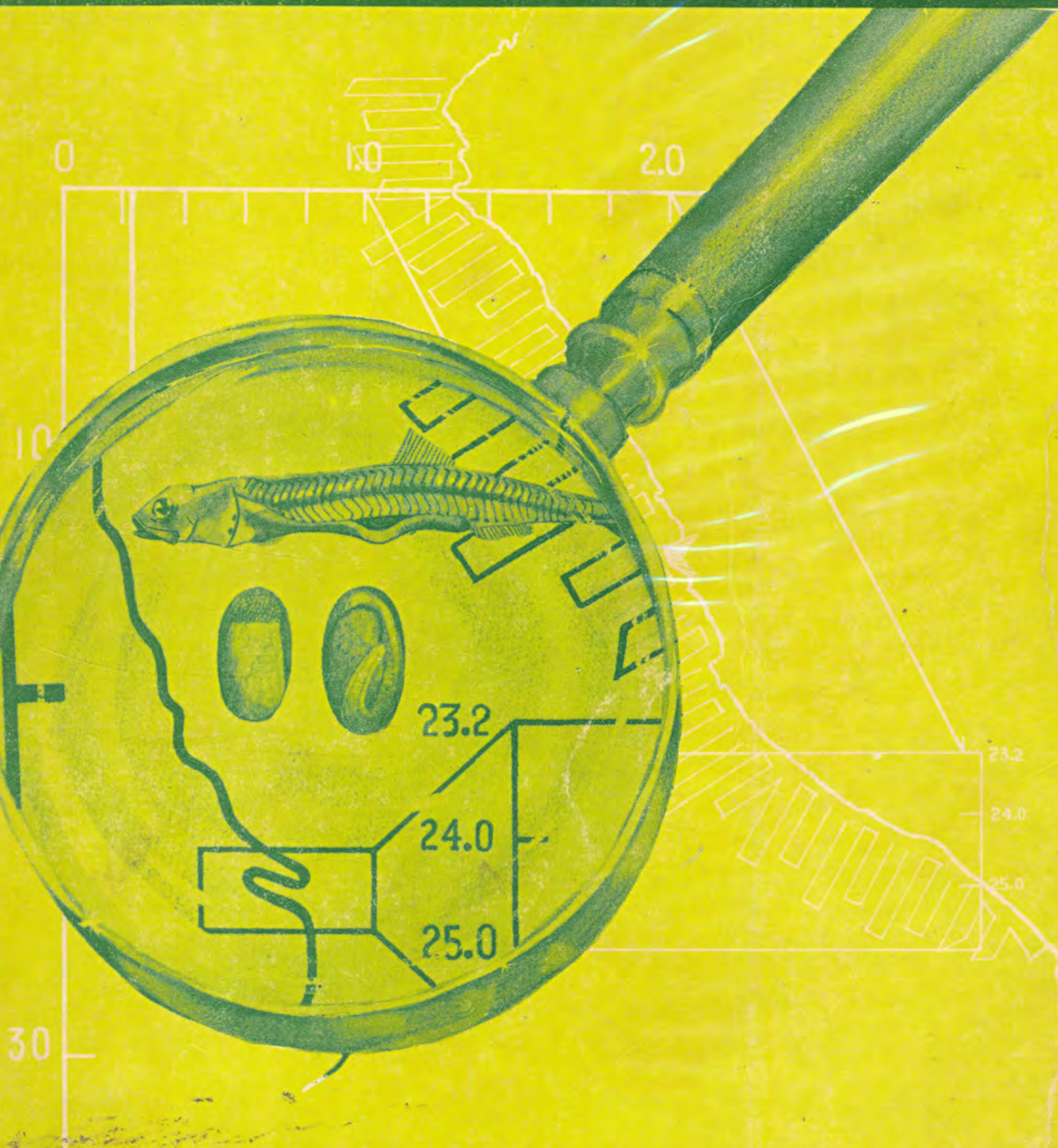




INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

ISSN - Q 378 - 7699
VOLUMEN EXTRAORDINARIO



**INVESTIGACION COOPERATIVA DE LA ANCHOVETA
Y SU ECOSISTEMA -ICANE- ENTRE PERU Y CANADA
CALLAO 1981 PERU**

MASAS DE AGUA Y PRODUCCION PRIMARIA EN EL PERU

por:

R, Calienes y O. Guillén
Instituto del Mar del Perú

RESUMEN

Principalmente en base a los datos de los cruceros 15, 16 y 17 del Anton Bruun y del Baffin, la tasa de producción primaria depende de la masa de agua donde ocurre. Así, el tiempo de doblaje del carbón celular (en días) es de 0.6 a 0.8 para aguas de afloramiento en San Juan y Pta. Aguja, de 1.7 para aguas subtropicales superficiales y de 1.5 para aguas ecuatoriales superficiales; en el caso de aguas de mezcla las tasas son difíciles de concretar por los valores extremos observados, lo cual se atribuye a los diferentes grados de mezcla. Los menores coeficientes de extinción de luz ($K < 0.1$) correspondieron a las aguas subtropicales superficiales y a las ecuatoriales superficiales mientras que la mayor turbidez se dio en las de afloramiento y de mezcla.

SUMMARY

Mainly on basis of Anton Bruun's cruises 15, 16 and 17 and Baffin's data, the rate of primary production depends on the water mass where it occurs. Thus, doubling time of celular carbon (in days) is of 0.6 to 0.8 for upwelling waters in San Juan and Pta. Aguja, of 1.7 for subtropical surface waters and of 1.5 for the equatorial surface waters; in the case of mixed waters these rates are difficult to determine because of the extreme values found, attributed to the diverse degrees of mixing. The smaller light extinction coefficients ($K < 0.1$) corresponded to the subtropical surface and equatorial surface waters while the greatest turbidity occurred in the upwelling and mixing ones.

INTRODUCCION

Las diversas masas de agua constituyen ambientes típicos para las diferentes faunas. Observaciones que revelan este tipo de relación se refieren mayormente a especies de zooplancton, (Bary, 1963, Johnson and Brinton, 1963 y Longhurst, 1967). Fager and McGown (1963), desarrollaron análisis estadísticos con el fin de ver la relación entre las ocurrencias de especies y las condiciones hidrográficas observadas en el Pacífico Norte, mostrando que ciertas especies ocurren frecuentemente juntas caracterizando habitats. En forma similar, aunque en menor número, también se han hecho algunos intentos con ciertas especies de fitoplancton que fueron algunos intentos con ciertas especies de fitoplancton que fueron usadas exitosamente como indicadores de masas de agua por Smyda (1958), Balech (1962), Braarud (1962) y Marumo (1968). Asimismo, Venrick (1971) definió asociaciones de diatomeas en el Pacífico Norte usando un análisis de grupos recurrentes cuya distribución fue relacionada a los habitats físicos.

