

# Estudio de la Productividad Primaria y Distribución Estacional del Fitopláncton en el Abra de Bilbao (Noviembre, 1977 - Noviembre, 1978)

**J. URRUTIA  
I. CASAMITJANA\***

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Objeto y propósito del estudio

El presente estudio inicia una campaña de investigaciones ecológicas en el Abra de Bilbao.

Dada la actual situación de la Ría y Estuario, estudiada ya en algunos de sus aspectos hidrológicos y de vertidos de contaminantes, que llegan a alcanzar caracteres dramáticos, y teniendo en cuenta las previsiones para un futuro no lejano, tanto en cuanto a aumento de población se refiere, así como al incremento de las actividades industriales, la finalización del Superpuerto por la construcción del segundo dique, la posible creación de plantas de depuración y control de las aguas de la Ría, interesa indagar la evolución del ecosistema objeto de estudio, dado que sus alteraciones son difícilmente previsibles.

La descripción de la distribución espacio-temporal de los distintos contaminantes vertidos; en el Estuario en la actualidad, o de sus efectos inmediatos en el medio, carece de valor de cara a la comparación del estado actual con el futuro, puesto que es evidente que habrá de variar dicha distribución al modificarse el origen y la calidad de las descargas.

Nuestro interés radica en descubrir si los efectos totales de dichas descargas en las nuevas situaciones podrán ser mejor o peor neutralizados.

La contaminación no es un único factor directamente medible, sino un conjunto de factores que repercute en el ecosistema de forma integrada. La contaminación no corresponde a un concepto científico, aunque pueda ser considerado válido jurídica o legalmente (Margalef, 1969). Es necesario añadir que no es la simple distribución de variables físico-químicas ni su adición lo que nos manifiesta los niveles de polución, sino el grado en que, de forma global, afectan a los seres vivos. Será más revelador el estudio de la vitalidad de un ecosistema, que el de los efluentes residuales que lo afectan y más aún la relación entre la vida, cualitativa y cuantitativamente, expresada y dichos efluentes.

Hemos centrado nuestra exposición en el estudio del fitoplancton. Es este caldo de microscópicos seres vivientes, capaces de fabricar su propio alimento por su condición autótrofa, productores primarios, la puerta por la que la energía de la luz entra a formar parte de la materia viva. Esta energía pasa a ser asimilable por otros seres de estructura y funcionalidad más complejas. La presencia del fitoplancton es, pues, condicionante para estos otros seres posteriores en la cadena trófica.

La turbidez de las aguas, debido a las toneladas de sólidos en suspensión que diariamente transportan las aguas fluviales, impide la presencia de fitobentos, al reducir la zona eufótica a niveles estrictamente superficiales (dándose zonas con 0,5 m de profundidad de visión del disco de Secchi).

\* Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Ecología. Universidad del País Vasco. Lejona. Vizcaya.

Dejamos constancia, por todo lo dicho, de la importancia del estudio de las microalgas de cara al conocimiento de la vitalidad del ecosistema estuarino.

## 1.2. Descripción del Abra de Bilbao

El Abra de Bilbao es un Estuario situado en la plataforma continental de la costa Norte de la península Ibérica, en el Golfo de Vizcaya (Cantábrico oriental), cuyas coordenadas geográficas son: longitud  $3^{\circ}1'W$  y latitud  $43^{\circ}20'N$ .

Recibe los aportes fluviales de la Ría del Nervión en la que vierten los Ríos Nervión, Ibaizábal, Asúa, Cadagua, Gobelos y Galindo, por lo general cortos y de carácter torrencial.

En el Estuario se asienta el Puerto de Bilbao. La anchura de la boca actual de entrada al Puerto, considerada desde el extremo del

dique de Punta Lucero hasta Punta Galea, de orientación NNW, es de 3.600 m aproximadamente. La profundidad máxima es de 31 m junto al extremo del espigón de Punta Lucero y se alcanzan los 25 m en la zona central del Estuario. Los fondos son rocosos, de pendiente pronunciada y abundantes relieves submarinos hasta los 18 m de profundidad, que se alcanzan a los 500 m de la costa. A partir de este punto la pendiente se suaviza y pasa a ser de guijarros, siendo de arena y fango más al interior.

La importancia del Abra de Bilbao radica en la alta densidad de población de las ciudades y pueblos a los que sirve de vía de comunicación, las actividades pesqueras que concentra y sobre todo por su elevado valor comercial. Las características de los productos que trafica nos dan idea del tipo de industria que se asienta principalmente a ori-

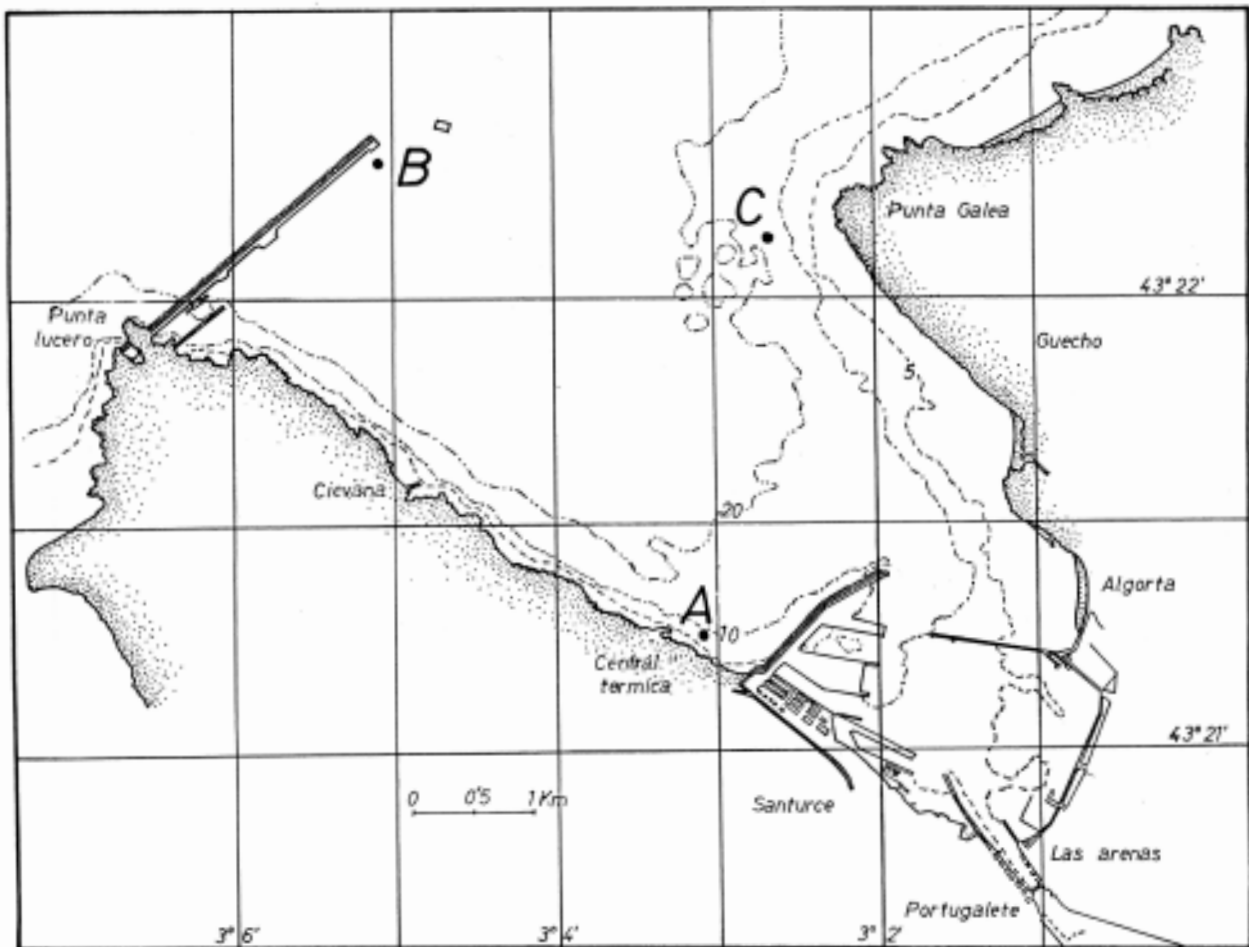


Fig. 1. Localización de las Estaciones muestreadas (A, B, C) en el Abra de Bilbao.

llas de la Ría y de la naturaleza de los factores contaminantes que vierten en sus aguas.

En el año 1979 se obtuvo un valor de tráfico portuario de 26,234 millones de toneladas/año, de los cuales corresponden

10,2 millones de Ton a crudos de petróleo.

2,5 millones de Ton a productos siderúrgicos.

1,9 millones de Ton a refinados del petróleo.

1,3 millones de Ton a carbones.

2 millones de Ton a mineral de hierro, chatarra y piritas.

83 millones de Ton a varios.

(Puerto Autónomo de Bilbao, 1979).

## 2. MATERIALES Y METODOS

Se dispusieron para el estudio tres estaciones de muestreo denominadas A, B y C, localizadas en ámbito del Abra de Bilbao (figura 1).

La primera se ubicó con objeto de estudiar la zona afectada por el desagüe de la Certral Térmica de Iberduero en Santurce. La C fue situada en la corriente de la desembocadura de la Ría, en zonas de dilución media con las aguas oceánicas. La estación B se tomó como referencia, situada en aguas no afectadas de forma decisiva por los factores anteriores. Se visitaron con periodicidad quincenal, siempre que las condiciones climatológicas lo permitieron, tomando muestras en las profundidades siguientes A (0,3 y 5), B (0, 5, 10 y 15) y C (0, 5 y 10), expresadas en metros.

Se estudiaron u observaron parámetros climatológicos (insolación, temperatura del aire, vientos, pluviosidad, humedad), hidrológicos (salinidad, mareas, temperatura de agua), químicos (concentraciones de amonio, nitratos, nitritos, oxígeno) y biológicos (concentración de clorofilas, producción primaria, identificación y recuento de especies). En la presente exposición nos limitaremos a los factores biológicos.

Se tomaron las muestras con botellas oceanográficas tipo Nansen. Se estudió la Producción Primaria según el método de Vollenweider (1974); con este fin se realizaron incubaciones de muestras de agua con  $\text{CO}_3\text{HNa}$  (C14) durante 2 h y 30 min, llevan-

do posteriormente el filtrado a un contador de centelleo líquido. Se determinaron los pigmentos fotosintéticos, *clorofila a* por extracción con acetona y análisis en espectrofotómetro de doble haz. Se realizaron pescas superficiales con red de  $60 \mu\text{m}$  de orificio de poro y muestras para recuento, por sedimentación. Se tomaron también medidas del oxígeno disuelto en el agua, determinadas por el método Winkler (Strickland J, D. H. y Parsons T. R., 1968).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Distribución de la concentración de *clorofila a*

Los resultados de las medidas de la concentración de *clorofila a* quedan registrados en la fig. 2 A.

