



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

VARIACION ESTACIONAL DE NUTRIENTES AL NOROESTE DE BAHIA TODOS SANTOS (1989-1990)



TESIS

QUE PARA OBTENER EL Título de

OCEANOLOGO

PRESENTA

LIVIER CACHO LOPEZ

ENSENADA, B.C.

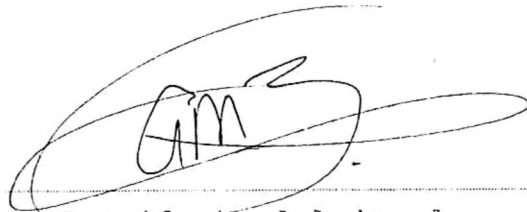
JUNIO DE 1992

VARIACION ESTACIONAL DE NUTRIENTES AL NOROESTE DE BAHIA
TODOS SANTOS (1989 - 1990)

T E S I S

LIVIER CACHO LOPEZ

Aprobada por:



Presidente del jurado
M.C. Luis A. Morales Zamorano.



Sinodal Propietario
Dra. Elizabeth Orellana C.



Sinodal Propietario
M.C. Rafael Solana S.

DEDICATORIA

Existen personas quienes con su labor diaria empezaron hace mucho tiempo un trabajo del que hoy me ha tocado poner punto final en uno de sus capítulos más importantes. A esas personas quiero agradecer su cariño, su apoyo y su fortaleza, que me dieron la energía y la fuerza para realizar mis anhelos, a ellos dedico esta tesis, que es fruto de sus sueños manifestados en mí como ilusiones.

Quiero dedicar este trabajo, principalmente a tí, que eres mi mayor amiga has sido el apoyo que me ha dado fuerza para seguir adelante por malo que se presente el sendero. Por tu cariño de siempre, por tantas otras razones que no sabría como decirlas y por la gran admiración que siento por tí en orden y espacio gracias Mamá.

A ti Papá, que me has dado el caracter necesario para no darme por vencida, por ser un punto a seguir en mi vida, por tu cariño y comprensión, pero sobre todo por ser como eres y por la orgullosa que estoy de ser tu hija, gracias.

A Alejandro, porque siempre me has dado tu cariño y has sabido como poner mis pies en la tierra, por tu apoyo tan necesario en ciertos momentos de la vida, porque siempre estuviste a mi lado aún cuando estuviéramos tan lejos, y por que Te quiero.

A Dalina, la bohemia de la casa, gracias por ser así, como eres, dando luz a la obscuridad con tu ternura, sabes que cuentas conmigo siempre y por que sé que eres especial.

A Yalin, por enseñarme que existe una forma más positiva de ver la vida, porque tienes el tezón que te llevará a realizar lo que esperas de la vida, sabes que cuentas conmigo incondicionalmente.

A Shagal, que me ha enseñado a madurar y tomar otras opiniones en cuenta, sabes que siempre contarás conmigo, adelante con tus sueños se que los llevarás a cabo....Te Quiero.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Alberto Morales, por su apoyo académico durante el desarrollo de esta tesis, y por la paciencia que demostró para conmigo.

A la Dra. Elizabeth Orellana, por la dedicación, apoyo y paciencia que tuvo conmigo, a los dos lo mejor del mundo.

Al M.C. Rafael Solana, por su apoyo académico durante el desarrollo de este trabajo.

A mis profesores Sonia Maldonado, Irma Soria, Armando Rodríguez, Raúl Canino por haberme apoyado a terminar la carrera.

A alguien que siempre ha sido especial, y con quien he aprendido muchas cosas Gracias Enano por ser como eres, un amigo Increíble.

A La Sra. Graciela Ibarra y Gloria, por que siempre me han apoyado y creen en mí.

A Roberto y Maricarmen quienes sé que siempre estarán en mi corazón, como amigos muy especiales.

A Martha Bornio porque sus consejos siempre son muy oportunos y por ser como es.

A todos mis amigos, los que quiero muchísimo y que me han dado el mejor de todos los regalos "La Amistad".
Jorge G.T., Jaime G.T., Isidro C.C., David M.S., Alejandro H.V., Jose Luis B.A., Victor T.P., Eduardo M.M., Sandor C.S., Magno G.C., Marlene T.E., Patricia B.C., y
simplemente a todos aquellos que entienden el significado de la amistad.

Y Especialmente a tí por que sé que eres especial y que lograrás algún día que el cariño sea algo invaluable.

Hay Tanto que Amar en esta vida
Que es un acto de Ingratitud
No ser Feliz y no estar
Satisfecho con la existecia....

INDICE

	Lista de Tablas	
	Lista de Figuras	
	Resumen	
I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	5
III.	Objetivo	7
IV.	Descripción del Area de Estudio	8
V.	Materiales y Métodos	10
VI.	Resultados	13
	a) Temperatura	13
	b) Coeficiente de Extinción	13
	c) Nitratos	16
	d) Nitritos	18
	e) Fosfatos	22
	f) Silicatos	23
	g) Clorofila "a"	25
	h) Fitoplancton	28
VII.	Discusiones	30
VIII.	Conclusiones	38
IX.	Literatura Citada	39

LISTA DE TABLAS

TABLA I	Valores Promedio de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (A) y Coeficiente de Extinción (m^{-1}) (B) para las dos zonas de muestreo durante las estaciones del año	16
TABLA II	Valores Promedio de Nitratos (μM) (A) y Nitritos (μM) (B) para las dos zonas de muestreo durante las estaciones del año	20
TABLA III	Valores Promedio de Fosfatos (μM) (A) y Silicatos (μM) (B) para las las dos estaciones de muestreo durante las estaciones del año	27
TABLA IV	Valores Promedio de Clorofila "a" ($\text{mg} / \text{m}^{-3}$) para las dos estaciones de muestreo durante las estaciones del año	29

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Localización del área de Estudio	11
Fig. 2	Variación estacional de Temperatura (A) y Coeficiente de Extinción (B)	14
Fig. 3	Variación Estacional de la Concentración de Nitratos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B)	17
Fig. 4	Variación Estacional de la Concentración Nitritos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B)	19
Fig. 5	Variación Estacional de la Concentración Fosfatos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B)	22
Fig. 6	Variación Estacional de la Concentración de Silicatos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B)	24
Fig. 7	Variación Estacional de la Concentración de Clorofila "a" para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B)	26

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con objeto de caracterizar la variación temporal de nutrientes en la Bahía de Todos Santos para posteriormente asociarlo a los florecimientos fitoplactónicos estacionales. Las muestras se colectaron a dos profundidades y en dos estaciones alejadas perpendicularmente a la línea de costa desde mayo de 1989 hasta junio de 1990 con una frecuencia quincenal, se analizaron nitratos, fosfatos, silicatos, clorofilas y se registró la turbidez y la temperatura superficial del agua. En general, las mayores concentraciones de nutrientes correspondieron a la estación más cercana a la costa. La temperatura varió desde 14 °C en invierno hasta 21 °C en verano. Durante el verano se registraron altas concentraciones de silicatos, incrementándose hacia los meses de invierno. Los valores bajos de silicatos se debieron a florecimientos de diatomeas. En esta época también se encontraron altas concentraciones de nitratos en el fondo de ambas estaciones lo cual correspondió con la menor turbidez registrada para la estación dos. Los nitratos presentaron altas concentraciones en los meses de otoño y primavera en la profundidad de Secchi para ambas estaciones lo cual correspondió a una alta turbidez registrada para la estación 1 en esta época ocasionada por procesos de mezcla. Los resultados indican la existencia de una estratificación de las aguas durante los meses de verano y homogenización de la columna durante los meses de invierno.

I. INTRODUCCION.

Generalidades

Uno de los principales parámetros estudiados en el ambiente marino son los nutrientes inorgánicos disueltos, debido a que son requerimientos esenciales para el buen desarrollo de la productividad orgánica primaria. Un gran porcentaje de estos nutrientes puede ser reciclado directamente, por medio de bacterias, a partir de material orgánico primario. (Williams, 1981a; Joint y Pomroy, 1983; Peterson, 1984; Morales-Zamorano et al., 1991).

Las bacterias son las principales generadoras de nutrientes inorgánicos disueltos, aunque también juegan un papel importante en los procesos de descomposición de la materia orgánica generada por fotosíntesis y como alimento en la trama alimenticia de sistemas acuáticos (Williams, opcit; Azam y Hodson, 1977; Fuhrman y Azam, 1980; Fuhrman et al., 1985).

La actividad fotosintética genera la producción de materia orgánica en los océanos y está determinada por la cantidad de luz que alcanza a penetrar en la columna de agua. La formación de materia orgánica también requiere de varios elementos entre los cuales los que se destacan el carbono, nitrógeno y fósforo. Provasoli (1963) propuso que el fósforo total ó el nitrógeno

total combinado en aguas naturales pueden ser usados para distinguir su potencialidad de fertilidad.

Las transformaciones (procesos de oxidación y reducción) de nutrientes ocurren en el orden de horas o días (Nixon, 1981). Sin embargo, de acuerdo con Lewis y Platt (1982) las variaciones estacionales de las formas combinadas más abundantes de estos constituyentes inorgánicos disueltos están determinadas principalmente por la magnitud de los procesos biológicos (asimilación), físicos (cambios estacionales de temperatura) y químicos (procesos de oxidación de material orgánico muerto). La disponibilidad de nutrientes puede llegar a limitar la razón de crecimiento, productividad y hasta puede controlar el contenido bioquímico, la reproducción, desarrollo y distribución de los organismos productores primarios (Boyton et al., 1982).

