

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MARINOS

INFORME No. 28

- (a) Distribución del contenido de fosfatos en la región de la Corriente del Perú
- (b) Distribución y variación anual de fosfatos y oxígeno en la región marítima del Perú (feb. 1961 - ene. 1962)
- (c) Distribución y variación anual de fosfatos y oxígeno disuelto en el área marítima del Perú durante el año 1962.

Oscar Guillen



INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MARINOS

Informe No. 28

DISTRIBUCION DEL CONTENIDO DE FOSFATOS  
EN LA REGION DE LA CORRIENTE DEL PERU

Por

Oscar Guillén

INDICE

	<u>Pag.</u>
1. - Introduccion .....	1
2. - Antecedentes .....	3
3. - Metodología .....	5
4. - Parte Descriptiva:	
4.1. - La distribución de fosfatos en superficie y en profundidad .....	6
4.1.1. - Distribución de los fosfatos en la superficie .....	6
4.1.2. - Distribución vertical de los fos- fatos .....	7
4.2. - La Distribución de los fosfatos en relación con las temperaturas .....	7
5. - Discusión y conclusiones .....	8
6. - Agradecimientos .....	11
7. - Summary .....	11
8. - Bibliografía .....	12

## 1. - INTRODUCCION

Los datos oceanográficos de la región de la Corriente del Perú son todavía escasos y fueron obtenidos en el pasado por expediciones extran geras y, a partir de Julio de 1960, por el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos del Perú.

Estos datos abarcan por un lado las características principales de las masas de aguas, tales como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y la batimetría; por otro lado, las sales nutritivas, en particular los fosfatos y los nitratos que tienen importancia para la nutrición y crecimien to de las algas marinas.

Se sabe que estas sales pueden alcanzar, en ciertas condiciones, importancia como factores estimulantes y, también, como factores limitantes de los procesos de fotosíntesis que se realizan en la capa superficial del mar.

Las aguas adyacentes a la costa del Perú se consideran altamen te productivas. De aquí el interés por conocer (1) la cantidad de estas sales, presente en las distintas profundidades y (2) la variación de la cantidad respectiva en cada lugar en el curso de las estaciones del año y de un año para otro.

Al tener presente este interés, el autor ha considerado necesario comenzar un estudio de largo alcance del "Problema de la distribución de los fosfatos en la región de la Corriente del Perú". Los datos se reúnen en el curso de cada crucero oceanográfico del "BONDY" o bién en colabora ción con buques oceanográficos de otras Instituciones.

El presente artículo trata de los datos de fosfatos y temperaturas obtenidos en la Expedición "Chiper". Esta fué realizada por el Rompehielos "BURTON ISLAND" del Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos de Norte América, durante los meses de marzo y abril de 1960, frente a la

costa occidental de América del Sur, principalmente frente a Chile y Perú (de aquí el nombre de Chiper).

Respondiendo a una gentil invitación del Servicio Hidrográfico de la Marina de los Estados Unidos de Norte América, el Ministerio de Marina del Perú nombró al Teniente Primero Héctor Beas en calidad de observador y el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas designó al autor del presente trabajo, para participar en calidad de químico en la parte del via-je que se realizaba en la región marítima del Perú.

De común acuerdo con el Sr. Littlewood, delegado del Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos, quién vino al Perú en el mes de No-viembre de 1959, se había acordado que la determinación de los fosfatos sea la tarea principal a cumplirse por personal científico peruano, como expresión de la colaboración científica entre los oceanógrafos de los dos países.

La Expedición Chiper se efectuó del 14 de marzo al 15 de Abril de 1960, correspondiendo a la región frente al Perú el período del 30 de marzo al 15 de abril de 1960. El autor se embarcó en Talcahuano, Chile, el 14 de marzo y el Teniente Primero Héctor Beas con el equipo científico, facilitado por el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas, el 29 de marzo de 1960, en Arica. Ambos desembarcaron en Talara, el 13 de abril de 1960.

En el curso de la Expedición Chiper se realizaron, frente a las costas del Perú, 6 perfiles, 5 de los cuales tuvieron un largo de aproxima-damente 200 millas, cada uno abarcando un determinado número de esta-ciones hidrográficas, cuya posición se indica en el cuadro N° 1.

Las determinaciones de fosfatos se hicieron a lo largo de 5 per-files de los mismos, a saber: Perfiles G, H, I, J y K (véase carta N° 1).

El objeto de este artículo es el de presentar una breve reseña de los antecedentes existentes, conjuntamente con los datos obtenidos en el

curso de la Expedición Chiper que aportan una nueva imagen de la distribución horizontal y vertical de los fosfatos en: (1) la región comprendida entre Paita y Pimentel y (2) la región situada entre San Juan y Atico.

## 2. - ANTECEDENTES

Ente las expediciones oceanográficas extranjeras que han realizado estudios sobre la Corriente del Perú se encuentran los siguientes: Dana (1928), Carnegie (1928-29), William Scoresby (1931), Shellback (1952), Yasa (1953), Downwind (1957-58), Chiper (1960) y Step I (1960).

Los principales estudios relacionados con la distribución de los fosfatos han sido realizados por Gunther (1936), Fleming, Sverdrup, Ennis, Seaton y Hendrix (1945), Posner (1957), Wooster y Cromwell (1958) y Wooster (1961).

Gunther (1936) notó la asociación entre el afloramiento y el más alto contenido de fosfato en la superficie del mar y también la reducción del contenido de fosfato en la superficie del mar por el metabolismo del fitoplancton.

Posner (1957) estimó en  $4.0 \times 10^5$  toneladas métricas de fósforo el transporte vertical a la superficie en un año por el afloramiento y groseramente igual cantidad por el movimiento en remolino.

El estudio sobre la distribución y variación del contenido de fosfatos en la Corriente del Perú podría ser de gran utilidad, como un índice de la productividad del mar. Al respecto, cabe mencionar que:

Riley (1949), Steele (1956, 1957b, 1958 y 1961) y Cushing (1959a) han mostrado modelos matemáticos para estimar la producción a partir de los datos de fosfatos. Además, la obtención de la producción a partir de los fosfatos ha demostrado ser un método satisfactorio en el estudio de la producción de materia orgánica.

Los estudios efectuados han permitido ver que los valores de fosfatos encontrados en la superficie del mar, en la región de la Corriente del Perú, difieren de acuerdo a la estación del año y de su posición geográfica. En efecto:

La expedición Carnegie obtuvo los más altos contenidos de fosfatos en la superficie del mar, de 1.46  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  cerca de 14° S y 78° W.

La expedición William Scoresby, operando en el Océano Pacífico, halló el más alto valor de fosfatos, de 2.83  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , cerca de 36° S; 73° W y el más bajo, de 0.13  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , en 16° S; 77° W y 9° S; 80° W.

Wooster (1955) encontró 0.51  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  en la estación 4° 28' S; 92° 16' W como el contenido mayor de fosfatos en la superficie del mar.

Posner (1957) encontró, en marzo de 1953, valores entre 0.00 y 2.32  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  en la superficie del mar, siendo sus dos valores más altos de 2.15 y 2.32  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , los cuales fueron obtenidos en zonas de afloramiento (13° 53' S; 76° 27' W y 14° 11' S; 76° 18' W, respectivamente).

Wooster y Cromwell (1958) encontraron en la superficie del mar dentro de las 200 millas de la costa, valores de fosfatos entre 1.5 - 2.0  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  y hacia el oeste de 85° W y entre las latitudes de 3° S y 14° S raramente menor que 1.0  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ .

Además de los autores mencionados, están los datos de Cloves (1940), Graham y Moberg (1944) y Redfield (1960) sobre fosfatos en otras áreas del Pacífico que queremos indicar:

Cloves (1940) y Graham y Moberg (1944) mostraron que en el Océano del Sur los contenidos de fosfatos son más elevados a ciertas pro-

fundidades y que ello se debe al hundimiento de la materia orgánica formada en la superficie del mar, la cual es descompuesta y redistribuída por las aguas más profundas, a través de la circulación oceánica.

También, Redfield (1960) encontró valores entre 2.5-3.0 ug-at PO<sub>4</sub>-P/L a los 2,000 m. de profundidad en el Océano del Sur.

En cuanto a las expediciones peruanas, mencionaremos que ellas incluyeron el estudio de los fosfatos, en su programa de trabajo, a partir del mes de febrero de 1961. Los resultados serán objeto de otras publicaciones.

En conclusión, esta breve reseña de las publicaciones existentes sobre el contenido de fosfatos en la región de la Corriente del Perú permite ver la falta de un estudio sistemático del problema, y grandes intervalos de tiempo entre las sucesivas observaciones en el mar. No obstante lo cual los datos coinciden en indicar que este contenido se mantiene relativamente elevado durante todo el año, en la mayor extensión de la región que está bajo la influencia de la Corriente del Perú.

A partir de 1961, el estudio del contenido de fosfatos de la región marítima frente al Perú entra en una nueva etapa; la del estudio sistemático, cuyo comienzo lo marca la Expedición Chiper. Esta es una de las razones por la cual se presenta esta contribución; la otra es la de que estos estudios servirán como base para la comparación con los datos obtenidos en los sucesivos cruceros del B.A.P. "BONDY".

### 3. - METODOLOGIA

Los datos sobre la distribución de los fosfatos y de las temperaturas en la región de la Corriente del Perú fueron obtenidos por la Expedición Chiper, en los meses de marzo-abril de 1960, a lo largo de perfiles presentados en las figuras: 1 al 4.

Los métodos usados para la toma de muestras, la corrección de temperaturas y el cálculo de la profundidad aceptada son los indicados en el Manual H. O. 607 del Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos de Norte América.

Los contenidos de fosfatos de las muestras de agua de mar han sido analizados según el método propuesto por Robinson y Thompson (1948) La medición de la extinción fué hecha con un Electrofotometro ELKO II, em-  
pleando filtro 72 E y usando celda de 5 cm.

#### 4. - PARTE DESCRIPTIVA

La variación del contenido de fosfatos en la región de la Corriente del Perú es presentada en 5 perfiles, de los cuales los perfiles G, H e I pertenecen a la zona del Sur y los perfiles J y K a la zona Norte (Véase carta N° 1). Las posiciones geográficas de las estaciones son mostradas en el cuadro N° 1. La distribución de los fosfatos en cada perfil es presentada en dos formas (1) hasta los 2,500 m. de profundidad y (2) hasta los 200 m., con el fin de poder apreciar fácilmente su distribución.

##### 4. 1. - La distribución de fosfatos en superficie y en profundidad

###### 4. 1. 1. Distribución de los fosfatos en la superficie:

###### ZONA DEL SUR: (Figura N° 1)

En la superficie del mar la distribución de los fosfatos fué mayor cerca de la Costa (1.0-2.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) que lejos de la misma (0.25 - 1.00  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ). El mínimo contenido de fosfato fué de 0.11  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , hallado en el perfil I, entre las estaciones 1 y 2.

###### ZONA DEL NORTE: (Figura N° 2)

La distribución de los fosfatos en la superficie del mar fué mayor cerca de la Costa (1.0-1.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) que lejos de ella (0.25 - 1.00  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ). El mínimo contenido de fosfato fué de 0.23  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , encontrado en el perfil K, entre las estaciones 4 y 5. Sin em-

bargo en la estación 6 J, a más de 200 millas lejos de la Costa, se observó 0.11  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , como en el perfil I, entre las estaciones 1 y 2.

#### 4.1.2. - Distribución vertical de los fosfatos:

##### ZONA DEL SUR: (Figura N° 3)

La distribución vertical de los fosfatos presentó 4 capas bien marcadas:

- 1). - Una capa de fosfatos en la cual la concentración es baja y relativamente uniforme con la profundidad.
- 2). - Una capa en la cual el contenido de fosfatos incrementa algo más rápidamente con la profundidad.
- 3). - Una capa de máximos de fosfatos, localizada generalmente, entre los 500 y 1600 m. de profundidad.
- 4). - Una capa en la cual hay cambios relativamente pequeños con la profundidad.

La capa de máximo contenido de fosfatos fué encontrada entre los 2.5 - 3.00  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , aunque valores mayores a éstos fueron hallados dentro de esta capa de máximo cerca de la Costa y a más de 100 millas tal como lo muestra el perfil I (3.00 -  $>3.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ).

En general, las áreas de la Costa mostraron un intenso afloramiento.

##### ZONA DEL NORTE:-(Figura N° 4)

La distribución vertical de los fosfatos, al igual que en la zona del Sur, mostró 4 capas bien marcadas de fosfatos, que han sido descritas anteriormente.

La capa de máximo contenido de fosfatos, en esta zona, fué hallada con valores de 2.5 - 3.00  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , pero cabe destacar que valores mayores a éstos (3.0 - 3.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) fueron hallados más allá de las 200 millas de la Costa y por otra parte dentro de las 100 millas.

#### 4.2. - La distribución de fosfatos en relación con las temperaturas.

La distribución de los fosfatos en la superficie del mar fué mayor en ambas zonas cerca de la Costa (1.0 - 2.5  $\mu\text{g-at FO}_4\text{- P/L}$ ) que a mayor distancia; mientras que la distribución de las temperaturas en la superficie del mar fué aumentando con la distancia de la Costa (fueron hallados valores entre 14.88°C - 24.13°C en el Sur y 18.43°C - 26.19°C en el Norte de la Corriente Peruana, respectivamente).

Los más altos contenidos de fosfatos y los valores mínimos de temperatura se encontraron en las áreas de afloramiento.

Por lo general, las regiones del mar que difieren en sus temperaturas, también difieren en su contenido de fosfatos.

La termoclina moderadamente profunda y bien marcada, lejos de la Costa, mostró la tendencia de ascender progresivamente a la superficie, a medida que se acercaba a la orilla del mar, a la vez que su espesor disminuí; esta característica es más evidente en el Norte. El contenido de fosfatos, a lo largo de las termoclinas, mostró, generalmente cierta tendencia hacia aumentar en su contenido hacia la Costa.

## 5. - DISCUSION Y CONCLUSIONES

A través de los perfiles estudiados (Figs. 1 al 4 ) se pudo observar que las aguas en la región de la Corriente Peruana presentan movimientos horizontales y verticales y por esta razón la distribución de los fosfatos experimenta cambios frecuentes.

En las capas superficiales el contenido de fosfatos es controlado por los procesos de afloramiento y mezcla. Debido al afloramiento se encontraron los altos contenidos en la superficie del mar en áreas cerca de la Costa.

Los cambios de temperatura en las distintas áreas y en las diferentes épocas del año, traen consigo cambios físicos, químicos y biológicos en el agua del mar, afectando también el contenido de fosfatos.

Observaciones llevadas a cabo en diferentes años y áreas, por varias expediciones nacionales y extranjeras permitieron obtener los siguientes conocimientos sobre la distribución estacional de los fosfatos:

En el verano, al aumentar la temperatura por calentamiento en la superficie y la fuerte estratificación de la densidad se redujo la mezcla vertical en las capas superficiales. El contenido de fosfatos en las capas superficiales disminuye debido, probablemente, al consumo por el fitoplancton, principalmente las diatomeas.

En el otoño, mientras persiste todavía la estratificación de las propiedades del agua, se registra un aumento de los fosfatos en la superficie, la que atribuimos a la regeneración "in situ". Hacia el final del otoño, cuando se debilita la condición de estratificación, el contenido de fosfato aumenta por intensificación de la mezcla con las aguas subyacentes.

En el invierno, al aumentar la fuerza del viento y profundizarse la base de la capa de mezcla, ocurre mayor aporte de fosfatos hacia la capa superficial del mar que se refleja en los altos valores encontrados en la superficie. Estos valores se mantienen hasta que se reinicia el proceso intenso de asimilación fotosintética.

En la primavera, la temperatura aumenta y la estratificación en la columna de agua comienza a intensificarse; entonces el fitoplancton comienza a multiplicarse rápidamente y, por consiguiente, las sales nutritivas como son los fosfatos, son consumidos con mayor intensidad.

El presente estudio, realizado en dos áreas limitadas de las zonas del Sur y Norte de la Corriente del Perú lleva a las siguientes conclusiones con respecto al contenido de fosfatos y de sus respectivas temperaturas:

1. - En la superficie del mar, el contenido de fosfatos fué mayor cerca de la Costa ( $1.0 - 2.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{- P/L}$ ) que lejos de la Costa ( $0.25 - 1.0 \mu\text{g-at PO}_4\text{- P/L}$ ); mientras que la distribución de las temperaturas en la super

- ficie del mar fueron incrementando con la distancia de la Costa.
2. - La distribución vertical de los fosfatos presentó 4 capas bien marcadas, a saber:
    - 1) Una capa de fosfatos, en la cual la concentración es baja y relativamente uniforme con la profundidad.
    - 2) Una capa en la cual incrementa algo más rápidamente con la profundidad.
    - 3) Una capa de máximo contenido de fosfatos, localizada generalmente entre los 500 y 1600 m. de profundidad; y
    - 4) Una capa en la cual el cambio es relativamente pequeño con la profundidad.
  3. - Los contenidos mínimos de fosfatos fueron de  $0.11 \mu\text{g-at PO}_4\text{- P/L}$ , encontrándose a lo largo del perfil I (entre las estaciones 1 y 2) y en el perfil J (estación 6).
  4. - La capa de máximo contenido de fosfatos, tuvo valores de  $2.5 - 3.0 \mu\text{g-at PO}_4\text{- P/L}$ ; valores mayores que éstos fueron hallados cerca de la Costa. En general, el contenido de fosfatos en la capa de máxima mostró ser mayor en el Sur del Perú ( $> 3.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{- P/L}$ ) que en el Norte de la Corriente Peruana. Ello se debe al hecho de que en esa zona del Sur los procesos de afloramiento estuvieron muy activos cerca de la Costa.
  5. - El hecho de que las más altas concentraciones de fosfatos fueron hallados cerca de la Costa en Marzo y Abril, podría ser un índice de productividad.

En conclusión, la imagen que se ha obtenido sobre la distribución de los fosfatos en las dos regiones de la Corriente del Perú, nos permite formular la siguiente explicación: a lo largo de la Costa peruana los procesos de advección de las aguas profundas son inducidas por los vientos prevalecientes y, por consiguiente, altos contenidos de fosfatos son encontrados

en áreas de afloramiento cerca de la costa.

El flujo hacia el noroeste de la Corriente del Perú traslada las aguas con elevado contenido de fosfatos hacia el Océano, que se incorporan luego, a la Corriente Surecuatorial. De aquí que el contenido de fosfatos de esta Corriente sea también más elevado en la extremidad oriental que en la occidental.

En la zona eufótica, donde las condiciones son favorables para el crecimiento de las plantas, los procesos biológicos modifican la distribución de los nutrientes. El mayor contenido de fosfatos, hallado a mayores profundidades, puede ser explicado por el hundimiento de la materia orgánica formada en la superficie del mar, la cual es descompuesta durante su descenso y se acumula en las profundidades en que no se realiza la fotosíntesis.

Las sales nutritivas y acumuladas debajo de la pycnoclina, en este caso los fosfatos regenerados son transportados nuevamente a la superficie por el movimiento de convección de las aguas.

## 6. - AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Comandante del Buque y al Dr. Alfred W. Anderson, Jefe del Personal de Oceanógrafos de USS "Burton Island" por las facilidades y atenciones de que fué objeto durante la Expedición Chiper. Igualmente expreso mis agradecimientos al Dr. Zacarías Popovici por sus sugerencias y al Instituto de Investigación de los Recursos Marinos por todas las facilidades que me prestó durante la preparación del presente estudio.

## 7. - SUMMARY

Investigations on distribution of phosphate in two regions of the

Peru Current System have been made aboard of U. S. A. "BOURTON ISLAND" in March-April 1960. One of them is situated off Paita-Pimentel, between latitudes  $05^{\circ}50' S - 08^{\circ}00' S$  and the other is off San Juan-Atico, between latitudes  $15^{\circ}24' S - 18^{\circ}57' S$ . It has been established that the highest concentrations of phosphate were in surface water of the nearshore areas (1.0 - 2.5  $\mu\text{g-at PO}_4 - \text{P/L}$ ); meantime the temperature at surface increased westwards, i. e., towards the oceanic region.

In the sections 4 layers could be distinguished; 1) one layer with relative low phosphate content, in which the vertical distribution appeared nearly uniform; 2) one layer in which the phosphate content increases faster with depth; 3) one layer of maximum phosphate content situated generally between 500 and 1600 m.; and 4) one layer in which the changes in phosphate content are relatively small with depth.

The distribution of temperature presents offshore a moderately developed deep thermocline, which is becoming shallower when approaching the coastal area. Along the thermocline, the phosphate content showed the tendency towards a slow increase in direction of the coast.

A comparison between the southern sections and the northern sections showed that in the southern area the phosphate content is generally higher and this is interpreted as an effect of the more intense upwelling characteristics for the nearshore areas.

#### 8. - BIBLIOGRAFIA

BARNES H.

1957 Nutrient Elements: Treat. Mar. Ecol. Paleoecol. Geol. Soc. Amer., Men. 67, Vol. 1: pp. 297-344

CLOVES A. J.

1940 Phosphate and Silicate in the Southern Ocean. Discovery Rep. Cambridge, Vol. XIX: pp. 245-284.

CUSHING D. H.

- 1959a The seasonal variation in oceanic production as a problem in population dynamics. J. Cons. int. Explor. Mer., Vol. 24: pp. 455-464.

DEACON G. E. R.

- 1937 The hydrology of the Southern Ocean. Discovery Rep. Cambridge, Vol. XV: pp. 1.124.

DISCOVERY COMMITTEE

- 1949 Station list R. R. S. "William Scoresby" 1931-1938. Discovery Rep. Cambridge, Vol. 25: pp. 143-280.

FISHER R. L. (Ed).

- 1958 Preliminary report on Expedition Downwind, University of California, Scripps Institution of Oceanography IGY cruise to the southeast Pacific. Nat. Acad. Sci. IGY. Gen. Rep. Ser. N° 2, 58 pp.

FLEMING J. A., H. U. SVERDRUP, C. C. ENNIS, S. L. SEATON AND W. C. HENDRIX

- 1945 Observations and results in physical oceanography, in Scientific Results of Cruise VII of the Carnegie during 1928-1929.... Oceanography 1-B. Carnegie Instn., N° 545: 315 pp.

GRAHAM H. W. AND E. G. MOBER

- 1944 Chemical results of the last cruise of the "Carnegie" Sci. Res. of Cruise VII of the Carnegie during 1928 - 1929. Chemistry I. Carnegie Instn., Wash. Pub. 562.

GUILLEN O.

- 1961 Distribución y variación de Fosfatos en la zona marítima del Callao en Febrero-Junio de 1961. Inf. Inst. Invest. Recurs. mar., Callao N° 9: 6 pp.

GUNTHER E. R.

- 1936 A report on oceanographical investigations in the Peru Coastal Current. Discovery Rep. Vol XXIII: pp. 107-276.

HARVEY H. W.

- 1955 The Chemistry and Fertility of Sea Water. Camb. Univ. Press., Camb. 224 pp.

KESTEVEN G. L. AND T. LAEVASTU

- 1957 The oceanographical conditions for life and abundance of phyto  
plancton considered with respect to fisheries. FAO Fisher.  
Div. Biol. Branch (FB/57/T). 54 pp.

POSNER G. S.

- 1957 The Perú Current. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., Vol. 16  
N° 2 pp. 106-155.

REDFIELD A. C.

- 1958 The biological control of chemical factors in the enviroment.  
Amer. Scient., Vol. 46 N° 3: pp. 205-221.

REDFIELD A. C.

- 1960 The distribution of phosphorus in the deep oceans of the world.  
P. V. Ass. Oceanogr. phys. Un. goed. inst., Vol. 7 N° 16;  
pp. 189-193.

RILEY G. A., H. STOMMEL AND D. F. BUMPUS

- 1949 Quantitative ecology of the plankton of the Western North Atlan  
tic. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Vol. 12 N° 3: 169 pp.

ROBINSON R. J. AND T. G. THOMPSON

- 1948 The determination of phosphates in sea water. J. Mar. Res.  
Vol. 7: pp. 33-39.

SEARS M.

- 1961 Oceanography. Amer. Ass. Avanc. Sci., Wash. D. C., Pub.  
67, 654 pp.

STEELE J. H.

- 1956 Plant production on the Fladen Ground. J. Mar Biol. Ass. U.  
K. Vol. 35 N° 1: pp. 1-33
- 1957b A. comparison of plant production estimates using 14C and  
phosphate data. J. Mar. Biol. Ass. U.K. Vol. 36 N° 2: pp.  
233-241.
- 1958 Plant production in the Northern North Sea. Mar. Res. Scot.  
Home Dept. N° 7: pp. 1-36.
- 1961 Primary production. Oceanography, Amer. Ass. Avand Sci.  
Wash. D. C., Pub. 67: pp. 519-538.

**SVERDRUP H. U., N. W. JOHNSON AND R. H. FLEMING.**

1942 The Ocean. Prentice Hall Inc., New York, 1060 pp..

**THOMSEN HELGE**

1937 Hydrographical observations made during the Dana Expedition  
1928-30 Dana Rep. N° 12: 46 pp.

**U. S. NAVY HUDROGRAPHIC OFFICE**

1959 Instruction Manual for Oceanographic obsevatons. U. S. Navy  
Hydrogr. Off. Wash. 25 D. C., Pub. 607, 210 pp.

1961 Oceanographic Data Report, Proyect Chiper, March-April 1960  
U. S. Navy Hydrogr. Off. Wash. 25 D. C., (Informal Manusc.  
Rep. N° 0-38-62) A72 pp.

**WOOSTER W. S. AND F. JENNINGS**

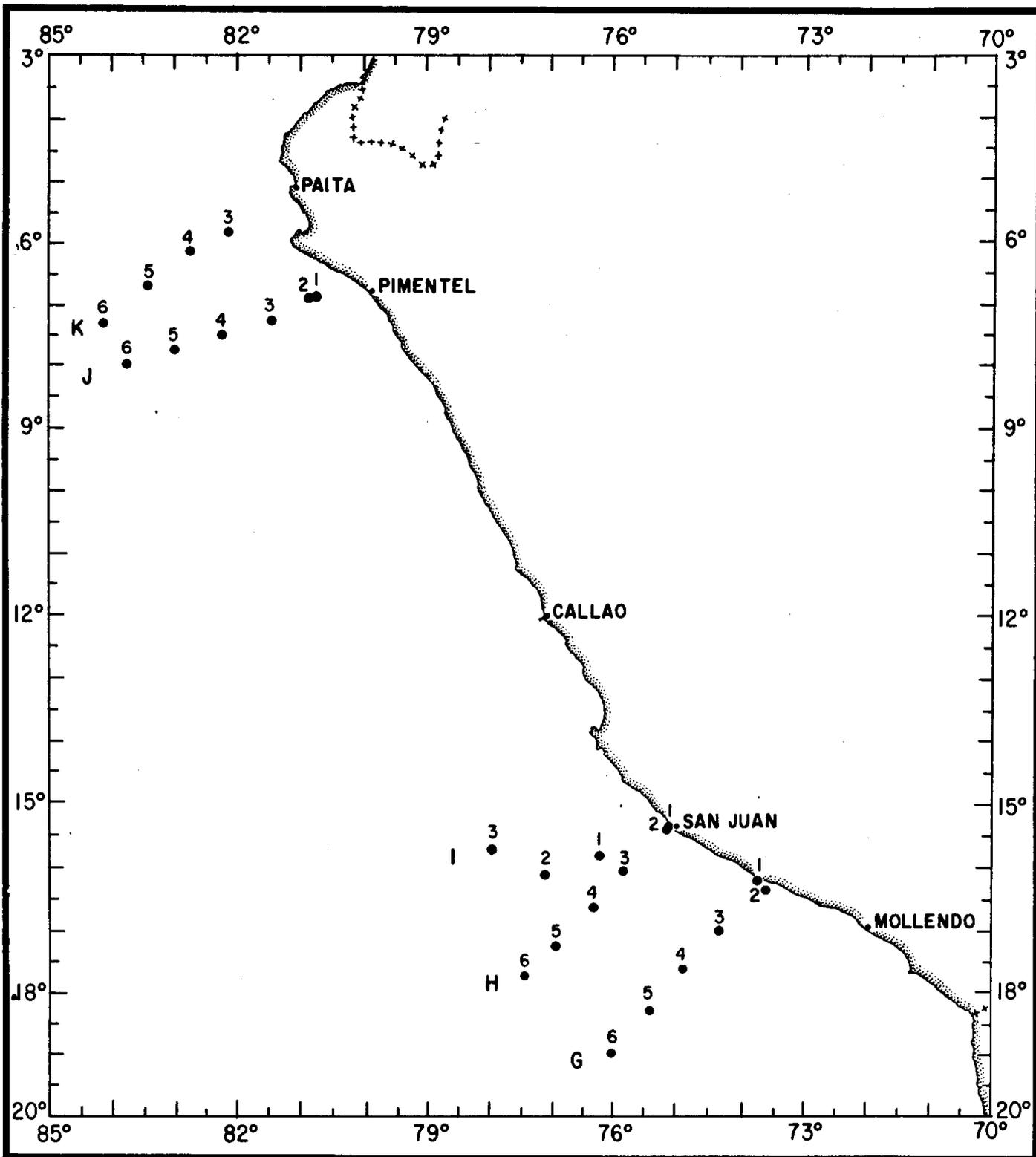
1955 Exploratory oceanographic observations in the Eastern Tropi-  
cal Pacific. January to March 1953. Calif. Fish. Game Vol.  
41 N° 1: pp. 79-90.

