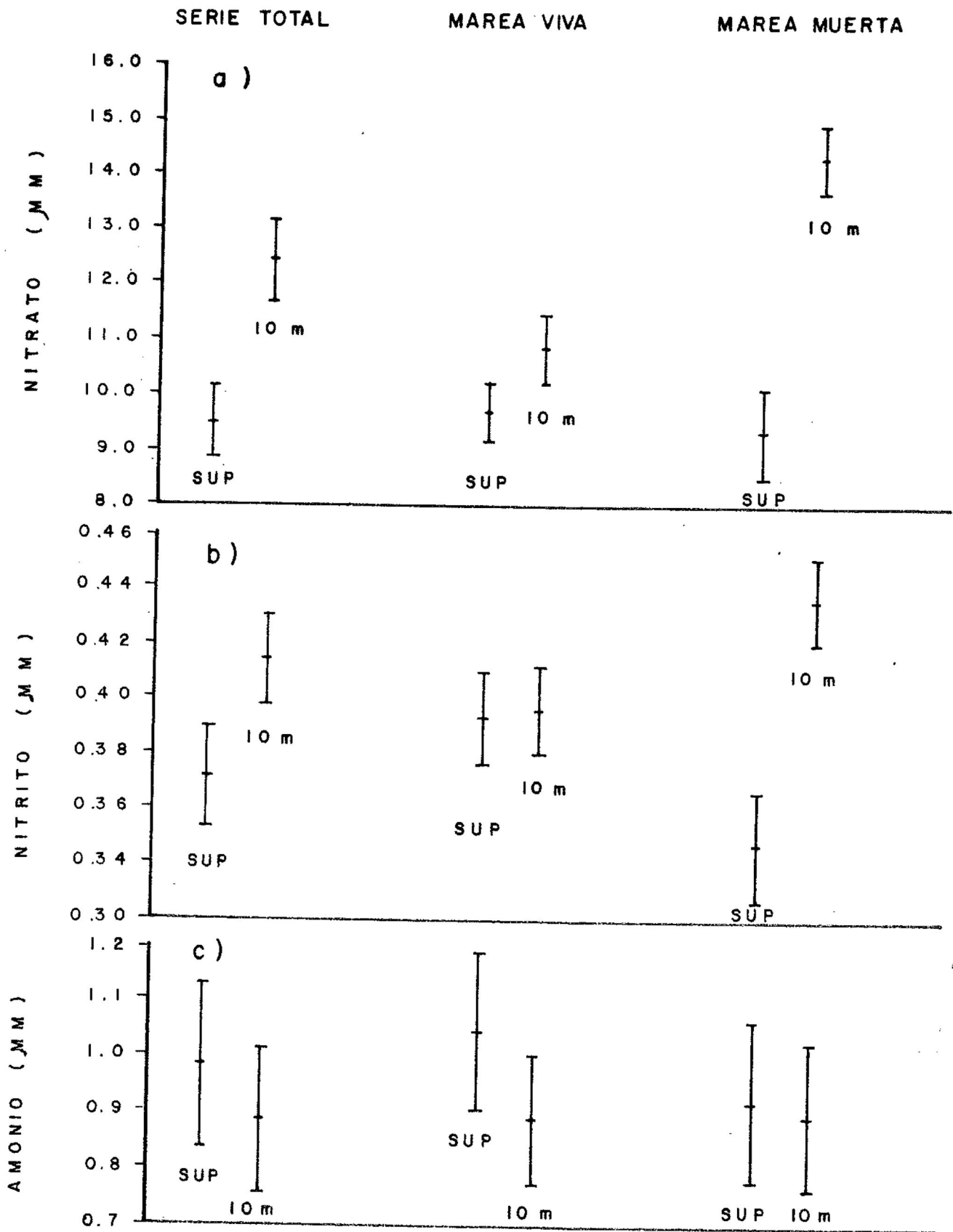


FIG. 7- ANALISIS COMPARATIVO POR MEDIO DE INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95 % a) NITRATO, b) NITRITO, c) AMONIO, DE BAHIA DE LOS ANGELES, B.C. DEL 25 DE AL 5 DE MARZO DE 1987.

3.3 Análisis espectral.

El espectro de varianza de la marea, muestra las componentes de máxima variación bien definidas para los períodos semidiurno con frecuencias aproximadas de 0.083 cph y diurno 0.041 cph (Fig. 8).

