

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Escuela Superior de Ciencias Marinas.

" DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS (NO_3) Y SILICATOS
(SiO_3) EN LA ENSENADA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR. "

Tesis que para obtener el título de

O C E A N O L O G O

Presenta

Jorge García Pámanes.

Ensenada, B.C. Enero de 1978.

A mis padres

Rodrigo y Guadalupe

A mis hermanos

Por su ayuda y estímulo

A Angélica.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al Oceanólogo Carlos Suárez Vidal sus consejos para la elaboración del escrito.

A los compañeros Oceanólogos Carlos H. Lechuga De veze, Mario K. Yoshida Yoshida y Miguel Angel González de Alba por su valiosa colaboración en el trabajo de campo y sus sugerencias para la elaboración del escrito.

A Edgar Amador S. y José de Jesús Bustillos por su ayuda en el trabajo de campo y de laboratorio, y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

Y de forma muy especial agradezco a mis hermanos Luis y Fernando sus acertadas críticas y sugerencias.

I N D I C E

	Páginas
I.- INTRODUCCION.	1
II.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIOS.	3
III.- MATERIAL Y METODOS.	5
IV.- RESULTADOS.	6
V.- DISCUSION.	12
VI.- CONCLUSIONES.	23
VII.- RECOMENDACIONES.	23
VIII.- BIBLIOGRAFIA.	25

ANEXO.

I.- INTRODUCCION

Al igual que las plantas terrestres, las plantas marinas requieren de ciertas sustancias para su crecimiento normal, estos elementos son llamados Nutrientes, los cuales son aprovechados por las plantas acuáticas que constituyen la base de la cadena alimenticia, para su desarrollo. Muchas de estas sustancias son constituyentes menores del agua de mar, encontrándose en ella en pequeñas cantidades y por eso intervienen de manera importante en la producción primaria (Riley y Chester 1971, Tait y De Santo 1975). La absorción de nutrientes del medio ambiente por el fitoplancton reduce la concentración de estas sustancias en las capas superficiales, alcanzando niveles tan bajos que son factores que llegan a limitar el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas. Muchos de los nutrientes tomados por los organismos pueden ser regenerados dentro de la misma capa fótica, principalmente los restos del fitoplancton y los desechos del zooplancton el resto se sedimenta descomponiéndose en el fondo, lo que ocasiona una menor disponibilidad de nutrientes en la zona eufótica y una acumulación de los mismos en las aguas profundas, los cuales son llevados nuevamente a la superficie por procesos de mezcla ó de surgencia (Fraga 1972, Tait y De Santo 1975). A lo largo del año los nutrientes sufren fluctuaciones en su concentración, las cuales están reguladas por los procesos de mezcla, surgencias y por el aumento ó disminución de las poblaciones fitoplanctónicas, en las cuales al igual que en los nutrientes se observan dos máximos y dos mínimos en el año, siendo el primer máximo mayor que el segundo (Small et al 1972), esto se presenta normalmente en altas latitudes. Cada una de las sustancias nutritivas en

el proceso de remineralización pasa a través de un ciclo hasta alcanzar nuevamente una forma en la cual puede ya, ser utilizada por los organismos (Riley y Chester, 1971). La mayoría de estos ciclos no son cerrados, existiendo una pérdida de nutrientes. Por ejemplo, se pierde fósforo y nitrógeno en el -- guano de las aves, sílice en las tecas de las diatomeas ó en espículas de esponjas, etc.

A pesar de la importancia de los nutrientes en los ciclos biológicos en las aguas litorales (Bahías, lagunas costeras, esteros, etc.) zonas de alta productividad, son pocos los estudios que se han hecho en estas áreas aquí en México, solo en los últimos años se han efectuado este tipo de estudios principalmente en la costa Oeste de Baja California, en áreas tales como Bahía Magdalena, Bahía San Quintín, Estero de Punta Banda y Alto Golfo de California (Alvarez Borrego, Galindo Bect, Chee Barragan, 1975. Alvarez Borrego, Chee Barragan, -- 1976. Alvarez Borrego, Galindo Bect, Flores Baez, 1975. Alvarez Borrego, Lara Lara, Acosta Ruiz, 1977. Acosta Ruiz, Lara Lara, en prensa). En la zona de La Paz, B.C.S., no se tiene conocimiento de algún estudio de esta naturaleza, excepto uno que fué realizado en 1968 fuera de la Bahía de La Paz en aguas del Golfo de California y en el cual se tomaron algunas muestras de nutrientes y se determinó la productividad orgánica primaria (Zeitzschel, 1969). Para conocer la productividad de las aguas es necesario establecer el balance que existe en los elementos nutritivos; su utilización y regeneración, el lugar y el tiempo en que ocurre, los efectos de las corrientes de marea, el efecto de mezcla por el viento, su variación estacional y anual, el papel de los sedimentos en la regeneración, la distribución de los nutrientes dentro de la columna de agua, etc.

Dados los antecedentes anteriores y ante la necesidad de obtener información básica, el Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz inició un estudio en La Ensenada de La Paz, con la finalidad de conocer las condiciones biológicas y físico-químicas de dicho cuerpo de agua. Dentro de ese proyecto está comprendido un estudio sobre nutrientes, el cual en su primera fase consistió en formarse una idea sobre la variación estacional de dichas sustancias nutritivas, para tal fin se efectuaron muestreos superficiales a lo largo de un año de nitratos, fosfatos y silicatos.

El objetivo que se persigue en este estudio es conocer la productividad de las aguas para ver la posibilidad de desarrollar cultivos de moluscos bivalvos y peces, así como conocer la influencia de las descargas de aguas municipales en dicho cuerpo de agua. En este trabajo se presentan los resultados de los muestreos de nitratos y silicatos dado que hasta la fecha no ha sido posible analizar los fosfatos.

II.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIOS

La Ensenada de La Paz se encuentra localizada al suroeste de la Bahía del mismo nombre, entre los $24^{\circ}06'$ y $24^{\circ}11'$ de latitud Norte y entre los $110^{\circ}19'$ y los $110^{\circ}25'$ de longitud Oeste (Fig. 1). Al Norte se encuentra limitada por una península arenosa en cuyo margen interior existen pequeñas entradas de agua rodeadas de mangle. Por el Sur y el Oeste está limitada por una planicie poblada por vegetación de tipo desértico presentando en el margen de la Ensenada algunas zonas de manglar. Por el Este existe un canal de unos 4 km. de largo por 1.5 km. de ancho el cual es la única comunicación con la Bahía.

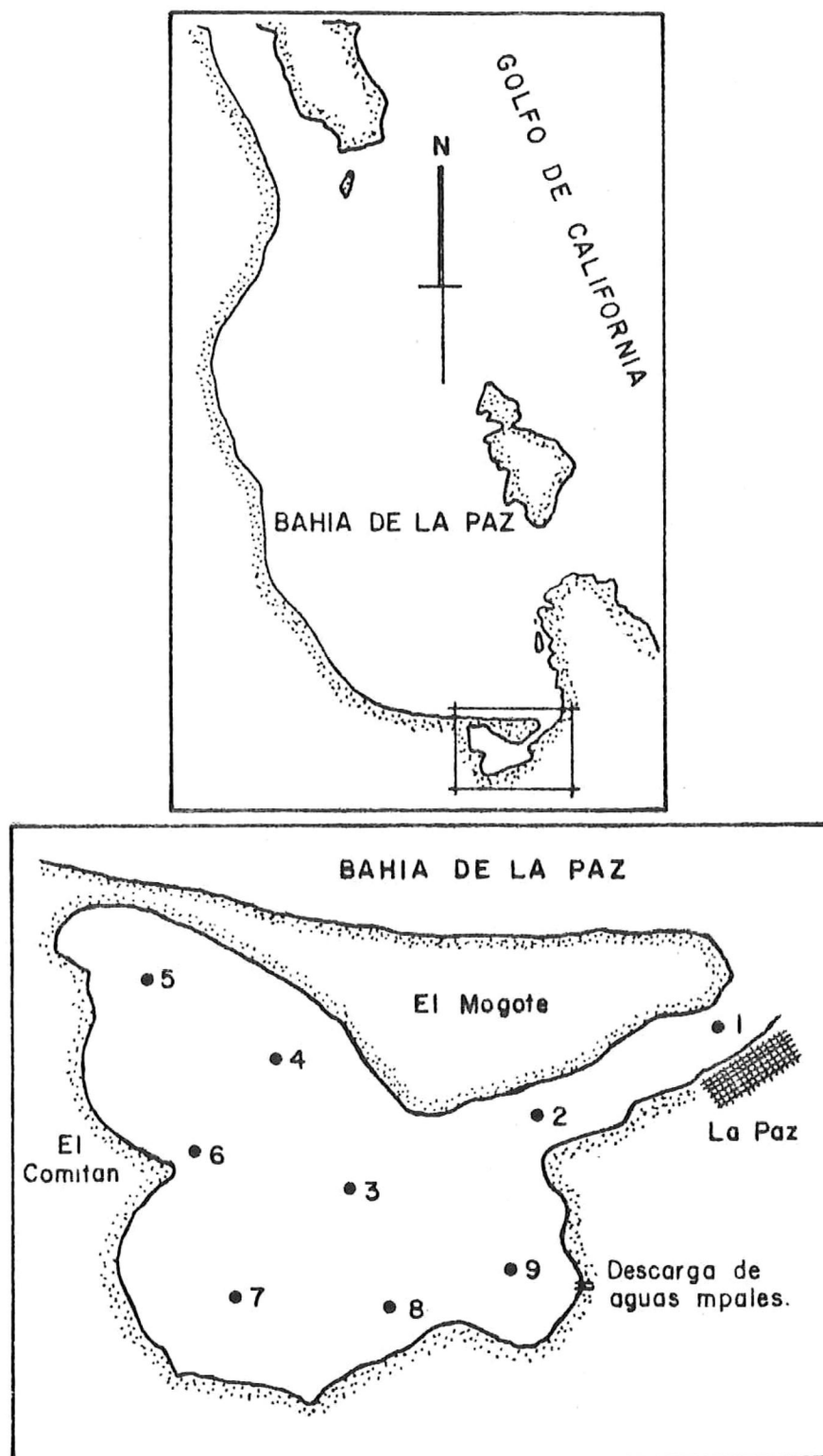


Fig. 1.- Localización de la Ensenada de la Paz y ubicación de las estaciones de muestreo.