**WOOSTER W. S. AND T. CROMWELL**

1958 An oceanographic description of the Eastern Tropical Pacific.  
Bull. Scripps Instn. Oceangr. Vol. 7 N° 3: pp. 169-282.

**WOOSTER W. S.**

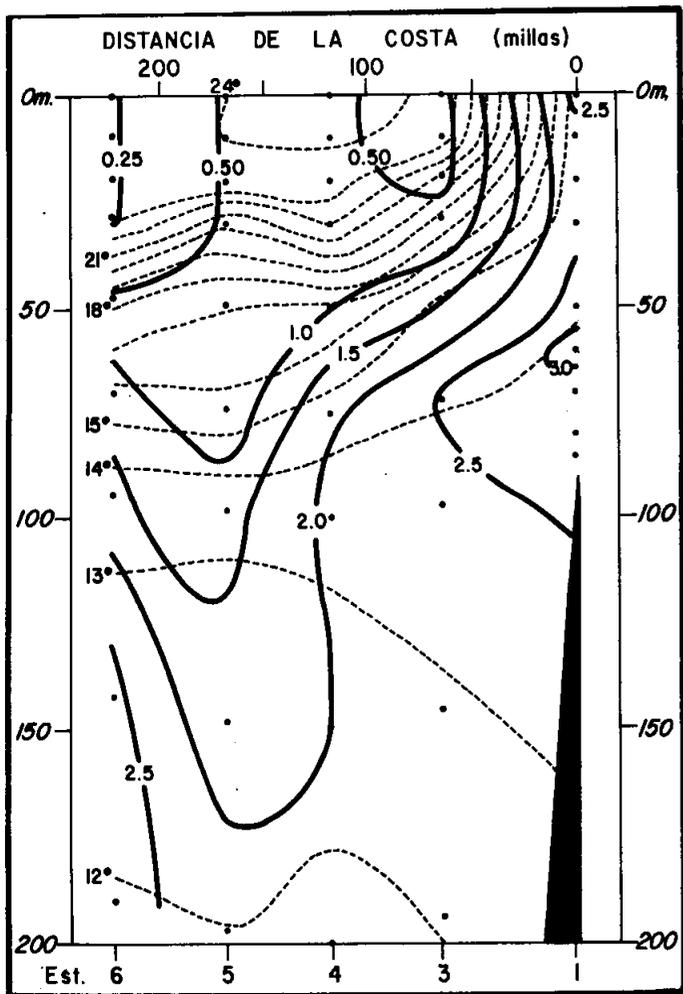
1961 Step I Expedition, 15 September to 14 December 1960. Univ.  
Calif. Scripps Inst. Oceanogr. Ref. 61-9, 50 pp..



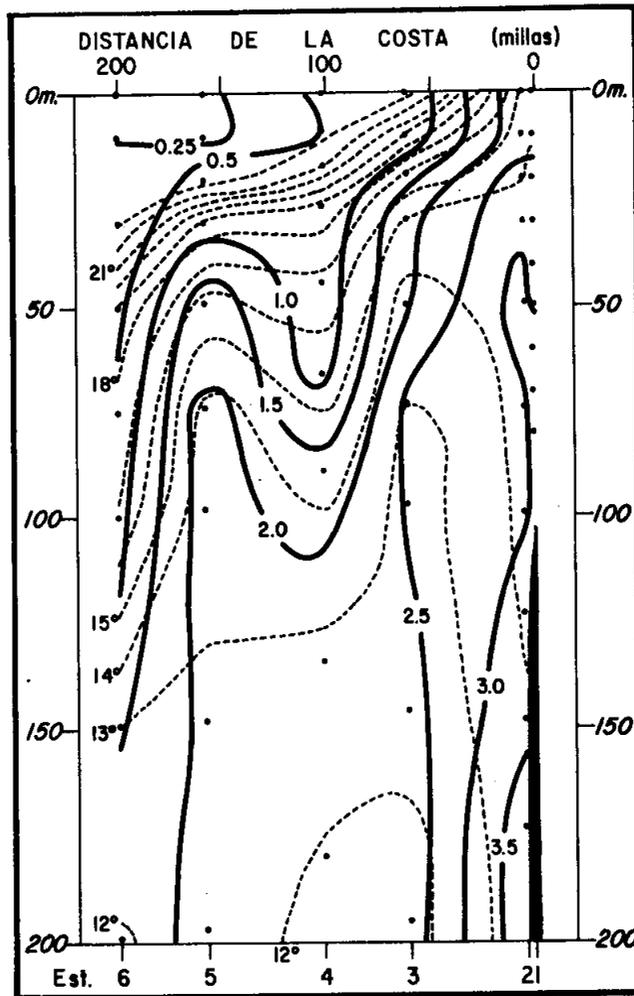
CARTA N° 1

EXPEDICION "CHIPER"

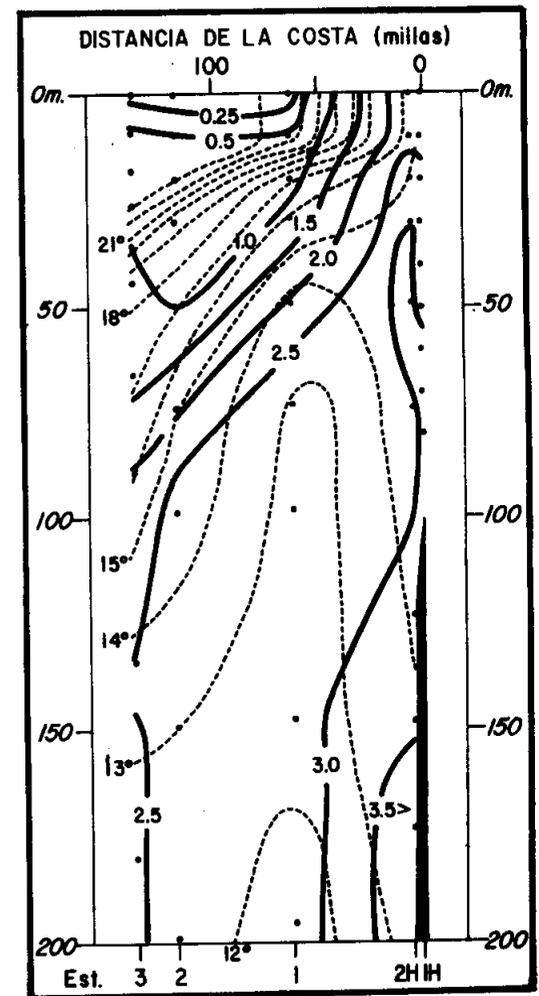
(Del 30 de Marzo al 13 de Abril de 1960)



Perfil G

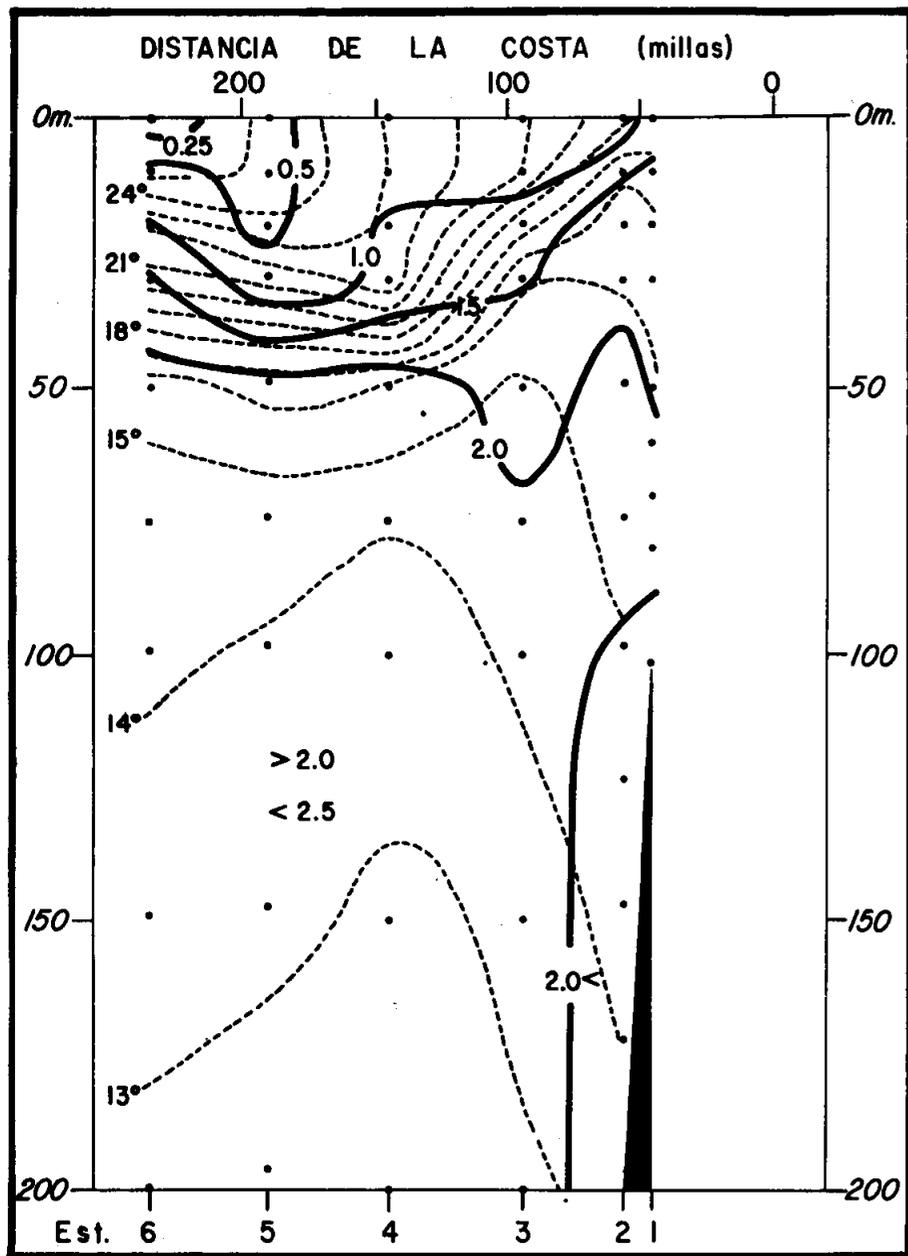


Perfil H

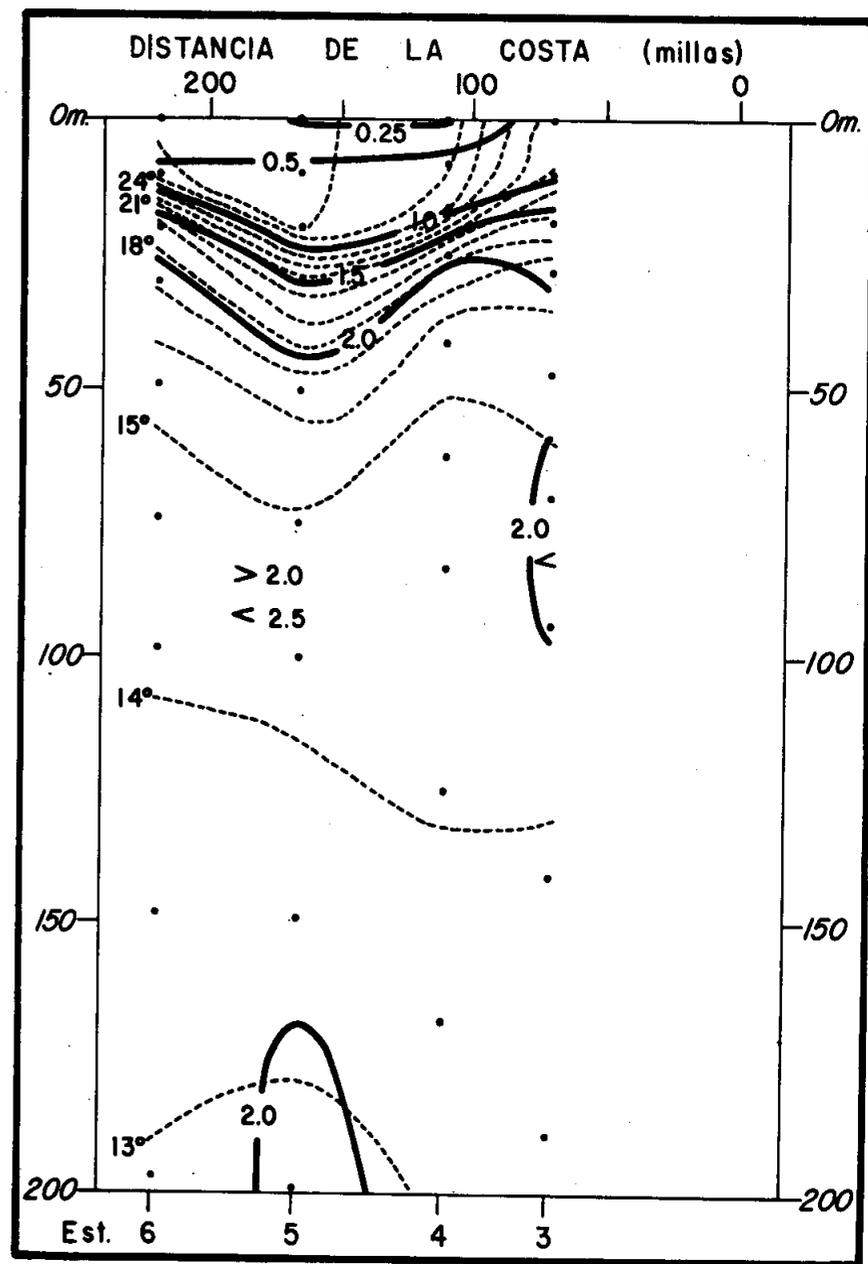


Perfil I

FIGURA 1. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la Zona del Sur.

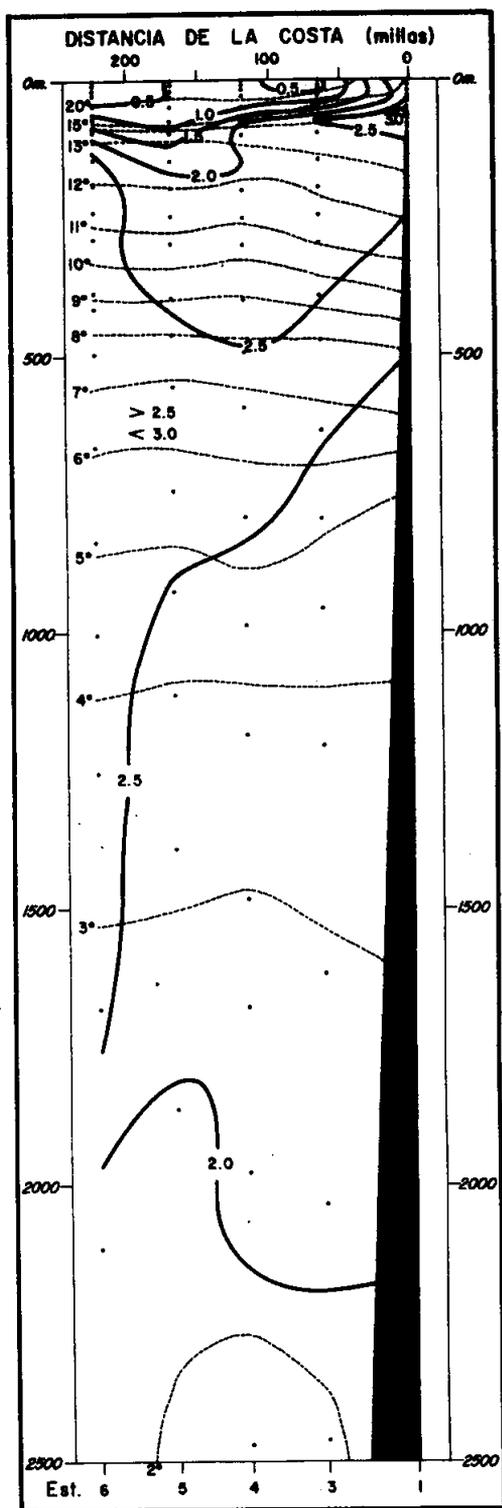


Perfil J

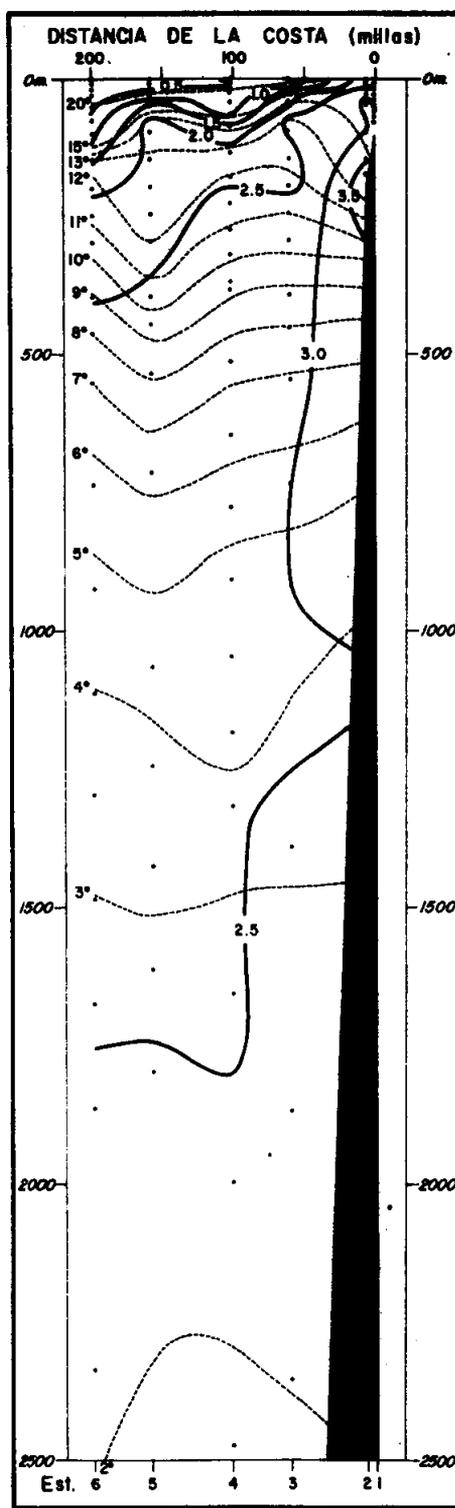


Perfil K

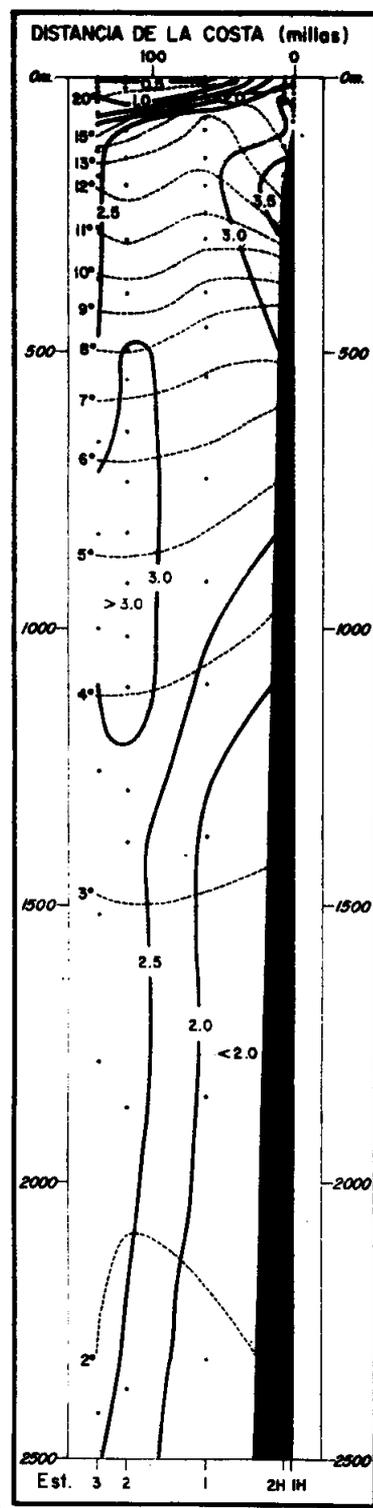
FIGURA 2. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la Zona del Norte



Perfil G

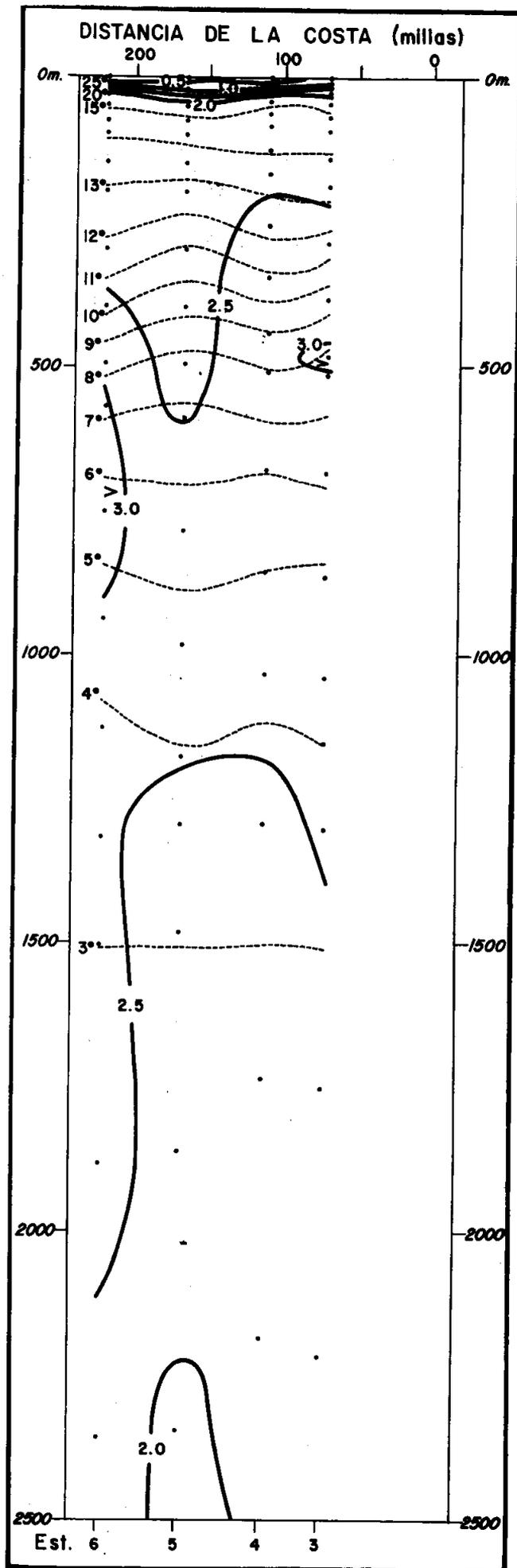
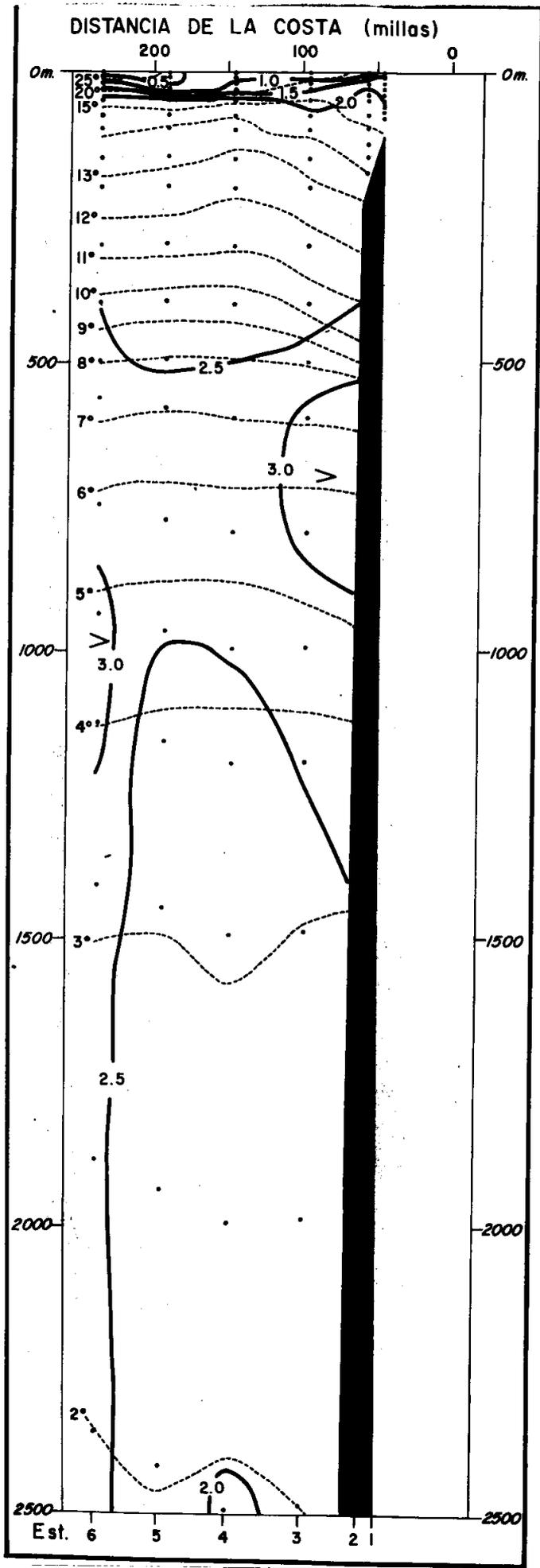


Perfil H



Perfil I

FIGURA 3. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la Zona del Sur.