Guillén y Rondán (1968) hallaron los valores más altos de productividad de la costa peruana en

las áreas de divergencia y en las capas de mezcla poco profundas. Asimismo, Guillén et al (1973) encontraron que tanto las especies fitoplanctónicas más abundantes como los máximos de producción al ser relacionados con el diagrama T-S correspondieron a la Corriente Costera Peruana con salinidad de 35.1 – 34.8‰ y temperatura de 15 a 21°C. De igual forma, Mendiola (1978), señaló los mismos rangos de salinidad y temperatura de 18° – 21°C como habitats preferido de dinoflagelado *Gymnodinium splendens*, especie frecuentemente asociada a los "red tide" en Perú. En un estudio sobre la estructura de las poblaciones de fitoplancton y la similitud de comportamiento entre especies a través de índices de diversidad y análisis de grupos recurrentes, Calienes (1973), determinó en el área de afloramiento de Callao grupos de especies asociadas, con un consistente grado de afinidad entre sí y el medio ambiente, mientras que en estaciones alejadas de la costa correspondientes a otro tipo de agua (salinidad > 35.1 ‰) no se pudo determinar ningún grupo por la evidente pobreza de fitoplancton.

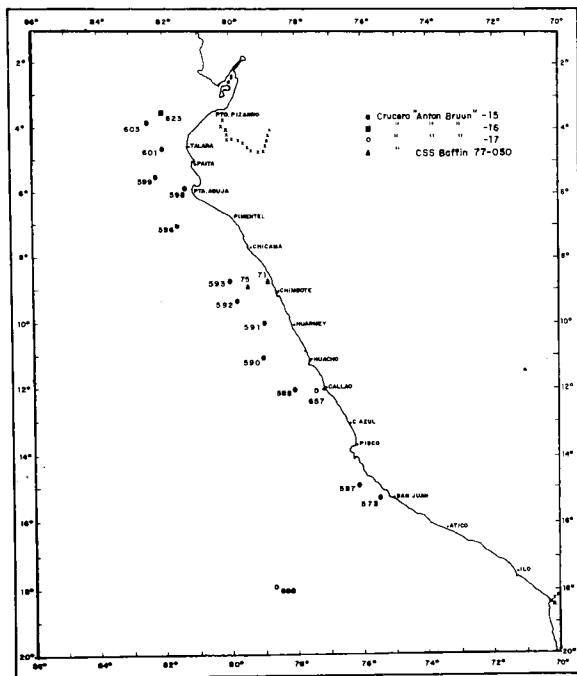
Otros estudios sobre nutrientes y productividad a lo largo de la costa peruana han sido publicados

por numerosos autores y desde que la mayoría de ellos han incidido especialmente en las áreas de afloramiento, nuestro propósito en el presente estudio es ampliar el conocimiento sobre las variaciones de la biomasa de fitoplancton y su productividad tomando en cuenta las diferentes masas de agua que integran el sistema de circulación frente al Perú, como un intento de relacionar las comunidades del fitoplancton a diferentes condiciones ambientales.

MATERIAL Y METODOS

Para este estudio se han tomado algunos de los datos colectados durante los cruceros del R/V Anton Bruun 15, 16 y 17 y CSS Baffin 77-030. La posición de las estaciones se muestran en la Fig. 1. La metodología seguida para el análisis de nutrientes, clorofila así como para productividad,

Fig. 1 Posición de las estaciones seleccionadas



ha sido descrita en los Data Reports de los cruceros de R/V Anton Bruun (Chin, 1966; Ryther, 1966; Bandy, 1967) y del Proyecto ICANE (Doe, 1978).

Las tasas de crecimiento del fitoplancton, duplicaciones/día (doubling time) fueron calculadas según Strickland et al (1969) como 1/k, donde:

$$k = \frac{3.32}{t} [\log (\text{conc. clor. "a"} \times F + \text{prod.dia}) - \log (\text{conc. clor. "a"} \times F)]$$

asumiendo para F valores de índices de productividad (carbón/clorofila) estacionales (Guillén y Calienes, 1980) y considerando los términos de clorofila y producción para la zona eufótica.

Los coeficientes de extinción de luz para las diferentes capas se calcularon en metros aplicando la expresión:

$$K = \frac{\ln I_{\lambda z_1} - \ln I_{\lambda z_2}}{z_2 - z_1}$$

donde $I_{\lambda z_1}$ es la intensidad de luz a la profundidad z_1 , $I_{\lambda z_2}$ es la intensidad de luz a la profundidad z_2 .

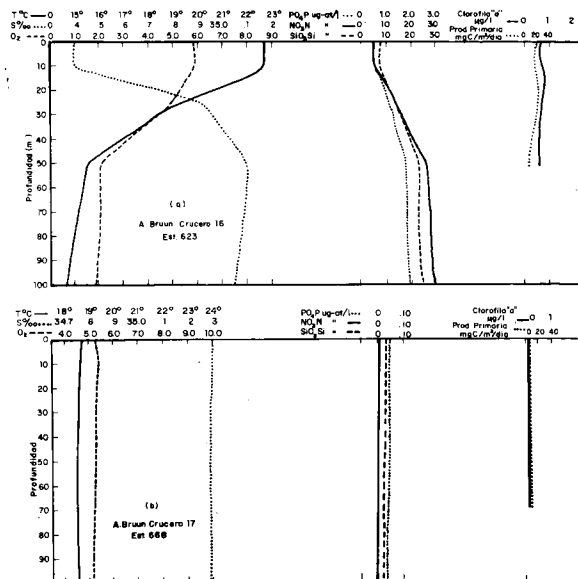
RESULTADOS

Las aguas a lo largo de la costa peruana se hallan influenciadas por las Aguas Subtropicales Superficiales al oeste, al norte por las Aguas Ecuatoriales Superficiales y al Sur por las Aguas Subantárticas. En relación a las aguas de afloramiento, Zuta y Guillén (1970) señalan que estas tienen tres orígenes a lo largo de la costa peruana, a) Aguas de la Extensión de la Corriente de Cromwell que afloran principalmente entre los 4° - 6°S y contribuyen en parte al afloramiento al norte de los 9°S; b) Aguas de la Contracorriente Subsuperficial Peruano-Chilena que afloran al norte de los 12°S, y c) Aguas templadas Subantárticas, las cuales afloran al sur de los 14°S.