El cuerpo de la Ensenada tiene una superficie aproximada de 40 km², de aguas someras no excediendo los 10 mts. en las zonas más profundas. El litoral es generalmente arenoso con excepción de la parte Suroeste que presenta una composición areno-arcillosa y en la parte sureste que esfangosa (en esta zona se localiza la descarga de aguas municipales). Tiene un clima semi-desértico con una temperatura ambiental media anual de 23°C, con régimen de lluvias de verano y una precipitación media anual de 20.0 mm., (promedio de 6 años), siendo Septiembre el mes más lluvioso. Los vientos predominantes de Marzo a Agosto son del Sur y de Octubre a Febrero del Noroeste (División de Hidrografía SARH). No cuenta con aportes constantes de agua dulce.

III.- MATERIAL Y METODOS

Se efectuaron cuatro muestreos: Otoño (2 de Diciembre de 1976), Invierno (15 de Febrero de 1977), Primavera (16 de Mayo de 1977) y Verano (19 de Agosto de 1977), durante la marea alta y la marea baja, sobre una red de 9 estaciones (Fig. 1) utilizando una lancha con motor fuera de borda. Las aguas se colectaron con una botella Van Dorn, transfiriéndolas a botellas de polietileno a las cuales se les agregó cloruro de mercurio como preservativo, y se almacenaron con hielo en la oscuridad. Posteriormente se congelaron hasta que fueron analizadas.

Los análisis se hicieron según los métodos descritos por Strickland y Parsons (1972), utilizando un espectrofotómetro Perkin-Elmer, Modelo 571 con fotomultiplicador y capacidad de celdas de 1 a 10 cm.

Para los análisis de nitratos se utilizó una longitud de onda de 537 nm. en lugar de la de 543 nm. que indica el método ya que en el aparato utilizado es en esta longitud donde se presenta la mayor absorbancia. No fueron hechas determinaciones de nitritos por lo que el Nitrógeno de $[NO_3]$ reportado es realmente Nitrógeno de $[NO_2 + NO_3]$.

IV.- RESULTADOS

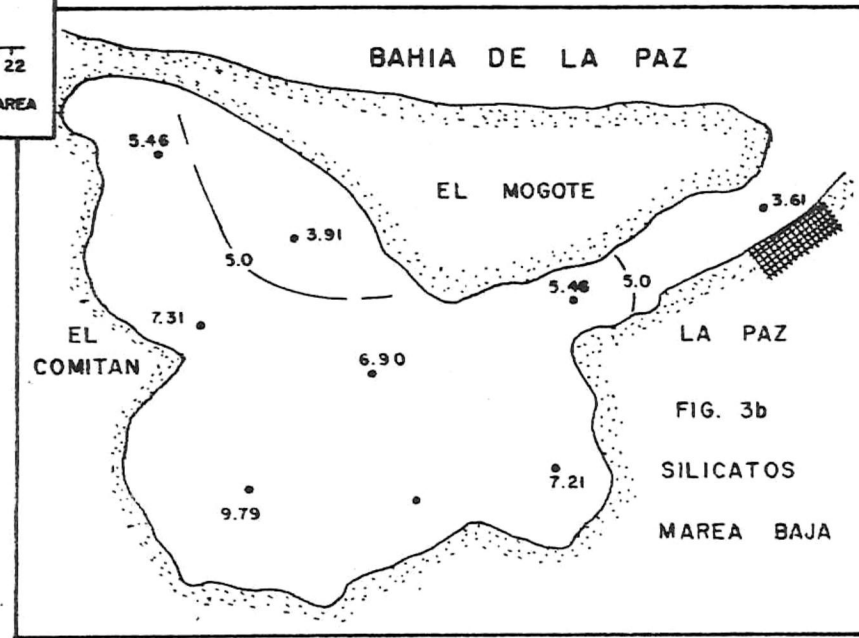
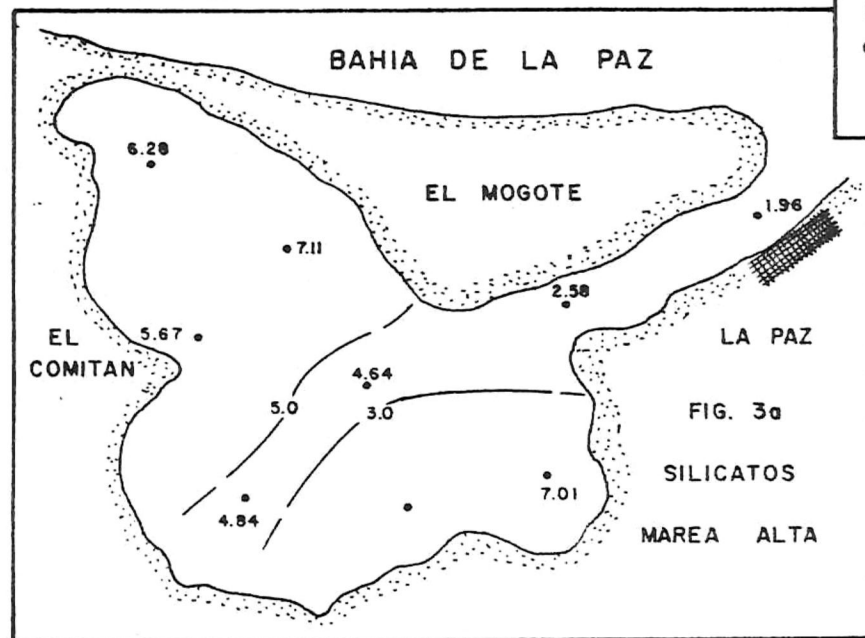
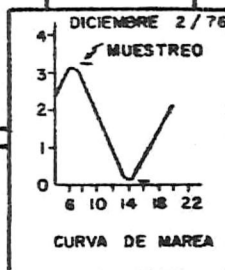
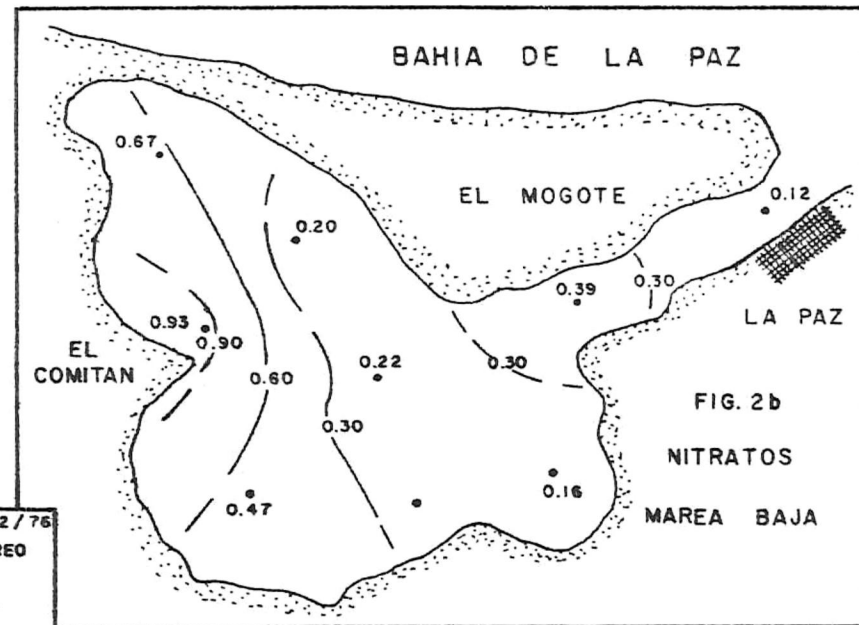
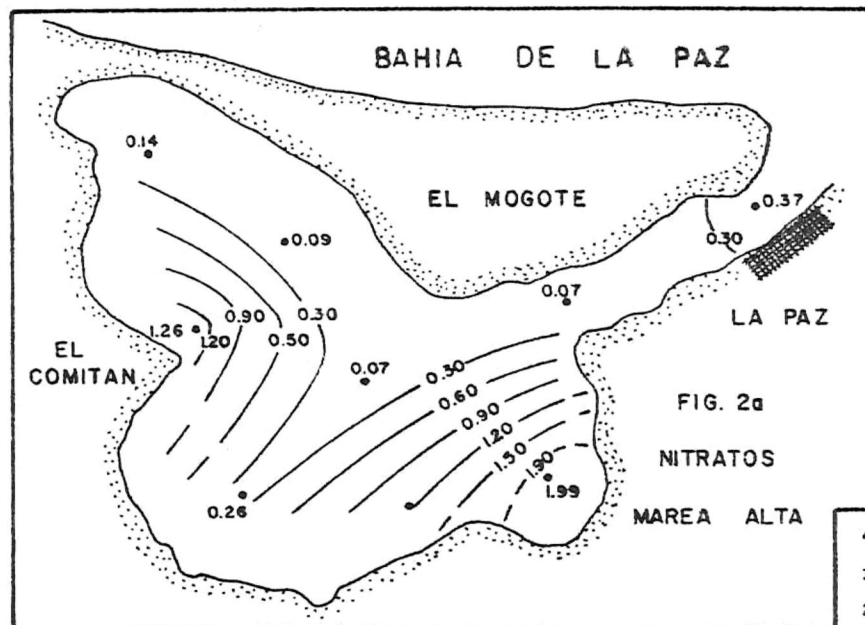
OTOÑO

Nitratos

Durante la marea alta se observa un gradiente bien definido con los valores aumentando del canal hacia el Oeste (Comitán) (Fig. 2a) el valor máximo fué de 1.99 $\mu\text{gr. at/l}$ en la estación 9 y el mínimo 0.07 $\mu\text{gr. at/l}$ en las estaciones 2 y 3 (Fig. 1). En marea baja el gradiente se presenta de la parte media de La Ensenada hacia el Comitán (Fig. 2b). El valor máximo fué 0.93 $\mu\text{gr. at/l}$ se registró en la estación 6, el mínimo de 0.12 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 1 (Fig. 1) en general los valores en marea baja son mayores.

