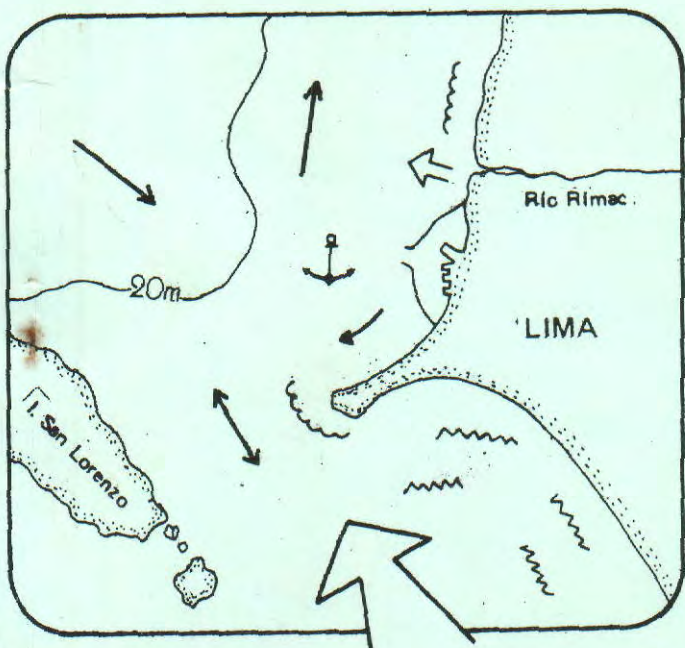
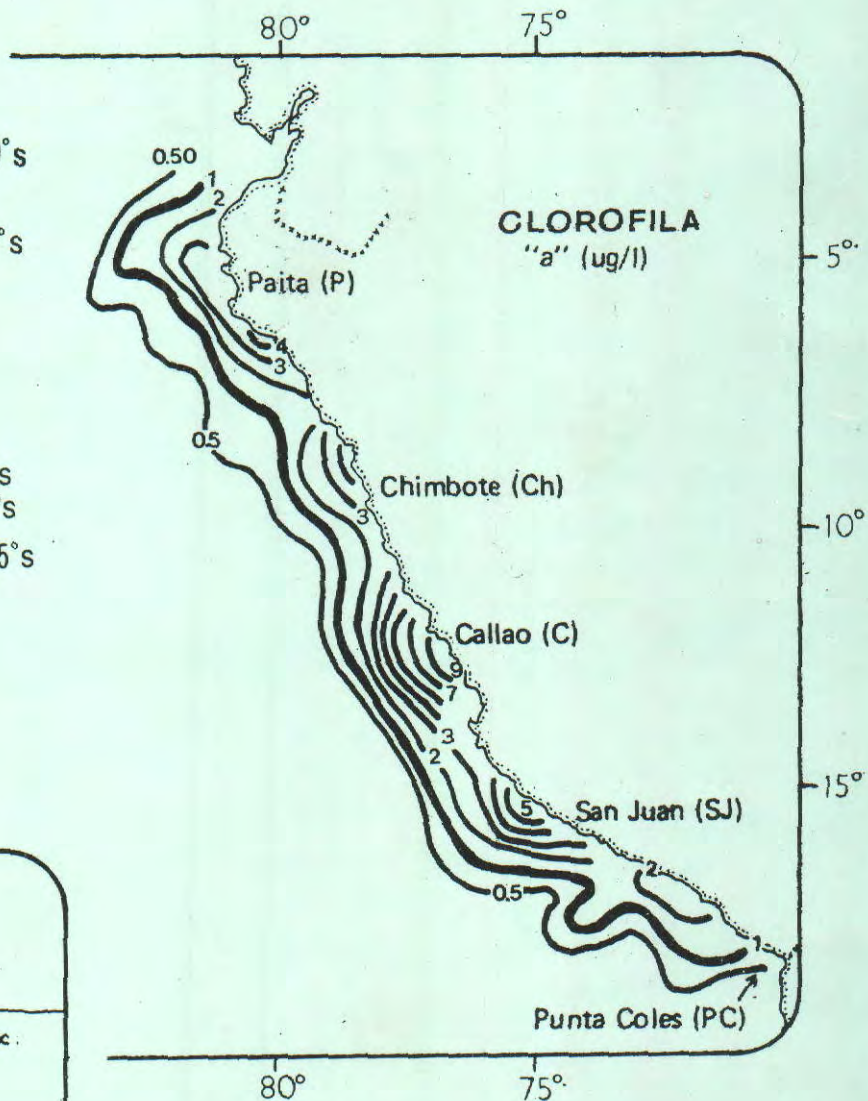
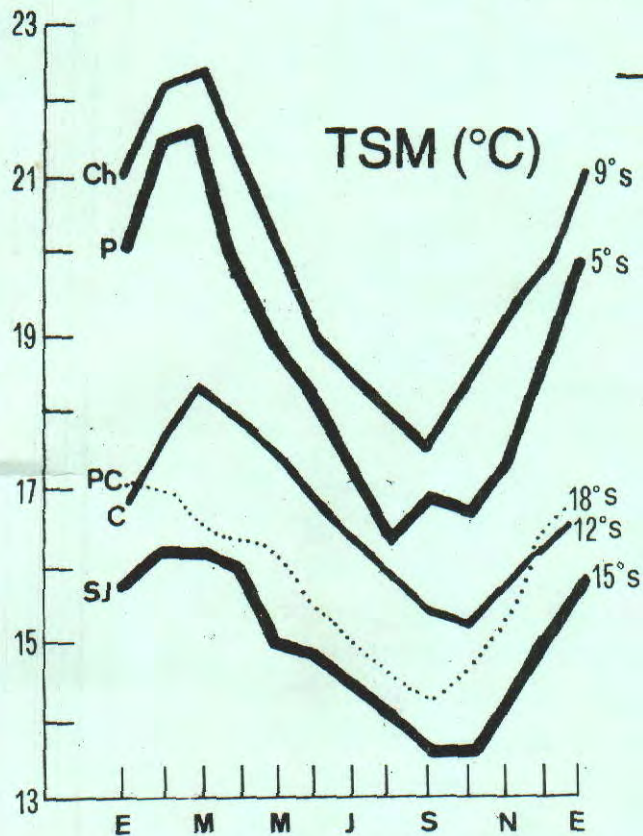




# Boletín



Editores: Salvador Zuta  
Antonio Landa

**PRESERVACION DEL AMBIENTE  
MARINO Y PRODUCCION PRIMARIA**

CALLAO - PERU - 1986

CARBON ORGANICO PARTICULADO, CLOROFILA Y FOTOSINTESIS  
EN EL AREA DE AFLORAMIENTO ENTRE PIMENTEL Y CHIMBOTE  
(07°- 09°S)

Ruth Calienes y Rosa Aquino

INTRODUCCION

La cantidad de materia orgánica particulada en el mar depende de las características del agua, organismos planctónicos y demás constituyentes de la cadena alimenticia. El principal productor del carbón orgánico particulado es el fitoplancton por lo cual se deduce que debe existir una relación proporcional entre la distribución de estas variables en el mar; sin embargo, los efectos de advección y el hundimiento alteran la ubicación de los procesos químicos y biológicos originando que esta relación resulte muy variable en el ambiente marino.

La distribución y variación de clorófila así como la tasa fotosintética o producción primaria han sido ampliamente estudiadas en la costa peruana como estimados del fitoplancton y de su tasa de crecimiento. Sin embargo, muy pocos estudios se han hecho para determinar la relación entre estas variables biológicas y la cantidad de carbón orgánico particulado, el cual, tiene un rol significativo en el ciclo bioquímico de la materia orgánica del océano. Ryther and Menzel (1965), estimaron que en las áreas de afloramiento de Perú un 60% del carbón particulado en la zona eufótica sería material vivo y en la superficie el 100%. Menzel (1967), no encontró relación entre la distribución del carbón orgánico particulado de profundidad y el nivel de producción en la capa superficial del área de Cabo Blanco a Callao (4-12°S). Por otro lado, Barber (1967), en estudios de carbón orgánico disuelto halló que el decrecimiento de este estuvo asociado con el incremento de la producción primaria, clorófila y carbón particulado en el área de Pisco. Las relaciones entre carbón/clorófila han sido estudiadas por Lorenzen (1968) y Beers et al. (1971), quienes reportaron una tasa promedio de 40:1 para todas las profundidades

dentro de la capa eufótica y un índice de productividad mgC/mgClor./día de 60 (41-83) para San Juan, éste fue menor que el hallado por Guillén (1973) para la misma área (80). Uno de los trabajos más recientes sobre materia orgánica es el de Pocklington (1981), quien analizó la distribución de carbón y nitrógeno orgánico entre los 6°30 y 8°S de latitud y halló una significativa correlación estadística entre la cantidad de materia orgánica y otras propiedades químicas; la mayor cantidad de carbón orgánico particulado se encontró en aguas que tuvieron alta clorófila.

