

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

# BOLETIN

VOLUMEN I

NUMERO 7

---

## PRODUCCION PRIMARIA DE LAS AGUAS COSTERAS DEL PERU EN EL AÑO 1964

por

OSCAR GUILLEN G.

y

RAQUEL IZAGUIRRE de RONDAN



CHUCUITO, CALLAO, PERU

1968

# PRODUCCION PRIMARIA DE LAS AGUAS COSTERAS DEL PERU EN EL AÑO 1964

por

OSCAR GUILLEN G.

y

RAQUEL IZAGUIRRE de RONDAN

(Figuras 1-8 y Tablas 1-3)

## C O N T E N I D O

1	Introducción .....	352
2	Los datos y su procesamiento .....	352
3	Condiciones hidrográficas .....	353
4	Producción primaria en la columna de agua .....	354
4.1	Verano .....	354
4.2	Otoño .....	354
4.3	Invierno .....	355
4.4	Primavera .....	355
4.5	Distribución vertical de la producción primaria .....	355
5	Producción primaria en la superficie del Mar .....	356
5.1	Verano .....	356
5.2	Otoño .....	357
5.3	Invierno .....	357
5.4	Primavera .....	357
6	Variación de la productividad .....	358
7	Producción primaria, termoclina, capa eufótica y capa de mezcla .....	358
8	La producción primaria y el contenido de fosfatos .....	359
9	Comparación de la productividad de las aguas peruanas con la de otras regiones del mundo .....	359
10	Resumen .....	360
11	Referencias .....	360
12	Cuadros .....	364
13	Gráficos .....	367

## 1. INTRODUCCION

El estudio de la producción orgánica en el mar es bastante complejo. Para una comprensión más cabal de este problema se necesita el conocimiento de los procesos biológicos, y las características físicas y químicas del ambiente.

Los principales factores que gobiernan la producción de la materia orgánica en el mar son: luz, temperatura, mezcla vertical, sales nutritivas, hundimiento de las plantas y pastoreo del zooplancton. Las variaciones de las condiciones hidrográficas y la variabilidad de los factores que regulan la fotosíntesis son responsables de la variación geográfica de la productividad marina.

Para el mejor conocimiento de la distribución y variación de la productividad en las aguas costeras del Perú, el año 1964 se proyectó el estudio materia del presente trabajo, con la inclusión de este tipo de observaciones en el plan de cruceros de dicho año.

Durante el año 1964, se realizaron 4 cruceros oceanográficos con el B.A.P. "UNANUE", correspondiendo uno a cada estación del año. El primero de ellos abarcó las latitudes de 4° a 12° S, y los otros tres las latitudes de 4° a 18°30' S. (Fig. 1)

Barreda (1957) y Rojas de Mendiola (1958, 1963 a, b y c), en análisis taxonómicos del fitoplancton en las áreas bajo estudio hallaron grandes cambios estacionales, tanto en la composición cuantitativa como cualitativa del plancton.

Observaciones sobre producción primaria en la Corriente Peruana fueron llevadas a cabo en las Expediciones Step I (1960) y Swansong (1961) y los datos han sido analizados por Forsbergh y Joseph (1963); recientemente la Expedición Anton Bruun (1965, 1966) ha realizado gran número de observaciones en esta misma área.

Nuestros especiales agradecimientos a los Doctores J. D. H. Strickland, A. C. Burd, Richard W. Eppley, Lawrence R., Pomeroy y Eric D. Forsbergh por sus sugerencias durante la preparación del presente trabajo.

## 2. LOS DATOS Y SU PROCESAMIENTO

Además de los experimentos de fijación de carbono, se realizaron lanzamientos hidrográficos, titulaciones de la clorinidad, análisis de oxígeno disuelto, determinación de fosfatos, arrastre con redes para la recolección del plancton, huevos y larvas, observaciones meteorológicas y batitermográficas y lanzamientos del disco Secchi.

La tasa de fijación de carbono del fitoplancton fue medida por el método de radiocarbono ( $C_{14}$ ) de Steemann Nielsen, 1952.

Para los experimentos de productividad, se recogieron muestras de aguas a las profundidades correspondientes al 100%, 28%, 10% y 2.8% de intensidad de luz superficial. Se agregaron 4  $\mu$ c de radioactividad a cada muestra. Se incubaron a la temperatura de la superficie del mar bajo la luz natural entre el orto y el medio día o entre el medio día y el ocaso. Las tasas de producción se dan en mg C/m<sup>3</sup>/día y en gr C/m<sup>2</sup>/día, sin corrección por respiración.

### 3. CONDICIONES HIDROGRAFICAS

Un estudio detallado sobre las condiciones físico-químicas de las aguas costeras en 1964, fue hecho por Zuta y Guillén en un informe interno. Un resumen de este trabajo, referido al nivel de 10 m., se presenta a continuación. Se ha seleccionado este nivel, como representativo de la capa superficial, a fin de relacionar los datos de producción primaria con las condiciones hidrográficas (Figuras: 2a, 2b, 2c y 2d).

El rango de variación de la temperatura y salinidad al nivel de 10 m., durante el año 1964 se muestra en el siguiente cuadro:

	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
T °C	26 - 17	24 - 14	17 - 13	22 - 14
S ‰	35.2 - 35.0	35.3 - 34.7	35.2 - 34.8	35.3 - 33.4

Para Verano los datos sólo corresponden al área frente a Cabo Blanco-Callao, y para las otras estaciones corresponden a toda la costa peruana.

Los cambios notables se presentan entre el Verano e Invierno, especialmente en el aspecto térmico, debido principalmente al enfriamiento estacional por un lado y a la variación en el flujo horizontal y vertical de las aguas por otro lado.

Aunque los datos del Verano sólo se limitan a una parte de la costa, se puede decir que las aguas subtropicales superficiales, identificadas con salinidades mayores de 35.1‰, tuvieron sus mayores efectos al Norte de los 13° S durante todo el año, con una acentuación entre los 9-13° S, y un predominio de las mismas en el Verano y el Otoño.

Al Sur de los 13° S, la magnitud de los cambios estuvo controlada principalmente por el afloramiento costero que fue intenso en el Invierno, con temperaturas hasta de 13° C frente a Pisco-San Juan, y muy reducido en la Primavera. Las aguas pegadas a la costa, propias de la Corriente

Costera Peruana que se alimenta de los afloramientos, dominaron ampliamente el área observada en el Invierno, y estuvieron muy reducidas en el Verano, como consecuencia del flujo de las aguas subtropicales superficiales mencionadas en el párrafo anterior.

Los mayores cambios estacionales en salinidad ocurrieron al Norte de Punta Falsa ( $6^{\circ}$  S), donde se observan casi normalmente aguas procedentes de la zona Ecuatorial (ver cartas de Otoño e Invierno), y se manifestaron con mayor intensidad en la Primavera a raíz del avance de aguas tropicales superficiales con salinidades hasta 33.4‰, como un preludio del fenómeno "El Niño" que cubrió gran parte de nuestra faja costera en el Verano de 1965.

#### 4. PRODUCCION PRIMARIA EN LA COLUMNA DE AGUA

Un estudio de la variación estacional de la producción total durante el año 1964, se presenta en las líneas siguientes.

##### 4.1 Verano (Figura 3a)

Al Norte de la latitud  $6^{\circ}$  S y al Oeste de la longitud  $83^{\circ}$  W, donde dominaron las aguas subtropicales, se hallaron los valores más bajos de producción (0.06-0.08 gr C/m<sup>2</sup>/día).

