

**CICLO ANUAL Y DISTRIBUCION DE LOS PIGMENTOS  
FOTOSINTETIZADORES (LIPOSOLUBLES) DEL  
MICROFITOBENTOS DEL ESTUARIO DE LA FOZ, RIA DE  
VIGO, NW DE ESPAÑA (AÑOS 1973-74)**

Por  
**RICARDO ANADÓN**  
Departamento de Zoología y Ecología  
Universidad de Oviedo

**RESUMEN**

Se estudia la concentración y distribución de pigmentos fotosintéticos (liposolubles) en ocho estaciones intermareales del estuario de La Foz. Se caracterizan las estaciones mediante distintos parámetros ambientales.

La distribución de clorofila *a* en profundidad muestra un gradiente brusco y constante, que es inverso al considerar el índice D/D. La variación anual de clorofila *a* y carotenoides en la capa superficial (0.5 cm) es muy irregular, con máximos en primavera, otoño e invierno, con diferencias entre las estaciones. El índice D/D es el parámetro que presenta el ciclo más estable, con máximos en verano.

La concentración de clorofila *a* respecto a la materia orgánica (M. O.) presenta un rango de variación elevado. Se encuentra una relación directa entre la concentración media de cl. *a* y de M. O. Esta relación y el índice D/D pueden reflejar características complementarias del estado fisiológico del microfitobentos, presentando una relación inversa (no significativa) entre los valores medios de cada estación. Esta relación considerando valores mensuales en cada estación muestra una gradación en la significación desde las estaciones con bajo contenido de M. O. (muy significativo) hasta las de alto contenido en M. O. (no significativo).

Se discuten los resultados y se comparan con los de otros autores.

**SUMMARY**

*Annual cycle and distribution of the photosynthetic pigments (liposoluble) of the microphytobenthos of La Foz Estuary (years 1973-74). The concentration and distribution of the photosynthetic liposoluble pigments at eight intertidal stations is studied. The stations are characterized by different environmental parameters.*

The distribution of chlorophyll *a* in depth shows a sharp and constant gradient which is inverse when considering the D/D index. The annual variation of chlorophyll *a* and carotenoids in the superficial layer is very irregular, with a maximum at spring, autumn and winter, and differences among the stations. The parameter which presents the most stable cycle is the D/D index with a maximum in summer.

The concentration of chlorophyll a with respect to the organic matter (O. M.), presents a high range of variation. A direct relationship between the mean chlorophyll a concentration and O. M. is found. This relationship and the D/D index, may reflect complementary features of the physiological state of the phytobenthos, having an inverse relationship (non significant) between the mean values of each station. When the monthly values of each station are considered, this relation shows an incline in significance from the stations with a low O. M. content (very significant) to a high O. M. content (non significant).

The results are discussed and compared with those of other authors.

## INTRODUCCION

El presente estudio completa la visión que se poseía sobre el ecosistema sedimentario del estuario de La Foz (ría de Vigo) estimando la capacidad productiva de la microflora que se encuentra en él. En otros trabajos anteriores se estableció la composición, dinámica y estructura de la macrofauna y la meiofauna de este mismo estuario (ANADÓN, 1980, en prensa) así como el ciclo de una cianoficea del género *Merismopoedia* que completa su ciclo en el estuario (NIELL y ANADÓN, 1978).

Las medidas de producción primaria en sedimentos son relativamente complejas (COLOCOLOFF y COLOCOLOFF, 1972-73); en el presente trabajo se considera la concentración de clorofila a y otros pigmentos como indicadora de la capacidad fososintética del microfitorbentos (CADEE y HEGEMAN, 1977).

## MATERIAL Y METODOS

Los muestreos se han realizado mensualmente durante dos años en ocho estaciones del estuario de La Foz (ría de Vigo, Ensenada de Bayona), que presentan características sedimentarias diferenciadas (fig. 1).

Los muestreos se recogían con cilindros de plástico («Corer») opaco de 1,25 cm. de diámetro y 10 cm. de longitud y se transportaban al laboratorio. En éste, se extraía el sedimento y se recogían 0.5 g. del mismo en cinco niveles de profundidad (en cm.) que se homogenizaban: 0-0.5; 0.5-1; 1-2; 2-3; 3-5.

Para la extracción de los pigmentos liposolubles se utilizó acetona al 90 % siguiendo la metodología descrita por MARGALEF (1967). La extracción se realizó como máximo a las cuatro horas de recogida la muestra. Se hicieron sucesivas extracciones calentando hasta ebullición la acetona; el extracto se filtraba sobre papel a una probeta graduada de 10 cc.

Se medía la absorbencia (D) del extracto acetónico en un espectrofotómetro BECKMAN DU G 2400 a las longitudes de onda siguientes: 4300, 4800, 6630 y 7500 Å, esta última para realizar las correcciones debidas a la turbidez del extracto.

