

# Estudio de los pigmentos en las Algas Macrófitas de la Zona Intermareal de la Costa Vasca

A. J. IRASTORZA\*

M. IBAÑEZ\*\*

En los últimos tiempos asistimos a una apreciación cada vez más grande sobre problemáticas en ecología marina ligadas a la degradación de este medio por efecto de la contaminación. Cuando llega el momento de investigar en forma objetiva los efectos que la contaminación ocasiona en la biota marina nos damos cuenta, que lamentablemente no se han realizado estudios ecológicos previos que nos sirvan de referencia y punto de comparación.

Los parámetros que condicionan el asentamiento y desarrollo de las poblaciones bentónicas son enormemente variados y sus interrelaciones muy complejas; por ello necesitamos conocer muy bien los ciclos naturales de las diferentes especies en períodos suficientemente amplios (como mínimo un año) para poder establecer a posteriori los efectos de la contaminación en el crecimiento y desarrollo de dichas especies estudiadas.

Dado que hasta la fecha no se ha realizado en la costa de Guipúzcoa ningún estudio de ciclos biológicos de las algas bentónicas litorales (especies que por vivir exclusivamente muy cerca de la costa, pueden estar más afectadas por los efectos de la contaminación) y tan sólo en fechas muy recientes se han iniciado estudios de organismos del bentos marino en nuestra costa, en el presente trabajo, nuestro objetivo consiste

en aportar algunos datos sobre la variabilidad natural y ciclo estacional en los pigmentos de las especies de algas macrofitas más comunes en nuestro litoral.

## Características fisiográficas de las estaciones muestreadas:

**Zumaya:** Entre Zumaya y Deva se extiende una gran plataforma de abrasión con una longitud de 2.300 m. y una anchura máxima de 330 m. La pendiente es de 1.5° y en bajamar de mareas vivas quedan al descubierto más de medio millón de metros cuadrados.

En esta rasa mareal alternan estratos duros y blandos en posición sub-vertical con un buzamiento hacia el NE de 50-70° que constituyen largos pasillos perpendiculares a la línea de la costa.

Son frecuentes las cubetas que poseen unas comunidades muy específicas.

**Mompás:** La punta de Mompás constituye un punto de transición entre la zona de plataformas y el escarpado acantilado que se extiende hacia el este.

En esta zona todavía encontramos una disposición de estratos muy similar a la que aparece en Zumaya, si bien de anchura muy inferior (aproximadamente 75 m.).

Todavía se observan canales perpendiculares a la línea de costa.

**Fuenterrabía (Cala Asturiaga):** Domina en este punto el acantilado recortado. Las isobatas de 10 y 20 m. quedan ya muy cerca de la costa y la zona muestreada está sobre un acantilado con inclinación de unos 50-60°.

\* Facultad de C. Químicas. San Sebastián.

\*\* Soc. Cultural INSUB. San Sebastián.

### Subdivisión de la zona intermareal de la costa guipuzcoana:

Con los datos obtenidos con mareógrafo «Hydrobius», Iribar e Ibañez (1979) definen los niveles supra, medio e infralitoral de la zona intermareal de la costa guipuzcoana, tomando como referencia el puerto de San Sebastián.

La zona intermareal viene limitada por los valores extremos de pleamar en marea viva (NPEMV) y el valor extremo de bajamar en marea viva (NBEMV), que en nuestra costa es de 4.4 m.

El nivel supralitoral queda definido con 0.7 m. de altura entre NPEMV y NPMN (nivel de pleamar en marea normal), el nivel mediolitoral con 2.8 m. entre NPMN y NBMN (nivel de bajamar en marea normal) y por último el infralitoral entre NBMN y NBEMV con una altura de 2.8 m.

A su vez el nivel mediolitoral se puede dividir en tres subniveles: mediolitoral superior, medio e inferior.

### Estratificación y especies muestreadas en cada zona:

La estratificación ha sido detenidamente estudiada por numerosos autores en la zona del Atlántico europeo y en las costas de Galicia (Lewis, 1964; Niell, 1977).

Es precisamente en las algas de tendencia septentrional, fundamentalmente feofíceas, donde se aprecia muy claramente esta característica. Así, por ejemplo, en la Ría de Guernica y sobre la Isla de Txatxarramendi se aprecia una clara estratificación desde el nivel supralitoral con el líquen *Xanthoria* parietina y debajo *Verrucaria* sp. y *Lichina* sp.; en la zona mediolitoral superior encontramos *Pelvetia canaliculata* formando un nivel muy definido bajo el cual encontramos otro de *Fucus spiralis*. Por debajo aparece el *F. vesiculosus* y bajo él *Enteromorpha* sp.

Como se ha indicado en otros trabajos (Ibañez, 1978) al hablar de las características biogeográficas de la costa guipuzcoana estas especies están ausentes de nuestra costa; y las especies de tendencia meridional que aquí existen no presentan unas características de estratificación tan claramente definidas.

En la estación muestreada de **Fuenterrabía** aparece en la zona supralitoral el líquen *Lichina pygmaea* y *Enteromorpha* sp.

En la zona mediolitoral superior aparece un claro cinturón de *F. spiralis* v. *limitans* y bajo él un nivel de *Cauloanthus ustulatus* y *Lithophyllum tortuosum*.

Por debajo se observa un cinturón de *Corallina officinalis* con *L. incrustans* y bajo él, en la zona infralitoral *Mesophyllum lichenoides* y *Gelidium sesquipedale*.

En la zona de **Mompás** se observa muy claramente la estratificación de las especies *Caulacanthus ustulatus* y *Corallina officinalis*, así mientras la primera especie permanece en seco en bajamar, la segunda ocupa el mismo lugar (asociada a *Mytilus edulis*) en los charcos y cubetas sumergidas.

A la hora de interpretar la estratificación de las algas en la zona intermareal, podemos distinguir dos fenómenos diferentes:

- 1.º El relieve y pendiente de la zona.
- 2.º El grado de exposición al oleaje.

El primer factor considerado es constante para cada punto, pero el segundo varía de un año a otro y puede motivar una oscilación de los niveles de especies de rápido desarrollo como *Porphyras linearis* (Ibañez, 1979).