# DISTRIBUCION Y VARIACION ANUAL DE FOSFATOS Y OXIGENO DISUELTO EN LA REGION MARITIMA DEL CALLAO

Por

Oscar Guillén

## I N D I C E

	Pág.
1. - Introducción .....	1
2. - Antecedentes .....	2
3. - Metodología .....	4
4. - Parte Descriptiva .....	5
4.1. - Distribución y variación de los fosfatos:	
4.1.1. - Distribución de fosfatos .....	6
4.1.2. - Variación anual de los fosfatos .....	7
4.2. - Distribución y variación anual del oxígeno disuelto:	
4.2.1. - Distribución del oxígeno disuelto.....	8
4.2.2. - Variación anual del oxígeno disuelto.....	10
4.3. - Relación de los fosfatos y oxígeno disuelto consus respectivas temperaturas .....	10
4.3.1. - Distribución de las temperaturas.....	11
4.3.2. - Variación anual de las temperaturas....	12
5. - Discusión .....	12
6. - Conclusiones .....	14
7. - Bibliografía .....	15

\*\*\*\*\*

# DISTRIBUCION Y VARIACION ANUAL DE FOSFATOS Y OXIGENO DISUELTO EN LA REGION MARITIMA DEL CALLAO

Por

Oscar Guillén

## 1. - INTRODUCCION

El estudio de los fosfatos ha alcanzado gran importancia como uno de los métodos contribuyentes al estudio del problema general de la productividad del mar.

La utilización de los nutrientes tiene lugar principalmente en la capa superior del mar, en la cual la cantidad y calidad de luz son adecuadas para la actividad fotosintética. Los elementos necesarios para la fotosíntesis, están presentes en el agua del mar. La distribución de los nutrientes en diferentes áreas y estaciones del año en las capas superficiales es controlada por los procesos de mezcla y afloramiento. Sin embargo, hay áreas en que, en ciertas estaciones del año, ocurre temporalmente un agotamiento de las sales nutritivas, especialmente de los fosfatos y nitratos en la capa superficial.

Muchos autores han expresado que el fosfato disponible es uno de los principales factores limitantes de la producción del fitoplancton; otros han atribuido la misma importancia a los nitratos, y finalmente, algunos opinaron que el factor limitante puede ser en determinadas circunstancias también el hierro, cobalto, níquel, vitamina B<sub>12</sub>' etc.

Igualmente, el estudio de la distribución del oxígeno disuelto en el agua del mar es de gran importancia, tanto en los estudios de la productividad como en la oceanografía.

En cuanto a los peces se refiere, se admite generalmente que el alimento disponible, la migración y el ciclo reproductivo de los organis-

mos, están vinculados a los cambios estacionales de las condiciones meteorológicas e hidrogfáficas. Aunque esta relación es compleja y variable en el espacio y en el tiempo, varios investigadores han hallado correlaciones entre la pesca comercial y algunos factores del ambiente, entre los cuales figura el contenido de sales nutritivas. Estos factores gobiernan la producción del fitoplancton, el cual proporciona un abundante alimento en ciertas áreas, causando concentraciones de peces. Algunas veces, sin embargo, en aguas cercanas a la costa con fuertes gradientes y donde los puntos de observación están cercamente espaciados, es posible mostrar una directa dependencia del comportamiento de los peces, con uno u otro de los factores hidrográficos.

En la pesca comercial que se efectúa frente a las costas del Perú, en la banda de aguas más frías se ha comprobado una variación bastante pronunciada en la magnitud de las capturas, y el Instituto considera de interés ver qué relación podría haber entre esta variación de las capturas y las variaciones en las condiciones del mar, principalmente en la distribución de los fosfatos, oxígeno disuelto y temperatura. El Instituto de Investigación de los Recursos Marinos viene efectuando observaciones, casi mensuales, en el área situada frente al Callao, hasta unas 70 millas, en las cuales el autor ha intervenido, haciendo los análisis químicos a bordo, cuyos datos han sido tomados para el presente estudio.

En este trabajo se intenta presentar los datos sobre la distribución y variación anual del contenido de fosfato, del oxígeno disuelto y de sus respectivas temperaturas a lo largo del perfil de San Lorenzo (con un largo de unas 70 millas), correspondientes al período de febrero 1961 - enero 1962.

## 2. - ANTECEDENTES

Los principales estudios oceanográficos en la región de la Corriente Peruana, han sido hechos por las Expediciones Oceanográficas: Dana (1928), Carnegie (1928-29, William Scoresby (1931), Shellback (1952),

Yasa (1953), Downwind (1957-58, Vema (1958, Umitaka Maru (1959), Chiper (1960), Step I (1960), y a partir de Julio de 1960 por el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos.

Los principales estudios sobre la distribución de los fosfatos y del oxígeno disuelto han sido realizados:

a). - Sobre la distribución de los fosfatos: Gunther (1936), Fleming, Sverdrup, Ennis, Seaton y Hendrix (1945), Posner (1957) Wooster y Cromwell (1958) y Wooster (1961), los cuales han sido comentados en el capítulo anterior.

b). - Sobre la distribución del oxígeno disuelto: Schott (1935), quién construyó secciones longitudinales de los datos del Discovery, Dana y Carnegie; el Discovery Committee (1949) estudió algunas condiciones lejos de la costa del Perú, y Wooster y Cromwell (1958) presentaron los datos obtenidos en el curso de la expedición Shellback (1952).

La Expedición William Scoresby trabajó a lo largo de la latitud 12° aproximadamente, es decir, frente a la Isla de San Lorenzo, y halló ex tensas zonas de bajas concentraciones de oxígeno disuelto entre los 100 y 500 metros, correspondiendo los valores menores de 0.25 ml/L a las profundidades de 200 a 400 metros.

Además de las investigaciones antes mencionadas sobre la im portancia de los estudios relacionados a los fosfatos y al oxígeno disuelto hay otras, tales como las de:

Hentschel y Watterberg (1930), quienes correlacionaron los da tos de fosfatos con los contenidos de plancton en el Océano Atlántico Sur.

Brandhorst (1958), el cual halló en casi todas las áreas estudia das, que el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas era mayormen te dependiente de la profundidad de la termoclina.

Ichiye (1954a, b y c), quién ha mostrado que la distribución del oxígeno disuelto debajo de las profundidades medias, es casi gobernada por el movimiento de las aguas; mientras que en las capas superiores, está mucho más influenciada por las condiciones meteorológicas, efectos biológicos y las condiciones físicas y químicas, mostrando comparativamente regulares cambios anuales, aunque algo más complicados que las variaciones de temperatura y clorinidad del agua de mar.

Miyake (1956) encontró al hacer el estudio de la distribución vertical del oxígeno disuelto, y de la población local del plancton, que en casi todas las áreas pobres de oxígeno, eran localizadas zonas de alta productividad, a menos que prevalecieran fuertes corrientes de convección vertical como en las regiones del Artico y el Antártico.

### 3. - METODOLOGIA

Los datos sobre la distribución y variación anual del contenido de fósforo y de oxígeno disuelto, a lo largo del perfil de San Lorenzo, fueron obtenidos en el curso de los siguientes cruceros oceanográficos:

<u>Crucero N°</u>	<u>Fecha</u>
BAP Bondy 6102	Del 24 al 25 de febrero de 1961
BAP Bondy 6103	El 31 de marzo de 1961
BAP Bondy 6104	Del 26 al 28 de abril de 1961
BAP Bondy 6106	Del 7 al 8 de junio de 1961
BAP Bondy 6107	Del 17 al 18 de Julio de 1961
BAP Bondy 6108-1	Del 8 al 9 de agosto de 1961
BAP Bondy 6108-2	Del 25 al 26 de agosto de 1961
BAP Bondy 6110	El 10 de octubre de 1961
BAP Bondy 6112	Del 18 al 19 de diciembre de 1961
BAP Bondy 6201	Del 18 al 19 de enero de 1962

Las estaciones hidrográficas sucesivas dispuestas a lo largo del Perfil

de San Lorenzo, han sido seccionadas en áreas de 10 millas cuadradas, marcadas con letras: "A" designa el área más próxima a la costa, y B, C, D, E, y F. señalan sucesivamente a las demás, que se hallan más alejadas. Las estaciones de los distintos cruceros, correspondientes a cada área, se indican en el Cuadro N° 1.

La medición de las temperaturas fué hecha con termómetros reversibles; las determinaciones de oxígeno disuelto fueron hechas de acuerdo al método de Winkler, y la determinación de fosfato inorgánico fué analizada según los métodos propuestos por Wooster y Rakestraw, 1951 (febrero -junio 1961) y Strickland y Parsons, 1960 (julio 1961- enero 1962). La medición de la extensión fué hecha con un electrofotómetro Elko II, empleando filtro Zeiss 72 E y celda de 5.004 cm.

#### 4. DESCRIPCION

En 10 perfiles, presentamos la distribución del contenido de fosfato, oxígeno disuelto y de sus respectivas temperaturas, en el período de febrero de 1961 a enero de 1962, pudiéndose apreciar variaciones tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Para una mejor ilustración de las variaciones del contenido de fosfato, oxígeno disuelto y de sus respectivas temperaturas a lo largo del Perfil de San Lorenzo, los datos serán comentados por estaciones anuales, tales como: Verano ( enero, febrero y marzo), Otoño (abril, mayo y junio), Invierno (julio, agosto y setiembre) y Primavera (octubre, noviembre y diciembre).

A fin de poder apreciar la variación a través de una misma estación hidrográfica, se han seleccionado dos áreas como más representativas, una situada en la región de la plataforma (B), y otra fuera de la plataforma continental (F).

#### 4.1. - Distribución y variación anual de los fosfatos:

##### 4.1.1 - Distribución de los fosfatos:

Verano: (Figura 1) En la superficie del mar, la distribución de los fosfatos fué mayor cerca de la costa ( $1.0 - 2.0 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) que lejos de la misma ( $1.0 - 0.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ). Los mínimos contenidos fueron hallados en febrero (est. 82, 83, y 84) con  $0.47 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ .

En el plano vertical, el contenido de fosfatos mostró un aumento con la profundidad, sin embargo, durante los meses de febrero y marzo, la distribución fué algo irregular, debido probablemente a procesos de afloramiento y mezcla, la capa de mayor contenido fué de  $3.0 - 3.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , correspondiendo el máximo valor al mes de marzo con  $3.60 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ . Su mayor gradiente igualmente se halló en este mes ( $1.46 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ):

Otoño: - (Figura 2) En la superficie del mar la distribución de los fosfatos fué mayor cerca de la costa ( $1.5 - 2.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) que lejos de ésta ( $1.0 - 1.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ), y su mínimo valor ( $0.74 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) se registró en junio (est. 6).

La distribución de los fosfatos fué aumentando con la profundidad, siendo más homogénea que en verano. La capa de mayor contenido de fosfatos fué hallado entre  $3.0 -> 3.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , correspondiendo el máximo valor ( $3.94 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) al mes de junio.

La máxima gradiente ( $1.66 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) fué hallada en abril.

Invierno: - (Figura 3) En la superficie del mar la distribución de los fosfatos fué mayor cerca de la costa ( $1.5 - 2.5 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) que lejos de ella ( $0.5 - 1.0 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ), correspondiendo el mínimo valor de  $0.30 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  al mes de agosto (est. 7).

La distribución de los fosfatos fué incrementando con la profundidad, siendo bastante homogénea en el mes de julio y primera quincena de agosto, mientras que en la 2da. quincena mostró un proceso de afloramiento y mezcla. La capa de mayor contenido de fosfato fué hallada entre los 3.0 - 3.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , correspondiendo el máximo valor a julio con 3.54  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ . Hallándose en este mismo la máxima gradiente (0.92  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ).

Primavera: (Figura 4) En la superficie del mar los mayores contenidos correspondieron a las áreas cercanas a la costa (1.0 - 2.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) y las menores a las más alejadas (1.0 - 1.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) hallándose en el mes de diciembre (est. 5) el mínimo contenido de 1.0  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ .

Su distribución vertical aumentó con la profundidad, siendo casi homogénea. La capa conteniendo las mayores concentraciones fué encontrada entre los 3.0 - 3.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ , siendo hallado el máximo valor de 3.79  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  en el mes de octubre. La mayor gradiente fué hallada en diciembre (1.16  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ).

#### 4.1.2 .- Variación anual de los fosfatos:

Area "B". - (Figura 5) En la superficie del mar los menores contenidos de fosfato correspondieron a los meses de verano (0.5 - 1.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) incrementando en otoño (1.0 - 1.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) para alcanzar el máximo en el invierno (1.5 - 2.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) manteniéndose en primavera. El mínimo contenido (0.47  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) correspondió a febrero y el máximo (2.51  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a julio.

Su distribución mostró generalmente un incremento con la profundidad, aunque fué bastante irregular. Las mayores concentraciones de fosfato (3.0 - >3.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) fueron halladas a partir de los 30 m aproximadamente, en los meses de marzo, abril, junio, julio, octubre y diciembre, correspondiendo el máximo (3.79  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a octubre. La Máxima gradiente fué hallada en marzo (1.46  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) y la mínima en diciembre y agosto (0.23  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ).

Area "F". - (Figura 6) En la superficie del mar, la distribución de los fosfatos, mostró valores entre 0.5 -> 1.0  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  correspondiendo los menores a los meses de invierno, encontrándose el mínimo (0.30  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la 2da. quincena de agosto y el máximo (1.35  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en abril

La concentración de fosfatos fué incrementando con la profundidad; aunque su distribución fué irregular. Las mayores anomalías fueron encontradas en marzo y julio, donde se manifiesta un claro ascenso de las isolíneas de 2.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  hacia la superficie, los mayores valores de fofato (3.0  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) fueron hallados en marzo, julio y diciembre a partir de los 75 m. correspondiendo el máximo (3.28  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a julio. La mayor gradiente ( 1.18  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) se halló en junio y la mínima (0.43  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) en mayo.

#### 4.2. - Distribución y variación anual del oxígeno disuelto

##### 4.2.1. - Distribución del oxígeno disuelto

Verano :- (Figura 7) En la superficie del mar la distribución del oxígeno disuelto fué menor cerca de la costa, encontrándose valores mayores de 5.0 ml/L lejos de ella. El máximo valor (7.35 ml/L) se encontró en enero (est. 77).

La distribución vertical del oxígeno disuelto, fué decreciendo con la profundidad, mostrando sus isolíneas la tendencia a acercarse hacia la superficie de oeste a este. La capa de oxígeno disuelto con valores  $< 0.25 \text{ ml/L}$  fueron hallados a partir de los 15~80m. de profundidad. El mínimo valor encontrado fué de 0.05 ml/L en febrero (est. 82). La mayor gradiente (5.78 ml/L/10 m) se encontró en marzo (est. 77).

Otoño: (Figura 8) En la superficie del mar la distribución del oxígeno fué menor cerca de la costa; lejos de ésta se hallaron valores mayores de 5.0 correspondiendo el máximo (7.90 ml/L) a junio (est. 3).

La distribución vertical del oxígeno fué decreciendo con la pro-

fundidad, siendo sus isolíneas más homogéneas que en verano. La capa de oxígeno disuelto con valores  $< 0.25$  ml/L fué encontrada a partir de los 45 ~ 50 m. de profundidad, proyectándose hacia el fondo. Su mínimo valor fué de 0.11 en mayo y junio ( est. 20 y 3). Regiones aisladas dentro de esta capa con contenidos  $> 0.25$  ml/L y  $< 0.25$  ml/L fueron halladas entre los 75 ~ 500 m. de profundidad. La mayor gradiente ( 4.91 ml/L/10m) correspondió a junio (est. 3).

Invierno: (Figura 9) En la superficie del mar, los valores más bajos de oxígeno disuelto correspondieron a las áreas cercanas a la costa, hallándose a mayor distancia valores superiores a 4.0 ml/L. El máximo contenido (5.80 ml/L) se halló en agosto (est. 12).

La concentración del oxígeno disuelto fué decreciendo con la profundidad, mostrando sus isolíneas tendencia a levantarse a medida que se aproximan a la costa. La capa de oxígeno con valor  $< 0.25$  ml/L fué encontrada entre 20 ~ 100m. correspondiendo generalmente las mayores profundidades a las estaciones lejanas a la costa. Su mínimo valor (0.30 ml/L) fué hallado en julio (est. 1). La mayor gradiente (3.20ml/L/10 m) se halló en agosto (est. 3).

Primavera: (Figura 10) En la superficie del mar la distribución del oxígeno generalmente fué mayor de 4.0 ml/L a excepción de octubre en que fué menor (est. 1). Su máximo contenido (6.78 ml/L) fué hallado en octubre (est. 2).

La distribución vertical del oxígeno disuelto fué disminuyendo con la profundidad; presentando sus isolíneas cierta homogenidad en las capas superiores, mientras que debajo de los 50 m. mostraron regiones aisladas, con variados contenidos en diciembre (est. 5 y 7). La capa de oxígeno con valores 0.25 ml/L fué hallada a partir de 20 ~ 140 m. en octubre, mientras que en diciembre esta isolínea se encontró a 20 m. en la estación 1, hundiéndose hasta los 50 m. en la est. 5, proyectándose luego hacia el fondo. La mayor gradiente (3.47 ml/L/10 m) fué encontrada en diciembre (est. 5).

#### 4.2.2. - Variación anual del oxígeno disuelto:

Area "B". - (Figura 11) En la superficie del mar, se encontraron en el verano los mayores valores (5.0  $\rightarrow$  6.0 ml/L) y luego decrecieron en otoño ( $\triangleright$  5.0 ml/L) logrando su mínimo contenido en el invierno (5.00  $\rightarrow$  3.00 ml/L), para aumentar nuevamente en la primavera (4.00  $\rightarrow$  6.00 ml/L). El mínimo contenido de oxígeno disuelto fué de 3.12 ml/L en julio y el máximo fué de 6.84 ml/L en enero.

El contenido de oxígeno disuelto fué decreciendo con la profundidad, mostrando sus isolíneas una distribución bastante homogénea, a excepción del mes de agosto, donde alcanzaron su mayor profundidad. La capa de oxígeno con valores  $< 0.25$  ml/L se comenzó a encontrar entre los 20  $\sim$  50 m. a excepción del mes de agosto, donde se le halló a 75 m. La mayor gradiente (3.75 ml/L/10 m) fué hallada en enero y la menor (1.26 ml/L/10 m) en la primera quincena de agosto.

Area "F". - (Figura 12) En la superficie del mar la distribución de oxígeno disuelto mostró valores entre 4.0  $\rightarrow$  5.0 ml/L. El máximo contenido fué de 5.90 ml/L encontrado en abril y el mínimo 4.69 ml/L en julio.

En el plano vertical su concentración fué decreciendo con la profundidad. La capa de oxígeno  $< 0.25$  ml/L se encontró a partir de los 40  $\sim$  80 m., alcanzando su mayor profundidad (100m) en agosto, a excepción de las isolíneas de 0.25 ml/L que se encontraron entre diciembre y enero, las cuales desde los 80 m. se proyectan hasta el fondo. La mayor gradiente se halló en abril (4.30 ml/L/10 m) y la menor en enero (0.88 ml/L/10 m).

#### 4.3 Relación de los fosfatos y oxígeno disuelto con sus respectivas temperaturas.

La importancia de la relación del contenido de fosfato y del oxígeno disuelto con la temperatura, ha sido comentado en un trabajo anterior (Guillen, 1962 a v b).

#### 4.3.1 Distribución de las temperaturas.

Verano: (Figura 1) En la superficie del mar, las temperaturas fueron aumentando a partir de la costa hacia el oeste ( $18^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$ ). La mínima temperatura fué de  $17.73^{\circ}\text{C}$  en febrero (est. 86) y la máxima  $23.01^{\circ}\text{C}$ , en febrero (est. 80).

Las isotermas mostraron una tendencia a ascender a la superficie a medida que se aproximaban a la costa. La mayor gradiente fué hallada en febrero ( $5.18^{\circ}\text{C}/10\text{m}$ )°

Otoño: (Figura 2) En la superficie del mar las temperaturas fueron aumentando a medida que se alejaban de la costa ( $17^{\circ}\text{C} - 19^{\circ}\text{C}$ ). La mínima fué  $16.66^{\circ}\text{C}$  encontrada en junio y la máxima en mayo con  $19.33^{\circ}\text{C}$ .

La distribución de las isotermas fué bastante homogénea con la profundidad. La mayor gradiente ( $3.01\text{ ml/L}/10\text{ m}$ ) corresponde a abril.

Invierno: (Figura 3) En la superficie del mar las temperaturas fueron incrementando conforme se alejaba de la costa ( $15^{\circ}\text{C} - 17^{\circ}\text{C}$ ). La mínima fué  $15.18^{\circ}\text{C}$  correspondiente a Julio (est. 3) y la máxima ( $17.79^{\circ}\text{C}$ ) a la 2da. quincena de agosto (est. 8).

La distribución de las isotermas fué bastante homogénea, con ligera tendencia a subir hacia la superficie, a medida que se acercaban a la costa. La mayor gradiente vertical ( $1.00^{\circ}\text{C}/10\text{m}$ ) fué hallada en julio (est. 8).

Primavera: (Figura 4) En la superficie del mar al igual que en las estaciones arriba mencionadas fueron aumentando con la distancia de la costa ( $15^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$ ). La mayor ( $21.30^{\circ}\text{C}$ ) correspondió a diciembre (est. 7) y la mínima ( $14.60^{\circ}\text{C}$ ) fué hallada en octubre (est. 1).

La distribución de las isotermas fué homogénea. La mayor gradiente se encontró en diciembre ( $2.74^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ).

#### 4.3.2. Variación anual de las temperaturas.

Area "B". - (Figura 5) En la superficie del mar los mínimos valores correspondieron a los meses de invierno ( $15^{\circ}\text{C}$  -  $16^{\circ}\text{C}$ ) aumentando en primavera ( $16^{\circ}\text{C}$  -  $17^{\circ}\text{C}$ ) y llegando a la máxima temperatura en verano ( $18^{\circ}\text{C}$  -  $21^{\circ}\text{C}$ ), bajando lentamente en el otoño ( $19^{\circ}\text{C}$  -  $17^{\circ}\text{C}$ ). La máxima temperatura ( $20.95^{\circ}\text{C}$ ) fué hallada en febrero y la mínima ( $15.18^{\circ}\text{C}$ ) en julio.

Las temperaturas entre  $12^{\circ}\text{C}$  y  $13^{\circ}\text{C}$  fueron encontradas a partir de los 40~100 m. de setiembre a enero, mientras que, desde febrero a agosto se hallaron temperaturas mayores de  $14^{\circ}\text{C}$ , debajo de los 40 m.

Area "F". - (Figura 6) En la superficie del mar las máximas temperaturas fueron halladas en verano ( $22^{\circ}\text{C}$  -  $23^{\circ}\text{C}$ ), decreciendo gradualmente en otoño ( $22^{\circ}\text{C}$  -  $19^{\circ}\text{C}$ ) y alcanzando las mínimas temperaturas en el invierno ( $16^{\circ}\text{C}$  -  $17^{\circ}\text{C}$ ) y para aumentar luego en primavera. La mínima temperatura encontrada ( $16.88^{\circ}\text{C}$ ) correspondió a julio y la máxima a febrero ( $23.01^{\circ}\text{C}$ ).

A los 200 m. de profundidad se hallaron temperaturas mayores que  $12^{\circ}\text{C}$ , a excepción de julio en el cual se encontraron menores.

### 5. - DISCUSION

Las variaciones del contenido de fosfatos, oxígeno disuelto y de sus respectivas temperaturas durante el año fueron bien marcadas;

En el verano, al aumentar la temperatura por calentamiento en la superficie y la fuerte estratificación de la densidad, se redujo la mezcla vertical en las capas superficiales. El contenido de fosfatos en las capas superficiales disminuyó, correspondiendo los más bajos valores al mes de febrero debido probablemente al consumo de las diatomeas, es decir que los cambios en la concentración de los fosfatos son causados por el fitoplancton. La distribución estacional del oxígeno disuelto fué similar a la de la temperatura. Las algas plantónicas y los bentos son fotosintéticos y generan un exceso de

oxígeno durante el verano. Este es el probable origen de la alta concentración del oxígeno encontrado en las capas superficiales. Cuando las algas (particularmente los bentos) mueren, se hunden y se descomponen aumentando la demanda por oxígeno. Esto probablemente mantiene la zona de deficiencia del oxígeno debajo de las capas superficiales.

En el otoño la estratificación de la densidad decreció y la concentración de los fosfatos en la superficie aumentó, debido a la mezcla en la columna de agua más que por regeneración in situ. Mientras que el contenido de oxígeno disuelto decreció en la superficie.

En el invierno, la distribución vertical de las densidades fué bastante homogénea, aunque mucho menos que esos hallados en aguas más profundas lejos de la costa, logrando el máximo valor para el año. Igualmente la distribución del contenido de fosfatos, oxígeno disuelto y las temperaturas fué más o menos homogénea.

En la primavera, la estratificación de la columna de agua fué intensificada por el calentamiento de la capa superficial, trayendo consigo un aumento en el contenido de oxígeno y disminución de fosfatos en la superficie del mar, debido a la intensificación de la actividad fotosintética.

Las principales anomalías encontradas en la variación anual de los fosfatos, oxígeno disuelto y temperaturas fueron encontradas tanto en el Area B como en la F en el invierno (Agosto), debido al hundimiento de la masa de agua, causado por el brusco incremento de la densidad originada por el descenso de la temperatura en las capas superficiales del mar. La otra anomalía encontrada fué en el área F entre marzo y abril, en el cual se pudo observar el hundimiento de la masa de agua, causada por el aumento de la densidad, debido al brusco descenso de la temperatura.

Las anomalías antes mencionadas mostraron no solamente cambios en densidad, sino que estuvieron acompañados por cambios en las propiedades físicas y químicas del agua de mar.

## 6. - CONCLUSIONES

El presente estudio, realizado a lo largo del Perfil de San Lorenzo, nos lleva a las siguientes conclusiones, con respecto al contenido de fosfato, oxígeno disuelto y de sus respectivas temperaturas;

1. - En la superficie del mar, a través del año, se hallaron mayores contenidos de fosfato cerca de la costa que lejos de ella; en cambio la distribución de las temperaturas fué aumentando con la distancia de la costa; mientras que el oxígeno disuelto alcanzó sus mayores concentraciones lejos de ésta, correspondiendo el mínimo contenido de fosfatos ( $0.30 \text{ ug-at PO}_4\text{P/L}$ ) al mes de agosto y el mayor valor de oxígeno disuelto de  $7.90 \text{ ml/L}$  al mes de junio.

2. - La capa conteniendo las mayores concentraciones de fosfatos fué encontrada generalmente entre los valores  $3.0 - 3.5 \text{ ug-at PO}_4 - \text{P/L}$ . La capa de oxígeno con valores  $< 0.25 \text{ ml/L}$  se halló a lo largo de todo el año, correspondiendo el mínimo valor ( $0.03 \text{ ml/L}$ ) a julio.

3. - Las máximas gradientes halladas de fosfatos, oxígeno disuelto y temperatura fueron de:  $1.66 \text{ ug-at PO}_4\text{-P/L/10 m.}$ ,  $5.78 \text{ ml/L/10m.}$  y  $5.18^\circ\text{C/10 m.}$ , correspondientes a abril, marzo y febrero, respectivamente.

4. - A lo largo de los perfiles se ha podido apreciar que las termoclinas estan a profundidades relativamente escasas ( $0 \sim 30\text{m}$ ) y, por consiguiente los nutrientes están aptos para ser aprovechados en la producción de las plantas. Sin embargo, en el invierno se observó que las termoclinas estuvieron algo más profundas y menos pronunciadas.