El crecimiento de organismos en el mar se debe en gran parte a los nutrientes esenciales como son: nitratos, silicatos y fosfatos (Neshiba, 1987). El estudio de todas estas especies químicas en el océano es muy importante, ya que por medio de la determinación de su distribución en las masas de agua se puede observar, describir y comprender el comportamiento de los organismos, que tienen como habitat natural el medio ambiente marino.

La importancia de estudiar los nutrientes se debe a que los fosfatos y nitratos disueltos en el agua de mar son la fuente principal de los componentes mayores de los organismos fitoplactónicos y particularmente el silicato en el exoesqueleto de las diatomeas (Redfield et al., 1963), siendo estos organismos, la base de la cadena trófica en el medio ambiente marino.

La concentración de nutrientes en zonas costeras está influenciada principalmente por la existencia e intensidad de los procesos químicos que ocurren sobre el material orgánico por remineralizar, por la profundidad y composición de la estructura topográfica, por el aporte de aguas de desecho industrial y domésticos , además, por el aporte que proviene del continente y de masas de agua del fondo, como son las surgencias.

Una de la principales preocupaciones del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. es la contaminación actual que daña a la Bahía Todos Santos, principalmente en el puerto de Ensenada y en la zona noroeste de la Bahía (puerto El Sauzal), área donde se ha estado desarrollando recientemente un complejo industrial desprovisto de plantas de tratamiento de sus productos de desecho.

Así, esta tesis pretende, con el estudio de la variación estacional de los nutrientes en ésta región de la Bahía, observar la existencia, a largo plazo, de algún tipo de alteración en ella y su posible fuente; y 2) caracterizar los cambios que pudieran ocurrir en la masa de agua por la posible influencia de fenómenos como surgencias, y mezcla en la columna de agua, entre otras. De esta manera, los resultados de este estudio podrán así servir como un antecedente para posteriores investigaciones en esa zona.

Este trabajo forma parte del Proyecto "Ecofisiología del Fitoplancton Costero", de la Facultad de Ciencias Marinas que recibió financiamiento de: la Universidad Autónoma de Baja California, por el Convenio No. C90-01-037 de la Secretaría de Educación Pública, con número de registro DGICSA 901340 y por el Convenio CONACYT P220CCOR-892410.

II. Antecedentes

En la Bahía de Todos Santos se han realizado algunos estudios de nutrientes, productividad y contaminación que han aportado información acerca de las características químicas de la Bahía.

Algunos autores han reportado las características que tienen los nutrientes en ciertas regiones de la bahía. Small et al, (1972) determinaron que a lo largo del año, los nutrientes sufrían fluctuaciones en su concentración, las cuales están reguladas por procesos de mezcla, surgencias, y el aumento ó disminuciones de poblaciones fitoplanctónicas, en los cuales, al igual que en los nutrientes existen dos máximos y dos mínimos en el año.

Argote-Espinoza, et al, (1975) determinaron que en la bahía de Todos Santos, tanto la salinidad como la temperatura se comportan en forma diferente de acuerdo a la profundidad, formando isóbatas e isolíneas a los 30 m de profundidad en una misma época del año y que las corrientes tienen tres componentes en el año (norte, noroeste y sureste).

Del Valle-Villorín (1985), realizó un estudio de los efectos de la contaminación orgánica en la concentración de nutrientes, concluyendo que la concentración de nutrientes se ve afectada en los meses de mayor producción perquera.

Segovia-Zavala (1985) realizó un estudio del estado de la contaminación en la bahía, reportando que la mayor parte de la contaminación existente se debe al gran aporte de efluentes de aguas residuales por parte de la industrias y la ciudad de Ensenada.

Martínez-García (1988) como parte de un estudio de factibilidad para la colocación de un emisor submarino en la Bahía de Todos reportó que los nutrientes se ven afectados en verano y son más abundantes las concentraciones.

III. OBJETIVO.

El objetivo del presente trabajo pretende caracterizar la distribución estacional de nutrientes, biomasa fitoplanctónica y temperatura en una región al noroeste de la Bahía de Todos Santos, Baja California.

IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La Bahía de Todos Santos B.C. se localiza entre los 30° 40' y 31° 55' de latitud norte y 116° 36' y 116° 50' longitud oeste. Está limitada al sur por Punta Banda, al oeste por las islas Todos Santos y al norte por la costa de Baja California.

Es una bahía grande y abierta con una área aproximada de 166 Km². Las profundidades en general son menores a 50 m (Anónimo, 1974). La bahía presenta dos entradas bien diferenciadas: la entrada al noroeste entre punta San Miguel y las islas Todos Santos, y la entrada soroeste en la que se ubica un cañon submarino con una profundidad que alcanza más de 300 m. Al sur, se encuentra el Estero Punta Banda que es una laguna costera con un canal en forma de "L" poco profundo y está separado de la bahía por una barra de arena.

El patrón de circulación es variable, siendo la primera mitad del año de norte a sur y la segunda de sur a norte (Argote-Espinoza et al., 1975). La bahía está sometida a descargas orgánicas de tipo industrial y urbano, las cuales se agrupan en tres zonas: La zona sur de Punta Banda donde se encuentran el ejido Chapultepec y el Valle de Maneadero, la zona central representada por las descargas urbanas de la ciudad de Ensenada, las del movimiento portuario, las de la planta de

tratamiento de aguas negras (CESPE) y las descargas del complejo industrial de empacadoras; y la zona norte donde ubicaremos nuestro punto de muestreo frente a los depósitos de PEMEX a los $116^{\circ}42'$ longitud oeste y los $31^{\circ}52'$ latitud norte, presenta al sur descargas hoteleras y en el norte una zona industrial representada por la Pesquera Pacífico (Maredén).

V. MATERIALES Y METODOS

4a) CAMPO.

Las colectas se realizaron a lo largo de un año por períodos regulares de aproximadamente quince días, en dos estaciones diferentes (fig. 1), La primera de ellas se localizó sobre 10 metros, detrás de la zona de rompiente, frente a la estación de Petroleos Mexicanos (PEMEX) de El Sauzal, B.C. La estación 2 se localizó alejada a 1 km de distancia de la estación anterior, hacia dentro de la línea de costa sobre una profundidad aproximada de 30 m.

En cada estación de muestreo se tomaron muestras a dos diferentes profundidades: una en la superficie (medio metro) y la otra a la profundidad de extinción del disco de Secchi (EDS). Se utilizarán botellas van Dorn de 4.0 litros de capacidad para recolectar las muestras por analizar. Se registró la temperatura superficial con un termómetro de cubeta. Se ordeñaron las botellas de muestreo en galones plásticos etiquetados y se colocaron en frío dentro de una hielera para ser transportadas al laboratorio, en donde las muestras de agua fueron procesadas.

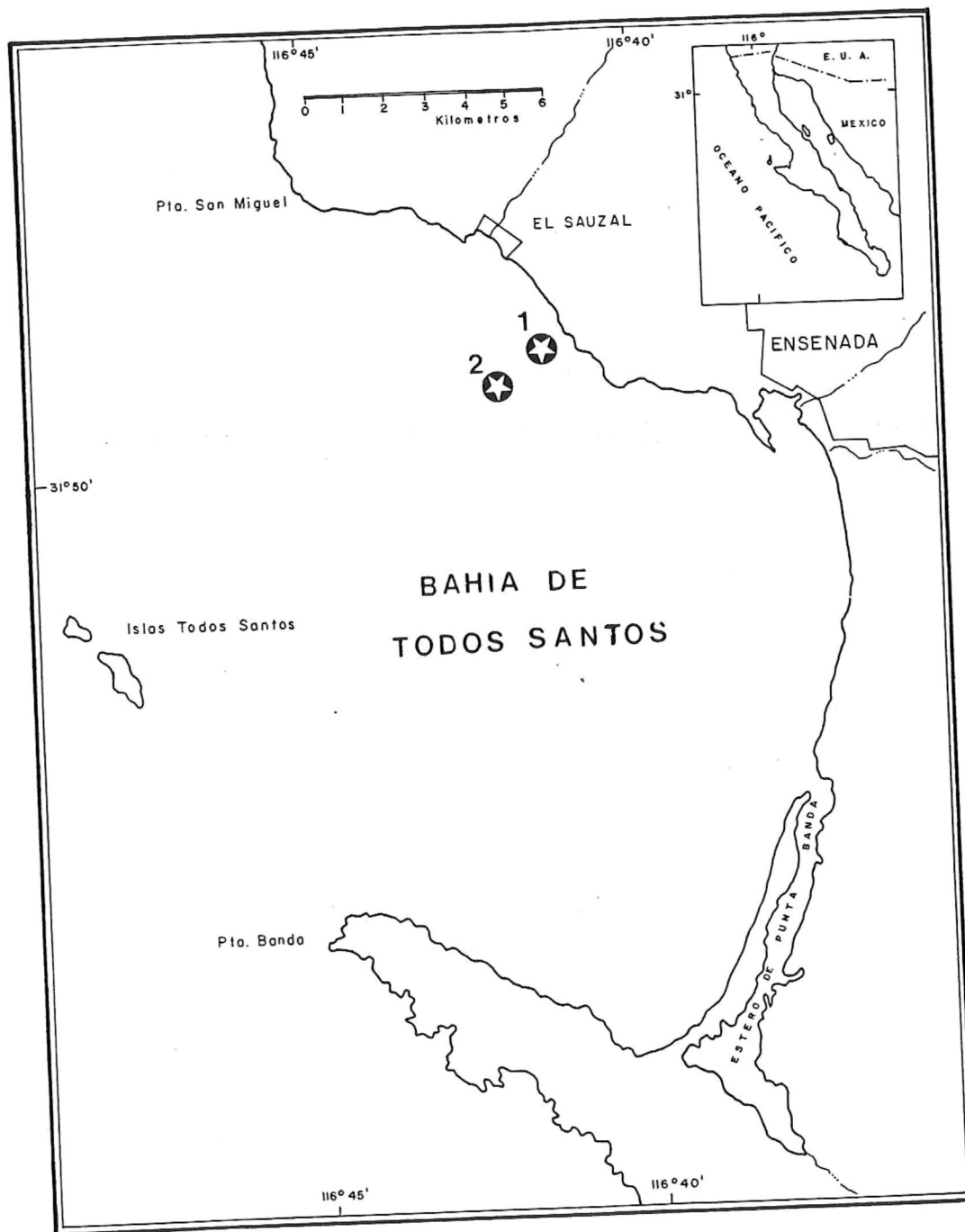


Fig. 1. Localización de las estaciones en el área de estudios (1989-90).