Entre Punta Aguja-Callao, se encontraron valores entre 0.09-1.20 gr C/m<sup>2</sup>/día, con un promedio de 0.63 gr C/m<sup>2</sup>/día. Valores elevados de producción correspondieron a las áreas ocupadas por la corriente fría, las cuales estuvieron muy reducidas y pegadas a la costa, debido al intenso flujo de las aguas subtropicales superficiales. Los más altos fueron hallados frente a Huarney (Est. 94) y Huacho (Est. 112), con 1.01 y 1.20 gr C/m<sup>2</sup>/día, respectivamente.

##### 4.2 Otoño (Figura 3b)

Al Norte de Punta Aguja y al Oeste de  $83^{\circ}$  W, en el área ocupada por aguas subtropicales superficiales, halláronse valores de producción entre 0.05-0.17 gr C/m<sup>2</sup>/día.

Las aguas subtropicales cuyo flujo se destacó entre Chimbote-Callao, presentaron bajos valores de producción, entre 0.08 y 0.27 gr C/m<sup>2</sup>/día.

Al Sur del Callao, el área estuvo ocupada casi íntegramente por aguas de la Corriente Costera Peruana, hallándose valores de producción entre 0.17-0.53 gr C/m<sup>2</sup>/día, con un promedio de 0.37 gr C/m<sup>2</sup>/día.

Los mayores valores de producción se hallaron a lo largo de la costa peruana, correspondiendo sus máximos frente a Supe, Pimentel y Paita, principalmente (1.46, 0.63 y 1.25 gr C/m<sup>2</sup>/día, respectivamente).

### 4.3 Invierno (Figura 3c)

Entre las latitudes 6°-4° S, se hallaron valores bastante homogéneos de producción entre 0.23 y 0.28 gr C/m<sup>2</sup>/día.

Los valores más altos de producción se encontraron en las áreas de afloramiento, con el máximo de 2.42 gr C/m<sup>2</sup>/día (Est. 195), frente a Atico. En las áreas frente a Callao-Pisco e Ilo-Arica, se hallaron los menores valores de producción primaria, con un promedio de 0.09 (0.04-0.11) y 0.10 (0.03-0.18) gr C/m<sup>2</sup>/día, respectivamente.

### 4.4 Primavera (Figura 3d)

En la lengua de aguas tropicales que se observó frente a Cabo Blanco, la producción promedio fue de 0.17 gr C/m<sup>2</sup>/día.

Valores elevados de producción se encontraron en las aguas de la Corriente Costera Peruana, las que dominaron la mayor parte del área en estudio, de Punta Aguja hacia el Sur.

Los valores más altos correspondieron a las áreas situadas entre Pimentel-Chimbote y Pisco-Atico, con promedio de 1.06 (0.98-2.27) y 1.07 (0.95-1.17) gr C /m<sup>2</sup>/día, respectivamente. El máximo de 2.27 gr C/m<sup>2</sup>/día, fue observado frente a Huacho, como resultado del enriquecimiento de la capa superficial mediante procesos de mezcla ocurridas en el Invierno, estación de altas concentraciones de nutrientes.

Los mínimos valores de producción se encontraron en las aguas subtropicales superficiales.

Durante todo el año, los altos valores de producción primaria se hallaron en las aguas de la Corriente Costera Peruana. Para una mayor ilustración se muestra la Figura 4 que se ha hecho tomando los datos promedios de temperatura y salinidad de la capa de 0-20 m., sólo para aquellas estaciones que presentaron valores mayores a 0.35 gr C/m<sup>2</sup>/día de producción.

### 4.5 Distribución vertical de la Producción Primaria

Con el fin de estudiar la distribución vertical de la producción primaria, que está sujeta a las influencias de las condiciones hidrográficas y de luz, durante todo el año, se han seleccionado las estaciones que se muestran en las Figuras 5a, 5b y 5c, correspondientes a diferentes áreas.

La distribución vertical de la producción a través de la zona eufótica (Figura 5a) fue bastante uniforme durante todo el año. Los mínimos valores correspondiendo al Verano y Otoño, épocas en que el área se encontró dominada por las aguas subtropicales superficiales. Los valores máximos encontrados en el Invierno y la Primavera, aparecieron bajo la influencia

de las aguas de la corriente fría y aguas subtropicales superficiales. La producción durante la Primavera estuvo favorecida por la delgada capa eufótica y alto contenido de fosfatos, en comparación con el Invierno. La producción promedio para el área fue de 0.14 gr C/m<sup>2</sup>/día (0.06-0.23 gr C/m<sup>2</sup>/día).

La Figura 5b muestra una distribución vertical más compleja e irregular, alcanzando su máxima producción a diferentes intensidades de luz y a diferentes profundidades para cada estación del año. El Invierno se caracterizó por su reducida productividad (0.04 gr C/m<sup>2</sup>/día) a pesar de existir una reducida capa eufótica de (7.5 m) y en la Primavera se observó un aumento en la producción, con un máximo de 76.9<sup>3</sup> mg C/m<sup>2</sup>/día al nivel de 10 m., favorecido por las mejores condiciones de luz. La producción promedio para el área fue de 0.36 gr. C/m<sup>2</sup>/día (0.04-0.67 gr C/m<sup>2</sup>/día).

Un ejemplo de área típica de afloramiento, podemos observar en la Figura 5c, la que presenta una distribución vertical muy irregular y compleja, caracterizándose por una delgada capa fotosintética durante el año. La mínima producción correspondió al Invierno, cuando las condiciones de luz fueron desfavorables, mientras que en el Otoño se alcanzó el máximo cuando el afloramiento fue más intenso y las condiciones de luz fueron mejores, obteniéndose como máximo de producción 298.44 mg C/m<sup>3</sup>/día, a los 0m. La producción promedio para el área fue de 0.86 gr C/m<sup>2</sup>/día (0.30-1.46 gr C/m<sup>2</sup>/día).

## 5. PRODUCCION PRIMARIA EN LA SUPERFICIE DEL MAR

La distribución estacional de la producción primaria en la superficie del mar se describe a continuación.

### 5.1 Verano (Figura 6a)

La distribución de la producción primaria a 0m. fue muy similar a su correspondiente producción total, es decir que los mayores valores (> 50 mg C/m<sup>3</sup>/día) se hallaron al Sur de Punta Aguja, en las aguas ocupadas por la Corriente Costera Peruana, con un promedio de 94.6 mg C/m<sup>3</sup>/día (10.7-190.1 mg C/m<sup>3</sup>/día).

Los valores más altos fueron observados en la Est. 83 (190.1 mg C/m<sup>3</sup>/día) frente a Chimbote y en la Est. 65 (170.5 mg C/m<sup>3</sup>/día) frente a Salaverry, acompañados de 1.18 µg-at/L de fosfato y 8% de saturación de oxígeno, y 1.27 µg-at/L de fosfatos y 32.8% de saturación de oxígeno disuelto.

Como área representativa de afloramiento podemos considerar la estación 101, situada frente a Huarmey-Supe con 17.9 mg C/m<sup>3</sup>/día de producción, 1.80 µg-at/L de fosfatos y 32.8% de saturación de oxígeno disuelto a 0m.

## 5.2 Otoño (Figura 6b)

Para el área, al Norte de la latitud 6° S, los valores más altos de producción se encontraron frente a Cabo Blanco, alrededor de los 4°10' S y 82° W, acompañados de concentraciones bajas de fosfatos ( $< 1.0 \mu\text{g-at/L}$ ), alto contenido de oxígeno disuelto ( $> 5.0 \text{ ml/L}$ ), y temperaturas de 19-18° C. El valor máximo de 144.9 mg C/m<sup>3</sup>/día, se observó en la estación 12, junto con valores de 0.76  $\mu\text{g-at/L}$  de fosfatos y 10% de saturación de oxígeno disuelto.

En el área costera situada al Sur de los 6° S, los valores más altos de producción se encontraron pegadas a la costa frente a Pimentel, Huacho y Topara.