Silicatos

Durante la marea alta se observan dos gradientes en los cuales los valores aumentan tanto al Norte como al Sur - partiéndolo de la parte media de La Ensenada (Fig. 3a), el valor máximo 7.11 $\mu\text{gr. at/l}$ se registró en la estación 4 y el mínimo 1.96 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 1 (Fig. 1). Durante la marea baja solamente se presenta un gradiente en el cuerpo de La Ensenada con valores aumentando de Norte a Sur. (Fig. 3b) el máximo valor fué 9.79 $\mu\text{gr. at/l}$ registrado en la estación 7, el mínimo



DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS Y SILICATOS ($\mu\text{g-at/l}$) DURANTE EL MUESTREO DE OTOÑO.

3.61 $\mu\text{gr. at/l}$ se registró en la boca (Est. 1) (Fig. 1), en general los valores son mayores durante marea baja.

INVIERNO

Nitratos

Se observan durante la marea alta en la parte central de la Ensenada, valores muy homogéneos con gradientes aumentando tanto hacia el Oeste (Comitán) como hacia el Este (boca) (Fig. 4a). El máximo fué de 0.35 $\mu\text{gr. at/l}$ en la estación 6 y el mínimo 0.0 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 7 (Fig. 1). En marea baja se observa un gradiente bien definido en el cual los valores disminuyen del canal hacia el interior (Fig. 4b). El valor máximo fué 0.28 $\mu\text{gr. at/l}$ registrado en las estaciones 1 y 2, el mínimo de 0.0 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 5 (Fig. 1). En general se presentan valores más altos durante marea baja.

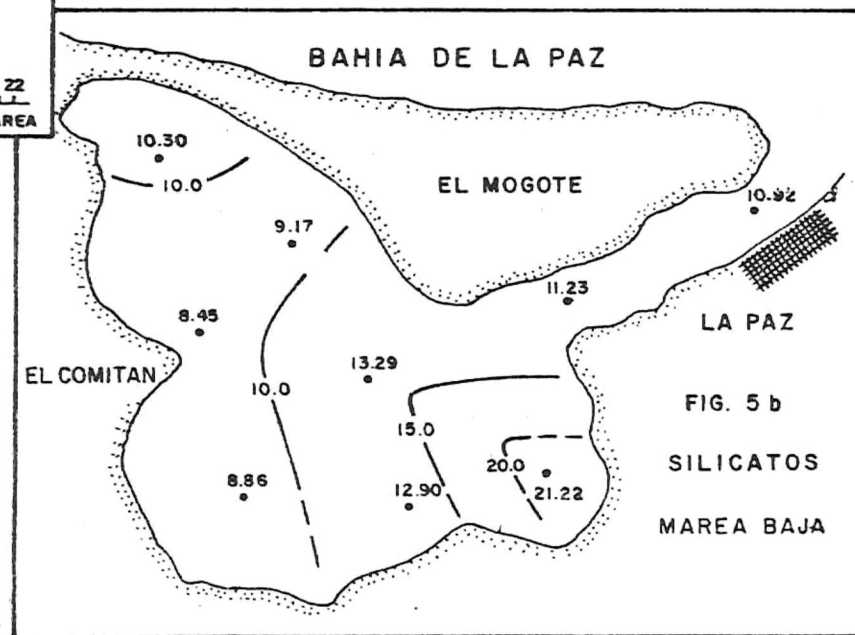
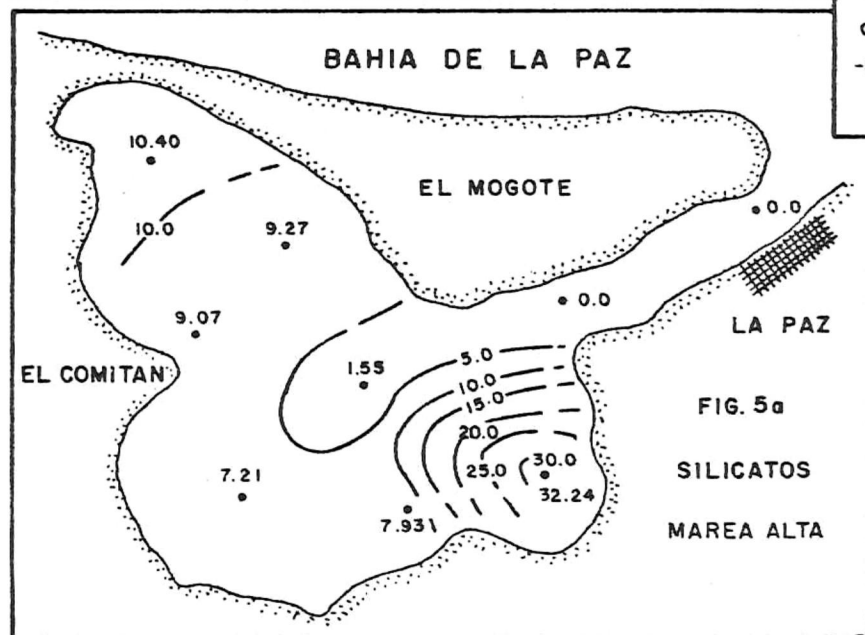
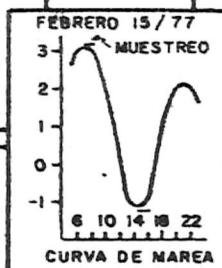
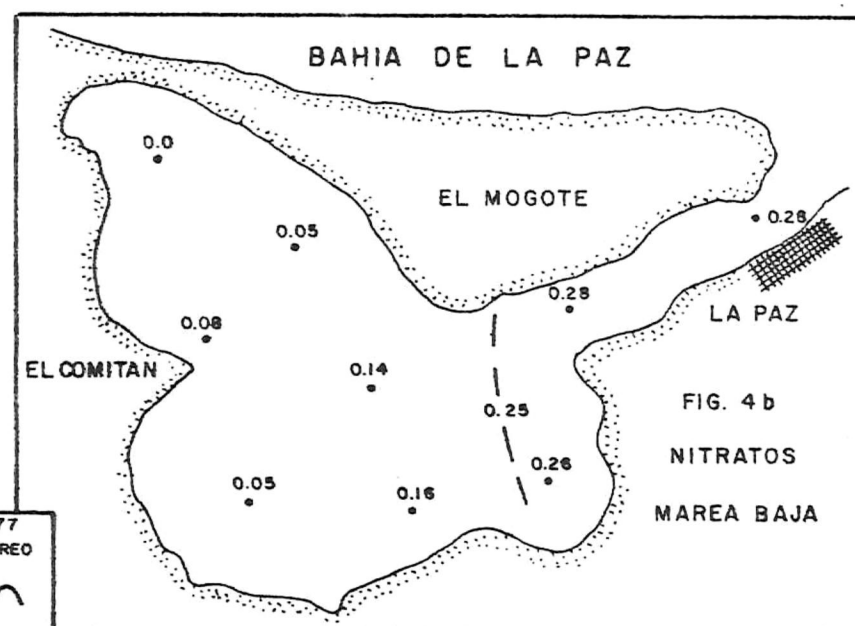
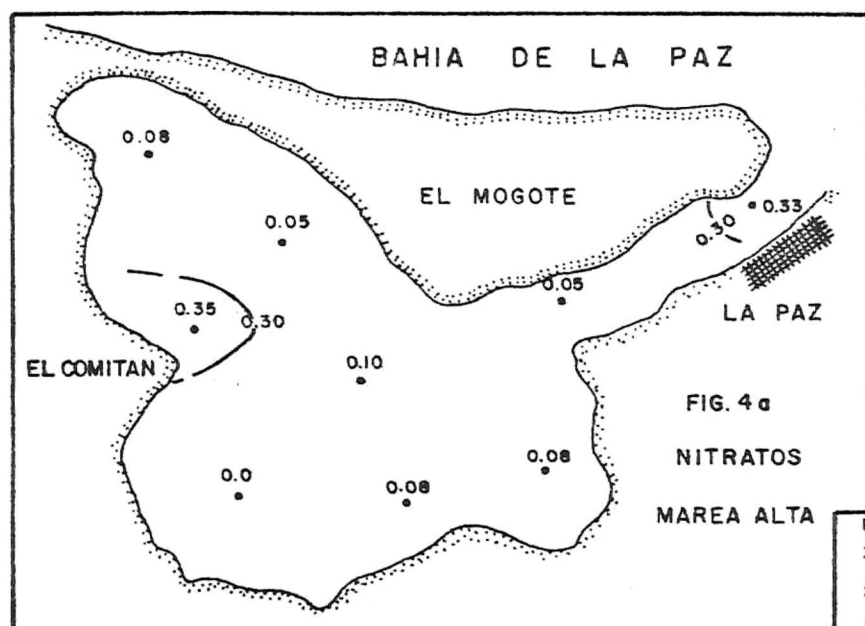
Silicatos

Se encuentran valores bastante homogéneos en la parte central y en la parte Sureste un gradiente bien definido en el cual los valores aumentan de la parte media hacia el fondo (Fig. 5), el valor máximo 32.24 $\mu\text{gr. at/l}$ se registró en la estación 9 y el mínimo 0.0 $\mu\text{gr at/l}$ en las estaciones 1 y 2 (Fig. 1) durante la marea baja la distribución es similar a la de marea alta pero los valores son mayores y con una distribución más amplia (Fig. 5b), el valor máximo 21.22 $\mu\text{gr. at/l}$ se registró en la estación 9 también, el mínimo 8.86 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 7 (Fig.1).