Apreciamos dos máximos en verano, más o menos desplazados entre junio y Agosto, en las tres estaciones. Sin embargo en la época de invierno y primavera se presentan valores bajos y uniformes. La concentración disminuye con la profundidad salvo en la es-

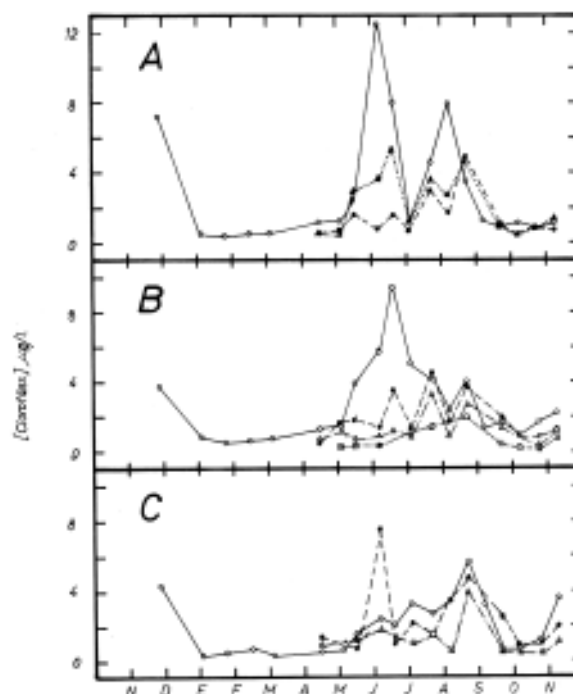


Figura 2 A. Distribución de la concentración de *clorofila a* en las profundidades indicadas para cada estación. Superficie (o—) 3 m (Δ.....), 5 m (●---) 10 m (△-.-), 15 m (□.....)

tación C en el mes de junio en que los valores encontrados a 5 m superan a los de superficie. En este caso las aguas se encuentran muy estratificadas debido a la distinta salinidad. Las masas de agua de 5 m en C corresponden con las de superficies de A, ricas en clorofila a (fig. 3).

La fig. 2 B expone los mismos valores para las aguas superficiales de las tres estaciones. Se observa cómo coinciden las gráficas en verano con máximos poco desplazados.

El máximo de la estación C se encuentra en el mes de agosto, período en que la población de Bilbao y su comarca sale, por lo general, de la región para pasar el período estival y muchas de las empresas fabriles que vierten sus residuos contaminantes en la Ría o afluentes, disminuyen la producción e incluso la interrumpen por las vacaciones estivales. Se puede apreciar también el máximo correspondiente al otoño, que se presenta a finales del mes de Noviembre, en 1977, y se inicia en el mes de Noviembre del siguiente año, en que dimos por finalizado nuestro estudio.

### 3.2. Distribución de los valores de índice pigmentario $D_{430}/D_{665}$

Se ha realizado el estudio del estado fisiológico de las poblaciones fitoplanctónicas a través de la observación del índice pigmen-

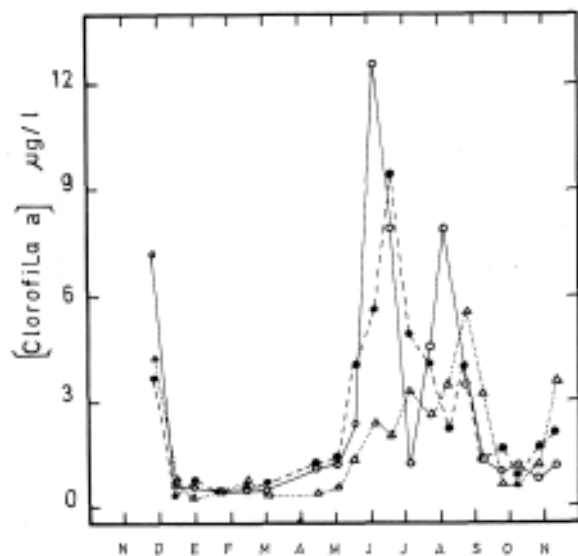


Figura 2 B. Distribución de la concentración de la clorofila a para las tres estaciones en aguas superficiales. A (○—), B (■—), C (△.....).

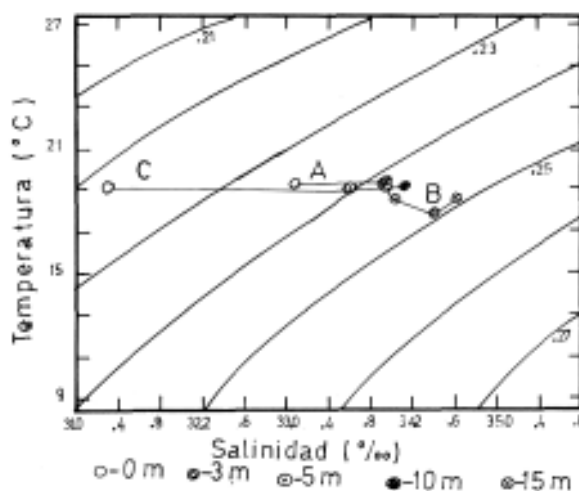


Figura 3. Diagrama T/S correspondiente al 5-VI-78. Se observa que las aguas superficiales de A y las de 5 m de C se encuentran en el mismo nivel de densidad.

tario  $D_{430}/D_{665}$ . La presencia de la clorofila a viene determinada por la absorción a 665 nm de longitud de onda y el resto de los pigmentos absorben con preferencia a 430 nm. La abundancia de clorofila a caracteriza a una población de síntesis rápida, en crecimiento activo: en cultivos viejos y, en general, en todas las poblaciones que muestran baja productividad, la concentración en pigmentos totales es baja, pero sin embargo la razón  $D_{430}/D_{665}$  crece por la más rápida degradación de la clorofila a. El índice es mayor donde el cociente producción/biomasa es menor (Margalef, 1972).

La distribución de los valores del índice pigmentario se ha expresado en las figuras 4A y 4B. Encontramos los valores más bajos del año en la época de verano, coincidiendo con las más elevadas cotas de producción. En la estación A los valores de 3 a 5 m de profundidad no presentan diferencias sustanciales respecto a las aguas de superficie. En B los valores más elevados corresponden a las aguas más profundas, lo cual es norma general en el mar (Margalef, 1974). La estación C presenta un máximo excepcional del orden de 19 unidades en el mes de marzo y una distribución muy irregular de los valores en las aguas de 10 m durante la época de otoño.

Las medias anuales oscilan entre 2,98 y 4,3, lo cual nos permite afirmar que se trata de aguas oligotróficas. No obstante se alcanzan, en los meses de verano, valores inferiores a 2,5 pudiéndose considerar estados de eutrofia (Margalef, 1974).

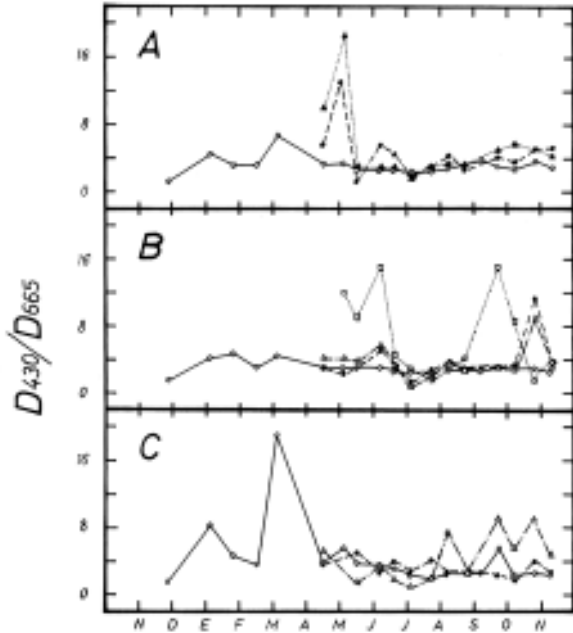


Figura 4 A. Variación del valor del índice pigmentario para cada estación en las profundidades determinadas. Superficie (○—), 3 m (△.....), 5 m (●—), 10 m (△—.), 15 m (□.....).

**3.3. Distribución de los valores de producción primaria**

Se realizaron incubaciones con bicarbonato radioactivo cada mes obteniendo los resultados expresados en la fig. 5.

Se observa que los máximos de producción se obtienen durante los meses de verano. En la estación A se alcanza una producción de 58 mg de C por m<sup>3</sup> y hora a primeros de Junio. Como es de esperar se produce un rápido descenso en el mes de Julio y una recuperación posterior de la producción en Agosto. Algo similar, aunque con valores de orden inferior, sucede en B. Otro es el aspecto que nos presentan los datos obtenidos en C. El máximo de junio no desciende bruscamente sino que lo hace durante los meses de julio y agosto. El aumento de nutrientes

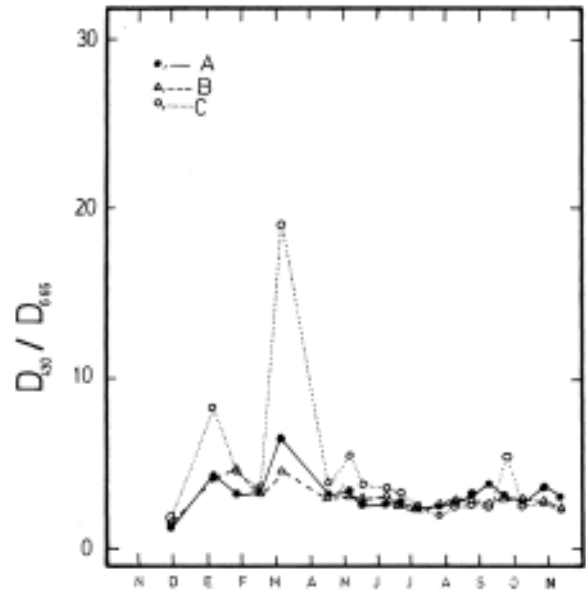


Figura 4 B. Distribución de los valores del índice pigmentario en las aguas superficiales.

sin la presencia de inhibidores del crecimiento por sustancias contaminantes puede provocar situaciones de eutrofia.

**3.4. Eficiencia de la producción primaria**

Se estudió la eficiencia de la producción primaria con relación a los valores de la concentración de *clorofila* a presente en las mis-

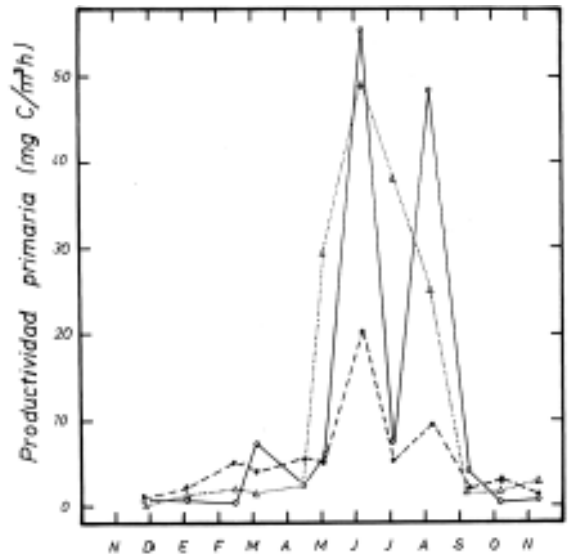


Figura 5. Variación anual de la Producción Primaria en las aguas superficiales. A (○—), B (●—), C (△.....).

mas aguas en el momento de la incubación. Los resultados se han elaborado para las aguas superficiales y se han expresado en miligramos de C asimilado por miligramo de *clorofila* a presente, durante una hora, quedando registrados en la fig. 6.