4 b) LABORATORIO.

En el laboratorio, se filtraron muestras de 1000 ml utilizando filtros de membrana nucleoporo de $0.45\ \mu\text{m}$. Se agregó carbonato de magnesio al 1% a la muestra de agua y finalmente el filtro con su contenido se almacenó, envuelto en papel aluminio congelado y etiquetado, para posteriormente poder cuantificar la biomasa fitoplanctónica por análisis de clorofilas, utilizando la técnica descrita por Strickland y Parsons (1972), extrayendo los pigmentos con acetona al 95 %, grado espectrofotométrico. El agua filtrada se almacenó en botellas plásticas de 250 ml de manera separada, etiquetando y congelando (a -20°C) cada una de las submuestras para el posterior análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos por las técnicas descritas por Strickland y Parsons, op. cit. Las muestras se mantuvieron congeladas hasta que su análisis así lo requirió.

4 c) PROCESAMIENTO DE RESULTADOS.

El coeficiente de extinción de luz se calculó a partir de las lecturas del disco de Secchi según Parsons et al, (1977).

Para observar la tendencia de datos se usó un suavizamiento por el método Spline Cúbico (Hildebrand F.B., 1974) para las diferentes variables químicas, usando el paquete computacional Harvard Grafics.

Se aplicó una prueba "t" (Sokal, 1969) para observar la diferencia entre las medias estacionales usando el paquete estadístico StatGraphyCS versión 4.0

VI. RESULTADOS

a) TEMPERATURA:

El comportamiento de la temperatura para ambas estaciones fue similar durante el año (fig. 2 A). Los resultados no presentan diferencias significativas entre las medias de ambas estaciones de muestreo ($p > 0.05$). El valor mínimo (14°C) se presentó en ambas estaciones de muestreo para los meses de invierno la temperatura máxima correspondió a las estaciones de muestreo 1 y 2 (21°C) para los meses de verano. Los valores promedio de temperatura para las estaciones de: verano, otoño, invierno y primavera fueron: 20.12°C , 18.12°C , 14.57°C y 17.85°C respectivamente en la estación 1, y para la estación 2 fueron 20.5°C , 17.62°C , 14.89°C y 18.0°C respectivamente (Tabla I A).

b) EXTINCIÓN DE LUZ:

Los resultados presentaron diferencias significativas entre las medias de las estaciones de muestreo ($p > 0.05$).

Los valores del coeficiente de extinción para la estación 1 presentó fluctuaciones a lo largo del año siendo el valor máximo

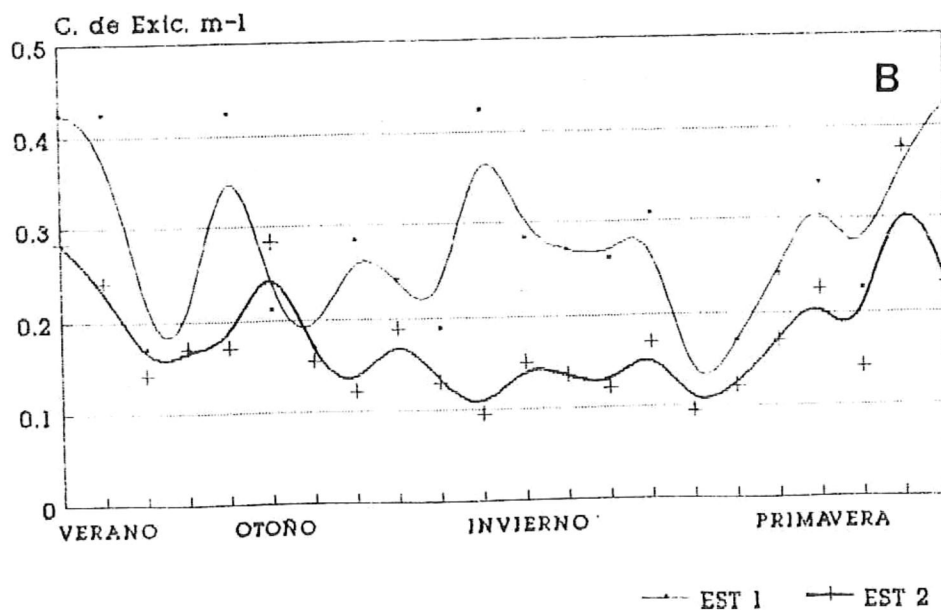
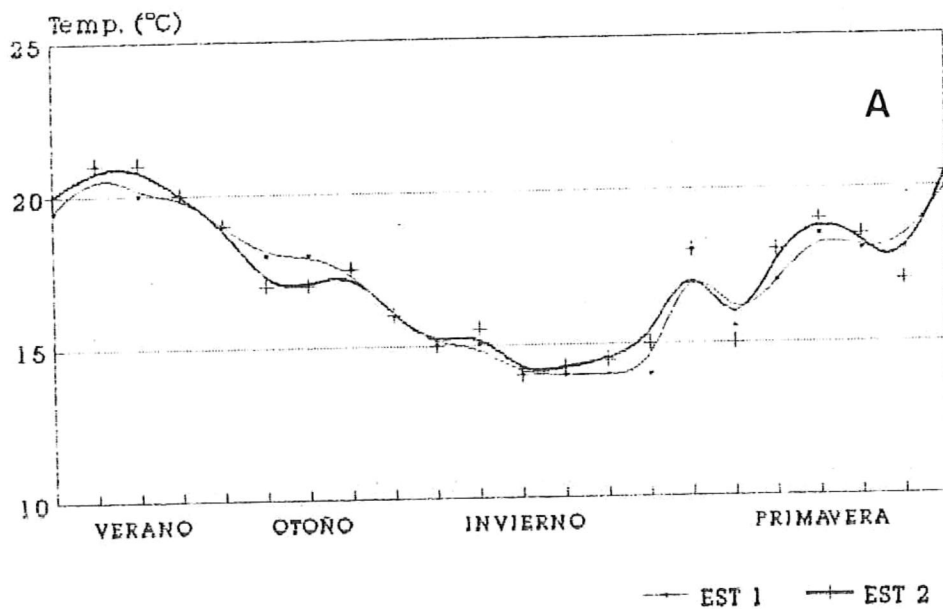


Fig. 2 Variación Estacional de Temperatura (A) y Coeficiente de Extinción (B).

TABLA I. Valores promedio de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (A) y Coeficiente de Extinción (m^{-1}) (B) para las 2 zonas de muestreo durante las estaciones del año.

A.

	est.1	est.2	promedio
primavera	17.85	18.0	17.92
verano	20.12	20.5	20.31
otoño	18.12	17.62	17.87
invierno	14.57	14.89	14.73
promedio	17.66	17.75	17.70

B.

	est.1	est.2	promedio
primavera	0.267	0.196	0.231
verano	0.297	0.209	0.253
otoño	0.272	0.183	0.227
invierno	0.283	0.142	0.212
promedio	0.279	0.182	0.230

0.425 m⁻¹ para inicios de verano y 0.094 m⁻¹ para inicios de primavera (fig. 2 B). Para la estación 1 los valores promedio del coeficiente de extinción de luz por estaciones del año muestran su valor alto durante verano (0.297 m⁻¹) y el valor bajo durante la primavera (0.267 m⁻¹) (Tabla I B). La estación 2 mostró fluctuaciones más marcadas en comparación con la estación 1, presentando su valor máximo de 0.377 m⁻¹ para finales de primavera y el valor mínimo fue de 0.094 m⁻¹ para invierno (fig. 2 B). Para la estación 2, el promedio estacional menor se observó en invierno (0.142 m⁻¹) y el mayor en verano (0.209 m⁻¹) (Tabla I B).

c) NITRATOS:

No hubo diferencia significativa entre las medias de las estaciones de muestreo ($p > 0.05$).

Para la estación 1, los valores extremos de nitratos en la superficie se detectaron en primavera (5.85 µM) (fig. 3A), mientras que existieron valores indetectables (con el método utilizado) en ambas profundidades, de la estación 1 hacia finales de primavera. La estación 2 presentó el máximo de nitratos en superficie durante primavera (4.929 µM) (fig. 3B) y el valor mínimo también fue indetectable para ambas profundidades.