En el área de afloramiento frente a Huacho (Est. 97), se obtuvo el valor máximo de producción del Otoño, de 298.4 mg C/m<sup>3</sup>/día, seguido de 3.51  $\mu\text{g-at/L}$  de fosfatos y bajísimo porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (27%).

## 5.3 Invierno (Figura 6c)

En el área al Norte de los 6° S, se encontró el valor más alto de producción (62.8 mg C/m<sup>3</sup>/día) en la Est. 12 situada frente a Cabo Blanco y alrededor de los 82° W, asociado a valores 0.94  $\mu\text{g-at/L}$  de fosfatos y bajo porcentaje de saturación de oxígeno (68%).

En el área costera al Sur de los 6° S, que estuvo ocupada casi íntegramente por aguas de la Corriente Costera Peruana, halláronse los valores más bajos de producción del año (0.1-32.3 mg C/m<sup>3</sup>/día), a excepción de Chimbote, Atico y Pescadores (67.3, 528.4 y 529.2 mg C/m<sup>3</sup>/día, respectivamente).

## 5.4 Primavera (Figura 6d)

La distribución de producción primaria en superficie fue muy similar a la de producción total.

En las aguas tropicales que se destacaron en forma de una lengua frente a Cabo Blanco se encontró una producción promedio de 6.6 mg C/m<sup>3</sup>/día (1.8-11.5 mg C/m<sup>3</sup>/día), acompañado de bajo contenido de fosfatos ( $< 1.0 \mu\text{g-at/L}$ ), temperaturas de 23-21° C y salinidades de 33.8-33.3‰.

Las aguas de la Corriente Costera Peruana que dominaron el área observada, presentaron altos valores de producción, con las mayores concentraciones cerca de la costa. El máximo valor de 170.2 mg C/m<sup>3</sup>/día, se encontró al Norte de Pisco (Est. 143), al lado de alto porcentaje de saturación de oxígeno (114%) y bajo contenido de fosfatos (1.49  $\mu\text{g-at/L}$ ).



Las aguas subtropicales superficiales mostraron valores bajísimos de producción, con el mínimo de 0.5 mg C/m<sup>3</sup>/día, en la Est. 8 frente al Callao, seguido de 1.43 µg-at/L de fosfatos y 99% de saturación de oxígeno disuelto a 0m.

## 6. VARIACION DE LA PRODUCTIVIDAD

Los principales factores que gobiernan la productividad y sus variaciones geográficas en los océanos, han sido tratados recientemente por Ryther (1963), Steeman Nielsen (1963), Provasoli (1963), y Strickland (1960 y 1965).

La variación estacional de la producción total a lo largo del litoral peruano se muestran en el Cuadro N° 1 y Figura 7, en los que se observa que la mayor producción se halló entre las latitudes 8-9° S y 16-17° S, con valores promedios de 1.00 y 1.30 gr C/m<sup>2</sup>/día, respectivamente. Entre las latitudes 7-8° S, 11-12° S y 15-16° S, la producción promedio fue de 0.70 gr C/m<sup>2</sup>/día.

Los máximos y mínimos valores, así como los promedios de la producción primaria en superficie y producción total debajo de 1 m.<sup>2</sup>, se presentan en el Cuadro N° 2, en el que también se puede apreciar el grado de confianza de estos datos.

El promedio anual del área comprendida entre las latitudes 4-6° S fue de 27 gr C/m<sup>2</sup>/día, o sea de 97 gr C/m<sup>2</sup>/año, y entre las latitudes 6-18°30' S fue de 45 gr C/m<sup>2</sup>/día, o de 162 gr C/m<sup>2</sup>/año. En este último caso, los máximos valores se obtuvieron en el Verano y el mínimo en el Invierno. El efecto combinado de la turbulencia vertical, la mayor turbidez y la reducida radiación fueron suficientes para inhibir la producción en el Invierno. Por otra parte, los más altos valores de producción que se presentaron en el Verano parecen ser el resultado de la regeneración y abastecimiento de los nutrientes dentro de la zona eufótica, gracias a los procesos de afloramientos y a las buenas condiciones de luz.

## 7. PRODUCCION PRIMARIA, TERMOCLINA, CAPA EUFOTICA Y CAPA DE MEZCLA

Ploteando los valores de producción primaria Vs. capa de mezcla, profundidad media de la termoclina y la capa fotosintética no se encontró correlación entre la producción total debajo de una unidad de superficie, la capa de mezcla y la profundidad media de la termoclina. La Figura 8 muestra claramente que la mayor producción orgánica se desarrolló en una capa de un espesor reducido a menos de 25 m. durante todo el año y a menos de 20 m. en la Primavera y el Verano.

Las áreas de mayor producción se hallaron próximas a la costa, coincidiendo en algunas oportunidades con una reducida profundidad de la

capa eufótica, capa de mezcla y profundidad media de la termoclina. Por ejemplo, en la estación de Primavera, el mayor valor de producción total, de 2.27 gr C/m<sup>2</sup>/día (Est. 91), estuvo acompañado de una profundidad media de la termoclina de 6 m., una profundidad de 2 m. de la capa de mezcla y una profundidad de 15 m. de la capa eufótica.

## **8. LA PRODUCCION PRIMARIA Y EL CONTENIDO DE FOSFATOS**

Los fosfatos son rápidamente usados por el fitoplancton en la Primavera y el Verano, debido a que la cantidad y calidad de luz favorecen la actividad fotosintética. Las variaciones estacionales de la producción están correlacionadas con el crecimiento del fitoplancton y del ciclo hidrológico.

De la distribución vertical de los fosfatos se observa que su concentración en la capa de mezcla fue más alta en el Invierno, respecto al Verano.

No hubo relación directa ni inversa entre la producción total y el contenido de fosfatos, en la capa de 0-50 m.

## **9. COMPARACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS AGUAS PERUANAS CON LA DE OTRAS REGIONES DEL MUNDO**

A lo largo del litoral peruano y cerca de la costa se hallaron altos contenidos nutrientes en la superficie del mar, debido a los procesos de afloramientos costeros.

La relación inversa hallada en la Corriente Costera Peruana entre el alto contenido de nutrientes y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto debajo de la piconclina, es común en las áreas marinas fértiles, probablemente como resultado del hundimiento de la materia orgánica formada en la superficie del mar y su consiguiente descomposición y oxidación debajo de la zona eufótica.

La alta productividad de la Corriente Costera Peruana está favorecida por la termoclina poco profunda a lo largo de la costa, ya que la capa de mezcla es usualmente menos profunda que la profundidad crítica, una condición esencial para el máximo desarrollo de la población fitoplanctónica (Svedrup, 1953).

La producción anual promedio hallada en la Corriente Costera Peruana durante el año 1964 fue de 190 gr C/m<sup>2</sup> (0.53 gr C/m<sup>2</sup>/día), correspondiendo la máxima producción al Verano y la mínima al Invierno, fenómeno que ya fue observado anteriormente en el área del Callao (Guillén, 1966). Esta producción comparada con otras regiones de producción del mundo (Cuadro N° 3), se coloca entre las regiones más productivas del mundo. Entre los altos valores de producción encontrados en otras regiones del

mundo, citaremos: 0.46-2.5 (3.8 en Walvis Bay) gr. C/m<sup>2</sup>/día en la Corriente de Benguela (Steeman Nielsen y Jensen, 1957), y 5.7-6.4 gr C/m<sup>2</sup>/día, en el Golfo de Oman, recientemente reportado por Ryther y Menzel (1965).