Para el cálculo de la concentración de pigmentos se utilizaron las ecuaciones siguientes:

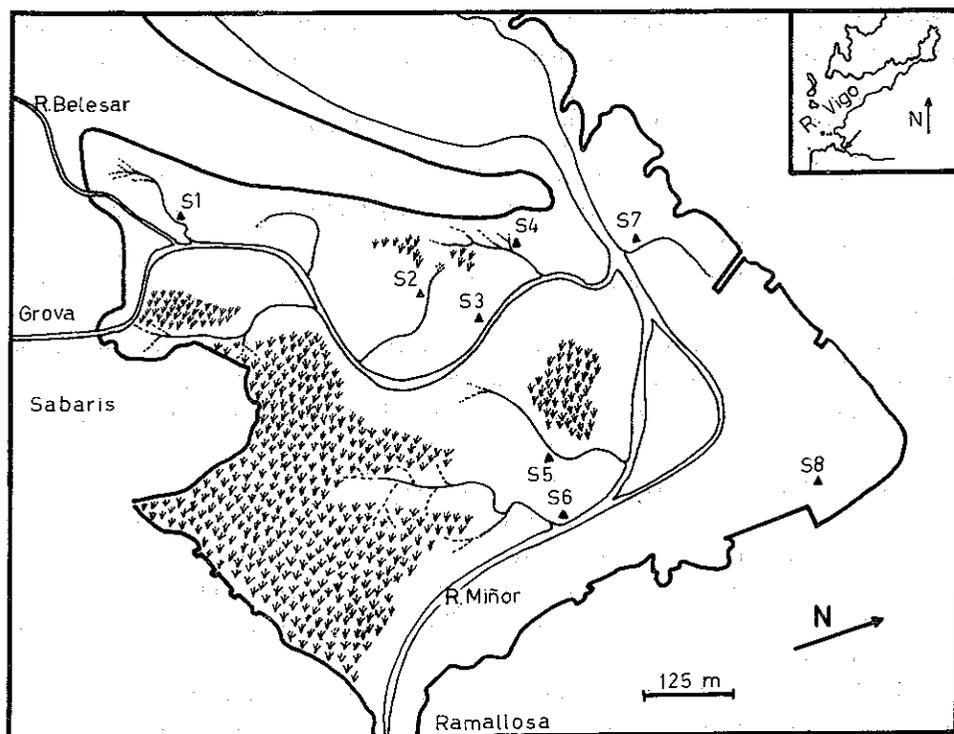


Fig. 1.—Mapa del estuario de La Foz y localización en la misma de las distintas estaciones.

Clorofila a, se prefirió la fórmula monocromática de TALLING y DRIVER (1964) a la tricromática de SCOR-UNESCO como recomiendan JEFREY y HUMPREY (1975).

$$\text{mg cl. a/100 g sed. hum.} = 11.64 D_{663} V/5.$$

V, son los mililitros de extracto acetónico.

Carotenoides

$$u \text{ } \check{C} / 100 \text{ g sed. hum.} = 10 D_{480} V/5$$

fórmula recomendada por PARSONS y STRICKLAND (1963) y que se expresa en unidades relativas de pigmento.

Se calculó también la relación cl. a/materia orgánica ( $\mu\text{g/g}$ ) y el índice pigmentario de MARGALEF (1960); el primero sería reflejo de la biomasa fotosintética respecto a la biomasa total y el segundo sería reflejo de la complejidad de la dotación de pigmentos liposolubles.

Para la estimación de la materia orgánica del sedimento se recogió con cilindros de plástico de 2.75 cm. de diámetro, de los que se extraían dos niveles; de 0 a 10 y de 10 a 20 cm. Se pesaba el sedimento húmedo, seco (24 horas a 110°C) incinerado (7 horas a 550 °C). El paso del agua se obtenía de peso húmedo

peso seco, y el de la materia orgánica (M. O.) de la diferencia peso seco - peso incinerado; ambos se expresan como porcentaje del peso total o en gramos.

## FACTORES AMBIENTALES

Se analizaron una serie de parámetros ambientales que se utilizaron para caracterizar a la playa, y que corresponden fundamentalmente el agua intersticial y al sedimento; estos parámetros fueron:

La *energía incidente*, cuyos valores se calcularon por la fórmula de MOSHBY (1936).

En el agua intersticial. *Temperatura*, con termómetro de varilla y precisión de 0.5 °C. *Salinidad*, mediante valoración con nitrato de plata y cromato potásico como indicador. *Oxígeno disuelto*, por el método de Winkler. *pH*, con un pH-metro de campo Towson & Mercier (mod. 1851) con una precisión de 0.01.

En el sedimento: *Contenido de agua y materia orgánica*, ya comentados con anterioridad. *Granulometría*, la estructura granulométrica se analizó mediante separación con tamices metálicos Retsch Din 1171 con abertura de malla que siguen aproximadamente una progresión geométrica de razón 0,8. Se utiliza para caracterizar el sedimento el tamaño medio del grano (G) y el coeficiente de selección (Cs),  $C_s = \sqrt{Q_{25}/Q_{75}}$ .

En la tabla I se muestran la media y su error de los parámetros ambientales analizados y que puede considerarse que caracterizan al sedimento. En algunos de ellos se diferencian dos profundidades al existir variaciones acusadas en diferentes niveles.

En la figura 2 se representa la variación a lo largo del año, en períodos mensuales o cada diez días, de la energía incidente ( $\text{cal g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) a lo largo del tiempo de muestreo.

## RESULTADOS

### *Distribución de la clorofila a en profundidad*

La distribución de la clorofila a en el sedimento de las ocho estaciones (se representan sólo 6) a lo largo de los dos años (fig. 3) muestra que los valores máximos se concentran en todos los casos en la superficie del sedimento, nunca por debajo del primer centímetro.

Los valores mínimos en la totalidad de las estaciones corresponden a los niveles inferiores muestreados del sedimento, aunque no sea un motivo constante, E3-E7. Es muy rápida la disminución en profundidad de la concentración de clorofila a en todas las estaciones, con un gradiente vertical muy marcado; a dos centímetros de profundidad los valores de clorofila a son muy bajos incluso en las estaciones y meses con mayor concentración.

