

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS.

DISTRIBUCION VERTICAL DE NUTRIENTES EN UN
TRANSECTO LONGITUDINAL EN EL GOLFO DE CA-
LIFORNIA.

TESIS :

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE OCEANOLOGO

PRESENTA :

JORGE ALBERTO RIVERA.

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA 1977.

a

mis padres

a

mi esposa

Martha Emilia

a

mis hijas

Ana Olivia

Maricela

Jacqueline

y

Greschen

Con todo respeto y cariño al Maestro: Químico Ricardo
Suárez Isla.

A G R A D E C I M I E N T O .

Hago patente mi agradecimiento a Richard A. Schwartzlose cuya actitud de colaboración permitió la realización del crucero de Abril y Mayo de 1974 del "Alexander Agassiz" al Golfo de California, como una actividad conjunta de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, de la Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California y del Instituto Nacional de Pesca de México. El autor participó en el Análisis de nutrientes, como personal por parte de la Unidad de Ciencias Marinas.

Agradezco sinceramente al director de la presente tesis, Oceanólogo Manuel de Jesús Acosta Ruiz por su valiosa cooperación desinteresada por sus indicaciones y orientaciones, de la misma manera al Dr. Saúl Alvarez Borrego.

A los Oceanólogos María Guadalupe García de Ballesteros, Gilberto Gaxiola Castro, Gabriel Delgado Carbellido y Andrés Flores Trejo.

I N D I C E :	PAG.
I.- INTRODUCCION.	1.
i).- Antecedentes.	2.
ii).- Descripción del área de estudio.	3.
iii).- Objetivos del trabajo.	
II.- MATERIALES Y METODOS.	
III.- RESULTADOS.	7.
IV.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS.	11.
V.- CONCLUSIONES.	16.
VI.- BIBLIOGRAFIA.	17.

I N T R O D U C C I O N .

La exploración Científica del Golfo de California empezó en 1889 cuando la embarcación "Albatross" de la Comisión de Pesca de los Estados Unidos de Norteamérica, realizó una serie de estaciones Hidrográficas, principalmente en la parte Norte.

Los datos colectados consistieron en Temperatura y determinación de Densidad, Townsend (1901), (citado por Roden, 1958).

La Institución de Oceanografía Scripps realizó en la primavera de 1939 y a fines de Otoño de 1940 en el "E. W. Scripps", dos cruceros en el Golfo de California bajo la dirección de H. V. Sverdrup. En el primero se tomaron datos de Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Carbonato de Calcio y observaciones de plancton en las 53 estaciones ocupadas. El objetivo principal del segundo crucero fué geológico, aún cuando se efectuaron unas pocas estaciones Hidrográficas, siendo Sverdrup y colaboradores los que determinaron por primera vez la cantidad de Fosfatos y Silicatos en el Golfo, no hubo una descripción detallada de estos (Roden, 1958).

Ha habido otros cruceros, de la Universidad de Washington, de la Universidad del Estado de Oregon, del mismo Scripps, de la National Marine Fisheries Science y cruceros nacionales.

Poco se ha estudiado en lo que se refiere a nutrientes en la totalidad del Golfo de California. Roden (1958), presenta algunos datos (Sverdrup y colaboradores, 1940) en forma cuali-

tativa, en donde menciona la toma de Fosfatos y Silicatos.

Los valores reportados son unicamente para Silicatos y estos aumentan en función de la profundidad, reporta concentraciones de 160 M en la parte central del Golfo, esto debido a que en el fondo son muy abundantes los depósitos de diatomeas.

Warsh, Warsh y Staley (1973) trabajaron dos secciones de once estaciones Hidrográficas a través de la boca del Golfo de California en Julio de 1967, para distinguir masas de agua por relaciones físico-químicas. Gráficas de Silicato-Salinidad y Fosfato-Salinidad, fueron especialmente usadas para tales determinaciones.

A partir del año 1971, la Secretaría de Industria y Comercio a través del Instituto Nacional de Pesca, se abocó a la investigación Oceanográfica sistematizada del Golfo de California y aguas adyacentes, realizando varios cruceros en dicha zona, algunos de ellos en colaboración con instituciones nacionales y extranjeras (Villaseñor 1974).

En Abril de 1974, el barco de investigación "Alexander Agassiz" de la Institución Scripps de Oceanografía efectuó un crucero oceanográfico en el Golfo de California, desde los 23°N hasta los 31°N, este crucero se hizo en un solo transecto siguiendo una trayectoria de Sur a Norte con un total de 44 estaciones. El propósito de este crucero fue examinar e investigar aspectos físico-químicos, batimétricos y geológicos.

El Golfo de California es una región importante porque representa la única zona aislada de evaporación del Océano Pacífico. Se encuentra comprendido desde los 23°N hasta los 32°N y -

entre la Península de Baja California por el Oeste y los Estados de Sonora y Sinaloa por el Este. Tiene una forma aproximadamente rectangular, con una longitud de más o menos 1,400 Km y una anchura promedio de 150 Km; con estos datos se obtiene un área aproximada para el Golfo de 210,000 Km². Las dos islas -- más grandes que presenta son Angel de la Guarda y Tiburón, ambas con elevaciones mayores de 1,500 metros (Roden, 1958).

La parte más angosta que se encuentra al Sur de la Isla Tiburón es de unos 111 Km y su parte mas ancha en la latitud 23° N es de alrededor de 204 Km (Robinson, 1973). Roden (1958) considera tambien como parte del mismo la zona comprendida entre -- Cabo San Lucas, Mazatlán y Cabo Corrientes, denominando dicha -- zona " entrada del Golfo de California ", la cual tiene un área aproximada de 40,000 Km².