Aguas Ecuatoriales Superficiales

Estas aguas se caracterizan por valores bajos de salinidad (<34.80/oo) y están asociadas con bajas concentraciones de nutrientes. En la estación 623 (Fig. 2a) se observó una capa homogénea de 0-10 m con las siguientes características promedio: temperatura 22.8°C, salinidad 34.39/oo oxígeno

Fig. 2 Características físico-químicas y biológicas a) Aguas Ecuatoriales Superficiales b) Aguas Subtropicales Superficiales.



disuelto 4.90 ml/l, fosfatos 0.80 µg.at/l y nitratos de 5.00 µg.at/l. La biomasa de fitoplancton y la productividad fueron bajas, con valores de clorofila de 0.60 µg/l y fijación de carbón de 0.19

mgC/m³/día. La producción integrada en la zona eufótica fue de 0.78 gC/m²/día y el contenido de clorofila de 146 mg/m². La termoclina se halló entre los 10 y 50 m acompañada de marcadas gradientes verticales de nutrientes y de oxígeno. Debajo de la termoclina la temperatura decreció con la profundidad y estuvo asociada a valores mayores de 35.00‰ de salinidad y de 1.0 ml/l de oxígeno disuelto, características que corresponden a las aguas de la Extensión de la Corriente Cromwell (Cockrane y Zuta, 1968).

Aguas Subtropicales Superficiales

Al igual que las Aguas Ecuatoriales Superficiales, tienen un bajo contenido de nutrientes pero altos valores de salinidad >35.10‰ (Fig. 2b, Est. 668). La distribución vertical de nutrientes, clorofila y productividad fue homogénea y con valores muy bajos en la zona eufótica. La producción total en la columna de agua fue de 0.14 gC/m²/día y el contenido de clorofila de 22 mg/m².

Afloramientos

La salinidad en las aguas superficiales depende de la clase del agua aflorada, en este caso, frente a San Juan (Est. 573), correspondió a las Aguas Subantárticas que se caracterizan por su baja salini-

dad, <34.80‰. En la zona eufótica (28m) el contenido de clorofila fue de 39 mg/m² y la producción de 3.19 gC/m²/d, favorecida por el gran aporte de nutrientes (Fig. 3a). En la capa de mayor producción (0-10 m) se observó una depleción de nutrientes, mayor concentración de clorofila y un ligero aumento de oxígeno. Debajo de esta capa, se notó la presencia de aguas de la Subantártica, con su mínima de salinidad a los 28 m y asociada a un pequeño máximo de nitratos, fosfatos y clorofila correspondiente al 10% de luz superficial.

La productividad incrementó en esta estación durante cinco días, alcanzando un valor muy alto (11.74 gC/m²/d) en la estación 587 (Fig. 3b). Los cambios observados en las características descritas (Est. 573), han sido reportados por Lorenzen (1968), quien halló al quinto día una depleción de nutrientes: fosfatos, nitratos, nitritos, amoníaco y silicatos en la capa superficial de 68, 78, 70, 51 y 93‰ respectivamente.

Otro ejemplo de afloramiento y alta producción se muestra en la Fig. 4a (Est. 698) frente a Punta Aguja, Paita, en donde se halló 10.5 gC/m²/d. Las aguas afloradas procedían de la Extensión de la Corriente Cromwell con salinidades mayores de 35.00‰ y relativamente alto contenido de oxígeno. En la capa eufótica (14 m) la producción

Fig. 3 Características físico-químicas y biológicas en Aguas de afloramiento a) "A. BRUUN" Cr. 16 b) "A. BRUUN" Cr. 15.