TABLA I

Valor medio y su error de datos mensuales (dos años) de diversas variables ambientales.  
 Porcentaje de tiempo emergido; temperatura, salinidad, porcentaje de saturación de oxígeno y pH del agua intersticial; porcentaje del contenido en agua y en materia orgánica del sedimento (0-5 y 5-10 cm de profundidad); grano medio (G) y coeficiente de selección (Cs) del sedimento (0-10 y 10-20 cm de profundidad).

Variables ambientales		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
% Emersión		49	48	45	47	44	42	17	48
Temperatura °C		$\bar{x}$ 14,08 $s-x$	14,00	14,36	14,30	15,04	14,39	14,43	14,51
Salinidad %		$\bar{x}$ 26,77 $s-x$	27,36	27,13	30,30	29,91	28,51	30,65	25,76
% Saturación O <sub>2</sub>		$\bar{x}$ 0,93 $s-x$	0,98	1,02	0,94	0,68	0,62	0,47	1,16
pH (6 meses)		$\bar{x}$ 28,47 $s-x$	3,04	21,58	63,26	6,82	38,72	8,57	28,27
% Peso H <sub>2</sub> O del sedimento	0-5	$\bar{x}$ 4,59 $s-x$	0,91	3,53	3,41	1,30	4,36	1,87	3,36
		$\bar{x}$ 8,67 $s-x$	8,53	8,21	8,54	8,42	7,97	8,47	7,41
		$\bar{x}$ 0,33 $s-x$	0,32	0,26	0,27	0,32	0,35	0,30	0,25
		$\bar{x}$ 19,45 $s-x$	20,11	23,53	19,65	26,00	24,09	21,92	27,90
		$\bar{x}$ 0,37 $s-x$	0,32	0,76	0,55	0,70	0,42	0,38	0,43
		$\bar{x}$ 18,63 $s-x$	18,13	20,36	17,61	19,76	22,20	20,50	25,56
		$\bar{x}$ 0,36 $s-x$	0,22	0,82	0,53	0,47	0,46	0,33	0,37
		$\bar{x}$ 0,84 $s-x$	1,19	1,71	0,63	2,09	1,91	0,95	1,32
		$\bar{x}$ 0,04 $s-x$	0,06	0,11	0,05	0,08	0,07	0,04	0,06
		$\bar{x}$ 0,72 $s-x$	0,89	1,21	0,47	0,99	1,58	0,79	1,56
		$\bar{x}$ 0,04 $s-x$	0,09	0,09	0,04	0,10	0,07	0,06	0,05
		$\bar{x}$ 0,467 $s-x$	0,419	0,352	0,607	0,351	0,219	0,280	0,109
		$\bar{x}$ 0,043 $s-x$	0,019	0,075	0,064	0,034	0,011	0,017	0,005
		$\bar{x}$ 0,865 $s-x$	0,463	1,168	0,736	0,615	0,358	0,346	0,125
		$\bar{x}$ 0,107 $s-x$	0,014	0,090	0,062	0,094	0,031	0,031	0,011
		$\bar{x}$ 2,113 $s-x$	1,882	2,484	1,607	2,363	2,282	1,915	1,405
		$\bar{x}$ 0,058 $s-x$	0,019	0,076	0,042	0,094	0,023	0,037	0,121
		$\bar{x}$ 1,886 $s-x$	1,928	1,934	1,685	1,836	2,301	1,963	1,854
		$\bar{x}$ 0,101 $s-x$	0,018	0,107	0,030	0,052	0,049	0,053	0,097
% Peso materia orgánica del sedimento	5-10								
	0-5								
	5-10								
	0-10								
G (8 meses)	10-20								
	0-10								
	10-20								
Cs (8 meses)	10-20								

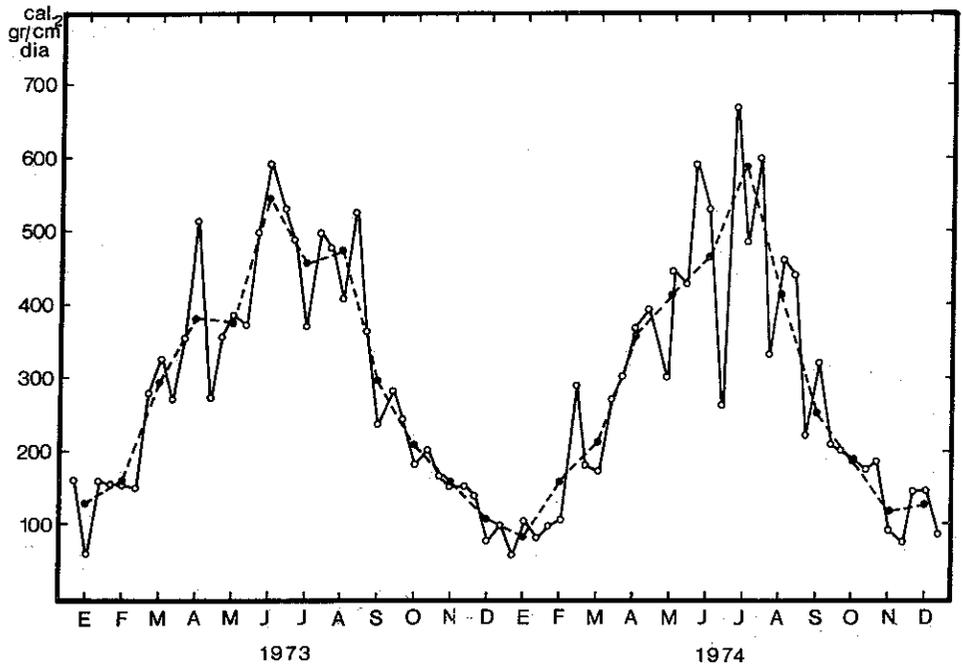


Fig. 2.-Valores de energía incidente media, cada 10 días (línea continua) o mensual (línea a trazos).