Los valores correspondientes a Mayo en C y Marzo en A son excesivamente elevados, lo cual los hace poco probables, si tenemos en cuenta que en el plancton marino la relación dada se acepta que sea próxima a 3,7 (Ryther, J. H. y Yentsch, C. S., 1957).

### 3.5. Distribución estacional de los géneros de fitoplancton identificados

Se han reunido las especies en los géneros correspondientes y se han confeccionado diagramas de sectores a partir de las valoraciones cuantitativas realizadas sobre las especies identificadas en las pescas de red en cada estación y su variación en las épocas estacionales. La fig. 7 expresa los resultados obtenidos para las épocas de invierno, primavera, verano y otoño respectivamente. Se han separado mediante una barra más gruesa los sectores correspondientes a las Diatomeas de los de Dinoflagelados, quedando así, en su conjunto diferenciados.

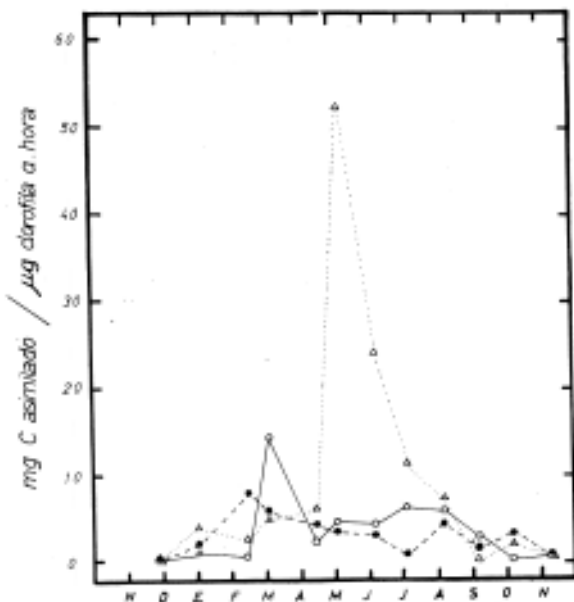


Figura 6. Eficiencia de la Producción Primaria durante el año de estudio para las aguas superficiales. A (○—), B (●—), C (△.....).

#### 3.5.1. Invierno

En el invierno de 1977 a 1978 en la estación A se observa una mayor abundancia de Diatomeas sobre Dinoflagelados. Entre las primeras domina el género *Biddulphia* sobre los demás. Se encuentra una gran variedad de Diatomeas, sin llegar a poblaciones muy densas, ya que los valores representados significan el 18,28% del máximo anual, correspondiente a las poblaciones de verano en A. Esta variedad representada por los géneros *Biddulphia*, *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Grammatophora* y otros, supone muy poca densidad respecto al máximo de la época de invierno que lo alcanza la estación B. En esta segunda estación el predominio de Diatomeas no es tan notable; es de anotar la disminución del género *Biddulphia* y la presencia de *Stephanopyxis*. En C, superan los Dinoflagelados a las Diatomeas, observando la abundancia de *Ceratium* y *Dinophysis*. Parecen ser específicos de esta época los géneros *Biddulphia* y *Coscinodiscus*.

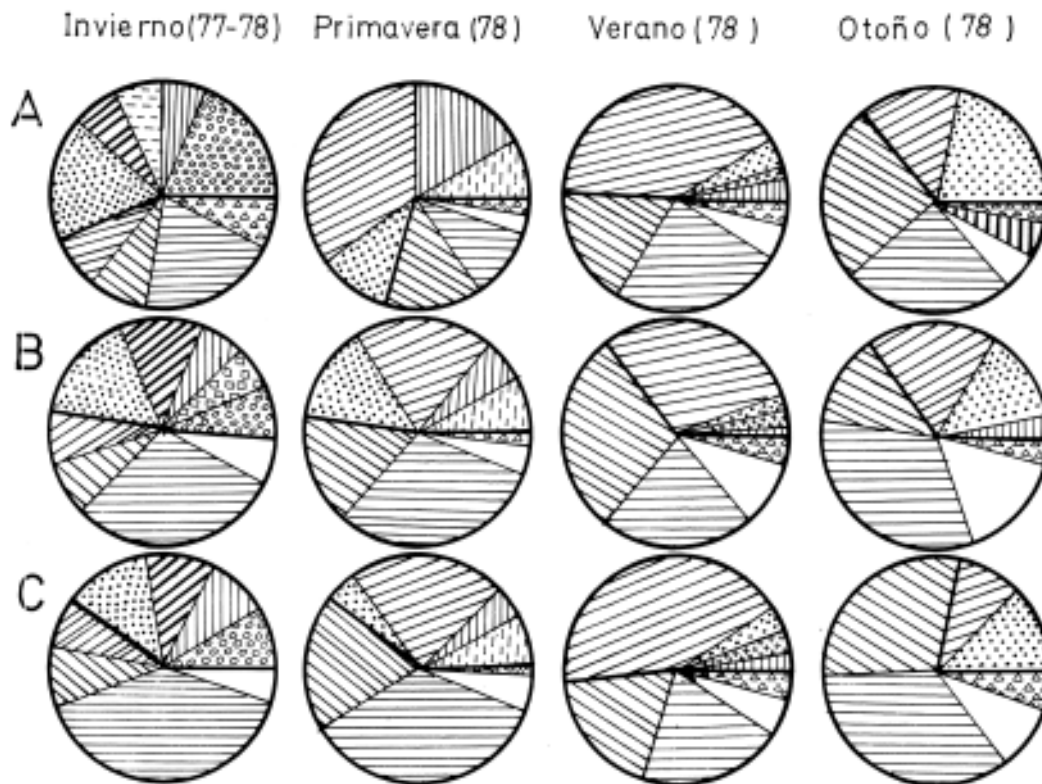
#### 3.5.2. Primavera

Se incrementan las dominancias en cada una de las estaciones en el siguiente sentido: en A domina más claramente la población de Diatomeas, con la presencia de géneros que durante el invierno pasaron desapercibidos: *Chaetoceros* y *Rhizosolenia* y la aparición de *Skeletonema costatum*. En C permanece el predominio de Dinoflagelados, con el sólo incremento de la población de *Peridinium*. En B sigue equiparada la dominancia. En general, incremento de las poblaciones de *Chaetoceros*, *Peridinium* y aparición de *Skeletonema costatum*.

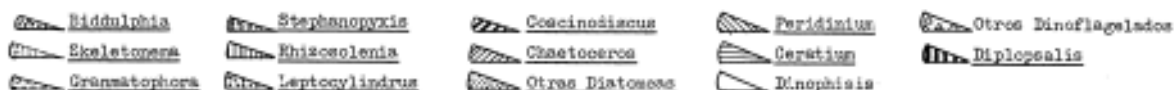
La abundancia es mayor, hasta el doble que en invierno para A y C. La mayor población se alcanza en C representado el 67,13% del máximo anual. (Tabla 1).

#### 3.5.3. Verano

Las poblaciones de verano se presentan con caracteres muy similares en las tres zonas muestreadas: Predominio de *Chaetoceros* y presencia cuantiosa de *Peridinium* y *Ceratium*. Desaparecen los grados de variedad y se establecen dominancias. La especie *Dinophysis caudata* aparece en las tres estaciones. Se obtiene la mayor abundancia del año para cada estación y para la estación A sobre todas.



7.- DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS GENEROS DE FITOPLANCTON ( OBTENIDOS POR CAPTURAS SUPERFICIALES DE RED ) EN LAS TRES ZONAS MUESTREADAS ( A, B y C ) EN EL ABRA DE BILBAO.



### 3.5.4. otoño

Las poblaciones de otoño en las tres zonas de muestreo presentan un claro dominio de los Dinoflagelados sobre las poblaciones de Diatomeas. Desciende notablemente la abundancia: el máximo de esta época representa únicamente el 35,09% del máximo de verano. Entre las poblaciones presentes se observa una regresión de *Chaetoceros* a medida que avanza el otoño, ganando la presencia de otras Diatomeas. Se da una preponderancia de *Peridinium* en A y C y de *Ceratium* y *Dinophysis* en B.

### 3.5.5. Distribución de las especies más importantes

Se ha detallado la presencia de las especies más importantes, su abundancia y distri-

bución a lo largo del año en las tres estaciones muestreadas. (Fig. 8A, 8B y 8C).

Se observa la menor abundancia de especies en la época de Enero a Mayo. Esta observación es menos notoria en C, en que se aprecia la convivencia de especies del género *Ceratium* durante esta época.

## 4. DISCUSION

Quedan reunidos en las figuras 9A, 9B y 9C todos los valores obtenidos sobre las variables de sentido biológico para cada una de las estaciones muestreadas.

Fundamentalmente se observa la máxima producción durante los meses de verano en dos momentos, en el mes de Junio y otro en Agosto, separados entre sí por una disminución neta, coincidiendo con un próspero cre-

cimiento de la población del copépodo fitófago *Paracalanus parvus*.

Los valores de saturación de oxígeno presentados en la curva 3 arrojan unas cotas de sobresaturación casi constante. La primera

mucho más precisa, pero no explica los elevados valores de otoño.

Los valores obtenidos pueden ser comparados con los resultados de la campaña del Guipúzcoa II en la costa guipuzcoana, frente

	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
A	18,28	18,28	50,68	59,88	59,88	89,20	100,0	100,0	100,0	24,21	24,21	69,00
B	36,07	41,59	100,0	63,92	73,69	95,21	86,73	100,0	86,73	35,09	40,45	100,0
C	26,68	30,11	73,97	67,13	75,74	100,0	88,63	100,0	88,63	24,62	27,78	70,18
	I N V I E R N O			P R I M A V E R A			V E R A N O			O T O Ñ O		

Tabla 1 .- Significación cuantitativa de las muestras representadas en los gráficos de sectores ( en % ) respecto a:

I : el máximo anual total de las zonas estudiadas

II : el máximo anual de la propia estación muestreada

III: el máximo de esa época del año.

tendencia es relacionar estos elevados valores con el aporte de oxígeno de la fotosíntesis, lo cual se ve correspondido en los momentos de máxima producción; pero se obtienen los valores más elevados de sobresaturación en otoño, donde la producción es mínima. No es la fotosíntesis la única causa de los valores tan elevados de saturación de oxígeno, hay otros fenómenos, de origen físico, posiblemente, que originan primordialmente esos valores biológicamente no explicables.