Comparando los valores de producción hallados por nosotros durante el año 1964, y lo encontrado por la Expedición Step I (1960) para el área en estudio, notamos que nuestros valores son más altos. En cambio, resultan menores en comparación con lo encontrado recientemente por la Expedición Anton Bruun: Menzies y Chin (1966), Wisner (1966), Shomura (1966) y Ryther (1966).

Consideramos que los valores de producción total referidos en el presente estudio, son tal vez más bajos que su verdadero valor, debido a que las muestras se tomaron sólo a 4 diferentes intensidades de luz de la columna de agua.

## 10. RESUMEN

Los más altos valores de producción durante el año 1964 se hallaron en las regiones de divergencia, de mezcla vertical y capa de mezcla poco profunda, o donde el agua superficial era enriquecida a través de los afloramientos favorecidos por la acción de los vientos.

La distribución de producción primaria en superficie fue muy similar a la producción total.

La producción diaria entre las latitudes 4-6° S tuvo un promedio de 0.27 gr C/m<sup>2</sup> (0.04-1.51 gr C/m<sup>2</sup>), y entre las latitudes 6°-18°30' S de 0.45 gr C/m<sup>2</sup> (0.03-2.42 gr C/m<sup>2</sup>), o sea una producción anual de 97 y 162 gr C/m<sup>2</sup>, respectivamente.

La máxima producción hallada en la Corriente Costera Peruana correspondió al Verano, y la mínima al Invierno, con una producción promedio anual de 190 gr C/m<sup>2</sup>.

Hubo una variación geográfica de la producción total en la faja costera de 60 millas de ancho. A lo largo del litoral peruano los mayores valores de producción se presentaron entre las latitudes 8-9° S y 16-17° S con valores promedio de 1.00 y 1.30 gr C/m<sup>2</sup>/día, respectivamente.

No se encontró relación entre la producción y la capa fotosintética, capa de mezcla y la profundidad media de la termoelina.

## 11. REFERENCIAS

- BARREDA, M. 1957. El plancton de la Bahía de Pisco. Bol. Cía. Adm. Guano, 33 (9) : 7-24, 33 (10) : 7-22, 33 (11) : 11-18.

- FORSBERGH, E. D. y J. JOSEPH. 1963. Phytoplankton Production in the South-eastern Pacific, *Nature*, 200, (4901): 87-88.
- GUILLEN, O. 1966. Variación de fosfatos en el Callao como medida de la Producción Primaria. I Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental, Univ. N.M.S.M., pp. 73-76, Lima.
- HOLMES, R. W. 1958. Surface Chlorophyll "A", surface primary production, and zooplankton volumes in the eastern Pacific Ocean. *Rappt. Proces-Verbaux Reunions, Conseil Perm. Intern. Exploration Mer*, 144: 109-116.
- MC ALLISTER, C. D. 1962. Photosynthesis and chlorophyll "a" measurements at Ocean Wather Station "p" July 1959 to November 1961. *Rept. Ser. (Oceanog. Limnol). Fisheries Res. Board Can.* 126: 14 pp.
- MENZEL, D. W. y J. H. RYTHER. 1960. The annual cycle of primary production in the Sargasso Sea off Bermuda. *Deep-Sea, Res.* 6:351-367.
- MENZIES, R. y E. CHIN. 1966. Cruise 11, Research Vessel Anton Bruun, Special Report 1. Texas A. & M. University, Galveston, Texas. (Manuscrito).
- PROVASOLI, L. 1963. Organic regulation of phytoplankton fertility. *The Sea* 2: 165-219. Interscience, New York, 554 pp.
- RILEY, G. A. 1956. Production and utilization of organic matter. *Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954. Bull. Bingham Oceanog. Collection* 15: 324-344.
- ROJAS DE MENDIOLA, B. 1958. Breve estudio sobre la variación cualitativa anual del plancton superficial de la Bahía de Chimbote. *Bol. Cía. Adm. Guano*, 34 (12): 7-17.
- 1963a. Estudios preliminares sobre la distribución del Fitoplancton en Noviembre de 1962, en el área del Callao-Cabo Blanco. *Inf. Int., Inst. de Inv. de los Recurs. Mar.* (34): 10 pp. (Manuscrito).
- 1963b. Análisis cuantitativos y cualitativos del Fitoplancton en Enero de 1963, en el área de pesca Supe-Cerro Azul. *Inf. Int. Inst. de Inv. de los Recurs. Mar.* (38): 10 pp. (Manuscrito).

- 1963c. Distribución del Fitoplancton en Agosto de 1961, en el área de Callao-Chimbote. Inf. Int., Inst. de Inv. de los Recurs. Mar. (88): 12 pp. (Manuscrito).
- RYTHER, J. H. y C. S. YENTSCH. 1958. Primary production of Continental shelf water of New York. *Limnol. Oceanog.* 3: 327-335.
- RYTHER, J. H. 1963. Geographic variations in productivity. *The Sea* 2: 347-380 pp. Interscience, New York, 554 pp.
- RYTHER JOHN. 1966. Cruise 15, Research Vessel Anton Bruun, Special Report 5. Texas A. & M. University, Galveston, Texas. (Manuscrito).
- RYTHER, J. H. y D. W. MENZEL. 1965. On the production, composition, and distribution of organic matter in the Western Arabian Sea. *Deep-Sea Res.* 12: 199-209.
- SHOMURA RICHARD, S. 1966. Cruise 14, Research Vessel Anton Bruun, Special Report 4. Texas A. & M. University Galveston, Texas. (Manuscrito).
- STEELE, J. H. 1956. Plant production on the Fladen Ground. *J. Marine Biol. Assoc. U. K.* 35: 1-33.
- STEEMAN NIELSEN, E. 1952. The use of radio-active carbon ( $C^{14}$ ) for measuring organic production in the sea *J. Cons Explor. Mer*, 18: 117-140.
- 1958a. A survey of recent Danish measurements of the organic productivity in the sea. *Rappt. Proces-Verbaux Reunions, Conseil Perm. Intern. Exploitation Mer*, 144: 92-95.
- 1963b. Productivity, definition and measurement. *The Sea* 2: 129-164 pp. Interscience, New York, 554 pp.
- STEEMAN NIELSEN, E. y E. AABYE JENSEN. 1957. Primary oceanic production, the autotrophic production of organic matter in the oceans. *Galatea Rep.* 1: 49-120.
- STRICKLAND, J. D. H. 1960. Measuring the Production of Marine Phytoplankton. *Bull. Fish Res. Bd. Can.* (122): 172 pp.

- 1965a. Production of Organic Matter in the Primary Stages of the Marine Food Chain. *Chemical Oceanography*. 1: 478-610. Academic Press, London, 712 pp.
- SVERDRUP, H. U. 1953. On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 18: 287-95.
- WISNER ROBERT, L. 1966. Cruise 12, Rsearch Vessel Anton Bruun, Special Report 2. Texas A. & M. University Galveston, Texas. (Manuscrito).
- ZUTA, S. y GILLEN, O. 1964. "Condiciones Oceanográficas frente a las costas del Perú en 1964". (Manuscrito).
-

**CUADRO N° 1**

**VARIACION DE LA PRODUCCION EN GR. C/M<sup>2</sup>/DIA DEBAJO DE LA SUPERFICIE DE 1 M.<sup>2</sup>  
POR LATITUDES EN UNA FAJA DE 60 MILLAS DE LA COSTA DURANTE 1964**

