

# Actividad del sistema de transporte de electrones y biomasa del mesozooplancton en aguas de las Islas Canarias

Santiago Hernández-León y Dolores Miranda-Rodal (\*)

(\*) Facultad de Ciencias del Mar, Aptdo. 550, Las Palmas de Gran Canarias, Islas Canarias, España.

## RESUMEN

Se ha estudiado la biomasa y actividad del sistema de transporte de electrones (ETS) del mesozooplancton en 51 estaciones alrededor de las islas que componen el Archipiélago Canario. Se formaron cuatro grupos de estaciones definidos por sus posiciones respecto de los vientos Alisios y su situación sobre o fuera de la plataforma de las islas.

Se obtienen valores medios de biomasa para todas las islas de  $72 \mu\text{l}/\text{m}^3$  de volumen desplazado,  $11.56 \text{ mg}/\text{m}^3$  de peso seco,  $8.01 \text{ mg}/\text{m}^3$  de peso seco sin cenizas y  $2.09 \text{ mg}/\text{m}^3$  de proteínas (prot.), siendo para el ETS de  $33.11 (\mu\text{lO}_2/\text{m}^3/\text{h})$  y  $15.29 \mu\text{lO}_2/\text{mg prot.}/\text{h}$ .

Se ha observado, por término medio, una mayor biomasa sobre la plataforma, coincidiendo con una mayor actividad del ETS por unidad de volumen. La actividad específica es inferior fuera de la plataforma y a barlovento, aumentando sobre ella. Se discute la influencia de la plataforma sobre los valores de biomasa y ETS encontrados y su relación con un efecto de masa de isla.

**Palabras clave:** Mesozooplancton, biomasa, sistema de transporte de electrones, Islas Canarias.

## ABSTRACT

Mesozooplankton biomass and electron transport system activity in the Canary Island Waters.

Mesozooplankton biomass and electron transport system activity (ETS) have been studied in 51 stations around the waters of Canary Islands. Four groups of stations were formed which were defined by their position in respect to the north trade winds and their situation over or outside the island shelf.

Biomass mean values for all the islands were  $72 \mu\text{l}/\text{m}^3$  for displacement volume,  $11.56 \text{ mg}/\text{m}^3$  for dry weight,  $8.01 \text{ mg}/\text{m}^3$  for ash-free dry weight and  $2.09 \text{ mg}/\text{m}^3$  for proteins, ETS averager for  $33.11 \mu\text{lO}_2/\text{m}^3/\text{h}$  and  $15.29 \mu\text{lO}_2/\text{mg protein}/\text{h}$ .

We have observed, in a mean value basis, higher biomass over the shelf, coinciding with a higher ETS activity per unit volume. The specific activity in the waters of the windward side of the island and outside the shelf gives the lower values, increasing in the area above the shelf. The influence of the shelf in the mesozooplankton biomass and ETS values and its relationship with an island mass effect is discussed.

**Key Words:** Mesozooplankton, biomass, electron transport system, Canary Islands.

## INTRODUCCION

Durante el mes de junio de 1985 se llevó a cabo a bordo del B/O Taliarte una campaña de evaluación de los recursos vivos situados en la vertiente del talud de las islas del Archipiélago Canario, con la denominación de Canarias-85. Como programa complementario se realizó un estudio de las

condiciones hidrológicas, biomasa y ETS en el mesozooplancton, en aguas de todas las islas, tanto en estaciones al norte y sur como en estaciones situadas dentro y fuera de la plataforma de las islas. El crucero Canarias 85 nos brindó la oportunidad de obtener datos de todas las islas en un mismo período de tiempo. La campaña comenzó el 3 de junio y finalizó el 1 de julio,

la época del año en la cual comienzan a soplar con cierta intensidad y constancia los vientos Alisios. Las estaciones realizadas están representadas en la fig. 4.

Los estudios llevados a cabo sobre la plataforma y áreas costeras de las Islas Canarias desde el punto de vista ecológico han sido escasos. Son de mencionar los trabajos de Real *et al.* (1981) y Braun y Real (1984), en los cuales se analizan datos de carbono orgánico, clorofilas y biomasa zooplanctónica, así como los respectivos datos hidrológicos. En el segundo de los trabajos mencionados, se evidencia una mayor productividad en el área costera que en el medio oceánico, aunque la diferencia entre ambos sistemas no es significativa, no existiendo una barrera precisa.

Hernández-León *et al.* (1984) observaron una mayor biomasa mesozooplanctónica sobre la plataforma de la Isla de Gran Canaria, en relación a los valores encontrados en una estación de tipo oceánico sobre fondos de 1 000 m. Estos resultados nos inducen a estudiar la biomasa del zooplancton sobre la plataforma con el propósito de cuantificar dicha influencia. El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar el efecto de la plataforma de la isla sobre las variaciones de la biomasa mesozooplanctónica y la actividad del sistema de transporte de electrones.

## MATERIAL Y METODOS

La distribución vertical de la temperatura fue obtenida mediante el uso de un batitermógrafo, calibrando la medida de éste con una determinación termométrica subsuperficial. Con una botella Niskin (5 l) se obtuvieron submuestras para la obtención de salinidad y nutrientes, así como para biomasa de fitoplancton (como número de células) y determinaciones específicas. Estos resultados son objeto de estudios complementarios.

El zooplancton ha sido muestreado con una red WP-2 triple, versión de la red WP-2 estándar (UNESCO, 1968). Las pesadas realizadas fueron de tipo vertical en el intervalo 0-200 m o bien desde 5-10 m del fondo a la superficie, en las realizadas sobre la plataforma. El volumen de agua filtrada ha sido obtenido por medio del cál-

culo teórico del área de la boca de la red (0.25 m<sup>2</sup>) por el espacio recorrido y utilizando el 94% de eficiencia calculada para dicha red (UNESCO, *op cit.*). De las tres muestras obtenidas, una es utilizada para la determinación de la biomasa como peso proteico y volumen desplazado y para el ensayo del ETS. Dicha muestra es congelada sin retraso en nitrógeno líquido (-196° C), analizándola en el transcurso de los tres días siguientes al muestreo, en el laboratorio del barco. Se homogeneizó (0-4° C) en un volumen conocido de tampón fosfato (0.05 M) durante dos minutos.

La diferencia entre el volumen final y el volumen de tampón fosfato inicial fue utilizado para la obtención del volumen desplazado. El peso proteico se determinó según el método de Lowry *et al.* (1951), utilizando BSA como estándar y realizando una recta de calibrado con valores situados entre 0 y 0.5 mg prot/ml.

La actividad del ETS es medida según el método de Packard (1969, 1971), Owens y King (1975) y modificado posteriormente por Kenner y Ahmed (1975). Debido a su sensibilidad se realizó un homogeneizado previo de la muestra de zooplancton en tampón fosfato con el objeto de extraer una alícuota y, conjuntamente con un filtro de fibra de vidrio, proceder a un segundo homogeneizado. Este es puesto en presencia de INT, NADH, NADPH y succinato además de los tampones correspondientes e incubado a 18° C en la oscuridad. El INT es estandarizado haciendo series de diluciones de NADH como sustrato y añadiéndolo en solución con metasulfato de fenacina (PMS) y Tritón X-100 (Nachlas *et al.*, 1960). Se incubó a temperatura ambiente durante un minuto y se paró la reacción con tampón ftalato 0.05 M.