El espectro de varianza de los nutrientes muestran la componente de variación diurna. En cambio la componente de variación semidiurna no se presenta en ningún espectro (Fig. 9).

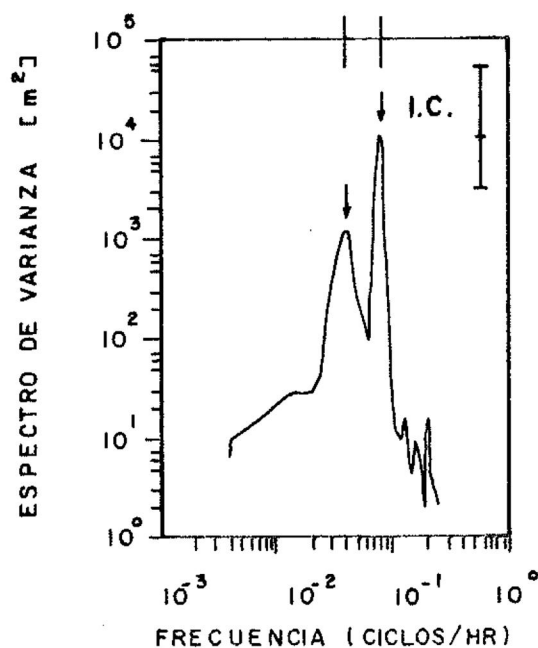


FIG. 8 - ESPECTRO DE VARIANZA DE MAREA REGISTRADO EN BAHIA DE LOS ANGELES DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987 .
I. C. ES EL INTERVALO DE CONFIANZA .