El presente trabajo se propone describir las distribuciones espaciales de nutrientes como fosfatos (PO₄), nitratos (NO₃) y silicatos (SiO₂), en relación unicamente a 20 estaciones en las que se determinaron éstos. La interrelación de fosfatos -- versus nitratos posiblemente nos establezca una semejanza con el modelo propuesto por Redfield (1963).

MATERIALES Y METODOS.

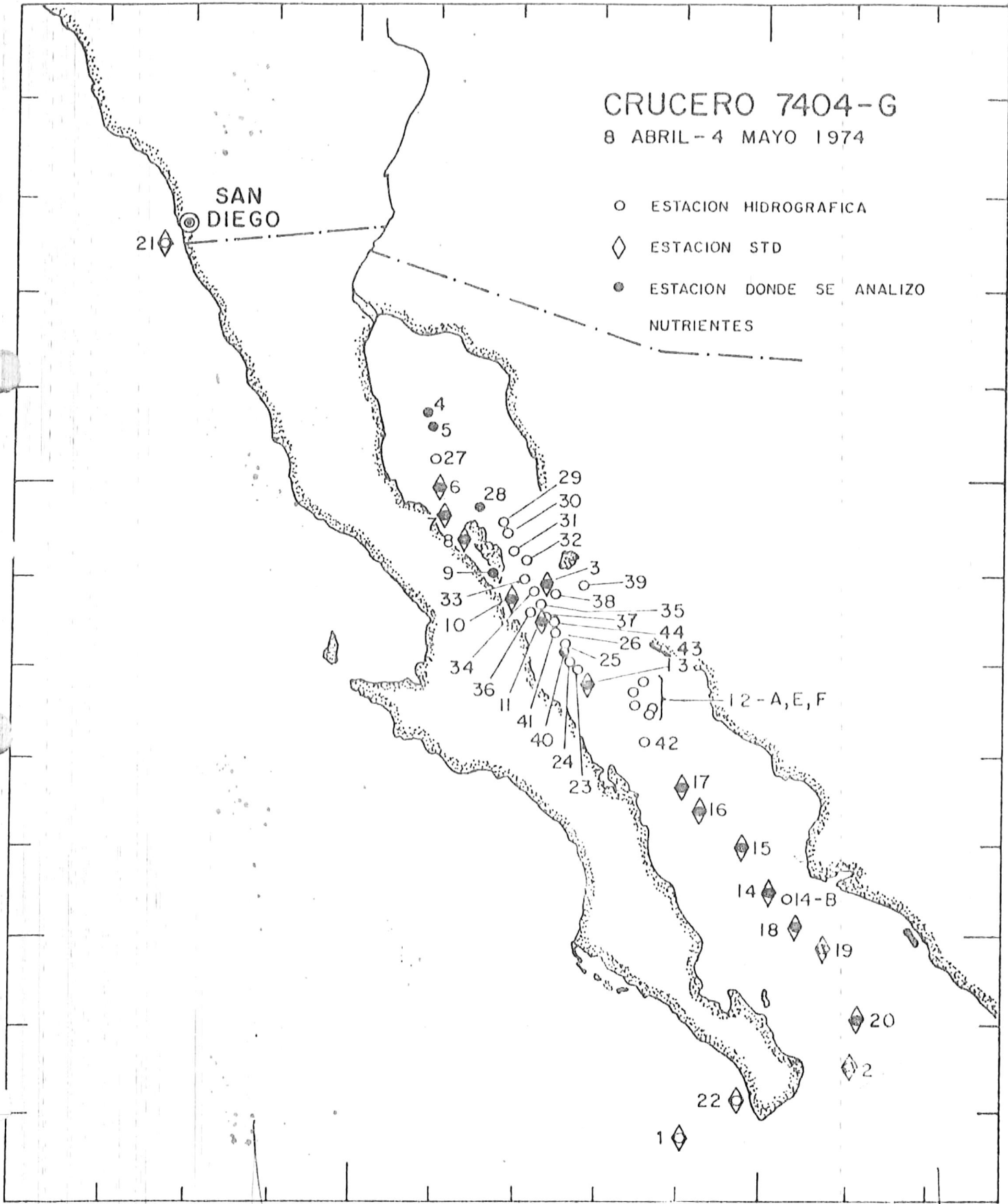
Se realizaron un total de 20 estaciones entre la latitud -- de 23° N y 31° N, pasando por el canal de Ballenas hacia el Noroeste (fig. 1). Los datos se muestran para cada estación en -- forma comparativa contra la profundidad; se muestran igualmente

FIG. 1.- DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE
LAS ESTACIONES HIDROGRAFICAS.

CRUCERO 7404-G

8 ABRIL - 4 MAYO 1974

- ESTACION HIDROGRAFICA
- ◇ ESTACION STD
- ESTACION DONDE SE ANALIZO NUTRIENTES



115°

110°

35°

30°

25°

secciones longitudinales de los distintos nutrientes con el fin de presentar la estructura en este sentido graficándose contra la profundidad. Además, se muestra una gráfica de Nitrato contra Fosfato.

Se utilizaron botellas Nansen recubiertas con teflón, acopladas con termómetros reversibles, enseguida las muestras de Nutrientes se preservaban con cloruro de Mercurio; posteriormente éstas se analizaban de acuerdo al manual del Técnico para el Marino (SIO, 1974) Se utilizaron columnas de Cadmio-Cobre para la reducción de los nitratos y un espectrofotómetro Beckman DU para la determinación de la absorción.

RESULTADOS.

FOSFATOS.