Los datos del análisis del ETS fueron corregidos según la temperatura a la cual se encontraban los organismos en el momento de su captura. Debido a la presencia de termoclinas se obtuvieron medias ponderadas en los intervalos de profundidad 0-50, 50-100 y 100-200 m. Se introdujeron en el cálculo del ETS, conjuntamente con el criterio adoptado de la distribución vertical de la biomasa en 0-200 metros durante el mismo período del año, de un 30% de biomasa para 0-50 metros, 30% para 50-100 y 40% para 100-200 metros

(Hernández-León *et al.*, 1984). Se observó que el resultado obtenido de esta forma y el hallado utilizando la media total no diferían sustancialmente. El cálculo estuvo basado en la ecuación de Arrhenius, tomando  $15 \text{ Kcal.mol}^{-1}$  como energía de activación (Packard *et al.*, 1975).

Una segunda muestra de la red WP-2 triple es utilizada para la obtención de biomasa como peso seco (Lovegrove, 1966) y peso seco sin cenizas (Le Borgne, 1975). La tercera fue fijada en formol al 5% para su posterior estudio taxonómico.

### RESULTADOS

Durante junio de 1985 el régimen de vientos estuvo determinado por la presen-

cia del Alisio, que durante esta época del año aumenta su intensidad y constancia hacia el mes de julio, que es cuando estos parámetros adquieren sus máximos.

La temperatura superficial muestra valores situados entre  $19$  y  $21^\circ \text{C}$  en las islas orientales, mientras que en las occidentales son siempre superiores a  $21^\circ \text{C}$ . La distribución vertical de la temperatura, durante esta época del año, denota una situación en la cual se produce el comienzo de la formación de una termoclina. En efecto, si observamos el conjunto de las estaciones (Fig. 1) podemos apreciar valores similares para las temperaturas halladas por debajo de los 40-60 metros, mientras que las temperaturas por encima de esa profundidad varían de forma más notable. Se producen termoclinas que se dejan notar de

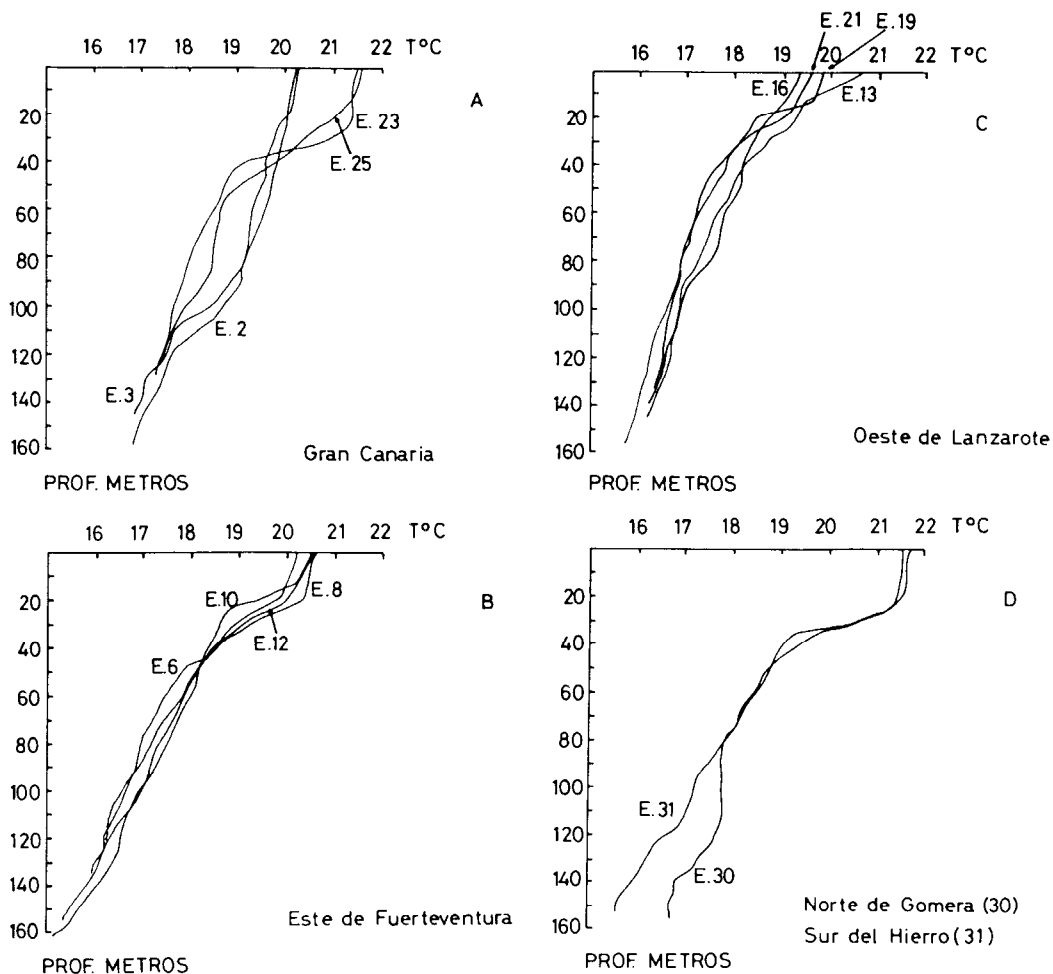


Fig. 1.—Perfiles de temperatura registrados con batitermógrafo en las estaciones indicadas.

forma más patente en las estaciones realizadas en las islas más occidentales del archipiélago.

Es de destacar la diferencia que se produce en los resultados de los batitermogramas realizados en distintas estaciones alrededor de una misma isla. Así, si comparamos las estaciones 19, 21, 13 y 16 situadas al oeste de Lanzarote con la estación 10, situada al sur y a sotavento, se puede observar que mientras en esta última se produce un ligero calentamiento de las aguas superficiales, con la aparición de una termoclina a los 20 metros de profundidad, en las estaciones situadas a barlovento esta termoclina se hace menos patente (estación 19) o incluso desaparece (estaciones 16 y 21).