Latitud	4° - 5°	5° - 6°	6° - 7°	7° - 8°	8° - 9°	9° - 10°	10° - 11°	
Rango (gr. C/m <sup>2</sup> /día)	0.16 - 0.66	0.09 - 1.24	0.03 - 0.69	0.41 - 0.98	0.25 - 2.26	0.18 - 1.00	0.13 - 0.67	
Promedio (gr. C/m <sup>2</sup> /día)	0.31	0.43	0.43	0.67	0.99	0.50	0.40	
N° de observaciones	(5)	(4)	(8)	(4)	(6)	(4)	(3)	
Producción Promedio Anual (gr. C/m <sup>2</sup> )	110	155	155	240	355	180	145	
Latitud	11° - 12°	12° - 13°	13° - 14°	14° - 15°	15° - 16°	16° - 17°	17° - 18°	18° - 18°30'
Rango (gr. C/m <sup>2</sup> /día)	0.10 - 1.46	0.09 - 0.23	0.10 - 0.95	0.13 - 0.36	0.16 - 1.17	0.18 - 2.41	0.08 - 0.26	0.02 - 0.99
Promedio (gr. C/m <sup>2</sup> /día)	0.70	0.16	0.43	0.24	0.71	1.30	0.19	0.36
N° de observaciones	(5)	(2)	(5)	(2)	(7)	(3)	(5)	(3)
Producción Promedio Anual (gr. C/m <sup>2</sup> )	250	58	155	86	255	470	68	130

**CUADRO N° 2**

**MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIOS DE PRODUCCION PRIMARIA DURANTE EL AÑO 1964**

ESTACION ANUAL	Producción Primaria a Om. (mgr. C/m <sup>3</sup> /día)				Producción Total (gr. C/m <sup>2</sup> /día)			
	Máximo	Mínimo	Promedio	Error Stand.	Máximo	Mínimo	Promedio	Error Stand.
<b>Latitudes 4-6° S</b>								
Verano	13.10 (35)	0.26 (10)	4.78	2.25 N = 6	0.67 (4)	0.06 (10)	0.22	8.09 N = 6
Otoño	144.96 (12)	0.36 (31)	30.09	13.47 N = 11	1.51 (12)	0.05 (18)	0.43	0.15 N = 11
Invierno	62.76 (12)	0.12 (31)	16.13	8.20 N = 7	0.23 (12)	0.04 (34)	0.19	0.03 N = 7
Primavera	54.84 (38)	1.80 (22)	20.16	5.37 N = 11	0.53 (31)	0.05 (60)	0.23	0.05 N = 11
<b>Latitudes 6-12° S</b>								
Verano	190.13 (83)	10.68 (118)	94.59	13.57 N = 15	1.29 (112)	0.09 (118)	0.63	0.07 N = 15
Otoño	298.44 (97)	2.28 (95)	48.55	28.98 N = 10	1.46 (97)	0.08 (75)	0.40	0.13 N = 10
Invierno	67.32 (95)	1.68 (93)	17.09	5.70 N = 11	0.68 (70)	0.08 (124)	0.30	0.06 N = 11
Primavera	119.04 (91)	0.48 (8)	47.30	13.90 N = 12	2.27 (91)	0.03 (8)	0.50	0.21 N = 11
<b>Latitudes 12-18°30' S</b>								
Otoño	52.56 (121)	0.34 (115)	14.34	4.80 N = 10	0.53 (128)	0.17 (151)	0.37	0.04 N = 10
Invierno	529.20 (196)	0.12 (158)	53.47*	34.49 N = 21	2.42 (95)	0.03 (812-220)	0.36	0.04 N = 21
Primavera	170.16 (143)	3.48 (209)	46.89	13.76 N = 17	1.17 (172)	0.08 (209)	0.43	0.09 N = 17

\* Considerando estaciones: 195: (528.36 mg. C/m<sup>3</sup>/día) y 196: (529.20 mg. C/m<sup>3</sup>/día). Sin considerar estaciones 159 y 196 da un promedio de 3.44 mg. C/m<sup>3</sup>/día.



CUADRO N° 3**Regiones de Baja Producción**

Canadian Station Popa.....	70	gr C/m <sup>2</sup> /año	(Mc ALLISTER 1962).
Sargasso Sea.....	72	„ „	(MENZEL and RYTHER 1960).
Fladen Ground.....	57-82	„ „	(STEELE 1956).
Danish inshore.....	75	„ „	(STEEMANN 1958).

**Regiones de Alta Producción**

Continental Slope off New York.....	120	gr C/m <sup>2</sup> /año	(RYTHER and YENTSCH 1958).
Long Island sound.....	180	„ „	(RILEY 1955).

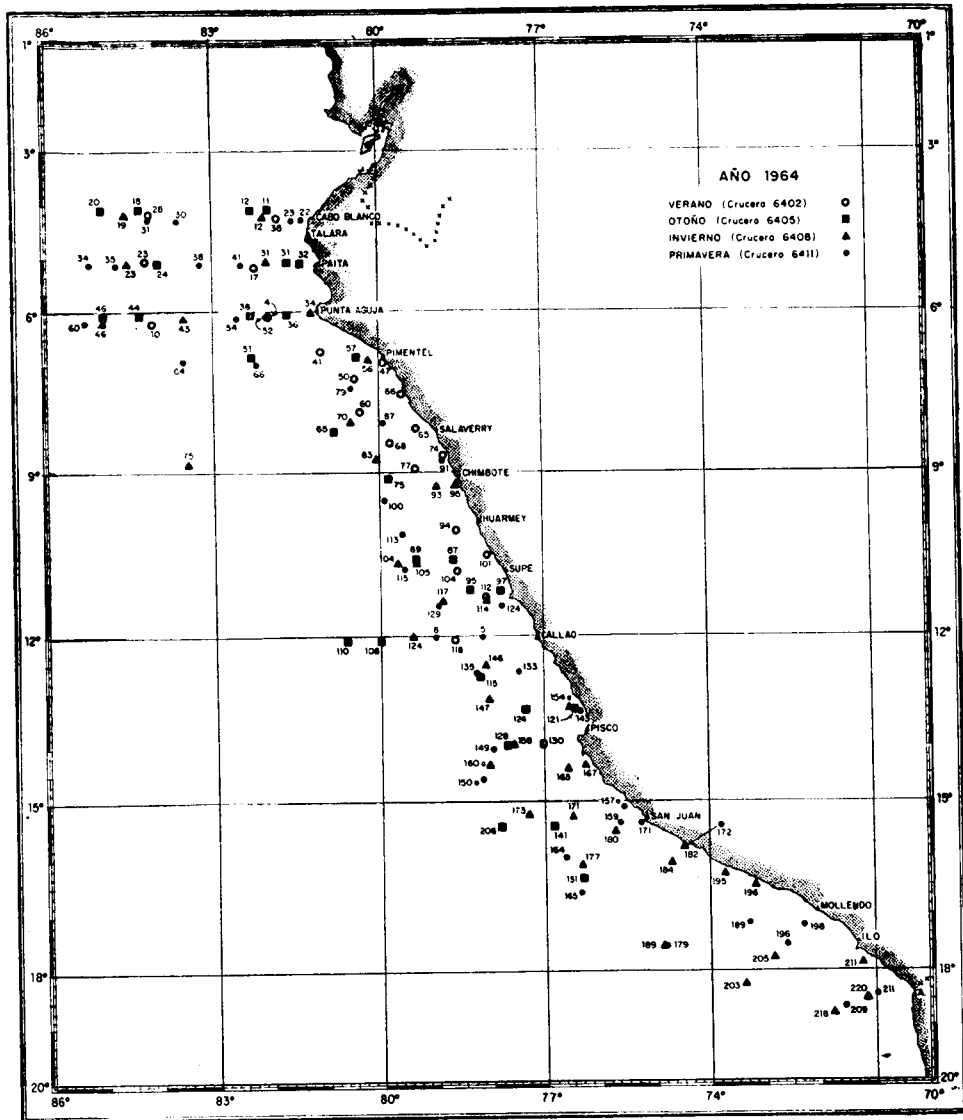


Figura 1 Carta de posiciones de las estaciones de Producción Primaria.