5. - Las variaciones en el Area "B" durante el año fueron bien marcadas. En el invierno, la distribución de los fosfatos, oxígeno disuelto y las temperaturas fué más o menos uniforme, en cambio en el verano, al aumentar la temperatura por calentamiento en la superficie y la fuerte estratificación de la densidad, se redujo la mezcla vertical en las capas superficia

les. El contenido de fosfato disminuyó , debido probablemente al consumo de las diatomeas las cuales empezaron a multiplicarse. Las máximas temperaturas, los mayores contenidos de oxígeno disuelto y las bajas concentraciones de fosfatos fueron encontrados en el verano y casi inversamente en el invierno donde la distribución fué bastante homogénea. En general la distribución de las isolíneas de oxígeno disuelto y las isothermas fueron más homogéneas que las de fosfatos.

6. - Aunque carecemos de datos en los meses de setiembre, octubre y noviembre el área "F" mostró también variaciones estacionales, resultando la distribución de sus isolíneas algo menos homogéneas que en el área "B".

#### 7. - BIBLIOGRAFIA

##### BRANDHORST W.

- 1958 Thermocline topography, Zooplankton standing crop, and mechanism of fertilization in the eastern tropical Pacific. Journal Du Conseil, Vol. XXIV, N° 1: 16-31.

##### DISCOVERY COMMITE

- 1949 Station list R. R. S. "William Scoreby" 1931-1938. Discovery Rep. 25: 143-280.

##### HENTSCHEL E. AND WATTENBERG, H.

- 1930 Plankton und phosphat in der Oberflächenschicht des Südatlantischen Ozeans. Ann. Hydrogr., Ber., 58, 27 3.

##### ICHIYE TAKASHI

- 1954 On the distribution of oxygen and their seasonal variations in the adjacent seas of Japan (1). Om, 6 (2), 41-66.

##### ICHIYE TAKASHI

- 1954 On the distribution of oxygen and their seasonal variations in the adjacent seas of Japan (2). Om, 6 (2), 67-100.

##### ICHIYE TAKASHI

- 1954 On the distributions of oxygen and their seasonal variations in the adjacent seas of Japan (III) Om, 6 (3): 101-131.

MIYAKE Y. AND SARUHASHI K.

1956 On the vertical distribution of the dissolved oxygen in the ocean.  
Deep sea Research: Vol. 3: 242-247.

SCHOTT GERHARD

1935 Geographie des indischen und stillen Ozeans. XIX - 413 pp., 37  
Charts, 114 figs, Hamburg, c. Boysen.

STRICKLAND J. D. H. & T. R. PARSONS.,

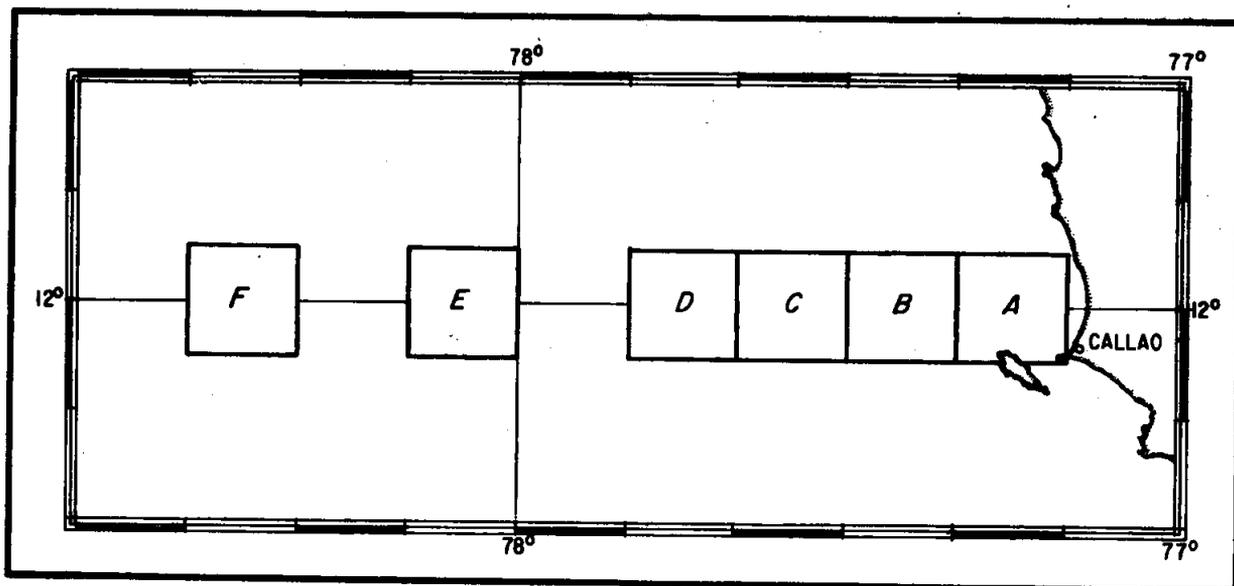
1960 "A manual of sea water analysis." Fisheries Research Board of  
Canada. Bull. N° 125.

WOOSTER W. S. AND RAKESTRAW N. W.

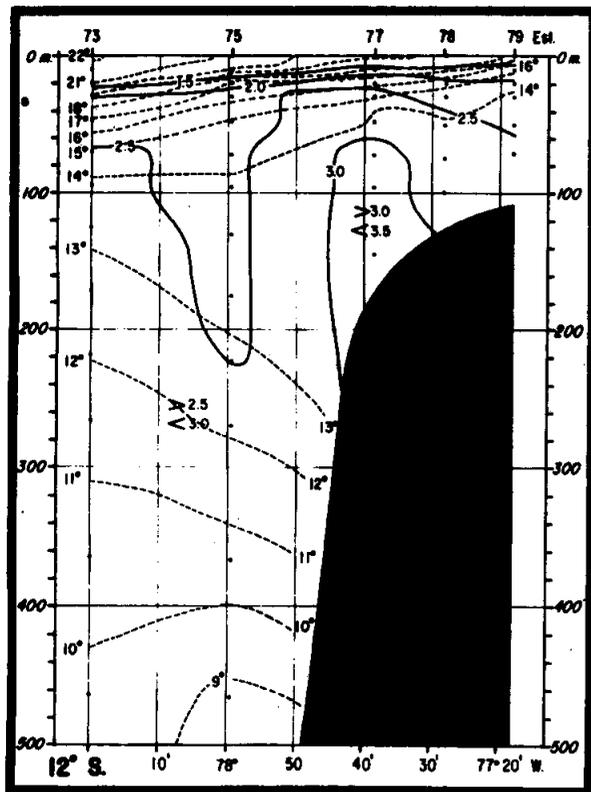
1951 The estimation of dissolved phosphate in sea water. J. Mar Res.  
10, 1.

WOOSTER W. S. AND CROMWELL T.

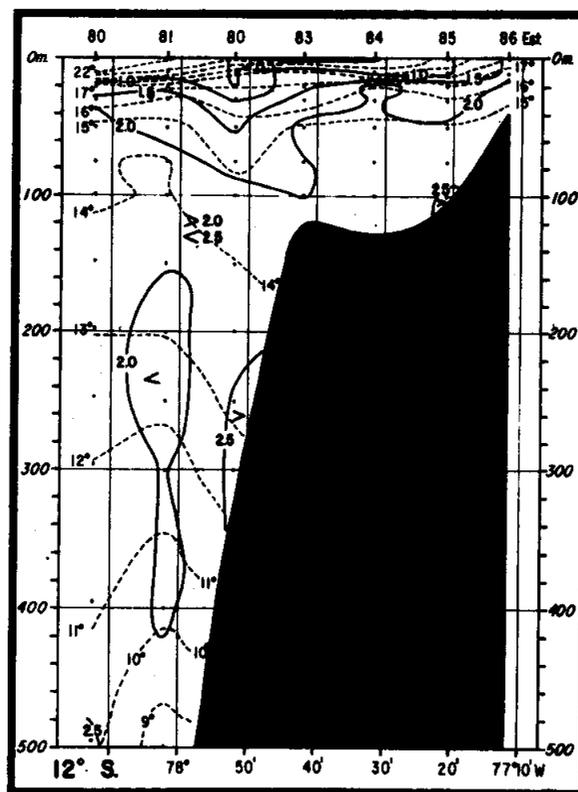
1958 An oceanographic description of the eastern tropical Pacific.  
Bull. Scripps. Oceanog. 7, N° 3; 169-182.



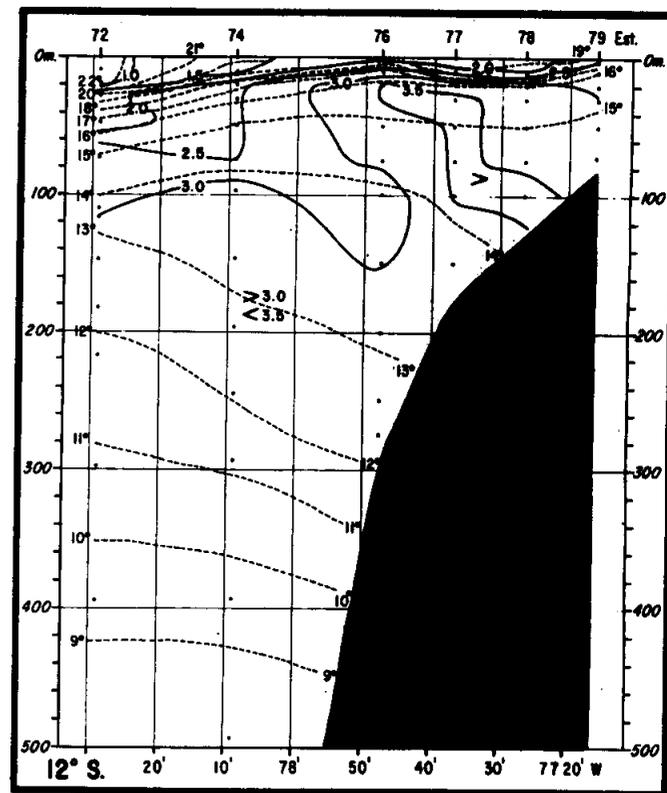
Carta No. 1. - Distribución de las áreas a lo largo del Perfil de San Lorenzo.



Enero

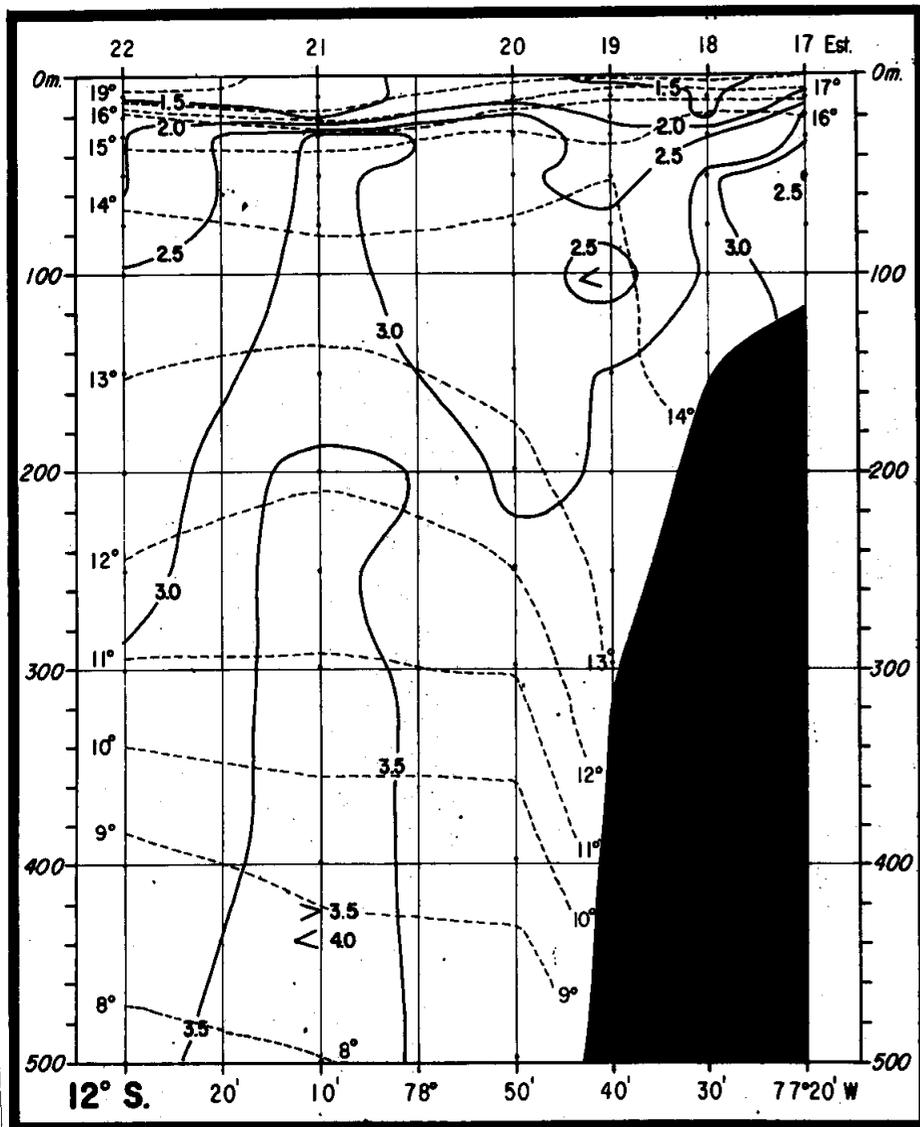


Febrero

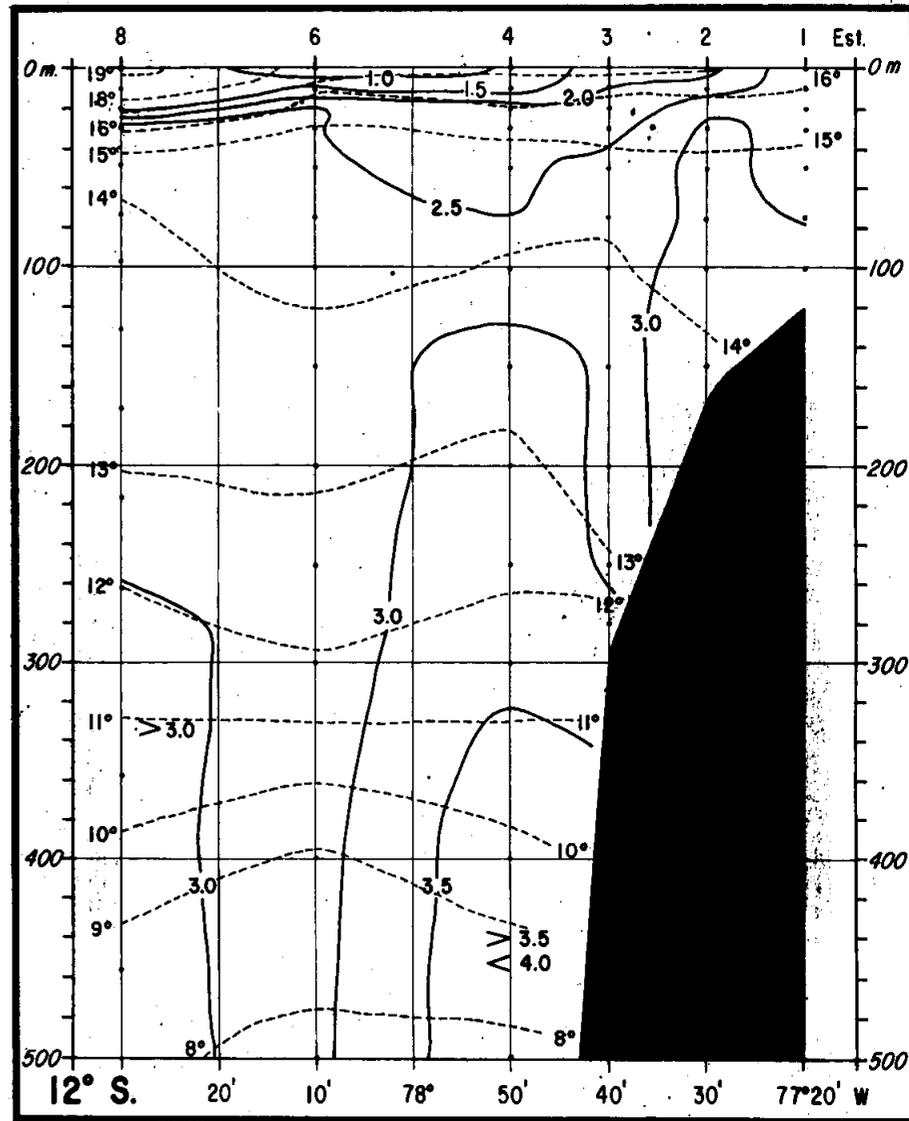


Marzo

FIGURA 1. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Verano.

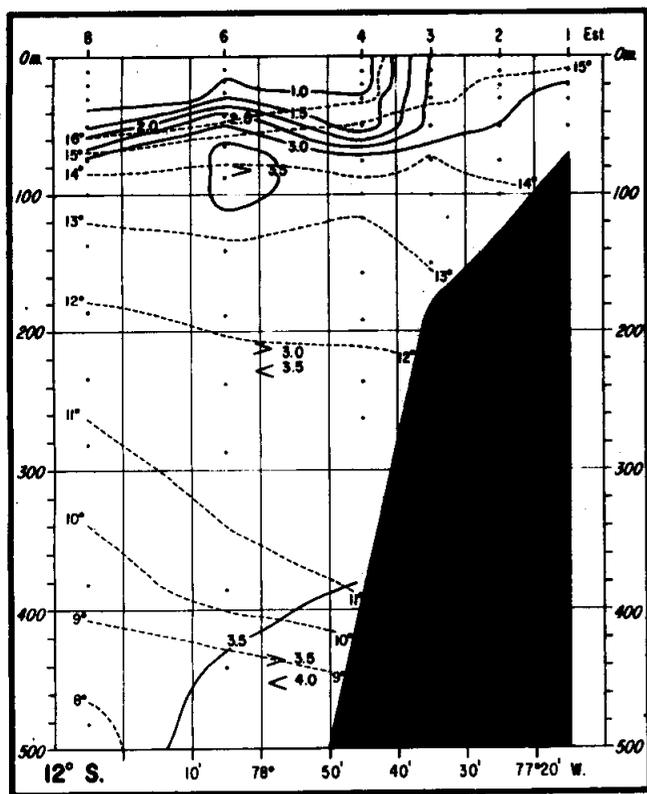


Abril

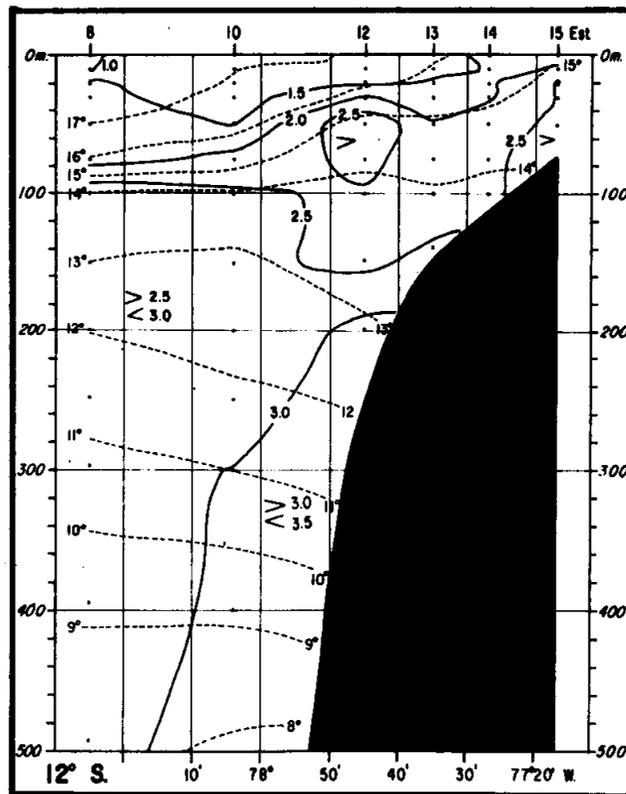


Junio

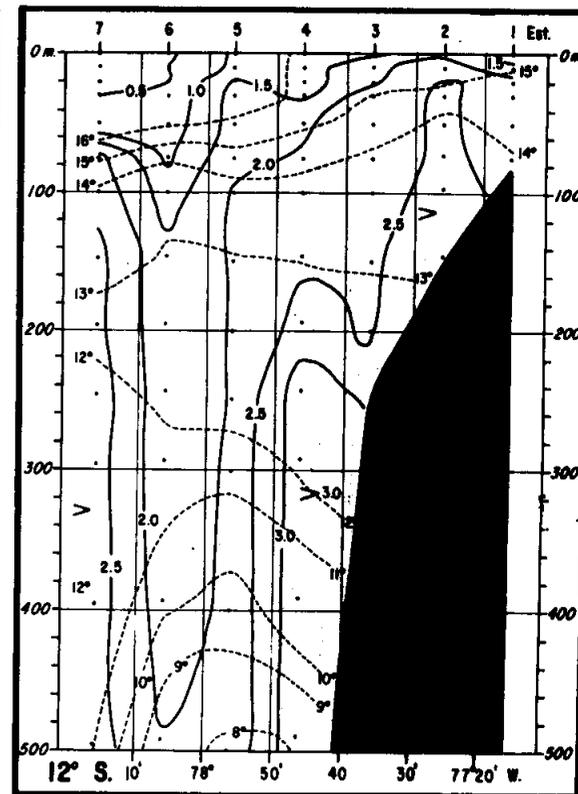
FIGURA 2. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Otoño.



Julio

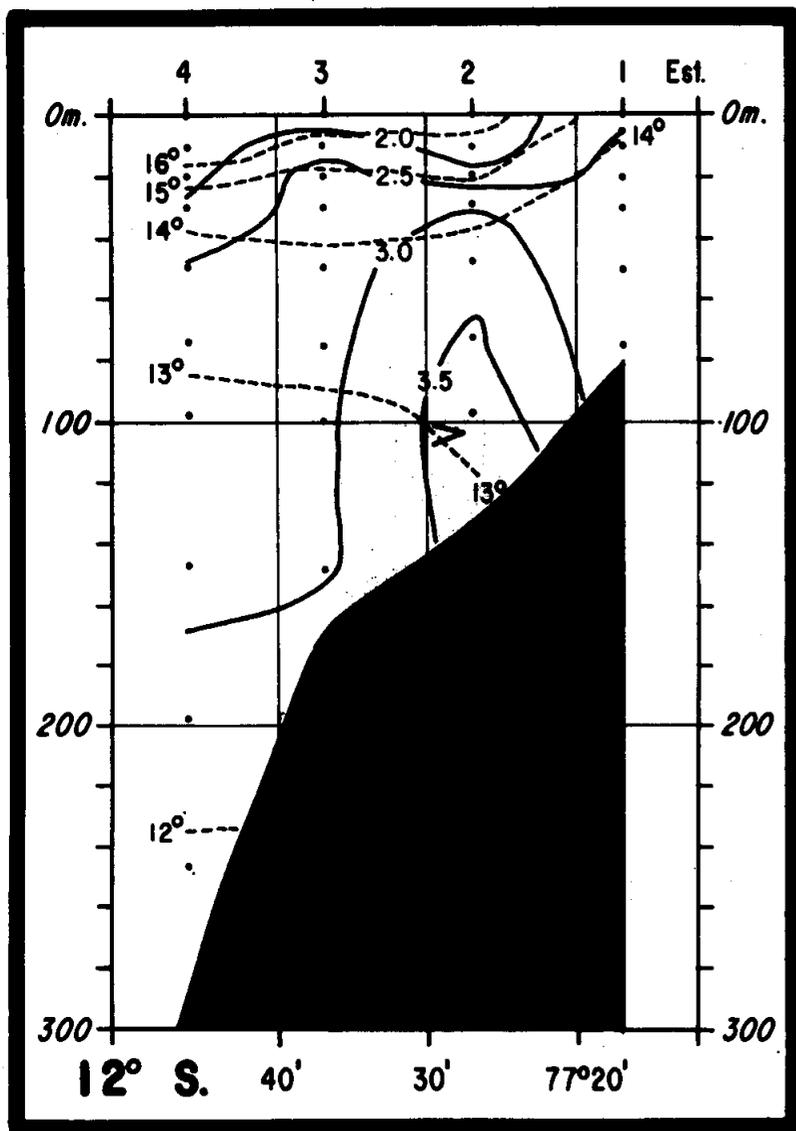


8 - 9 Agosto

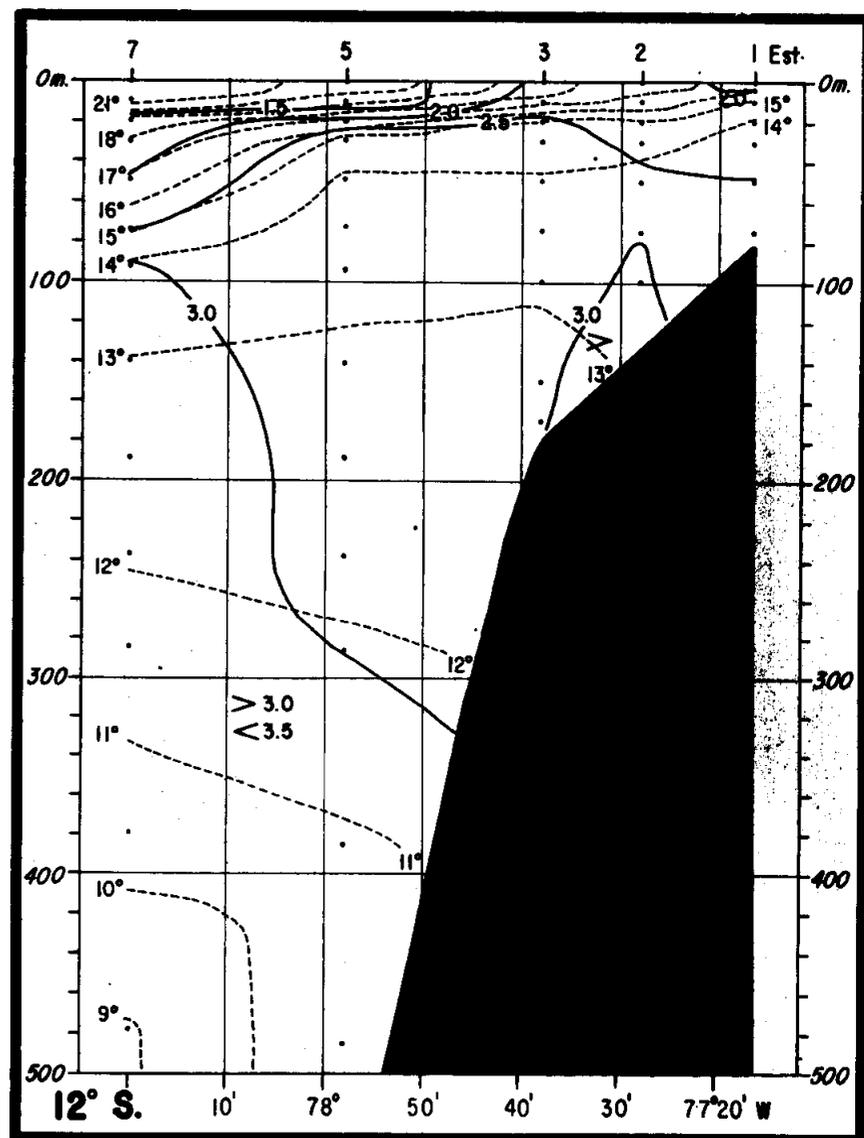


-25 -26 Agosto

FIGURA 3. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Invierno.



Octubre



Diciembre

FIGURA 4. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Primavera.