PRIMAVERA

Nitratos

Se encontró en marea alta una distribución muy homogénea en toda La Ensenada (Fig.6a).El valor máximo fué de 1.67 $\mu\text{gr.at/l}$ en la estación 8.El mínimo 1.23 $\mu\text{gr.at/l}$ se registró en



DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS Y SILICATOS ($\mu\text{gr.}-\text{AT/L.}$), DURANTE EL MUESTREO DE INVIERNO.

10

la 4 (Fig. 1). Durante la marea baja al igual que en la alta existe gran homogeneidad en los valores (Fig. 6b.). El máximo fué 1.29 μ gr. at/l en la estación 8 y el mínimo 1.12 μ gr. at/l en la (Fig. 1) en general los valores mayores se encuentran en marea alta.

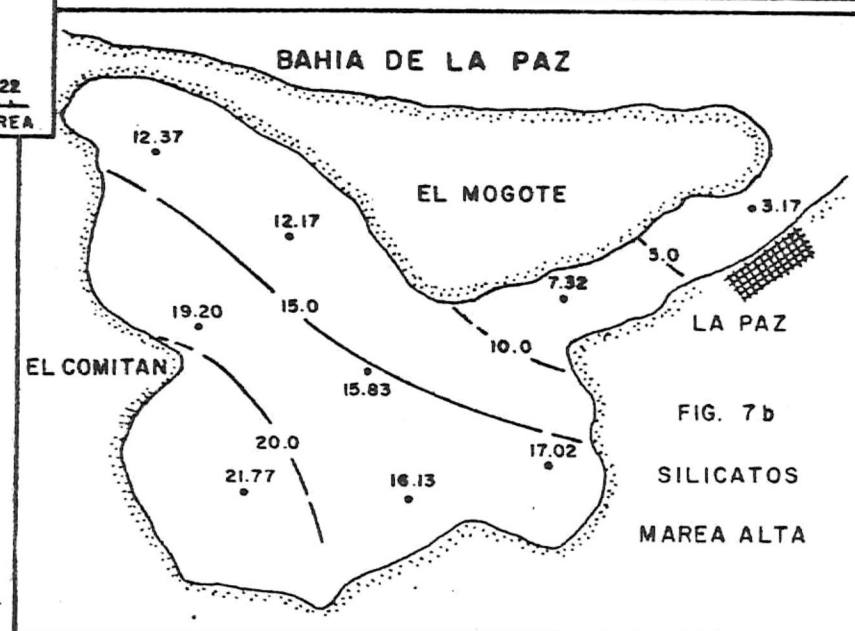
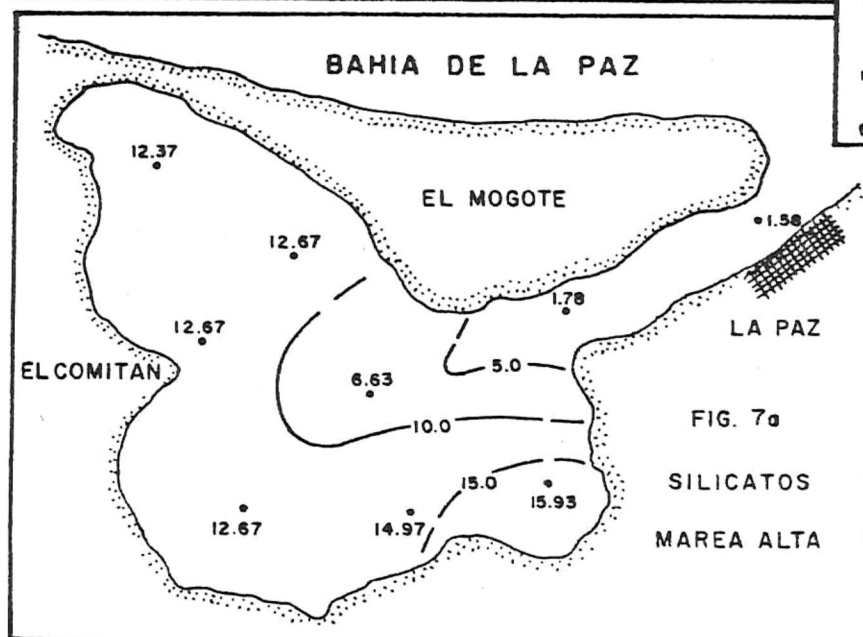
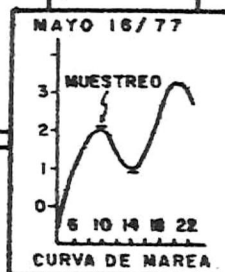
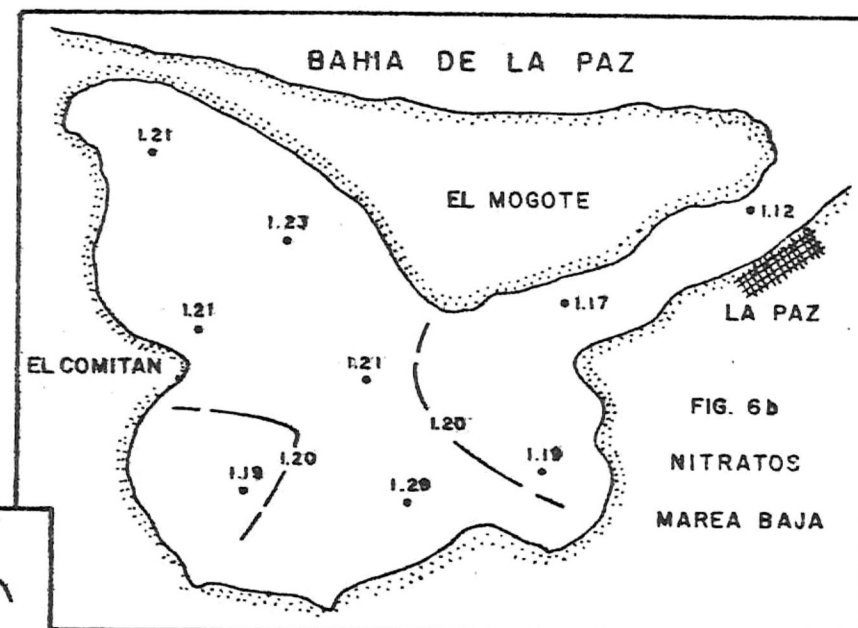
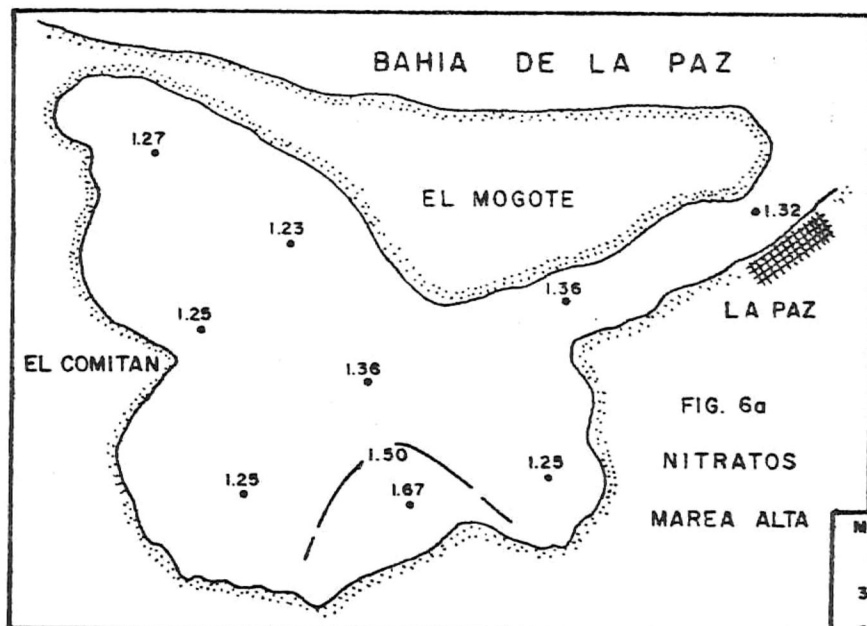
Silicatos

Durante la marea alta en la parte Norte de La Ensenada los valores encontrados son muy homogéneos, presentándose en la boca del canal valores menores los cuales aumentan hacia el Sur oeste (Fig. 7a.). El valor máximo 15.98 μ gr. at/l se registró en la estación 9 y el mínimo 1.58 μ gr. at/l en la 1 (Fig. 1). Durante la marea baja los valores aumentan del canal hacia el interior, (Fig. 7b.) siendo mayores que en marea alta. El valor mayor registrado fué de 21.77 μ gr. at/l en la Estación 7 y el menor 3.17 μ gr. at/l en la 1 (Fig. 1).