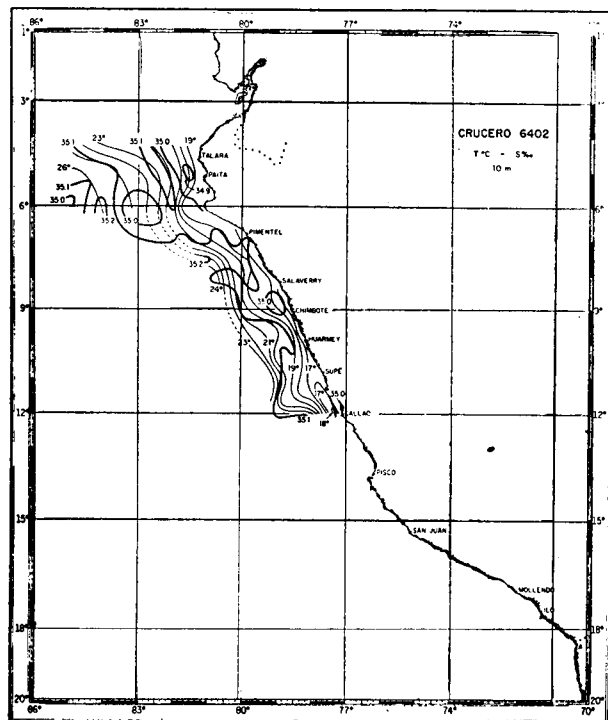


Figura 2a. Distribución de la temperatura (—) y la salinidad (---) al nivel de 10 m. durante el Verano de 1964.

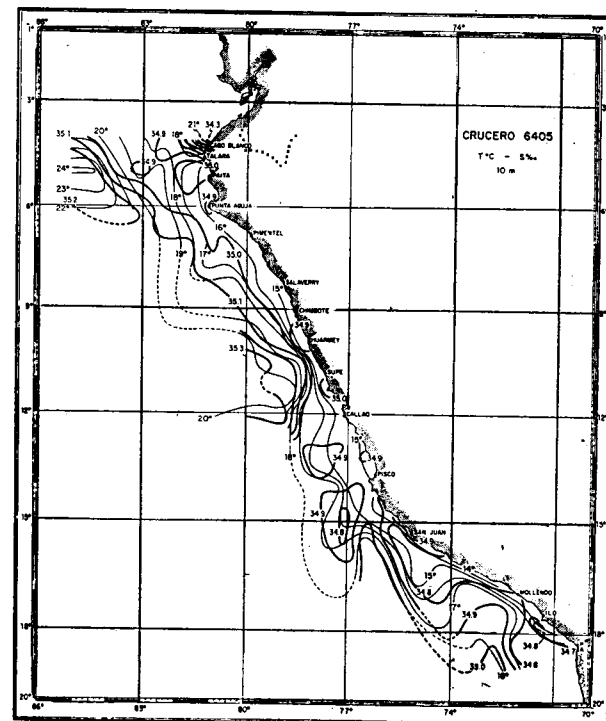


Figura 2b. Distribución de la temperatura (—) y la salinidad (---) al nivel de 10 m. durante el Otoño de 1964.

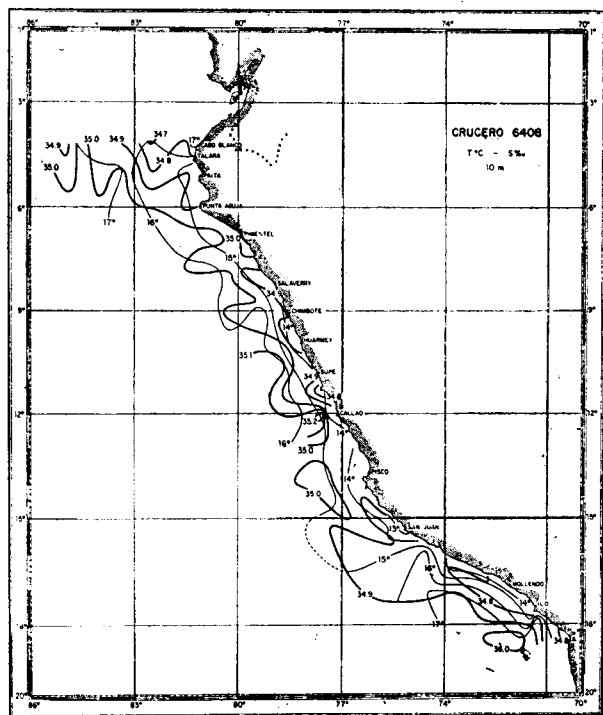


Figura 2c. Distribución de la temperatura (—) y la salinidad (---) al nivel de 10 m. durante el Invierno de 1964.

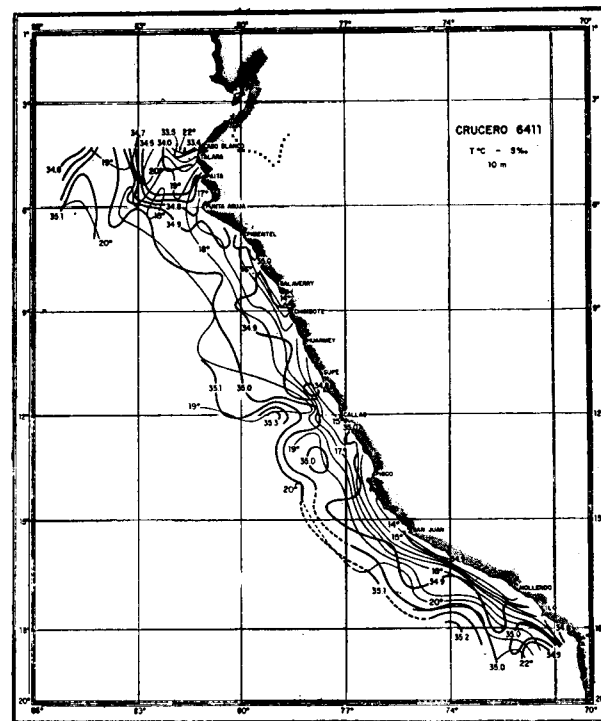


Figura 2d. Distribución de la temperatura (—) y la salinidad (---) al nivel de 10 m. durante la Primavera de 1964.



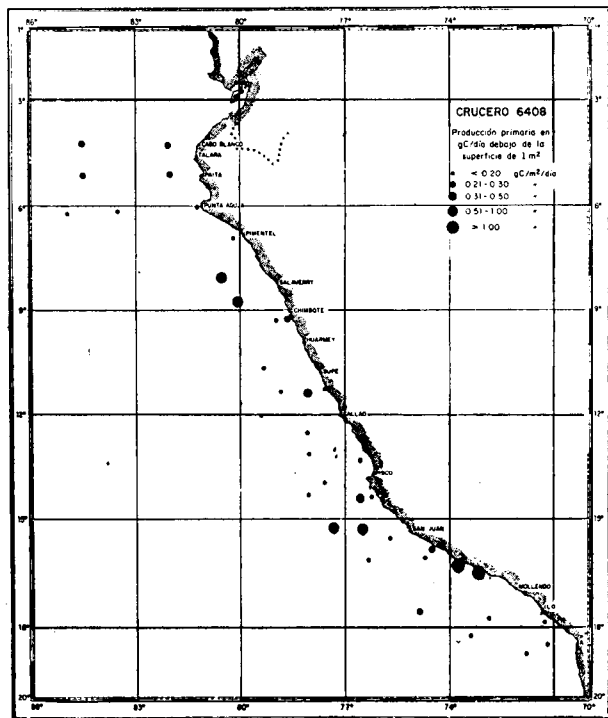


Figura 3c. Distribución de la Producción Primaria en la columna de agua durante el Invierno de 1964.