La distribución longitudinal de (PO_4) Fig. 2, presentó un aumento monotónico desde la superficie hasta la profundidad de 1000 metros, con una concentración máxima de $3.41 \mu M$. Enseguida se observa una disminución en el gradiente a la profundidad de 2000 metros, con una concentración de $3.0 \mu M$. La concentración en la superficie presentó ondulaciones tenues (en la capa de cero a 60 metros), en la región Sur no siendo así para la parte Norte. La concentración en la superficie presentó valores de $1.0 \mu M$, para la parte Sur y Norte; encontrándose la máxima concentración de $2.0 \mu M$ para el Canal de Ballenas, comprendido entre los 29° y $30^\circ N$.

NITRATOS.

La distribución longitudinal de (NO_3) Fig. 3, presentó -

FIG. 2.- SECTION VERTICAL LONGITUDINAL
DE FOSFATOS (PO_4).

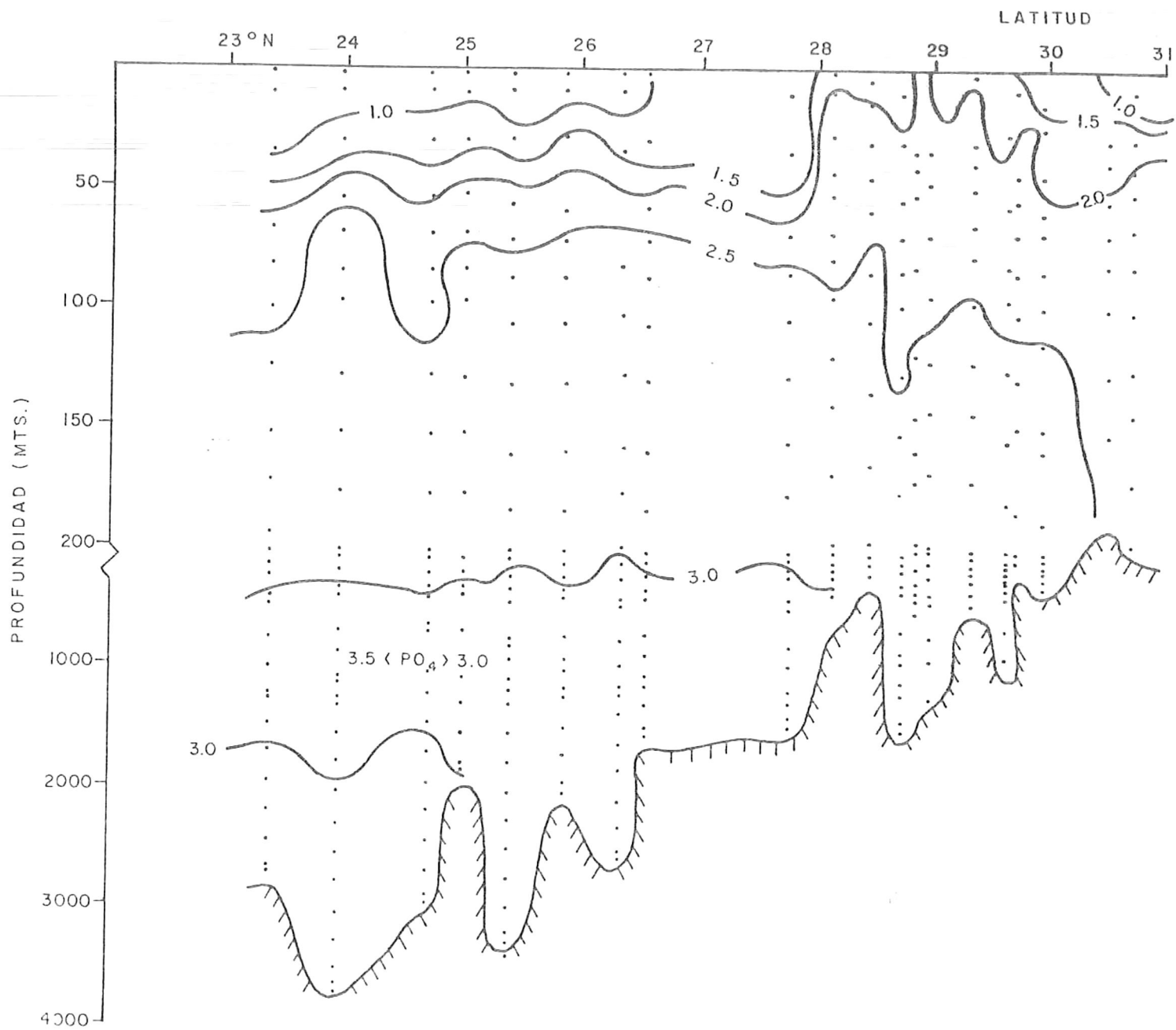
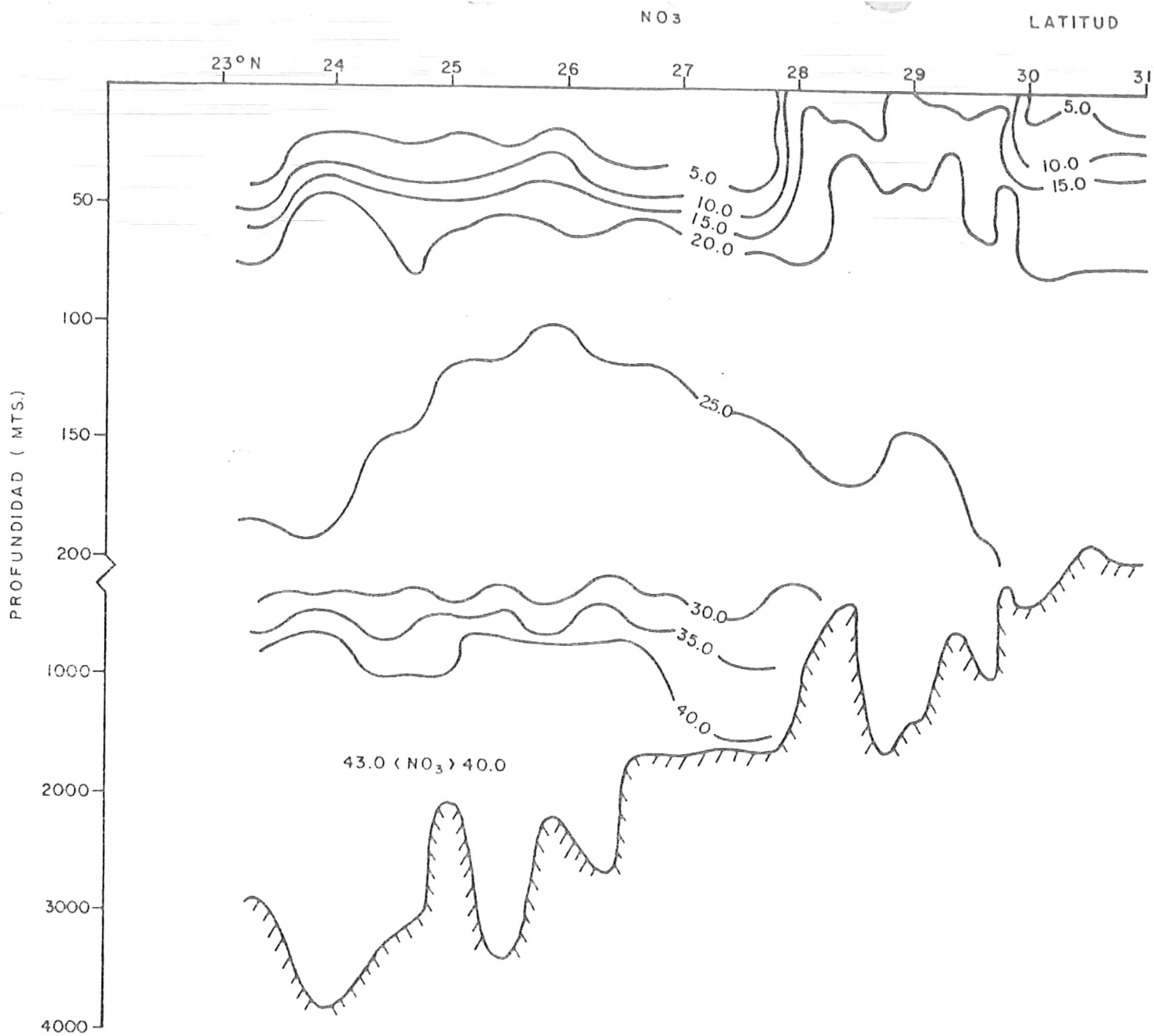