#### *Distribución del índice $D_{430}/D_{665}$ en profundidad*

La distribución de valores del índice pigmentario son por lo general inversos a los de la concentración de clorofila a en todas las estaciones. Los valores del índice  $D/D$  son mínimos en la superficie del sedimento; sólo en los meses con menor concentración de clorofila los valores de  $D/D$  se homogenizan en todos los niveles del sedimento (E4 y E7 sobre todo).

Los valores elevados de  $D/D$  en profundidad pueden no ser reflejo fiel de la composición pigmentaria activa de cada estación, debido al papel que puede representar la presencia de clorofila extracelular no degradada o feofitinizada en el sedimento.

#### *Variación estacional de la clorofila a y los carotenoides en el sedimento superficial*

La variación de la concentración de clorofila a y carotenoides se refiere a la capa superficial del sedimento (0-0.5 cm de profundidad) para evitar considerar restos clorofílicos no funcionales.

Las variaciones de la clorofila a y los carotenoides en el tiempo son prácticamente paralelas, sobre todo en aquellas estaciones con un contenido en materia

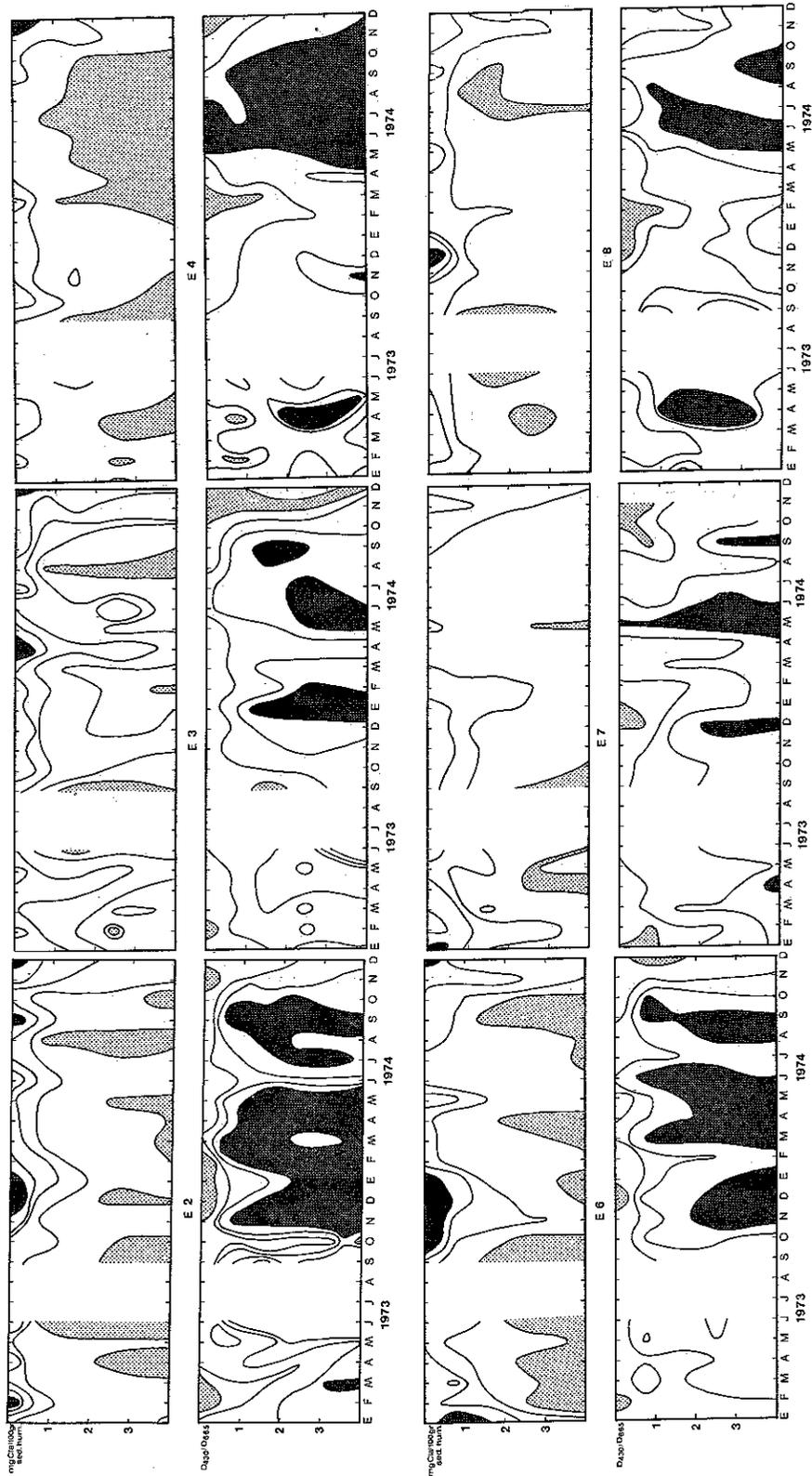


Fig. 3.—Distribución de los valores de clorofila a y del índice pigmentario (D/D) en el tiempo y en profundidad (cm)

*Clorofila a*  
 estaciones 2, 3, 6 y 8; < 0,25 0,25-0,5; 0,5-1,0; 1,0-1,5; 1,5-2,0; 2,0-  
 Estación 7; < 0,25; 0,25-0,5; 0,5-1,0; 1,0-1,5; 1,5-  
 Estación 4; < 0,25; 0,25-0,5; 0,5-1,0; 1,0-  
*Índice pigmentario*  
 < 2,6; 2,6-3,0; 3,0-3,5; 3,5-4,0; 4,0-