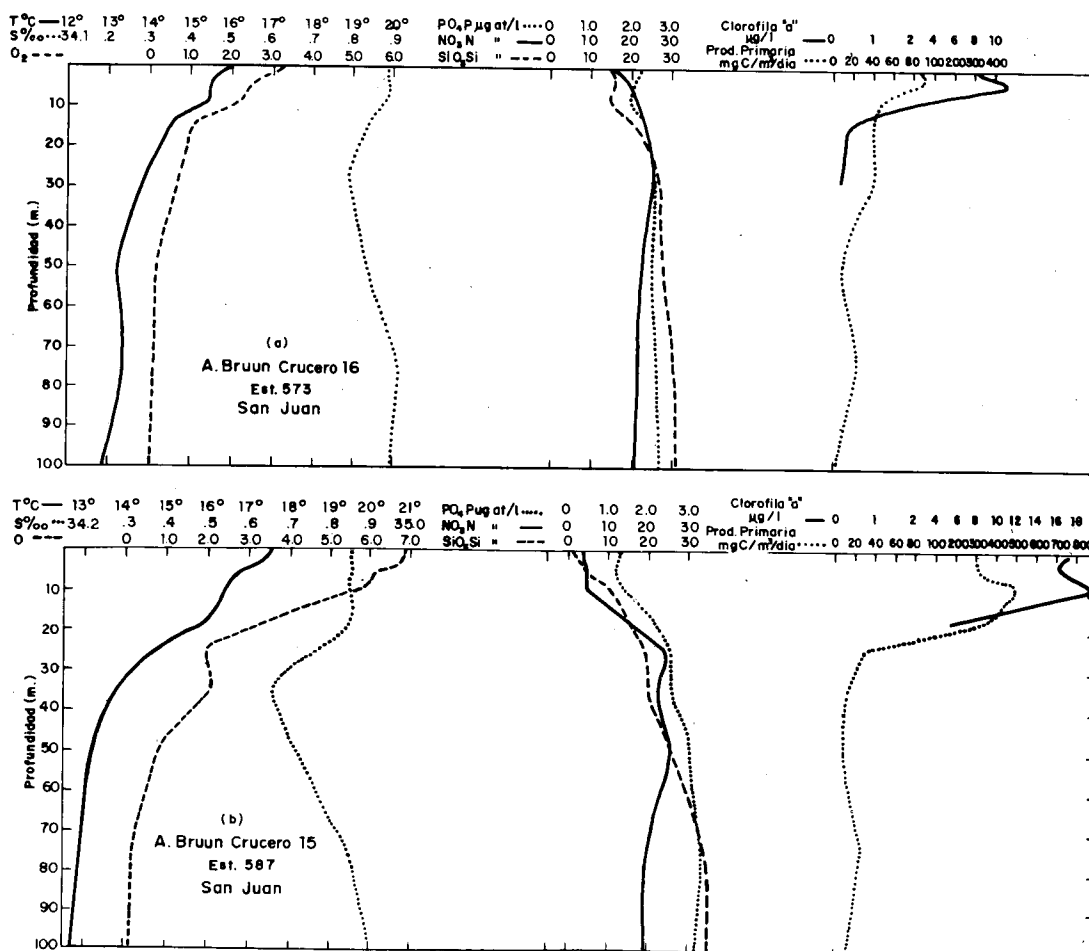
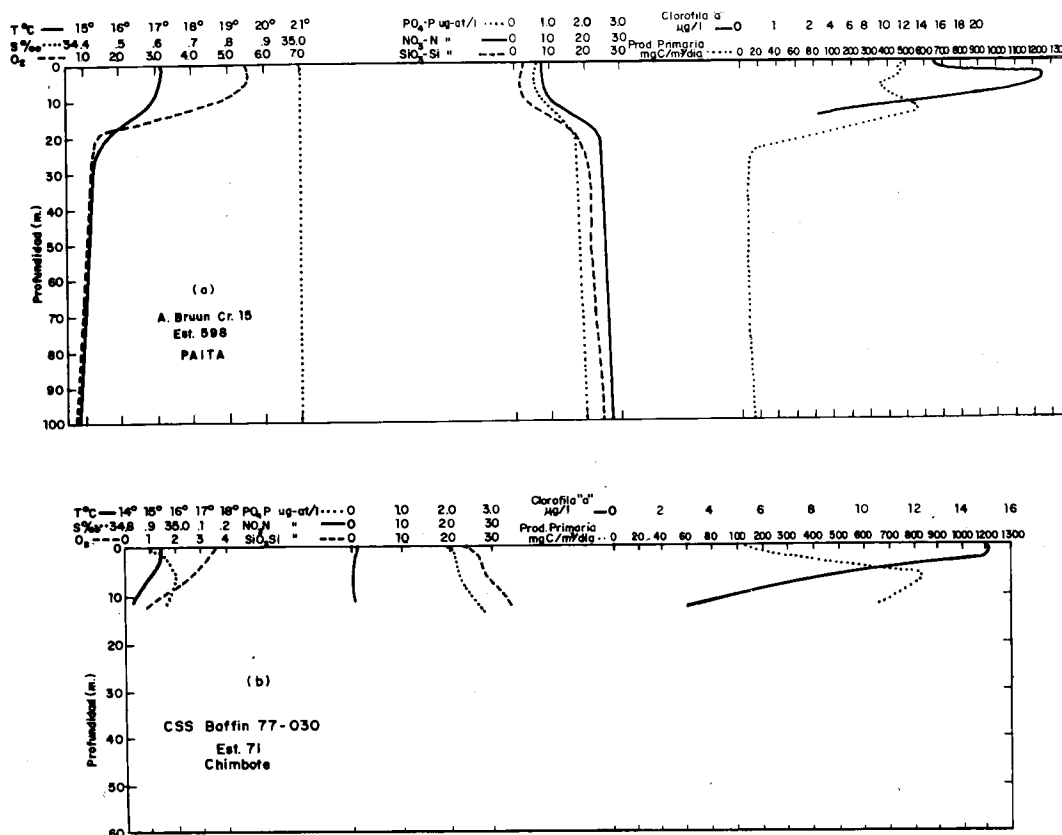


Fig. 4 Características físico-químicas y biológicas en aguas de afloramiento, a) Paita, b) Chimbote.



estuvo asociada con altas concentraciones de clorofila "a" y valores reducidos de nutrientes ($0.70 \mu\text{g-at}/1$ de fosfatos, $7.90 \mu\text{g-at}/1$ de nitratos y $2.27 \mu\text{g-at}/1$ de silicatos en la superficie de mar), como resultado de la actividad fotosintética.

El área de Chimbote es conocida por su gran pesquería (anchoveta y peces pelágicos) debido a la gran productividad primaria y la anchura de la plataforma. La estación 71 (Fig. 4b) ubicada en esta área muestra, al igual que la de Paita descrita anteriormente, el mismo origen de agua, una alta productividad ($6.99 \text{ mgC}/\text{m}^3/\text{d}$) y altos valores de nutrientes con excepción de los nitratos que estuvieron muy reducidos. Harrison y Platt (1980), señalaron que la tasa de asimilación de nutrientes indicaba limitación de nitrógeno en esta estación.

Aguas de Mezcla

En la Estación 657 situada frente a Callao (Fig. 5a) se observó una reducida capa eufótica (10 m) que favoreció la producción ($3.0 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{d}$) así como el contenido de clorofila ($380 \text{ mg}/\text{m}^2$). La baja concentración de nutrientes en la capa superficial fue debido al consumo por el fitoplancton. La salinidad y la temperatura en la capa eufótica indican que se trata de aguas afloradas resultantes de la mezcla de Aguas Subtropicales Superficiales y Aguas Subsuperficiales Ecuatoriales, estas últimas se observaron debajo de los 50 m, con salinidades relativamente altas ($>35.00/\text{oo}$).

Un ejemplo adicional se tiene en la estación 75 en Chimbote (Fig. 5b) en la cual la salinidad es modificada en la capa de 10 m debido a la mezcla de las Aguas Subtropicales con aguas recién afloradas. Asimismo, se nota una mínima concentración de silicatos en relación a los nitratos, posiblemente debido al mayor consumo por las diatomeas.

DISCUSION

Es bastante conocido que los cambios en las condiciones hidrográficas y meteorológicas traen consigo cambios en las características de las masas de agua cuyas propiedades físico-químicas son responsables de los efectos sobre la productividad biológica de las aguas. Sin embargo, es muy difícil aún evaluar la significancia del efecto de los diferentes factores. Las Figuras 2, 3, 4 y 5, y la Tabla 1 señalan las características de las masas de Aguas Ecuatoriales Superficiales (Est. 623), Aguas Subtropicales Superficiales (Est. 668), Aguas de Afloramiento (573, 587, 598 y 71) y Aguas de mezcla (Est. 657 y 75).