FIG. 3.- SECCION VERTICAL LONGITUDINAL
DE NITRATOS (NO_3).



al igual que los (PO_4) un aumento monotónico en el sentido -- vertical, hasta la profundidad de 2000 metros con una concentra_ ción máxima de $43.0 \mu M$. Los valores en la superficie presentan ondulaciones más pronunciadas para la región Norte, y tenues -- en la parte Sur. La concentración en superficie fué de $5.0 \mu M$, para los extremos del transecto; en la región Norte se detectó el máximo valor de $15.0 \mu M$ (Canal de Ballenas).

SILICATOS.

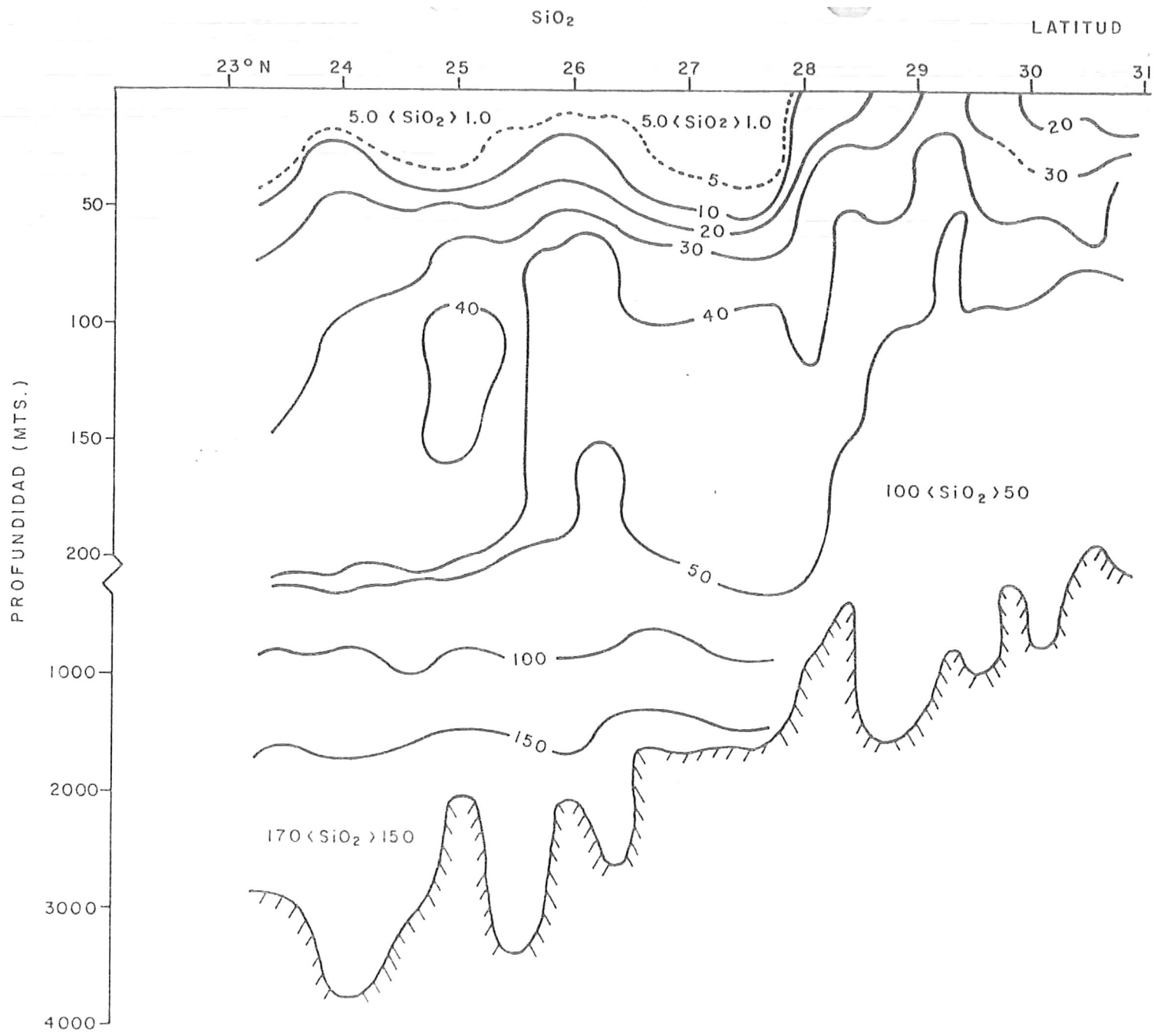
La distribución longitudinal de (SiO_2) Fig. 4. presentó -- una estructura monotónica, con valores aumentando de la superfi_ cie hacia el fondo, la máxima concentración fué de $170 \mu M$, y se detectó a los 1500 metros de profundidad. La forma ondulatoria característica en PO_4 y NO_3 está presente en la capa superficial de la región Sur. Está presenta además cambios pronunciados en el sentido vertical de las isogramas para la misma zona. En la re-- gión Norte las isogramas de superficie son más pronunciadas; el -- resto de la columna presentó ser más homogénea con una concentra_ ción de $100 \mu M$.