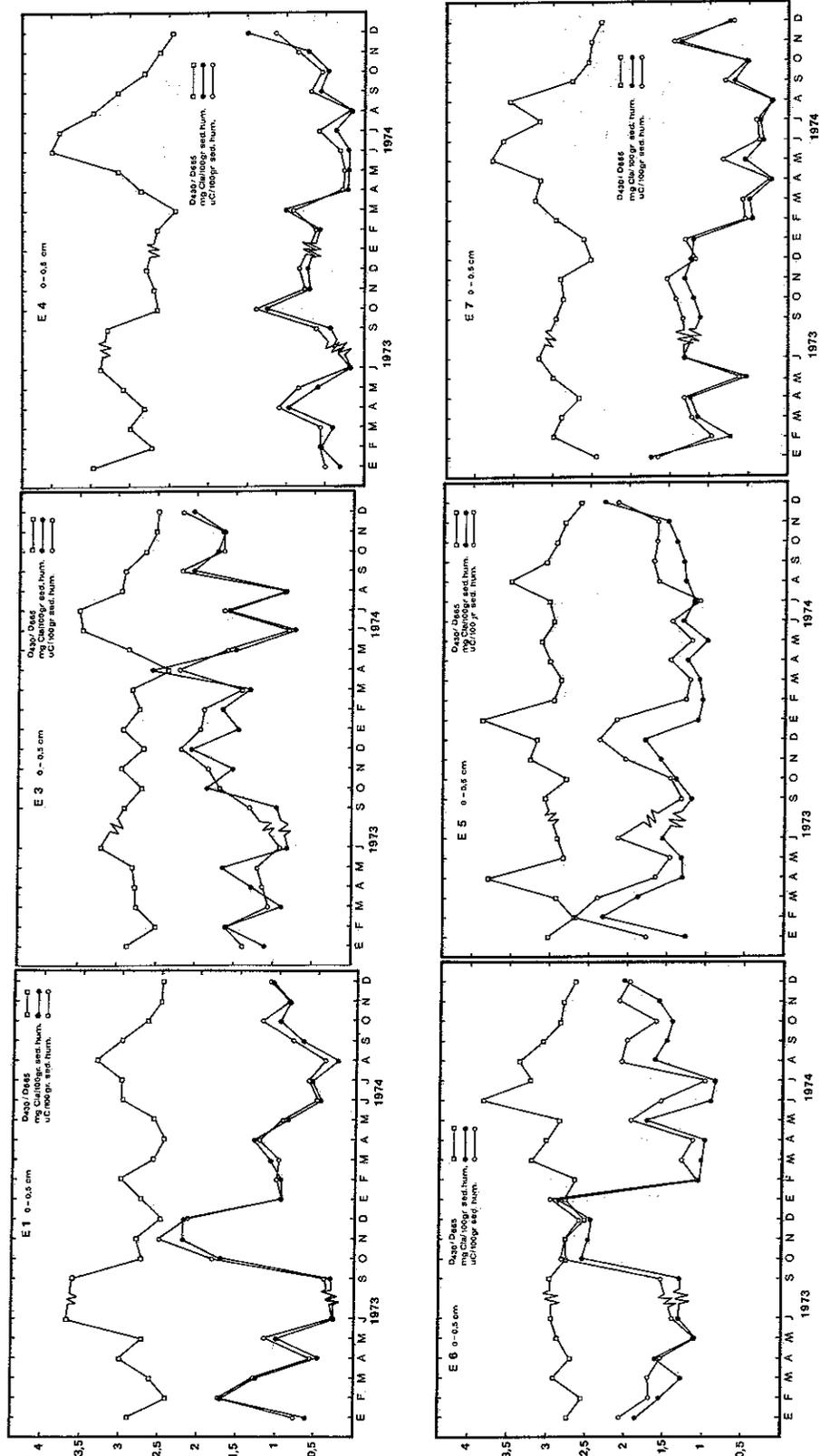


Fig. 4-Valores mensuales de clorofila a, carotenos e índices pigmentario en la capa superficial del sedimento (0-0,5 cm) en seis estaciones.

orgánica reducido (tabla I). En las estaciones con alto contenido en materia orgánica (E2-E3-E5-E6-E-8) las diferencias pueden ser importantes, pero estas no manifiestan ninguna periodicidad. Puede apreciarse que durante los incrementos en la concentración de fotopigmentos, aumenta en primer lugar la clorofila a, haciéndolo con posterioridad los carotenoides (fig. 4).

Las estaciones muestreadas presentan un motivo general de distribución estacional (fig. 4). Se pueden reconocer tres máximos anuales, enero-febrero, mayo-junio y octubre-diciembre. La importancia de cada máximo varía en las diferentes estaciones y en los dos años muestreados. Los valores mínimos suelen corresponder al período estival.

En el conjunto de las estaciones es posible reconocer algunas características diferenciales: a) en las estaciones 1-2-6 y 8 es muy destacado el máximo otoñal de 1973, lo que provoca un mismo tipo de variación, aunque pueden existir diferencias en el resto del período muestreado, sobre todo en la definición de los demás máximos; b) las estaciones 4 y 7 poseen los valores más bajos de concentración de clorofila a y carotenoides, con un ciclo más fluctuante y con valores más altos en 1973 que en 1974; c) las estaciones 3 y 5 no muestran un comportamiento similar a otras estaciones ni entre sí, con ciclos muy poco definidos en la E3 y máximos bien definidos en la E5 en 1973.