Las estaciones 573 y 587 frente a San Juan muestran que la capa eufótica disminuyó 10 m (28 a 18 m) después de 5 días de observación, incrementando la producción de 3.19 a $11.74 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{d}$ y la clorofila 39.0 a $174.0 \text{ mg}/\text{m}^2$ dando como resultado una marcada disminución de nutrientes. Ryther et al. (1970), reportó un aumento de las cuentas de fitoplancton en superficie para estas

Fig. 5 Características físico-químicas y biológicas en aguas de mezcla, a) Callao, b) Chimbote.

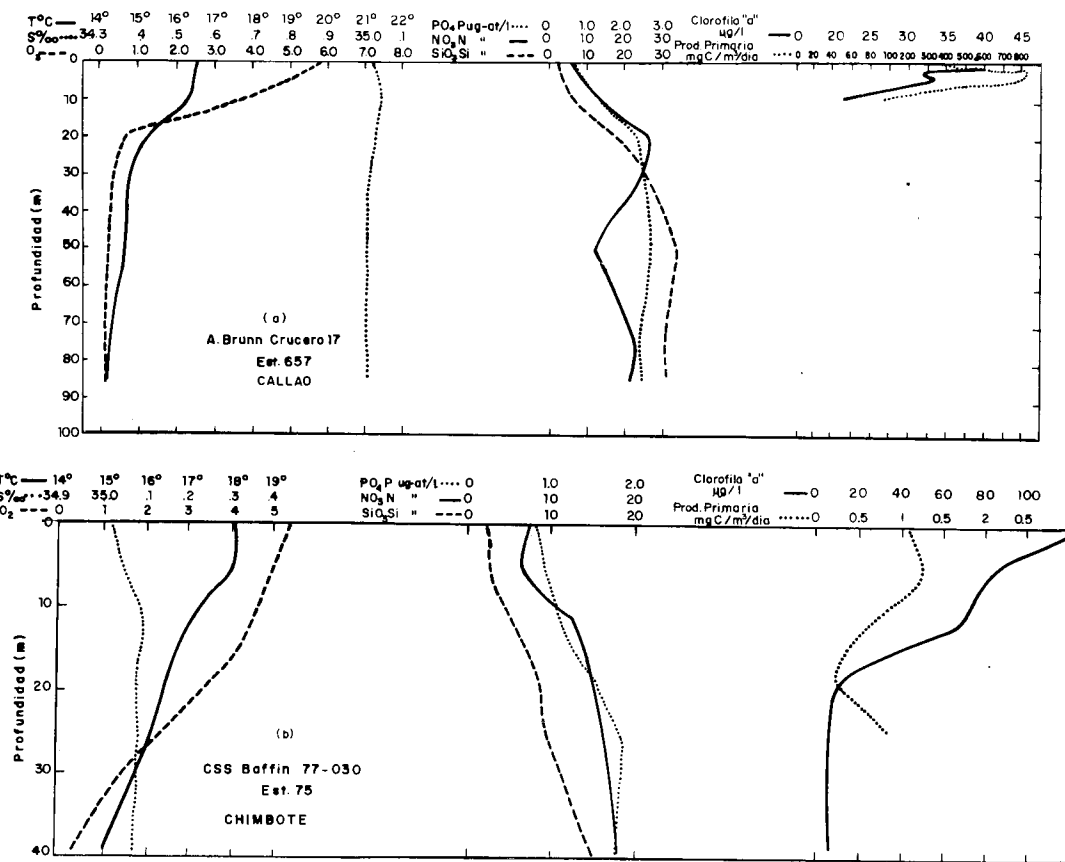


Tabla 1.- Características físico-químicas y biológicas de las estaciones seleccionadas

Est.	Fecha	Prof.	T°C	S‰	Zona Eufótica					
					PO ₄ -P (ug-at/l)	NO ₃ -N (ug-at/l)	SiO ₃ -Si (ug-at/l)	O ₂ (ml/l)	Cl ¹⁴ a* (ug/m ³)	C 14 (gC/m ² /d)
A.B-573	30-03-66	28	14.80	34.85	2.26	22.45	18.24	1.55	37.90	3.34
A.B-587	04-04-66	18	16.61	34.85	0.98	6.44	8.21	5.60	169.70	11.74
A.B-598	10-04-66	14	17.06	35.08	0.71	9.76	3.22	5.16	145.46	10.53
A.B-623	30-05-66	51	19.49	34.77	1.10	13.57	13.74	3.59	32.41	0.78
A.B-657	24-06-66	10	16.42	35.03	0.95	9.23	3.60	4.94	379.56	3.08
A.B-668	04-07-66	69	18.56	35.29	0.40	0.20	2.79	5.25	21.48	0.13
Baffin 73	05-11-77	12	14.96	34.97	2.17	0.34	27.16	2.47	120.0	6.99
Baffin 75	06-11-77	39	16.38	35.08	1.43	13.51	8.04	3.59	18.78	1.73
50-100 m										
A.B-573	30-03-66		13.21	34.89	2.60	21.61	30.72	0.16		
A.B-587	04-04-66		12.89	34.83	2.70	21.03	32.23	0.23		
A.B-598	10-04-66		15.07	35.06	1.90	27.01	23.55	1.03		
A.B-623	30-05-66		15.12	35.06	1.81	27.20	22.82	1.05		
A.B-668	04-07-66		18.55	35.29	0.41	0.25	2.65	5.20		

* A. B. Anton Braun.

estaciones desde 141 a 645 células por ml, donde predominaron las especies *Chaetoceros debilis* y *Ch. socialis*, y se apreció un marcado decrecimiento en los valores de nutrientes. Las características halladas en estas estaciones correspondían a las aguas templadas Subantárticas que afloran al sur de los 14°S, siendo muy notoria la mínima de salinidad a los 28 m (Est. 573) y a los 35 m (Est. 583) con valores de 34.78‰ y 34.64‰ respectivamente. Por debajo de los 70 m el máximo de salinidad estuvo relacionado con la presencia de Aguas Subsuperficiales Ecuatoriales. La productividad y clorofila de la zona eufótica y el índice promedio de producción al ser relacionados en el diagrama T-S (Fig. 6a, b) permiten apreciar claramente las características de su distribución en cada

masa de agua, correspondiendo los máximos valores al rango 34.8-35.1‰ de la Corriente Peruana. Asimismo, se observa una buena correlación entre la productividad y las diferentes masas de agua en una sección paralela a la costa aproximadamente a 100 millas (Fig. 7). Las Aguas Subtropicales Superficiales (Est. 590) con salinidad > de 35.1‰ que fluyen hacia la costa, están asociadas con valores bajos de nutrientes, clorofila y productividad. Las salinidades <34.8‰ que caracterizan a las Aguas Ecuatoriales Superficiales (Est. 603) se presentan con bajas concentraciones de nutrientes y una productividad ligeramente mayor a la de las Aguas Subtropicales Superficiales. Las Aguas Costeras Frías (Est. 588 y 592) con salinidad de < 35.1‰ tienen altos contenidos de nutrientes, clorofila y productividad.