En Mompás podemos observar en la parte mediolitoral superior poblaciones densas de *Enteromorpha* sp. y *P. linearis* (en los meses invernales) y por debajo poblaciones de *Caulacanthus-Mytilus* y *Corallina-Mytilus*. Debajo *Corallina-Plocamium* y *G. sesquipedale* en la zona infralitoral.

Es tal vez en **Zumaya** donde peor se observa la estratificación. En la parte superior (supralitoral-mediolitoral superior) encontramos *P. linearis-B. fuscopurpurea* y *Enteromorpha* sp., después en la zona mediolitoral superior-media encontramos unas veces *C. officinalis* y otras *C. verticilatus-E. ramulosa*; por debajo aparece *H. scoparia* que llega a ocupar grandes extensiones en verano y por debajo *C. spongiosus* (tipo *verticilatus*) con *J. rubens* como epifita y *G. sesquipedale* que marca claramente la frontera superior del nivel infralitoral.

Cabría destacar las cubetas que existen a diferentes alturas con *H. pinastroides* en el nivel mediolitoral y con *C. tamariscifolia*, *Co-*

*dium tomentosum*, etc... en el mediolitoral medio-inferior.

Hasta aquí las especies más características que forman niveles más o menos definidos. Localmente podemos encontrar otras especies como *P. pavonia* en el mediolitoral superior en zonas de gran insolación, *B. rotunda* junio con *H. scoparia* cuya abundancia oscila de unos años a otros (esta estación de muestreo coincide prácticamente con el límite de la distribución geográfica de esta especie).

En zonas batidas aparecen densas poblaciones de *Plocamium sp.* y en el nivel infralitoral, en lugares de escasa exposición grandes praderas de *C. baccata*.

#### Problemática del área mínima de muestreo:

Uno de los principales problemas reside en establecer un área mínima de muestreo y ya Torson en 1957 propone adoptar como superficie de referencia:

- 0.1 m.<sup>2</sup> de 0 a 200 m. de profundidad
- 0.2 m.<sup>2</sup> de 200 a 2.000 m. de profundidad.
- 1 m.<sup>2</sup> a más de 2.000 m. de profundidad.

No obstante en fecha reciente, diversos autores (Bodouresque, 1974; Dhont & Coppéjans, 1976; Niell, 1977) han realizado estudios para determinar el área mínima, definida como el «área más pequeña que refleja la complejidad estructural de una comunidad».

El método más utilizado para calcular este área es el de Cain & Castro (1959) que considera se ha alcanzado el área mínima cuando a un incremento del 10% en superficie corresponde un aumento menor del 10% en el número de especies registradas (se suele fijar el incremento en un 5%).

Estos métodos pueden ser interesantes en estudios cuantitativos de índices de abundancia, diversidad, etc... En nuestro caso el objetivo del estudio es diferente y por ello adoptamos el siguiente criterio:

— Para aquellas especies cuya distribución es homogénea en el espacio, se emplea como área de muestra un cuadrado de 5 cm. de lado. Esta superficie, si bien resulta pequeña comparada con las áreas mínimas empleadas por diferentes autores en el Atlántico (Niell, 1977; Rusell, 1977) es similar a la

utilizada en trabajos realizados en el Mediterráneo (Vallespinos, 1976).

Esto es debido a que tal como ya hemos indicado anteriormente, la bionomía de los fondos rocosos litorales en la costa vasca presenta mayores afinidades con la región mediterránea y sud-atlántica que con las vecinas zonas de Asturias, Galicia y Bretaña francesa. En nuestro litoral encontramos especies de tendencia meridional que al ser de menor tamaño requieren superficies de muestreo inferiores.

— Para aquellas que no presentan una distribución homogénea en el espacio se toman las muestras sin considerar superficie, refiriendo en este caso la concentración de pigmentos a la biomasa.

#### Recogida de muestras y extracción de pigmentos:

La muestra, una vez recogida, se introduce inmediatamente en metanol, siendo trasladada al laboratorio en nevera portátil protegida de la luz. En laboratorio se mantienen las muestras en frigorífico a 3<sup>o</sup> C y en oscuridad durante un tiempo mínimo de 24 h. (tiempo necesario para que los pigmentos sean extraídos del alga).

Se analizaron las muestras en un plazo máximo de una semana, ya que a partir de ese tiempo y a pesar de las precauciones mencionadas las clorofilas comienzan a degradarse (Parsons, 1966).

Si bien normalmente se utiliza acetona en solución acuosa al 95% para muestras de fitoplancton (Strickland & Parson, 1968), en el caso de las algas bentónicas este procedimiento implica la maceración de las mismas con arena lavada con el fin de romper la pared celular. Por ello hemos utilizado alcohol metílico absoluto recomendado por algunos autores (Ballester, 1973; Vallespinos, 1976).

(En cualquier caso para algunas especies como *H. scoparia* y *C. verticilatus* es recomendable una previa maceración puesto que en caso contrario son necesarias grandes cantidades de disolvente para realizar una extracción completa).

El extracto metanólico final se filtra con el fin de eliminar las partículas en suspensión que pueden interferir la lectura provocando absorciones a 750 nm.

La lectura se realiza con espectrofotómetro Beckman Acta III-C, en cubeta de 1 cm. de recorrido óptico, en continuo entre 750 y 400 nanómetros.

### Concentración de Clorofila «a»:

La concentración de clorofila «a» se ha referido a la biomasa, así como a la superficie siempre que esto ha sido posible.

Para calcular la cantidad de clorofila «a» por superficie, se ha utilizado la fórmula de Talling & Driver (1963):

Clorofila «a» mg./m.<sup>2</sup> = 10 (11.9.D<sub>665</sub> · v/S)  
donde v es el volumen de extracto metanólico (en ml) y S el área del sustrato (en cm.<sup>2</sup>).

En aquellos casos en que las muestras fueron tomadas sin considerar la superficie, se utilizó la fórmula derivada de Talling & Driver (1963):

$$\mu\text{g clorofila «a»} = 11.9.D_{665} \cdot v$$

siendo v el volumen del extracto metanólico. Estos valores se refieren a gramos de biomasa.

### Biomasa:

El concepto de biomasa ha sido utilizado de muy diferentes formas, dependiendo del objetivo que persiga el estudio. Así, por ejemplo, Bergh (1974) utilizó como biomasa el peso fresco para calcular la producción de mejillones en un fiordo noruego, de igual forma Baardseth (1970) considera el peso fresco de algas feofíceas.