#### *Variación estacional de los valores del índice $D_{430}/D_{665}$ en el sedimento superficial*

Las oscilaciones del índice D/D en las ocho estaciones a lo largo de los dos años de muestreo permiten considerar a este índice como el parámetro pigmentario que presenta un comportamiento más regular en los dos años y en el conjunto de las estaciones (fig. 4). Es apreciable un aumento veraniego-otoñal en los valores del índice, visualizándose en algún caso un máximo invernal, por lo general poco destacado.

No existe relación clara entre el cociente mg cl. a/unidades de carotenoides y los valores de D/D, apareciendo valores máximos cuando hay un aumento relativo de la clorofila a. Pueden mantenerse valores similares con cambios notorios en la concentración de pigmentos fotosintetizadores.

#### *Relación entre concentración de clorofila a y concentración de materia orgánica.*

La variación anual de la relación entre la concentración de clorofila a y de materia orgánica (mg/g) (tabla II) en el conjunto de las ocho estaciones es muy amplia, 0,212 a 3,246. Los valores menores suelen ocurrir en verano y los máximos en invierno y primavera. Como en los parámetros considerados anteriormente, existen diferencias entre los dos años considerados y entre las diferentes estaciones, produciéndose un desfase en los meses en los que los valores son máximos.



Considerando los valores medios (de la relación cl. a/M.O. en las ocho estaciones) se aprecia que el rango de variación está muy atenuado (tabla III), reflejo de la variación paralela en las medias de ambos parámetros.

La relación entre ambos parámetros viene definida por la ecuación

$$\text{cl. a (mg)} = 0,338 + 0,607 \text{ M.O. (g)}, \text{ con un } r^2 = 0,842$$

TABLA III

Valores medios de clorofila a (mg/100 g sed. húmedo), materia orgánica (g/100 g sed. húmedo) y de la relación cl. a/M.O. en las ocho estaciones muestreadas.

Estación	cl.a	M.O.	cl. a/M.O.
E1	0,999	0,860	1,232
E2	1,214	1,197	1,088
E3	1,483	1,712	0,917
E4	0,578	0,644	0,964
E5	1,423	2,095	0,710
E6	1,600	1,912	0,888
E7	0,857	0,956	0,964
E8	1,045	1,319	0,836

*Distribución espacial de la concentración de clorofila a y de la materia orgánica*

Analizando la distribución de la concentración de clorofila a en la playa en los dos años muestreados puede apreciarse que en ambos es semejante (fig. 5, a-b). La concentración de clorofila aumenta alrededor del llano fangoso central (mud flat) (E3-E5 y E6); el valor mínimo corresponde a la estación que se sitúa cerca de la barra arenosa que cierra la playa y que presenta el sedimento más grosero (E4). No se aprecia ninguna modificación provocada por los aportes fluviales o marmos, aunque la E7 (la estación más baja) presente valores medios muy bajos.

No se aprecia tampoco relación entre la concentración de clorofila y el tamaño de grano, no siendo significativa la correlación entre ambas variables.

La distribución en la playa de los valores medios de cl. a/M. O. (fig. 5, d) es inversa a la de la concentración de clorofilas. La influencia que puede tener la materia orgánica (fig. 5, c) parece evidente. Pudiera deberse a los aportes del río Miñor, al disminuir los valores a partir del foco que representa dicho río.

*Relación entre los valores del índice D/D y la cl. a/M. D.*

Para poder estimar la actividad de los productores primarios o su estado fisiológico pueden considerarse tanto la calidad de la dotación pigmentaria del microfitobentos como la relación biomasa fotosintética/biomasa total del mismo.



Fig. 5.—Distribución de los valores medios de: clorofila a ( $\text{mg m}^{-2}$ ) durante 1973 (a) y 1974 (b); materia orgánica ( $\text{g}/100 \text{ g sed. hum.}$ ) (c) y clorofila a por unidad de peso de materia orgánica ( $\text{mg g}^{-1}$ ) (d).

Ambas formas de estimación deben de resultar coherentes al reflejar la misma cuestión; sus variaciones serán opuestas, manifestando una relación negativa, como así ocurre.

La relación que existe entre los valores medios del índice D/D y de la cl. a/M.O. en las ocho estaciones no muestra una correlación significativa.

cl. a/M.O. = 4.564 - 1.232 D/D, con un  $r^2 = 0,457$  aunque señale la relación inversa entre ambas variables.

Considerando, la relación entre ambos valores en cada estación a lo largo de los dos años de muestreo (tabla IV), puede comprobarse una gradación en los valores del ajuste y por tanto de su significación; los valores de correlación más elevados corresponden a las estaciones con menor contenido en materia orgánica y en clorofila (tabla III).

TABLA IV

Ecuaciones de regresión entre los valores de cf. a/M.O. y el índice  $D_{430}/D_{665}$  (valores mensuales), así como la bondad de ajuste ( $r^2$ ) en las ocho estaciones muestreadas.

	cl. a/M.O. = a - b D/D		$r^2$
E1	4,919	1,293	0,509
E2	3,016	0,710	0,141
E3	2,588	0,590	0,231
E4	3,991	1,001	0,430
E5	1,463	0,247	0,130
E6	1,382	0,165	0,017
E7	2,044	0,499	0,171
E8	2,402	0,539	0,145

Puede considerarse que si no existen influencias externas (en este caso provocadas por el tipo de análisis realizado), la relación entre ambas variables sería mucho mayor. Las dificultades metodológicas pero obtener valoraciones precisas de ambas variables son evidentes (COLOCOLOFF y COLOCOLOFF, 1972 (73); COLINJ y NIENHUIS, 1978; COLINJ y DIKEMA, 1981).