Se podría asumir entonces que la temperatura y salinidad pueden constituir un indicador del ambiente apropiado, si se considera que la distribución del fitoplancton puede ser explicada solamente por la estructura física pero no si se admite que esta distribución es por lo menos parcialmente controlada por las corrientes de turbulencia (Platt, 1970).

Es improbable que la temperatura o salinidad regulen directamente la abundancia de la biomasa del fitoplancton (Braarud 1961, 1962, Jitts et al., 1964). Según Fager and McGown (1963) y Venrick

Fig. 6a Distribución de clorofila "a" y productividad de la zona eufótica en: Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), Aguas Costeras Frías (ACF) y Aguas de mezcla (AM).

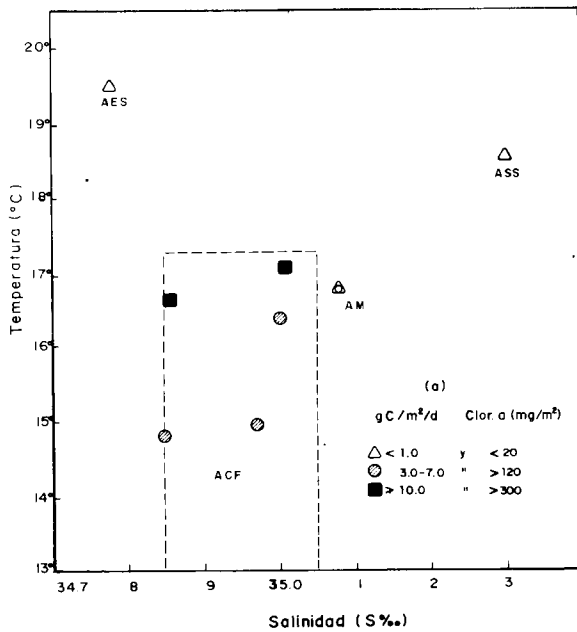
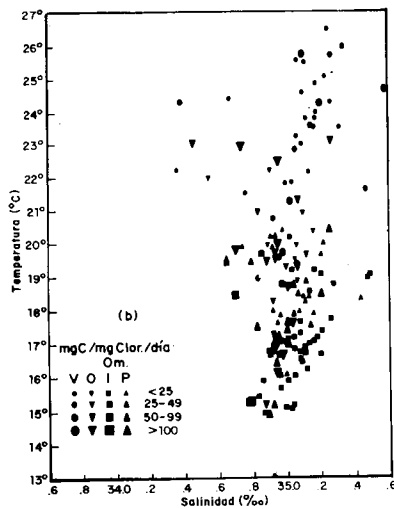


Fig. 6b Indices de productividad en superficie (Fig. tomada de Guillén 1973.)



(1971), estas propiedades reflejan la historia reciente del agua y por lo tanto de la comunidad del fitoplancton.

La importancia del régimen hidrográfico dependería del balance entre los procesos biológicos y los procesos de mezcla y efectos de la turbulencia; así en la mayoría de ambientes marinos, los parámetros hidrográficos son más importantes durante el invierno cuando la turbulencia identificada por la capa de mezcla es mayor. Guillén y Calienes (en este volumen) muestran la variación estacional de la profundidad de la capa de mezcla y de la zona eufótica dando promedios anuales de 12 y 22 m respectivamente

y señalan su importancia como factor que controla la productividad de las aguas peruanas en las estaciones de verano e invierno especialmente.

Las tasas de crecimiento del fitoplancton en las áreas de estudio fueron de 0.6 y 0.8 de día por duplicación para el área de afloramiento de San Juan en verano y otoño respectivamente, 0.6 d/d para Chimbote en primavera y 0.8 d/d para Paita en otoño. Valores muy similares, menores de un día, fueron obtenidos por Strickland et al (1969) 0.8 d/d para San Juan, por Beers et al (1971) 0.7 d/d para Supe y por Calienes y Guillén (1976) 0.9 d/d para el área de Callao. Las tasas excedieron de un día en las Aguas Subtropicales Superficiales y Aguas Ecuatoriales Superficiales, lo cual podría deberse al hecho de que corresponden a ambientes con agotamiento de nutrientes.

Al tratar de conocer el comportamiento de la luz en las diferentes masas de agua se relacionó el coeficiente de extinción de luz superficial con la concentración de clorofila en zona eufótica tal como se aprecia en la Fig. 8, el coeficiente promedio fue directamente proporcional a la concentración de clorofila en ambas capas. El nivel de 250/o se seleccionó para nuestra costa siguiendo el criterio de Jerlov (1977) quien indicó que el nivel correspondiente al 300/o de luz está usualmente debajo de la zona más crítica de las grandes fluctuaciones causadas por diferentes factores en las capas superiores. Los diferentes coeficientes obtenidos se muestran en la Tabla 2, los menores valores ($k < 0.1$) correspondieron a las Aguas Subtropicales Superficiales y Aguas Ecuatoriales Superficiales. Una mayor turbidez se halló en las aguas costeras de afloramiento y en una estación de aguas de mezcla (657) donde la concentración de clorofila fue alta. A diferencia de esta última, la estación 75 también de mezcla tuvo un bajo valor de extinción, lo cual puede explicarse por el diferente grado de mezcla en ambas estaciones.