Otros autores (Niell & Soneira, 1976; Niell, 1977; Rusell, 1977; Sheldon & Boylen, 1978; Kukkk, 1978) consideran el peso seco. En nuestro caso no podemos comparar algas calcáreas rodofíceas (con un gran contenido en carbonatos y materia orgánica escasa) con clorofíceas, tal como vemos en la siguiente tabla:

Especie	Gramos Peso seco	Gramos. Peso cenizas
<i>Corallina officinalis</i> (rodofícea)	2.384	1.967
<i>Enteromorpha sp.</i> (Clorofícea)	0.185	0.017

Consideramos pues la biomasa como la diferencia entre el peso seco y las cenizas. El peso seco se obtiene por desecación de muestra en estufa a 110°C durante 24 horas.

Para obtener las cenizas se han utilizado diversos métodos, por ejemplo Munda (1973) recomienda un tratamiento a 400°C durante 4 horas, Beukema (1976) utiliza temperaturas de 600°C durante 2 horas y Wolf & Wolf (1977) al estudiar la biomasa del mejillón, encuentran como procedimiento óptimo el tratamiento a 570°C durante 2 horas. Este último método es el que hemos seleccionado para obtener el peso de cenizas.

Los resultados obtenidos sobre *P. canaliculata* y *F. vesiculosus* de Pedernales (Vizcaya) tratando a 400°C durante 4 horas y a 570°C durante 2 horas son diferentes.

#### 1. *Porphyra linearis*

Esta especie presenta en nuestra costa un ciclo de vida corto, aparece en noviembre para alcanzar su máximo desarrollo en enero, desapareciendo en marzo.

Forma un nivel característico en la zona mediolitoral superior-supralitoral, variando la altura de este nivel en función del régimen de temporales existente en los meses de invierno.

Parece evidente que esta especie requiere de largos períodos de desecación para su supervivencia, y prefiere zonas sombrías.

### Biomasa por superficie en función del tiempo:

En la gráfica 1 se observa un máximo correspondiente al mes de febrero, con una rápida disminución en marzo para desaparecer completamente en abril. El máximo valor de biomasa observado es de 83.24 gr./m.<sup>2</sup>.

### Concentración de clorofila «a» por superficie en función del tiempo:

La gráfica es similar a la anterior (gráfica 1) con la única diferencia de encontrar un valor máximo en el mes de enero.

En los meses de noviembre y diciembre, las concentraciones de clorofila «a» son elevadas en proporción a la biomasa, al estar las algas en período de crecimiento exponencial y en una fase de máxima vitalidad.

### Índice de Margalef en función del tiempo:

Como se puede apreciar en la gráfica 2, se observa un aumento en los valores del I<sub>m</sub> en función del tiempo, lo cual indica un descenso en clorofila «a» y un incremento de carotenoides.

Esta evolución lógica del  $I_m$  se observa bien en especies de crecimiento rápido y ciclo corto, sin embargo encontramos una anomalía en el mes de noviembre con un valor muy alto.

**Concentración de clorofila «a» en función de la biomasa a lo largo del tiempo:**

Prescindiendo de los valores anómalos observados en el mes de noviembre, la ecuación

observada, considerando como X los valores de biomasa e Y los de clorofila «a», es de:

$$Y = 1.1043 \cdot X^{0.4070} \quad r = 0.7$$

Aquí se observa una clara alometría negativa de aumento de clorofila «a» en función de la biomasa.

Estos datos hay que interpretarlos sin olvidar que los valores considerados están tomados en diferentes períodos de tiempo, por lo tanto valores más altos de biomasa por unidad de superficie suponen poblaciones más envejecidas y por lo tanto con menor concentración proporcional de clorofila «a»).

**Índice clorofila «a»/biomasa en función del tiempo:**

En la gráfica 2 se observa claramente cómo este cociente decae exponencialmente en función del tiempo conforme va envejeciendo la población considerada,

**2. *Bangia fuscopurpurea***

Esta especie de rodoficea de pequeño tamaño presenta al igual que la especie anterior un ciclo de vida corto. Comienza en diciembre-enero, alcanzando un desarrollo máximo en los meses siguientes para desaparecer bruscamente a mediados de mayo.

Ocupa un nivel variable en la zona mediolitoral superior-supralitoral. En ocasiones está por encima de *Porphyra* y otras veces más abajo.

Esta especie no llega a formar niveles definidos y concretos y su abundancia es muy relativa y difiere considerablemente de unos lugares a otros.

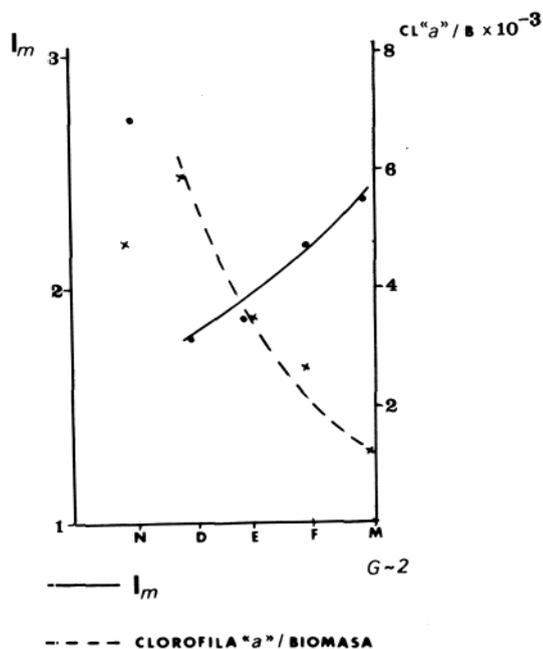
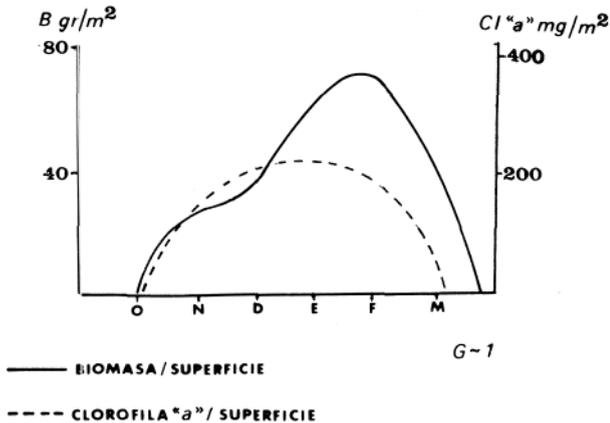
Hemos observado, por ejemplo, grandes crecimientos en Pasajes de San Pedro (en la bocana del puerto), donde cubre y tapiza las rocas del nivel mediolitoral superior.