El interés de este estudio fue conocer la interrelación entre la biomasa del fitoplancton, producción primaria y carbón orgánico particulado en un importante centro de afloramiento y de alta productividad, Pimentel-Chimbote (Fig. 1) área que fue considerada dentro del Proyecto OEA/IMARPE (1971-1979) teniendo en cuenta su riqueza pesquera. Con este fin se consideró dentro del programa la adquisición de un equipo analizador infrarrojo y la contratación de un especialista en este campo. El Dr. Jonathan Sharp visitó el IMARPE por un mes con el fin de dar entrenamiento al personal sobre la metodología y procesamiento de datos de carbón orgánico disuelto y particulado, aspectos básicos considerando que el trabajo analítico de materia orgánica ha sido limitado por la precisión en los métodos disponibles. Aquí se presentan los resultados y discusión de la investigación realizada en esa oportunidad con el fin de obtener un mejor entendimiento sobre el rol del carbón particulado en los ciclos biológicos del área.

#### MATERIAL Y METODOS

Las muestras para las medidas de variables químicas y biológicas fueron obtenidas en el crucero de otoño SNP-1

7405-06. El área de estudio estuvo comprendida entre los 06° y 09°S de latitud (Fig. 2) y se ha seleccionado el perfil de Pimentel para mostrar las condiciones ambientales (Figs. 4, 5 y 6).

El análisis de nutrientes se realizó de acuerdo al método descrito por Strickland y Parsons (1972) y las muestras de clorófila fueron analizadas según Lorenzen (1967). Las medidas de fotosíntesis se realizaron por el método simulado in situ de carbono<sub>14</sub> dado por Strickland y Parsons (1972). Las muestras fueron incubadas a profundidades de la zona eufótica correspondientes al 100-50-25-10 y 1% de luz superficial.

En la determinación de carbón orgánico se siguió básicamente el método de Menzel y Vaccaro (1964) con modificaciones hechas por Sharp (1973 b). La curva standard obtenida en la calibración del analizador infrarrojo se muestra en la figura 3.

## RESULTADOS

### Estructura térmica y distribución de nutrientes

En la sección de Pimentel, la termoclina estuvo mejor desarrollada lejos de la costa con un gradiente vertical de 21°-16°C sobre los 100m. La termoclina fue más superficial con el acercamiento a la costa. En la superficie la distribución de temperatura mostró un rango de 18°-21°C, notándose una mayor extensión de las aguas del afloramiento de otoño en Pta. Aguja (Fig. 4). La capa de mezcla tuvo un espesor de 20m cerca de la costa donde tuvo características más definidas y se profundizó con la distancia de la costa, 40m. (100 millas). En la parte costera se observó la divergencia de las isotermas y en la de 16°C se apreció el hundimiento característico en esa área originando por

la extensión de las aguas ecuatoriales de la Corriente Cromwell (Fig. 5a). La salinidad tuvo una distribución bastante homogénea con el máximo superficial 35.1‰ cerca de la costa, el rango dentro de la capa de 100m. fue 34.98-35.1‰ (Fig. 5b).

Entre los nutrientes, los fosfatos y nitratos tuvieron una distribución similar, bastante uniforme en la capa superficial (0-20m) donde dominaron valores de 1.5 y 10  $\mu\text{g-at/l}$  respectivamente. La distribución vertical de silicatos mostró concentraciones mayores de 15.0  $\mu\text{g-at/l}$  en la misma capa de profundidad que fue la de mayor concentración del fitoplancton. El contenido de los tres nutrientes en la capa de 0-100m fue típico del afloramiento local con un rango de 0.90-3.00  $\mu\text{g-at/l}$  para fosfatos, 0.50-16.0  $\mu\text{g-at/l}$  de silicatos y 6.0-18  $\mu\text{g-at/l}$  de nitratos (Figs. 6a y b).

#### Clorófila

El área de estudio (6°-9°S) se caracteriza por tener una alta biomasa fitoplanctónica, mayor de 1.0  $\mu\text{g/l}$  de clorófila en superficie fuera de las 100 millas de la costa durante todo el año, excepto en junio y octubre (80 millas) y las máximas ocurren en verano (Calienes et al 1985). En contraste, la distribución superficial de clorófila del crucero SNP-1 7405-06 mostró valores inferiores en la mayor parte del área predominando en general concentraciones menores de 1  $\mu\text{g/l}$  valores mayores de 2  $\mu\text{g/l}$  solo se observaron cerca de la costa frente a Pimentel. En la distribución vertical, las concentraciones de clorófila fueron también bajas, valores menores de 1  $\mu\text{g/l}$  se encontraron en toda la columna especialmente en las estaciones lejos de la costa (58 y 60) a 90 y 170 millas fuera de Chimbote (Fig. 7,8). Las máximas concentraciones se localizaron en la capa de 0-20m de la zona eufótica sobre la nutriclina y en las estaciones costeras dentro de las 60 millas (Fig. 9). El total de clorófila en la zona eufótica integrada varió



entre 8.0 y 25.0  $\text{mg}/\text{m}^2$  valores muy diferentes al promedio del área en otoño (20-100  $\text{mg}/\text{m}^2$ ).

#### Producción primaria

El rango de producción superficial en el área según el promedio patrón estacional es de 10-100  $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{día}$  pero en nuestras observaciones fue menor, 10-60  $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{día}$ . En la distribución vertical la producción primaria fue muy similar a la de la clorófila, los máximos de las tasas fotosintéticas se encontraron en las estaciones costeras (72 y 73) frente a Pimentel, 100-300  $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{día}$ . Por otro lado, las estaciones fuera de las 60 millas (Chimbote) tuvieron tasas fotosintéticas menores de 20  $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{día}$ , y las del área de Chicama se encontraron dentro del rango promedio. En general, la distribución total de la producción primaria dentro de la columna de agua fue baja para el área, menor de 0.50  $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$  para la mayoría de estaciones, sólo en una estación costera (72) se halló una tasa alta de fotosíntesis alcanzando un valor de 2.23  $\text{gC}/\text{m}^2/\text{día}$ , valor dentro del rango promedio del área.

#### Carbón orgánico particulado

La cantidad de carbón orgánico particulado en la sección de Chimbote varió entre 200-300  $\mu\text{gC}/\text{l}$  en las áreas alejadas de la costa (Est. 58 y 60) donde su distribución estuvo en estrecha relación con los otros parámetros del fitoplancton, clorófila y fotosíntesis. En el área de Chicama donde hubo incremento de clorófila y productividad, el contenido de carbón orgánico particulado también aumentó alcanzando valores hasta de 700  $\mu\text{gC}/\text{l}$  (170-700). El área más productiva frente a Pimentel, con mayor biomasa y alta producción primaria tuvo un rango de carbón particulado muy similar al de las estaciones costeras de

Chicama, pero relativamente más baja, si se considera que la producción primaria que fue mucho más alta que la del área de Chicama.

Con el fin de conocer las características y naturaleza del carbón orgánico particulado se computó el porcentaje de carbón particulado detrítico y vivo a partir del carbón total (Parsons, 1975). Los resultados de los cálculos mostraron porcentajes altos de carbón particulado detrítico en casi todas las profundidades de todas las estaciones (80%). Una excepción fue la estación 72 donde se observaron mayores valores de carbón vivo coincidiendo con las altas concentraciones de clorófila, tasas fotosintéticas y carbón orgánico particulado total, en esa estación el porcentaje del carbón del fitoplancton vivo alcanzó 25% del total.

#### Tasa carbón/clorófila

La composición química del fitoplancton puede ser afectada grandemente por cambios en las condiciones ambientales. De acuerdo a esta variación Antia et al (1963), reportó tasas de carbón/clorófila en relación a varios estados del desarrollo del fitoplancton. Las tasas fueron diferentes cuando las plantas crecieron en aguas con suficientes nutrientes (nitratos), que cuando crecieron en aguas que tuvieron deficiencia de nitratos por algunos días 25:1 y 60:1 respectivamente. Esta diferenciación es más conveniente a usar un estimado general para todo el fitoplancton sin considerar condiciones de crecimiento. Strickland (1960), sugirió un valor teórico de 30 para aguas de gran riqueza biológica, considerando que la proporción de plantas vivas en la materia orgánica es mucho más alta cerca de la costa que fuera de ella. La proporción de carbón orgánico asimilado

(C<sub>14</sub>) a clorófila que se obtuvo con nuestros datos varió entre 36 y 46 para diferentes niveles de la capa de 0-20m, donde ocurrió la mayor producción; los mayores valores correspondieron a las áreas fuera de la costa con baja producción. La relación entre estas variables tuvo una mayor significancia en la capa productiva ya que en general las tasas fueron muy altas, lo que indicaría algún cambio ambiental o deficiencia de nutrientes en días anteriores al período de estudio que pudo afectar al fitoplancton.

Considerando que la proporción de clorófila a feopigmentos es un índice de la composición de pigmentos en el fitoplancton y por lo tanto indicativo de su estado fisiológico, se estimó esta relación. De acuerdo a Yentsch y Menzel (1963), la tasa clorófila/feopigmentos de 1.70 representaría clorófila pura, los valores hallados para nuestra área de estudio mostraron proporciones inferiores en relación a este valor, indicando la presencia de clorófila inactiva ó degradada, feopigmentos.