Las clorofilas y, en concreto, la clorofila a nos dan una buena aproximación de la biomasa del sistema. Relacionando los anteriores valores con los de las concentraciones de clorofilas, vemos que la correlación entre máximo de oxígeno y máximo de clorofila a es

a San Sebastián, Orio y Fuenterrabía. afectados por los ríos Urumea, Oria y Bidasoa respectivamente, durante el período comprendido entre Agosto de 1976 y Septiembre de 1977.

En la desembocadura del Oria, el 24 de Febrero de 1977, se encontraron en aguas superficiales concentraciones de *clorofila a* que oscilaban entre 0,33 y 3,76 mg/m<sup>3</sup> a lo largo de los muestreos realizados durante todo el día.

En distintos muestreos realizados en la desembocadura del Bidasoa en los meses de Julio y Agosto, también para aguas de superficie, se obtuvieron concentraciones entre 1 y 7 mg/m<sup>3</sup>. Frente a San Sebastián, se estudiaron las aguas durante todo el año en distintas profundidades, presentándose un máximo en Marzo con 9 mg/m<sup>3</sup>; los valores oscilaron durante el año en torno a 1 mg/m<sup>3</sup>



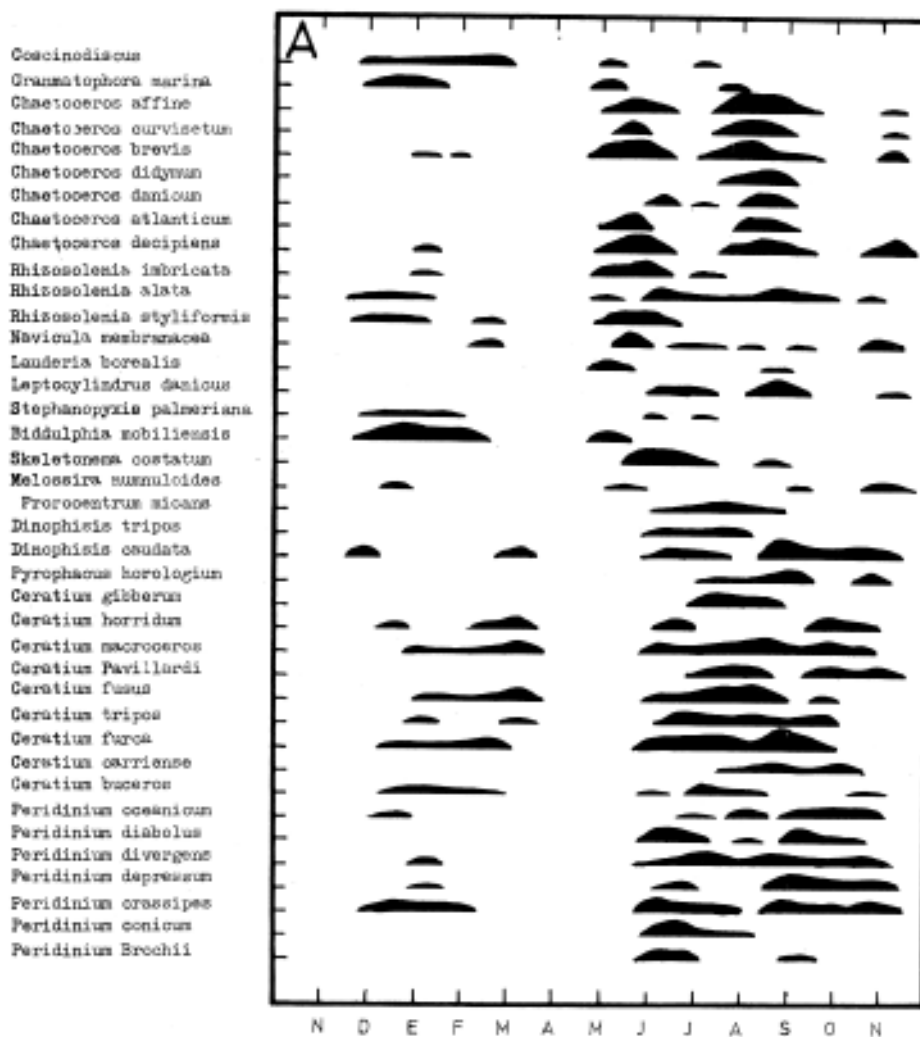


Figura 8 A.  
Distribución anual  
de las principales  
especies de  
fitoplancton en la  
estación A.

alcanzándose otro máximo a final de verano de  $5 \text{ mg/m}^3$ . (Flos, J. y col., 1978).

Todos estos resultados son perfectamente cotejables con los reunidos en nuestro estudio: en Noviembre de 1977 se alcanza una concentración de *clorofila a* que oscila de 4 a  $7 \text{ mg/m}^3$ . Durante el año los valores oscilan en torno a  $1 \text{ mg/m}^3$  y durante el verano los valores se elevan llegando incluso a  $12,55 \text{ mg/m}^3$ . Vemos, por consiguiente, que el Abra presenta caracteres similares y, si es caso, hasta más ricos en *clorofila a* que los estudiados en la costa guipuzcoana.

La observación de la relación  $\text{mg de C asimilado/mg de clorofila a/hora}$  representada en las figuras 9, mediante la curva 1 nos permite asimilar el concepto de aprovechamiento fisiológico con la presencia de clo-

rofila a, manifiesta por el índice pigmentario  $D_{430}/D_{665}$  (curva 2). La correlación de los valores es negativa, aunque carece de un adecuado grado de confianza. Significa, por consiguiente, que la mayor eficacia productora se debe a la presencia de poblaciones ricas en *clorofila a* y jóvenes. Los puntos que más se apartan de la recta de regresión entre ambas variables corresponden a poblaciones muy densas con predominancia de pigmentos del tipo  $D_{430}$  pero que se corresponden con producciones netas muy altas.

Las poblaciones que abundan en los momentos de máxima productividad son las siguientes:

Estación A, 5 de Junio: Abundancia de *Peridinium crassipes* y *Peridinium diabolus*, *Ceratium furca*, *Rhizosolenia imbricata*, *Skeleto-*

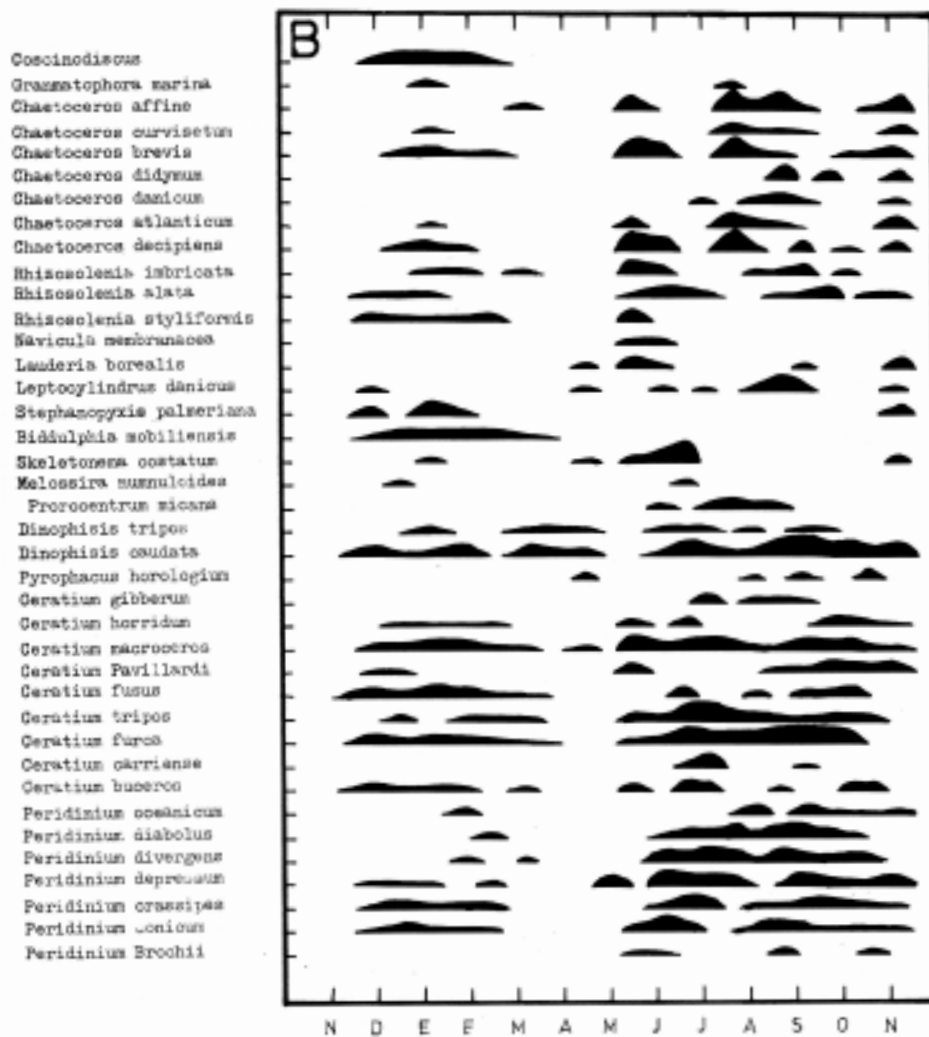


Figura 8 B.  
Distribución anual  
de las principales  
especies de  
fitoplancton en la  
estación B.

*nema costatum* y *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros brevis* y *Chaetoceros affine*, junto con otros.

Estación A, 4 de Agosto: Abundancia de *Chaetoceros*, principalmente *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros brevis*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros atlanticum*, etc.... y *Ceratium furca* con *Ceratium macroceros* entre otros.

Estación B, 5 de Junio: Abundancia *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros brevis*, *Skeletonema costatum*, *Peridinium divergens* y *Peridinium depressum*. No hay *Ceratium*.

Estación B, 4 de Agosto: Abundancia de *Ceratium furca* y *Chaetoceros* en menor cantidad.

Estación C, 5 de Junio: Apareció *Skeletonema costatum* como muy abundante y aun-

que menos también algunos *Chaetoceros*, *Peridinium diabolus* y *Peridinium depressum*.

Estación C, presentó un máximo en la concentración de *clorofila* a el 22 de Agosto: las especies identificadas como muy abundantes son *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros brevis*, *Chaetoceros affine*, *Leptocylindrus danicus*, *Ceratium furca*, *Ceratium macroceros* y *Ceratium buceros*.

Sí es digno de tener en cuenta que en la red sólo se capturan del 9 al 22% de los organismos del plancton y esta fracción, a pesar de estar formada por células relativamente grandes, no representa más que del 2 al 10% de la fotosíntesis total (Yentsch y Ryther, 1958; Teixeira, 1963).