VERANO

Nitratos

Encontramos en marea alta dos gradientes bien definidos; uno a lo largo del canal en donde los valores disminuyen hacia el interior de La Ensenada y el otro en el interior, al Norte de La Ensenada (Estero Zacatecas) disminuyendo los valores hacia la parte media (Fig. 8a.) el valor máximo fué de 2.97 μ gr. at/l, en la estación 1 y el mínimo de 1.29 μ gr. at/l en la 9 (Fig. 1). El valor de 2.14 μ gr. at/l de la estación 4 fué extrapolado de los valores circundantes. Durante la marea baja se registraron valores muy homogéneos en toda La Ensenada (Fig. 8b.) el valor máximo fué de 1.40 μ gr. at/l en la estación 4 y el mínimo 1.18 μ gr. at/l en la 3 (Fig. 1). En general los valores son más altos durante la marea alta.



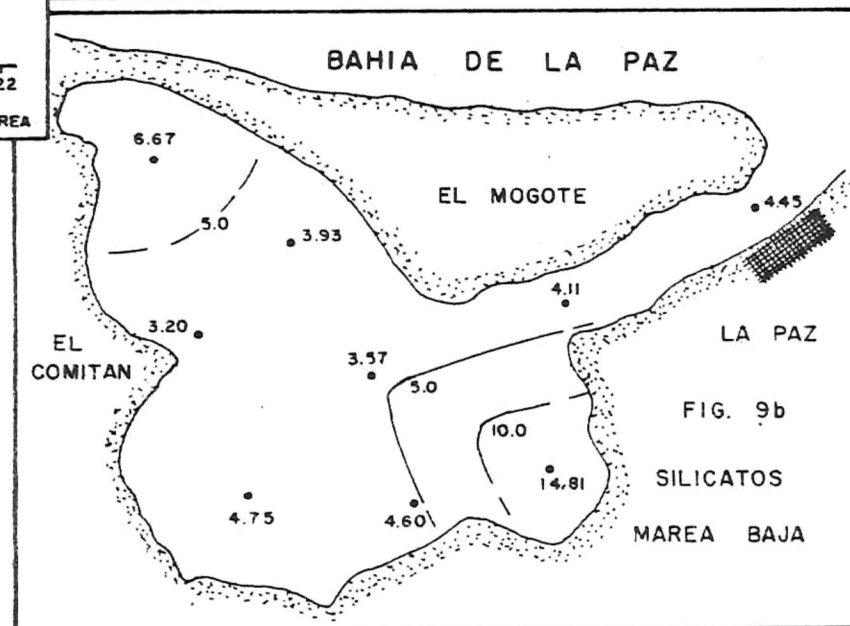
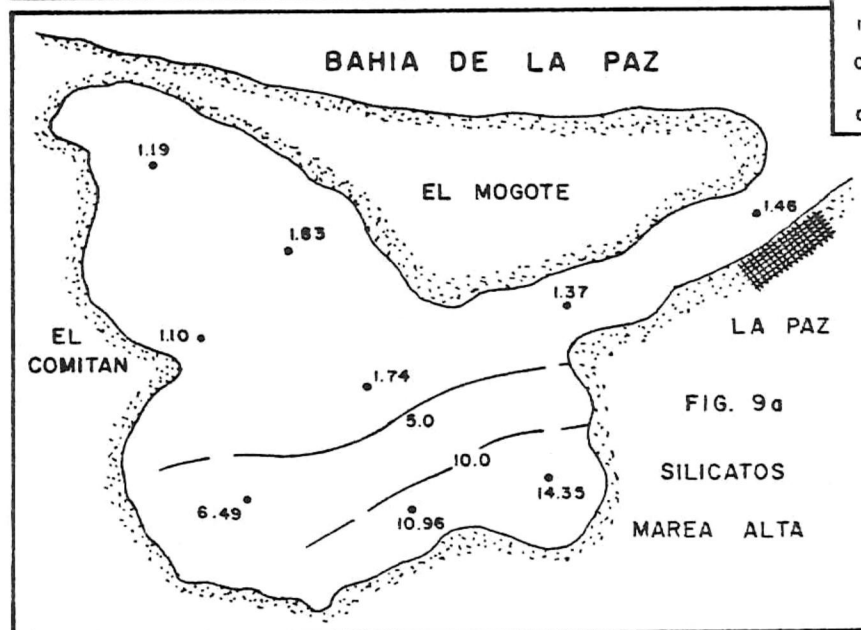
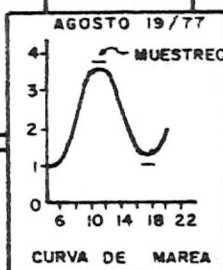
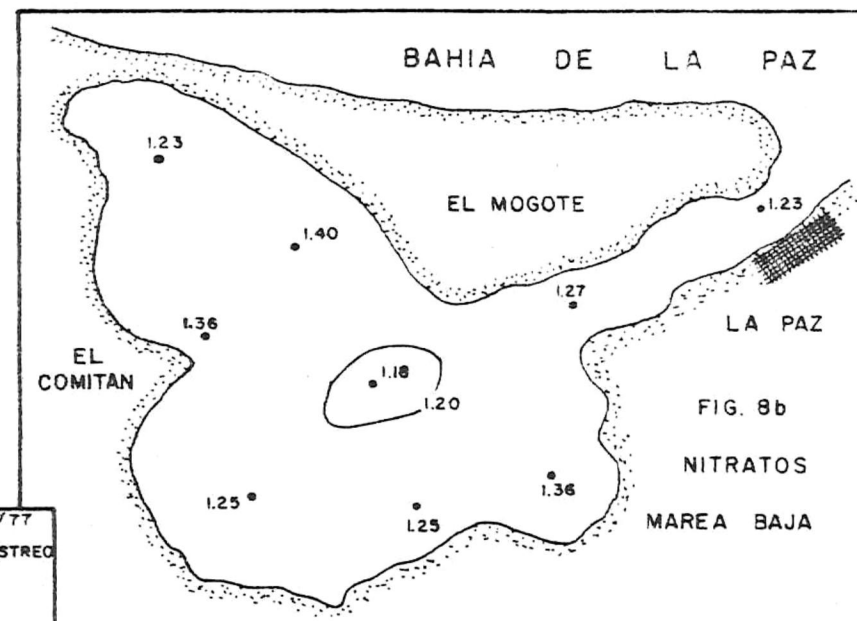
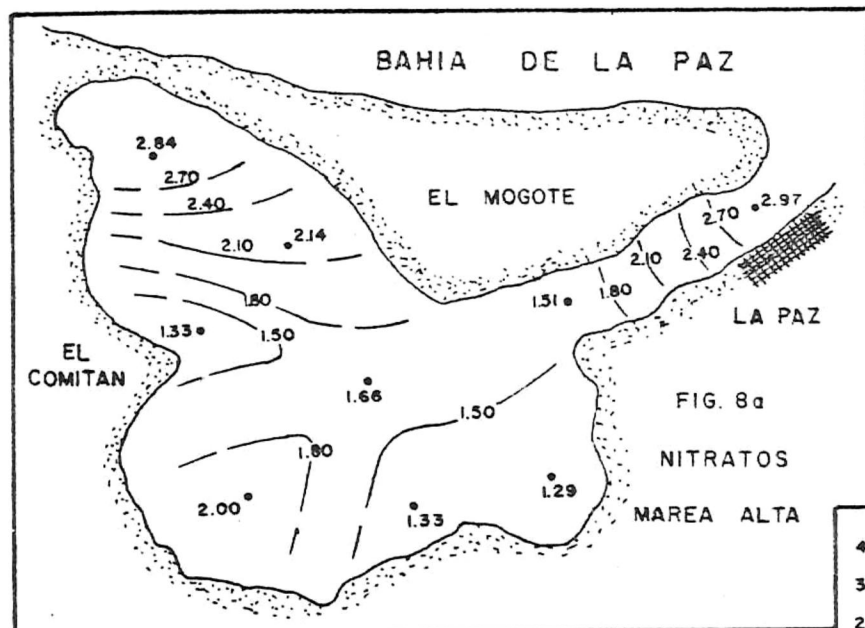
DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS Y SILICATOS (ur.-AT/L.) DURANTE EL MUESTREO DE PRIMAVERA.

Silicatos

Durante la marea alta encontramos la parte Norte muy homogénea y en la parte Sur un gradiente en el cual los valores aumentan de la parte media hacia el fondo. (Fig. 9a.). El valor máximo fué 14.35 $\mu\text{gr. at/l}$ en la estación 9 y el mínimo 1.10 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 6 (Fig. 1). El valor de la estación 8, fué extrapolado. Durante marea baja se observa bastante homogénea la parte central y dos gradientes uno en la parte Norte con los valores aumentando del centro hacia el fondo y el otro en la parte Sureste en donde los valores son más altos que los registrados en la parte Norte, los valores aumentan de la parte media hacia el fondo (Fig. 9b.) el valor máximo fué 14.81 $\mu\text{gr. at/l}$ en la estación 9 y el mínimo 3.20 $\mu\text{gr. at/l}$ en la 6 (Fig. 1).

V.- DISCUSION

La Ensenada de La Paz se puede definir como un antiestuario, es decir, un lugar donde la evaporación excede a la precipitación y a los aportes de agua dulce por escurrimientos, debido a lo cual durante casi todo el año la temperatura y la salinidad son más altas en el interior que en la boca, (Postma, 1969; Espinoza Avalos, tesis no publicado). Alvarez Borrego y Chee Barragán (1976) mencionan que los sistemas antiestuarinos han sido poco estudiados y que se infería de los conocimientos que se tienen sobre el mar Mediterráneo, que estos tendrían bajas concentraciones de nutrientes. Concluyen en base a los estudios efectuados en Bahía San Quintín, Bahía Magdalena y Estero de Punta Banda, que dichos cuerpos de agua y probablemente el resto de las lagunas costeras de la Península de Baja California presentan concentraciones altas de nu



DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS Y SILICATOS ($\mu\text{gr-at/l}$) DURANTE EL MUESTREO DE VERANO.

trientes.