#### Tasa de crecimiento del fitoplancton

Muchas especies del fitoplancton son capaces de dividirse una vez por día y algunas especies más pequeñas se dividen aún más rápidamente, así los coccolitoforidos son completamente reemplazados 2 veces/día, esto origina que en un determinado momento el grupo ocurra en baja concentración en comparación con su rápida tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento expresada en términos de doble de biomasa del fitoplancton por día tuvo un rango de 0.19 a 1.79 con un promedio de 0.80 doubling/day dentro de la zona eufótica (0-35m), correspondiendo el valor inferior a una estación lejos de la costa y el mayor a la estación más productiva del área (72). Beers et al (1971), hallaron un promedio de 0.80 para el área de 10°-12°S y Strickland et al (1969), encontró 0.80 doubling/day para Pisco. Si-



milarmente Guillén y Calienes (1981), reportaron 0.6 y 0.8 d/d para San Juan en verano y otoño respectivamente, y 0.6 para Chimbote en primavera.

La estructura de la comunidad fitoplanctónica puede reflejar variabilidad en la tasa de crecimiento ó eficiencia de producción (Platt y Fillion, 1973). Calienes (1975, 1981), halló en el área de afloramiento de Callao tasas de crecimiento de 1.0 y 1.5 lo que representan una producción activa (Strickland et al. 1969). La composición de las poblaciones fitoplanctónicas en esa área tuvo una baja diversidad y estuvo constituida por especies de afloramiento, siendo las diatomeas los principales constituyentes (90%) en las especies Rhizosolenia delicatula, Skeletonema costatum, Thalassiosira subtilis, Nitzschia closterium y Thalassionema bacillaris ocurrieron en la capa de 0-20m durante todo el año.

#### Indice de productividad

La relación entre la biomasa y la productividad del fitoplancton de una población, las generaciones del fitoplancton que se reemplazan en un determinado tiempo, "turnover rate". La intensidad de la dinámica de la producción del fitoplancton es dada solo parcialmente por la biomasa, ó por la producción primaria, ya que poblaciones grandes de fitoplancton pueden tener comparativamente una baja tasa fotosintética, y a su vez, pequeñas comunidades pueden alcanzar una fotosíntesis alta debido a su activa producción. Sin embargo, si ambas son medidas simultáneamente, se puede calcular un índice de productividad (producción primaria/standing stock), el cual es útil para obtener una diferenciación entre el potencial productivo conocido de grandes poblaciones y el de pequeñas creciendo ac-

tivamente con alta productividad.

El índice de productividad (mgC/mg Clor./dfa) calculado para el área de estudio tuvo un rango de 7-97 para la zona eufótica. Beers (1971) reportó 28 en el área de Supe, casi la mitad del promedio dado por Lorenzen (1968), 60 (41-83) para el área de afloramiento de Pisco. Por otro lado, Guillén (1973) reportó índices de 40 y 20 para el área norte similar a la de este estudio.

#### DISCUSION

Un resultado inesperado en este estudio fue encontrar bajas la biomasa y la producción del fitoplancton por unidad de tiempo en comparación con las características referenciales del área (Guillén y Calienes, 1981; Calienes et al 1985). Las características físicas y químicas no presentaron anomalías de temperatura o bajo contenido de nutrientes durante el período de trabajo por lo cual puede atribuirse como causa de estos resultados las condiciones ambientales que afectaron al fitoplancton en días anteriores.

Siendo la mayor parte del carbón orgánico particulado en el mar derivado del fitoplancton, es de esperar que exista una relación directa entre el stock del fitoplancton y el carbón orgánico. Hobson et al (1973), encontraron un ciclo estacional de estos parámetros y concluyeron que las concentraciones del carbón particulado estuvieron generalmente asociadas con las áreas de alta producción primaria; sin embargo, en observaciones mensuales, esta relación no fue muy marcada. En general, el carbón particulado por su naturaleza, es altamente variable en aguas superficiales, y está directamente relacionado a la

## INDICES DE FITOPLANCTON EN AREAS DE AFLORAMIENTO 292

productividad del fitoplancton determinada por la clorófila ó por la asimilación de carbono 14 (Menzel y Goering, 1966; Strickland et al 1970). También es necesario considerar los efectos de la advección y el hundimiento que alteran la ubicación real de los procesos químicos y biológicos y consecuentemente la distribución de las variables biológicas.

Las diferentes variables estudiadas en el área Pimentel-Chimbote guardaron una estrecha relación entre si, los datos de clorófila, fotosíntesis y carbón particulado dentro de la zona eufótica mostraron en general una distribución con igual tendencia de abundancia. En base a la similitud entre los perfiles de carbón 14 asimilado y de clorófila, es posible asumir que por lo menos en algunas estaciones y niveles de la columna de agua, el carbón estuvo asociado con la clorófila fotosintéticamente activa y por lo tanto con fitoplancton vivo. La estación 72 mostró una proporcionalidad definida, el rango de carbón orgánico para esta estación fue alto 400-650  $\mu\text{g-C/l}$  y la tasa de carbón/clorófila tuvo un rango de 38:1 y 46:1 para los niveles de 0 y 10m, valores muy aproximados a los obtenidos por Lorenzen (1963) quien señaló una proporción de 40:1 para un crecimiento activo del fitoplancton. Este aspecto se comprobó calculando la tasa de crecimiento para la capa eufótica que alcanzó un  $\mu = 1.78$  doubling/day, la más alta entre todas las estaciones seleccionadas, y que por tener las concentraciones de clorófila y tasas fotosintéticas dentro del rango promedio del área, puede considerarse dentro de este estudio como ejemplo de las características de otoño. Sin embargo, esta situación no fue general para todas las estaciones, los resultados encontrados al estimar la proporción de clorófila a feopigmentos mostraron un rango de 1.09 - 1.33, los valores de este rango estarían muy próximos al valor que indica cloró

rófila degradada. Holm-Hansen et al (1965), hallaron un promedio de 2.3 en superficie y 1.0 en muestras de profundidad, indicando este último un contenido de pura feofitina y otros productos de degradación como efecto del grazing del zooplancton, el cual al ingerir el fito plancton produce muy rápidamente los feopigmentos. Una situación especial se observó en los niveles de 0 y 10 metros de algunas estaciones, en los cuales la tasa fue más alta (1.60-2.00), indicando en este caso una mayor proporción de clorófila activa.

Considerando el rango de las tasas de crecimiento hallado, es evidente la ocurrencia de un buen crecimiento con un promedio de 0.90; sin embargo, algunas estaciones indistintamente de su ubicación cerca o lejos de la costa, tuvieron tasas muy bajas las que pudieron resultar de la pérdida de células del fitoplancton debido al hundimiento dentro de la columna. Los índices de productividad hallados para la zona eufótica no fueron representativos del área en comparación con los dados por Guillén y Calienes (1981), exceptuando la estación 72 que aparentemente tuvo mejores condiciones y que alcanzó más de 20 mg C/mgClor./día. Guillén (1973) encontró los máximos valores para las áreas de afloramiento Talara-Paita (140) Huacho-Callao (120) y Pisco-San Juan (80) dentro de una capa eufótica de 30m. Los menores índices de 20 mgC/mgCl/día correspondieron a las aguas subtropicales superficiales. Lamentablemente pocos valores de índices de productividad han sido reportados; la información es aún muy escasa para las diferentes estaciones del año y no apropiada para delinear la dinámica de la producción del fitoplancton en base a dichos índices.

La concentración del carbono total particulado (200-700 ugC/l) estuvo dentro del rango reportado por Menzel (1967), de 250 a

1250  $\mu\text{gC/l}$  en la capa de 0-20m para áreas de afloramiento en Perú, pero se encontró que el porcentaje del carbón detrítico (75%) fue mucho mayor que el del fitoplancton vivo. Estos resultados difieren de los de Ryther and Menzel (1965), quienes estimaron que un 60% del carbón particulado sería carbón de fitoplancton vivo dentro de la capa eufótica y un 100% en la superficie para las áreas de afloramiento de Perú, no obstante, tienen relación con lo reportado por Ryther et al (1970), como se verá más adelante.

En general, la bibliografía reporta que la vía más importante para la formación del carbón orgánico particulado en el mar no es directamente el fitoplancton, sino que éste asociado con la producción del carbón disuelto (productos de excreción) por actividad bacteriana, alcanza vía carbón particulado un equilibrio entre las dos formas del carbón. El proceso es reversible ya que el carbón particulado puede también contribuir al nivel del carbón disuelto a través de la descomposición ó procesos de disolución de las partículas. Como generalización, puede señalarse que la cantidad de carbón orgánico particulado detrítico es una gran fracción del total y frecuentemente excede al carbón del fitoplancton vivo por un factor de 10 ó más, excepto en los grandes florecimientos del fitoplancton o "red tide" cuando las concentraciones del fitoplancton vivo son muy grandes en relación al detritus (Barber, 1967).