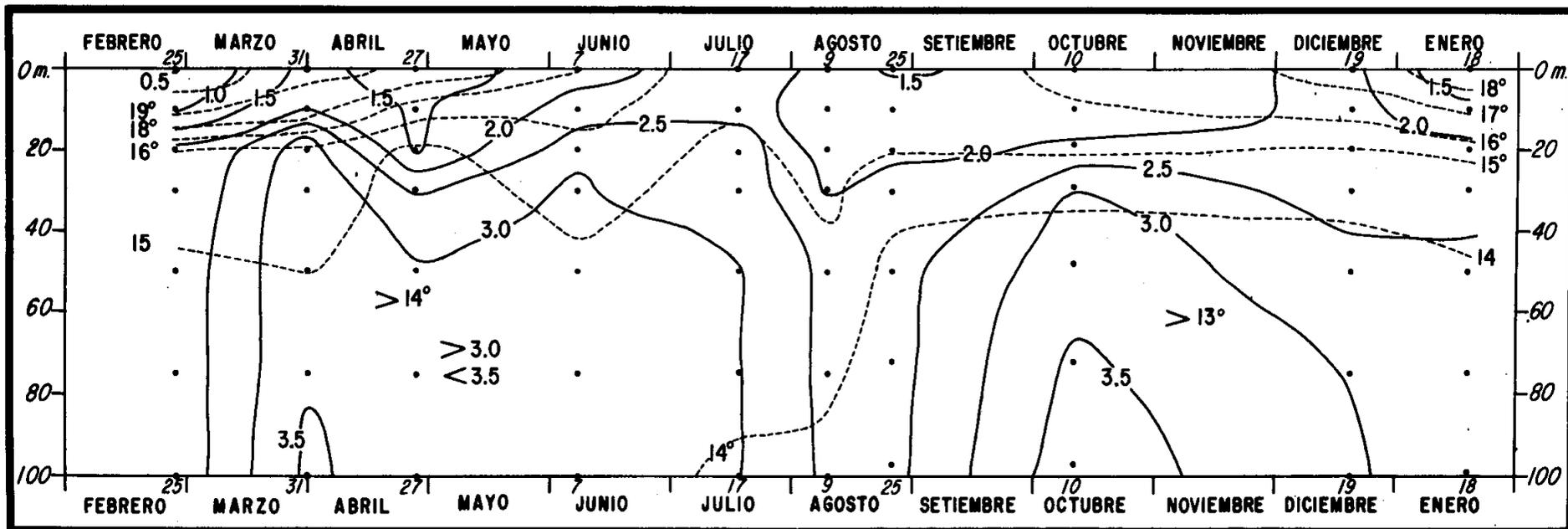


FIGURA 5. - Variación anual de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4 - \text{P/L}$ ) en el área "B" Febrero 1961 - Enero 1962

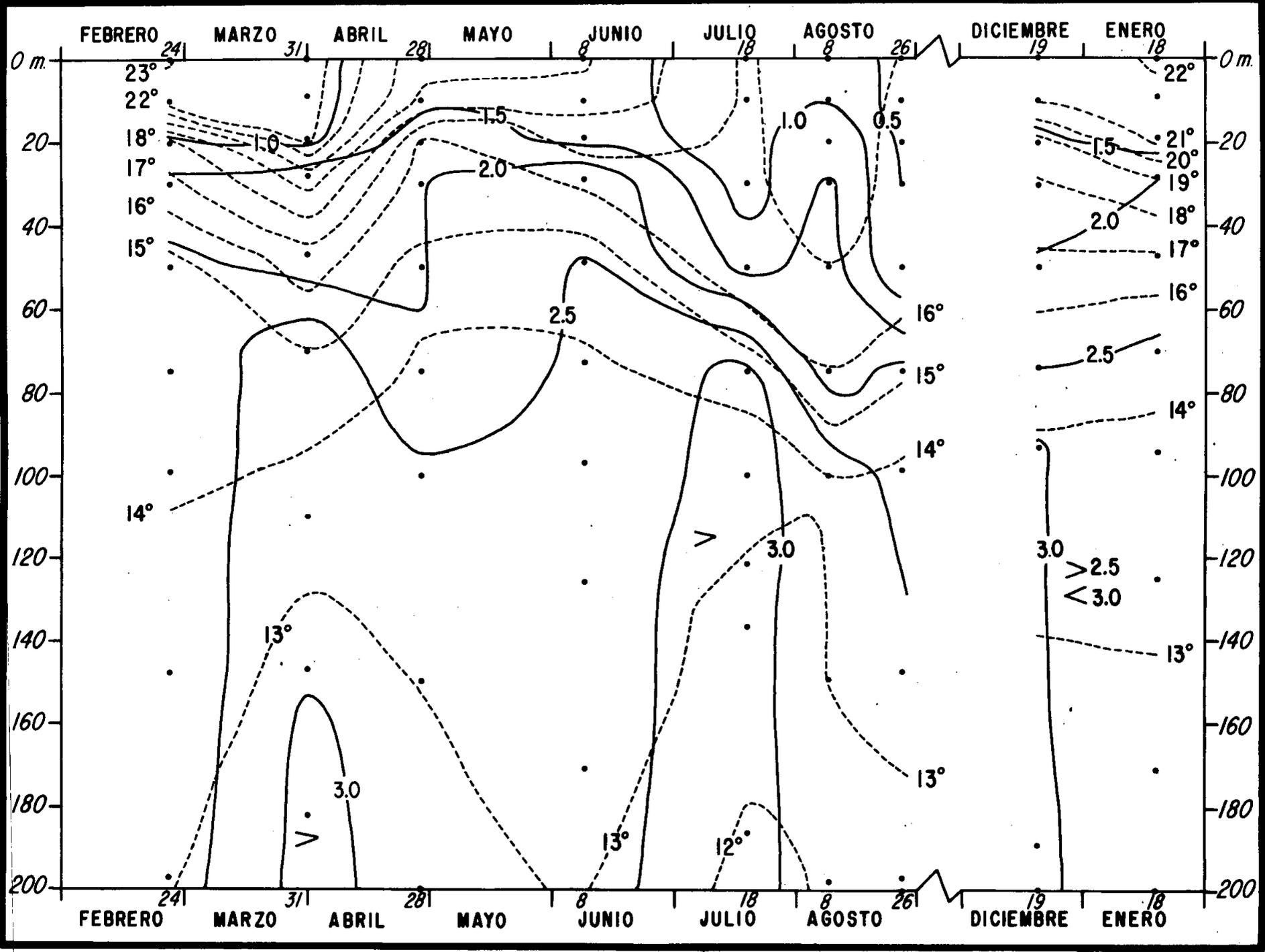
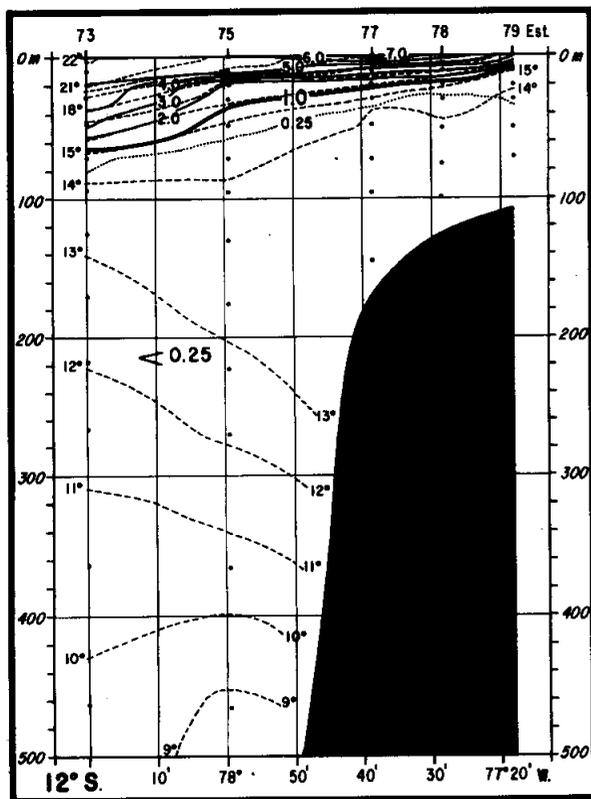
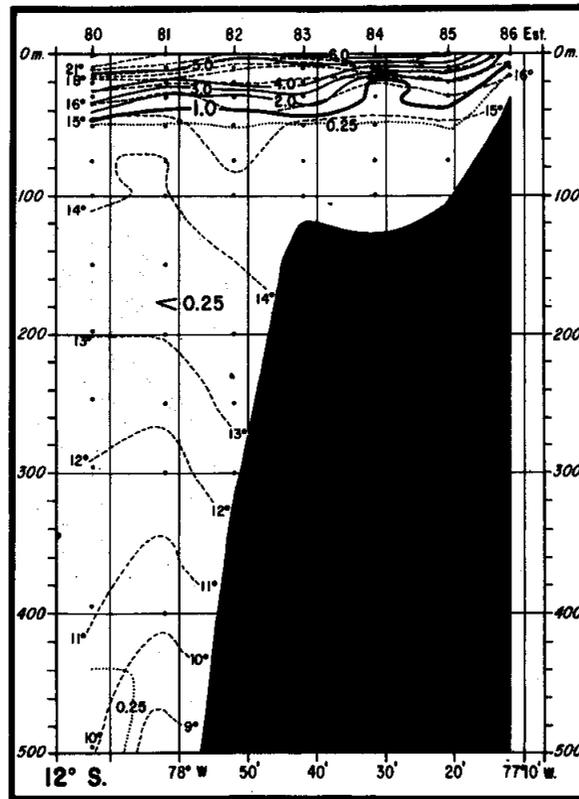


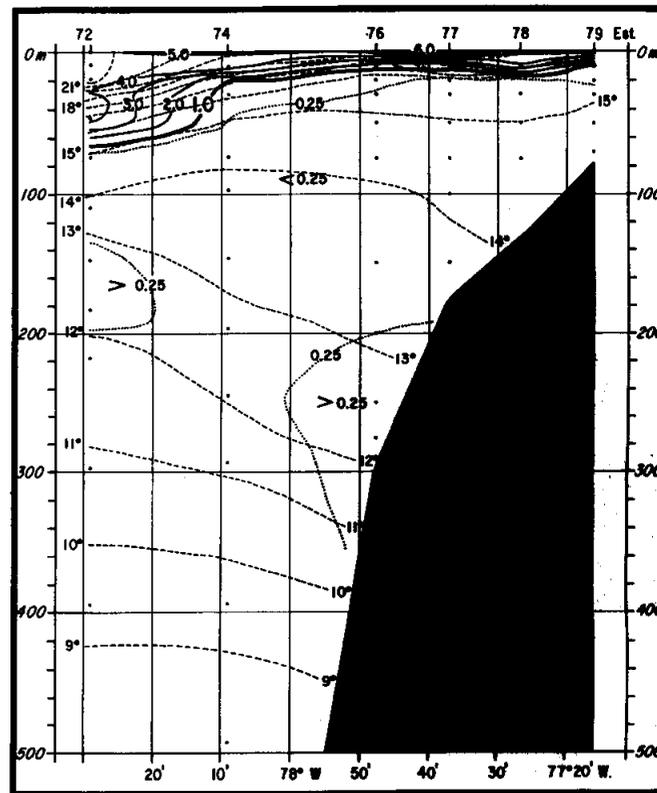
FIGURA 6. - Variación anual de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en el área "F". Febrero 1961 - Enero 1962



Enero

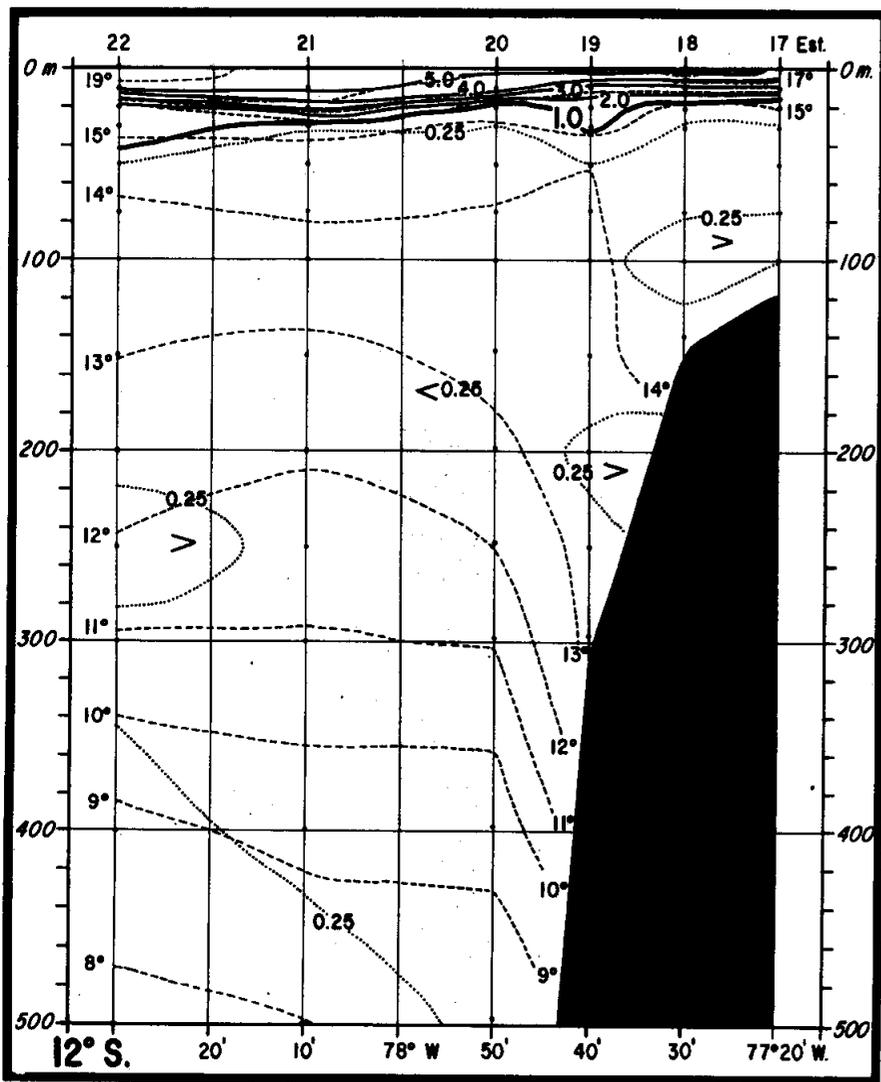


Febrero

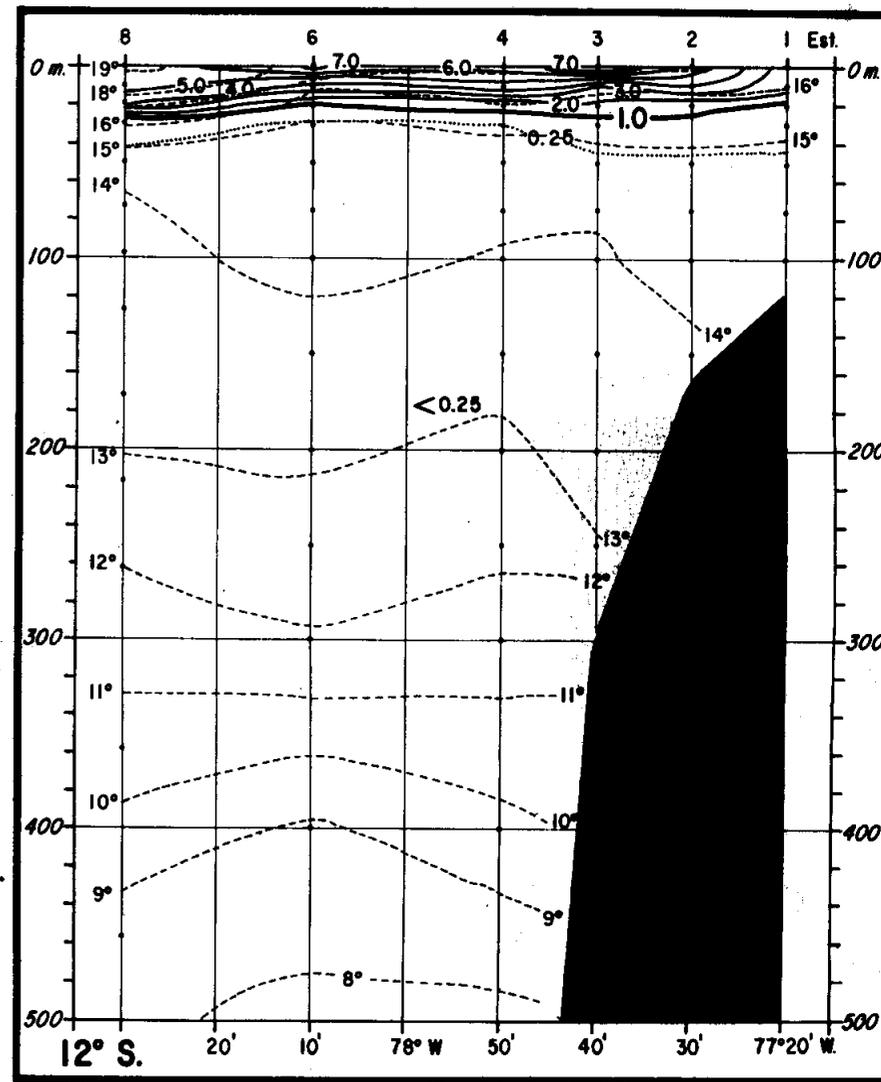


Marzo

FIGURA 7. - Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Verano.

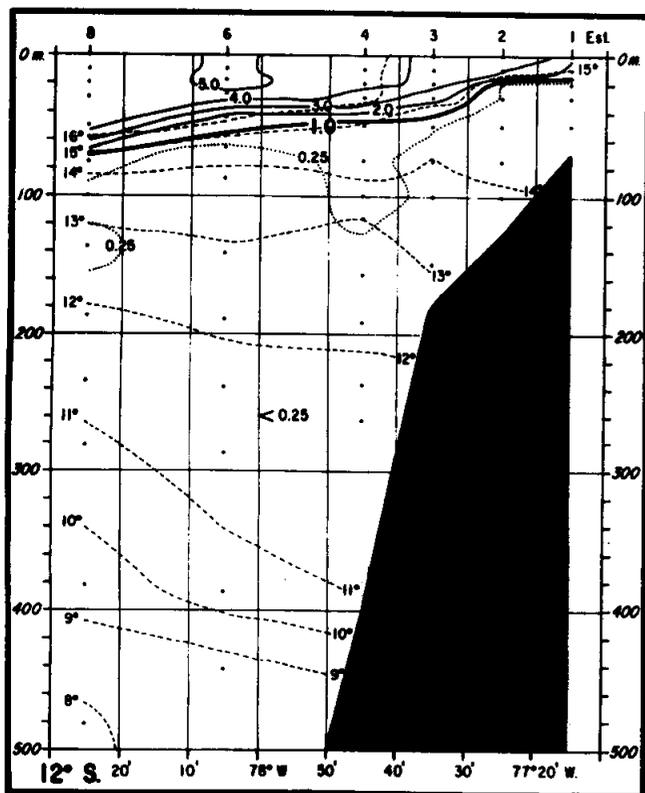


Abril

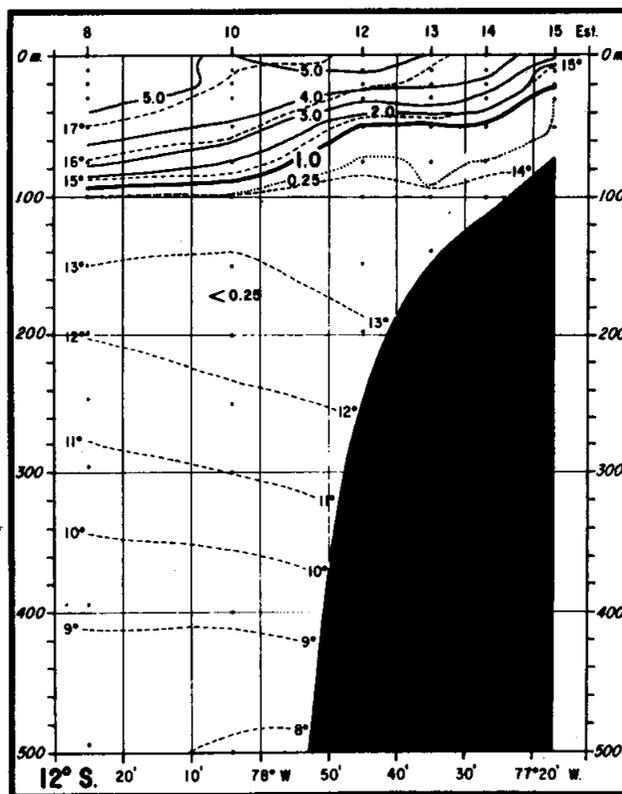


Junio

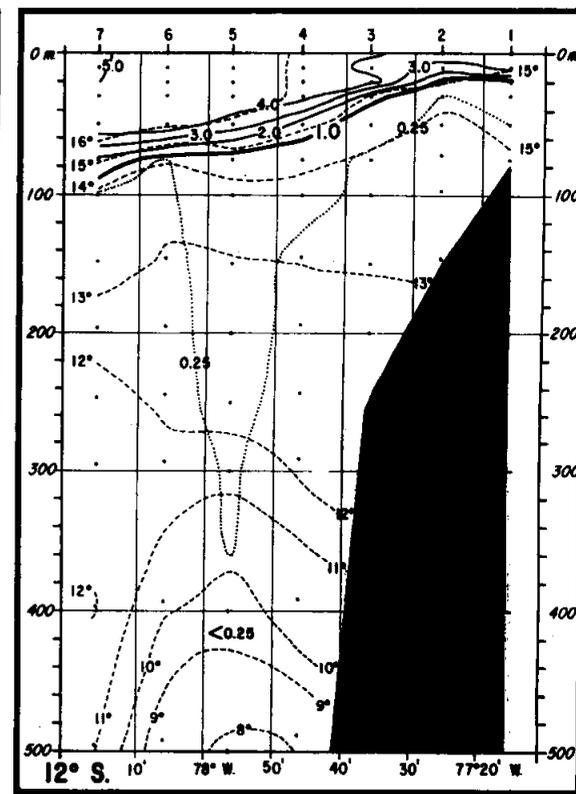
FIGURA 8. - Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Otoño.



Julio

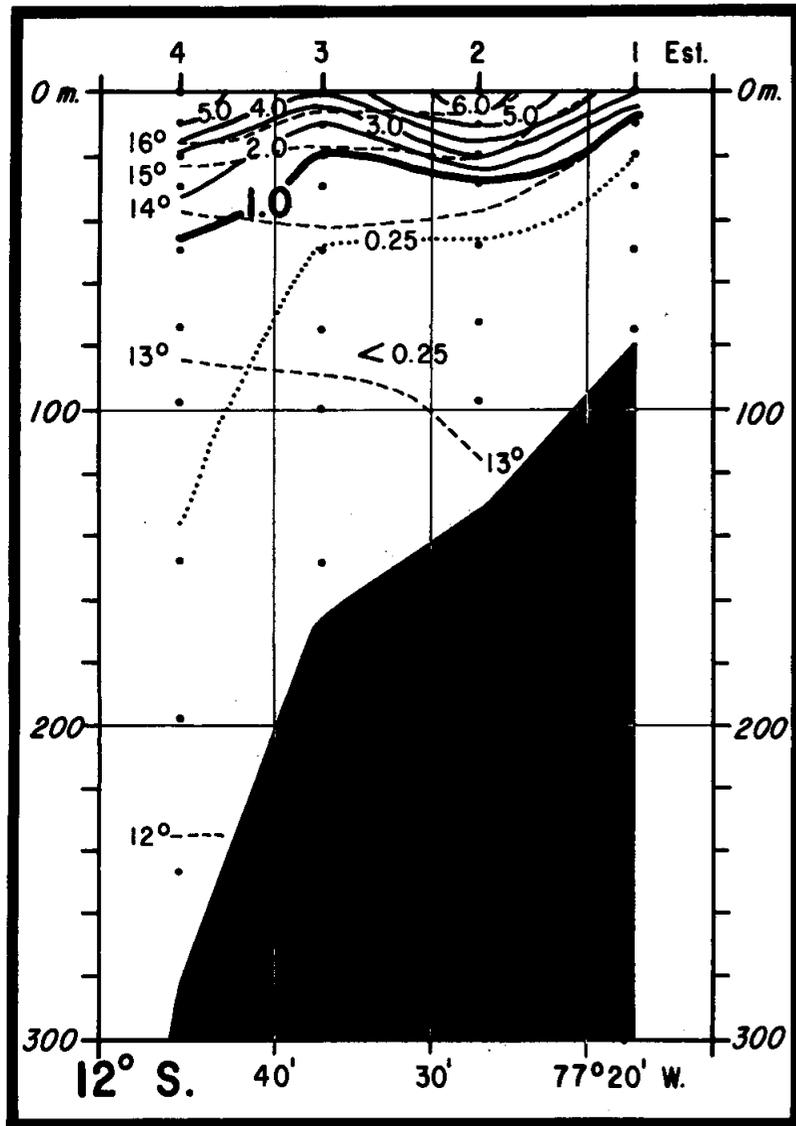


8 - 9 Agosto

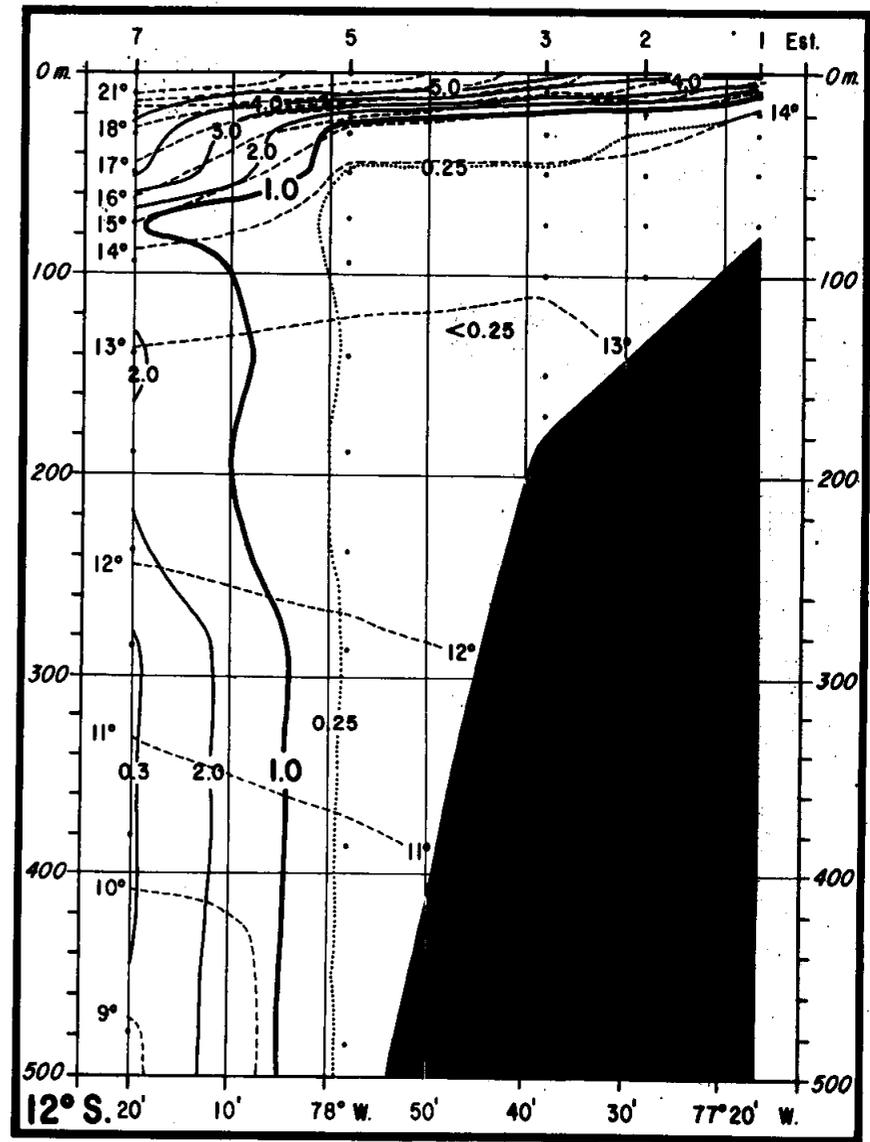


25-26 Agosto

FIGURA 9. - Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Invierno.