En las estaciones realizadas alrededor de Gran Canaria observamos una termoclina típica en la estación 23, situada entre los 30 y 40 metros de profundidad, mientras que en la estación 25, situada hacia el sur y más cercana a la plataforma de la isla, el gradiente donde se sitúa la termoclina no es tan acusado. En las estaciones reali-

zadas en el sur de la isla (estaciones 2 y 3), las temperaturas indican una homogeneización de la columna de agua, con valores más bajos en superficie que los encontrados en las estaciones situadas más al norte. En las realizadas alrededor de Tenerife, las temperaturas superficiales señalan una diferencia entre el norte y el sur de la isla. Pero quizás lo más interesante es la situación que se produce en el sur, donde se tuvo la oportunidad de estudiar la distribución vertical en tres estaciones situadas en su vértice sur. Los resultados están expresados en la figura 2. En la estación 28 (dentro del área de calma de la isla) las temperaturas son más altas en superficie, con valores por encima de los 22.5° C y una termoclina alrededor de los 60 metros. Las isótermas se elevan hacia la superficie (a nivel de la termoclina) a medida que nos desplazamos hacia la estación 26, estando en ésta mucho más homogeneizada la columna de agua. Obsérvese que alrededor de la estación 27 se produce, por encima de los 60 metros, una zona de mezcla bajo la cual y sobre los 100 metros de profundidad se

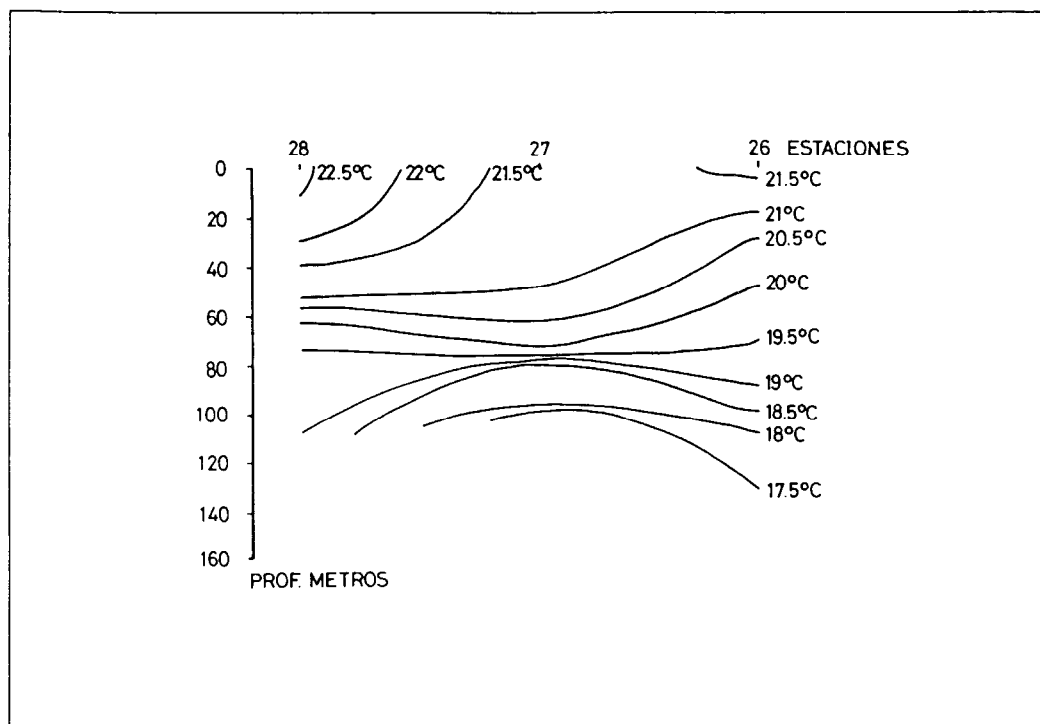


Fig. 2. — Distribución de la temperatura con la profundidad en una sección realizada en el extremo sur de la isla de Tenerife, en el área de cizallamiento del campo de viento.

forma una cúpula, una elevación de las isolíneas de 19, 18.5, 18 y 17.5° C. La zona de mezcla situada por encima de los 40-60 metros coincide con el área de cizallamiento del viento, el lugar donde a lo largo del día se suceden periodos de calma y viento. En el primero, el agua superficial se calienta por acción solar, para enfriarse en el segundo período por acción del viento. Este proceso da lugar a la formación de células de convección que origina la citada mezcla (Naya, 1984).

Los valores de clorofila *a*, tomados a cinco metros de profundidad, muestran uniformidad en todas las islas estudiadas, si bien los valores son ligeramente superiores en las islas orientales del archipiélago (fig. 3), al igual que observaron Real *et al.* (1981) en un estudio similar. Diferenciando las muestras según hayan sido obtenidas en la zona de barlovento (norte) o sotavento (sur) y a su vez diferenciando los datos obtenidos dentro o fuera de la plataforma, encontramos que no existen grandes diferencias en los valores de una u otra área (Tabla I). El valor medio para todas las islas fue de 0.22 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a*, aunque se observaron máximos de 0.52 mg/m<sup>3</sup> al este de Fuerteventura, 0.47 mg/m<sup>3</sup> al oeste de La Palma y 0.41 mg/m<sup>3</sup> al norte de La Gomera. Es de destacar el alto valor relativo de dichas muestras subsuperficiales. En efecto, el valor de 0.22 mg/m<sup>3</sup> es ligeramente superior al encontrado comúnmente en las muestras superficiales del Archipiélago Canario, como observaron Real *et al.* (1981), que obtuvieron valores medios siempre inferiores a 0.1 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a*.

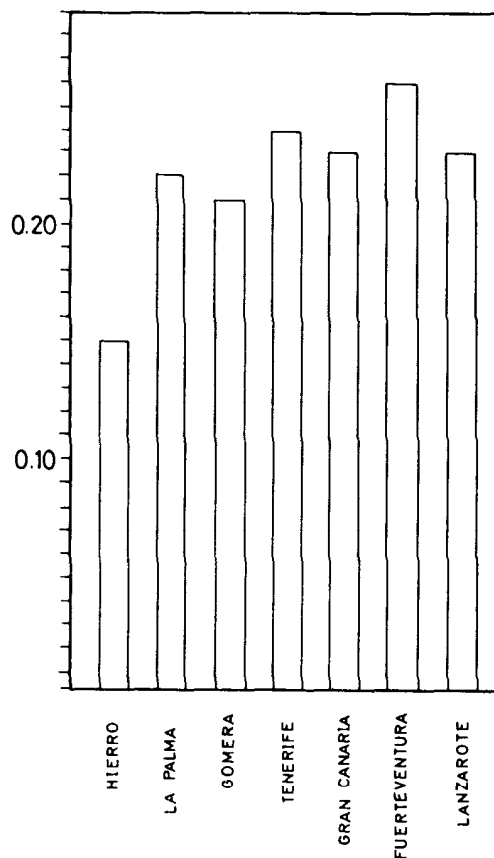


Fig. 3. — Valores medios de Clorofila *a* en mg/m<sup>3</sup> para las estaciones situadas alrededor de cada isla.

La estimación de la biomasa mesozooplanktónica fue realizada por cuatro métodos diferentes para procurar una buena imagen de la situación productiva duran-

TABLA I. — Valores medios de temperatura y clorofila *a* subsuperficiales, volumen desplazado, peso seco (P.S.) y peso seco sin cenizas (P.S.S.C.) durante el crucero Canarias 85. Se han agrupado las estaciones según su posición respecto a los vientos Alisios.