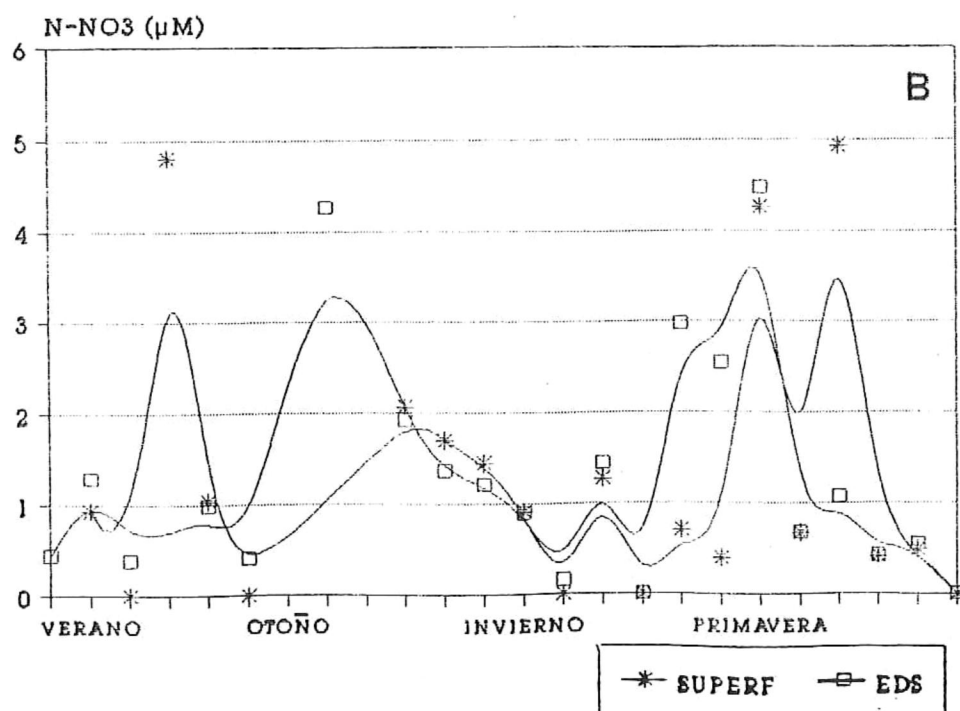
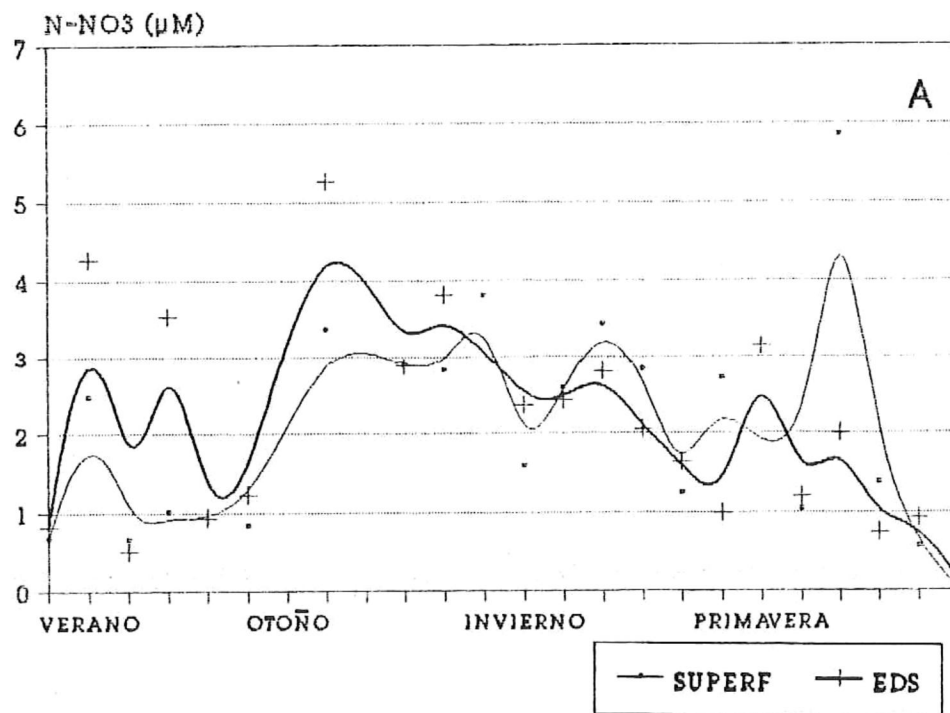


Fig. 3 Variación Estacional de la Concentración de Nitratos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B).

En ambas estaciones existió un decremento a la profundidad de EDS (profundidad de extinción del disco de Secchi) en los meses de invierno. La estación 2 presentó valores máximos en ambas profundidades durante primavera. El valor estacional promedio para la estación 1 fue mayor en invierno ($2.11 \mu\text{M}$) y menor en primavera ($1.31 \mu\text{M}$) mientras que el valor promedio mayor para la estación 2 fue en primavera ($1.30 \mu\text{M}$) y el menor en invierno ($0.094 \mu\text{M}$) (Tabla II A).

d) NITRITOS:

Los resultados promedios de nitritos entre la estación 1 ($x=0.14 \mu\text{M}$) y la estación 2 ($x=0.09 \mu\text{M}$) no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). (fig. 3 A).

En la estación 1 el valor máximo de nitritos se registró durante los primeros meses de verano a profundidad de EDS ($1.434 \mu\text{M}$). Los valores mínimos se registraron durante los meses de primavera (siendo indetectables) para ambas estaciones de muestreo, y principios de verano de la segunda estación. La estación 2 presentó el valor máximo ($0.952 \mu\text{M}$) en la superficie a inicios de invierno y valores indetectables fueron más frecuentes a finales de primavera y principios de verano (fig. 4 B).

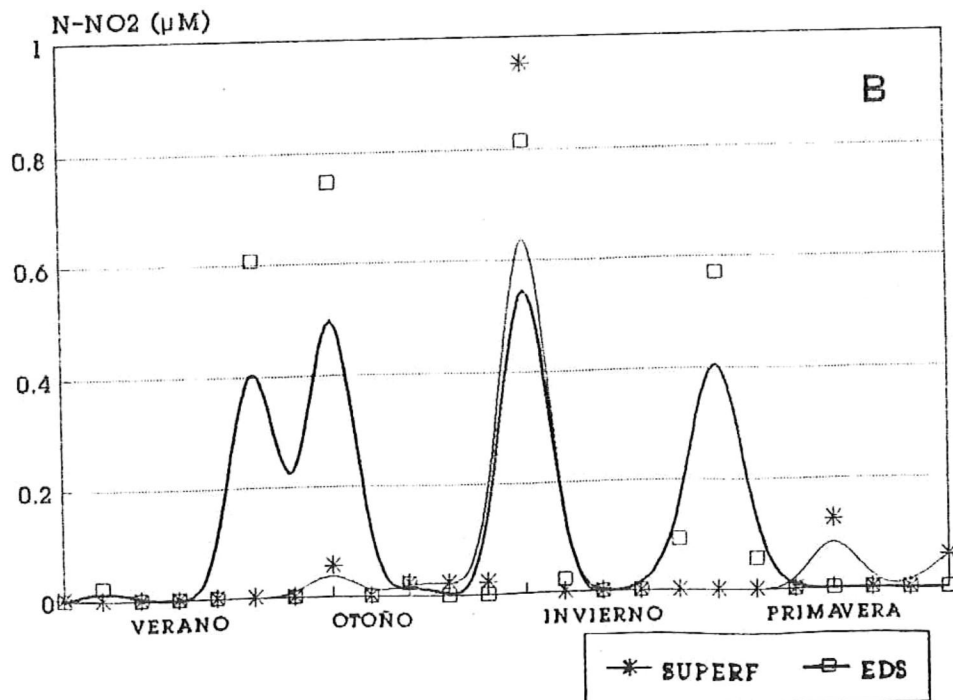
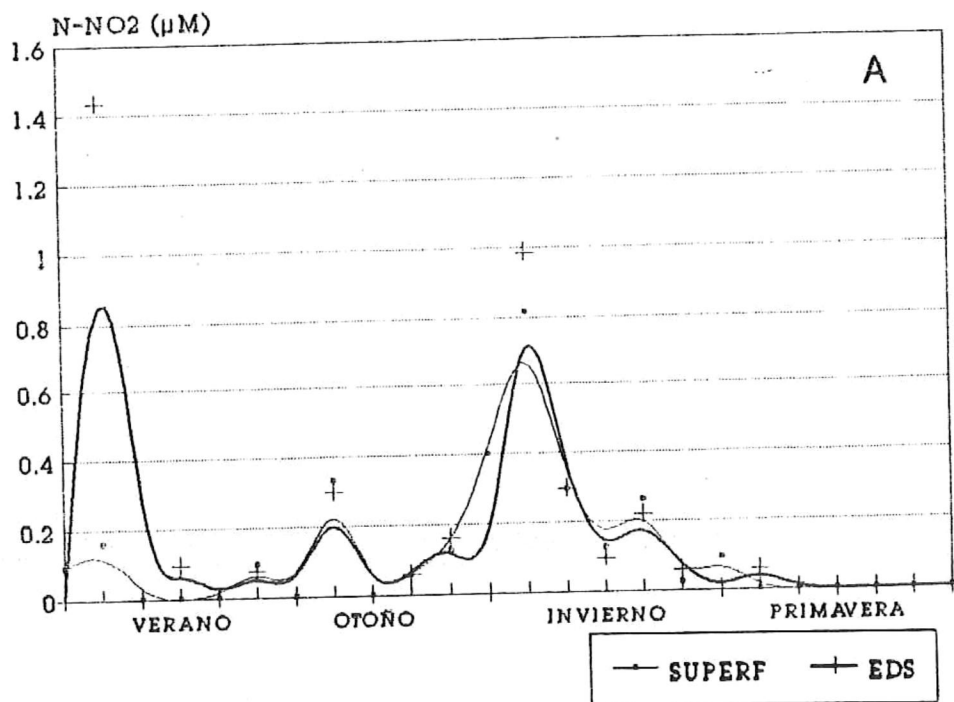


Fig. 4 Variación Estacional de la Concentración de Nitritos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B).

las TABLA II. Valores promedio de Nitratos (μM) (A) y Nitritos (μM) (B) para las dos zonas de muestreo durante estaciones del año.