En el presente trabajo se muestra que en La Ensenada de La Paz existe un valor máximo de nutrientes en Primavera-Verano y un valor mínimo en Otoño-Invierno (Tablas 1 y 2 anexo).

En el interior de La Ensenada de La Paz, encontramos que en general las concentraciones de los nitratos y silicatos son irregulares, aunque en ciertas estaciones tanto para nitratos como para silicatos por sus condiciones características se observan normalmente con valores altos. Yoshida Yoshida (Tesis no publicado) reporta que en la zona donde se encuentran las estaciones 6 y 7 se localiza el mayor banco de Almeja Catarina (Argopecten circularis) de los tres que existen en la Ensenada. Los valores altos de nitratos que se obtuvieron en estas estaciones, probablemente se deban a los productos de desecho de dichas almejas. Andreu (1976) reporta que tanto en mejillones como en almejas y ostras, la eficiencia asimiladora de alimento disminuye a medida que aumenta la disponibilidad del mismo de manera que la porción no digerida desechada es mayor. Por otro lado, Harris (1959) encuentra que cuando hay suficiente alimento disponible, el zooplancton desecha más alimento (semidigerido) del que se utiliza y éste es rápidamente transformado a una forma utilizable por las plantas. Encuentra también que el reciclado de nutrientes por animales es mucho más eficiente que por bacterias, ya que, el tiempo que se requiere para que el zooplancton retorne el exceso de nutrientes al medio, es prácticamente despreciable comparado con las varias semanas que toma la descomposición bacteriana. Si con los desechos de las almejas pasa algo similar a lo que sucede con los del zooplancton, entonces los valores altos de nitratos encontrados probablemente provengan de dichas heces. Los valores

altos en la estación 9 pueden ser debidos a la descarga de aguas municipales, la cual se localiza frente a dicha estación. Saldivar Cabrales (1977) reporta que el volumen de aguas negras tratadas (tratamiento primario) descargadas a La Ensenada, es en promedio de $2,678 \text{ M}^3/\text{Día}$ cuando parte de esta agua se utiliza para riego, y de $9,032 \text{ M}^3/\text{Día}$ cuando no se utiliza para tal efecto, resultando un volumen anual descargado de $2,312 \times 10^6 \text{ M}^3$. En la Tabla 1 se presentan los datos que el mismo autor reporta sobre la cantidad de nutrientes que durante 1976 se descargaron en la Ensenada.

COMPUESTO		CANTIDAD (TONS/AÑO)
NO_3	NITRATOS	0.3
NO_2	NITRITOS	0.7
NH_3	AMONIACO	57
N-Org.	NITROGENO Org.	23
PO_4 Tot.	FOSFATOS Totales	10
S.A.A.M.	DETERGENTES	12
SOLIDOS TOTALES		5,010

TABLA 1. - Nutrientes aportados a la Ensenada por las aguas de desecho durante 1976.

El volumen aproximado del vaso de La Ensenada es de $120 \times 10^6 \text{ M}^3$, el cual comparado con el volumen total descargado durante todo el año 6 con el volumen promedio diario, hace evidente que la influencia que puede tener la descarga de aguas municipales sobre el agua de La Ensenada es mínima. Por otro lado, Félix Pico (comunicación personal), obtiene que el tiempo necesario para que toda el agua de la Ensenada sea renovada es de 6 ciclos de marea (3 días aprox.) de lo cual se desprende que las aguas descargadas son rápidamente diluidas, dado su re

ducido volúmen y el poco tiempo que permanecen en La Ensenada. De lo anterior se puede esperar que no exista un aumento en las concentraciones de nutrientes a causa de las aguas municipales, aunque por la cercanía de la estación 9 a la descarga, es posible que se presente alguna influencia de ésta.

De las gráficas de distribución superficial se desprende que el valor mínimo de nitratos es observado en invierno (ver Tabla 1 y 2 del anexo). Thomas (1970) encuentra que en las aguas tropicales del Pacífico del Este, el principal nutriente limitante de la producción es el nitrógeno, y Zeiteschel (1969) menciona que en el Golfo de California los nitratos son el factor limitante para el crecimiento del fitoplancton. En la Ensenada de La Paz el nitrógeno no parece ser un limitante ya que para la fecha en que se presenta el mínimo de nitratos Lechuga Deveze (Tesis no publicado) encuentra un valor alto de producción primaria, ($0.57 \text{ gr.C/M}^2/\text{Día}$) lo que hace suponer que el fitoplancton toma el nitrógeno necesario de otra fuente, probablemente del amoníaco, ya que existe evidencia de que éste es utilizado preferentemente por dichas plantas. (Martin 1970; Helder 1974) y según lo reportado por Saldivar Cebrales (1977) son aportadas a La Ensenada 57 Tons./año de amoníaco (Tabla 1) por las aguas municipales. Por otro lado Eppley et al (1969) y Strickland et al (1969) citados -- por Helder (1974), reportan que solamente cuando la amonía es seriamente abatida ($< 2 \text{ ugr. at/l}$) los organismos cambian a la utilización de nitrato. También reportan que a concentraciones mayores de 2 ugr. at/l de amoníaco, la inhibición de la utilización de nitrato es máxima. Probablemente es La Ensenada ocurra que por el alto volúmen de amonía descargado ésta sea la principal fuente de nitrógeno y los nitratos sean poco usados.

Los altos valores de silicatos en las estaciones 4, 5, 8 y 9 probablemente se deban a que en estas zonas se encuentran las planicies de entre mareas en donde existe una gran turbidez provocada por las corrientes de marea y el viento los cuales ponen en suspensión los sedimentos, además de los sólidos aportados por las aguas municipales, los cuales llegan a las 5,010 Tons./Año de sólidos totales (Tabla 1), especialmente en el área de las estaciones 8 y 9 ya que se encuentran en la zona más somera de La Ensenada. Los sedimentos aquí encontrados son partículas muy finas.

Van Bennekom et al (1974) encuentra en estudios efectuados tanto en laboratorio como in situ que la disolución de sílice de la materia en suspensión, era mayor in situ que en laboratorio. Existiendo en este último un aumento de sílice de 0.4 μ gr. at/día, e in situ de 18 μ gr. at/día, en una zona que tenía un tiempo de residencia de 7 días, y concluye que la materia en suspensión obviamente tiene algún efecto sobre la producción in situ de sílice, aunque aparentemente la difusión del agua intersticial en los sedimentos es más importante. En algunas partes del mar de Wadden (Norte de Holanda) se encontraron valores mayores a 600 μ gr. at/l sílice, a 20 cm. bajo la superficie de los sedimentos. Es bien sabido que el sílice regresa nuevamente en solución por liberación de los sedimentos del fondo, dicha liberación es provocada por el intercambio turbulento del agua intersticial de los sedimentos superficiales (Postma y Van Bennekom 1974). La mineralización de la materia orgánica en las planicies de entremareas juega un importante papel en el mar de Wadden, con el resultado que el agua intersticial es más rica en nutrientes que el agua sobre los sedimentos (Cadeé y Hegeman 1974, Van Bennekom et al 1974).

En la remineralización del sílice, la temperatura parece jugar también un papel importante. Van Bennekom et al (1974) encuentra que el sílice liberado de una muestra de sedimentos colectada a una temperatura de 4°C , se incrementó por lo menos cien veces más cuando fué llevado a 18°C . En La Ensenada de La Paz las más altas temperaturas (30.0°C) se registran en las zonas de las estaciones 4, 5, 8 y 9 por lo que es de esperarse una rápida remineralización tanto de la materia en suspensión como de los sedimentos.

Si utilizamos los rangos propuestos por Curl y Small (1965) para definir la calidad de las aguas en su contenido de nutrientes en base al número de asimilación, tenemos que, en La Ensenada de La Paz en promedio el número de asimilación es mayor de 8gr. c/h/gr./Cl.a encontrado por Lechuga Dèveze (Tesis no publicado), desprendiéndose de esto que las aguas de La Ensenada son ricas en nutrientes.

En un crucero efectuado por el C.I.B. en la Bahía de La Paz en la Primavera del 1977, el autor efectuó determinaciones de fosfatos y nitratos, encontrando que en general los valores de nitratos estaban dentro del rango de $1.39-1.82 \mu\text{gr. at/l}$. Comparando estos valores con los obtenidos en la Ensenada de La Paz (Tabla 1 y 2 anexo) en la misma estación del año (un mes después), observamos que en la Bahía existen concentraciones mayores de nitratos que en la Ensenada. Azam y Chisholm (1976) reportan que en Bahía San Gabriel, dentro de la Bahía de La Paz, encuentran concentraciones de silicatos de $3.30 \mu\text{gr. at/l}$ (a 5 mts. de profundidad) y en Bahía Amartejada, en Isla San José en la parte Noroeste de la boca de la Bahía de La Paz, encuentran concentraciones de silicatos también de $4.80 \mu\text{gr. at/l}$ (a 3 mts. de profundidad), en Noviembre de 1974. Comparando estos valores con los obtenidos en la Ensenada de La Paz (Ta-

blas 1 y 2 anexo) para la misma estación del año (Otoño), podemos ver que los valores dentro de la Ensenada son mayores que en la Bahía. De la observación de las tablas 1 y 2 del anexo en donde se ve que durante marea alta hay valores mayores de nitratos que durante marea ^{baja} alta y que con los silicatos ocurre lo contrario y de la comparación de los valores encontrados en la Bahía y los encontrados en la Ensenada, presumimos que existe un aporte de nitratos de la Bahía a la Ensenada y un aporte de silicatos de la Ensenada a la Bahía.