	Temp. (°C)	Clorofila <i>a</i>	Vol. Dpl. (μl/m <sup>3</sup> )	P.S. (mg/m <sup>3</sup> )	P.S.S.C. (mg/m <sup>3</sup> )
Est. Barlovento sobre Plataforma	21.12 ± 0.76	0.25 ± 0.09	109 ± 53	19.31 ± 12.8	14.44 ± 10.74
Est. Barlovento fuera Plataforma	21.12 ± 0.76	0.22 ± 0.08	65 ± 30	10.72 ± 4.6	7.86 ± 3.73
Est. Sotavento sobre plataforma	21.46 ± 0.78	0.16 ± 0.06	90 ± 40	14.44 ± 5.78	10.14 ± 4.59
Est. Sotavento fuera Plataforma	21.81 ± 0.65	0.23 ± 0.11	60 ± 22	8.19 ± 2.96	5.49 ± 2.13
Valores medios	21.52 ± 0.76	0.22 ± 0.09	72 ± 37	11.56 ± 7.34	8.01 ± 5.82

te el mes de junio en todas las islas. Como volumen desplazado (Fig. 4), muestra valores extremos comprendidos entre 9 y 221  $\mu\text{l}/\text{m}^3$ , siendo el valor medio para el conjunto de las estaciones de 72  $\mu\text{l}/\text{m}^3$ . Los valores medios máximos fueron encontrados en las estaciones del norte de las islas sobre la plataforma. Dichos valores pueden ser parciales debido a un mayor número de estaciones en las zonas de barlovento de las islas de Lanzarote y Fuerteventura, en las cuales la biomasa fue sensiblemente superior (máxima desviación estándar; Tabla I). Los valores mínimos se encontraron en las estaciones situadas fuera de la plataforma.

La biomasa como peso seco (Fig. 5) viene comprendida entre 47.7 y 3.86 mg P.S./ $\text{m}^3$ , siendo el valor medio para las 51 estaciones de 11.56 mg P.S./ $\text{m}^3$ . Al igual que observábamos al hablar del volumen desplazado, las máximas biomásas aparecen en las áreas de plataforma. Los datos como peso seco sin cenizas y proteínas (Figs. 6 y 7) siguen la misma pauta en

relación a la posición del muestreo sobre o fuera de la plataforma, al norte o sur de las islas (Tabla I).

Los valores de biomasa difieren en relación a la zona de plataforma, alrededor de la isla. En efecto, si observamos las figuras donde están representadas las biomásas (Figuras de la 4 a la 7), podemos apreciar como ésta aumenta en los vértices de las islas, en las fronteras entre el área batida por el viento y la zona de calma. Ejemplo de esto lo tenemos en las islas de La Palma (estaciones 40, 41 y 42), el Hierro (estación 35), Gran Canaria (estaciones 1 y 5) y Tenerife (estación 27), en la cual pudimos observar el fenómeno hidrológico que se produce.

Los valores medios para todas las estaciones y para los cuatro parámetros de biomasa mesozooplancónica estudiados reflejan valores relativamente altos, si bien sobre estas medias influyen los encontrados al oeste de Lanzarote. El número de pescas realizadas sobre la plataforma y a barlovento de las islas fue escaso ( $n = 8$ ). Sin

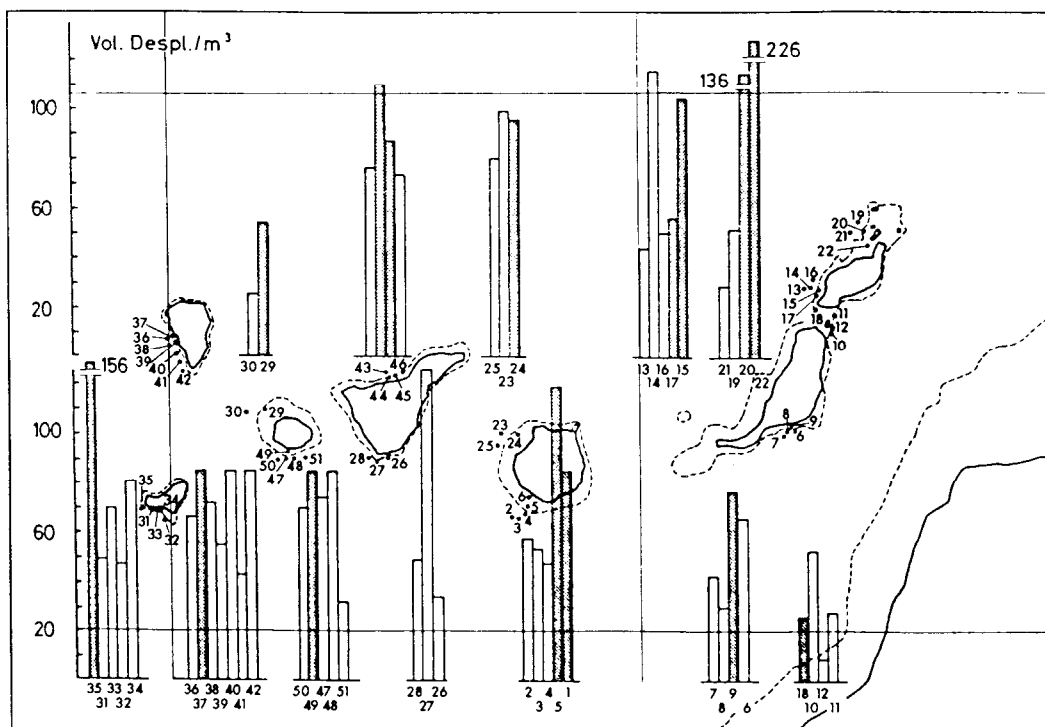


Fig. 4. — Distribución de la biomasa con volumen desplazado (en  $\mu\text{l}/\text{m}^3$ ). Los histogramas sombreados corresponden a las estaciones realizadas sobre la plataforma de las islas. Las situadas en la parte superior de la figura corresponden a estaciones de barlovento. Abajo las correspondientes a sotavento.

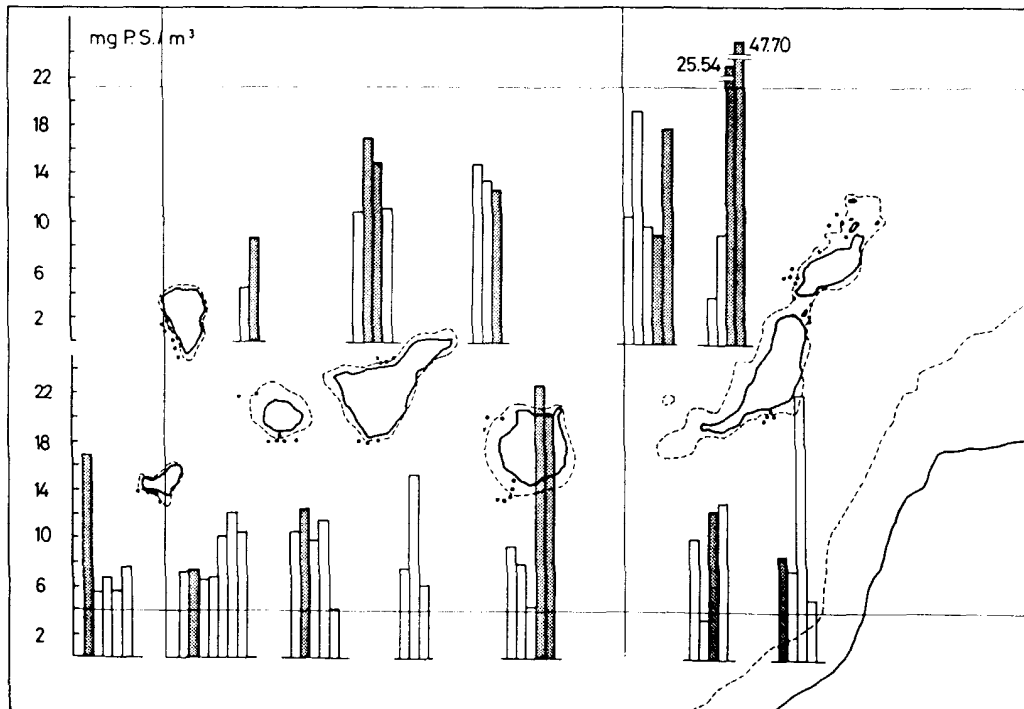


Fig. 5. —Biomasa como peso seco en mg/m<sup>3</sup>. Los histogramas se distribuyen igual que en la figura 4.