A.

	est.1	est.2	promedio
primavera	1.31	1.30	1.30
verano	1.53	0.98	1.25
otoño	2.05	1.15	1.52
invierno	2.11	0.94	1.52
promedio	1.75	1.092	1.42

B.

	est.1	est.2	promedio
primavera	0.0104	0.0176	0.014
verano	0.1852	0.063	0.1214
otoño	0.1193	0.0745	0.0969
invierno	0.2721	0.2087	0.2404
promedio	0.1467	0.0909	0.188

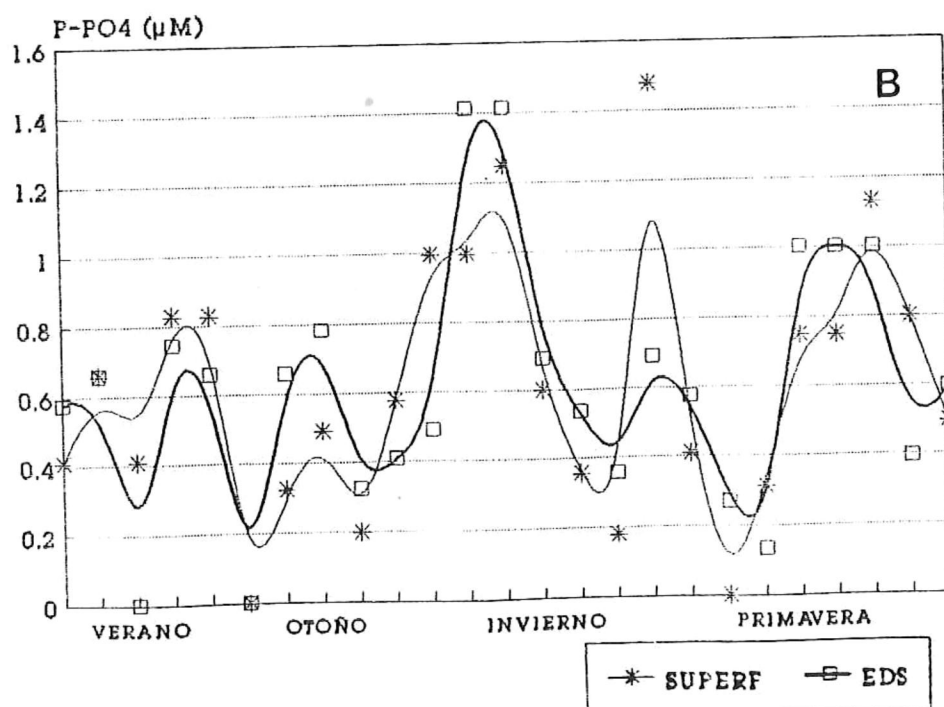
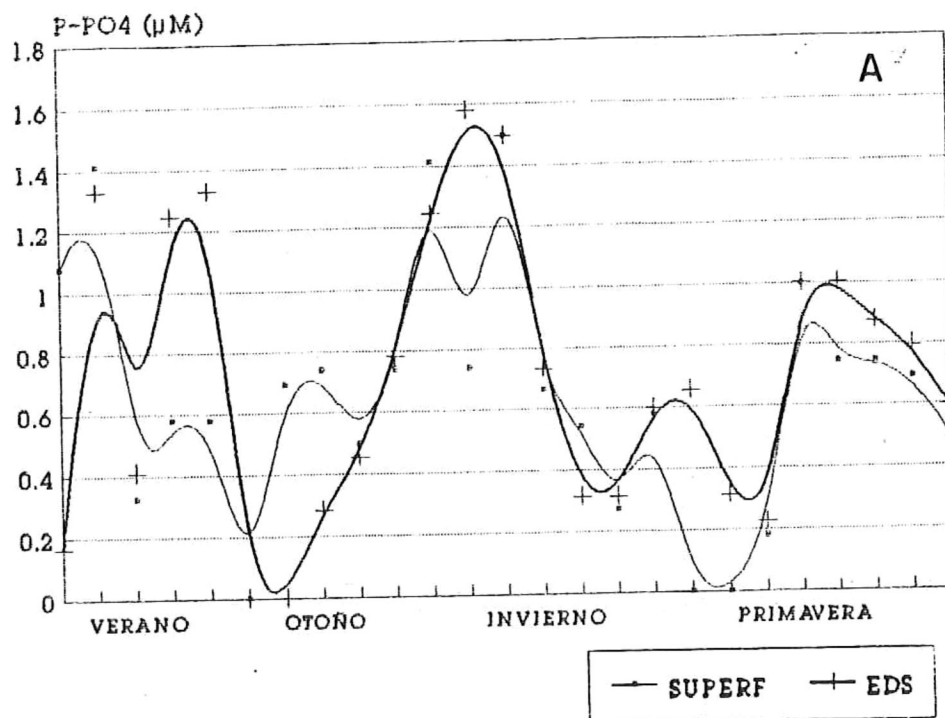


Fig. 5 Variación Estacional de la Concentración de Fosfatos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B).

No existieron incrementos ó decrementos en los datos de nitritos durante las estaciones anuales. El valor promedio mayor para ambas estaciones fue en invierno ($0.24 \mu\text{M}$) y el menor, en primavera ($0.014 \mu\text{M}$). (Tabla II).

e) FOSFATOS:

Los valores de las concentraciones de fosfatos mostrados entre ambas estaciones tienen un comportamiento similar. Durante el ciclo anual presentaron las mismas tendencias en ambas estaciones; un máximo en invierno (para ambas profundidades) y un segundo aumento importante a finales de verano para la estación 1 (fig. 5 A). Los valores no mostraron diferencias significativas entre las medias de las estaciones de muestreo ($p > 0.05$).

La estación 1 mostró su valor máximo a inicios de invierno ($1.58 \mu\text{M}$) a profundidad de EDS y el valor mínimo fue $0.179 \mu\text{M}$ a inicios de primavera en la superficie. La estación 2 presentó el valor máximo a principios de invierno, a la profundidad de EDS ($1.43 \mu\text{M}$) y el valor mínimo se registró en la superficie para inicios de primavera ($0.134 \mu\text{M}$).

Las tendencias que se encontraron en los fosfatos fueron: para la estación 1 (fig. 5A) incrementos para los meses de otoño y decrementos para los meses de invierno ambas a profundidad de EDS. Para la estación 2 (fig. 5B) los valores muestran un decremento para los meses de invierno a profundidad de EDS e incremento para los meses de otoño en la superficie. Los valores promedio entre las estaciones no presentan diferencia entre sí.

f) SILICATOS:

Las concentraciones de silicatos no presentaron diferencias significativas entre las dos medias de las estaciones de muestreo ($p > 0.05$). La mayor frecuencia de valores altos se presentaron a principios de invierno y fines de primavera y los mínimos en otoño y principio de primavera (fig. 6 A).

En la estación 1 el valor máximo fue $9.515 \mu\text{M}$, a finales de primavera, en la superficie y el valor mínimo encontrado fue $0.545 \mu\text{M}$, a finales de invierno y también para principios de primavera en ambas profundidades. La estación 2 presenta sus máximos a finales de primavera ($10.229 \mu\text{M}$) en la superficie y el valor mínimo a finales de verano ($0.008 \mu\text{M}$) y principios de

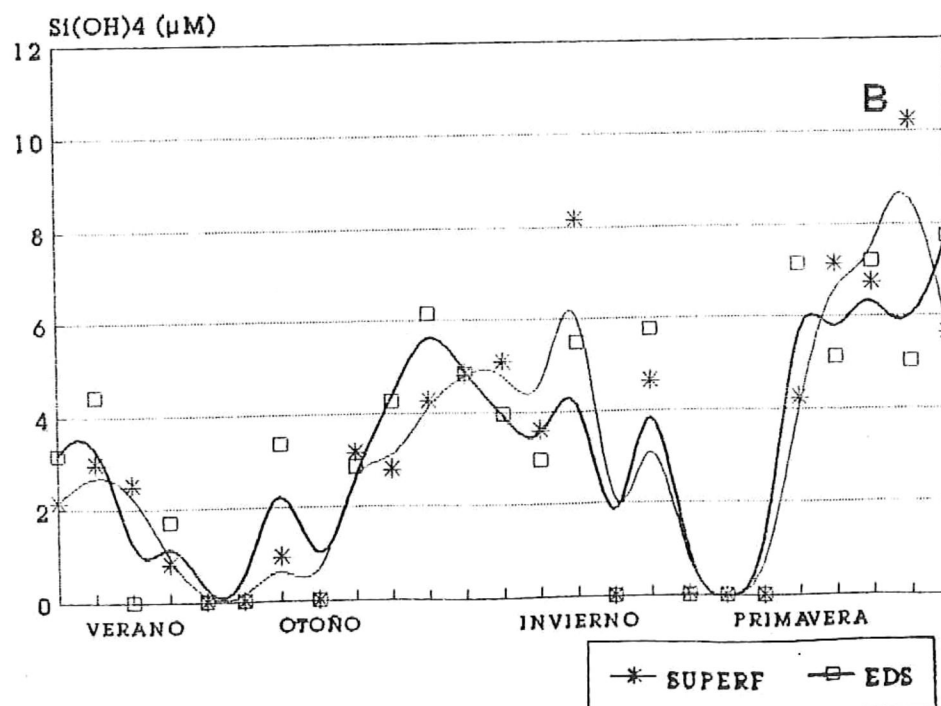
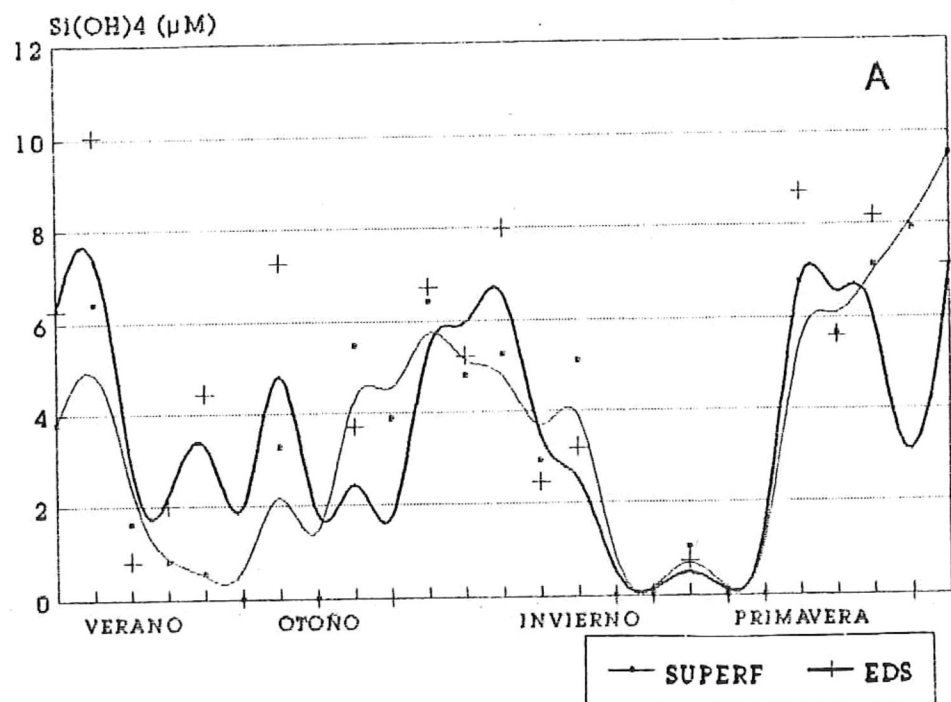