Los datos obtenidos en la estación C sobre producción primaria aún nos permiten

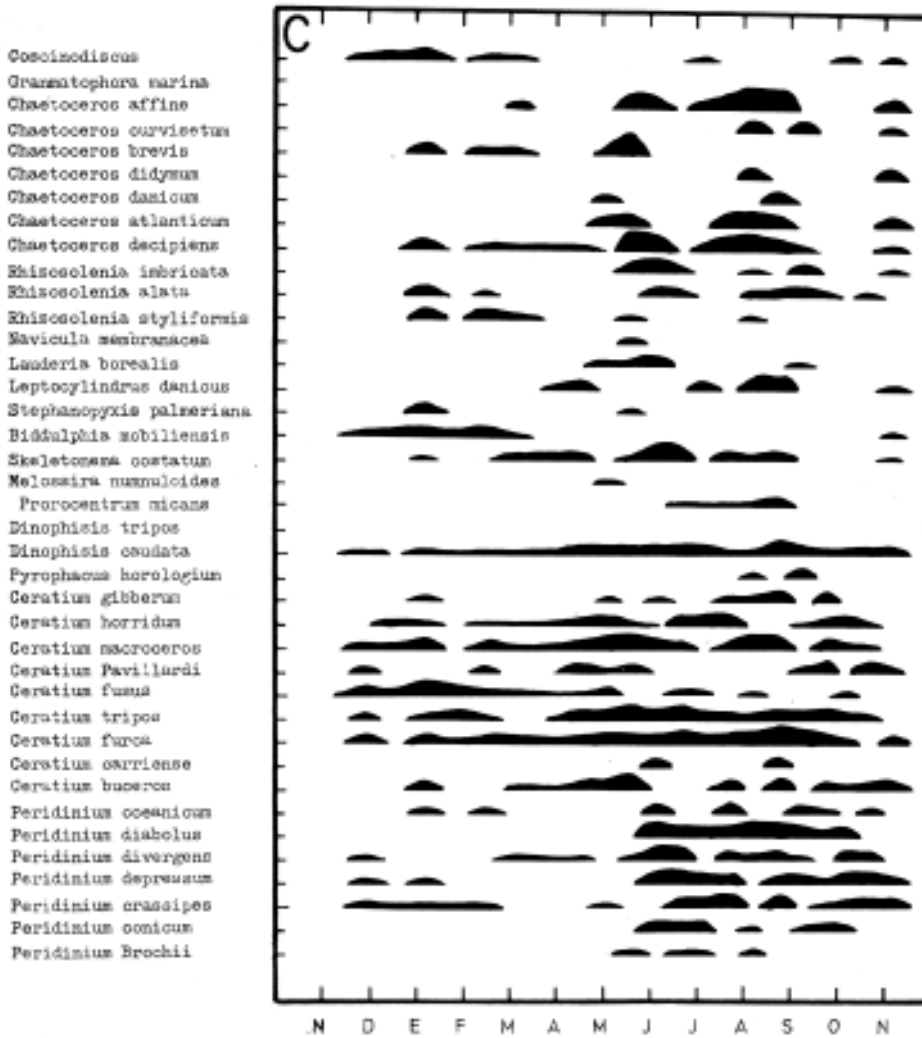


Figura 8 C. Distribución anual de las principales especies de fitoplancton en la estación C.

señalar algunas observaciones. En el invierno y primavera, en su comienzo, las condiciones son hostiles para permitir una producción de nivel medio, obteniendo un elevado valor del índice pigmentario junto con valores bajos de *clorofila a*. Durante la primavera se dispara la producción lo cual no es anormal conocidas las condiciones de contaminación en que se encuentra el fitoplancton, que hace que en momentos se dé, con las especies más fuertemente resistentes a la contaminación, fenómenos de eutrofización. Cabe señalar la presencia en estos momentos de algas resistentes y consagradas como tales tradicionalmente por la literatura como el *Peridinium depressum*, *Peridinium diabolus*, etc. (Brisou, 1963).

La inestabilidad propia de aguas sometidas a tan numerosos factores de origen muy diverso, como es la estación C, nos aconseja admitir variadas interpretaciones para fenómenos atípicos; a veces habremos de echar mano del sentido común del ecólogo para explicar ciertas situaciones. De esta forma podremos interpretar la interacción del crecimiento del plancton con la vida de la ciudad. La población del Gran Bilbao toma sus vacaciones estivales en el mes de agosto, el ecosistema lo acusa incrementando la densidad y variedad de poblaciones: aparecen numerosas especies de *Peridinium*, *Ceratium* y muchos *Chaetoceros*. Ante un medio más tolerante se producen colonizaciones que en otras circunstancias no se hubieran dado.

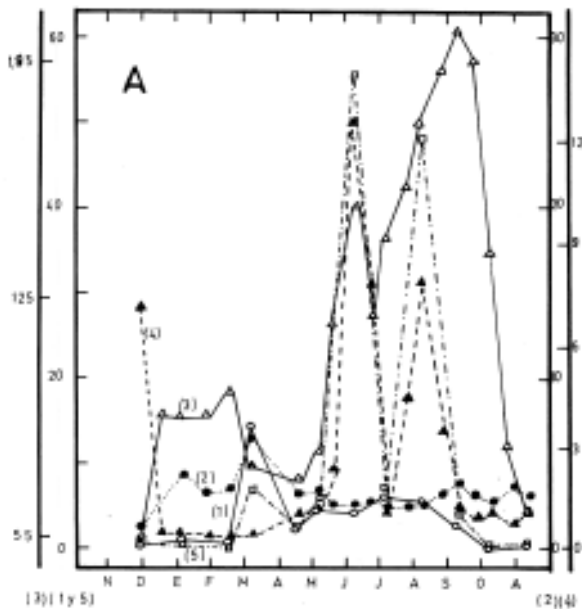


Figura 9 A. Relación entre los parámetros de sentido biológico en A.

- (1) [●—] Eficiencia de la Productividad Primaria expresada en mg C asimilado/mg *clorofila a* hora.
- (2) [■.....] Índice pigmentario  $D_{430/665}$ .
- (3) [△—] Oxígeno disuelto en agua en % de saturación.
- (4) [△.....] Concentración de *clorofila a*, en mg/l.
- (5) [□.....] Productividad Primaria en mg de C asimilado/m<sup>3</sup> hora

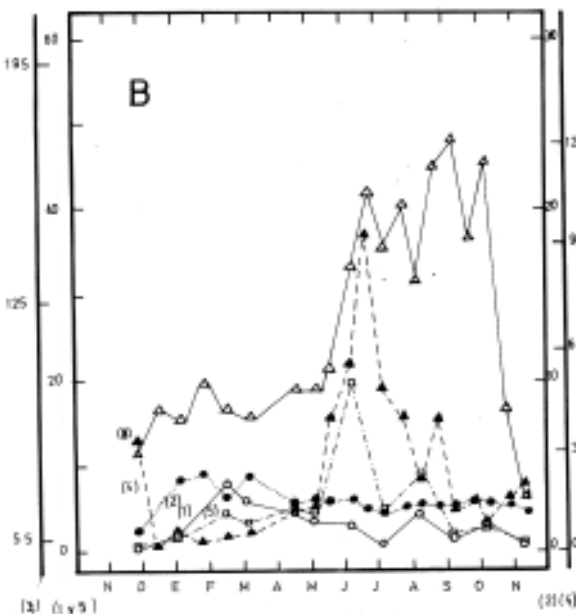


Figura 9 B. Relación entre los parámetros de sentido biológico en B (curvas de igual significado que en la figura 9 A).

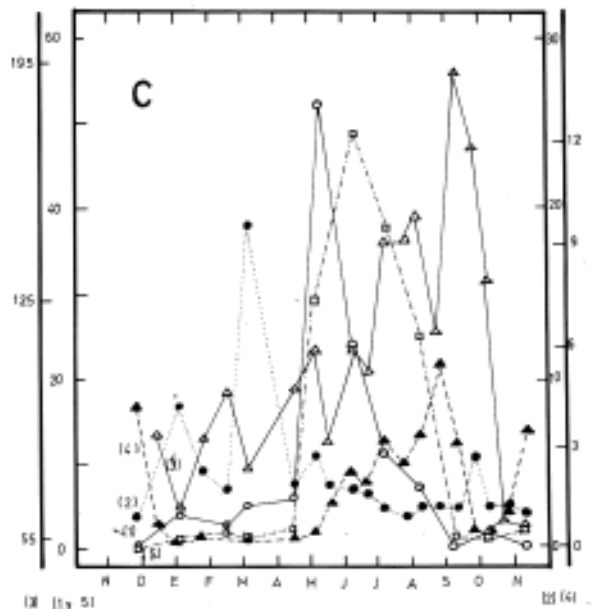


Figura 9 C. Relación entre los parámetros de sentido biológico en C (curvas de igual significado que en la figura 9 A).

El análisis de los datos observados nos conduce a utilizar la concentración de clorofila *a* con ciertos criterios válidos de correlación con la productividad. Sin embargo los datos son a menudo muy ambiguos (Pausche, 1960). Hemos observado casos de elevada concentración de clorofilas y no tanta productividad como cabría esperar.

El estudio de las sucesiones fitoplanctónicas nos puede aportar una riqueza de datos complementarios de los anteriormente expuestos. Una visión global de los niveles del Estuario nos la ofrece el conocimiento de la variedad de especies de cada género para cada una de las estaciones muestreadas. (Tabla 2). Entre las especies incluidas en «otros Dinoflagelados» se encuentran algunas de bastante importancia en este Estuario, como *Dinophysis caudata*, *Pirophacus horologium*, *Porella globulus*, *Prorocentrum micans* y *Diplopsalis lenticula*. En «otras Diatomeas» se incluyen, por ejemplo, algunas de importancia como *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*, *Stephanopyxis palmeriana*, *Lauderia borealis*, *Licmophora abbreviata*, *Granmathophora*, *Thalassiosira*, *Thalassionema*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Pleusosigma*, *Bacteriastrium*, etc... que aparecen más ocasionalmente. Podemos apreciar que no hay cuantitativamen-

GENERO	Nº TOTAL ESPECIES	Nº ESPECIES POR ESTACION		
		A	B	C
. Peridinium	26	17	18	18
. Ceratium	23	21	21	21
. Otros Dinoflagelados	27	14	26	18
. Rhizosolenia	10	7	6	8
. Biddulphia	4	3	4	2
. Coscinodiscus	9	4	9	4
. Chaetoceros	23	19	20	21
. Otras Diatomeas	72	46	46	41

Tabla 2. Número de especies de cada uno de los géneros identificados.

te una diferencia significativa.

De la distribución estacional de los géneros deducimos una clara relación con la temperatura y con el grado de contaminación de las aguas, globalmente expresado.

Hay una clara preponderancia de los géneros *Peridinium* y *Ceratium* en la estación C, que alcanzan sus máximos en otoño, la época de aguas más cálidas de todo el año. Este aumento no es exclusivo de la zona de desembocadura del Nervión, se da también en las otras localizaciones estudiadas.