## DISCUSION

La concentración media de clorofila a ( $\text{mg m}^{-2}$ ) en los dos años de muestreo (1973-74) en la playa de La Foz en comparación con la de otras zonas geográficas diferentes (diversos autores, en Tabla V) es muy elevada. Los sedimentos más lavados (bajo contenido en materia orgánica) tienen un contenido similar a los valores máximos encontrados en las costas del Mar del Norte. Esta concentración tan elevada señala unas condiciones favorables para la producción primaria.

TABLA V

Concentración de *chlorofila a* del microfitobentos ( $\text{mg m}^{-2}$ ) en diferentes áreas geográficas y diferentes situaciones ambientales. Se indican con preferencia valores estivales.

Autor	Localidad	Sedimento, condiciones	mg cl. a $\text{m}^{-2}$	Años	Nivel
Moul y Mason	Woods Hole	Arena, intermareal	948	1957	6 cm
Sanders y col.	Barnstable harbor	Arena, intermareal	147-770	1962	1 cm
Pamatmat	False Bay	Limo y arena, intermareal	100	1968	0,2 cm
Fenchel y Staarup	Øresund	Arena, intermareal, expuesto	7-93	1971	2 cm
Bunt y col.	Caribe	Arena, 3 a 60 metros	27-219	1972	2,5 cm
Colocoloff y col.	Marsella	Limo y arena, 2,5 a 12 metros	30-140	1973	1cm
Estrada y col.	Massachusets	Limo, charcas fertilizadas	30-400	1974	1 cm
Cadee y Hegeman	Dutch Wadden Sea	Arena, intermareal expuesta	50-400	1974	1 cm
Cadee y Hegeman	Dutch Wadden Sea	Arena, intermareal expuesta	2-12	1977	1 cm
Coling	Dutch Wadden Sea	Arena y limo, intermareal	10-400	1978	0,5 cm
Nienhuis y Colinj	Germán Wadden Sea	Arena y limo, intermareal	0-100	1978	0,5 cm
Niell	Ría de Pontevedra	Arena, intermareal contaminado	20-100	1980	1 cm
Anadón	Ría de Vigo	Arena y limo, intermareal protegido	170-510	este trabajo +	0,5 cm

+ Valores medios anuales en diferentes estaciones

La playa de La Foz fue catalogada por FIGUERAS (1965) como intermedia dentro de las playas de la ría de Vigo por la concentración de pigmentos, basándose en tomas realizadas en julio y octubre. La heterogeneidad espacial y la variación estacional que se aprecia en la playa (fig. 5) obliga a no considerar a los datos del citado autor como suficientes, aunque si una indicación relativa. La elevada producción primaria fitoplanctónica de la ría de Vigo (FRAGA 1976) tendría su reflejo en una elevada producción primaria por el microfitobentos. La gran semejanza en los resultados de ambos años indica una baja variabilidad anual, que puede ser indicadora de una producción primaria semejante en diferentes años.

La concentración de clorofila *a* en profundidad refleja una brusca gradiente vertical, posiblemente ligado al encontrado por GOMOIU (1967) y FENCHEL y STAA-RUP (1971) de penetración de la luz en los sedimentos. El límite de penetración de la luz debe situarse entre el primero y segundo centímetros, profundidad a la que se produce el descenso más brusco de concentración de clorofila *a*. La información sobre gradientes verticales en el sedimento no es bien conocida.

El ciclo de clorofilas es similar al encontrado por FIGUERAS (1960) en la playa de Areño (ría de Vigo). Es diferente al encontrado por CADEE y HEGEMAN (1974) en el Dutch Wadden Sea (Holanda), en el que sólo se encuentra un máximo anual bien definido. El ciclo en la playa no tiene semejanza con el obtenido en el fitoplancton de la ría de Vigo (MARGALEF y alg., 1955; DURÁN y alg., 1956; FRAGA, 1976) puesto que el intervalo de mínimos valores veraniegos es mucho más amplio en los sedimentos. Las condiciones veraniegas con fuerte elevación de temperaturas superficiales (ayudado por el color negro del sedimento fangoso) deben ser limitantes para la producción primaria durante este período. No deben considerarse limitaciones de nutrientes, al ser un área estuárica y tener mezcla de diferentes aguas.

La distribución inversa de la concentración pigmentaria y el índice D/D parece demostrar buen acuerdo con la teoría general (MARGALEF, 1968). El aumento inicial de clorofila *a* en épocas de crecimiento respecto a un incremento retrasado de los carotenoides parece indicar el papel primordial del primero en momentos de intensa actividad fotosintética, reflejada en la relación inversa antes mencionada.

El estado fisiológico (capacidad productiva) del microfitobentos se reflejaría en la dotación de pigmentos, como opina MARGALEF (1960), pero también, según BANSE (1977), en la relación producción/consumo reflejada en la cl. *a*/M.O. La relación real entre ambas (tablas IV) no, parece ser suficiente; hay que tener en cuenta la acumulación de materiales detríticos que pueden ocultar una relación más definida entre ambas. Parece recomendable la extracción del microfitobentos para poder realizar una estimación más adecuada; el aumento de los valores de  $r^2$  al considerar estaciones con menor contenido de materia orgánica (tabla IV) así lo

aconsejan. Las dificultades en sedimentos son mayores que las que se encuentran en el plancton, bien resumidas por BANSE (1977).