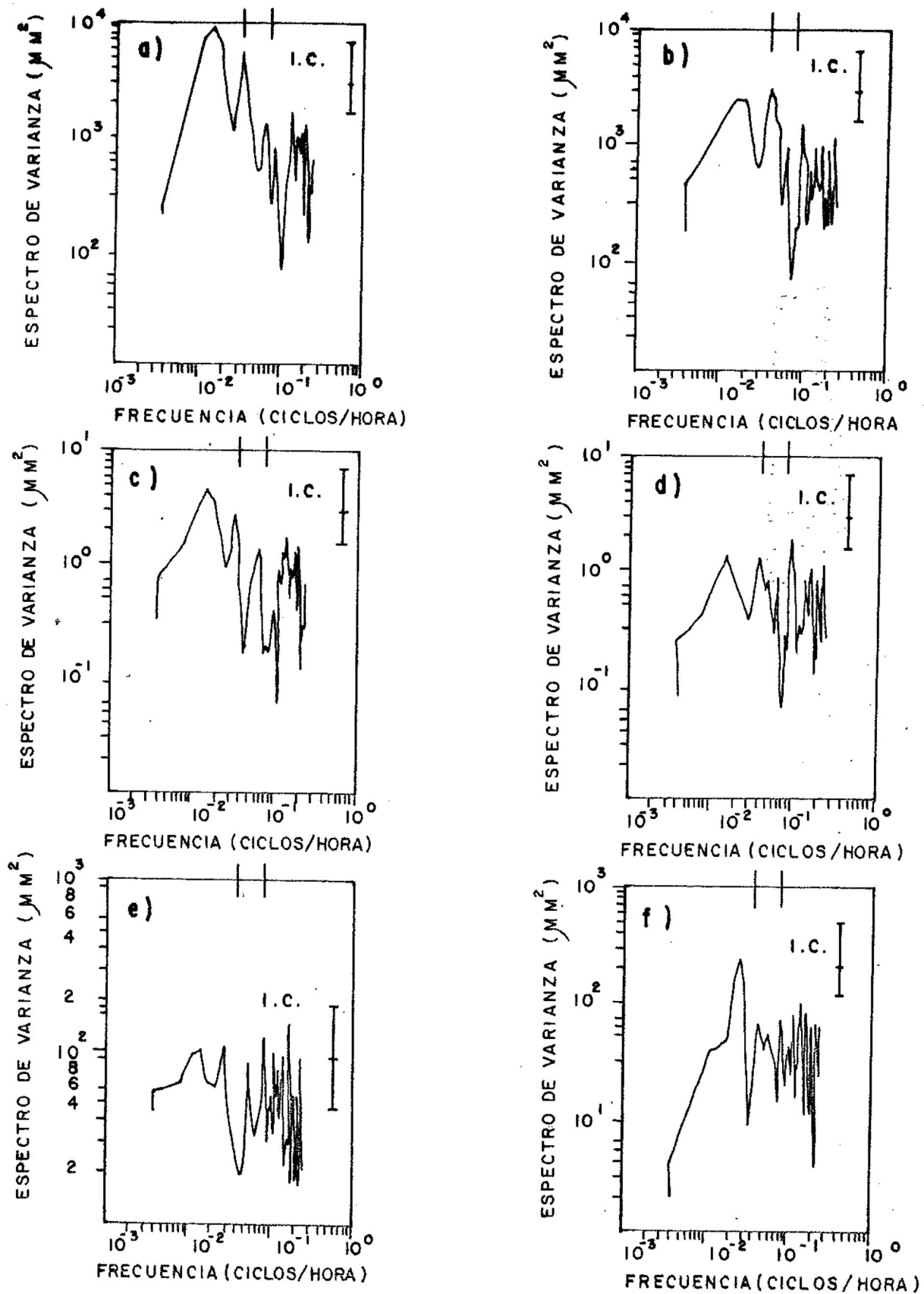


FIG. 9. ESPECTROS DE VARIANZA DE: NITRATO a) SUPERFICIE, b) 10 METROS; NITRITO c) SUPERFICIE, d) 10 METROS; AMONIO e) SUPERFICIE, f) 10 METROS. EN BAHIA DE LOS ANGELES, B.C. DEL 25 DE FEBRERO AL 5 DE MARZO DE 1987. I. C. ES EL INTERVALO DE CONFIANZA.

4 DISCUSION

El período de estudio durante los primeros cinco días comprendió un ciclo de mareas vivas, lo que implicó un mayor intercambio de agua por flujo y reflujó, además las corrientes de marea fueron mayores, presentándose también vientos fuertes predominantes del suroeste con velocidad promedio de 4.4 m.s^{-1} . Para los días posteriores las condiciones dinámicas del sistema disminuyeron, la intensidad y frecuencia del régimen de vientos fueron menores (3 m.s^{-1}), con algunos incrementos ocasionales. Posteriormente los vientos se incrementaron con dirección noroeste con velocidades desde 4.5 a 8.5 m.s^{-1} .

Lo anterior sugiere que durante el período de muestreo se presentaron condiciones dinámicas diferentes entre mareas vivas y mareas muertas. Durante el primer período se presentó homogenización de la columna de agua, por lo que los procesos de mezcla están favorecidos por la marea y turbulencia inducida por el efecto del viento. Demers *et al.* (1986) señalan que las mezclas verticales de la columna de agua en estuarios y otros medios ambientes costeros requieren de un mecanismo de energía, generalmente producido por la marea y el viento. Para el período posterior la ausencia relativa de vientos y corrientes de marea menores, permitieron una estabilidad normal de la columna de agua. López Váldez (1989) en investigación paralela encontró para este

período la formación de estratificaciones debido a que el nivel de energía proporcionado por marea y vientos disminuyó durante este período.

Durante mareas vivas los nutrientes mostraron concentraciones homogéneas, con variaciones similares a los cambios manifestados en la columna de agua, esto sugiere que los cambios en las concentraciones de los nutrientes estuvieron relacionados a los movimientos de la columna de agua, los cuales fueron producidos principalmente por los procesos físicos de marea y vientos. De manera similar a lo propuesto, Castro-Montoya (1988) en su estudio de variabilidad de nutrientes en la época de verano, encontró que para un período de mareas vivas, el viento y la marea contribuyeron claramente con una mayor variación de los nutrientes. Algunos estudios en lagunas Costeras de Baja California (Alvarez-Borrego y Che-Barragán, 1976; Lara-Lara *et al.* 1980; Millán-Núñez, 1981) han concluido que las corrientes de marea y turbulencia inducida por el viento son de gran importancia para tener una columna de agua homogénea. Particularmente, para la región estudiada antes de este trabajo, algunos autores (Roden y Groves, 1959; Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Sánchez *et al.* 1983; Badan-Dangon *et al.* 1985; Serrano-Guzmán y Amador-Buenrostro, 1989) sugieren que las corrientes de marea y el viento son los principales responsables de la dinámica del sistema. Demers *et al.* (1986) remarcan la importancia de la marea y los factores que proporcionan el nivel

de energía necesario para producir una homogenización de la columna de agua. Estos mismos autores señalan que la disponibilidad de nutrientes en la capa de mezcla está fuertemente influenciado por la mezcla de marea, o equivalentemente por cambios en la estabilidad vertical de la columna de agua y que la frecuencia y proporciones de dilución de los nutrientes son controlados por la magnitud de la energía proporcionada por la marea.