Esta especie podemos considerarla como parcialmente sciáfila y requiere de períodos de desecación para su supervivencia.

*Bangia fuscopurpurea* suele ser más tardía que *P. linearis* a la cual va sustituyendo parcialmente ocupando más o menos su mismo nivel.

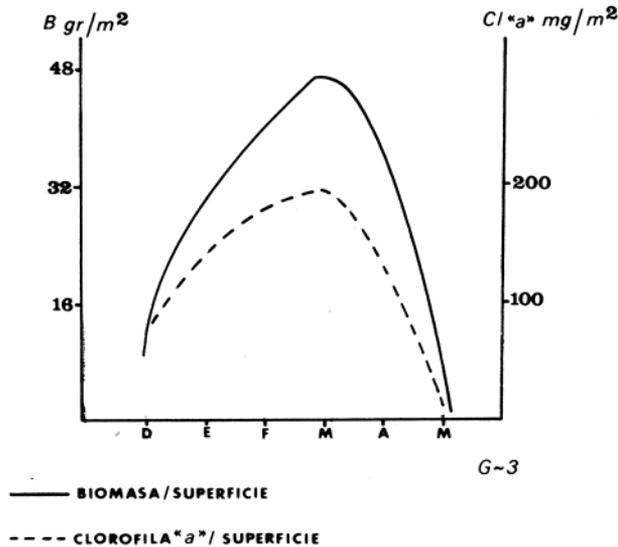
**Biomasa por superficie en función del tiempo:**

Podemos observar en la gráfica 3 un rápido incremento de la biomasa por unidad de superficie entre enero y abril con una brusca desaparición en mayo.



**Concentración de clorofila «a» en función del tiempo:**

De igual forma se observa un incremento en la concentración de clorofila «a» por superficie a lo largo de este período de tiempo.



**Índice de Margalef en función del tiempo:**

Para esta especie, el  $I_m$  presenta grandes oscilaciones, tal como se puede observar en la gráfica 4. Tal vez ello sea debido fundamentalmente a dos causas, 1.º el alto nivel que ocupa esta especie y 2.º su escasa consistencia formando césped de finos filamentos.

La conjugación de ambas circunstancias hace que en condiciones normales el estado fisiológico de esta especie pueda oscilar en períodos cortos de tiempo, así por ejemplo en ocasiones la encontramos bastante seca y otras veces con gran humedad en función de las condiciones climatológicas que se den durante el período de bajamar.

**Concentración de clorofila «a» en función de la biomasa:**

El incremento de clorofila «a» en función de la biomasa y tiempo sigue la ecuación:

$$Y = 2.8953.X^{0.7251} \quad r=0.88$$

existe pues una alometría negativa como se aprecia en la especie anterior si bien en este caso es menos evidente por las razones expuestas anteriormente.

**Índice clorofila «a»/biomasa en función del tiempo:**

A la vista de la gráfica 4 se observa que este índice va disminuyendo a lo largo del tiempo y refleja el proceso de envejecimiento del alga.

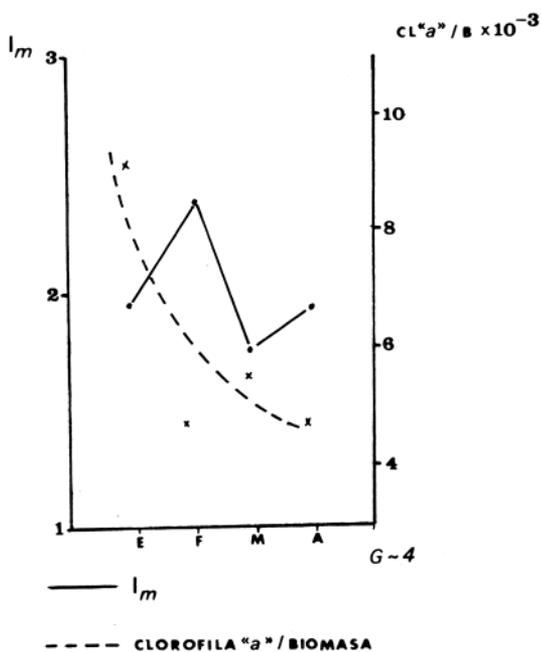
**3. *Padina pavonia***

Es un alga feoficea fotófila de tendencia meridional que vive en lugares protegidos. Abunda extraordinariamente en el Mediterráneo, siendo más bien rara en nuestra costa.

Solamente la hemos observado en la rasa de Algorri (Zumaya) en cubetas de muy poco fondo y sometidas a gran insolación en la zona mediolitoral media-superior.

Normalmente crece sobre sustrato rocoso, pero cubierto de una pequeña capa de arena y no llega a formar masas compactas, por esta razón se tomaron para cada muestra varios ejemplares aislados de los que crecían en un mismo charco sin considerar superficies.

Aparece ya en el mes de marzo desarrollándose durante los meses estivales más o



menos según el régimen de temporales e insolación. Desaparece a finales de septiembre-principio de octubre.

**Índice de Margalef en función del tiempo:**

Se observa claramente un incremento con el tiempo del valor del  $I_m$  que refleja el envejecimiento de la especie. (Gráfica 5).

**Índice clorofila «a»/biomasa en función del tiempo:**

En la misma gráfica n.º 5 podemos observar el descenso que sufre este índice a lo largo del tiempo.

**4. *Corallina officinalis***

*Corallina officinalis* es un alga rodoficea calcárea que abunda extraordinariamente en nuestra costa desde el nivel mediolitoral superior hasta el infralitoral.

Las comunidades de *Mytilus-Corallina*, frecuentes en zonas con moderada polución biótica han sido descritas ya en un trabajo anterior (Angulo et al., 1978).

Podemos encontrar esta especie muy bien desarrollada en cubetas de la zona mediolitoral en lugares protegidos (Ondarreta), en cubetas moderadamente expuestas con un desarrollo más moderado (Zumaya) o en zonas planas muy batidas en cuyo caso el crecimiento es limitado.