Fig. 6 Variación Estacional de la Concentración de Silicatos para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B).

primavera en la dos profundidades (fig. 6 B).

Los silicatos presentaron tendencias muy marcadas a decrecer en la estación 1 en invierno con incrementos en primavera mientras que la estación 2 se apreció una tendencia a incrementar en primavera para ambas profundidades y una tendencia de incremento para los meses de otoño a profundidad de EDS (fig.6 B).

Los valores promedio entre las estaciones del año muestran una mayor diferencia en la estación 2 que en la estación 1 (Tabla III B), registrándose las mayores concentraciones de silicatos en primavera.

g) CLOROFILA:

Las concentraciones promedio de clorofila "a" no presentaron diferencias significativas entre las medias de las dos estaciones de muestreo, ($p > 0.05$). En la estación 1 los valores máximos se presentaron en verano y (fig. 7 A), y en tanto que en la estación 2 sólo se presenta un máximo a finales de invierno y principios de primavera (fig. 7 B).

El valor máximo registrado de la concentración de clorofilas en la estación 1 fue de 7.150 mg/m^3 para la profundidad de EDS en los meses de verano y el mínimo a finales de primavera en la

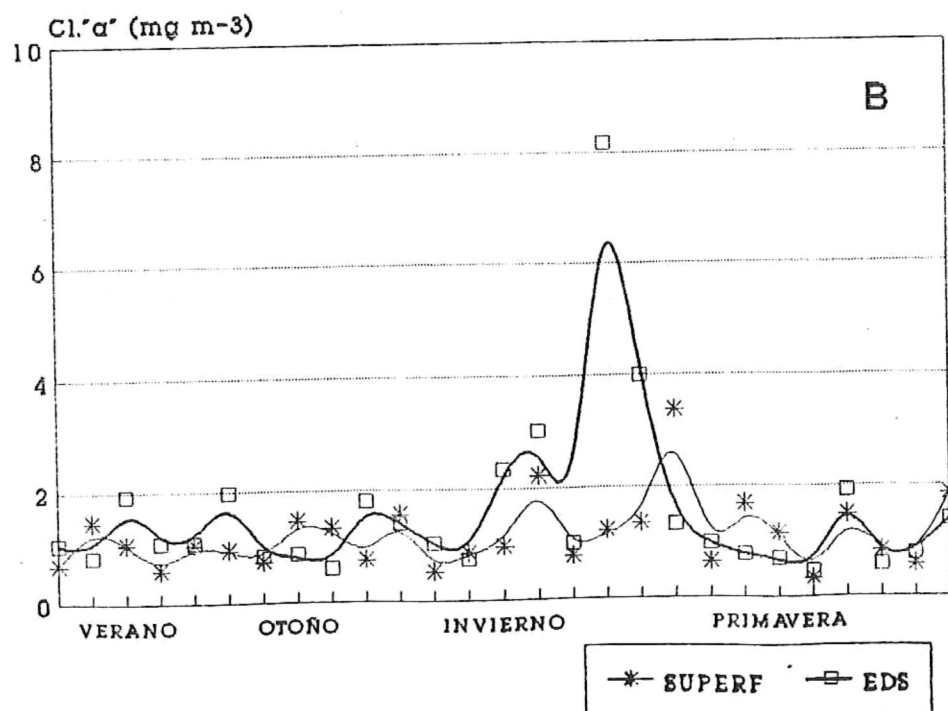
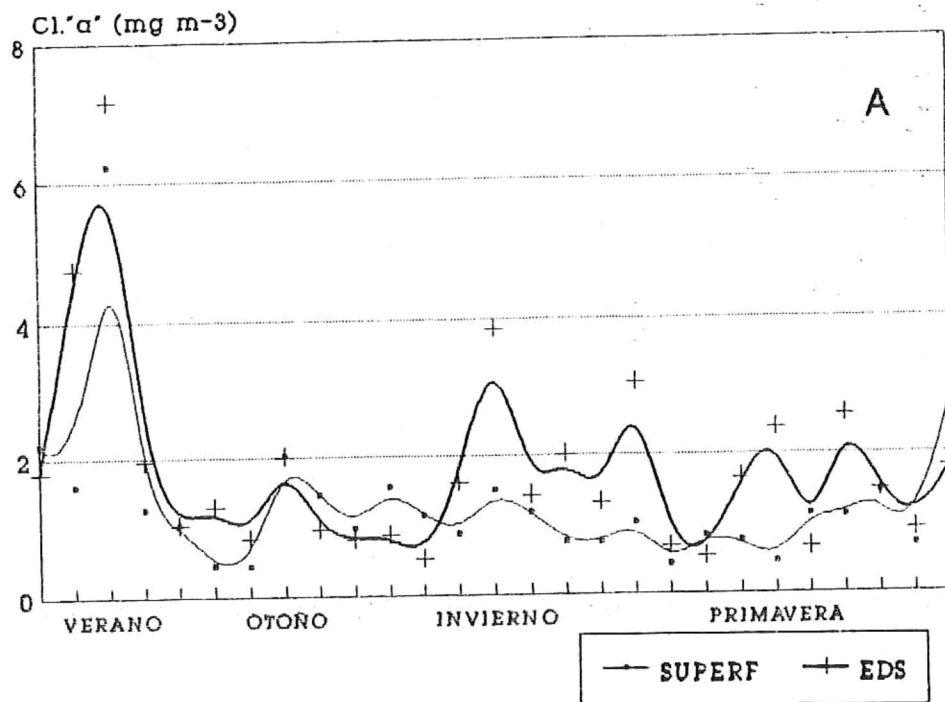


Fig. 7 Variación Estacional de la Concentración de Clorofila "a" para la Estación 1 (A) y Estación 2 (B).

TABLA III. Valores promedio de Fosfatos (μM) (A) y Silicatos (μM) (B) para las dos zonas de muestreo durante las estaciones del año.

A.

	est.1	est.2	promedio
primavera	0.583	0.601	0.592
verano	0.843	0.526	0.684
otoño	0.570	0.437	0.503
invierno	0.770	0.829	0.799
promedio	0.691	0.598	0.644

B.

	est.1	est.2	promedio
primavera	4.275	4.13	4.202
verano	3.674	1.77	2.722
otoño	3.05	2.349	2.699
invierno	3.078	4.125	3.601
promedio	3.519	3.09	3.30

superficie ($0.414 \mu\text{M}$) (fig. 7A). Para la estación 2 (fig. 7 B) el valor máximo se encontró a finales de invierno ($8.18 \mu\text{M}$) a profundidad de EDS y el valor mínimo fue $0.45 \mu\text{M}$ para los meses de primavera a profundidad de EDS.

Los valores promedio (Tabla IV) presentan en la estación 1 el valor mayor en verano (2.890 mg m^{-3}) y el menor en otoño (1.134 mg m^{-3}).

En la estación 2 se presentó al valor más alto en invierno (1.889 mg m^{-3}) y el valor más bajo en verano (1.069 mg m^{-3}).

h) FITOPLANCTON:

Se trabajaron resultados parciales de muestras de fitoplancton, (Orellana-Cepeda, 1990) obtenidas simultaneamente a los aquí reportados. Las mayores concentraciones de diatomeas se presentaron durante los meses de verano ($1.59 \times 10^6 \text{ cel. } \text{xl}^{-1}$) para la estación de muestreo 1 y durante los meses de primavera para la estación 2; encontrando densidades extremadamente bajas ($300 \text{ cél.} \text{xl}^{-1}$), durante los meses de invierno para ambos puntos (sobre la línea de rompientes y un kilómetro, mar adentro).