En la interpretación de los resultados, la explicación sobre la baja producción y biomasa del fitoplancton en el área conocida por su gran producción biológica, se encuentra en el argumento sostenido por Lorenzen (1967-1968), en relación al grazing del zooplancton. Este autor mostró para la zona eufótica una relación lineal entre la tasa de zooplancton a fitoplancton y entre la tasa de feofitina a clorófila, esta última fue también directamente propor-

cional al índice de productividad del plancton, el cual en aguas con poco ó ningún afloramiento debe reflejar el ambiente de nutrientes. Es decir que en áreas con intenso grazing, el plancton crece más activamente debido a los nutrientes como efecto resultante del grazing. Similarmente, en el caso de las áreas de afloramiento, las aguas son ricas en nutrientes, nitratos especialmente, pero el fitoplancton usa preferentemente y con mayor eficiencia el amonio (excreción del zooplancton) como nutriente de más fácil asimilación, así en la capa eufótica, muchas veces la nitrificación o regeneración del nitrógeno no llega a completar su ciclo debido al uso inmediato de los productos iniciales del mismo (Dugdale, 1976). Esto explicaría las tasas de activo crecimiento halladas en nuestra área aún cuando la relativa biomasa del fitoplancton fue baja, y también estaría de acuerdo con las proporciones de feopigmentos a clorófila halladas cuyos valores indican grazing del zooplancton.

Nuestros resultados tienen cierta relación con los de Ryther et al (1970), quienes estudiaron los cambios químicos dentro de la capa eufótica en un período de cinco días en el área alrededor de los 15°S. Ellos encontraron una tasa fotosintética muy alta, 10 gC/m<sup>2</sup>/día, de la cual aproximadamente la mitad del carbón fue fitoplancton vivo en el primer día y sólo una quinta parte de esta cantidad se observó después de cinco días, los autores señalaron al grazing del zooplancton como factor de control de la proporción de organismos vivos y del detritus.

Al tratar de relacionar la producción del área 06-09°S con los sedimentos superficiales se encontró que en la mayor parte de la plataforma predominan valores de carbón orgánico que representan menos del 2% (porcentaje en un kilo de sedimento seco) y los altos porcentajes mayores de 7% se encontraron en el borde de la plataforma (Delgado y Gomero,

1980). Valores muy similares fueron reportados por Ryther et al (1970), para Pisco y por Henrichs and Farrington (1984), estos últimos dieron un rango entre 0.8 y 10%, al cual se le considera alto para sedimentos en general y característico de áreas de afloramiento.

Según Menzel (1966), las concentraciones de carbón orgánico particulado no tienen influencia sobre los valores de profundidad ya que su distribución en profundidad tiene homogeneidad vertical. Las partículas producidas en una área son oxidadas o solubilizadas dentro de una limitada distancia de la superficie, ésta es determinada por la zona eufótica y por las características hidrográficas que controlan el hundimiento. Al respecto, Hakajima and Nishizawa (1972), reportaron que el decrecimiento exponencial del carbón particulado con la profundidad se debía al grazing del zooplancton y a los procesos de degradación incluyendo la descomposición bacteriana. Por otro lado, las partículas sedimentadas representan productos de fotosíntesis y metabolismo animal biológica y químicamente resistente a la degradación y posiblemente son indicadores de edad cronológica; su concentración dependería de la acumulación a largo plazo.

El flujo de materia orgánica parece ser proporcional a la producción del plancton en la superficie, de ahí que se distinguen marcadamente los sedimentos de afloramiento. En la zona eufótica, los pigmentos son rápidamente descompuestos después de la muerte de los organismos (Yentsch, 1962), y entre los elementos componentes del plancton el fósforo es rápidamente liberado del material muerto, mientras el carbono y nitrógeno son más refractarios a la descomposición. Los niveles de detritus varían considerablemente en el espacio lo cual influye en la tasa de un elemento a otro.



En la deposición de materia orgánica, el zooplancton herbívoro tiene un rol importante en las áreas de afloramiento donde son típicamente grupos de copepodos calanoides, los cuales junto con otros grupos taxonómicos del zooplancton herbívoro contribuyen en gran parte al hundimiento del flujo de carbón orgánico particulado (Eppley and Peterson, 1979). Aproximadamente 20-30% del carbón ingerido del fitoplancton pasa a través de los productos del metabolismo de esos animales y son encapsulados en pequeños paquetes que tienen hundimiento rápido y pueden transportar carbón orgánico a gran profundidad (50-300 m/día). En el Perú se ha capturado fitoplancton intacto, mudas, materia de excreción del zooplancton y anchoveta en muestreos de partículas. La mayor concentración de carbón orgánico localizada al borde de la plataforma puede deberse a los efectos advectivos o flujo de aguas fuera de la costa (transporte Ekman), y al hundimiento de organismos en el borde o rompimiento de la misma. En la capa superficial los procesos de oxidación parecen muy importante a través de la plataforma.

#### CONCLUSIONES

- La concentración del fitoplancton y su producción por unidad de tiempo y espacio fueron bajas para el área de estudio en otoño.
- Las tres variables estudiadas (clorófila, producción primaria, carbón particulado) guardaron proporcionalidad entre ellas, hallándose las concentraciones más altas cerca de la costa.
- El ambiente físico y las variables químicas aparentemente no fueron limitantes en el período de estudio pero pudieron haber tenido influencia en días anteriores.

- La composición del carbón orgánico, vivo ó detritus depende principalmente del tiempo y del estado resultante de su descomposición.
- Los efectos de advección y el hundimiento alteran la ubicación real de la actividad química y biológica y por lo tanto la distribución de las variables biológicas.
- El rango de clorófila fue de 0.16 a 2.86 ug/l y para la zona eufótica de 8.0 a 25.0 mg/m<sup>2</sup>.
- La producción primaria varió entre 1.20 y 303 mgC/m<sup>3</sup>/dfa en la superficie y en la zona eufótica el rango fue de 0.30 a 2.23 gC/m<sup>2</sup>/dfa.
- La concentración de carbón orgánico particulado fluctuó entre 170 y 700 ugC/l en la capa de 0-35m.
- El estimado del porcentaje de carbón orgánico del fitoplancton vivo fue mucho menor que del material detritico (80%).
- La proporción de clorófila a feopigmentos fue de 1.13-1.30 lo cual indicaría presencia de clorófila degradada ( 50% ó más de la clorófila puede ser forma inactiva).
- Las tasas de crecimiento indicaron un activo crecimiento, no obstante la baja biomasa de fitoplancton.
- El crecimiento activo o rápida recuperación del fitoplancton estaría dado por los nutrientes liberados por el zooplancton durante el grazing.
- La mayor cantidad de carbón orgánico en los sedimentos superficiales localizada en el borde de la plataforma ( 7%) estaría influenciada por los procesos advectivos, el flujo fuera de la costa que conduce al hundimiento y a la acumulación de organismos en la zona de rompimiento de la plataforma.

- La sedimentación orgánica a través de la plataforma es menor ( : 2%), la cual aparentemente no representa una gran fracción de la producción de la capa superficial y posiblemente se debe a una mayor oxidación del material orgánico debajo de la zona eufótica.

#### REFERENCIAS

- Antia, N., C. MacAllister, T. Parsons, K. Stephens and J. Strickland. 1963. Further Measurements of Primary Production using a large volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.* (2): 156-183.
- Barber, R. 1967. The distribution of dissolved organic carbon in the Peru current system of the Pacific Ocean. Ph. D. Thesis. Stanford University.
- Beers, J., M. Stevenson, R. Eppley and E. Brooks 1971. Plankton populations and upwelling off the coast of Peru, June 1969. *Science* 173 (4): 859-876.
- Eppley, R. and R. Parson. 1971. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature*, 232-667-680
- Guillén, O. 1973. Carbón chlorophyll relationship in Peruvian Coastal waters. *Oceanography of the South Pacific 1971*, comp. R. Fraser, New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington.
- Henrichs, S., and J. Farrington. 1984. Peru upwelling region sediments near 15°S: Remineralization and accumulation of organic matter 29(1): 1-19.
- Lorenzen, C. 1968. Carbón/Chlorophyll relationship in upwelling area. *Limnol Oceanogr.* 13(1) pp: 202-204
- Menzel D. and J. Ryther. 1964. The composition of organic matter in the western north Atlantic. *Limnol. Oceanogr.* 9 (2): 179-186.

- Menzel, D. 1967. Particulate organic carbon in the deep sea. *Deep-Sea Res.* 14: 229-238.
- Menzel, D. 1975. Primary productivity, dissolved and particulate organic matter, and the sites for oxidation of organic matter. In: *The Sea*. E. Goldberg (Ed.). 5: 659-678.
- Parsons, T. 1975. Particulate organic carbon in the sea. In: *Chemical Oceanography*. J.P. Riley and G. Skirrow (Eds.). 2: 365-382.
- Pocklington R. 1981. Organic matter in upwelling off Northern Peru, November 1977. *Bol. Inst. Mar Peru/ICAN* Vol. Extraordinario: 7-14
- Parsons, T. and M. Takahashi. 1973. *Biological Oceanographic Process*. Pergamon Press
- Sharp, J. 1972. The formation of particulate organic matter in seawater. Ph. D. Thesis, Dalhousie University.
- Sharp, J. 1973. Size classes of organic carbon in seawater. *Limnol. Oceanogr.* 18(3): 441-447.
- Sharp J. 1973 b. Total organic carbon in seawater. Comparison of measurements using persulfate oxidation and high temperature combustion. *Mar. Chem.* 1: 211-229
- Sharp, J. 1974. Improved analysis for "particulate" organic carbon and nitrogen from seawater. *Limnol. Oceanogr.* 19 (6) : 984-989.
- Sumich, J. 1982. Primary Production in the Sea. In: *Biology of Marine Life*. Wm. C. Brown Company Publishers. Iowa pp. 181-208.
- Strickland, J. 1972. Research on the marine plankton food web at the Institute of Marine Resources: A review of the past seven years of work. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 10: 349-414

- Wangersky, P. 1974. Particulate organic carbon: Sampling variability. *Limnol. Oceanogr.* 19 (6): 980-984
- Williams, P. 1969. The distribution and cycling of organic matter in the ocean. Progress Report July 1969-June 1970. Institute of Marine Resources. Part. II. Vol. 2 Chemistry and Phytoplankton. C. 3. University of California.