Las especies más significativas dentro de estos dos géneros son las siguientes: *Peridinium crassipes*, *Peridinium depressum*, *Peridinium divergens*, *Peridinium diabolus*; también aparece en B y C con cierta importancia el *Peridinium conicum*. Especifico de esta época otoñal parece ser el *Peridinium oceanicum*, que se localiza principalmente en A, aguas más cálidas y remansadas.

De entre las especies del género *Ceratium* podemos citar el *Ceratium furca* que aparece durante todo el año; sus poblaciones crecen desmesuradamente en otoño en B y C. Sin embargo, el *Ceratium macroceros*, que también crece durante todo el año no presenta ningún efecto poblacional durante el otoño. Sí parece observarse efecto constatable sobre la población de *Ceratium* tripos cuyos máximos de densidad se encuentran en los meses de verano, en convivencia con los *Chaetoceros*. El aumento en densidad de las poblaciones del género *Peridinium* viene relacionado con la acción conjunta de un ambiente eutrófico y aguas cálidas en la desembocadura de la Ría.

Las Diatomeas se presentan como más exigentes en cuanto a nutrientes, presentándose gran variedad de ellas en las épocas más frías en nuestro Estuario. Muchas de las que se han llamado en la literatura actual oceánicas, se presentan con gran abundancia en el Abra. Así *Chaetoceros decipiens* y *Chaetoceros atlanticum* (Cruz, A., 1971; Curl, E.E., 1943; Sournia, A., 1968), *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia alata*. Especies oceánicas pero consideradas cosmopolitas, de las que aparecen en el Estuario son *Melossira sulcata* y *Rhizosolenia styliformis* (Santoyo, H. y Signoret, M., 1972).

Los *Chaetoceros* están presentes en muy poca abundancia durante el invierno. Al comienzo de la primavera real, las aguas más templadas permiten el desarrollo de sus poblaciones, conviviendo con *Peridinium* y *Ceratium*.

La *Rhizosolenia* es también un género que coexiste con los *Chaetoceros*; alcanzan sus mayores poblaciones en la primavera en las tranquilas y templadas aguas de la estación A. El gran dominio de los *Chaetoceros* les produce regresión en el crecimiento haciéndose presentes a partir de entonces con individuos aislados. Las poblaciones de *Chaetoceros* crecen en cuanto se van calentando las aguas, presentando en primavera y verano unos máximos de crecimiento que coinciden con los máximos de producción. La presencia de *Skeletonema costatum*, de asimilación más rápida que los *Chaetoceros*, anula su rápido crecimiento y prácticamente les hace desaparecer de su zona de crecimiento. Convive con *Leptocylindrus danicus* y *Lauderia borealis*. El inicio del crecimiento de *Skeletonema costatum* se ve acompañado por poblaciones de *Chaetoceros brevis*, *Chaetoceros decipiens* y *Chaetoceros affine*, para desaparecer o quedar reducidos días después. Las poblaciones de *Skeletonema* no persisten en estado masivo durante mucho tiempo.

Las poblaciones de *Biddulphia mobiliensis*, principalmente dentro del género, se da exclusivamente en aguas frías de invierno. Aparece algún ejemplar en Marzo, pero ya de forma ocasional. Al igual, el género *Coscinodiscus* se diversifica en varias especies de difícil identificación, pero su presencia dura

hasta el mes de Febrero para ya no volver a reaparecer hasta el mes de noviembre.

*Stephanopysis palmeriana* aparece en A y B y no en C, debido a ser un alga frecuente en Estuarios pero que no resiste fuertes dosis de contaminación.

Consideramos de interés las especies que se incorporan a la estación C, durante la época de verano, Agosto, en que los vertidos son menos polucionantes. Son especies de Dinoflagelados principalmente que, o bien no se encuentran en otra época del año o lo hacen sólo de forma ocasional: *Porella globulus*, *Dinophysis sacculus*, *Spyraulax jollifei*, *Pyrophacus horologium*, *Peridinium Pallidum*, *Ceratium candelabrum*, *Ceratium Carriense*, *Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros didymum*, *Licmophora flabellata*. *Ceratium furca* es asiduo en C durante todo el año, pero alcanza su máximo de crecimiento en estas condiciones.

Es, pues, una relación demasiado numerosa la que nos invita a pensar que aún dentro de lo que puede mejorar espontáneamente la zona de desagüe del Nervión, permite una mayor riqueza en fitoplancton. El fenómeno de la eutrofización no llega a producirse normalmente debido a los limitantes e inhibidores del crecimiento que se vierten diariamente, tales como fenoles, sulfuros, metales pesados, cianuros, etc...

La limpieza de estas aguas podría suponer un enriquecimiento en biomasa y especies.

## 5. CONCLUSIONES

1. Los momentos de máxima producción se alcanzan conjuntamente con los máximos de densidad de poblaciones que inician su decaimiento senil, presentando eficiencia productora baja.
2. Se ha encontrado una clara distribución estacional de las especies, propia de cada zona muestreada. En general, Diatomeas y Dinoflagelados, pocos y variados, en invierno, *Chaetoceros* y *Skeletonema costatum* en primavera y verano y *Ceratium* y *Peridinium* en otoño.
3. La distribución espacial se ha presentado de la siguiente forma: *Ceratium* y *Peridinium* se localizan en zonas afectadas por la polución preferentemente. *Diatomeas*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*.

y las propias de cada época predominan en la zona de la Central Térmica y una mezcla de los mismos en la estación de control B.

4. La zona de la desembocadura del Nervión sufre evidentemente los efectos de los aportes fluviales y desarrolla especies resistentes. La disminución de la polución, que se aprecia en verano, posibilita la presencia de otras especies que se arriesgan a colonizar la zona durante esa época, y el crecimiento masivo de las especies habituales.
5. Podemos considerar las aguas del Estuario como de carácter oligotrófico, llegando, en circunstancias, a la eutrofización.

6. De las tres localizaciones estudiadas en el Abra de Bilbao podemos resumir: **Estación A:** Debido a su localización en el Estuario y a la evacuación de las aguas cálidas de la Central Térmica de Iberduero, resulta un subsistema de condiciones ricas y productivas (98,199 g de C/m<sup>2</sup> y año).

**Estación B:** Participa de la doble condición de aguas oceánicas y estuarinas, según las circunstancias físicas ocasionadas por las corrientes. Resulta menos productiva (47,304 g de C/m<sup>2</sup> año) y temporalmente se puede encontrar sometida a los efectos de las aguas continentales.

**Estación C:** Zona en que se institucionaliza el desequilibrio e inestabilidad, sometida a la doble acción de las aguas oceánicas y fluviales. De aquéllas recibe la capacidad de neutralizar los fatales efectos de las segundas.

No se produce eutrofización debido a la acción de elementos polucionantes venenosos que limitan, inhiben o reducen el crecimiento de las poblaciones. Si estos factores desaparecen o se reducen, las poblaciones crecen sensiblemente.

## RESUMEN

Han sido estudiados determinados parámetros biológicos referentes al fitoplancton y su identificación y distribución espacio-temporal en el Abra de Bilbao. Se eligieron tres zonas significativas: una de contaminación

térmica, afectada por el desagüe de la Central Térmica de Iberduero, otra que recibe el impacto de la polución química de la Ría del Nervión y una tercera, de control, situada libre de dichas influencias. Se trató de comprobar la reacción neutralizadora del Estuario ante las descargas contaminantes.

Analizada la Productividad Primaria y la concentración de clorofila a, se ha comprobado que son aguas oligotróficas, ocasionalmente eutróficas, según el origen y calidad de los efluentes. La situación de la Central Térmica supone un efecto favorable a la Producción Primaria. Se han descrito las especies del fitoplancton presentes, su abundancia y distribución durante las cuatro estaciones del año.

## LABURPENA

Bilboko Abran, fitoplanktonen identifikapen eta distribuipean espazio-temporalari buruz, parametro biologiko batzuek arakatuak izan dira. Hiru eskualde adierazgarri aukeratu ziren: bata kutzadura termikoarena, bestea Nerbioi Riaren sutxadura kimikoaren inpaktua hartzen duena. eta hirugarrena, kontrolekoa, eragin horietatik libre dagoena. Konprobatu nahi zen Bokalearen erreakzio neutralizatzailea deskarga kutzakorren aurrean.

Lehen Emankortasuna eta *klorofila a* kontzentrazioa arakaturik ur oligotrofikuak direla konprobatu da, okasionaldi eutrofikuak ixurkorren jatorri eta kalitatearen arabera.

Zentrale Termikoaren kokatzeak Lehen Egintzari efektu mesedegarria egiten dio. Oraingo fitoplanktonen espezieak deskribatu dira, bere oparitasuna eta urtaroen zehar duten distribuipea.

## SUMMARY

Certain biological parameters referred to the fitoplankton, as well their identity and time and space distribution in the Abra of Bilbao have been studied. Three representative areas were chosen for that reason: one under the influence of thermic pollution - an area under the influence of the drainage of Iberduero's Central Thermic power station; another one which is under the impact of the chemical pollution from de Nervion River; and a third one, of mere control, free from

both above mentioned influences. We tried to test the neutralizing reaction of the Estuary under the contaminating effects.

Once we analysed the Primary Productivity and the concentration of chlorophyll a, we have tested how the waters are oligotrophic, and occasionally eutrophic, according to the origin and quality of the sources.

The location of the Central Thermic power station is thought to have an advantageous effect on the Primary Productivity. We have described the species of the fitoplankton which are present, as well as their abundance and distribution during the four seasons of the year.

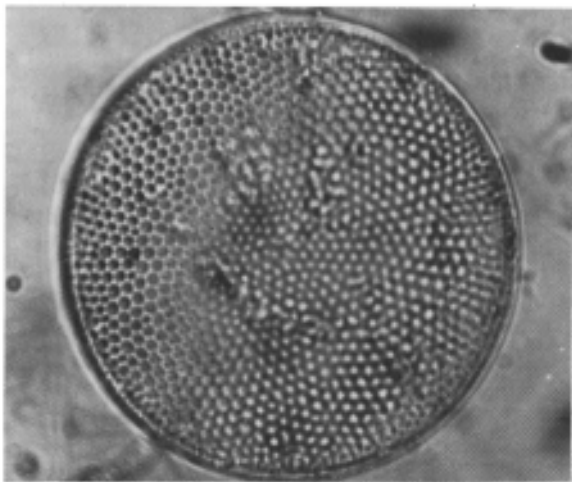
## BIBLIOGRAFIA

- BRISOU, J., TYSET, C., RAUTLIN DE LA ROY, Y., CURCIER, R., MOREAU. R. (1964).—Ann. Inst. Pasteur. 106: 469-478.
- CRUZ, A. (1971).—«Estudios de plancton en el Banco de Campeche». En coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes. UNESCO; 375-383.
- CUPP, E. E. (1943).—Marine plankton diatoms of the West of North America Bull. Scripps. Inst. Oceanogr. Univ. California. 5 1: 1-238.
- FLOS, J. y col. (1978).—«Estudio oceanográfico de la zona nerítica comprendida entre Fuenterrabía y Zarauz de agosto de 1976 a septiembre de 1977». Dep. Ecología Univ. Cent. Barcelona.
- MARGALEF, R. (1969).—«El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos». Documentos de Inv. Hidrol., 7: 105-133.
- MARGALEF, R. (1972).—«La vida suspendida en las aguas». En Ecología Marina, pág. 493. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas.
- MARGALEF, R. (1974).—Ecología, pág. 448. Ed. Omega. Barcelona.
- MEMORIA ANUAL DEL PUERTO AUTONOMO DE BILBAO, 1979. página 10.
- RYTHER, J. H., YENTSCH, C. S. (1957).—Limnol. Ocean., 2: 281-286.
- SANTOYO, H. y SIGNORET, M. (1973).—«Hidrología y Fitoplancton en un transecto en la plataforma continental de la Bahía de Campeche, México. Agosto de 1972». Rev. lat-amer. Microbiol. 15: 207-215.
- SOURNIA, A. (1968).—Variations saisonnières et nyctémérales du phytoplancton marin et de la production primaire dans une baie tropicale a Nosy-Bé (Madagascar). Int. Rev. ges. Hydrobiol. 53. 1: 1-76.
- STRICKLAND, J. D. H. y PARSONS. T. R. (1968).—«A practical Handbook of Sea Water Analysis». Bull. Res. Board of Canada. Ottawa.