En las estaciones 7, 8, 9 y 10 comprendidas en el Canal de -- Ballenas y aguas adyacentes, las concentraciones de nutrientes -- presentaron una tendencia muy clara de aumento desde la superfi-- cie hacia el fondo.

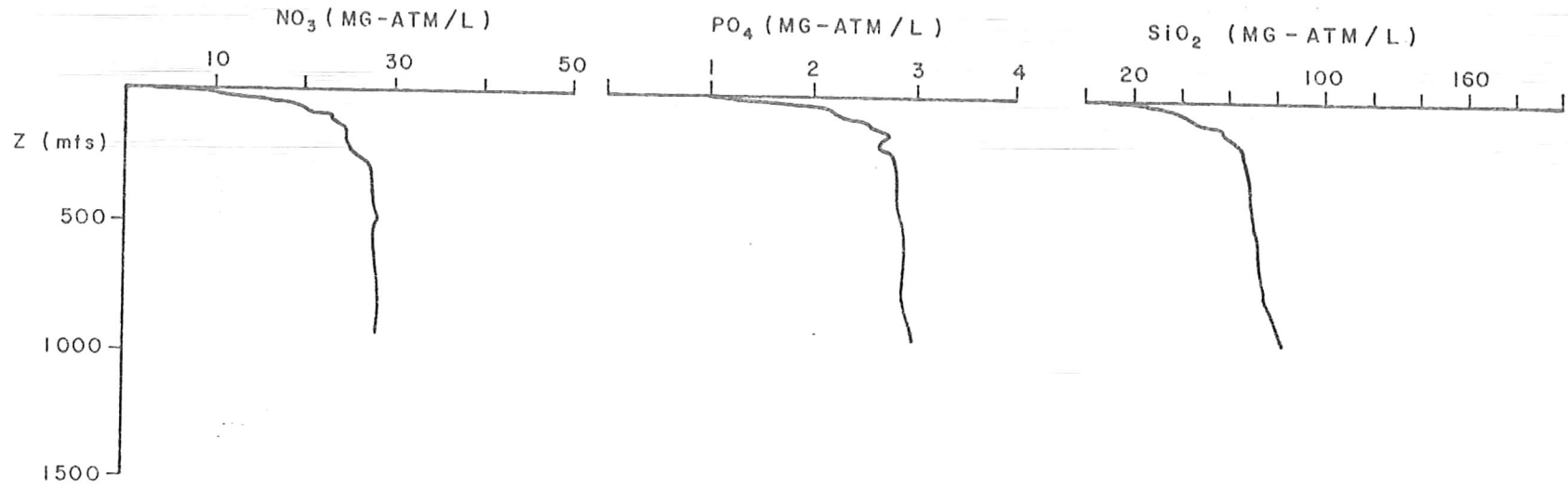
DISCUSIONES.-

Redfield, Ketchum y Richards (1963), expresan que las fuen_

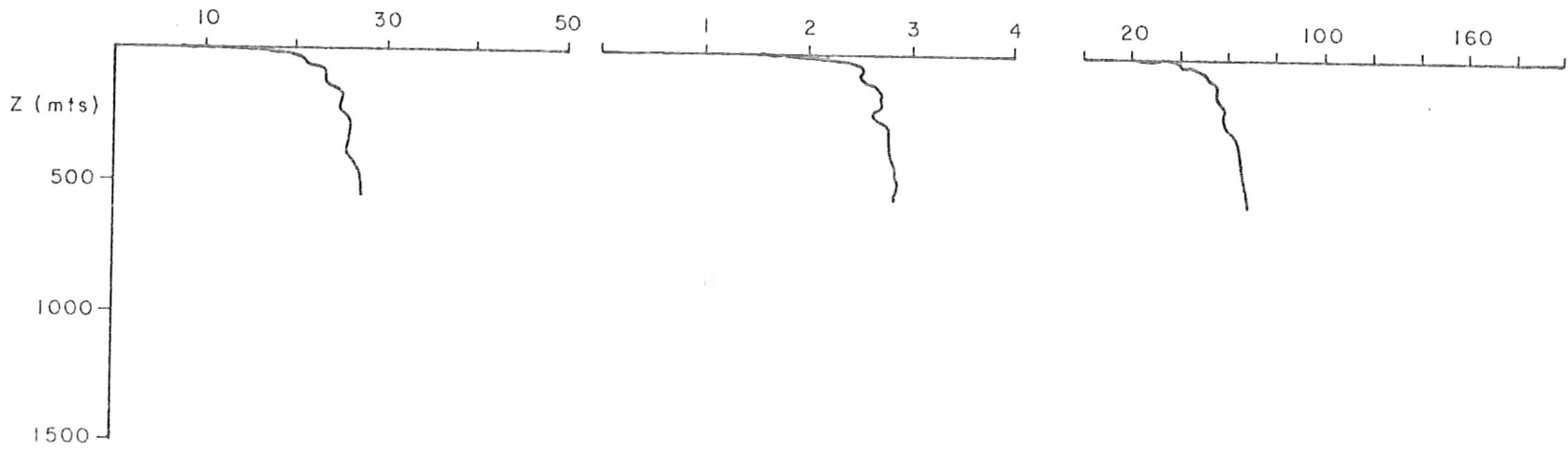
FIG. 4.- SECCION VERTICAL LONGITUDINAL
DE SILICATOS (SiO_3).