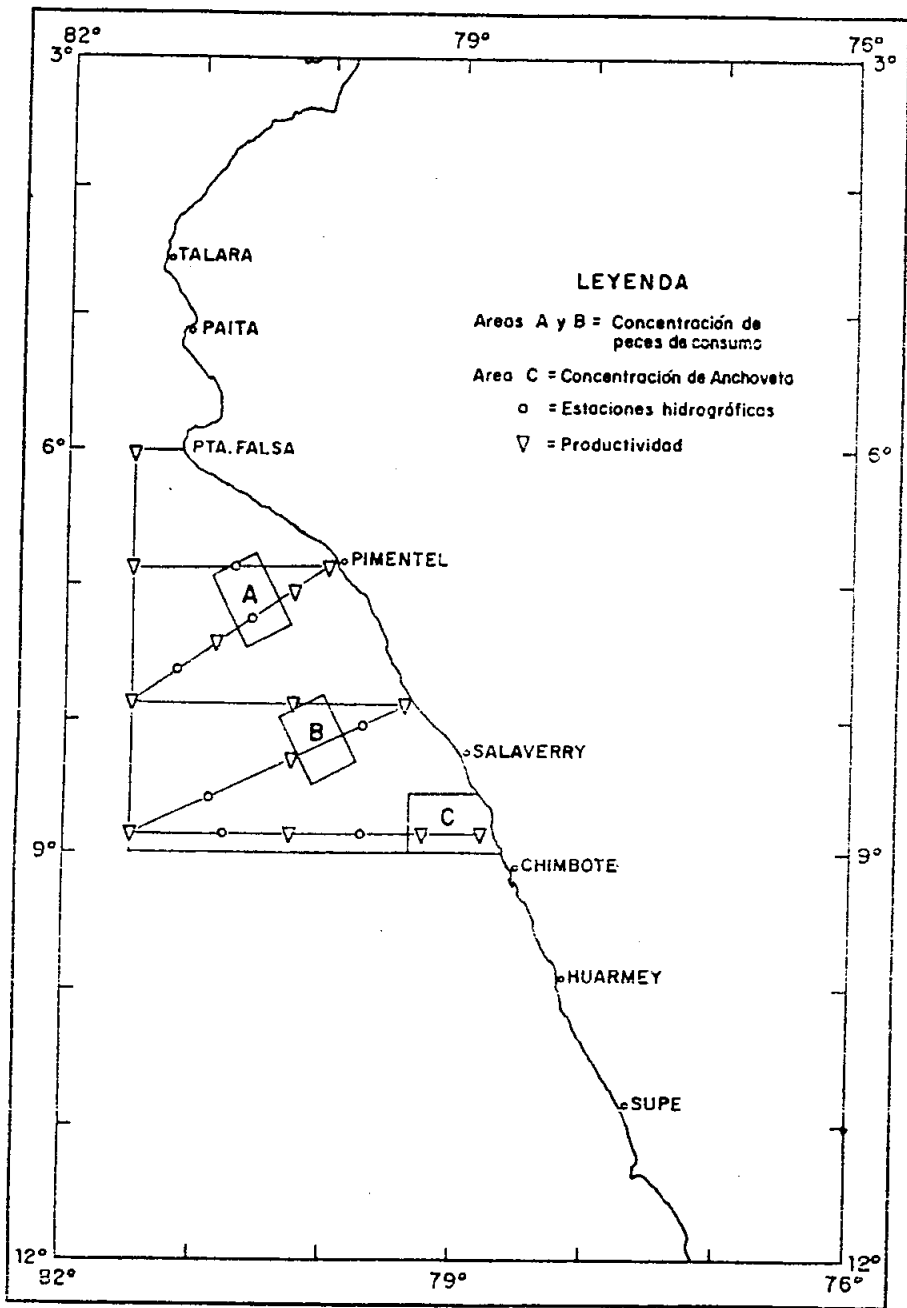


Fig. 1.- Proyecto de Cruceros de Productividad, OEA/IMARPE.

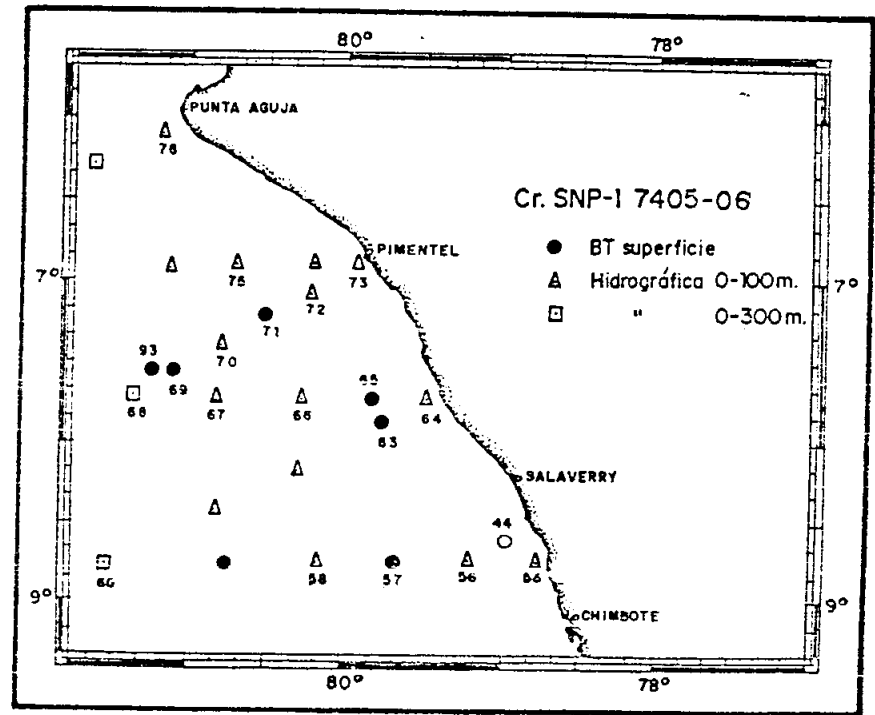


Fig. 2.- Carta de posición de las estaciones del Cr. SNP-1 7405-06.