TABLA IV. Valores promedio de la Biomasa fitoplanctónica
(mg/ m-3) para las dos zonas de muestreo durante
las estaciones del año.

	est.1	est.2	promedio
primavera	1.361	1.288	1.324
verano	2.890	1.069	1.979
otoño	1.134	1.197	1.165
invierno	1.410	1.889	1.649
promedio	1.698	1.360	1.529

VII. DISCUSIONES

El comportamiento de la temperatura coincidió con lo reportado por Morales-Zúñiga (1977) y Argote-Espinoza et al, (1975) para la Bahía de Todos Santos, con valores máximos en verano (21 °C) para ambas localidades de muestreo y los mínimos en invierno (14 °C) para la estación 1. El incremento de temperatura durante los meses de primavera y verano, aunado al aumento de la estabilidad en la columna de agua, produce generalmente una estratificación con la generación de una termoclina estacional (Jacobs, 1951). Lo anterior, muy probablemente, influenció el comportamiento de distribución de todas las demás variables durante esa época del año.

Los resultados de temperatura durante el verano fueron mayores en la estación 2 que en la estación 1 debido, posiblemente, a la forma tan definida en que pudo participar la termoclina estacional en ese lugar, aumentando con ello el proceso de calentamiento (Cabrera-Muro, 1971). En contraste, la estación 1 presentó muy probablemente una menor estratificación debido al fuerte efecto de las corrientes en la línea de costa, lo que provocó que el agua ganara o perdiera calor mas rápidamente.

Los mínimos valores del coeficiente de extinción de luz encontrados durante verano en la estación 1 pueden ser el resultado de una mayor estabilidad en la columna de agua con mayor penetración de luz, lo que es consistente con el establecimiento de la termoclina. También se encontró un valor menor extinción de luz en primavera de la estación 2 el cual coincidió con un alto valor de biomasa fitoplanctónica. Lo anterior es un reflejo de la existencia de mejores condiciones de suministro de luz en la columna de agua para su aprovechamiento por el fitoplancton (Margalef, 1982).

De todas las variables ambientales registradas durante el presente trabajo, éste es probablemente el más dependiente de los procesos físicos. Esto se reflejó en la estación 2, donde la transparencia del agua fue mayor debido a que los procesos de mezcla en el agua no son tan intensos como en la costa. Lo anterior se observó principalmente durante los meses de invierno, durante en cuyos muestreos sucedieron predominantemente mareas altas. En esta época la estación de muestreo mas alejada de la costa tenía aporte de aguas oceánicas mas claras, mientras que en la costa la turbulencia fue mayor debido al oleaje.

Los valores promedio de fosfatos encontrados en este trabajo fueron más bajos ($0.6 \mu\text{M}$) que los reportados por Alvarez-Borrego y Chee-Barragán (1976) para la Bahía de San Quintín ($4.36 \mu\text{M}$) y Martínez García (1988) para la Bahía de Todos Santos ($1.25 \mu\text{M}$) durante el verano.

El comportamiento de los fosfatos muestra un ciclo anual con máximas concentraciones a principios de invierno, a finales de verano y durante primavera. Los valores altos son probablemente una consecuencia del incremento de temperatura en verano, incrementando el proceso de descomposición y oxidación de materia orgánica en esas fechas con decaimiento del fitoplancton primaveral anterior; en invierno por el reconocido proceso de regeneración invernal de nutrientes y a la falta de consumo; y durante primavera como consecuencia de la oxidación de productos exudados del fitoplancton, aunado a su posible baja razón de asimilación debido a la existencia de una baja biomasa del mismo. Los decrementos que se observaron a principios de otoño y finales de invierno, probablemente se debieron a la asimilación fitoplacntónica cuando existieron pequeños florecimientos de diatomeas.

Se observaron fluctuaciones de fosfatos más marcadas en la estación 1 que en la estación 2. En este lugar, la resuspensión de los sedimentos sobre los que se puede adsorber este nutriente es mayor que en la estación de muestreo alejada de la costa, lo cual, asociado al efecto que pudiera producir la generación de parches fitoplanctónicos que asimilan fosfato, pudo haber generado esta mayor variabilidad. Los menores valores promedio de fosfatos en ambas estaciones durante otoño y primavera indican una posible asimilación por los florecimientos fitoplactónicos generalmente reportados durante estas estaciones (Parsons et al, 1977).

La concentración promedio de nitratos ($1.42 \mu\text{M}$) fue mayor a los reportados por Riley y Chester (op.cit.) para aguas oceánicas (0.1 a $1.0 \mu\text{M}$) y a los encontrados por Morales-Zamorano *et al.* (1991) en el Estero Punta Banda a finales de verano ($x = 0.18 \mu\text{M}$). Estas mayores concentraciones se deben a que la regeneración del nitrato en esta zona de estudio pudo haber estado influenciada por aporte de sedimentos aumentando la concentración en aguas superficiales lo cual ha sido reportado por Celis-Ceseña (1971) y Millán-Núñez y Alvarez-Borrego (1981). Otro factor por el que se pudieron encontrar altas concentraciones de nitratos es la posible baja asimilación de este nutriente debido a la baja biomasa fitoplanctónica registrada a lo largo del año; o a una asimilación preferencial del nitrógeno en presencia de urea o amoníaco como lo ha reportado Guillard (1963).

Las concentraciones de nitratos fueron mayores que las de fosfatos a razón N:P de 2.5 a 1.0, lo cual nos indica que no existió limitación por fósforo a lo largo del año (Redfield, 1957). Sin embargo, en algunas regiones en donde existen desechos domésticos esta razón puede encontrarse en relación inversa (Martínez García, 1988). La influencia directa en esta zona por aporte de algún efluente de agua doméstica ó industrial, no se detectó en el año de muestreo, ya que las variaciones en la concentración de fosfatos no presentó incrementos exagerados, esto es consistente con la clasificación de zonas de acuerdo a su

contaminación que hizo Sañudo et al., 1985., donde las estaciones de muestreo quedarían ubicadas en una zona fuera de la influencia de la rada del Sauzal, condición que se conserva hasta la fecha.

En contraste con la variación que se presentó con los nitritos, los cuales se encuentran ligeramente desfasados de las clorofilas, ya que se observaron los valores mayores (Tabla II) en las estaciones de verano e invierno, para la estación 1, esto muestra que la existencia de los nitritos disminuyó al aparecer las clorofilas (estación 1).

La estación 2 no presentó el mismo comportamiento, ya que se aprecia que las mayores concentraciones aparecieron en otoño, invierno y primavera, pero en este caso se puede decir que que estos valores altos no sucedieron antes de la asimilación de clorofilas, sino que en este caso hubo aumento en la concentración debido a efectos de mezcla que se presentan en esta época del año.

Por otra parte, aunque la concentración de sílice no es limitante para el crecimiento de dinoflagelados fitoplactónicos sí es considerable para algunos grupos como las diatomeas, silicoflagelados y los radiolarios, los cuales forman sus esqueletos con sílice biogénico (Eppley, 1986). Las concentraciones obtenidas en este estudio ($3.4 \mu\text{M}$) están dentro

del intervalo señalado para aguas oceánicas (1.0 a 8.0 μM ; Riley y Chester, 1989) y del intervalo reportado por Ortíz-Cortéz (1981) (1.09-7.83 μM) para aguas de una laguna costera de Baja California.

También se pudo observar que los máximos de diatomeas están asociados a bajas concentraciones de silicatos. Para la estación 1, el máximo de clorofilas en verano está asociado a los valores más altos de diatomeas, y el máximo clorofilas de la estación 2 en primavera está desfasado ligeramente con un máximo en la concentración de silicatos. Esto muestra que las altas concentraciones silicatos están siendo utilizadas por la producción de fitoplancton principalmente diatomeas y que éstas decrecen, al agotarse los silicatos.

También se observó que las concentraciones de silicatos fueron mayores en el fondo debido, posiblemente, a que el agua estuvo influenciada por el sedimento. La depositación de exoesqueletos silíceos es posteriormente afectada por cambios de temperatura y pH en el fondo, generando su lenta hidrólisis y aumentando con ello la concentración de este micronutriente (Orellana et al, 1990). Otra fuente importante de sílice de origen terrígeno pudo deberse a lluvias (Riley y Chester, 1989), que en este caso se presentaron en los meses de invierno.

Generalmente las razones de máxima fotosíntesis se efectúan por debajo de la superficie debido a que en esta zona las

intensidades de luz son las óptimas (Richards, 1957). Esto es consistente con los resultados en ambas gráficas de clorofila "a", ya que las mayores concentraciones fueron en la profundidad de extinción del disco de Secchi.

Riley y Chester (1989) reportan, para latitudes medias, que los máximos de fitoplancton ocurre a finales de primavera, durante verano y a principios de otoño. Esto coincidió con la estación 1 en donde el máximo se presentó en verano. Sin embargo, en la estación 2 el máximo se presentó a finales de invierno lo cual se justifica por efectos de mezcla; y a principios de primavera, en donde la temperatura de esta estación es ligeramente mayor a la de la estación 1. Debido a ello hay mayor posibilidad de que florezca el fitoplancton.

Venrick, et al, (1973) demostró que los máximos de clorofila en el Pacífico norte se deben a la abundancia de diatomeas. Se interpretó que, factores físicos (como temperatura) y químicos (como degradación bacteriana) influyeron en los máximos y mínimos de clorofilas. Estos factores son condicionales para el buen desarrollo del fitoplancton, ya que existieron nutrientes en primavera (fosfatos, $x = 0.592 \mu\text{M}$; nitratos, $x = 1.30 \mu\text{M}$; y silicatos, $x = 4.202 \mu\text{M}$) pero no hubo buena penetrabilidad (coef. de extinción de luz en primavera promedio = 0.231 m^{-1}) lo cual que estuvo asociado con una mayor frecuencia de mareas vivas, las cuales pueden impedir la penetración de luz por ser capaces de

resuspender grandes cantidades de sedimentos (Zertuche-González y Alvarez-Borrego, 1978; Millán-Nuñez et al, 1987).