Por otra parte en el período de mareas muertas ocurre un descenso muy marcado de los nitratos y nitritos superficiales, aproximadamente entre el sexto y séptimo día de muestreo asociada con la presencia de una gran población de organismos fitoplanctónicos en su mayoría dinoflagelados y diatomeas (Giles-Guzman, comunicación personal). Consistente con esto Muñoz-Barboza (1989) en investigación paralela reporta para estos días en particular, los más altos índices de productividad integrada ($\sim 70 \text{ mg C.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$) y clorofila integrada ($\sim 79 \text{ mg Cl a.m}^{-2}$). Además el efecto de la presencia de una termoclina, haloclina y picnoclina, respectivamente, reportadas por López-Váldez (1989) para esos dos días, impidió la renovación de nutrientes en esta capa superficial, con el consecuente abatimiento de estos por el fitoplancton, alcanzando diferencias de concentración de nitratos de $7 \mu\text{M}$ entre superficie y 10 metros. Eppley et al. (1975) citados por Eppley et al. (1979) señalan un fenómeno similar, en un estudio de aguas costeras en el sur de California (La Joya), reportando la presencia de una

marea roja asociada a una "explosión" de dinoflagelados, cuando la columna de agua se estratificó y el gradiente de la concentración de nitratos se situó a pocos metros de profundidad en la columna.

Posteriormente a la gran disminución de los nutrientes superficiales, ocurrió un aumento aunado a la presencia de vientos de alta intensidad con dirección noroeste, los cuales probablemente provocaron una advección de agua, fría y rica en nutrientes del Canal de Ballenas. Serrano-Guzmán y Amador-Buenrostro (1989) sugieren un patrón de corrientes para esa zona; argumentando que vientos del tipo que se presentaron para nuestro período de estudio producen un acarreo de agua desde el Canal de Ballenas hacia Bahía de los Angeles, entrando por la boca norte que está cercana a Punta la Gringa.

Durante este período de mareas muertas se logran apreciar diferencias significativas entre la concentración de las formas inorgánicas oxidadas superficiales y de diez metros, observándose valores más altos en los 10 m. de profundidad, debido a las condiciones de estratificación que se presentaron durante este período, lo que provocó que en la superficie los nutrientes fueran consumidos para fotosíntesis, mientras que a nivel de diez metros éste proceso se ve disminuido por falta de luz y probablemente haya una mayor regeneración por degradación de materia orgánica. La poca dinámica del cuerpo de agua durante el período de mareas muertas, en conjunto con las condiciones de productividad

prevalecientes en las capas superficiales reportadas por Muñoz-Barboza (1989), durante este período, tal vez fué la causa principal por la que los nutrientes mostraran valores menores en la superficie.

Las series de tiempo de nitrato y nitrito mostraron claramente una tendencia de variación de onda larga en ambos niveles y un comportamiento con tendencia de incremento en el nivel de 10 metros únicamente. De manera similar, Castro-Montoya (1988) reporta este mismo comportamiento de tendencias de cambio para la época de verano en el mismo lugar; encontrando valores de concentración altos al principio y al final del muestreo. Este mismo autor señala que esta tendencia de variación de largo período está relacionada a la alternancia de mareas y a la influencia de los vientos, que se presentaron durante el período de muestreo. Millán-Núñez *et al.* (1982) reporta este mismo comportamiento para las series de tiempo de nitrato y nitrito en una laguna costera, los cuales mostraron una tendencia de variación de onda larga.

Millán-Núñez *et al.* (1982) en un estudio de los efectos de los fenómenos físicos sobre la distribución de los nutrientes y fitoplancton en una laguna costera, encontró que la serie de tiempo de nitrito tiende a presentar un comportamiento similar a la serie del nitrato. Este mismo comportamiento se presentó en éste estudio, donde la serie de tiempo de nitrito estuvo bien acoplada a la serie del nitrato, tanto en la superficie como a nivel de 10 m.,

lo cual sugiere que éste comportamiento está determinado por los mismos procesos físicos y biológicos que ocurren durante la serie muestreada y que afectan de manera similar a ambos nutrientes.