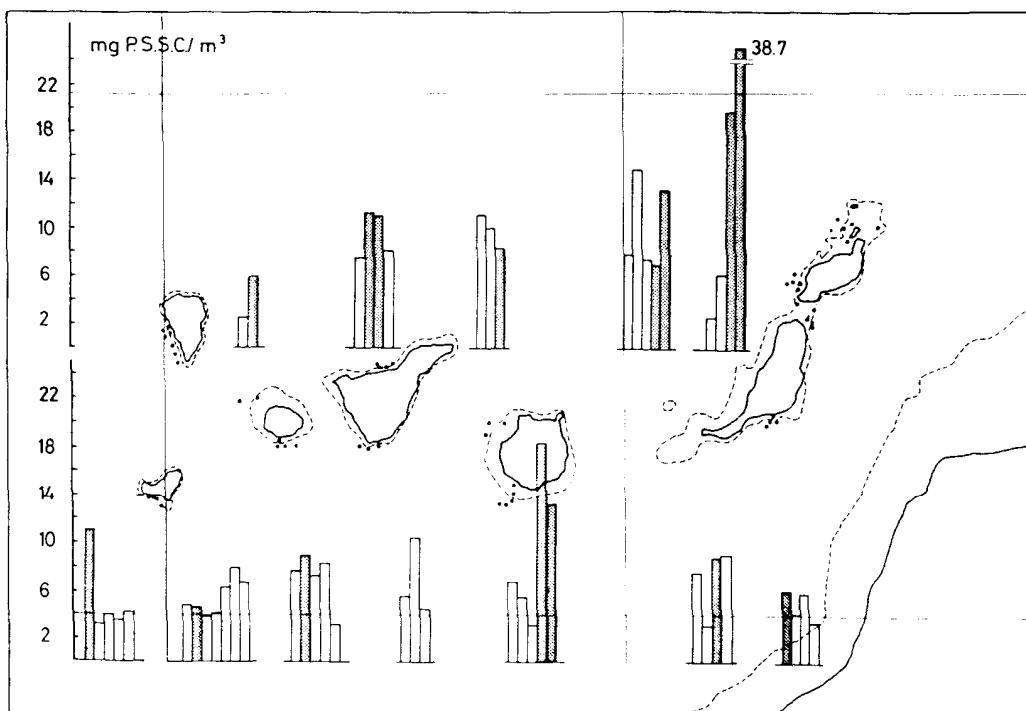


Fig. 6. —Biomasa como peso seco sin cenizas en mg/m<sup>3</sup>. Histogramas igual que en figura 4.

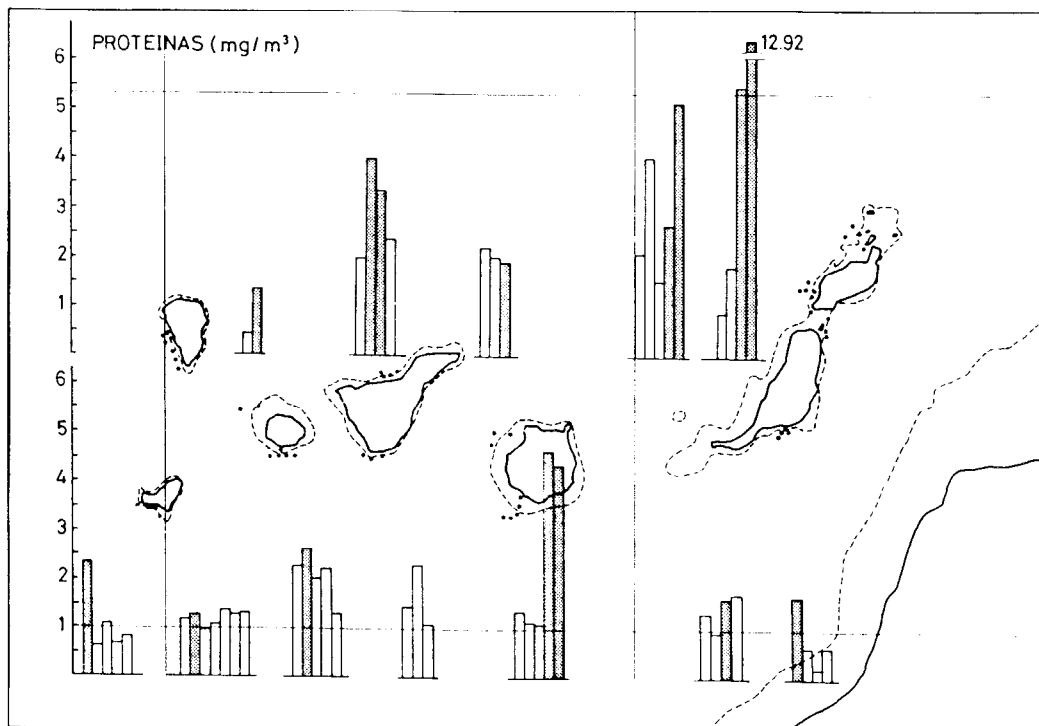


Fig. 7. — Biomasa como proteínas en  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Histogramas igual que en figura 4.

embargo, el número de estaciones realizadas a sotavento y fuera de la plataforma fue aproximadamente la mitad de las estaciones realizadas ( $n = 25$ ).

Los valores del tanto por ciento de materia orgánica con respecto al peso seco varían también según la posición de las estaciones en relación a la plataforma (Tabla II; Fig. 8). Los más altos se corresponden con las estaciones de barlovento (72.75%). Los resultados de biomasa obtenidos muestran siempre valores más altos sobre la plataforma a diferencia de este parámetro, el cual es más alto en áreas eutróficas (Le Borgne, 1975). El valor medio para todas las estaciones fue de 68.3%, inferior al obtenido por Hernández-León *et al.* (1984), que encuentran en el sur de Gran Canaria un valor medio de 73.02% para el ciclo anual en una estación fuera de la plataforma.

La actividad enzimática del sistema de transporte de electrones es expresado como actividad por unidad de volumen y como actividad específica. Los resultados ha-

llados se muestran en las figuras 9 y 10. En la tabla II se presentan los valores medios siguiendo el mismo criterio que el utilizado al hablar de la biomasa.

El ETS por unidad de volumen muestra un valor medio de  $33.11 \mu\text{O}_2/\text{m}^3/\text{h}$ , siendo el resultado más alto, en valor medio, el encontrado en las estaciones de barlovento sobre la plataforma ( $83.83 \mu\text{O}_2/\text{m}^3/\text{h}$ ). El valor medio obtenido sobre la plataforma en el sur de las islas es, aproximadamente, la mitad del valor anteriormente citado y doble del encontrado fuera de la plataforma, tanto en estaciones de barlovento como de sotavento. Este resultado es similar al obtenido cuando comparábamos los valores de los cuatro parámetros de biomasa.