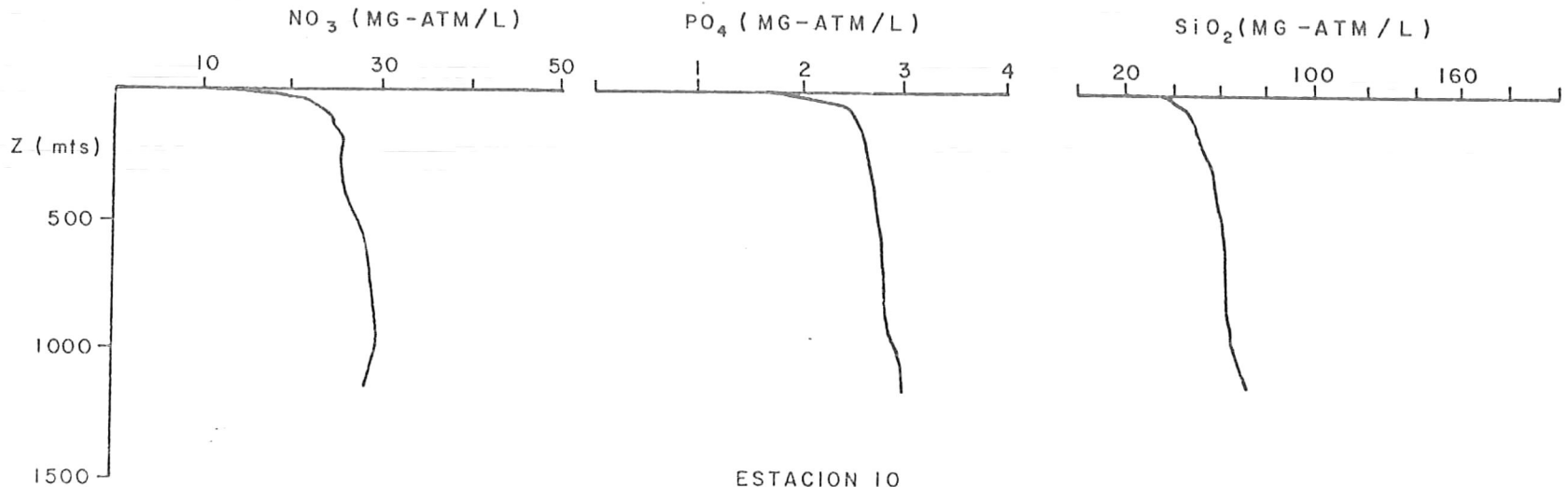
ESTACION 7



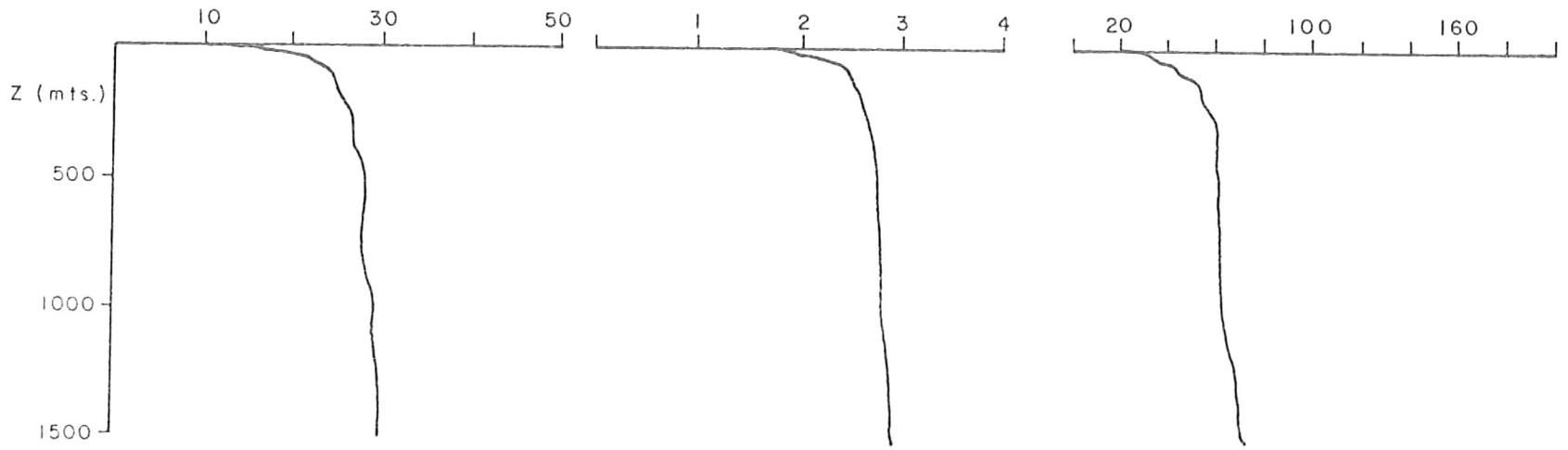
ESTACION 8



ESTACION 9



ESTACION 10



tes principales de los componentes mayores en los organismos marinos son: Los iones Carbonato, Fosfato y Nitrato del agua de mar. Los procesos sintéticos por los cuales estos nutrientes, son removidos en el seno del agua, está limitada a las capas subsuperficiales del agua de mar, en donde la luz pueda penetrar. Los procesos regenerativos siendo independientes de la luz pueden tomar lugar a cualquier profundidad.

Los resultados obtenidos muestran claramente que la distribución de los nutrientes, presentan tendencias a aumentar hacia la región Norte. La región del Canal de Ballenas comprendida entre la Península de Baja California e Isla Angel de la Guarda, presentó valores altos en la concentración de nutrientes a partir de los 200 metros permaneciendo constante para el resto de la columna para nitratos y fosfatos no así para los silicatos que tienden a incrementarse en función de la profundidad.