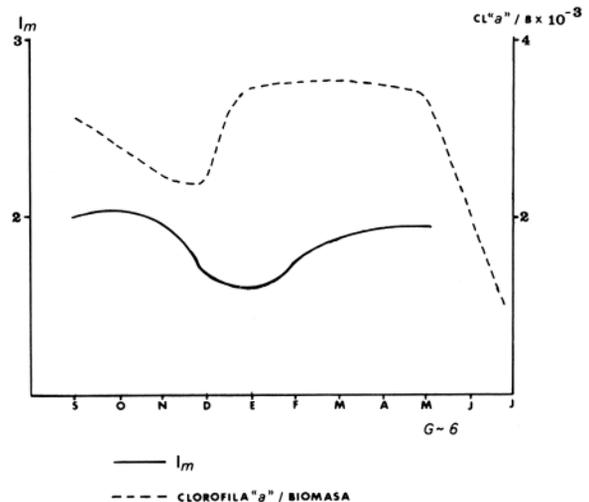
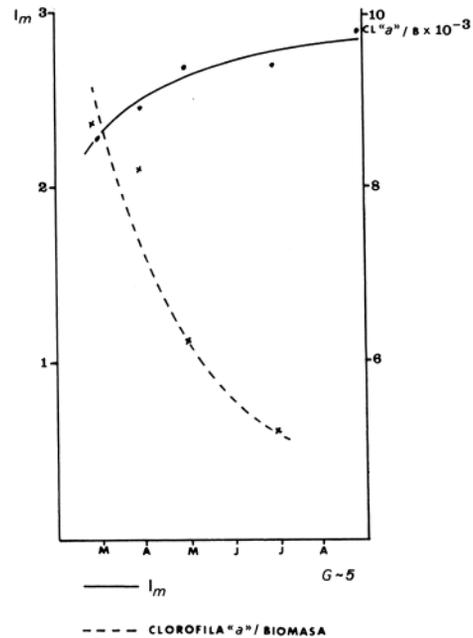
*Corallina officinalis* es una especie que se ve sometida a grandes variaciones de temperatura y salinidad, siendo capaz de resistir en condiciones muy adversas.

Así, por ejemplo, tras un período de fuerte insolación grandes zonas de *Corallina* se ven completamente blancas y tras fuertes temporales desaparecen las ramas más largas quedando tan sólo el disco basal.

Tras una denudación total del sustrato bien sea en forma natural o artificial, tarda bastante tiempo en formarse los discos basales de *Corallina*, pero después las variaciones que pueden producir los factores climáticos adversos tienen una relativa corta duración.

**Biomasa por superficie en función del tiempo:**

Dadas las particulares características apuntadas anteriormente, es prácticamente imposible establecer un período de máximo desarrollo para esta especie, puesto que ha-



bría que considerar a la vez numerosas variables (ubicación exacta de la zona muestreada, períodos de fuerte insolación en bañar, grado de exposición, etc...).

**Índice de Margalef en función del tiempo:**

En la gráfica 6 se observa que los valores más bajos de  $I_m$  coinciden con los meses invernales, lo cual parece indicar una mayor actividad fisiológica en estos meses, mientras que en el verano, probablemente la insolación y desecación actúan como factor limi-

tante en el desarrollo de esta especie en la zona intermareal.

### Indice clorofila «a»/biomasa en función del tiempo:

Con algunas modificaciones, la gráfica se corresponde con la del Im con un máximo entre enero y mayo y un fuerte descenso en los meses estivales.

A la vista de la gráfica 6 se puede decir que al principio de los meses invernales la concentración de clorofila «a» es baja (pero elevada en comparación con otros pigmentos), al final del invierno y en primavera los valores absolutos de clorofila «a» se mantienen e incluso incrementan, pero el aumento es superior en las concentraciones de otros pigmentos sobre todo carotenos.

#### 5. *Halopteris scoparia*

Es un alga feoficea que forma tupidos céspedes en algunas zonas relativamente protegidas del nivel mediolitoral inferior de la rasa mareal de Algorri (Zumaya).

En otras localidades de la costa se encuentra tan sólo en forma esporádica y aislada.

La toma de muestras se realizó en la rasa de Algorri (Zumaya) donde esta especie forma praderas en fondo rocoso recubierto por una fina capa de arena.

Al crecer este alga, actúa como un filtro de arena y materia orgánica y en ocasiones produce la acumulación de capas de varios centímetros de espesor.

Un factor limitante en el desarrollo de las algas sobre sustratos rocosos planos es la evolución de bancos de arena que sufren transgresiones y regresiones periódicas (fenómeno muy visible en abril en el Pico del Loro, en San Sebastián). Estos desplazamientos dependen de factores desconocidos (corrientes, etc ...).

Resulta problemático dar para esta especie valores referidos a una superficie, puesto que en este caso la superficie considerada de 25 cm.<sup>2</sup> resulta insuficiente.

Respecto al Índice de Margalef, presenta los valores más bajos en enero y febrero (meses en los que se produce un enriquecimiento de nutrientes en superficie, posiblemente debido a un «upwelling» según Hernando & Ibañez, 1980) para aumentar progresivamente

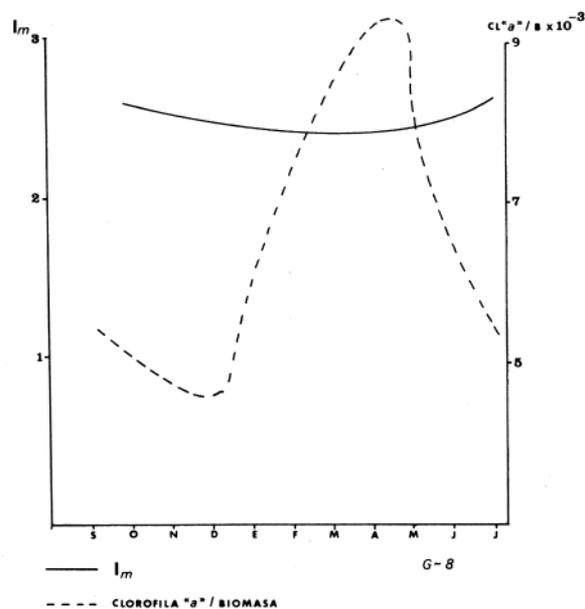
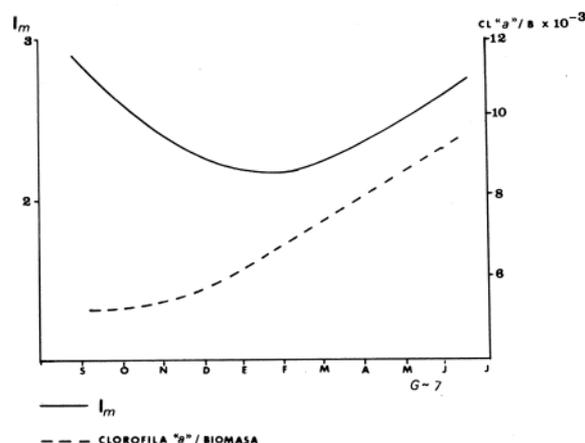
en los meses de primavera. (Gráfica 7).