Octubre



Diciembre

FIGURA 10. -Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Primavera.

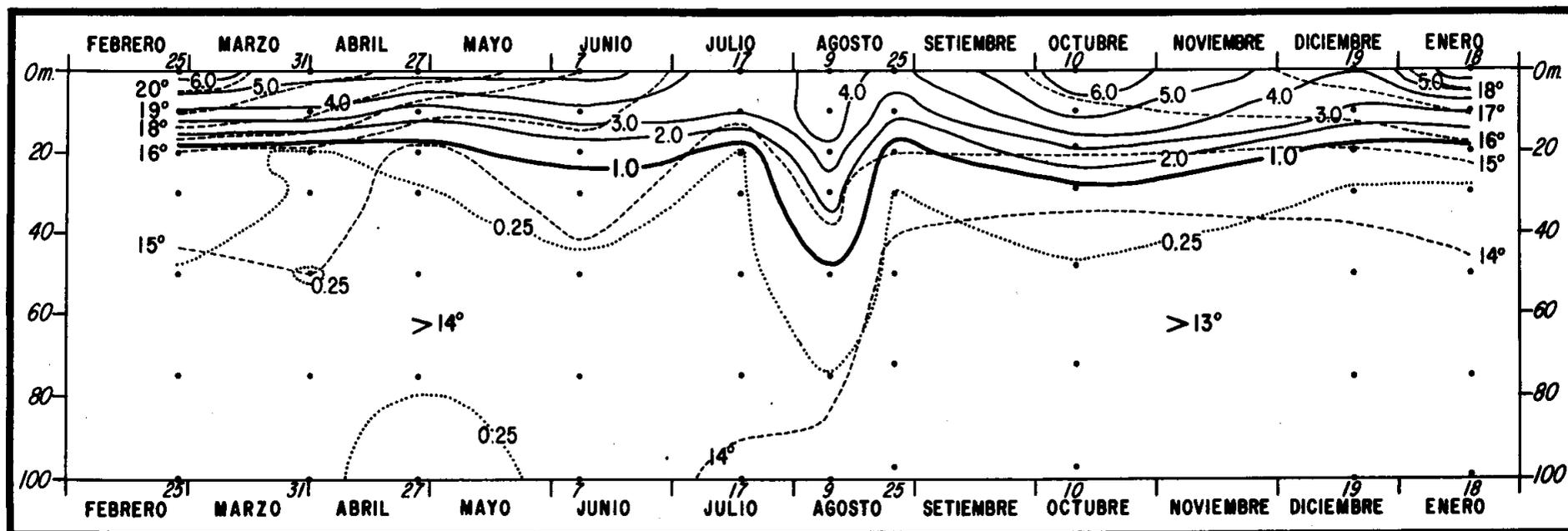


FIGURA 11. - Variación anual del oxígeno disuelto (ml/L) en el 'área "B"'. Febrero 1961 - Enero 1962

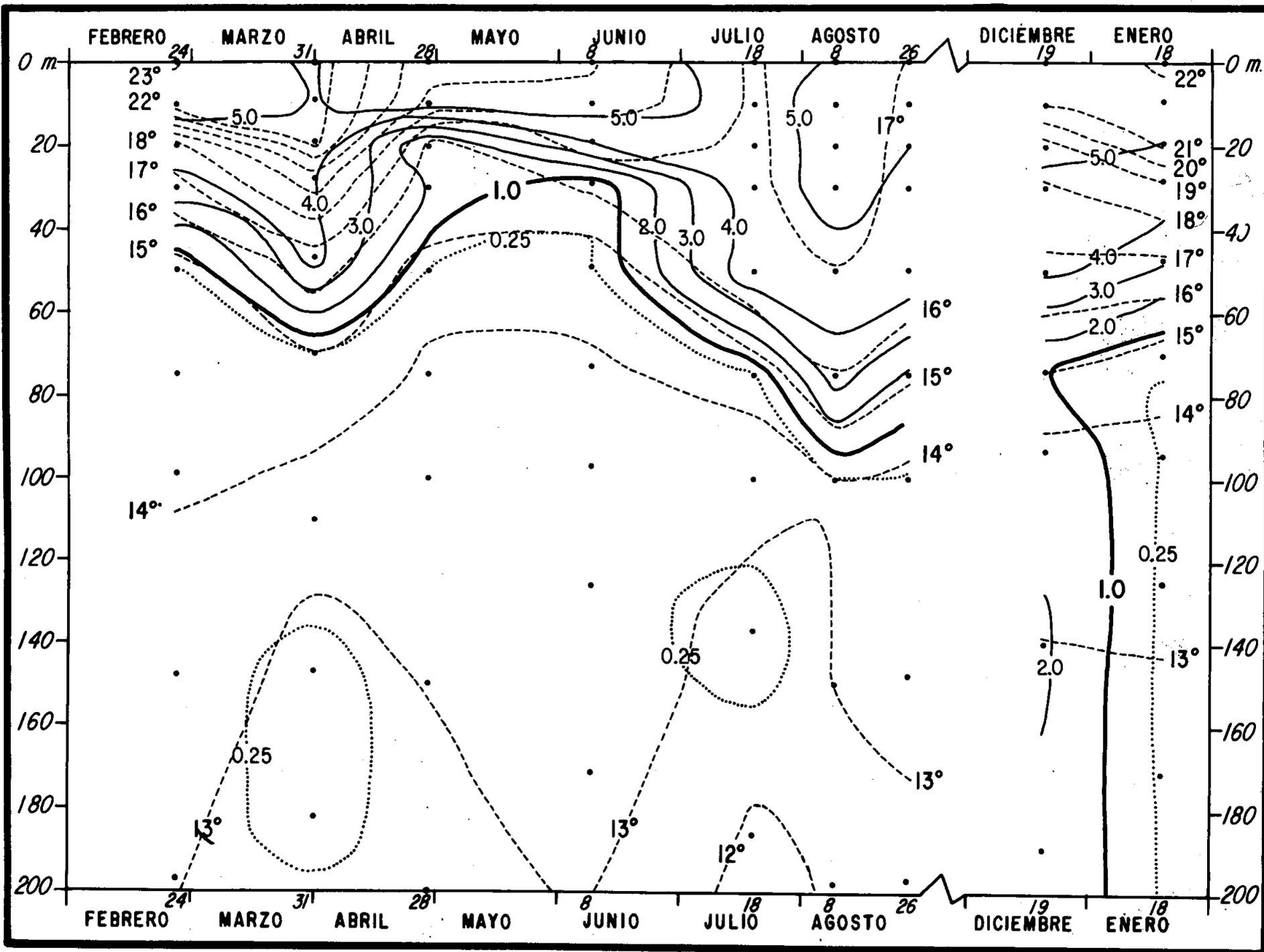


FIGURA 12. - Variación anual del oxígeno disuelto (ml/L) en el área "F". Febrero 1961 - Enero 1962

DISTRIBUCION Y VARIACION ANUAL DE FOSFATOS Y OXIGENO DISUELTO EN EL AREA MARITIMA DEL CALLAO DURANTE EL AÑO DE 1962

Por

Oscar Guillén

I N D I C E

	Pág.
1. - Introducción .....	1
2. - Parte Descriptiva.....	1
2.1. - Distribución y variación anual de los fosfatos:	
2.1.1. - Distribución de los fosfatos.....	2
2.1.2. - Variación anual de los fosfatos.....	3
2.2. - Distribución y variación anual del oxígeno disuelto:	
2.2.1. - Distribución del oxígeno disuelto.....	4
2.2.2. - Variación anual del oxígeno disuelto.....	4
2.3. - Relación de los fosfatos y oxígeno disuelto con sus respectivas temperaturas.....	5
2.3.1. - Distribución de las temperaturas.....	5
2.3.2. - Variación anual de las temperaturas.....	6
3. - Discusión y Conclusiones .....	6
4. - Bibliografía .....	7

\*\*\*\*\*

DISTRIBUCION Y VARIACION ANUAL DE FOSFATOS Y OXIGENO DISUELTO EN EL AREA MARITIMA DEL CALLAO DURANTE EL

AÑO DE 1962

Por

Oscar Guillén

1. - INTRODUCCION

Los análisis del agua del mar colectados durante el año de 1962 en los perfiles de San Lorenzo, hasta 70 millas aproximadamente mar afuera, son presentados en la misma forma que los correspondientes al año 1961.

Los datos sobre la distribución y variación anual del contenido de fosfatos y oxígeno disuelto, a lo largo del citado perfil, fueron obtenidos en el curso de los siguientes cruceros oceanográficos:

<u>CRUCERO N°</u>	<u>FECHA</u>
BAP Bondy 6201	Del 18 al 19 de Enero de 1962
BAP Bondy 6202	Del 2 al 3 de Marzo de 1962
BAP Bondy 6204	Del 12 al 13 de Abril de 1962
BAP Bondy 6205	Del 14 al 15 de Mayo de 1962
BAP Bondy 6206	Del 27 al 28 de Junio de 1962
BAP Bondy 6210	El 5 de Noviembre de 1962
BAP Bondy 6211	El 11 de Diciembre de 1962

Los métodos de colección y análisis son los mismos que los utilizados para el año 1961.

2. - PARTE DESCRIPTIVA

La distribución del contenido de fosfato, de oxígeno disuelto y sus

respectivas temperaturas, se presentan en 6 perfiles, en los cuales se aprecian variaciones tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Para una mejor ilustración de las variaciones arriba mencionadas, a lo largo de los perfiles de San Lorenzo, los datos serán comentados específicamente para cada estación del año.

A fin de poder apreciar las variaciones a través de una misma "estación oceanográfica", se proseguirá el estudio de dos estaciones representativas situadas una en la región de la plataforma continental (B) y otra fuera de ella (F).

## 2.1 Distribución y variación anual de los fosfatos:

### 2.1.1. - Distribución de los fosfatos:

#### Verano: (Figura 1)

Los valores encontrados en la superficie del mar fueron en general ligeramente mayores a los hallados en el año 1961, correspondiendo el contenido mínimo ( $0.88 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) al mes de marzo (est. 87a).

En el plano vertical, al igual que el año 1961, en el mes de marzo su distribución fué bastante irregular, alcanzando la máxima concentración ( $3.89 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en este mes (est. 87a). La mayor gradiente vertical correspondió igualmente al mes de marzo con  $1.31 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ .

#### Otoño: (Figura 2)

La distribución en la superficie del mar fué similar al año 1961, registrándose su mínima concentración ( $0.75 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en abril (est. 7).

En cambio, el contenido de fosfatos dentro de la capa de máxima concentración ( $2.5 \rightarrow 3.0 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) fué menor que la del año anterior, correspondiendo su máximo valor ( $3.24 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a abril (est. 2). La mayor gradiente vertical ( $0.89 \mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) se halló en el mismo mes.

Invierno: No se obtuvieron observaciones.

Primavera: (Figura 3)

Su distribución fué bastante análoga a la del año 1961, tanto en la superficie del mar como en el plano vertical. El mínimo valor (0.17  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) encontrado correspondió a diciembre (est. 170).

El mayor contenido dentro de la capa de máxima fué de 3.44  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$  en noviembre (est. 83), aunque se encontraron valores inferiores a los hallados en la primavera del año 1961. La mayor gradiente vertical (1.04  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) se registró en diciembre.

2.1.2. - Variación anual de los fosfatos:

Area "B" (Figura 4)

En la superficie del mar la distribución fué semejante a la del año 1961, encontrándose esta vez valores ligeramente mayores en el verano; en cambio, en la primavera mostró valores inferiores a los hallados en 1961. El mínimo valor (1.03  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) correspondió a enero y el máximo (2.43  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a marzo.

En el plano vertical al igual que en 1961 la distribución fué bastante irregular principalmente al finalizar el verano y comienzos de otoño, donde alcanzó sus máximas concentraciones, (3.0 -> 3.5  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) correspondiendo el máximo contenido (3.85  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a marzo. La gradiente vertical máxima, fué hallada en mayo con 1.05  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$  y la mínima (0.20  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) en junio.

Area "F" (Figura 5)

La distribución de los fosfatos en la superficie del mar a través del año, fué bastante homogénea, pero ligeramente menor que en 1961. El mínimo contenido (0.71  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) fué observado en octubre y el máximo (1.34  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en junio.

Igualmente, a través de la columna de agua el contenido de fosfatos fué menor que el año anterior, correspondiendo la máxima concentración (2.87  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) a junio. La mayor gradiente vertical (0.89  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) fué hallada en marzo y la mínima (0.37  $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L/10 m}$ ) en

diciembre.

## 2.2. - Distribución y variación anual del oxígeno disuelto:

### 2.2.1. - Distribución del oxígeno disuelto:

#### Verano: (Figura 6)

La distribución, tanto en la superficie como en el plano vertical, fué parecida a la del año 1961. El máximo valor (7.35 ml/L) fué hallado en la superficie y correspondió al mes de enero (est. 77). El menor contenido dentro de la capa mínima ( $< 0.25$  ml/L) fué de 0.08 ml/L hallado en marzo (est. 91). La máxima gradiente vertical fué de 4.13 ml/L/10 m.

#### Otoño: (Figura 7)

Su distribución en general, fué similar al año 1961. El máximo contenido (5.88 ml/L) se ubicó en la superficie correspondiendo al mes de abril (est. 5). El menor valor dentro de la capa de mínima ( $< 0.25$  ml/L) fué de 0.02 ml/L hallado en abril (est. 1).

La mayor gradiente vertical en ésta época del año correspondió al mes de abril (4.09 ml/L/10 m).

Invierno: No se tuvieron observaciones.

#### Primavera: (Figura 8)

En la superficie y en el plano vertical su distribución fué comparable al año 1961. El máximo contenido (6.15 ml/L) correspondió a noviembre (est. 78). El menor valor dentro de la capa de mínima ( $< 0.25$  ml/L) fué de 0.006 ml/L hallado en diciembre (est. 168). La mayor gradiente vertical (3.27 ml/L/10 m) se encontró en noviembre.

### 2.2.2. - Variación anual del oxígeno disuelto:

#### Area "B": (Figura 9)

La distribución en general fué bastante homogénea, muy similar al año de 1961. El máximo contenido (6.84 ml/L) fué hallado en enero y el mínimo (4.14 ml/L) en marzo.

La distribución en la profundidad también similar a la del año anterior. La mayor gradiente (4.21 ml/L/10 m) y la mínima (1.75 ml/L/10m) fueron halladas en mayo y en junio, respectivamente.

Area "F": (Figura 10)

La variación anual en este año fué semejante a 1961 correspondiendo el mínimo valor (4.68 ml/L) a abril y el máximo (6.19 ml/L) a marzo.

La distribución con la profundidad fué casi homogénea a través del año, mostrando en todos los meses un descenso en su contenido con la profundidad. Las isolíneas de 0.25 ml/L fueron halladas entre 50~80 m. de profundidad aproximadamente, proyectándose hacia el fondo. La mayor gradiente vertical se halló en marzo con 3.57 ml/L/10 m. y la menor en octubre con 1.36 ml/L/10 m.

2.3. - Relación de los fosfatos y oxígeno disuelto con sus respectivas temperaturas:

La importancia de la relación del contenido de fosfato y del oxígeno disuelto con la temperatura, ha sido comentado en un trabajo anterior (Guillén, 1962 a y b).

2.3.1. - Distribución de las temperaturas:

Verano: (Figura 1)

El año de 1962 fué más frío que 1961, encontrándose temperaturas en la superficie del mar que variaban entre 16° C - 20° C. La mayor gradiente vertical observada fué de 3.00° C/10 m. correspondiente al mes de marzo.

Otoño: (Figura 2)

A diferencia del año 1961, en la superficie del mar se hallaron temperaturas que variaban entre 16° C - 23° C, correspondiendo la mínima (15.79° C) a junio ( est. 1) y la máxima (22.53° C) a abril (est. 7). La máxima gradiente vertical se encontró en abril con 4.80 ° C/10 m.

Invierno: No se tuvieron observaciones.

Primavera: (Figura 3)

Este año mostró ser más frío tanto en la superficie como en el plano vertical. En la superficie se hallaron valores entre 15° C - 20° C, correspondiendo la máxima (20.08° C) a diciembre (est. 172) y la mínima (14.84° C) a noviembre (est. 83). La máxima gradiente vertical fué de 1.76° C/10m. en-

contrada en noviembre.

### 2.3.2. - Variación anual de las temperaturas:

#### Area "B": (Figura 4)

Las temperaturas en la superficie a través del año, mostraron ser inferiores a las halladas en 1961, alcanzando su máximo valor ( $18.88^{\circ}\text{C}$ ) en enero y el mínimo ( $16.86^{\circ}\text{C}$ ) en Octubre. No se tuvieron observaciones durante la época de invierno.

Igualmente, a través de la columna de agua las temperaturas mostraron un enfriamiento con respecto al año de 1961 la mayor gradiente vertical ( $2.70^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ), correspondió a marzo y la mínima ( $0.51^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ) a junio.

#### Area "F": (Figura 5)

La distribución de las temperaturas, tanto en la superficie del mar como a través de la columna de agua, fué similar al año de 1961, aunque ligeramente más fría. La máxima temperatura registrada fué de  $22.53^{\circ}\text{C}$  en abril y la mínima de  $16.98^{\circ}\text{C}$  a octubre. No se tuvieron observaciones durante la época de invierno. La mayor gradiente vertical correspondió a abril con  $4.80^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ . y la mínima a octubre con  $0.87^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ .

### 3. - DISCUSION CONCLUSIONES

la discusión de las principales características halladas en la zona, en cuanto a la distribución y variación de los fosfatos, oxígeno disuelto y sus temperaturas, ya han sido realizadas en el capítulo anterior.

En lo referente a las conclusiones preliminares obtenidas del presente trabajo, lo anunciamos en los siguientes términos:

1. - En la superficie del mar, la distribución tanto en lo concerniente a fosfatos como a la del oxígeno disuelto y sus respectivas temperaturas, fueron análogas a las del año 1961.
2. - Como consecuencia de la elevación de las temperaturas en las estaciones cálidas del año, la termoclina gradualmente se fué profundizando de primavera a invierno. En general, el año de 1962 fué más frío que en 1961,

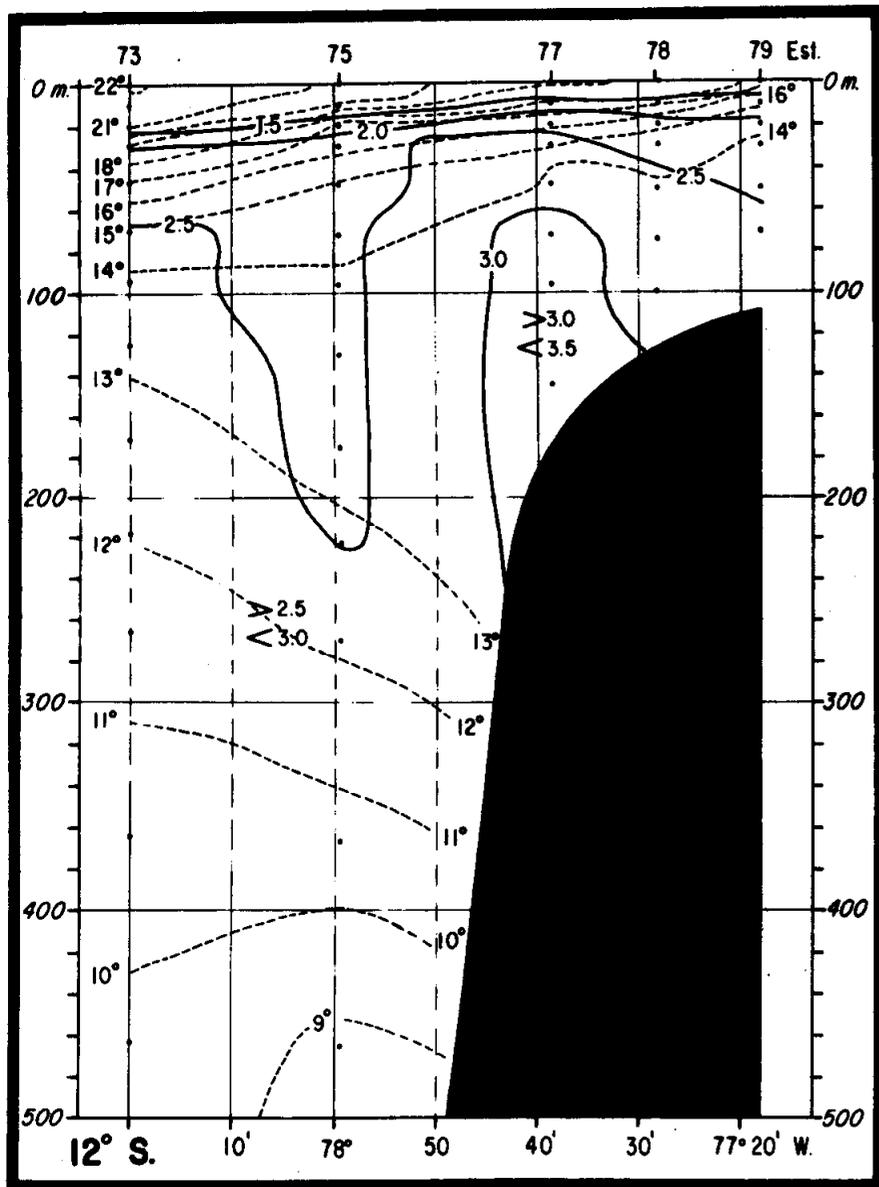
tanto en la superficie del mar, como a través de la columna de agua.

3. - El contenido de fosfatos en la superficie del mar, mantuvo una tendencia a incrementarse gradualmente durante el verano y más rápidamente en el otoño. El otoñal incremento de fosfatos fué interrumpido en las áreas estudiadas (B y F), probablemente debido al desarrollo del fitoplancton.
4. - Las máximas gradientes verticales halladas de fosfatos, oxígeno disuelto y temperaturas fueron de : 1.31 ug-at  $PO_4$ -P/L/10 m. , 4.13 ml/L/10 m de  $O_2$  y 4.80 °C/10 m, respectivamente, correspondiendo a marzo los dos primeros y al mes de abril el último. Las gradientes verticales de oxígeno disuelto fueron más pronunciadas que la de los fosfatos.
5. - Debido al movimiento de las masas de agua, la distribución de los fosfatos y la del oxígeno disuelto, mostraron cambios. Los mayores contenidos de fosfatos y los mínimos valores de oxígeno disuelto en la superficie del mar, correspondieron a las zonas de afloramiento. En cambio, en las zonas de convergencia, pudo observarse un hundimiento del contenido de fosfatos.
6. - Por comparación entre las propiedades físicas y químicas (Figuras 11 y 12) medidas en las áreas B y F, se pudo observar que se trataba de dos áreas totalmente diferentes; caracterizándose el área B en la región nerítica por su alto contenido de fosfatos, bajo contenido de oxígeno disuelto y bajas temperaturas, mientras que, el área F en la región oceánica se caracteriza por su bajo contenido de fosfatos, alto contenido de oxígeno disuelto y altas temperaturas, con respecto al área B.

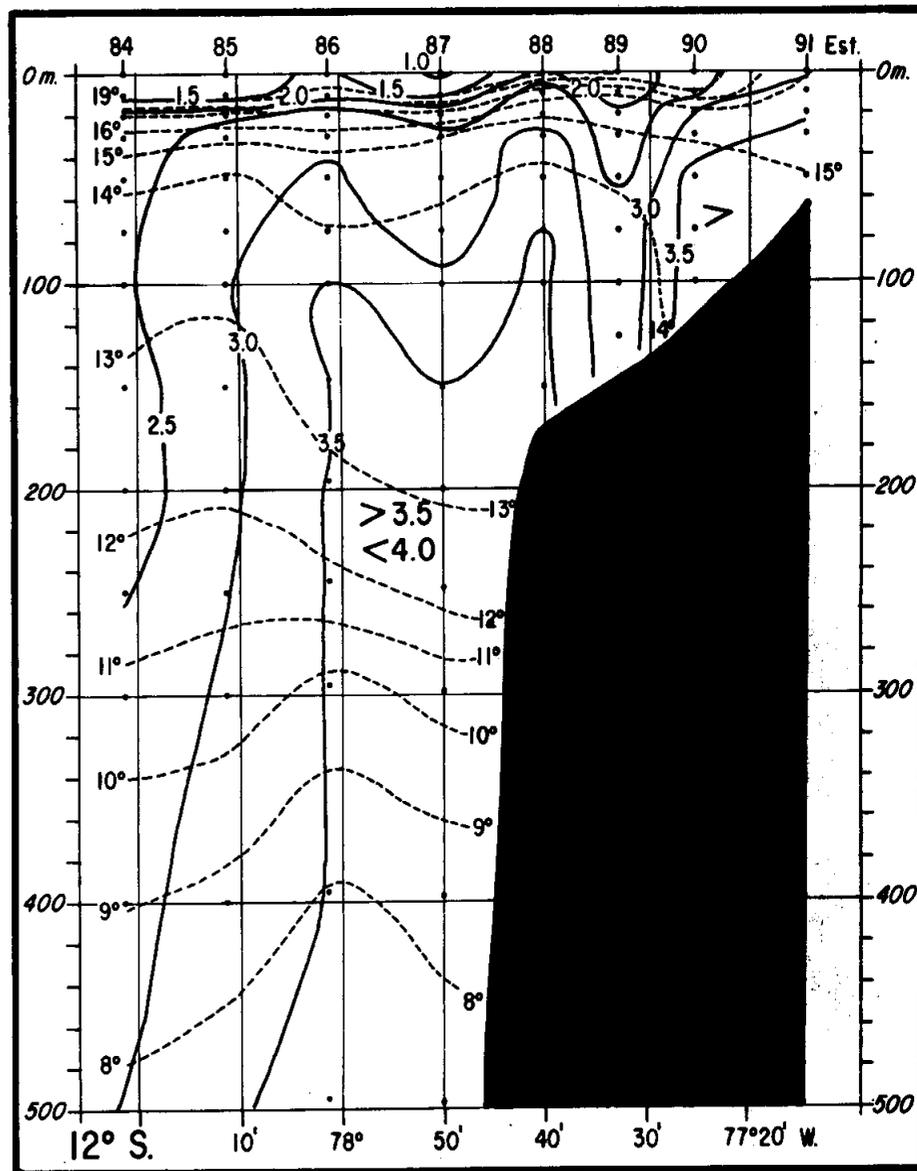
.....