Roden y Groves (1959) mencionan procesos de mezcla en el Canal de Ballenas debido a fuertes corrientes de marea. Las mareas en el Golfo son de tipo mixto con grandes desigualdades diurnas. B. Zeitzschel (1969) cita algunos datos de Rodan y Groves (1969) atribuyendo una alta productividad debido a un reemplazamiento de nutrientes en la capa superficial provocado por el viento.

Roden y Groves (1959) también mencionan que con vientos del noroeste en invierno ocurren surgencias a lo largo de la costa Este, y con vientos del Suroeste en verano estas se presen

tan en la costa Oeste. En general podemos caracterizar al Golfo de California como una zona, donde el enriquecimiento de nutrientes por procesos físicos y biológicos están bien determinados por el reemplazamiento de aguas en la capa superficial.

Se procesaron un total de 404 datos de NO_3 contra 404 datos de PO_4 , utilizando un análisis de regresión lineal con la siguiente ecuación:

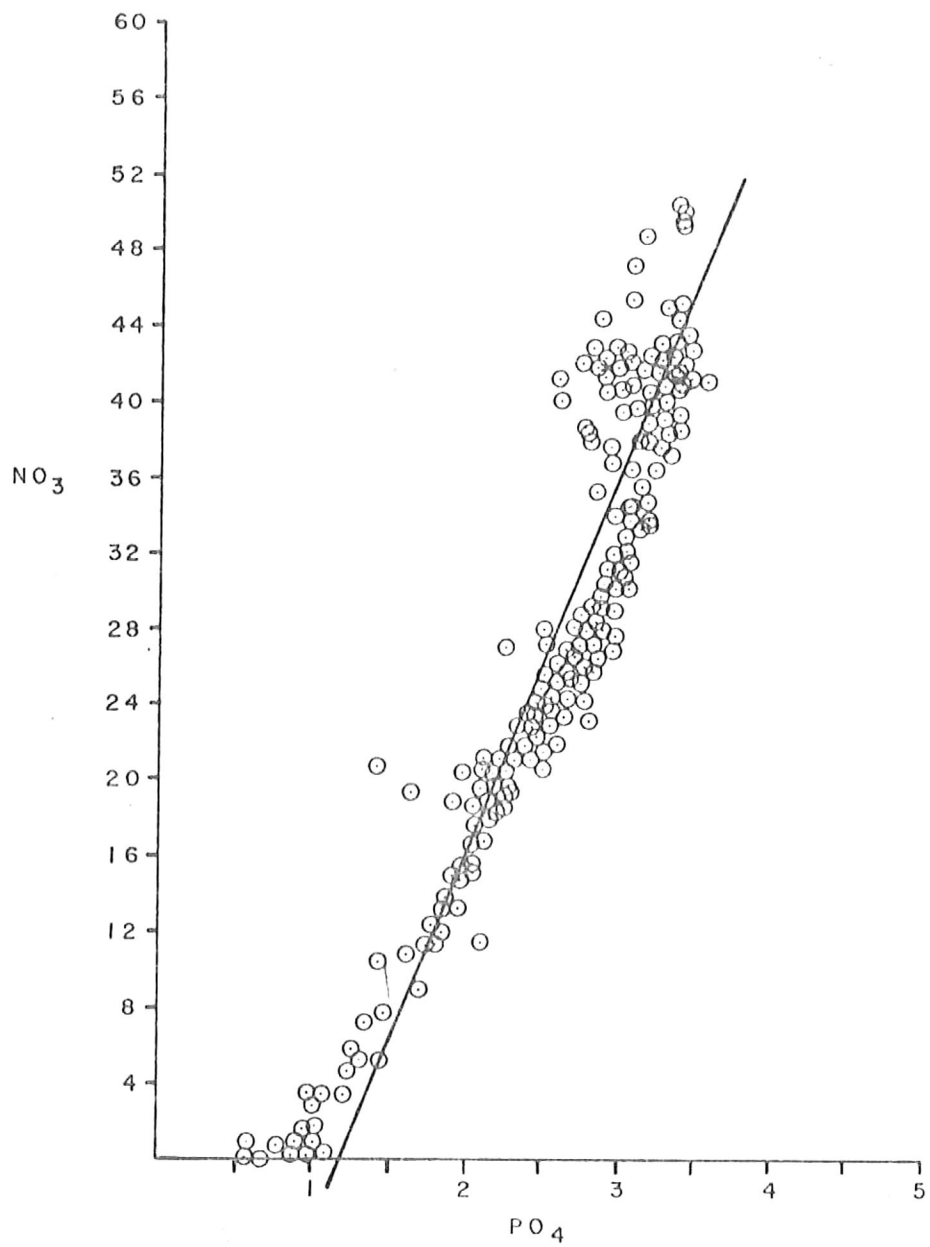
$$\text{NO}_3 = A_0 + A_1 \text{PO}_4 + \text{NO}_3 \text{ res.}$$