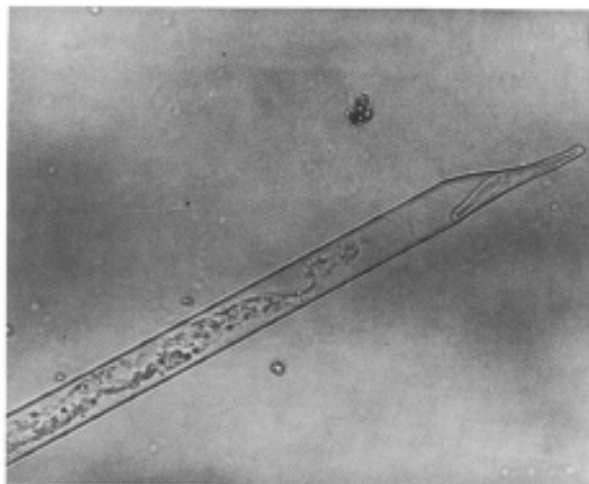
TAIT, R. V. (1970).—«Elementos de Ecología Marina». Ed. Acribia. Zaragoza.

TEIXEIRA, C. (1963).—Bol. Inst. Ocean. Sao Paulo. 13: 53-60.

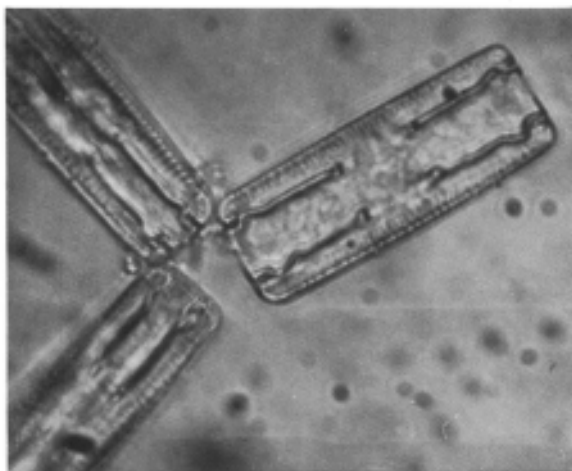
VOLLENWEIDER, R. A. (1974).—«A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments». Blackwell Scientific Publications. IBP Handbook n.º 12.



1. *Coscinodiscus radiatus* (2400 X).



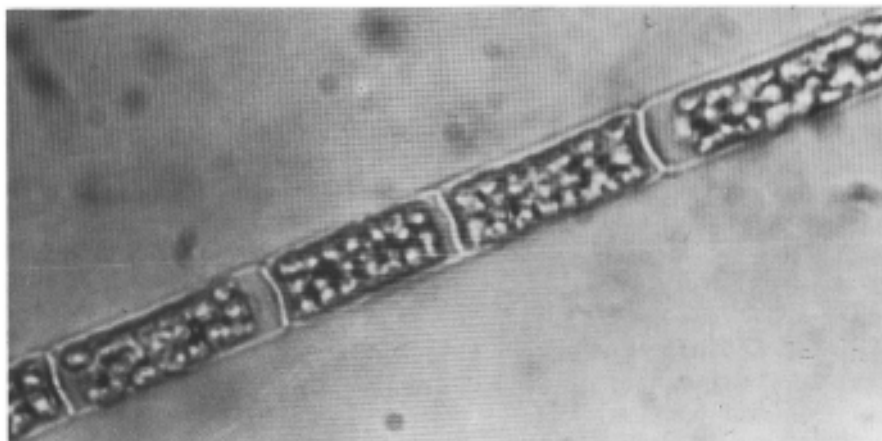
2. *Rhizosolenia styliformis* (400 X).



3. *Granmatophora oceanica* (2400 X)

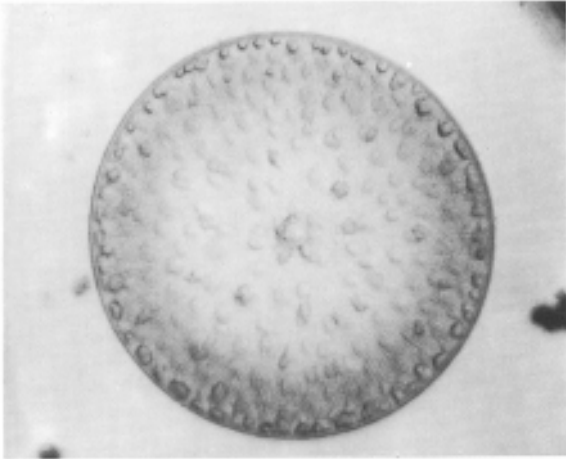


4. *Biddulphia mobiliensis* (600 X)

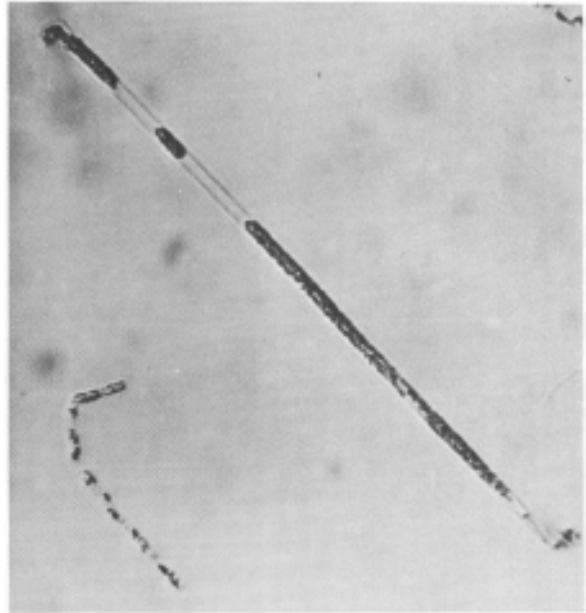


5. *Leptocylindrus danicus* (2400 X).





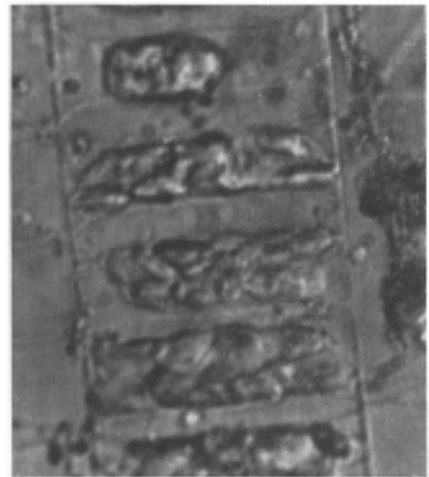
6. *Coscinodiscus Gigas* (600 X).



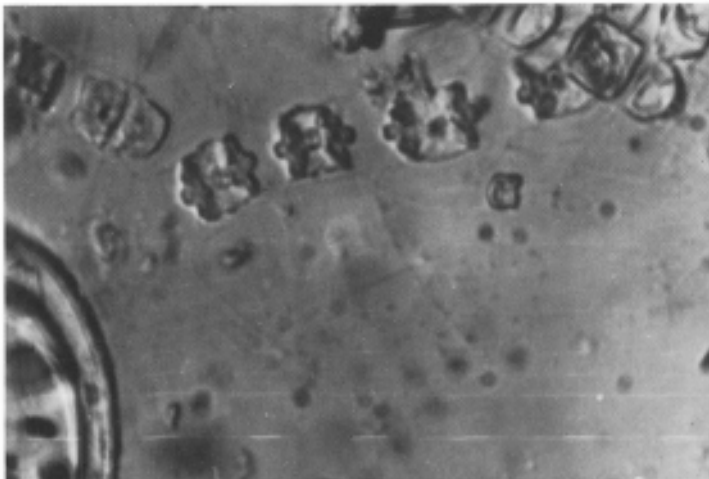
7. *Rhizosolenia alata* (600 X)



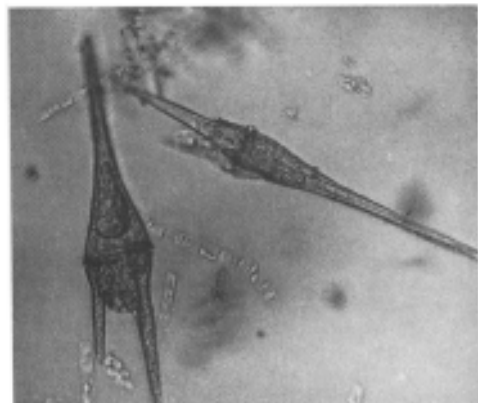
8. *Skeletonema costatum* (2400 X)