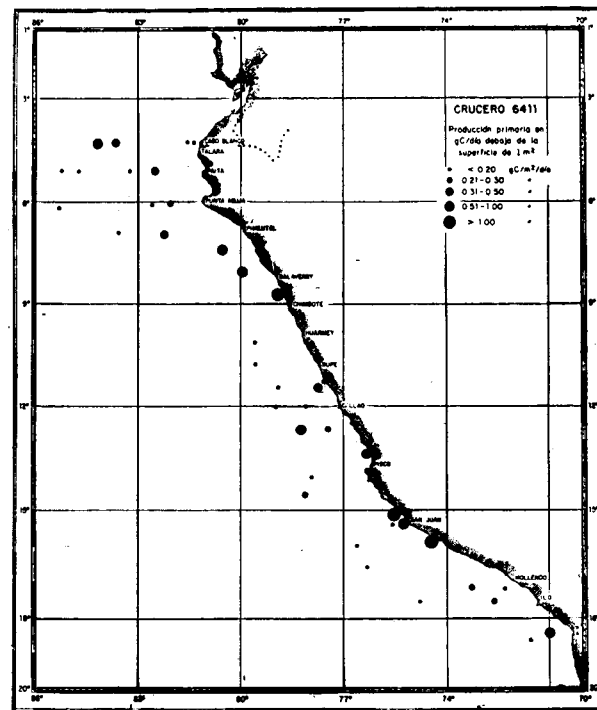


Figura 3d. Distribución de la Producción Primaria en la columna de agua durante la Primavera de 1964.

PRODUCCION PRIMARIA

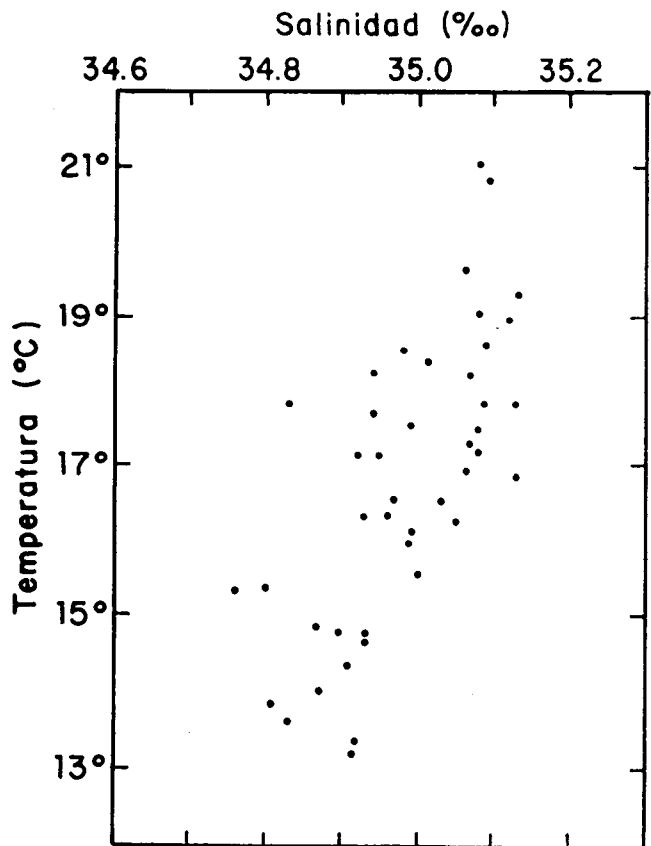


Figura 4 Diagrama Temperatura-Salinidad con valores promedios para la capa de 0-20 m., correspondiente a estaciones con valores mayores de  $0.35 \text{ gr C/m}^2/\text{día}$ .

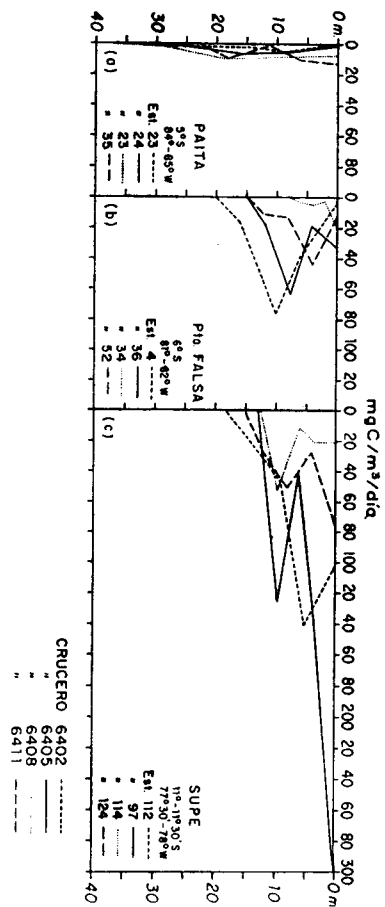


Figura 5 Distribución vertical de la Producción Primaria en las áreas a, b y c seleccionadas.

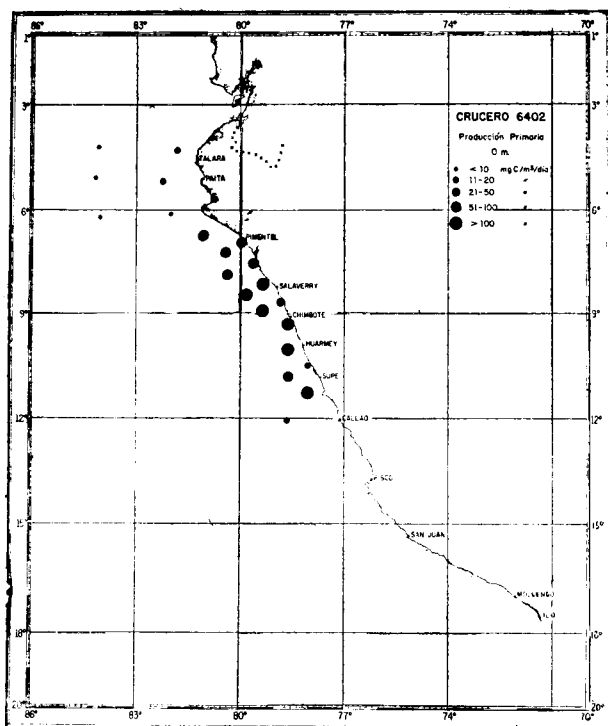


Figura 6a. Distribución de la Producción Primaria en superficie, durante el Verano de 1964.

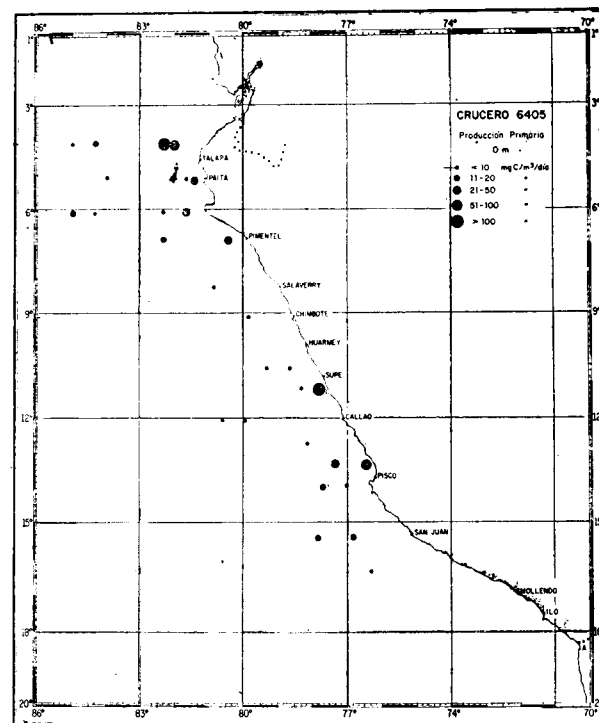


Figura 6b. Distribución de la Producción Primaria en superficie, durante el Otoño de 1964.