Contrariamente a los lugares mencionados por Alvarez Borrego y Chee Barragán (1976), en esta zona no existen pastos marinos que atenúen la fuerza de las corrientes de marea y que sirvan de trampa para retener la materia orgánica y los nutrientes aportados por la Bahía y los esteros interiores de la Ensenada, por lo cual las sustancias antes mencionadas -- son acarreadas fuera de la Ensenada al bajar la marea.

Existen varios factores que influyen sobre la distribución de los nutrientes, uno de estos es el viento, el cual parece jugar un papel importante en la Ensenada de La Paz. Un ejemplo de ello se puede observar en el muestreo de verano durante el cual estuvo soplando el viento con dirección Sur mientras se efectuó el muestreo de marea alta. En las figuras 8a y 9a se aprecia que las isolíneas están orientadas de Este a Oeste y en la 9a se encuentra un gradiente hacia la parte Sur de la Ensenada. Para el muestreo de marea baja el viento se había calmado totalmente y encontramos valores muy homogéneos en toda la Ensenada (Figs. 8b y 9b), probablemente debido a que las aguas estaban ya bien mezcladas por la acción del viento.

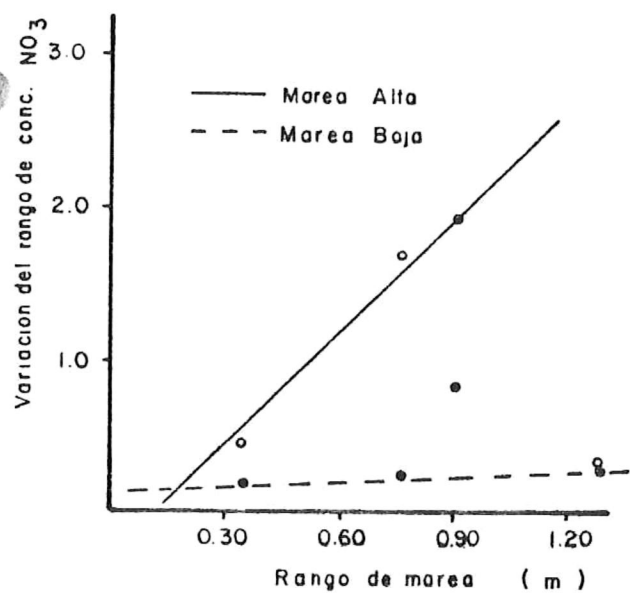
Así como el viento influye sobre la distribución, el fitoplancton parece influir sobre la concentración de los nutrientes. Esto se puede apreciar con los nitratos los cuales presentan siempre mayores concentraciones durante marea alta

que durante marea baja (Tablas 1 y 2 anexo).

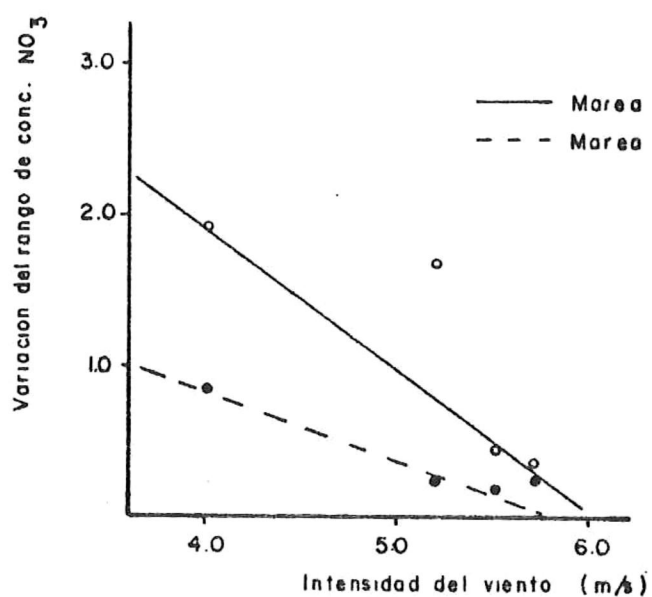
Lechuga Deveze (Tesis no publicado) encuentra que con la producción primaria ocurre lo mismo. Lo que probablemente esté sucediendo es que en la mañana durante la marea alta el fitoplancton dispone de alimento en abundancia y por lo tanto existe una alta producción, durante el transcurso del día el alimento es consumido, encontrándose en el muestreo de marea baja, en la tarde, una baja producción ya que no dispone el fitoplancton de alimento suficiente.

Es difícil tratar de hacer una comparación de las lagunas costeras de Baja California en base a los valores de nutrientes encontrados en ellas, porque no se cuenta con datos de todas las estaciones del año para algunas de dichas lagunas. Sin embargo con la información disponible pueden hacerse algunas comparaciones.

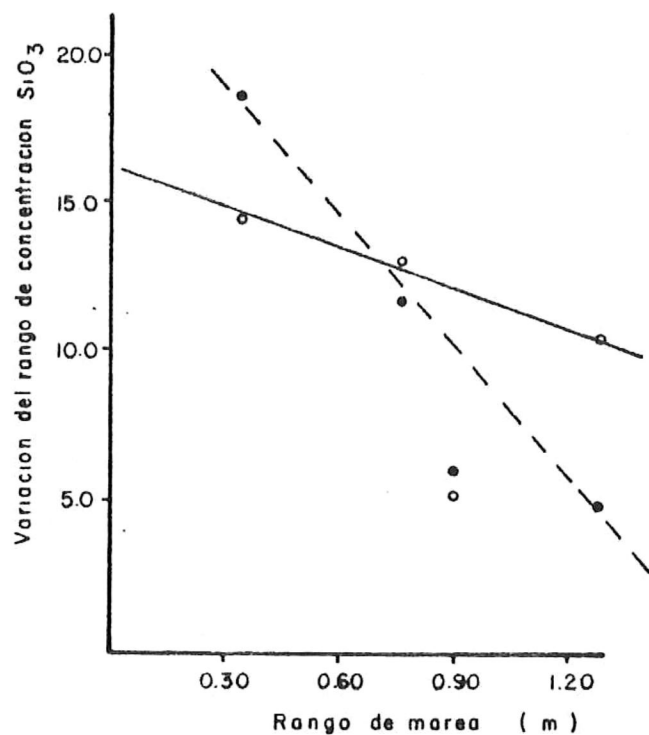
Según los valores máximos y mínimos de concentración tanto anual como estacional y el rango de variabilidad de la concentración (Tabla 2). Podemos observar que las lagunas con valores más altos tienen un rango de concentración mayor, además parece existir una relación entre la concentración y el tamaño de la laguna, para los nitratos es directa y para los silicatos inversa (Tabla 2), por otro lado la variación del rango de concentración parece estar relacionados con la intensidad del viento y el rango de marea, al menos en la Ensenada de La Paz (Fig. 10). Tanto el máximo como el mínimo de nutrientes se presenta en épocas diferentes en cada laguna por lo que no se puede establecer un comportamiento típico en estos cuerpos de agua. Estas observaciones son una primera aproximación a la realidad ya que antes de poder llegar a una conclusión sólida debe contarse con estudios más completos en estas y otras



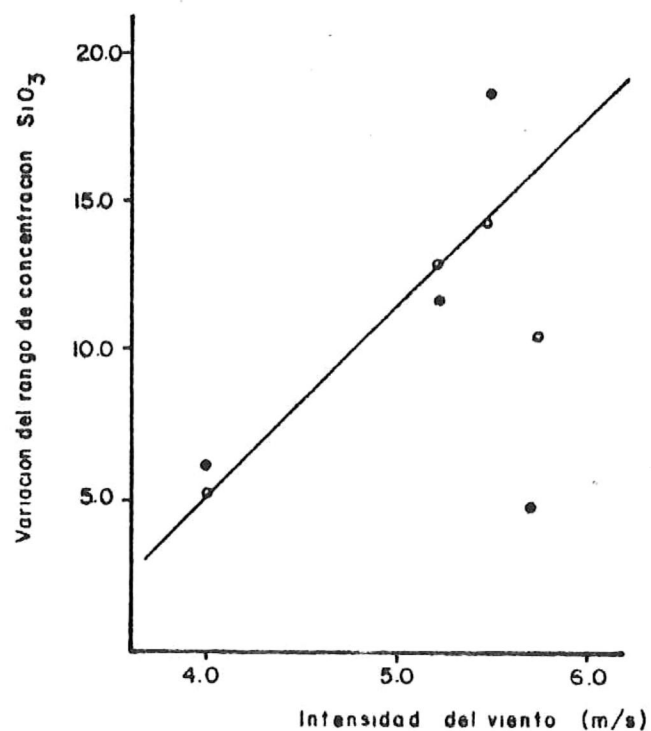
(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 10 - Variacion del rango de marea e intensidad del viento contra la variacion del rango de concentracion, en la Ensenada de la Paz.

lagunas similares puesto que la comparación y generalización se ve dificultada por el hecho de que los muestreos no se e-

	B. MAGDALENA ⁺		LA PAZ	
	NO ₃	SiO ₃	NO ₃	SiO ₃
OTOÑO	0.2-1.7	0.3-14.5	0.7-1.99	1.96-9.79
INVIERNO	0.0-4.8	0.2-8.0	0.0-0.35	0.0-32.24
PRIMAVERA	0.0-15.0	0.47-13.69	1.12-1.67	1.58-21.77
VERANO	0.06-4.0	1.00-11.93	1.18-2.97	1.19-14.81

	SAN QUINTIN ⁺⁺		PUNTA BANDA ⁺⁺⁺	
	NO ₃	SiO ₃	NO ₃	SiO ₃
OTOÑO	0.32-26.52	5.0-38.5	0.07-0.65	-----
INVIERNO	0.48-1.39	4.4-37.6	0.11-0.85	-----
PRIMAVERA	-----	-----	0.18-1.00	-----
VERANO	0.5-1.40	7.0-20.0	0.30-0.63	-----

TABLA 2.- Rango de concentración de nutrientes (µgr. at/l) de varias lagunas costeras de Baja California.