#### 4. - BIBLIOGRAFIA

Ver capítulo b

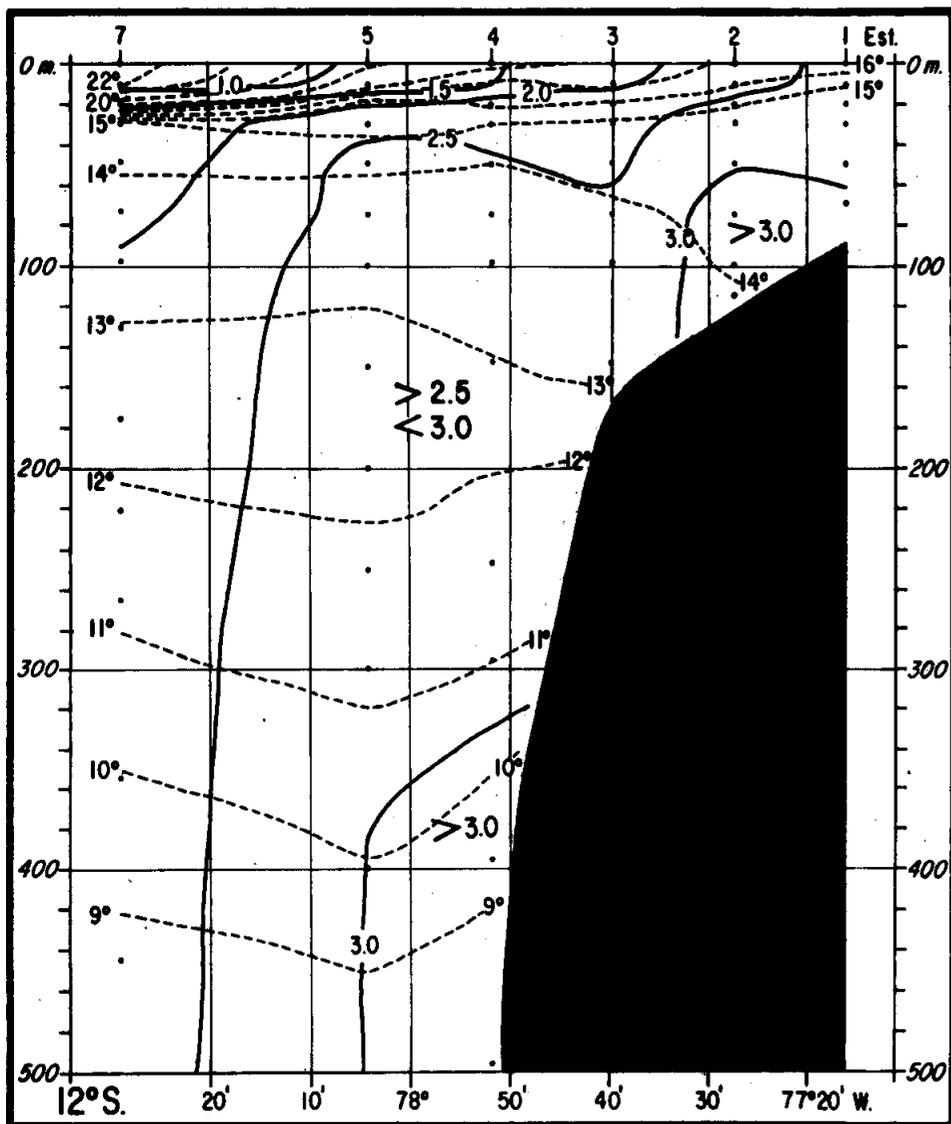


Enero

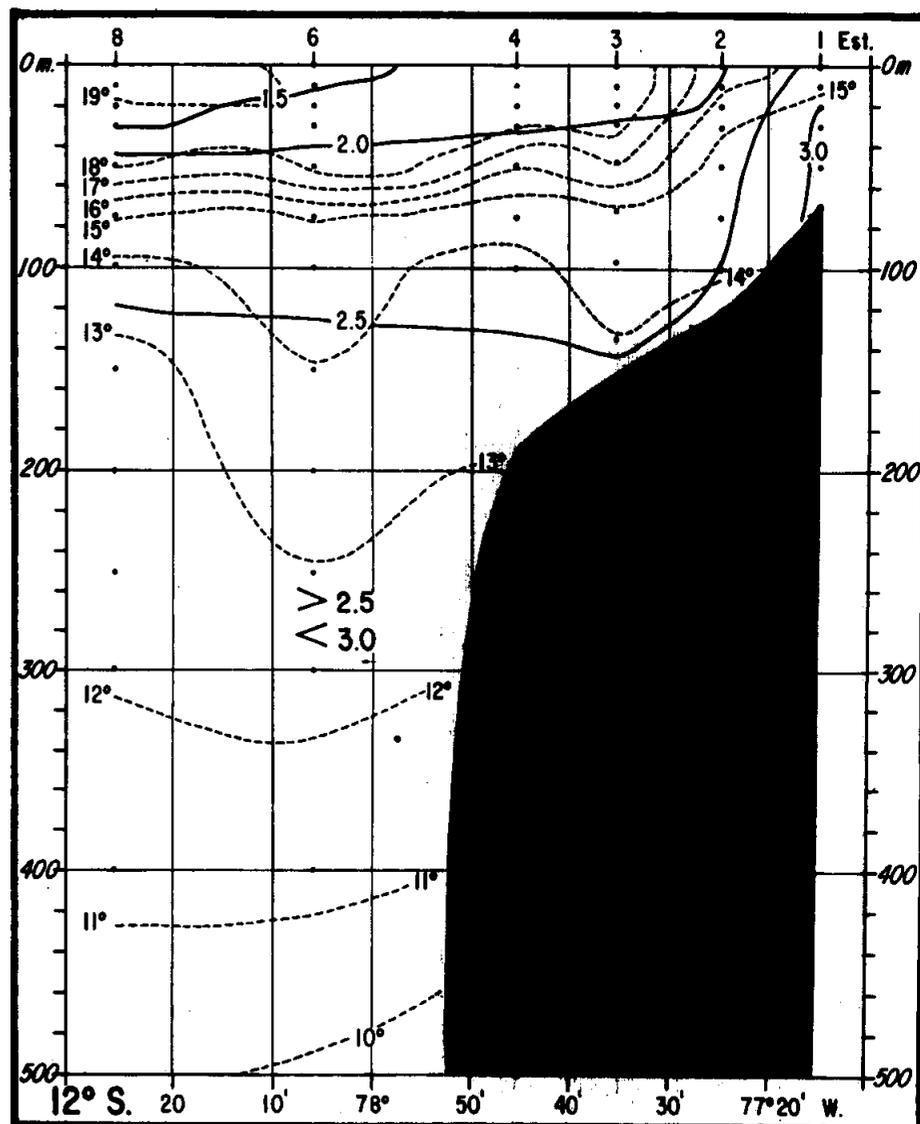


Marzo

FIGURA 1. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Verano.

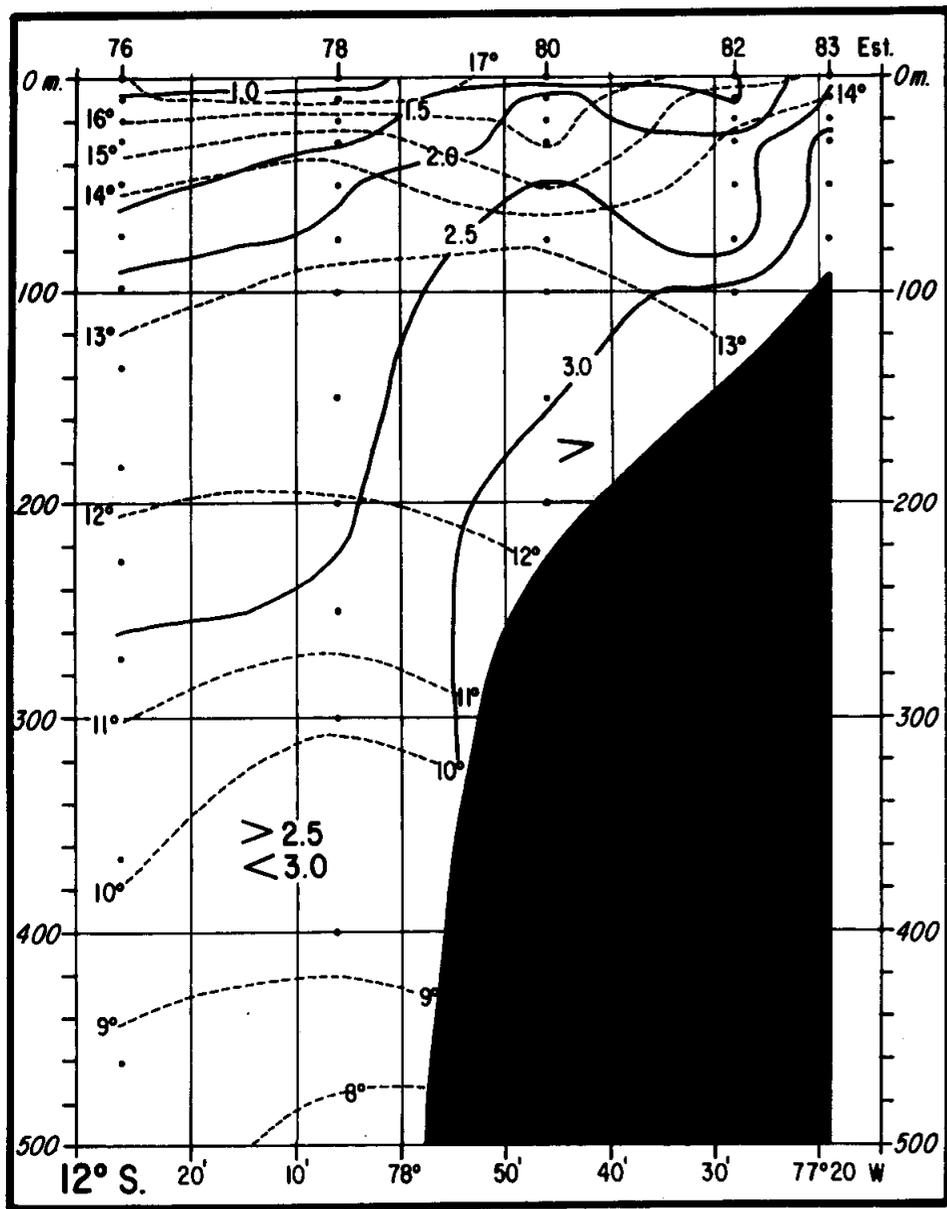


Abril

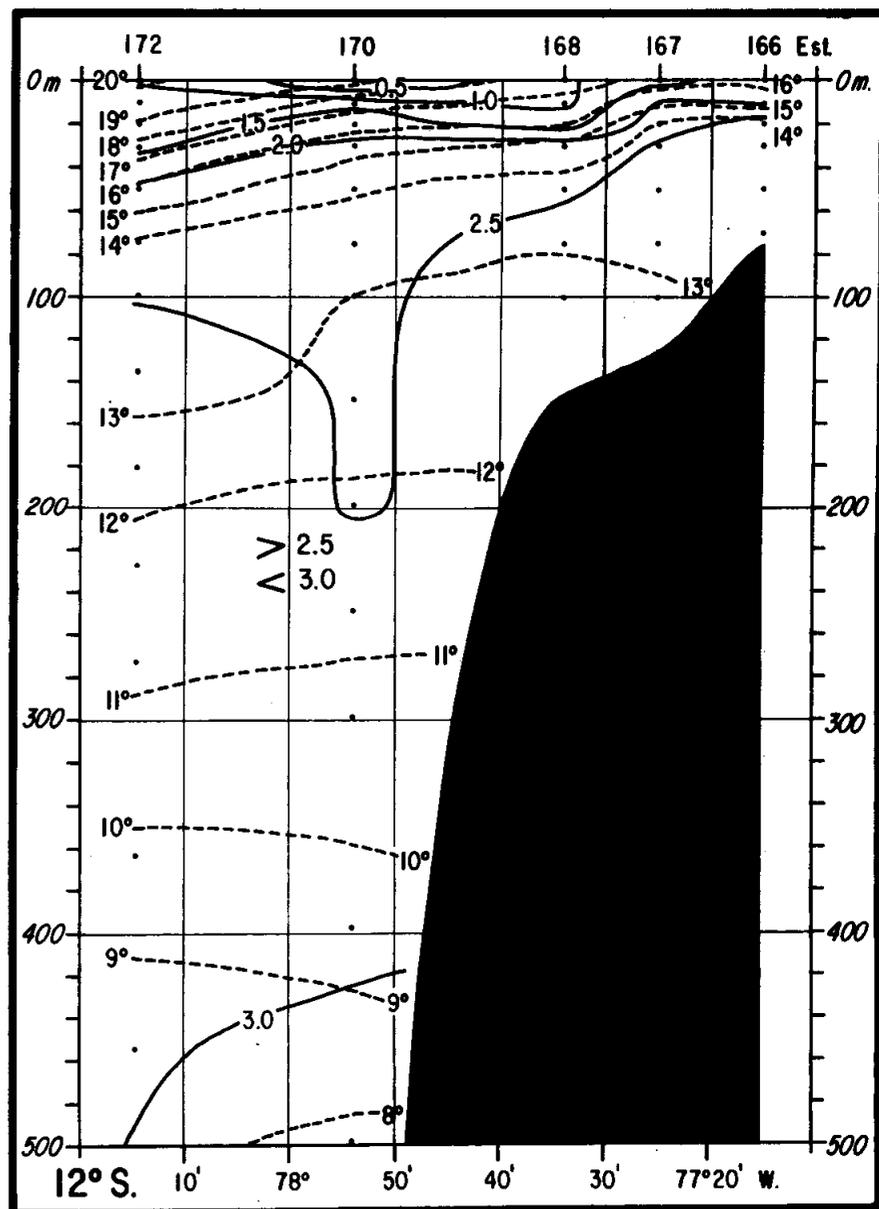


Junio

FIGURA 2. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Otoño.



Noviembre



Diciembre

FIGURA 3. - Distribución de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en la estación de Primavera.

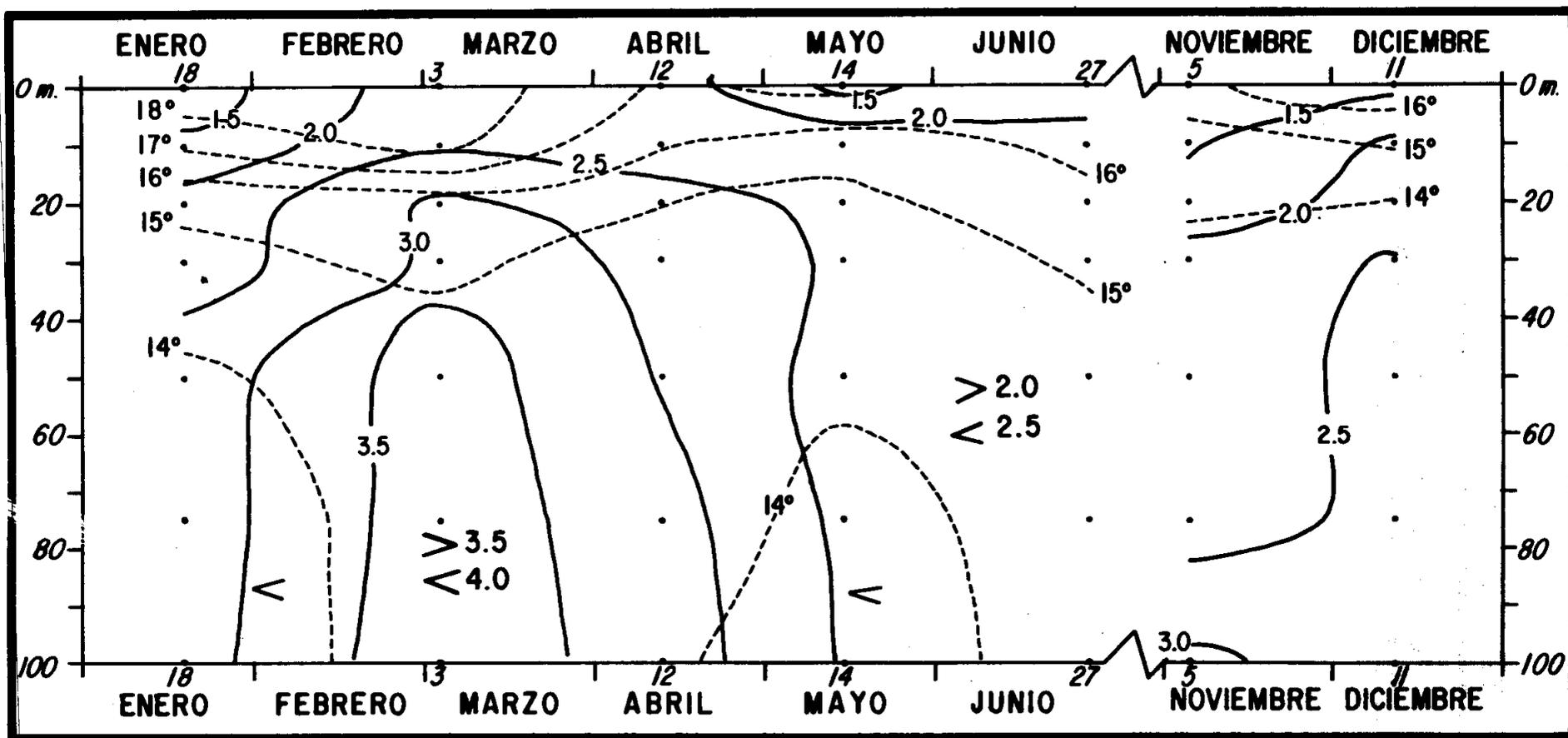


FIGURA 4. - Variación anual de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en el área "B" durante el año 1962

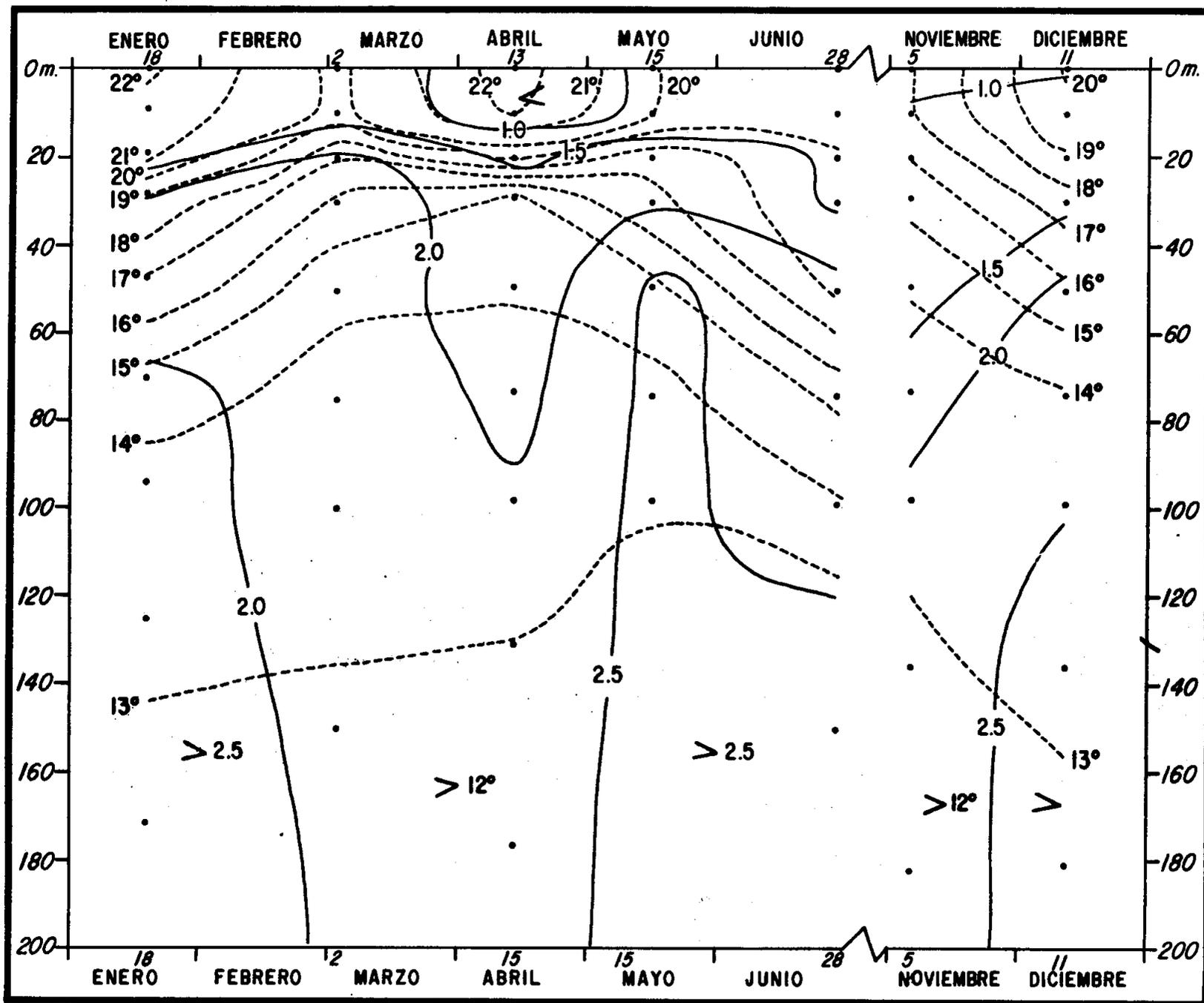
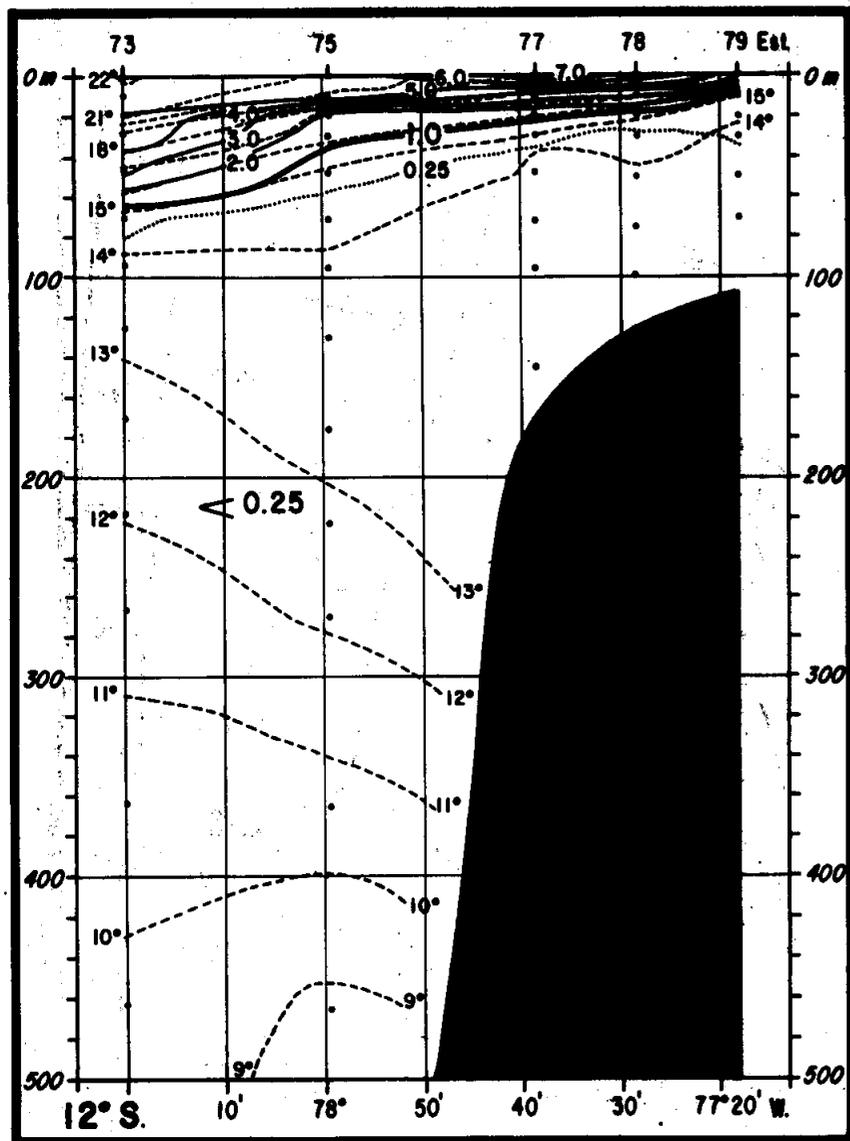
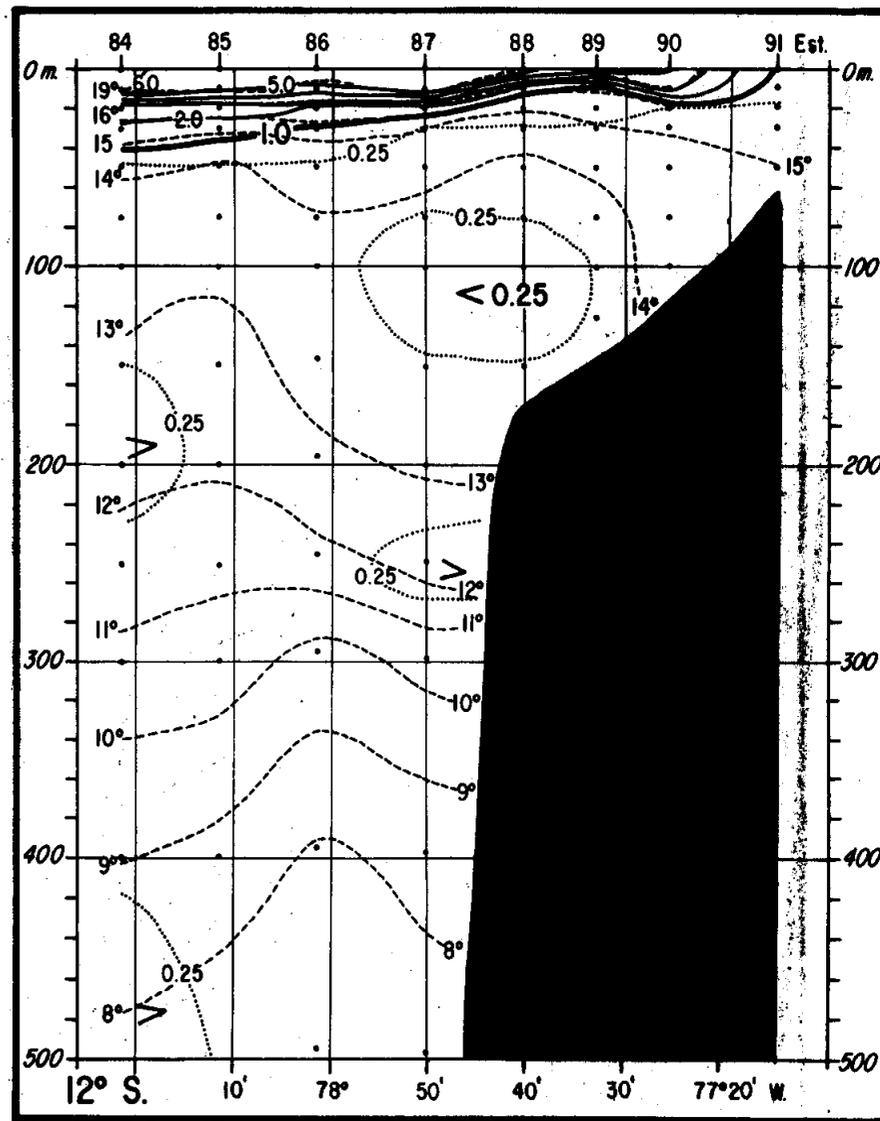


FIGURA 5. - Variación anual de los fosfatos ( $\mu\text{g-at PO}_4\text{-P/L}$ ) en el área "F" durante el año 1962