PRODUCCION PRIMARIA



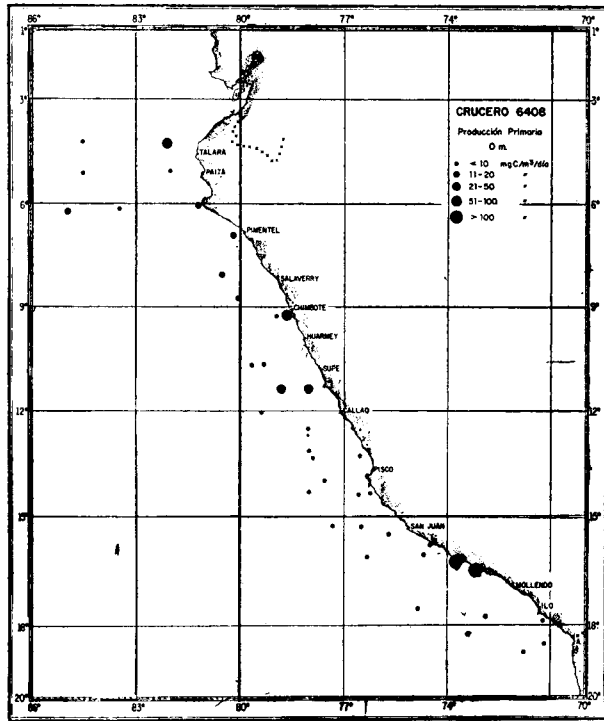


Figura 6c. Distribución de la Producción Primaria en superficie, durante el Invierno de 1964.

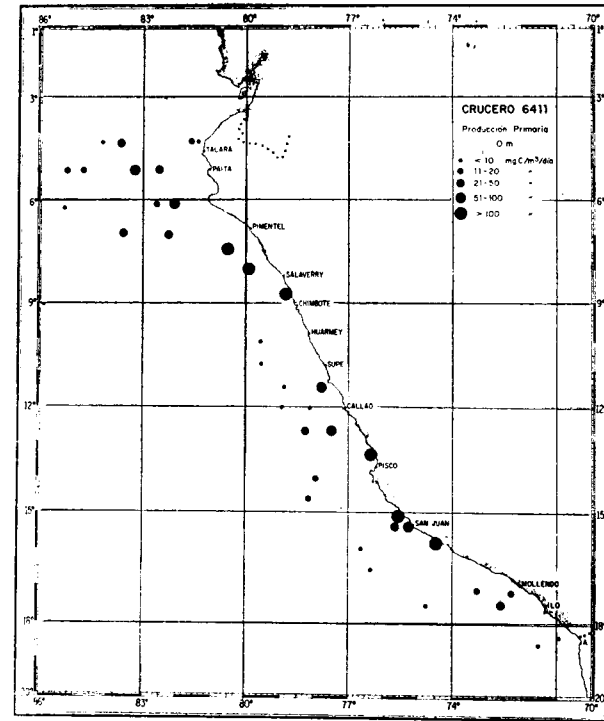


Figura 6d. Distribución de la Producción Primaria en superficie, durante la Primavera de 1964.

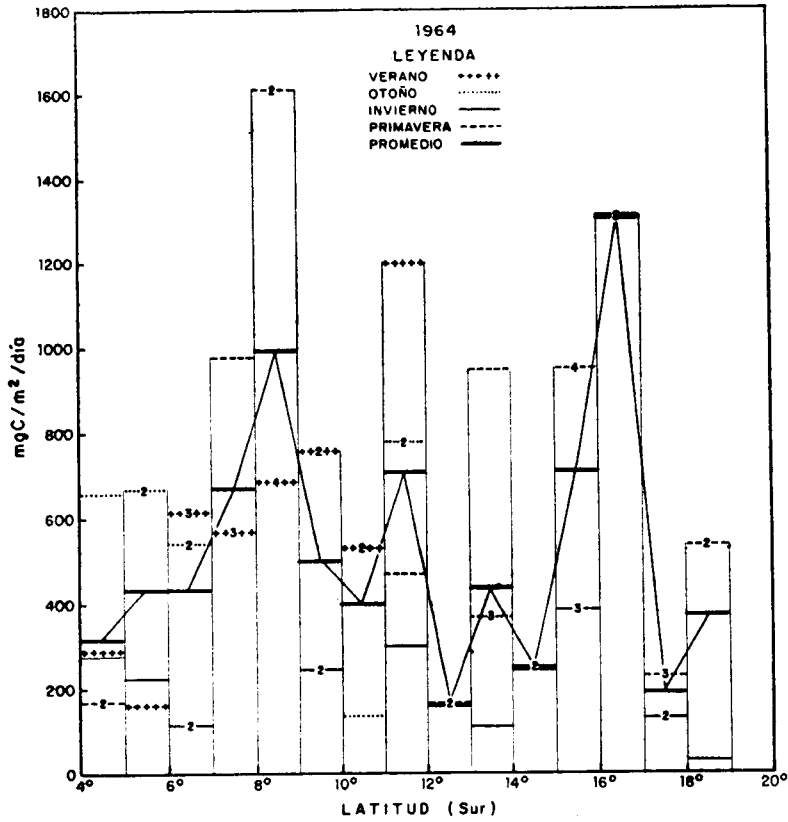


Figura 7 Variación latitudinal de la Producción Primaria en la columna de agua, durante las cuatro estaciones del año 1964.

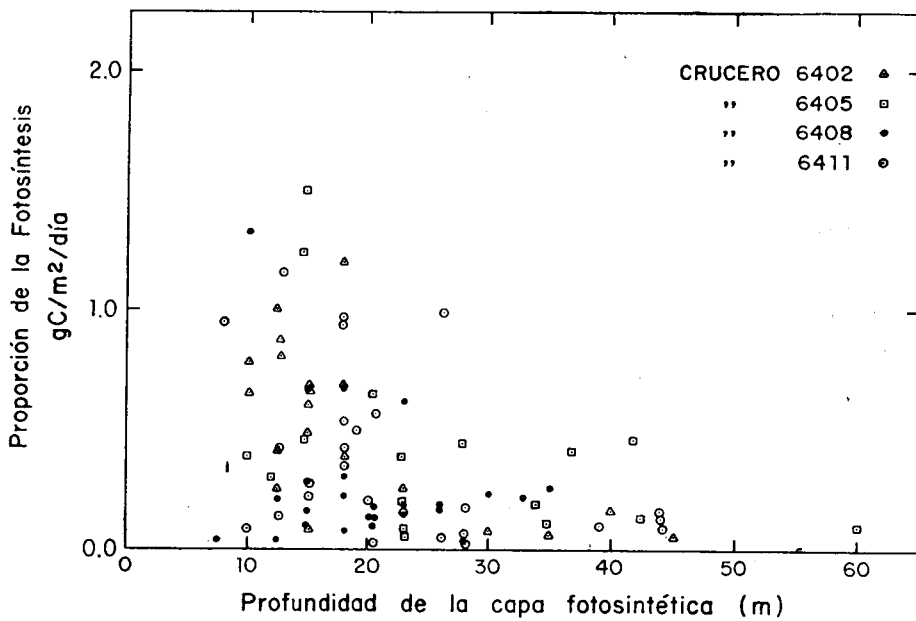


Figura 8 Diagramas de profundidad (m) de la capa Fotosintética  
Vs. Proporción de la Fotosíntesis en 1964.