El papel de las diferentes masas de agua en la producción primaria tiene una relación muy relevante con la producción potencial de diferentes recursos, especialmente la anchoveta que se alimenta principalmente de fitoplancton en el área norte (Mendiola et al., 1969) y tiene preferencia por los bordes fríos de los frentes hídricos. Guillén et al., (1969) en un estudio sobre las condiciones ambientales y la distribución de la anchoveta encontraron la mayor concentración de cardúmenes en el área donde el flujo superficial predominante estuvo afectado por la presencia de las Aguas Subtropicales Superficiales, Aguas Ecuatoriales Superficiales y las Aguas de Afloramiento, lo que motivó una irregularidad del flujo de la Corriente Peruana hacia el norte. Asimismo, la formación de pequeños remolinos favoreció la concentración de esta especie y la de fitoplancton coincidiendo con las mayores concentraciones de clorofila y productividad y donde consecuentemente hubo un gran consumo de nutrientes.

En términos generales, los patrones de circulación en ambientes estables crean y mantienen un

TABLA 2. Coeficientes de extinción en metros para diferentes intervalos de porcentajes de luz

	Est.	100 - 50%	50 - 25%	25 - 10%	10 - 1%
Agua Océnicas	638	0.06	0.06	0.06	0.06
Agua Ecuatorial Superficiales	623	0.09	0.09	0.09	0.09
Agua Costera					
Pisco	573	0.17	0.17	0.16	0.16
Pisco	587	0.23	0.23	0.25	0.25
Chilbote	71	0.34	0.32	0.36	0.38
Paite	598	0.34	0.35	0.33	0.33
Agua de Mezcla					
Callao	657	0.46	0.46	0.46	0.46
Chilbote	75	0.11	0.11	0.12	0.11

habitat donde el plancton se distribuye favoreciendo el desarrollo de las especies en otros niveles tróficos. En condiciones cambiantes, la permanencia de cualquier tipo de agua es temporal, y así, muchas veces se observan estaciones donde no hay fitoplancton aunque las condiciones son aparentemente óptimas, lo cual estaría en relación con el agua recientemente aflorada, o el tiempo de permanencia en superficie, entre otros factores.

Fig. 7 Sección paralela a la costa, a) temperatura (T°C), b) salinidad (S⁰/oo), c) fosfatos (µg-at/l), d) nitratos (µg-at/l), e) silicatos (µg-at/l), f) clorofila "a" (µg/l) y g) productividad (mg C/m³/d).

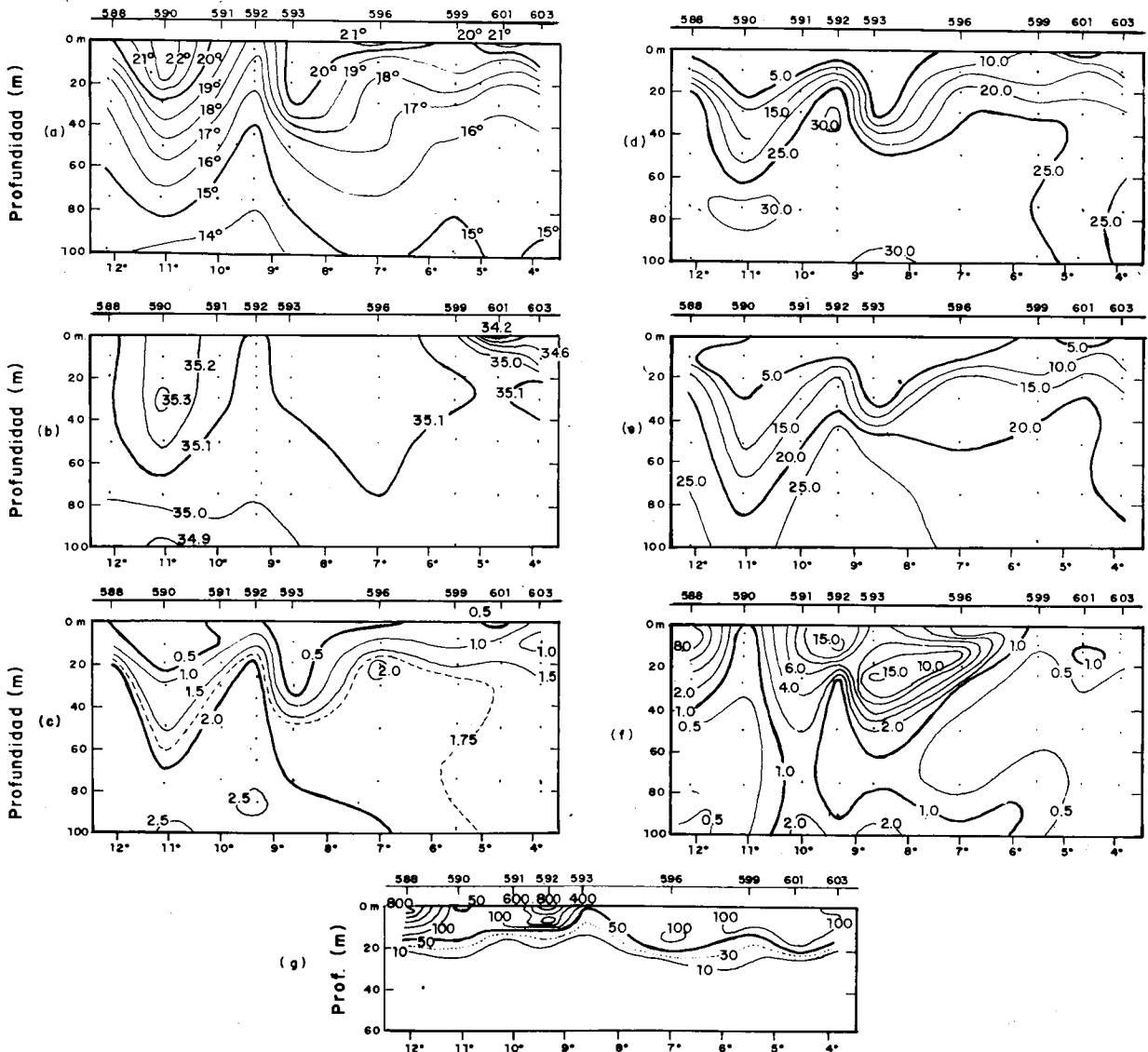
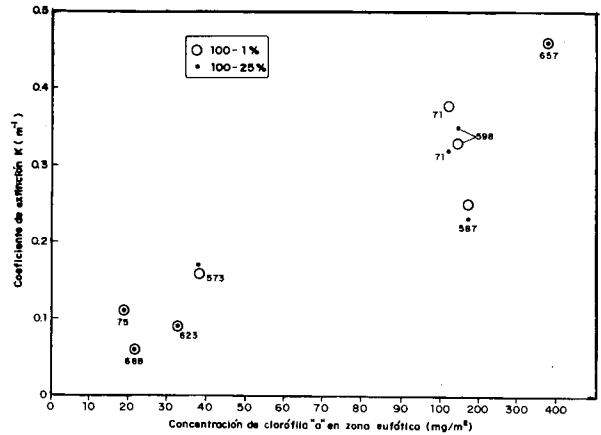


Fig. 8 Relación del coeficiente de extinción (k) y clorofila de la zona eufótica en estaciones seleccionadas para diferentes masas de agua.