(+ Alvarez Borrego, Galindo Bect, Chee Barragán. 1975

++ Alvarez Borrego, Chee Barragán. 1976.

+++ Alvarez Borrego, Lara Lara, Acosta Ruiz. 1977).

fectuaron en la misma fecha y en condiciones de marea y hora del día iguales. Por otro lado para la comparación de las lagunas no se tomó en cuenta la temperatura, oxígeno, salinidad, latitud, etc. factores que probablemente tengan influencia sobre los nutrientes.

VI.- CONCLUSIONES

- 1o.- En los valores de nutrientes se observa un máximo y un mínimo, siendo el máximo de nitratos en verano y el mínimo en invierno, y el máximo de silicatos en primavera y el mínimo en verano.
- 2o.- La descarga de aguas negras no parece ser una fuente de ~~abastecimiento~~ de nitratos y silicatos.
- 3o.- La Ensenada es abundante en silicatos y con un bajo contenido de nitratos, presumiéndose un aporte de nitratos de la Bahía a La Ensenada y un aporte de silicatos de La Ensenada a la Bahía.
- 4o.- Las aguas de La Ensenada se pueden clasificar como ricas en nutrientes.
- 5o.- La alta producción reportada por Lechuga Deveze (Tesis no publicado) no parece estar de acuerdo con la baja concentración de nitratos, por lo que se presume que el fitoplancton utiliza otra fuente de 'N' posiblemente el amoníaco.
- 6o.- El fitoplancton parece jugar un papel importante en la regulación de los nutrientes.

RECOMENDACIONES

Para comprender bien la dinámica de los nutrientes en La Ensenada de La Paz, es necesario hacer un estudio por un tiempo más prolongado (2 a 3 años) efectuando muestreos de ser posible cada mes, tomando muestras de superficie y fondo cuando menos y una variación diurna. Determinar nitrógeno en todas sus formas, determinar la influencia de los

sedimentos en la remineralización y tomar datos meteorológicos e hidrográficos.

VIII.- B I B L I O G R A F I A

- Acosta Ruiz Manuel de Jesús, Lara Lara José Rubén, Ciencias Marinas (en prensa). Resultados físico-químicos en un estudio de variación diurna en el área central de Bahía Magdalena, B.C.S.
- Alvarez Borrego Saúl y Alfredo Chee Barragan, 1976. Distribución Superficial de Fosfatos y Silicatos en Bahía San Quintín, B.C. Ciencias Marinas; Vol. 3, No. 1 pp. 51-61.
- Alvarez Borrego Saúl, Luis A. Galindo Bect, Bernardo Flores Baez, 1975. Hidrología del Alto Golfo de California. Condiciones durante invierno, primavera y verano. Ciencias Marinas. Vol. 2, No. 1 pp. 21-37.
- Alvarez Borrego Saúl, Luis A. Galindo Bect, Alfredo Chee B. 1975. Características Hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S. Ciencias Marinas. Vol. 2, No. 2 pp. 94-111.
- Alvarez Borrego Saúl, José Rubén Lara Lara y Manuel de Jesús Acosta Ruiz, 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas. Vol. 4 No. 1 pp. 12-22.
- Andreu, B., 1976. El Cultivo del Mejillón en Europa. II Aspectos Biológicos y Ecológicos; Enemigos y Parásitos. Seminarios de Biología Marina. Vol. 47, Suplemento, pp. 23-35.
- Azam, F., and S.W. Chisholm, 1976. Silic acid uptake and incorporation by natural marine phytoplankton populations. Limnol. Oceanogr. 21(3): 427-435.
- Cadee, G.C. and Hegeman, J., 1974. Primary Production of the Benthic Microflora Living on Tidal Flats in the Dutch Wadden Sea. Netherlands Journal of Sea Research. 8 (2-3) 260-291.
- Curl, H. Jr. and Small, L.F., 1965. Variation in Photosynthetic Assimilation Ratios in Natural, Marine Phytoplankton Communities. Limnol. and Oceanogr. 10, Suppl. R67-R73.

- División de Hidrometría de la S.A.R.H., Observatorio Meteorológico. La Paz, B.C.
- Fraga, F., 1972. El Agua Marina. En Ecología Marina. Fundación La Salle; Ed. Dossat, pp. 67-99.
- Harris, Eugene, 1959. The Nitrogen Cycle in Long Island Sound. *Buc. of the Bingham Oceanogr. Col.* XVII, pp. 31-64.
- Helder, W., 1974. The Cycle of Dissolved Inorganic Nitrogen Compounds in The Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of the Sea Research* 8 (2-3) 154-173.
- Martin, D.F., 1970. Marine Chemistry. Ed. Marcel Dekker Inc., New York. Vol. 2., pp. 225-266.
- Postma, H., 1969. Chemistry of Coastal Lagoons. En lagunas costeras un simposio. pp. 421-429.
- Postma, H. and Van Bennekom, A.J., 1974. Budget Aspects of Biologically Important Chemical Compounds in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of the Sea Research* 8 (2-3) 312-318.
- Riley, J.P. and Chester, R., 1971. Introduction to Marine Chemistry. Academic Press. pp. 151-181.
- Saldívar Cabrales, Jorge, 1971. Evaluación de la Eficacia y Caracterización de la Descarga del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de La Paz, B.C. Sur. Reporte del Centro de Estudios de Aguas Litorales. pp. 1-15.
- Small, L.F., Curl. H. Jr. and Glooschenko, W.A., 1971. Effects of Solar Radiation and Upwelling on Daily Primary Production off Oregon. *J. Fish Res. Bd. of Canada.* 29: 1269-1275.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis, Bulletin 167 Fish. Res. Bd. of Canada, Ottawa.
- Tait, R.V. and De Santo, R.S., 1975. Elements of Marine Ecology. Ed. Springer-Verlag, New York. pp. 79-82, 128-130.

- Thomas, W.H., 1970. On Nitrogen Deficiency in Tropical Pacific Oceanic Phytoplankton: Photosynthetic Parameters in Poor and Rich Waters. *Limnol. and Oceanogr.* Vol. 15, 380-385.
- Van Bennekom, A.J., E. Krijgsman-Van Hartingsveld, Van Derveer, G.C.M., and Van Voorst, H.F.J., 1974. The Seasonal Cycles of Reactive Silicate and Suspended Diatoms in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 8 (2-3): 174-207.
- Zeitzchel, R., 1969. Primary Productivity in the Gulf of California. *Marine Biology* 3, 201-207.

A N E X O

a) NITRATOS

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Prom.
Otoño	0.37	0.07	0.07	0.09	0.14	1.26	0.26	—	1.99	0.53
Invierno	0.33	0.05	0.10	0.05	0.08	0.35	0.0	0.08	0.08	0.13
Primavera	1.32	1.36	1.36	1.23	1.27	1.25	1.25	1.67	1.25	1.33
Verano	2.97	1.51	1.66	—	2.84	1.33	2.00	1.33	1.29	1.87
PROMEDIO	1.25	0.75	0.80	0.46	1.08	1.05	0.89	1.03	1.15	

b) SILICATOS

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Prom.
Otoño	1.96	2.58	4.64	7.11	6.28	5.67	4.84	—	7.01	5.01
Invierno	0.0	0.0	1.55	9.27	10.40	9.07	7.21	7.93	32.24	8.63
Primavera	1.58	1.78	6.63	12.67	12.37	12.67	12.67	14.94	15.93	10.14
Verano	1.46	1.37	1.74	1.83	1.19	1.10	6.49	—	14.35	3.69
PROMEDIO	1.25	1.43	3.64	7.72	7.56	7.13	7.80	11.44	17.38	

Tabla 1 valores de nutrientes ($\mu\text{gr at/l}$) encontrados a través del año durante marea alta.

a) NITRATOS

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Prom.
Otoño	0.12	0.39	0.22	0.20	0.62	0.93	0.47	—	0.16	0.39
Invierno	0.28	0.28	0.14	0.05	0.0	0.08	0.05	0.16	0.26	0.15
Primavera	1.12	1.17	1.21	1.23	1.21	1.21	1.19	1.29	1.19	1.20
Verano	1.23	1.27	1.18	1.40	1.23	1.36	1.25	1.25	1.36	1.28
PROMEDIO	0.69	0.78	0.69	0.70	0.77	0.90	0.74	0.90	0.74	

b) SILICATOS

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Prom.
Otoño	3.61	5.46	6.90	3.91	5.46	7.31	9.79	—	7.21	6.21
Invierno	10.92	11.23	13.29	9.17	10.30	8.45	8.86	12.90	21.22	11.82
Primavera	3.17	7.32	15.83	12.17	12.37	19.20	21.77	16.13	17.02	13.89
Verano	4.45	4.11	3.57	3.93	6.67	3.20	4.75	4.66	14.81	5.57
Promedio	5.54	7.03	9.90	7.30	8.70	9.54	11.29	11.23	15.07	

Tabla 2 valores de nutrientes ($\mu\text{gr. at/l}$) encontrados a través del año durante marea baja.