Particularmente los valores de concentración del amonio fueron similares entre ambos niveles durante toda la serie. Este comportamiento posiblemente está en función de los procesos de producción y asimilación de este nutriente en la columna de agua. Existe la posibilidad de que el amonio producido principalmente por excreción del zooplancton y por mineralización de materia orgánica, sea asimilado preferencialmente a las otras dos formas inorgánicas del nitrógeno, provocando que el amonio permanezca variando durante el período de muestreo. Algunos estudios realizados (McCarthy *et al.* 1977; Pennock, 1987) han mostrado que el amonio y urea (ambos productos de excreción del zooplancton) son tomados preferencialmente sobre el nitrato. Además el régimen de los procesos físicos de marea y vientos contribuyen con la variación del amonio.

El análisis espectral de todos los nutrientes presentaron la componente de variación diurna asociadas posiblemente a los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración que ocurren durante el día y la noche. Castro-Montoya (1988) de manera similar encontró esta misma componente para todas las formas inorgánicas

del ciclo del nitrógeno, señalando que la alternancia de los procesos mencionados a lo largo de 24 horas es muy importante en la variación de los nutrientes.

Por otra parte, no se encontraron evidencias del efecto de la marea semidiurna sobre la variación de los nutrientes, debido a que la componente semidiurna no aparece en el análisis espectral. No obstante, aunque esta componente semidiurna no se presenta, existen sin embargo componentes entre el intervalo diurno y semidiurno, las cuales pueden relacionarse a las componentes diurna o semidiurna, si se incrementara el período de muestreo (Castro-Montoya, 1988). Por lo tanto si se considera ésta componente, se puede asociar a turbulencia producida por el efecto de la marea semidiurna (flujos y reflujos), lo que provoca la resuspensión de sedimentos con altas concentraciones de nutrientes remineralizados.

Ahora, aunque el objetivo planteado en este trabajo, no cubre el estudio de las variaciones estacionales de las formas inorgánicas del nitrógeno, sin embargo si se toma en cuenta el estudio realizado por Castro-Montoya (1988) en condiciones de verano se puede inferir lo siguiente: De la comparación de las concentraciones promedio de las formas inorgánicas del nitrógeno entre las dos épocas (verano e invierno), se observa que los nitratos y nitritos presentan una tendencia de incremento a mayores valores, de verano a invierno. En verano las concentraciones promedio de nitratos y nitritos fueron menores con respecto al invierno. Posiblemente este evento

de variación estacional ocurre a nivel Bahía de los Angeles y está determinado por el balance dinámico que existe entre los procesos de producción y consumo de nutrientes, el cual está a favor del primer proceso (en este caso la remineralización), provocando que la concentración de estos nutrientes tienda a incrementarse de verano a invierno, ya que el efecto neto global de la producción de nutrientes es mayor que el consumo de nutrientes por el fitoplancton.

El amonio en cambio no se apega a este patrón de variación estacional, ya que los valores de concentración reportados para la época de verano fueron similares a los encontrados en éste estudio, sugiriendo que las proporciones entre producción y asimilación de amonio son semejantes. Referente a lo anterior Pennock (1987) en estudios de variación anual de nutrientes en un estuario, encontró patrones de distribución conservativa para amonio ocurrentes debido a que las proporciones de asimilación están en balance con las proporciones de remineralización de la columna de agua.

En general durante el período de estudio se detectaron dos tipos de procesos que influyen en la variabilidad de los nutrientes: los procesos físicos (marea y vientos) y procesos biológicos. Durante el período de mareas vivas los procesos físicos fueron más importantes en la variabilidad de los nutrientes. Durante mareas muertas prevalecieron condiciones de estabilidad, con

mezclas ocasionales, estas últimas provocadas por el aumento de la intensidad del viento, generando advección tanto horizontal como vertical.

Comparativamente, los intervalos de concentración de nitratos, nitritos y amonio encontrados para este período (Tabla 1) son mayores que los reportados por Castro-Montoya (1987) para esa misma zona en la época de verano. Además los valores de nitratos y nitritos superficiales son mayores que los reportados para el Canal de Ballenas por Alvarez-Borrego *et al.* (1978) en la época de invierno. Cabe mencionar que las concentraciones involucradas son de un muestreo cuasicontinuo y puntual del mes de febrero, por lo tanto, cualquier comparación que se haga debe tomarse con cautela. Al comparar los niveles de concentración de los nutrientes de ésta laguna con los resultados reportados sobre las concentraciones que limitan el crecimiento del fitoplancton (Eppley *et al.* 1969; Conway, 1977) se puede decir que las concentraciones de nutrientes no fueron limitantes para el crecimiento del fitoplancton durante el período de muestreo en invierno.