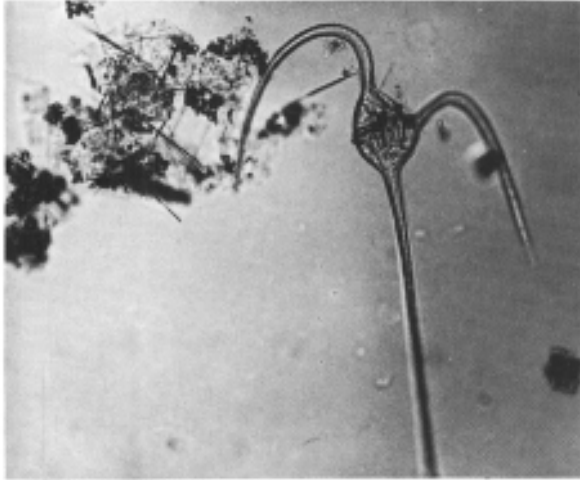
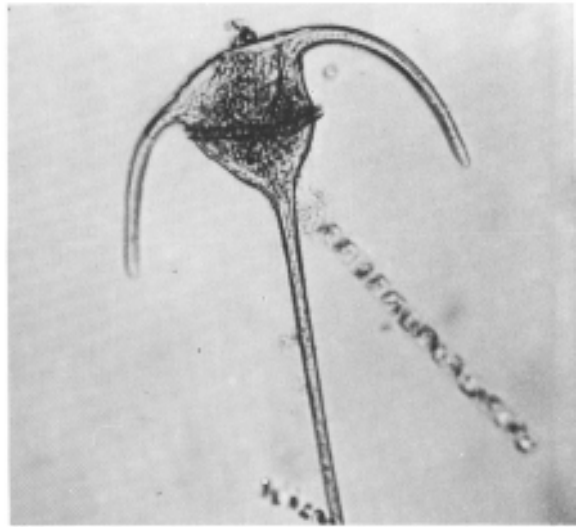
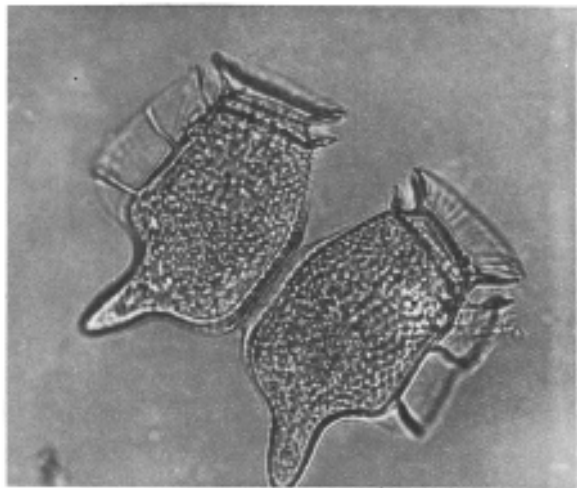
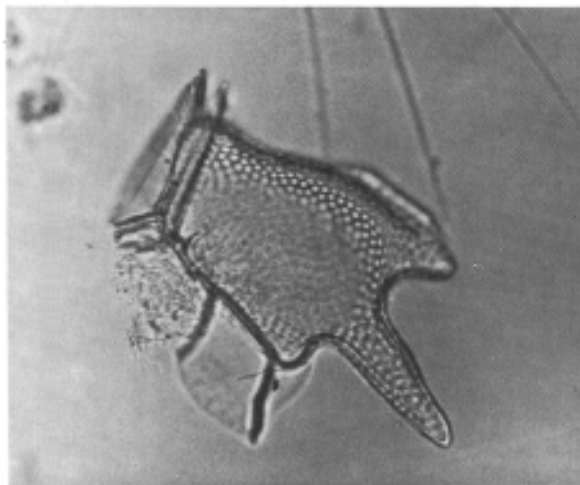
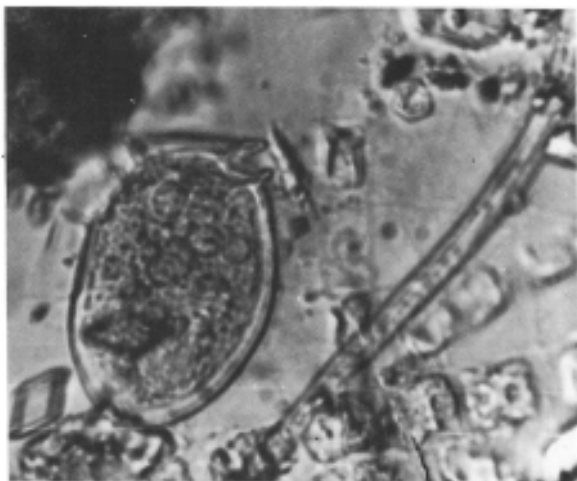
9. *Chaetoceros decipiens* (2400 X)

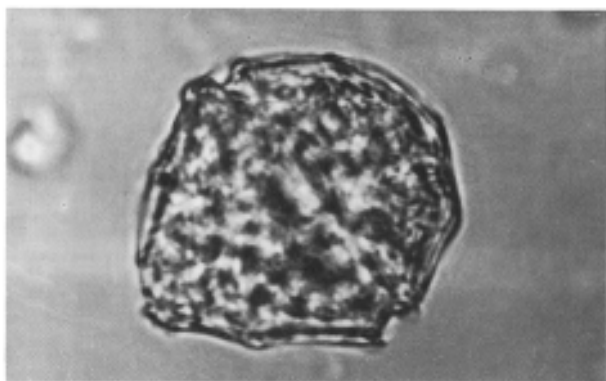


10. *Chaetoceros didymum* (400 X).

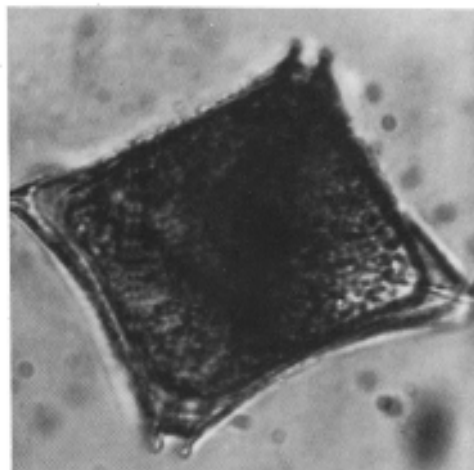


11. *Ceratium furca* (400 X)

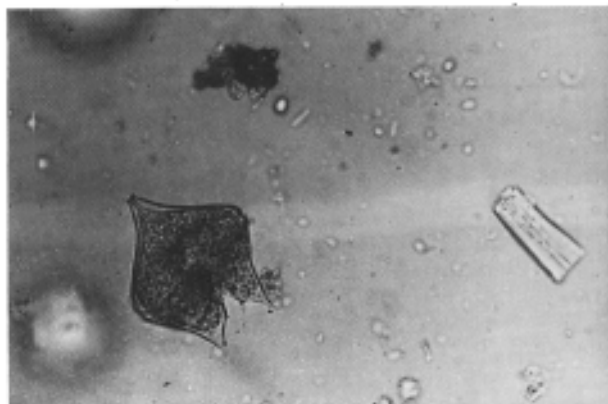
12. *Ceratium macroceros* (400 X).13. *Ceratium tripos* (600 X)14. *Pyrophacus horologium* (2400 X).15. *Dinophysis caudata* (2000 X)16. *Dinophysis tripos* (2000 X)17. *Dinophysis sacculus* (2000 X)



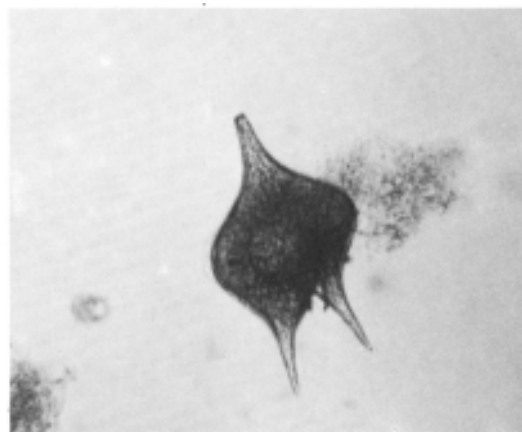
18. *Gonyaulax polyedra* (2000 X)



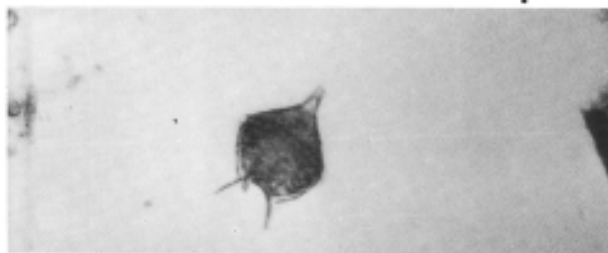
19 *Peridinium crassipes* (2000 X)



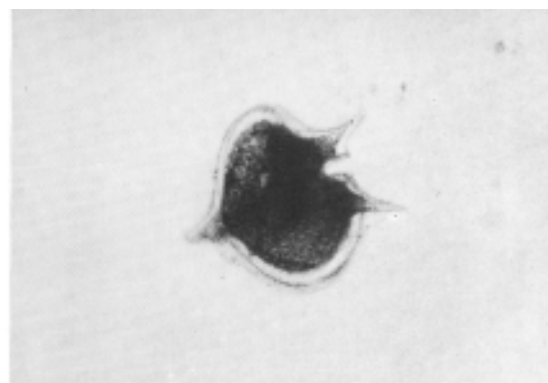
20 *Peridinium divergens* (400 X)



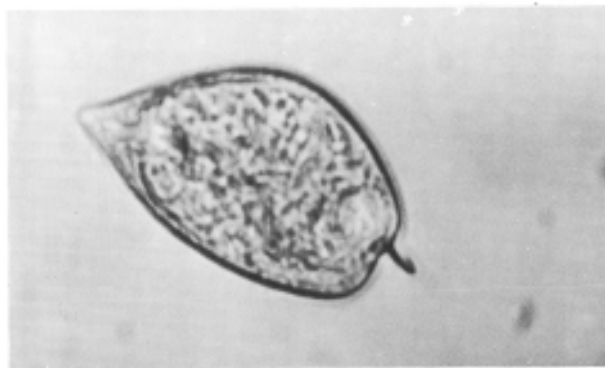
21 *Peridinium oceanicum* (600 X).



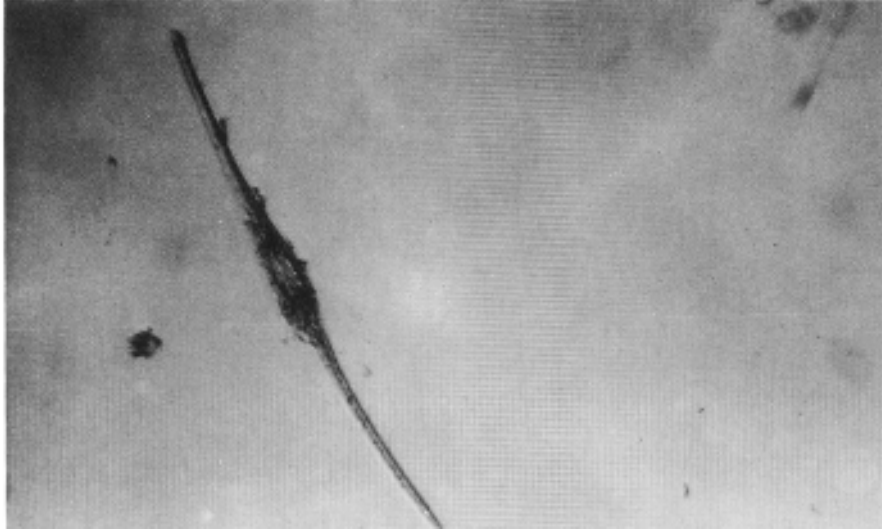
22. *Peridinium diabolus* (600 X).



23. *Peridinium depressum* (600 X).



24. *Prorocentrum micans* (2400 X).



25. *Ceratium fusus* (600 X).