El índice clorofila «a»/biomasa aumenta en los meses estivales lo cual indica al comparar con la gráfica anterior un aumento todavía mayor en la concentración de pigmentos carotenoides.

#### 6. *Cladostephus spongiosus*

Esta feoficea vive normalmente en lugares semiexpuestos de la zona mediolitoral media en la rasa de Algorri. Constituye un nivel típico junto con *E. ramulosa* debajo del cual aparece *H. scoparia*.

Esta especie sirve de soporte a numerosas epifitas sobre todo las cloroficeas *E. ramulosa* y *Ulva sp.* lo cual dificulta la toma



de muestras que exige la eliminación previa de estas epifitas.

Las poblaciones de *C. spongiosus* son menos densas que las de *H. scoparia* y también aglomeran arena y materia orgánica.

**Indice de Margalef en función del tiempo:**

Si bien en la gráfica 8 vemos un ligero descenso en los meses de diciembre y enero, la gráfica se aproxima a una horizontal lo que indica una relación más o menos constante a lo largo del período de tiempo considerado.

En cuanto al índice clorofila «a»/biomasa, observamos un valor máximo en los meses de primavera con una rápida disminución en verano y valores más bajos en otoño e invierno.

Se muestrearon también las especies *Cystoseira tamariscifolia* y *Bifurcaria rotunda* si bien las observaciones realizadas en ambas especies presentan una difícil interpretación, posiblemente debido a que se utilizó cantidades demasiado pequeñas. *C. tamariscifolia* en los meses invernales está cubierta de epifitas que resultan difíciles de eliminar, lo cual dificulta mucho su estudio.

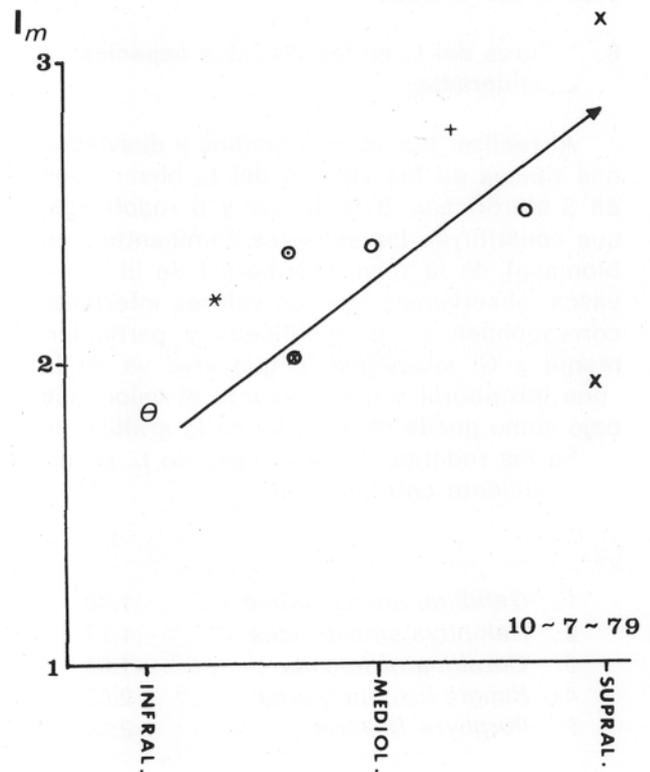
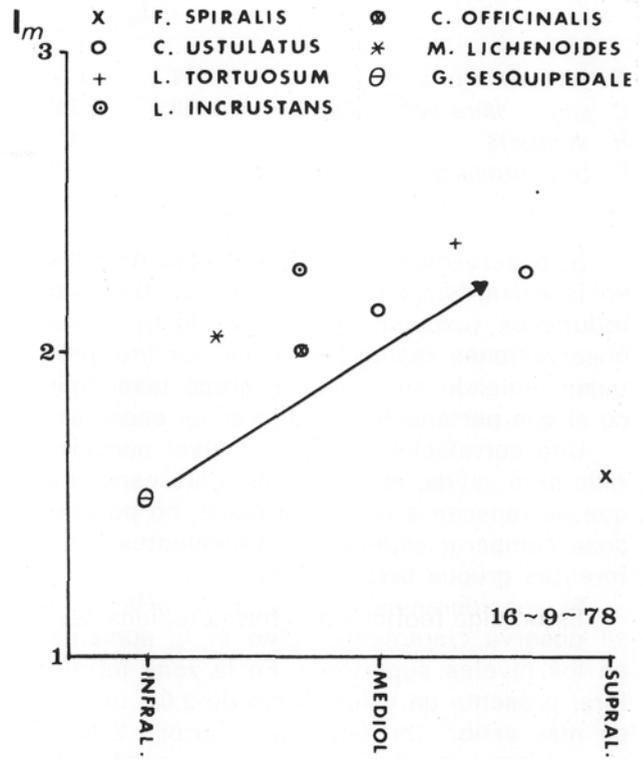
**7. Estratificación en Fuenterrabía:  $I_m$**

En la zona muestreada en Fuenterrabía existe una clara estratificación señalada anteriormente. En los meses de julio y septiembre se realizaron análisis de pigmentos con el fin de detectar las posibles variaciones en el espacio y en el tiempo de las especies consideradas.

En la gráfica 9 observamos que el  $I_m$  aumenta progresivamente al realizar la toma de muestras en niveles cada vez más superiores. Este incremento se acentúa en la gráfica del mes de julio y hay que hacer notar que en esta época se dio un período de gran insolación.