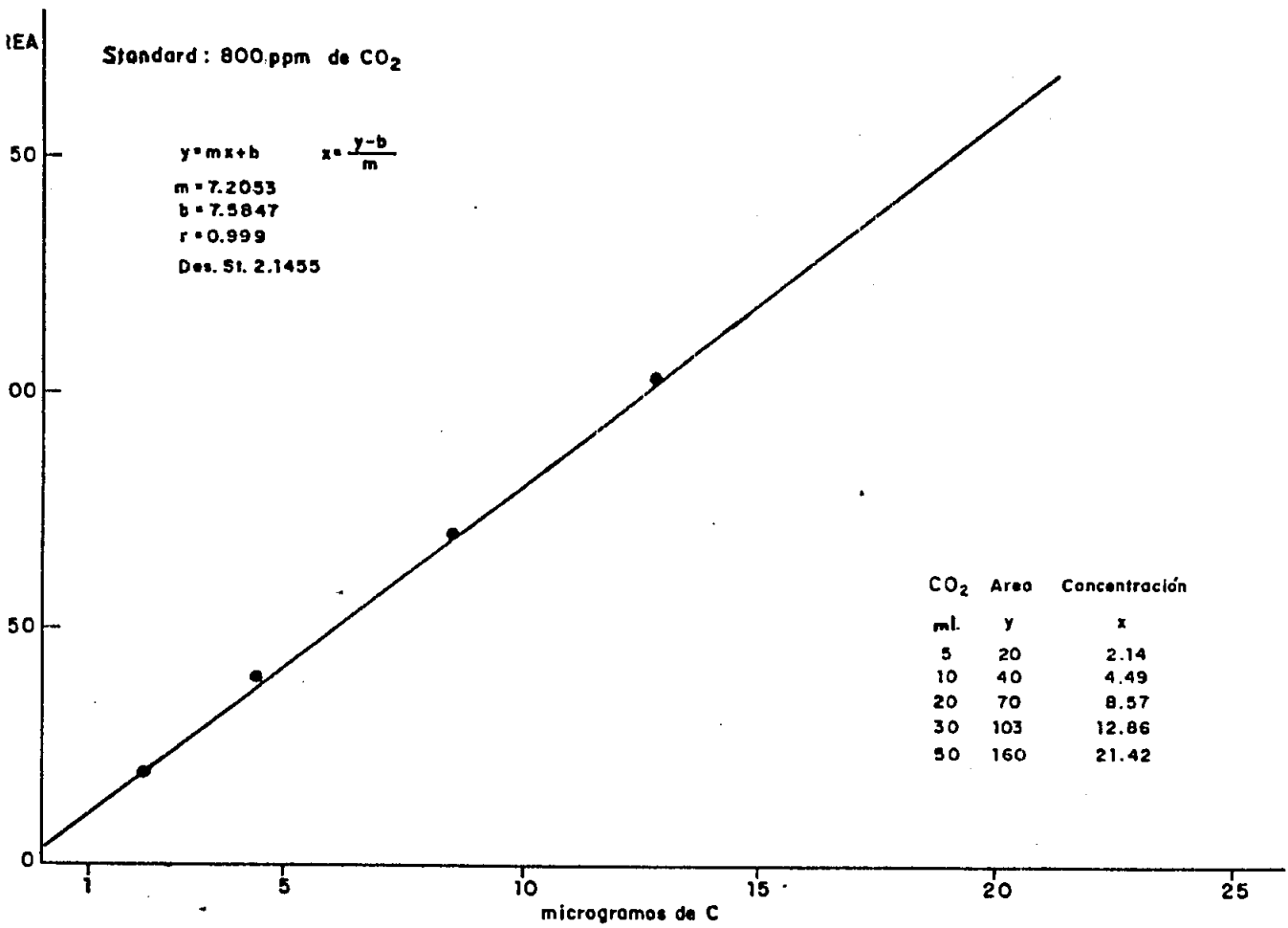


Fig. 3.- Respuesta del analizador infrarojo a diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub>.



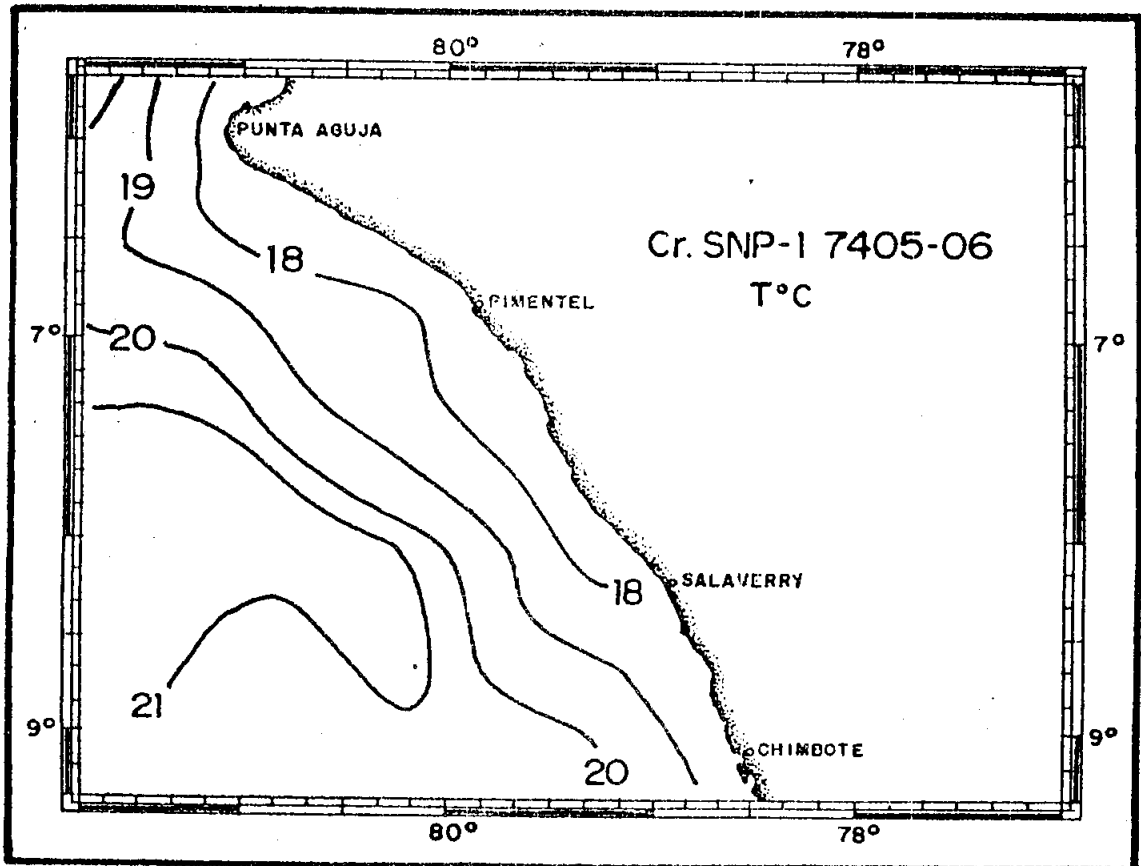


Fig.4.-Distribución de la temperatura en la superficie del mar.

Cr. SNP-1 7405-06

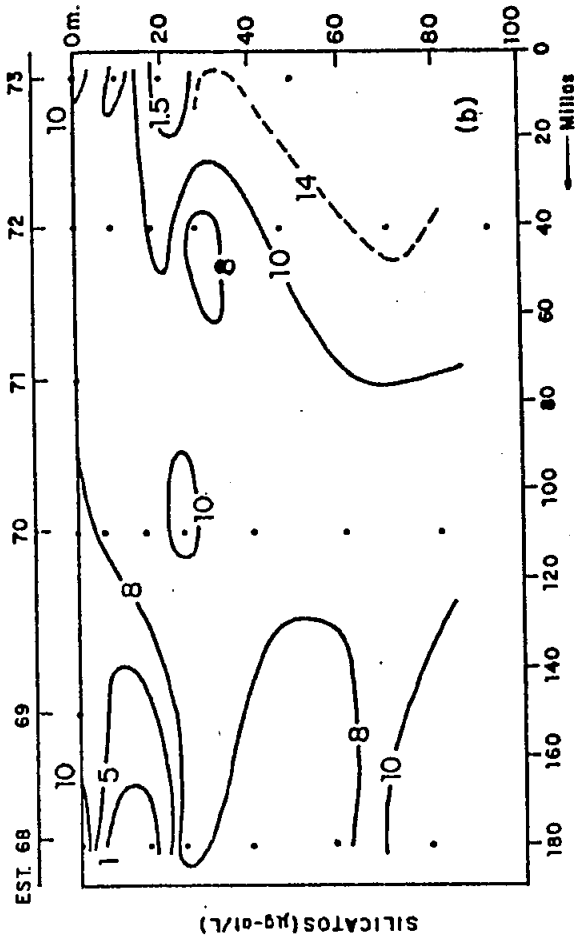
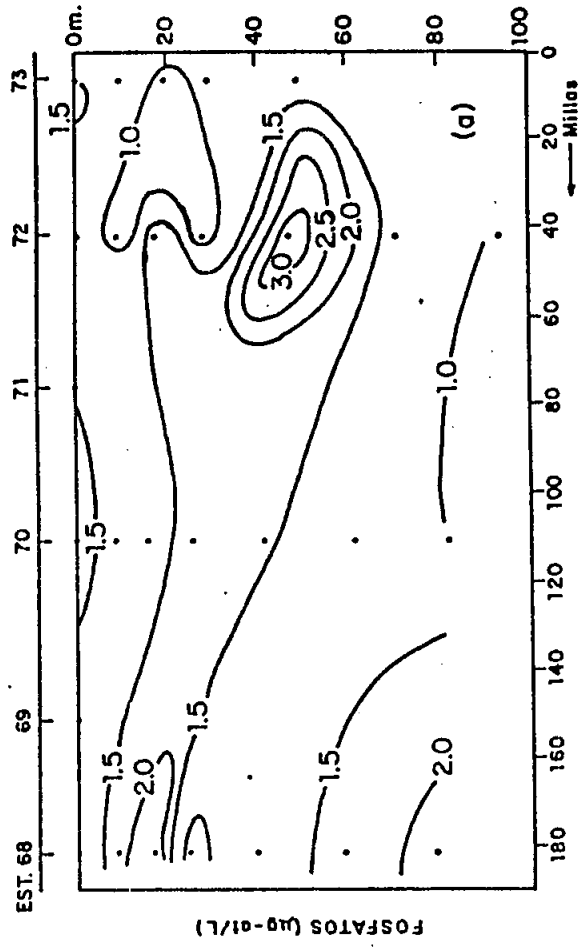


Fig.6.-Distribución vertical de Fosfatos y Silicatos frente a Pimentel.