5 CONCLUSION

Los valores de concentración de las formas inorgánicas nitrogenadas encontrados en esta época fueron mayores respecto a los reportados para la época de verano en la misma localidad.

Las formas inorgánicas nitrogenadas mostraron una gran variabilidad, representada por el amplio rango de variación entre el valor de concentración máximo y mínimo respectivos de cada nutriente estudiado.

El comportamiento de las formas inorgánicas nitrogenadas con excepción del amonio estuvo de acuerdo a los cambios manifestados en la columna de agua; presentando condiciones de mezcla durante el período de mareas vivas y estabilidad y estratificación durante mareas muertas con algunas mezclas ocasionales.

La componente de variación diurna que presentan todos los nutrientes está asociada a la actividad biológica.

La componente de variación semidiurna no se presenta en el análisis espectral, lo que sugiere que no hay evidencias en éste estudio del efecto de la marea semidiurna sobre la variación de las formas inorgánicas del nitrógeno.

La variabilidad de los nutrientes durante el período de muestreo fué afectada por dos procesos. Durante el período de mareas vivas los procesos físicos tales como vientos y corrientes de marea tuvieron mayor relevancia. Sin embargo durante mareas muertas

ocurrieron eventos tales como un florecimiento del fitoplancton, que ponen de manifiesto el efecto de los procesos biológicos en la variación de los nutrientes.

Se puede considerar a Bahía de los Angeles como una zona fértil para el desarrollo de maricultivos en relación a la zona adyacente del Canal de Ballenas y lagunas del Pacífico de B.C. y a la concentración de nutrientes inorgánicos limitantes (Eppley *et al.* 1969; Conway, 1977) para el crecimiento del fitoplancton.

6 LITERATURA CITADA

- Alvarez-Borrego, S., J.R. Lara-Lara y M.J. Acosta-Ruiz, 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas* (4) 1:12-27.
- Alvarez-Borrego, S., J.A. Rivera, G. Gaxiola-Castro, M.J. Acosta-Ruiz Y R.A. Schwartzloze, 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* (5) 2:53-71.
- Alvarez Borrego, S., 1983. Gulf of California, En: *Estuaries and Enclosed Seas*. B.H. Ketchum, Ed. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam. Cap. 17., Pag 427-429.
- Alvarez Sánchez, L.G., Badan Dagon, A. y Robles, J.M. 1984. Lagrangian observations of near-surface currents in Ballenas Channel. *CALCOFI. Reports XXV*. Pag 35-40.
- Badan Dagon, A., Koblinsky, C.J. and Baumgartner, T. 1985. Spring and Summer in the Gulf of California, observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta*. Vol. 8. Pag.13-22.
- Bendat, J.S. y A.G. Piersol, 1971. *Random Data. Analysis and Measurement procedures*. Copyright by John Wiley. 407 pp.
- Cabrera-Muro H.R. y S. Farrera-Sanz, 1981. Un comentario sobre aplicación de modelos numéricos y análisis estadístico en lagunas costeras. *Vol.7 (1), Ciencias Marinas. Mex.* Pag.129-137.