Únicamente *F. spiralis* v. *limitans* parece no cumplir esta norma ya que a pesar de encontrarse casi en el nivel supralitoral presenta, cuando no está completamente desecado,  $I_m$  muy bajos.

Al realizar muestreos de otras especies (feofíceas y clorofíceas) en la zona infralitoral observamos sorprendentemente unos valores muy altos:



	$I_m$	
<i>C. tamariscifolia</i>	2.17	2.17
<i>C. spongiosus (verticillatus)</i>	2.98	2.97
<i>H. scoparia</i>	2.53	2.61
<i>C. tomentosum</i>	2.49	2.29

Si observamos las especies consideradas en la estratificación, vemos que se trata de rodofíceas (excepto *Fucus*), por lo tanto las observaciones realizadas deben ser interpretadas teniendo en cuenta el grupo taxonómico al que pertenecen las diferentes especies.

Una correlación entre  $I_m$  y nivel considerado será válida, en todo caso, para especies que pertenecen a la misma clase, no pudiéndose comparar especies pertenecientes a diferentes grupos taxonómicos.

Si consideramos la especie *C. officinalis* se observa claramente como el  $I_m$  aumenta en los niveles superiores. En la zona infralitoral presenta un valor medio de 2.01, un poco más arriba (mediolitoral inferior) 2.36 y en cubetas situadas en la zona mediolitoral superior el  $I_m$  medio vale 2.37 a pesar de encontrarse el alga completamente sumergida y bien desarrollada.

#### 8. Valores del $I_m$ en las distintas especies consideradas:

Al realizar los valores medios y desviaciones típicas de los valores del  $I_m$  observados en 3 clorofíceas, 5 feofíceas y 5 rodofíceas, que constituyen las especies dominantes (en biomasa) de la zona intermareal de la costa vasca, observamos que los valores inferiores corresponden a las rodofíceas y particularmente a *G. sesquipedale* que vive ya en la zona infralitoral y que presenta el valor más bajo como puede observarse en la gráfica 10.

En las rodofíceas los valores de  $I_m$  en orden creciente corresponden a:

	$I_m$
1. <i>Gelidium sesquipedale</i>	1.70
2. <i>Halopitys pinastroides</i>	1.77
3. <i>Corallina officinalis</i>	1.84
4. <i>Bangia fuscopurpurea</i>	2.02
5. <i>Porphyra linearis</i>	2.14

Este orden es precisamente el de la estratificación de estas especies, desde *G. sesquipedale* de la zona infralitoral hasta *P. linearis* de la med. superior-supralitoral.

Las feofíceas, quedan en el siguiente orden:

	$I_m$
6. <i>Bifurcaria rotunda</i>	2.02
7. <i>Cystoseira tamariscifolia</i>	2.15
8. <i>Halopteris scoparia</i>	2.50
9. <i>Cladostephus spongiosus</i>	2.51
10. <i>Padina pavonia</i>	2.55

También en este caso la ordenación se corresponde con la estratificación natural que presentan estas especies en la costa vasca.

Al considerar los valores observados en fucáceas:

<i>Fucus spiralis</i>	1.69
<i>F. spiralis v. limitans</i>	1.71

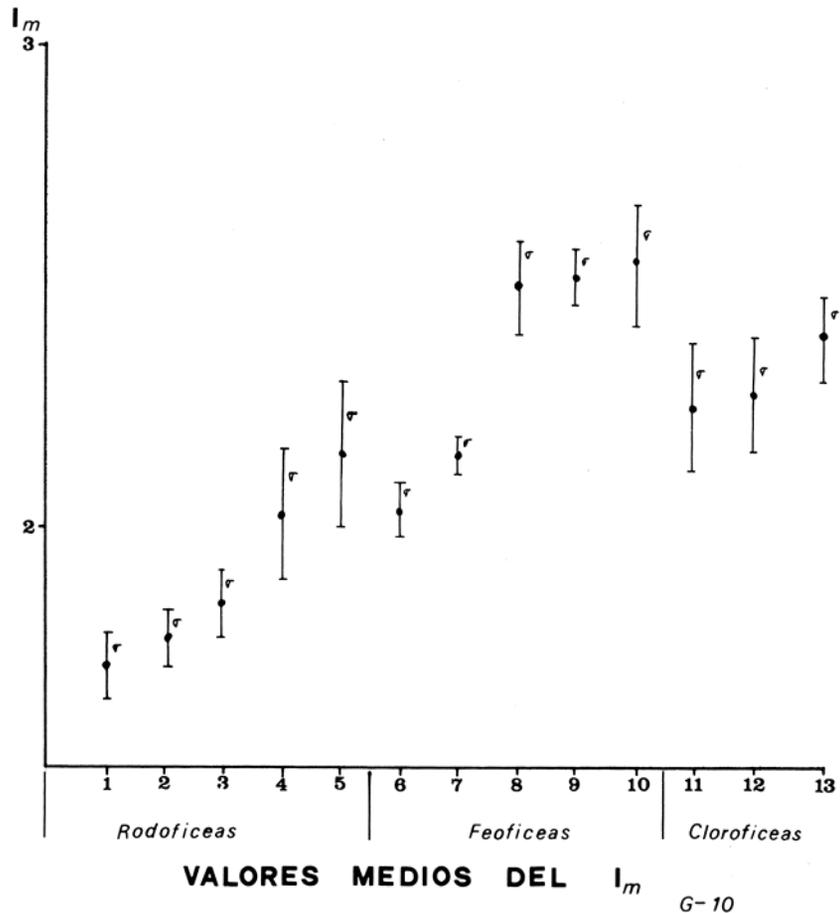
observamos valores muy bajos que podrían interpretarse como un mecanismo de adaptación de esta especie a niveles altos en la zona intermareal.

Las tres especies de clorofíceas consideradas tienen una distribución bastante heterogénea, así *Enteromorpha sp.* domina en ciertas épocas el nivel mediolitoral superior aunque también puede encontrarse en niveles inferiores. *Ulva sp.* aparece en las zonas medio e infralitoral normalmente como epífita en otras especies, a veces abunda en los meses estivales. *Codium tomentosum* es frecuente y en algunos puntos abundante (Ondarreta) en los meses de verano, en algunas zonas (Mompás) es sustituido por *C. decortatum*.