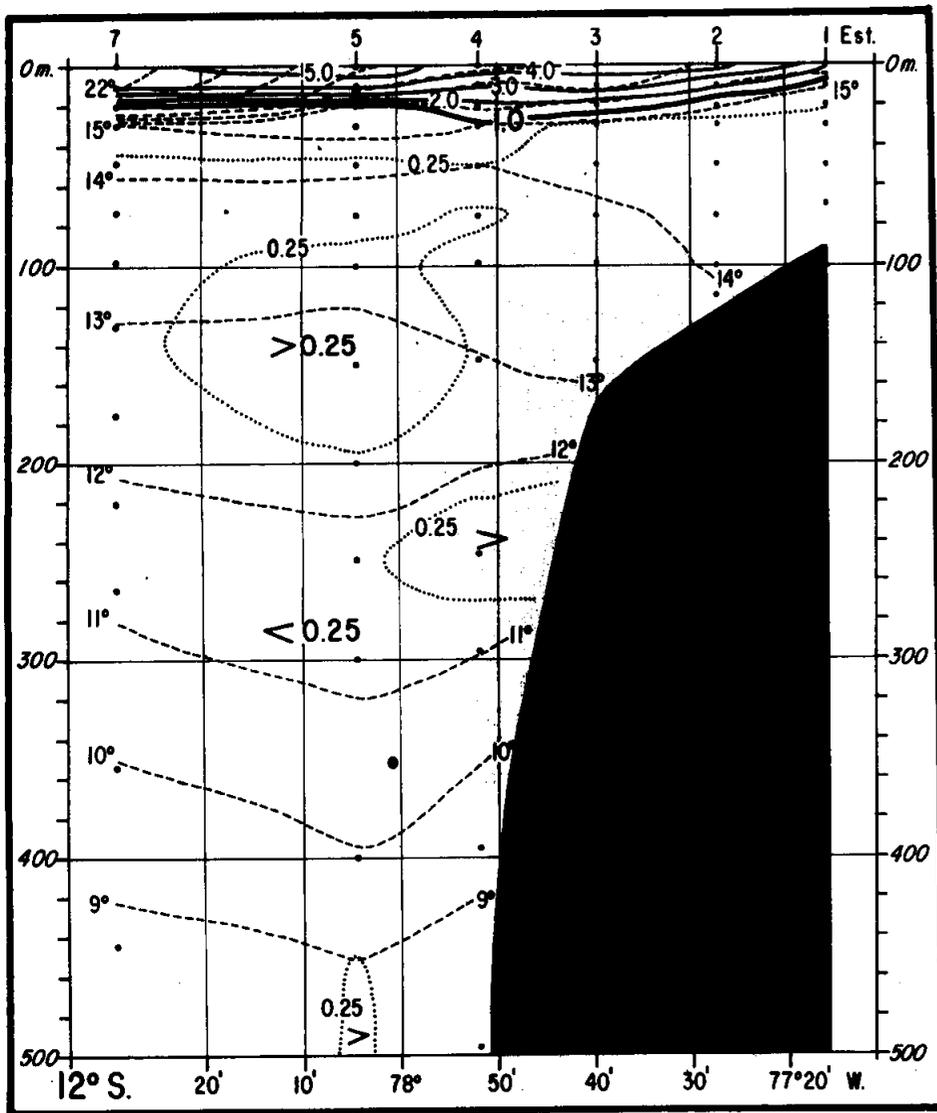


Enero

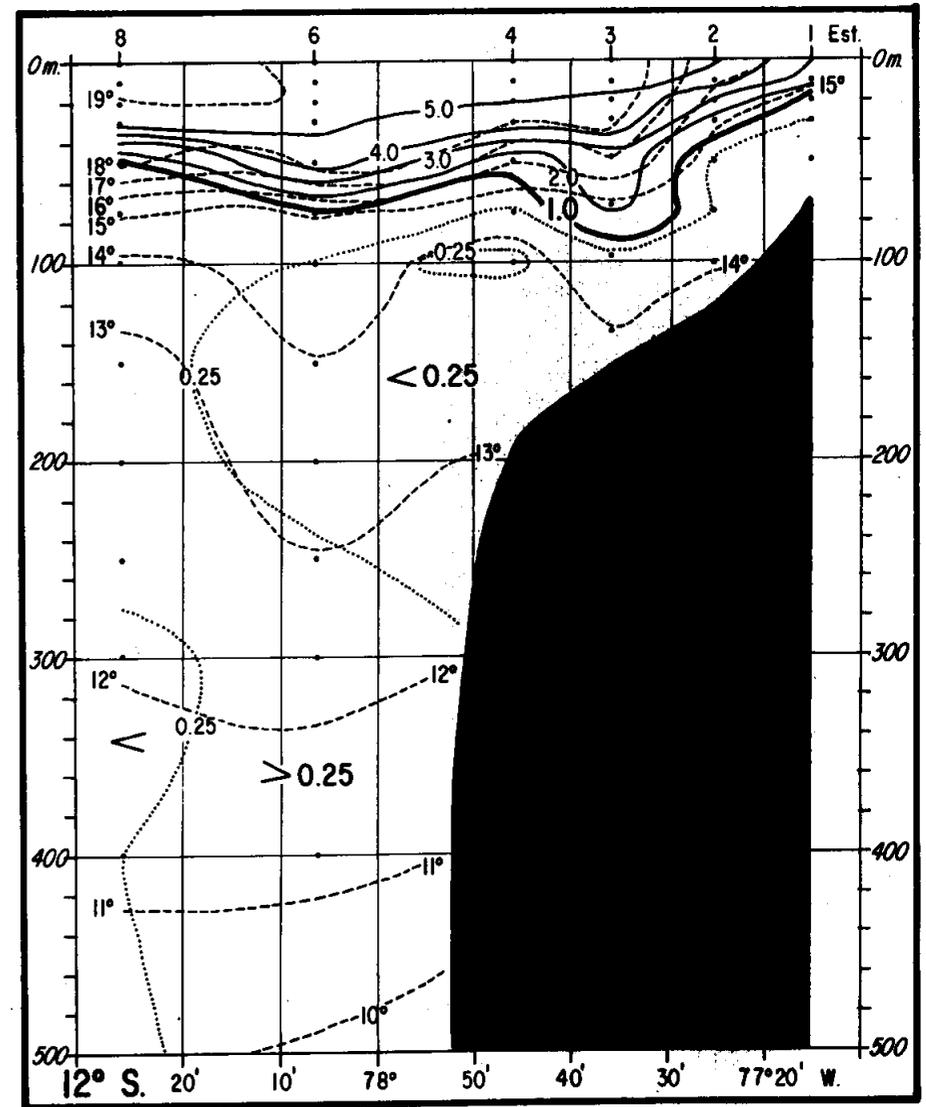


Marzo

FIGURA 6. - Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Verano.

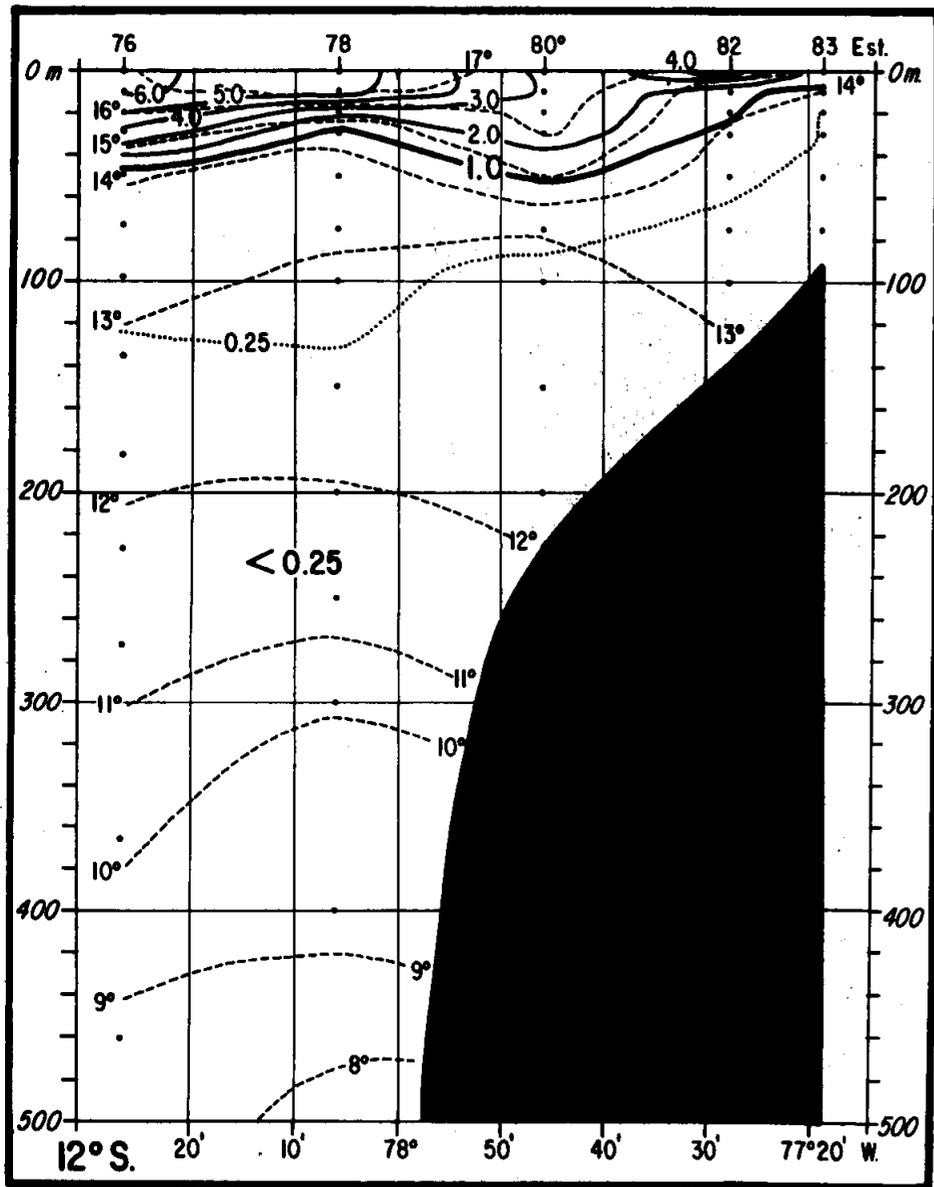


Abril

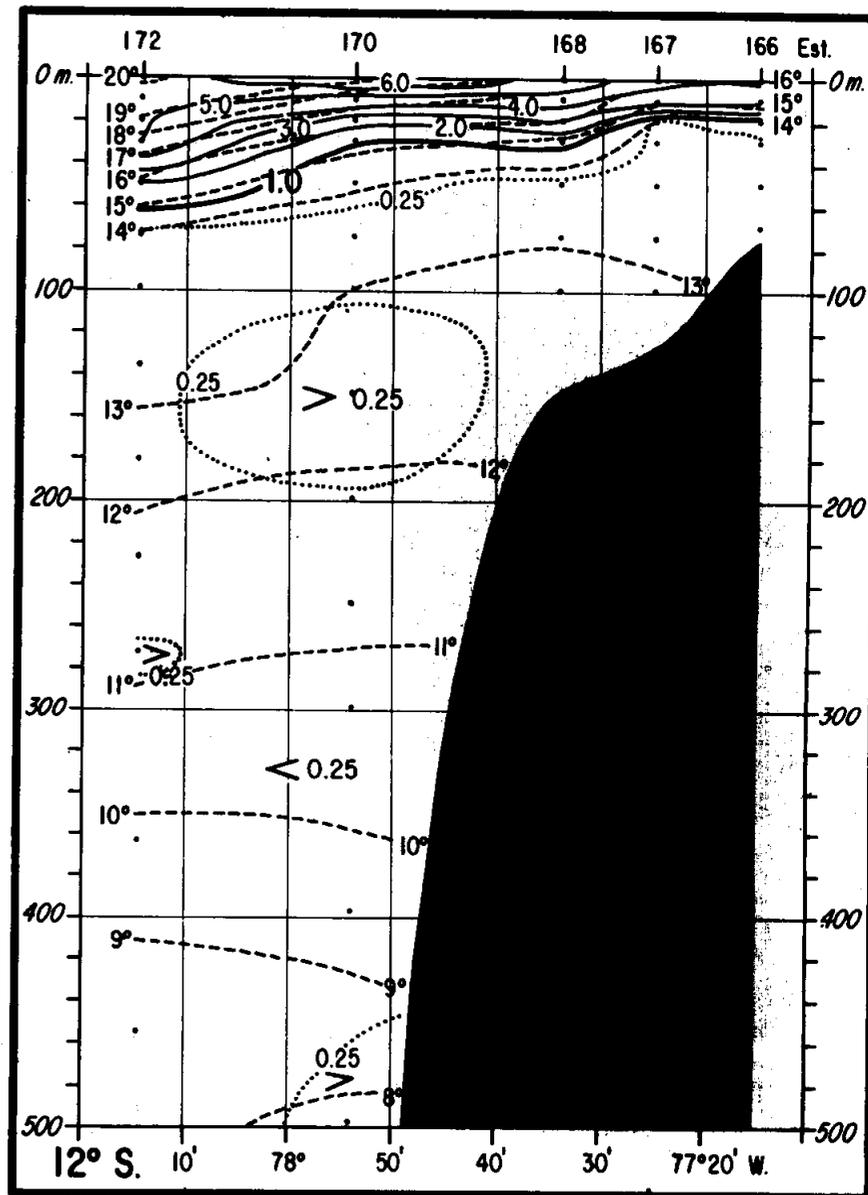


Junio

FIGURA 7. - Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Otoño.



Noviembre



Diciembre

FIGURA 8.- Distribución del oxígeno disuelto (ml/L) en la estación de Primavera.

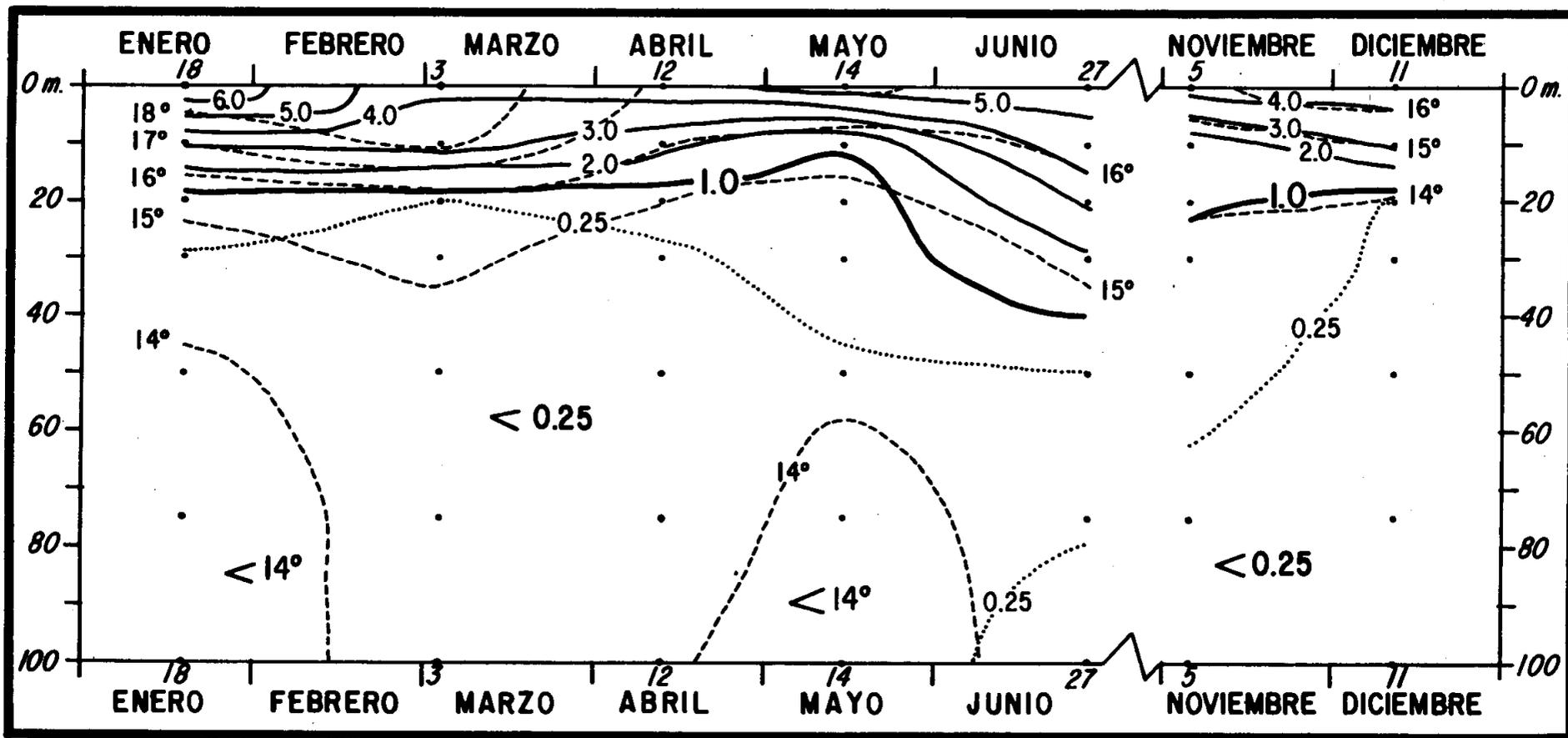


FIGURA 9.- Variación anual del oxígeno disuelto (ml/L) en el área "B" durante el año 1962

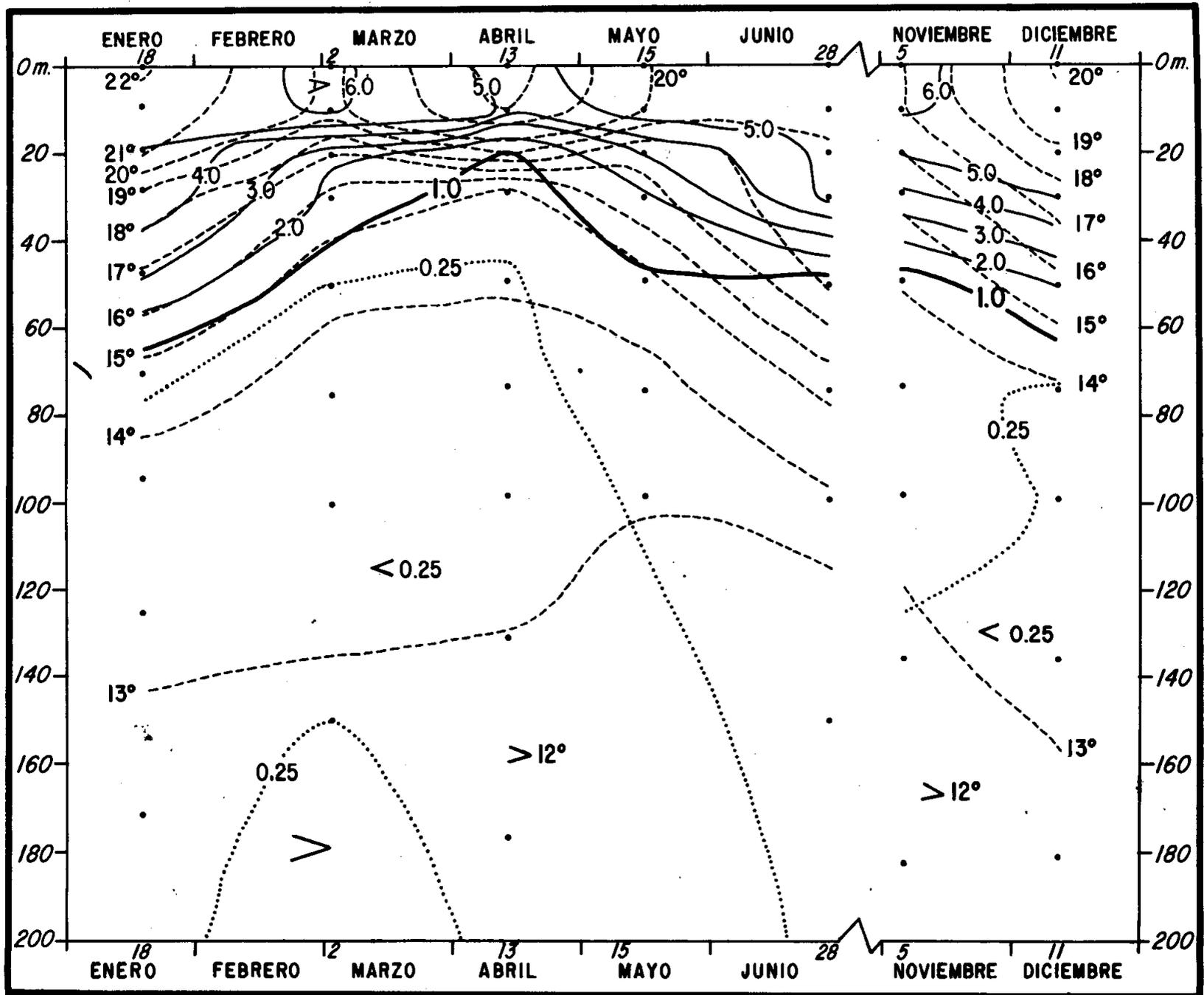


FIGURA 10. - Variación anual del oxígeno disuelto (ml/L) en el área "F" durante el año 1962

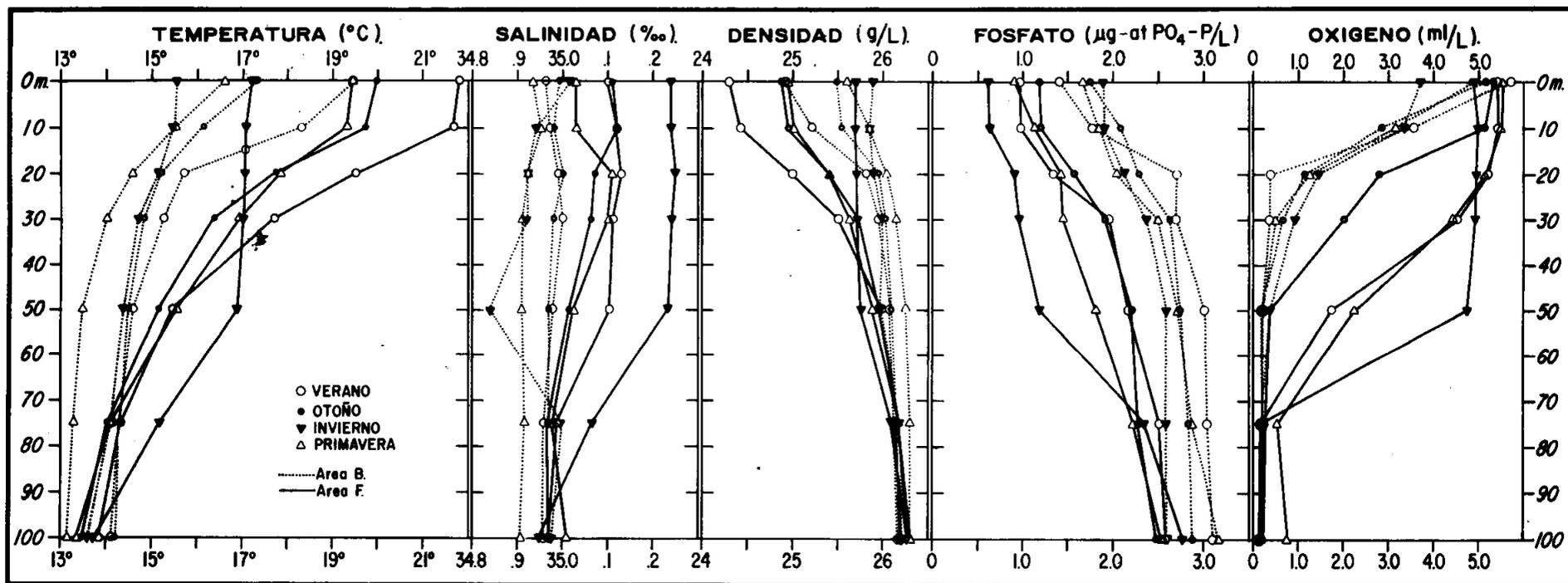


FIGURA 11. - Variación estacional de los promedios de Temperatura, Salinidad, Densidad, Fosfatos y Oxígeno Disuelto Vs. Profundidad para el período 1961-1962 en una Estación Hidrográfica situada sobre la Plataforma Continental (B) y otra situada en la Región Oceánica (F) en la latitud 12° S.

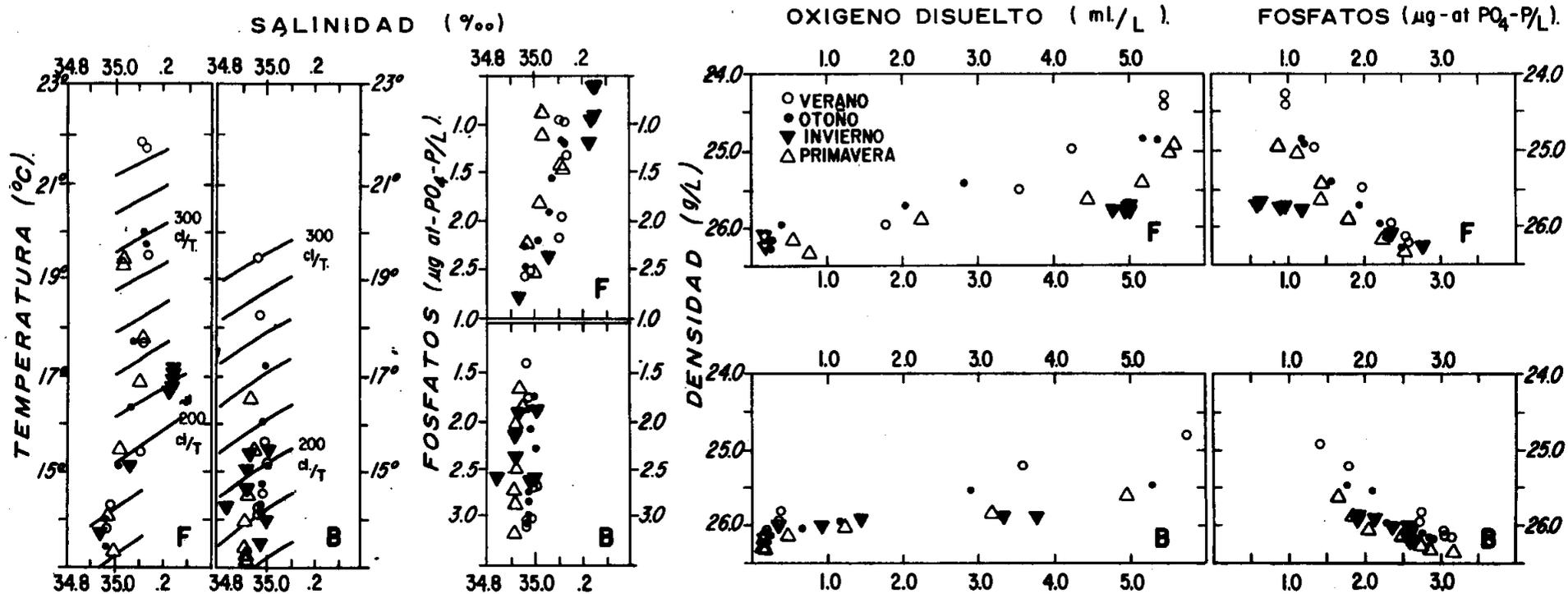


FIGURA 12. - Diagrama de las variaciones estacionales de las propiedades del agua de mar en la latitud 12°S. durante los años 1961-1962: TEMPERATURA vs. SALINIDAD; FOSFATOS Vs. SALINIDAD; DENSIDAD Vs. OXIGENO DISUELTO; DENSIDAD Vs. FOSFATOS, en una Estación Hidrográfica situada sobre la Plataforma Continental (B) y otra situada en la Región Oceánica (F).