En general, se puede caracterizar que la concentración de nutrientes en esta zona es comparable con otros cuerpos de agua como Bahía San Quintín (Alvarez-Borrego y Chee-Barragán, 1976;) y Ejido Eréndira (Soto-Balderas, 1981), entre otros. Además los resultados reportados en este trabajo presentaron un ciclo anual más ó menos definido, ya que estos pueden estar altamente influenciados por los factores físicos (mareas, vientos, corrientes y mezcla de agua) y biológicos (degradación de organismos, remineralización por bacterias, fotosíntesis, respiración), influyendo también la temperatura y la penetración de la luz.

VII. CONCLUSIONES:

- Los resultados obtenidos en el presente trabajo confirman, de manera general, que la variabilidad de los nutrientes a lo largo de un ciclo anual están determinados por las condiciones físicas (luz y cambios estacionales de temperatura) y biológicas (biomasa fitoplanctónica).
- La estación más cercana a la costa presentó los valores más altos de nutrientes, los cuales están asociados a mayores procesos de mezcla.
- Debido a que la concentración de nitratos, fosfatos y silicatos no se encontró baja durante la mayor parte del año la biomasa fitoplactónica pudiera estar afectada por algún proceso no registrado.
- Las menores concentraciones de silicatos se encontraron asociadas a mayores densidades celulares de diatomeas por lo que se concluye que se debió al consumo por asimilación.
- La mayor variabilidad de nutrientes se presentó durante el invierno en la estación más cercana a la costa.

IX. LITERATURA CITADA:

- Alvarez-Borrego S. y Chee-Barragán A., 1976, "Distribución Superficial de Fosfatos y Silicatos en la Bahía de San Quintín B.C." Ciencias Marinas, Vol.3(1): 12-23.
- Argote-Espinoza, M.L., Amador-González A. y Morales-Zuñiga C., 1975, "Distribución de los Parámetros de Salinidad y Temperatura y Tendencias de circulación en la Bahía de Todos Santos B.C." CIBCASIO, CICESE, Ensenada B.C., 30 pp.
- Azam F. and R.E. Hodson, 1977, "Size Distribution and Activity of Marine Microheterotrophs", Limnol. Oceanogr., 22: 492-501.
- Boyton W.R., Kemp W.H. y Keefe C.W., 1982, "A Comparative Analysis of Nutrients and Other Factors influencing Estuarine Phytoplankton Production. En: (V.S. Kennedy, Ed.) "Estuarine Comparasions", Academic Press, New York, 69-90 pp.
- Cabrera-Muro H.R., 1971." Distribución de la Temperatura en la Bahía de Todos Santos"., Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., Ensenada, B.C., (Tesis de Licenciatura)

- Celis-Ceseña R. y Alvarez-Borrego.S., 1975, "Distribución Superficial de Algunos Parámetros Hidrológicos y Químicos en el Estero de Punta Banda B.C. en Primavera y Verano". Ciencias Marinas, 2(1):98-105.
- Del Valle-Villorín, F.J., 1985, "Efectos de Contaminación Orgánica en la Concentración de Nutrientes en la Zona Costera de la Bahía de Todos Santos B.C.". Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., (Tesis de Licenciatura).
- Eppley R.W., C. Garside, E.H. Renger, and E. Orellana, 1990, "Variability of nitrate concentration in nitrogen-depleted subtropical surface waters"., Mar. Biol. 107: 53-60.
- Fuhrman J.A., and F. Azam, 1980, "Bacterioplankton in the Coastal Eutrophyc Zone, Distribution, activity and possible relationships with phytoplankton". Mar. Biol., 60: 201-207.
- Fuhrman J.A., R.W. Eppley , A. Hagstrom and F. Azam, 1985, "Diel Variations in Bacterioplankton, Phytoplankton and related Parameters in the southern California Bight.", Mar. Ecol. 27: 9-20.

- Guillard R.R., 1963, En: "Symposium on Marine Microbiology C.H. Oppenheimer", Ed. Charles H. Tomas, Springfield Illinois.
- Hildebrand F.B., 1974, "Introduction to Numerical Analysis", T. H. M. Edition, New York, pp. 478-485.
- Jacobs M., 1951, "The Energy Exchange Between the Sea and the Atmosphere and Some its Consequences". Bull Scipps Institute Oceanography, 6:27 - 122.
- Joint I.R., and Pomroy, 1983. "Production of Phytoplankton and Small Nanoplankton in the Celtic Sea". Mar. Biol., 77:19-27.
- Lewis M.R. and T.Platt, 1982, " Scales of Variability in Estuarine Ecosystems En: V.S. Kennedy" (Ed), Estuarine Comparisons, Academic Press, New York, pp 3-20.
- Margalef R., 1982. "Ecología", Primera Edición, Ed. Omega, Barcelona, España , 937 pp.
- Martínez-García G.M., 1988. "Aspectos hidrológicos para el diseño de un emisor submarino en la Bahía de Todos Santos, B.C.". Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., (Tesis de Licenciatura)

- Millán-Núñez E., Ortíz J. y Álvarez-Borrego. S., 1981, "Variabilidad Temporal y Espacial de Nutrientes de Fitoplancton en una Laguna Costera a Finales de Verano". Ciencias Marinas, 7(1):103-128.
- Millán-Núñez E., y D. Loya S., 1987. "Phytoplanktonic Temporal Variability in a Coastal of the Northwest Part of Baja California", (en preparación).
- Morales-Zamorano L.A., Cajal-Medrano R., Orellana-Cepeda E. y Jiménez-Pérez L.C, 1991. "Effect of tidal dynamics on a planktonic community in a coastal lagoon of Baja California, México". Mar. Ecol., Prog. Ser., 78: 229-239.
- Morales-Zuñiga C., 1971. "Variaciones Estacionales de la Temperatura en la Bahía de Todos Santos", Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., Ensenada B.C.
- Neshiba S., 1987, "Oceanography Perspectives on a Fluid Earth", First Edition, John Wiley y Sons, USA, pp 506.
- Nixon S.W., 1981, "Remineralization and Nutrient cycling in Coastal Marine Ecosystems En: B.J. Neilson y L.E. Croning (Eds.), Estuaries and Nutrients, Humana Press, Clifton N.J., pp 111-138.

Orellana-Cepeda, E. 1990. "Ecofisiología de Fitoplancton Costero"
Reporte Técnico, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C.

Orellana E.; R. W. Eppley; E. Renger; J. Nelson, 1990.
"Particulate biogenic silica in the euphotic zone off
Southern California", Ciencias Marinas, 16(1): 69-89.

Ortiz-Cortés F., 1981. "Variabilidad Temporal y Espacial de
Nutrientes Inorgánicos en una laguna Costera de Baja
California", Escuela Superior de Ciencias Marinas,
U.A.B.C., Ensenada B.C.

Parsons T.R., M. Takahashi, 1977. "Biological Oceanographic
Processes". 2nd. Edition, Bedford Canada, 332 pp.

Peterson B.J., 1984. "Synthesis of Carbon Stocks and Flows in the
open Ocean Mixed Layer". En: J.E. Hobbie and Williams
(Eds.), Heterotrophic Activity in the Sea., Plenum Press,
New York.

Provasoli L., 1963, "Organic Regulation of Phytoplankton
fertility In: The Sea, Vol. 2, Hill M.N. Ed., Wiley
Interscience, New York, 165 - 122.

- Redfield A.C., Ketchum B.H., y Richards F.A., 1963, "The Influence of Organisms on the Composition of Sea Water" In: The Sea Vol. 2 (Hill M.N. Ed) Wiley Interscience, New York, pp 26-77.
- Richards F.A., 1957, "Oxygen in the Ocean Variability", Soc. América, Memoir., 67, Vol. 1:185-213.
- Riley J.P. y Chester R., 1989, "Introducción a la Química Marina", A. G. T., Ed, México D.F., 459 pp.
- Ryther J.H., 1976, "La Productividad de Materia Orgánica en los Océanos", Ed. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina, pp 205-213.
- Anónimo, 1974. "Estudio Geográfico de la región de Ensenada, B.C.". Dirección de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, Secretaría de Marina, México.
- Segovia-Zavala, 1985. "Estado Actual de la Contaminación Marina en la Bahía de Todos Santos B.C.", Reporte Técnico, I. I. O., Ensenada B.C., pp 32.
- Small L.F.H. Curl Jr., and W.A. Glooschenko, 1972. "Estimates of Primary Production of Oregon Using an Improved Chlorophyll a, Light Technique". Fish Res. Bd. Canada, 29: 1261-1267.

- Sokal R.R., 1969, "Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research", W H Freeman, San Francisco Ca., pp. 776.
- Soto-Balderas M.G., 1990. "Series de Tiempo de Nutrientes en Canales de Inundación de Marismas en el Estero de Punta Banda". Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., Ensenada B.C.
- Strickland J.D., and Parsons T.R., 1972. "A practical Handbook os Seawater Analysis". Fish. Res. Board of Canada, Bull, 167, second Edition, pp 310.
- Venrick E.L., McGowan J.A., Mantyla A.W., 1973. "Deep of Photosynthetic Chlorophyllin in the Pacific Ocean", U. S., Bull., pp 41-52.
- Williams P.J., 1981a. "Microbial Contribution to Overall Marine Plankton Metabolism: Direct Measurement of Respiration". Oceanological, Acta 4:359.
- Williams P.J., 1981b. "Microbial Contribution to Overall Plankton Community Respiration". En: Marine Mesocoms Biological and Chemical Research in Experimental Ecosystems, Springer Verlag, Berlin pp. 305-321.

Zertuche-González J. y Alvarez-Borrego S., 1978, " Análisis de Series de Tiempo de Variables Fisicoquímicas en dos Aniestuarios de B.C.", Ciencias Marinas, Vol.5 No.1, pp. 99-103.