Por otro lado, parece existir un aumento de actividad en las estaciones situadas en los bordes del sur de las islas. Como ejemplo tenemos las estaciones 26, 27 y 28 donde hemos visto anteriormente su estructura térmica. Justo en la estación donde se producía la mezcla vertical se produce un



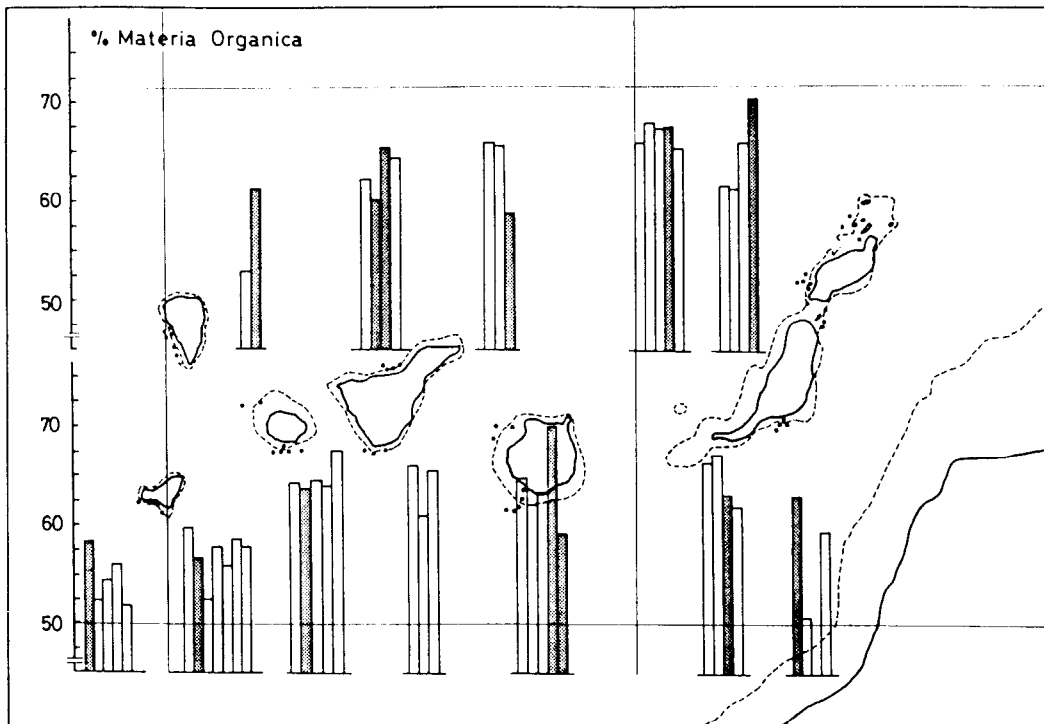


Fig. 8.—Valores de tanto por ciento de materia orgánica. Histogramas igual que en figura 4.

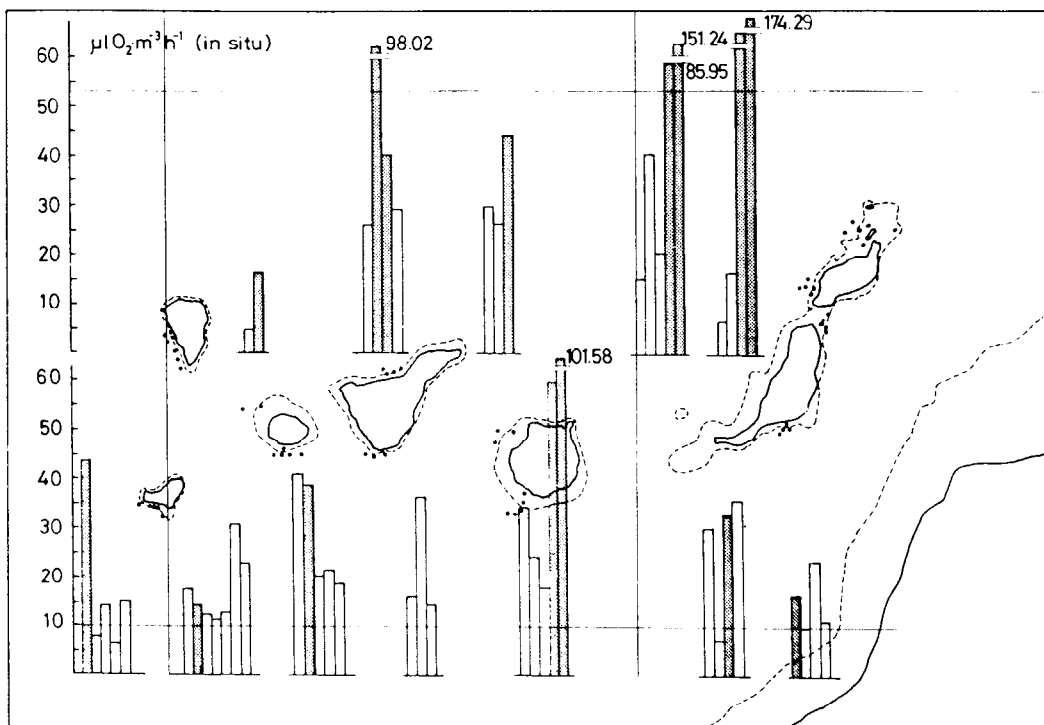


Fig. 9.—Actividad del ETS en  $\mu\text{lO}_2/\text{m}^3/\text{h}$ . Histogramas igual que en figura 4.