REFERENCIAS

- BALECH, E. 1962. The changes in the phytoplankton population off the California coast. **Rep Calif. Coop. Oceanogr. Fish. Invest.** 7, 127-132.
- BANDY, O. 1967. Cruise report, R/V Anton Bruum, Cruise 17. Special Report Number 7, Marine Laboratory Texas, A. and M. University, Galveston, Texas.
- BARY, B. 1963. Distribution of Atlantic pelagic organism in relation to surface water bodies. *Proc. Roy. Soc., Canada, Spec. Publ.* N° 5, 51-67, University of Toronto Press.
- BEERS, J., M. STEVENSON, R. EPPLEY and E. BROOKS. 1971. Plankton populations and upwelling off the coast of Peru, June 1969. **Fish Bull.** Vol. 69, N° 4.
- BRAARUD, T. 1961. Cultivation of marine organisms as a means of understanding environmental influences of populations. p. 271-298. in *Oceanography Amer. Acad. Adv. Sci.*; **edited** by Mary Sears. pub. 67.
- 1962. Species distributions in marine phytoplankton. **J. Oceanogr. Soc., Japan**, 20th Anniv. Vol., 628-649.
- CALIENENES, R. 1973. Diversidad y Asociación del Fitoplancton en Callao. Tesis, Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- and O. GUILLEN. The seasonal cycle of phytoplankton and its relation to upwelling in Peruvian coastal waters. *CUEA Newsletter*, Vol. 5, N° 1.
- COCHRANE, J. and S. ZUTA. 1968. Equatorial currents east of the Galapagos islands in February-March 1967. Texas A. and M. University, Department of Oceanography.
- CHIN, E. 1966. Cruise report, R/V Anton Bruum, Cruise 16. Special report Number 6, Marine Laboratory Texas, A. and M. University, Galveston, Texas.
- DOE, L. 1978. Project ICANE, a progress and data report on a Canada-Peru study of the Peruvian anchovy and its ecosystem. *BIO Rept. Series BI-R-78-6*.
- FAGER, E. and J. MCGOWAN. 1963. Zooplankton species in the North Pacific. **Science** 140, N° 3566 pp. 453-460.
- GUILLEN, O. y R. de RONDAN. 1968. Producción primaria de las aguas costeras del Perú en 1964. **Bol. Inst. Mar Perú Callao**. Vol. 1. N° 7.
- R. CALIENES y R. de RONDAN. 1969. Contribución al estudio del ambiente de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) **Bol. Inst. Mar Perú Callao**. Vol. 2, N° 2, p. 49-76.
- B. de MENDIOLA y R. de RONDAN. 1971. Primary productivity and phytoplankton in the coastal Peruvian waters. in *Fertility of the Sea*; **edited** by J.D. Costlow, Gordon Breach, New York, Vol. 2, 157-85.
- y R. CALIENES. 1980. Productividad y afloramiento frente a las aguas costeras peruanas. ICANE.
- HARRISON, G. and T. PLATT. 1980. Primary Production and nutrient fluxes off the coast of Peru: a summary. (This volume).
- JERLOV, N. 1977. Classification of sea water in terms of quanta irradiance. **J. Cons. int. Explor. Mer.** 37 (3): 281-287.
- JITTS, H., C. MCALLISTER, K. STEPHENS and J. STRICKLAND. 1964. The cell division rates of some marine phytoplankters as a function of light and temperature. **J. Fish. Res. Bd., Canada**. 21: 139-157.
- JOHNSON, M. . and E. BRINTON. 1963. Biological species, water masses and currents. pp. 381-414. in *The Sea: Ideas and Observations on Progress; in The Study of the Seas*; **edited** by N.M. Hill. Vol 2, Wiley-Interscience New York. 554 pp.
- LONGHURST, A. 1967. Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California Current. **Deep Sea Research**. Vol. 24. pp 393-408.
- MARUMO, R. 1968. The study of phytoplankton in the section along the 43°S between Australia and South America Tex. A. and M. Res Found Tech. Rep.
- MENDIOLA, B. N. de OCHOA, R. CALIENES y O. GOMEZ. 1969. Contenido estomacal de anchoveta en cuatro áreas de la costa peruana. **Informe Inst. Mar Perú Callao**. N° 27.
- 1979. Red Tide along the Peruvian coast. in *Toxic Dinoflagellate Blooms*, pp 183-190; **edited** by Taylor/Seliger. Copyright 1979 by Elsevier North Hollanda, Inc.
- PLATT, T. L. DICKIE and R. TRITES. 1970. Spatial heterogeneity of phytoplankton in a near shore environment. **J. Fish Res Bd. Canada**. Vol. 27, N° 8.

- RYTHER, J. 1966. Report, R/V Anton Bruun, Cruise 15. Special Report Number 5, **Marine Laboratory Texas**. A. and M. University Galveston, Texas.
- D. MENZEL, E. HULBURT, C. LORENZEN and N. CORWIN. 1970. Production and utilization of organic matter in the Peru Coastal Current. Contribution N° 2402 from Woods Hole Oceanographic Institution.
- SMYDA, T. 1958. Biogeographical studies of marine phytoplankton. **Oikos**, 9 (2): 158-191.
- STRICKLAND, J., R. EPPLEY y B. de MENDIOLA. 1969. Poblaciones de fitoplancton, nutrientes y fotosíntesis en aguas costeras peruanas. **Bol. Inst. Mar Perú Callao**. Vol. 2, N° 1.
- VENRICK, E. 1971. Recurrent group of diatoms species in the North Pacific. **Ecology**, Vol 52, N° 4.
- ZUTA, S. y O. GUILLEN. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. **Bol. Inst. Mar Perú Callao**. Vol. 2, N° 5.