donde A_0 y A_1 son los coeficientes de la ecuación y NO_3 res. -- son los residuos de NO_3 después de la regresión.

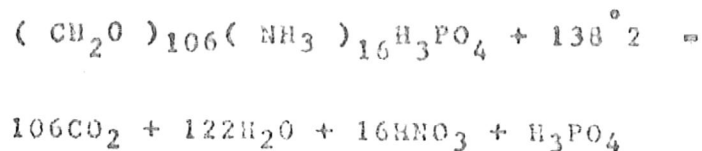
El valor obtenido para la pendiente fué igual a 16.7 ± 0.7 al 95% de nivel de confianza, el valor de la intersección con el eje de las ordenadas fué -16.4 M (fig. 5). Esto indica que en la superficie del Golfo de California los Nitratos son más limitantes para la fotosíntesis que los fosfatos, o bien que -- para valores de fosfatos menores de 1 M, el nitrógeno está principalmente presente en su forma reducida, es decir en su forma -- de iones Amonio, Urea y otros compuestos orgánicos nitrogenados. Para la comprobación de éste último será necesario en el futuro hacer determinaciones de compuestos con nitrógeno en su forma reducida.

Los resultados de la regresión lineal de NO_3 contra PO_4 son consistentes con el modelo de Redfield (1934-1942, Redfield, -- Ketchum y Richards; Alvarez Borrego, Guthrie, Calherson y Park,

Fig. 5.- Relacion de Nitratos contra Fosfatos



1975). Esta relación nos conduce a la razón de consumo de oxígeno para la producción de nutrientes por oxidaciones biológicas, es constante y se representa por la siguiente ecuación:



donde:

$(\text{CH}_2\text{O})_{106} (\text{NH}_3)_{16} \text{H}_3\text{PO}_4$ es una molécula orgánica hipotética que contiene Carbono, Nitrógeno y Fósforo, y la razón en que ocurre en el plancton (Redfield et al 1963).

CONCLUSIONES.-

- 1.- Las concentraciones superficiales aumentan de Sur a Norte, las concentraciones mayores se encuentran en el Canal de Ballenas.
- 2.- Se distinguen dos zonas bien diferenciadas en el sentido longitudinal, con concentraciones aumentando significativamente hacia el fondo en la zona Norte, no así para la parte Sur, en la que los valores empiezan a aumentar abajo de los cincuenta metros de profundidad.
- 3.- La relación de Nitratos versus fosfatos para el Golfo es consistente con el modelo de Redfield (1934).

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

- Alvarez Borrego S., Guthrie C. Culberson and P, Kilho Park. 1975
Oxygen-Nutrient Relationships in the Pacific --
Ocean. Limnology and Oceanography.
Vol. 20, No. 5 pp. 806-814.
- Alvarez Borrego, S., Donald Guthrie, Charles H. Culberson y P. -
Kilho Park 1975.
Test of Redfield's for Oxygen-Nutrient.
Relationships using regression analysis.
Limnology and Oceanography.
Vol. 20, No. 5 pp. 785-805.
- Griffiths R. C. 1968.
Physical, Chemical and Biological Oceanography -
of the Entrance to the Gulf of California, Spring
of 1960. Epec. Scient. Rep. U. S. Fish. Wild -
Fisheries. No. 573, 47 pp. (1968).
- Redfield A. C.; B. H. Ketchum and F. A. Richards. (1963).
The influence of organisms on the Composition of
Sea water.
The Sea.-Vol. 2. Chapter 2.
- Roden G. I., and G. W. Groves. 1959.
Recent Oceanographic Investigations in the Gulf
of California.
Scripps Contribution 1959, Vol. 1092.
Journal of Marine Research 18 (1) 10-35.
- Roden G. I. 1958.
Oceanographic and Meteorological Aspects of the
Gulf of California.
Pacific Science, Vol. XII, January, 1958.
- Scripps Institution of Oceanography. 1974. Marine Technician's
Handbook. Nutrients Analysis. Inst. mar.
Res. SIO Ref. No. 71-8. Sea Grant Pub. No. - -
9:1-29.

Sverdrup H. U. 1941.

The Gulf of California: Preliminary Discussion of the Cruise of the "E. W. Scripps" in - - - February and March, 1939.
Contribution from the Scripps Institution of - Oceanography, New Series, No. 103.

Villaseñor Casales Amado, 1974.

Hidrología de la parte Norte del Golfo de California a finales de Invierno.
Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B. Cfa. Norte.

Warsh C. E. and K. L. Warsh. (1971).

Water Exchange at the Mouth of the Gulf of California. Journal of Geophysical Research.
Vol. 76, No. 33, November 20, 1971.

Warsh C. E., K. L. Warsh, and R. C. Staley. (1973).

Nutrients and Water Masses at the Mouth of the Gulf of California. 1972.
Deep-Sea Research, 1973. Vol. 20 pp. 561-570.

Zeitzschel B. 1969.

Primary Productivity in the Gulf of California. Marine Biology 3, 201-207 (1969).