Cr. SNP-1 7405-06

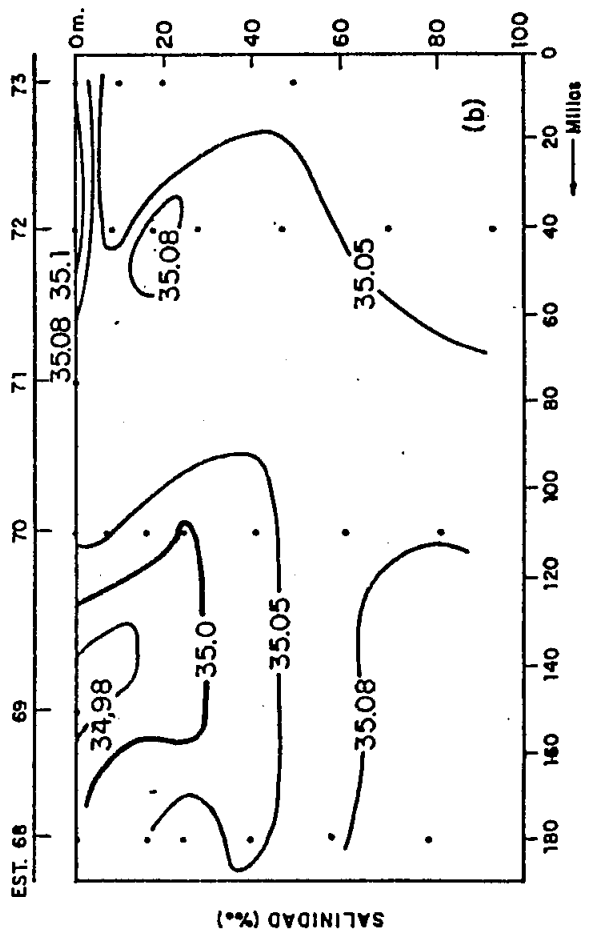
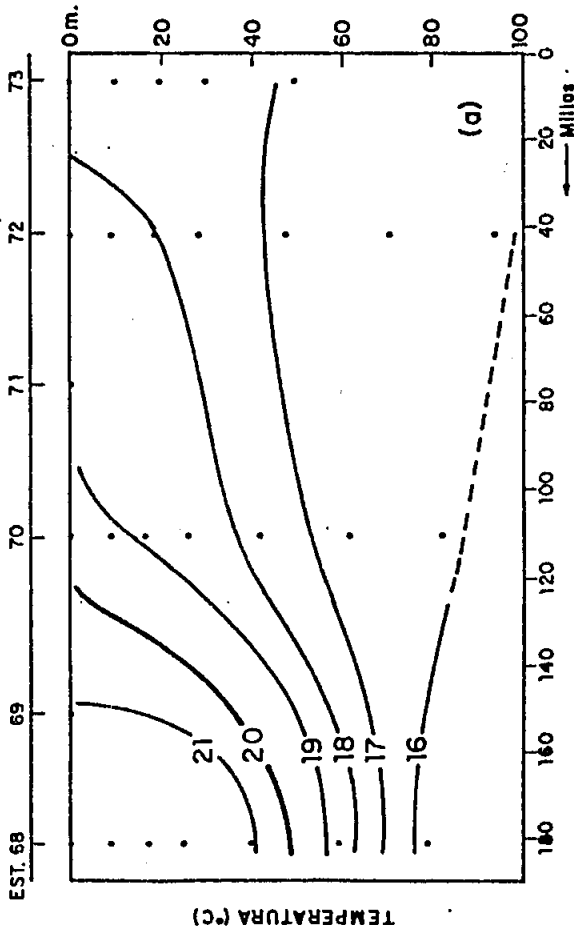


Fig.5.-Distribución vertical de Temperatura y Solinidad frente a Pimentel.

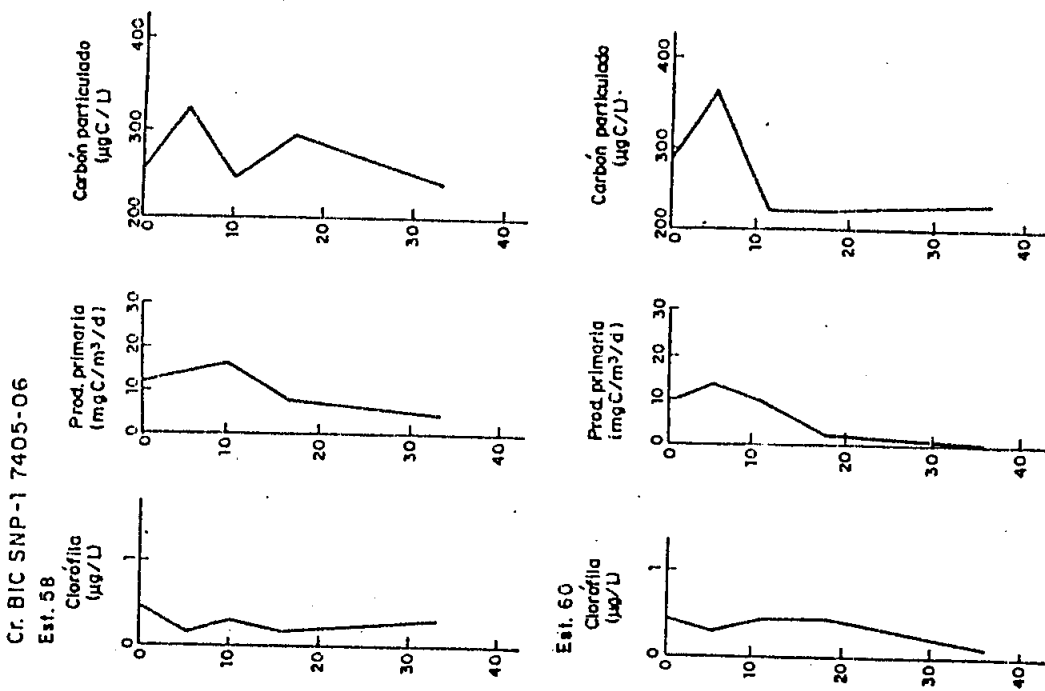


Fig. 7.-Clorófila, Producción Primaria y Carbono Orgánico Particulado frente a Chimbote (9°S)

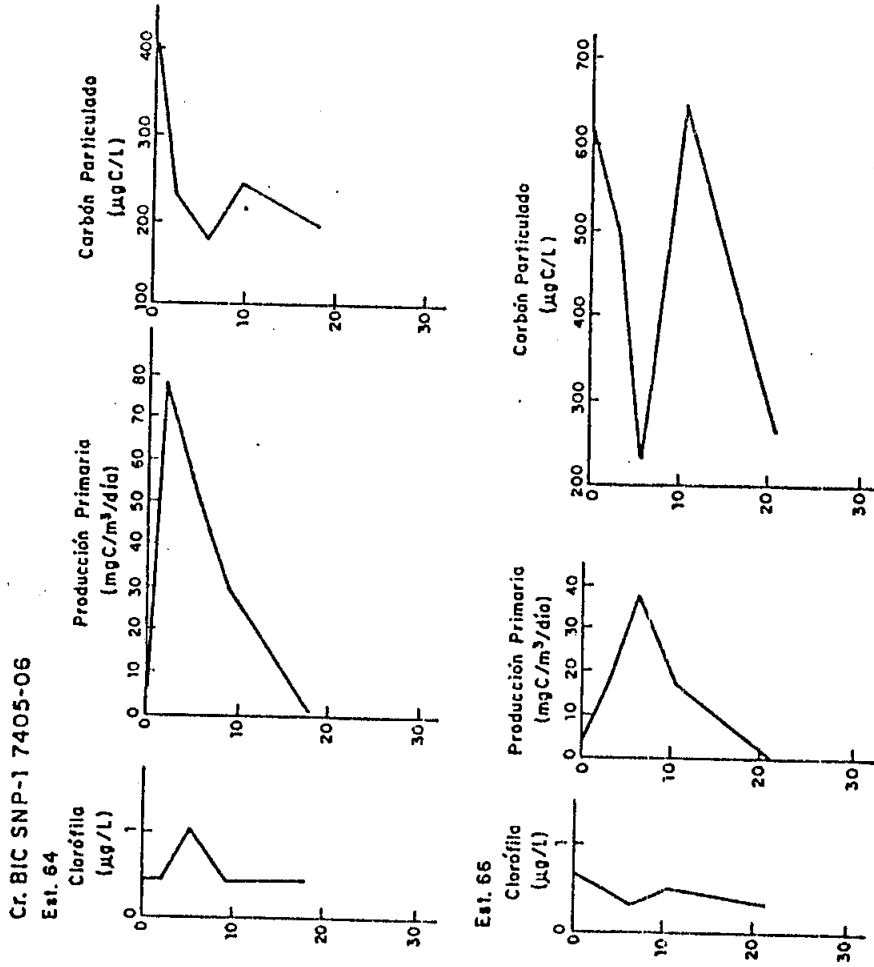
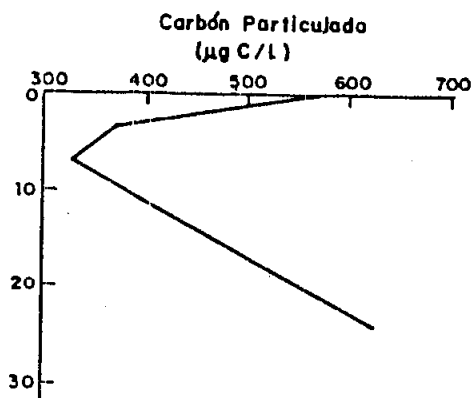
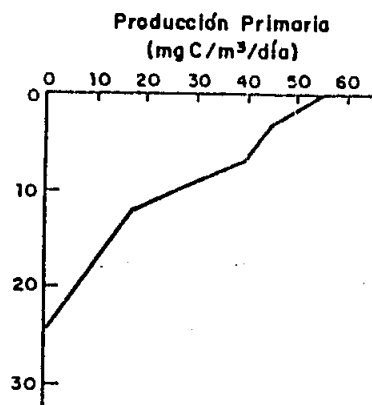
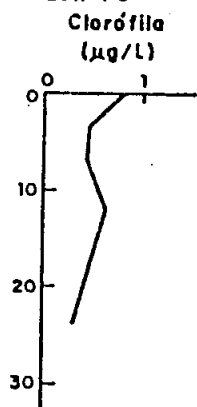