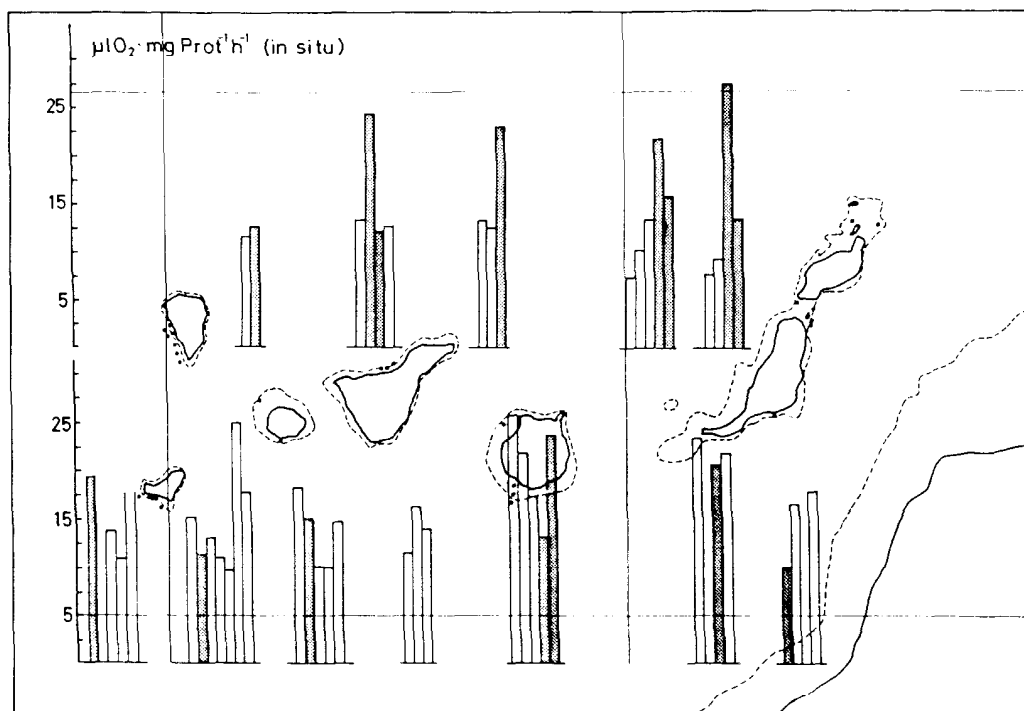


Fig. 10. — Actividad específica del ETS en  $\mu\text{lO}_2/\text{mg proteínas/h}$ . Histogramas igual que en figura 4.

TABLA II. — Valores medios de proteínas, tanto por ciento de materia orgánica, ETS por unidad de volumen y ETS específico.

	Prot. ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	% Mat. Org.	$\mu\text{lO}_2/\text{m}^3/\text{h}$	$\mu\text{lO}_2/\text{mg prot.}/\text{h}$
Est. Barlovento sobre Plataforma	$4.62 \pm 3.36$	$72.75 \pm 5.49$	$83.83 \pm 55.36$	$18.97 \pm 5.99$
Est. Barlovento fuera Plataforma	$1.95 \pm 0.96$	$71.61 \pm 5.96$	$21.55 \pm 10.89$	$11.15 \pm 2.33$
Est. Sotavento sobre Plataforma	$2.64 \pm 1.32$	$69.36 \pm 5.89$	$44.12 \pm 29.81$	$16.00 \pm 5.15$
Est. Sotavento fuera Plataforma	$1.27 \pm 0.50$	$65.39 \pm 10.41$	$18.44 \pm 9.76$	$15.57 \pm 4.89$
Valores medios	$2.09 \pm 1.96$	$68.32 \pm 8.88$	$33.11 \pm 34.19$	$15.29 \pm 5.18$

aumento de la actividad del sistema de transporte de electrones. En La Gomera observamos también un aumento en la estación 50, así como en La Palma (estaciones 41 y 42) y en el Hierro (estación 35).

La actividad específica del ETS muestra un valor medio de  $15.29 \mu\text{lO}_2/\text{mg prot.}/\text{h}$  para el conjunto de las estaciones. Este valor fluctúa según el criterio utiliza-

do en la tabla II. En efecto, el valor medio para las estaciones situadas sobre la plataforma a barlovento, es el de mayor magnitud. Los valores encontrados a sotavento tanto dentro como fuera de la plataforma son prácticamente iguales, siendo superiores al valor medio de las estaciones situadas a barlovento fuera de la plataforma, el cual es el de menor magnitud.

El aumento de la actividad específica en las áreas de cizallamiento del viento es patente. Se obtienen resultados como los del Hierro (estaciones 34 y 35), La Palma (estaciones 36, 41 y 42), La Gomera (estaciones 50 y 51) y Tenerife (estación 27). En Gran Canaria y Fuerteventura la disposición de las estaciones no permiten comparar, pero en ellas se observan valores relativamente altos, comparables a los valores de las estaciones anteriormente citadas.

## DISCUSION

La biomasa del mesozooplankton en el área de las Islas Canarias, en estaciones realizadas en las proximidades de ellas, muestran valores desiguales según sea el área de muestreo elegida alrededor de dichas islas y según su cercanía a la plataforma de la misma. Como se puede observar, la biomasa del mesozooplankton, medida por cuatro métodos diferentes, da como resultado y por término general mayor biomasa sobre la plataforma. Los valores de ésta, encontrados en la literatura no son muy numerosos, siendo normalmente bajos, de estaciones de tipo oceánico. En efecto, Braun (1981) encuentra para las aguas del noroeste de Tenerife un valor medio para un ciclo anual de 1.94 mg P.S./m<sup>3</sup> para la columna 0-200 metros, el cual es inferior al valor medio obtenido por Hernández-León *et al.* (1984) de 7.29 mg P.S./m<sup>3</sup> para la columna de agua 0-200 metros y en el sur de Gran Canaria, fuera de la plataforma. Nuestro valor medio para el sur de las islas, fuera de la plataforma, es de 8.19 mg P.S./m<sup>3</sup>, el cual no difiere sustancialmente del mencionado anteriormente, ni del obtenido por Hernández-León *et al.* (*op. cit.*) durante la misma época del año.

Braun y Real (1984) en su comparación entre el sistema nerítico y el oceánico en aguas del noroeste de Tenerife, encuentran que la clorofila *a* es 1.25 veces más alta en el área costera que en mar abierto. Igualmente, la productividad (como número de asimilación) es el doble que en área oceánica. El valor medio de biomasa de zooplankton como peso seco en dicho trabajo fue de 2.38 mg P.S./m<sup>3</sup> para la zona costera estudiada, siendo el máximo de 5 mg P.S./m<sup>3</sup>. En comparación con el presen-

te trabajo, dichos resultados son sensiblemente inferiores (Tabla I).

Aunque nuestros datos presentan evidencia de la influencia de la plataforma sobre los resultados tanto de biomasa como del ETS, dichos valores reflejan también la influencia de la isla y de los vientos dominantes sobre ella. En un trabajo realizado en el sur de Gran Canaria (Hernández-León, 1986), se pudo observar como en el borde de la isla, en las áreas donde se producen los contrastes entre zonas de calma y de vientos, en las áreas de cizallamiento del campo de vientos, los valores tanto de biomasa como del ETS aumentaban significativamente. Si bien, este fenómeno se puede observar en las figuras donde están representadas las biomásas y el ETS por unidad de volumen, en la representación de la actividad específica parece ser más patente (Fig. 10). La actividad enzimática por unidad de volumen refleja una situación parecida a la que se observa al estudiar las biomásas, lo cual se deduce de la estrecha correlación existente entre la biomasa y el ETS por metro cúbico ( $r = 0.92$ ; Hernández de León, 1986), al igual que la correlación existente entre la biomasa y la respiración a temperatura constante (Scholander *et al.*, 1953; Conover, 1959; Ikeda, 1970; Nival *et al.*, 1972).

Los datos de biomasa reflejan valores más altos sobre la plataforma, en el área de barlovento, seguido de las zonas de sotavento sobre la plataforma. Los valores del ETS específico muestran una mayor actividad también en estas dos situaciones. Aparece un valor más alto en las situaciones potencialmente más productivas. La mezcla vertical que se produce a barlovento ofrece una situación más favorable a los procesos productivos, lo cual se refleja de forma patente sobre las pequeñas áreas de plataforma. Se producen incrementos de biomasa que contrastan con los valores de aguas típicamente oceánicas citados por diversos autores en anteriores trabajos, en estudios sobre productividad planctónica (De León y Braun, 1973; Braun y De León, 1974; Braun *et al.*, 1976; Braun, 1980, 1981, y Braun y Real, 1981 *a* y *b*).