#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco las facilidades dadas por el Dr. M. GÓMEZ, del Instituto de Investigaciones Pesqueras, para la realización de este trabajo. Así mismo agradezco a los Dres. Miguel Alcaraz y Xavier Niell los consejos dados durante la realización de este trabajo, al Dr. Emilio Anadón y la Dra. Consolación Fernández por la atenta lectura del manuscrito y a la Sra. Ana Ayala por la realización de algunas figuras.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANADÓN, R. (1980).—Estudio ecológico de la macrofauna del estuario de la Foz (NO de España): I. Composición, estructura, variación estacional y producción de las comunidades. *Inv. Pesq.*, **44** (3): 407-444.
- . Variación anual y distribución de la meiofauna en el estuario de La Foz (NW de España) (año 1974) *Publ. II Symp. Bentos Ibérico* (en prensa).
- BANSE, K. (1977).—Determining the carbon-to-chlorophyll ratio of natural phytoplankton. *Mar. Biol.*, **41**: 199-212.
- BUNT, J. S.; C. C. LEE, y E. LEE. (1972).—Primary productivity and related data from tropical and subtropical marine sediments. *Mar. Biol.*, **16**: 28-36.
- CADEE, G. C. y J. HEGEMAN (1974).—Primary production of the benthic microflora living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, **8** (2-3): 260-291.
- . (1977).—Distribution of primary production of the benthic microflora and accumulation of organic matter on a tidal flat area, Balgzand, Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, **11** (1): 24-41.
- COLINI, F. (1978).—Primary production measurements in the Eems-Dollard estuary during 1975 and 1976. *Biol. Onderzoek Eems Dollard-Estuarium, Publ. Verslagen*, 1978, 1.
- COLINI, F. y K. S. DIJKEMA, (1981).—Species composition of benthic diatoms and distribution of chlorophyll a on an intertidal flat in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **4**: 9-21.
- COLOCOLOFF, M. y C. COLOCOLOFF (1972-73).—Recherches sur la production primaire d'un fond sableux. 2. Méthodes *Tethys*, **4** (4): 779-800.
- . (1973).—Premières données sur la production primaire des sables en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, **22** (4): 61-63.
- DURAN, M.; F. SÁIZ; M. LÓPEZ y R. MARGALEF (1956).—El fitoplancton de la ría de Vigo de abril de 1954 a junio de 1955. *Inv. Pesq.*, **4**: 67-98.
- ESTRADA, M.; I. VALIELA y J. M. TEAL (1974).—Concentration and distribution of chlorophylls in fertilized plots in a Massachusetts salt marsh. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **14**: 47-56.
- FENCHEL, T. y B. STAARUP (1971).—Vertical distribution of photosynthetic pigments and the penetration of light in marine sediments. *Oikos*, **22**: 172-182.
- FIGUERAS, A. (1956).—Moluscos de las playas de la ría de Vigo: I. Ecología y distribución. *Inv. Pesq.* **5**: 51-88.
- . (1960). Ecología de moluscos y producción de la playa de Areño. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, **58**: 259-274.
- FRAGA, F., (1976).—Fotosíntesis en la ría de Vigo. *Inv. Pesq.* **40** (1): 151-168.
- COMIOU, M. T. (1967).—Some quantitative data of light penetration in sediments. *Helv. wiss. Meeresunters.*, **15**: 120-127.
- JEFFREY, J. W. y G. F. HUMPHREY (1975).—New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c<sub>1</sub>, and c<sub>2</sub> in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, **167**: 191-194.
- MARGALEF, R. (1958).—La sedimentación orgánica y la vida en los fondos fangosos de la ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, **11**: 67-100.
- . (1960).—Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplankton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. *Repp. P.-V. CIESMM*, **15**: 277-281.
- . (1967).—La vida suspendida de las aguas. En *Ecología marina*. Fundación La Salle, Caracas, 493-562.
- . (1968).—*Perspectives in Ecological Theory*. Univ. Chicago Press Chicago, Londres, 111 pp

- MARGALEF, R.; M. DURAN, y F. SAIZ (1955).—El fitoplancton de la ría de Vigo de enero de 1953 a marzo de 1954. *Inv. Pesq.*, **2**: 85-129.
- MOSHEY, A. (1936).—Verdunstung und Strahlung auf dem Meere. *Ann. Hydrog. Mar. Meteor.*, **34**: 281-286.
- MOUL, E. T. y D. MASON (1957).—Study of diatom populations on sand and mud flats in the Woods Hole área. *Biol. Bull.*, **11**: 351.
- NIELL, F. X. (1980).—Incidencias de vertidos industriales en la estructura de poblaciones intermareales. Algunas variables de los sistemas sedimentarios en el espacio. *Inv. Pesq.*, **44** (2): 337-345.
- NIELL, F. X. y R. ANADÓN (1978).—Seasonal data on morphology of *Merismopocedia*-like marine algae. Taxonomical implications of the observed changes. *Bot. Mar.*, **21**: 39-47.
- NIENHUIS, H. y F. COLIJN (1978).—The intertidal microphytobenthos of the «Hohe Weg» shallows in the German Wadden Sea. *Forsch. Stella f. Insel-u. Kustenschutz.*, **29**: 149-169.
- PAMATMAT, M. M. (1968).—Ecology and metabolism of a benthic community in an intertidal sand flat. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, **53**: 211-298.
- PARSONS, T. R. y J. D. H. STRICKLAND (1963).—Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. Res.*, **21**: 155-163.
- SANDERS, H. L.; E. M. GOLDSMIT; E. L. MILLS y G. E. HAMPSON (1962).—A study of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Limnol. Oceanogr.*, **7** (1): 63-79.
- TALLING, J. F. y D. DRIVER. (1963). Some problems in the estimation of chlorophyll a in phytoplankton *Proc. Conf. Primary Productivity Measurements, Mar. Freshw. Hawai 1961*, 142-146.

1