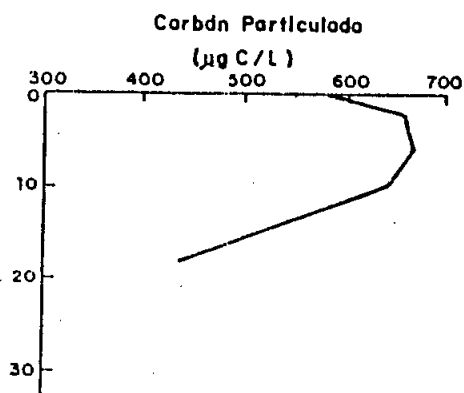
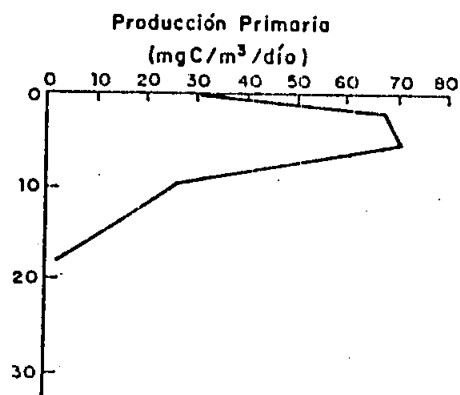
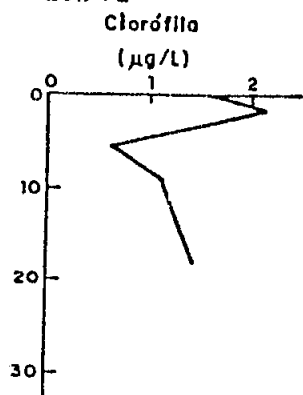
Fig. 8.-Clorófila, Producción Primaria y Carbono Orgánico Particulado en Chicama (7°40'S.)

Cc BIC SNP-1 7405-06

Est. 70



Est. 72



Est. 73

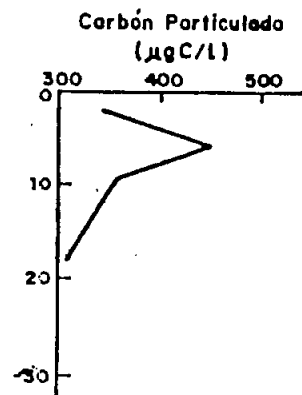
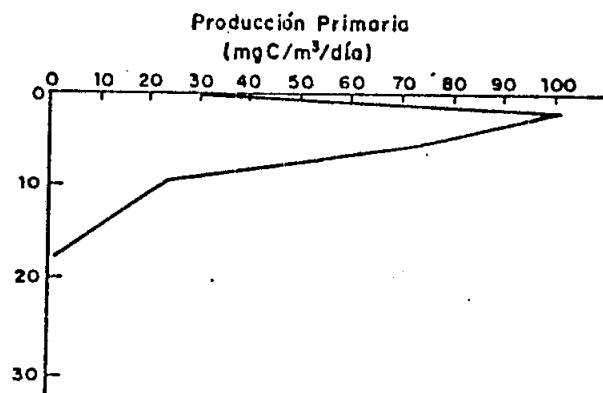
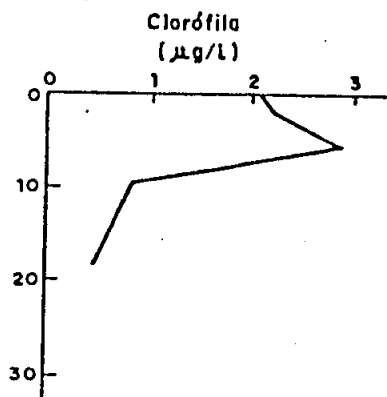


Fig.9 - Clorofila, Producción Primaria y Carbón Orgánico Particulado en Pimentel. (7° S.)

## ANEXO A

### RELACION DE TRABAJOS ELABORADOS COMO PARTE DE LOS PROYECTOS OEA-IMARPE CORRESPONDIENTES AL PERIODO 1971-1985

#### 1. Publicaciones del IMARPE

- 1.1 GUILLEN, O. y R. DE RONDAN. 1974. Medio Ambiente y Producción primaria, 1971-72. Inf. Esp. Inst. Mar Perú, IM-148
- 1.2 SANTANDER, H. 1974. Cosecha estable del zooplancton, 1971-72. Inf. Esp. Inst. Mar Perú IM-148
- 1.3 GUILLEN, O., R. CALIENES Y R. DE RONDAN. 1977. Medio Ambiente y Producción Primaria frente al área Pimentel-Chimbote, 1972-1973. Bol. Inst. Mar Perú, Vol. 3(4)
- 1.4 GUILLEN, O. y R. AQUINO. 1977. Análisis químicos del agua de mar por instrumentación. Inf. Esp. Inst. Mar Perú, S/N. Proyecto OEA/IMARPE.
- 1.5 GUILLEN, O., A. AQUINO, B. VALDIVIA Y R. CALIENES 1978. Contaminación en el Puerto del Callao. Inf. Inst. Mar Perú N°62
- 1.6 GUILLEN, O. Y R. CALIENES 1981. Afloramiento y productividad frente a las aguas costeras peruanas. Bol. Inst. Mar; Perú Vol. Extraordinario-ICANE.
- 1.7 CALIENES R., O. GUILLEN Y N. LOSTAUNAU. 1985. Variabilidad espacio-temporal de clorófila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar-Perú, Vol. 10 (1).

#### 2. Publicaciones en prensa en revistas nacionales

- 2.1 GUILLEN, O. y B. DE MENDIOLA. Productividad de la Corriente

Peruana. I Seminario Nacional de Sistemas Ecológicos y Medio Ambiente, ONERN.

### 3. Publicaciones en el exterior

- 3.1 GUILLEN, O. AND R. CALIENES. 1980. Biological Productivity and "El Niño". In: Resources Management Environmental Uncertainty, M. Glantz (Ed), John Wiley and Sons, Inc., 255-282
- 3.2 GUILLEN, O. AND R. CALIENES. 1981. Upwelling off Chimbote. In: Coastal Upwelling. Coastal and Estuarine Sciences, F. Richards (Ed.) American Geophysical Union, Was., D.C., 312-326
- 3.3 HARRISON, W., T. PLATT, R. CALIENES AND N. OCHOA. 1981. Photosynthetic Parameters and Primary Production of Phytoplankton Populations off the Northern Coast of Peru In: Coastal Upwelling, Coastal and Estuarine Sciences. F. Richards (Ed). American Geophysical Union, Was. D.C., 303-311

### 4. Informes Internos y a la OEA

- 4.1 AQUINO, R. 1977. Determinación de trazas de metales. Primer Curso Internacional de Capacitación en Producción Primaria. Proyecto OEA/IMARPE "Productividad de las Aguas Costeras frente al Perú". Lima.
- 4.2 CALIENES, R. 1977. Métodos de Producción Primaria. Primer Curso Internacional de Capacitación en Producción Primaria. Proyecto OEA-IMARPE "Productividad de las Aguas Costeras frente al Perú". Lima.
- 4.3 GUILLEN, O. 1977. Modelos de Producción Primaria. Primer Curso Internacional de Capacitación en Producción Primaria. Proyecto OEA-IMARPE "Productividad de las Aguas Costeras frente al Perú". Lima.

- 4.4 CHOW, T. 1981. Contaminación por metales pesados. Curso de Contaminación Marina. Proyecto OEA-IMARPE. Preservación del Ambiente Marino y Producción Primaria. Lima. Lima.
- 4.5 JORDAN, R. 1981. Aspectos ecológicos de la Contaminación y de los Recursos. Curso de Contaminación Marina. Proyecto OEA/IMARPE. "Preservación del Ambiente Marino y Producción Primaria" . Lima
- 4.6 RONDAN, R. de 1981. Guía de Prácticas de Análisis de agua de mar. Curso de Contaminación Marina. Proyecto OEA/IMARPE. "Preservación del Ambiente Marino y Producción Primaria". Lima.
- 4.7 ZIRINO, A. 1981. Modelo de dependencia del pH para el Cobre. Curso de Contaminación Marina. Proyecto OEA/IMARPE. "Preservación del Ambiente Marino y Producción Primaria". Lima.
- 4.8 CALIENES, R. 1986. Productividad biológica entre los 06°-18°S durante 1977 - La ocurrencia de *Mesodinium rubrum*.