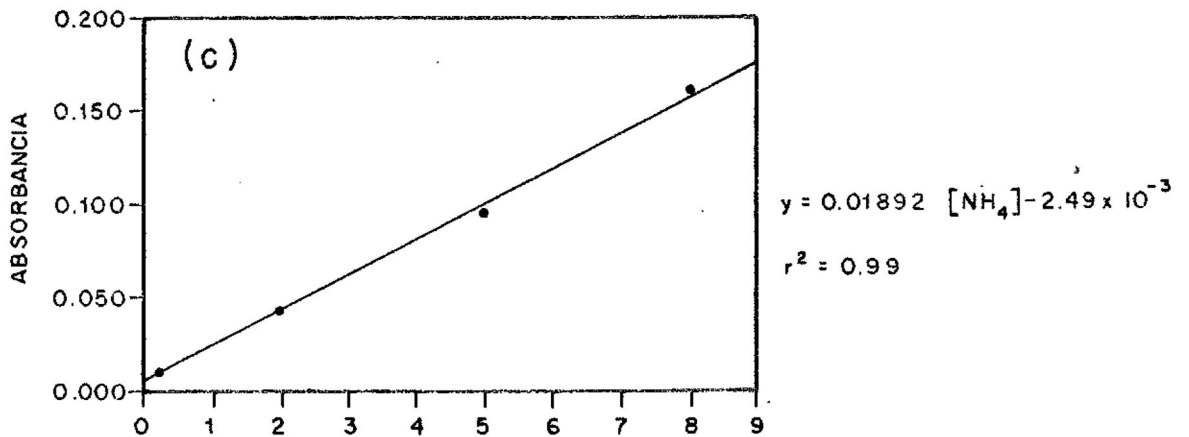
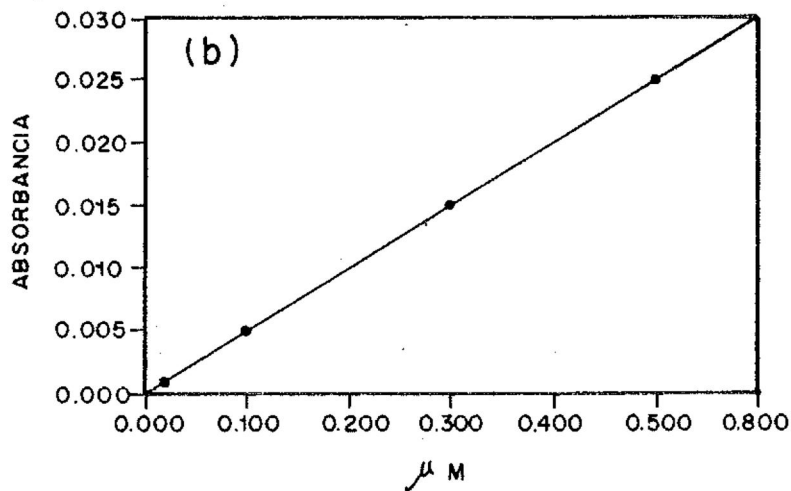
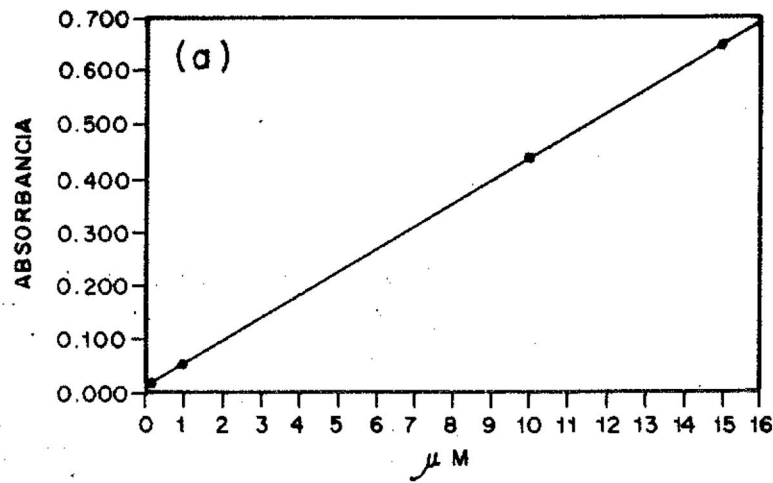
- Castro-Montoya, H. 1988. Variabilidad de Nutrientes en la Ensenada Norte de Bahía de los Angeles. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C., Ensenada Baja California, México. 44 pp.
- Conway, H.L., 1977. Interactions of inorganic nitrogen in the uptake and assimilation by marine phytoplankton. *Mar. Biol.* V. 39:221-232.
- Demers, S., L. Legendre, J.C. Therriault, 1986. Phytoplankton Responses to vertical tidal Mixing. In: Tidal Mixing and Plankton Dynamics. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies. Bowman J., M. Yentsch and T. Petersen [Ed]. Vol. 17 pp 1-41.
- Eppley, R., E.H. Renger, W.G. Harrison, y J.J. Cullen, 1979. Ammonium distribution in Southern California coastal waters and its role in the growth of phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 24 (3), Pag.495-509.
- Eppley, R., J.N. Roger y J.J. McCarthy, 1969. Half saturation constant for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnol. Oceanog.* V. 14:912-920.
- Florez-Verdugo, F.J., F. González-Farías, R. Briseño-Dueñas, M. Ramírez-Flores y E.G. Robles-Jarero, 1986. Productividad primaria de sistemas lagunares del Noroeste de México. Intercambio Académico sobre las investigaciones en el mar de Córtez, En: Memorias CICTUS-CONACYT Pag.83-114.