Los valores del  $I_m$  observados son superiores a los encontrados por Vallespinos (1976) en el Mediterráneo:

	Valores observados	Vallespinos
11. <i>Ulva</i>	2.24	1.7
12. <i>Enteromorpha</i>	2.27	1.8
13. <i>Codium</i>	2.39	—

Si bien en las clorofíceas los valores observados (se trata de los valores medios) son superiores a los que presentan estas es-



pecies en el Mediterráneo, en otras especies ocurre lo contrario, así:

	Valores observados	Vallespinos
<i>Corallina</i>	1.84	2.1-2.3
<i>Cystoseira</i>	2.15	2-3

Por otra parte cabe destacar que Vallespinos encuentra valores de  $I_m$  hasta de 8.83 mientras que de 113 muestras analizadas obtiene un valor medio de 2.96, muy superior a cualquiera de los que hemos encontrado en el presente trabajo.

Según esto resulta interesante destacar que a pesar de las condiciones aparentemente más adversas (períodos de desecación debido a las mareas, fuertes temporales...) las algas de nuestra costa presentan un estado fisiológico más activo que las del Mediterráneo, tal vez precisamente esos factores desfavorables facilitan un rápido «turnover» (sin

considerar el efecto de la predación de los moluscos fitófagos sobre todo).

### RESUMEN

Estudio de pigmentos en las algas macrofitas de la zona intermareal de la Costa Vasca.

En el presente trabajo se estudian los pigmentos de varias especies de algas macrofitas a lo largo de un período de tiempo y en diferentes puntos de la Costa Vasca.

Se considera el índice de Margalef, concentración de clorofila «a» por superficie y el cociente clorofila «a»/biomasa en función del tiempo y del nivel que ocupa cada especie en la zona intermareal.

### SUMMARY

Pigments of macrophytic marine algae in the intertidal levels of the Basque Coast.

In this paper, the pigments of some macrophytic algae in different points of the Basque Coast were studied at monthly intervals.

Margalef's index, quantity of chlorophyll-a per surface unit and biomass unit depending on the time and the level of the species in the intertidal rocky shore are discussed.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGULO, R. (1980).—Sistemática de algas macrofitas de la Costa Vasca. *Insub*, 1 (en prensa).
- ANGULO, R., A. CAMPOY & M. IBAÑEZ (1978).—Ecología de la costa guipuzcoana 1. *Bull. du CNERES*, Biarritz 12(1): 157-184.
- BAARDSETH, E. (1970).—A square-scanning, two-stage sampling method of estimating seaweed quantities. *Norw. Inst. Seaweed Res.* 33: 1-41.
- BALLESTER, A. (1973).—Regularidad y heterogeneidad en los pigmentos fotosintetizadores. *Inv. Pesq.* 37 (2):245-294.
- BERGH, G. (1974).—Biomass of the bottom fauna in Tvären Bay in the Baltic. *Zoon.* 2: 57-66.
- BEUKEMA, J. J. (1976).—Biomass and species richness of a macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 10(2): 236-261.
- BOUDOURESQUE, C. F. (1974).—Aire minime et peuplements algaux marins. *Bull. Soc. Phycol. Fr.* 19: 141-157.
- CAIN, S. A. & G. M. CASTRO (1954).—Manual of vegetation analysis. N. Y. 325 pp.
- DHONT, F & E. COPPEJANS (1976).—Résultat d'une étude d'aire minima de peuplements algaux photophiles sur substrat rocheux à Port-Cros et a Banyuls (France). XXVe. *Congrès Assemblée de la CIESM*. Split Oct. 1976.
- HERNANDO, J. L. & M. IBAÑEZ.—Hidrological studies in the Bay of Biscay II (en prensa).
- IBAÑEZ, M. (1978).—Características biogeográficas de la costa vasca. *Lurralde*, 1: 121-127.
- IBAÑEZ, M. (1979).—Utilización de índices de abundancia semicuantitativos en estudios a corto, medio y largo plazo en la zona intermareal (en prensa).
- IRIBAR, X. & M. IBAÑEZ (1979).—Subdivisión de la zona intermareal de San Sebastián en función de los datos obtenidos con mareógrafo (en prensa).
- KUKK, H. A. (1978).—Vegetación del fondo de las aguas costeras del sur del Golfo de Finlandia (en ruso). *Botan. Jurnal.* 63 (6): 844-852.
- LEWIS, J. R. (1964).—The ecology of rocky shores. Engl. Univ. Press London. 323 pp.
- MUNDA, I. (1973).—The production of biomass in the settlements of benthic marine algae in the Northern Adriatic. *Bot. Mar.* 15: 218-244.
- NIELL, F. X. (1977).—Distribución y zonación de las algas bentónicas en la facies rocosa del sistema intermareal de las Rías Bajas Gallegas. *Inv. Pesq.* 41 (2): 219-237.
- NIELL, X. (1977).—Método de recolección y área mínima de muestreo en estudios estructurales del macrofitobentos rocoso intermareal de la Ría de Vigo. *Inv. Pesq.* 41 (2):509-521.
- NIELL, X. (1977).—Rocky intertidal benthic systems in temperate seas: A synthesis of their functional performances. *Helgol. wiss. Meeresunters.* 30: 315-333.
- NIELL, X. & SONEIRA (1976).—Sobre la biología de *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, en Galicia II. *Inv. Pesq.* 40 (1): 105-110.
- PARSONS, T. R. (1966).—The determination of photosynthetic pigments in sea water. A survey of methods. *En: Determination of photosynthetic pigments in sea water*. UNESCO. París.
- RUSSELL, G. (1977).—Vegetation on rocky shores at some North Irish Sea sites. *J. Ecol.* 65: 485-495.
- SHELDON, R. B. & Ch. W. BOYLEN (1978).—An underwater survey method for estimating submerged macrophyte population density and biomass. *Aquat. Bot.* 4: 65-72.
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSON (1968).—A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada Bull.* 167, 311 pp.
- TALLING, J. F. & D. DRIVER (1963).—Some problems in estimation of chlorophyll-a in phytoplankton. *Proc. Prim. Prod. Measur. Mar. and Freshwat.* Hawaii, 1961.
- VALLESPINOS, F. (1976).—Comunidades bentónicas de sustrato duro del litoral NE español. III. Pigmentos y producción. *Inv. Pesq.* 40 (2): 514-529.
- WOLF, W. J. & L. de WOLF (1977).—Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen Estuary, The Netherlands. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 5: 1-24.