- Furnas, M., Smayda T.J. y Deason A.E., 1986. Nitrogen dynamics in lower Narrangansent Bay II. Phytoplankton uptake, depletion rates of nitrogenous nutrients pools, and estimates of ecosystem remineralization. *Journal of Plankton Research* (8) 4. Pag.755-770.
- Gilmartin, M. y N., Revelante, 1978. The Phytoplankton Characteristics of the Barrier Islands Lagoons of the Gulf of California. *Estuarine Coastal and Marine Science*. 7, Pag.29-47.
- Grasshoff, K., 1976. *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim. New York, 137 pp.
- Haines, E.B., 1979. Nitrogen pools in Georgia Coastal Waters. *Estuaries*. Vol.2 No.1, Pag.34-39.
- Ibarra-Sañudo, S., 1988. Serie de tiempo de variables hidrológicas al Norte de Bahía de los Angeles, B.C. condiciones de verano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C. 58 pp.
- Islas-Olivares, R., 1982. Análisis económico del ostión japonés *Crassostrea gigas* en Puerto Don Juan, Bahía de los Angeles, B.C. *Ciencias Marinas*. México. (8) 2:55-68.
- Jenkins, G.M. y D.G. Watts, 1968. *Spectral analysis and its applications*. Ed. Holden Day. Oakland, Ca. 525 pp.
- Lara Lara, J.R., S. Alvarez Borrego, L.F. Small, 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *Estuarine and Coastal Marine Science* 11, 613-637.

- Lizarraga-Arciniega, R. y S.G. Marinone-Moschetto, 1978. Comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos en la Bahía de los Angeles, B.C. Cs. Marinas. VII Congreso Nacional de Oceanografía (resúmenes). Ensenada, B.C. México. pp.130.
- López-Valdez C., 1989. Serie de tiempo de Variables hidrológicas en Punta la Gringa, Bahía de los Angeles, B.C. en condiciones de invierno. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C. pp.57.
- Margalef R., 1969 Comunidades planctónicas en lagunas litorales. Memorias del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras. U.N.A.M., México, D.F., Nov. 28-30 pp.545-562.
- McCarthy J., W.R. Taylor y J.L. Taft, 1977. Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. 1. Nutrient availability and phytoplankton preferences. *Limnology and Oceanography*. V.22 (6) pp.996
- Millán-Núñez E., 1981 Variabilidad espacial y temporal del fitoplancton y su productividad orgánica en una laguna costera. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. pp.55
- Millán Núñez, R., S. Alvarez Borrego y D.M. Nelson, 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 15, 317-335.

- Múñoz-Barboza, A., 1989. Variación de la productividad orgánica primaria, clorofila y sestón en la Ensenada Norte de Bahía de los Angeles, B.C. (invierno de 1987). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada Baja California, México 59 pp.
- Odum Eugene, P. Ecología. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V. 639 pp.
- Pennock, J.R., 1987. Temporal and Spatial Variability in Phytoplankton Ammonium and Nitrate Uptake in the Delaware Estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. Vol. 24 No. 6 pp:841-857.
- Provasoli, L., 1963. Organic regulation of phytoplankton fertility. In: *The Sea*, Vol. 2, (Hill, M.N. ed.) Willey-Interscience, New York. 165-210.
- Ryther, J.H. y W.H. Dunstan, 1971. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171, 1008-1013.
- Roden, G.I. y Groves, G.W., 1959. Recent Oceanographic Investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Res.* Vol. 18.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1980. Representación general en el Estado de Baja California Norte. División Hidrométrica, Ensenada Baja California, México.
- Serrano-Guzmán y Amador-Buenrostro, 1989. Incidencia de larvas de bivalvos y corrientes residuales en Bahía de los Angeles, B.C. (En prensa).

- Strickland J.D. y T.R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada Ottawa. Bull. 167 (Second edition). pp-310.
- Wastler, T.A., 1967. Spectral Analysis: Application in water pollution control. Federal Water Pollution Control. Administration U.S. Washington, D.C. 20242, pp-96.



CURVA DE CALIBRACION DE: (a) NITRATO, (b) NITRITO, (c) AMONIO
 DONDE Y = ABSORBANCIA, m = PENDIENTE, x = CONCENTRACION DEL
 NUTRIENTE Y b = INTERCEPCION CON EL EJE Y.