Parece confirmarse la observación realizada por Braun y Real (1984) sobre una mayor dinámica productiva sobre la plataforma. Uno de los mecanismos de dicha

dinámica es la regeneración de nutrientes en el bentos y su aporte hacia las capas más iluminadas mediante mezcla vertical (Janasch *et al.*, 1971; Pamatmat, 1973; Hartwig, 1974, 1976; Davies, 1975; Rowe *et al.*, 1975; Nixon *et al.*, 1976; Rowe y Smith, 1977; Smith *et al.*, 1978). Un segundo aporte podría ser debido a la presencia de ondas internas de marea (ver Sander, 1981) que pueden llevar nutrientes desde la zona inferior de la nutriclina hacia la plataforma.

Sin embargo, Braun y Real (1984) no encuentran una barrera definida entre aguas neríticas y oceánicas en relación a sus valores. En el presente trabajo se obtienen valores sobre la plataforma que son dobles de aquellos hallados fuera de ella, estableciéndose en relación a estos datos una barrera apreciable entre dichas áreas.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Carmen Fraga Saavedra su colaboración en la realización del presente trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRAUN, J. G. (1980). «Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. I. Hidrografía, nutrientes y producción primaria», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 285: 149-154.
- BRAUN, J. G. (1981). «Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. II. Producción del Zooplancton», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 290: 89-96.
- BRAUN, J. G., & A. R. DE LEÓN (1974). «Variaciones en la producción primaria en aguas canario-africanas», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 176: 1-24.
- BRAUN, J. G., J. E. ESCÁNEZ, & A. R. DE LEÓN (1976). «Observaciones químicas y biológicas en el NW de África, entre cabo Juby y cabo Ghir» (Campaña CINECA, «Cornide de Saavedra», febrero 1973), *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 209: 1-11.
- BRAUN, J. G., & F. REAL (1981 a). «Algunas comparaciones entre el nanoplancton y el fitoplancton de red en aguas de las Islas Canarias», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 291: 99-105.
- BRAUN, J. G., & F. REAL (1981 b). «The vertical distribution of chlorophyll in Canary Islands waters», *ICES Biological Oceanography Committee, C.M./L: 7*. 12 pp.
- BRAUN, J. G., & F. REAL (1984). «Estudios de producción en la Bahía de Antequera: una comparación con aguas oceánicas», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 1 (2): 134-140.
- CONOVER, R. J. (1959). «Regional and seasonal variation in the respiratory rate of marine copepods», *Limnol. & Oceanogr.*, 4: 259-268.
- DAVIES, J. M. (1975). «Energy flow through the benthos in a Scottish sea loch», *Mar. Biol.*, 31: 353-362.
- DE LEÓN, A. R., & J. G. BRAUN (1973). «Ciclo anual de la producción primaria y su relación con los nutrientes en aguas canarias», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 167: 1-24.
- HARTWIG, E. O. (1974). «Physical, chemical and biological aspects of nutrient exchange between the benthos and the overlying water», *Ph. D. thesis*, Univ. Calif. San Diego, 189 pp.,
- HARTWIG, E. O. (1976). «The impact of nitrogen and phosphorus release from a siliceous sediment on the overlying water», in *Estuarine processes*, Academic Press, M. Wiley ed., 1: 103-117.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S. (1986). «Efecto de Masa de Isla» en aguas del Archipiélago Canario según estudios de biomasa y actividad del sistema de transporte de electrones en el mesozooplancton», *Tesis*, Univ. La Laguna, 402 pp.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S., O. LLINÁS & J. G. BRAUN (1984). «Nota sobre la variación de la biomasa del mesozooplancton en aguas de Canarias», *Inv. Pesq.*, 48 (3): 495-508.
- IKEDA, T. (1970). «Relationship between respiration rate and body size in marine plankton animals as a function of the temperature of habitat», *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 21: 91-112.
- JANNASCH, H. W., K. EIMHJELLEN, C. O. WIRSEN & FARMAN-FARMIAN (1971). «Microbial degradation of organic matter in the deep-sea», *Science*, 171: 673-675.
- KENNER, R. A., & S. I. AHMED (1975). «Measurements of electron transport activities in marine phytoplankton», *Mar. Biol.*, 33: 119-127.
- LE BORGNE, R. P. (1975). «Methodes de mesures de biovolumes, poids secs, poids secs sans cendre et des elements C, N, P, du mesozooplancton utilises au C.R.O. d'Abidjan», *Doc. Scient. Centre Rech. Oceanogr. Abidjan*, 6 (2): 165-176.
- LOVEGROVE, T. (1966). «The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained», in *Some Contemporary Studies in Marine Science*, George Allen and Unwin Ltd., London, Harold Barnes ed.: 429-467.
- LOWRY, P. H., N. J. ROSENBOUGH, A. L. FARR & R. J. RANDALL (1951). «Protein measurement with a Folin phenol reagent», *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275.
- NACHLAS, M. M., S. I. MARGULIES, & A. M. SELIGMAN (1960). «A colorimetric method for the estimation of succinate dehydrogenase activity», *J. Biol. Chem.*, 235: 499-503.
- NAYA, A. (1984). *Meteorología Superior*, Espasa-Calpe, S. A., 546 pp.
- NIVAL, P., S. NIVAL & I. PALAZZOLI (1972). «Données sur la respiration de différents organismes communs dans le plancton de Villefranche-sur-Mer», *Mar. Biol.*, 17: 63-76.
- NIXON, S. W., C. A. OVIATT & S. S. HALE (1976). «Nitrogen regeneration and metabolism of coastal marine bottom communities», in *The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes*, J. M. Anderson & A. McFadyen, Symp. British Ecol. Soc., 17: 269-283.

- OWENS, T. G., & F. D. KING (1975). «The measurement of respiratory electron transport system activity in marine zooplankton», *Mar. Biol.*, 30: 27-36.
- PACKARD, T. T. (1969). «The estimation of the oxygen utilization rate in seawater from the activity of the respiratory electron transport system in plankton», *Ph. D. Thesis*, Univ. Washington, Seattle, 115 pp.
- PACKARD, T. T. (1971). «The measurement of respiratory electron transport activity in marine phytoplankton», *J. Mar. Res.*, 29: 235-244.
- PACKARD, T. T., A. H. DEVOL & F. D. KING (1975). «The effect of temperature on the respiratory electron transport system in marine plankton», *Deep-Sea Res.*, 22: 237-249.
- PAMATMAT, M. M. (1973). «Benthic community metabolism on the continental terrace and in the deep-sea in the North Pacific», *Int. Rev. gesamt Hydrobiol.*, 58: 345-368.
- REAL, F., J. D. DE ARMAS & J. G. BRAUN (1981). «Distribución espacial de la clorofila *a* y del carbono orgánico particulado en aguas costeras superficiales de las Islas Canarias», *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 29: 109-115.
- ROWE, G. T., C. H. CLIFFORD, K. L. SMITH & P. L. HAMILTON (1975). «Benthic nutrient regeneration and its coupling to primary productivity in coastal waters», *Nature*, Lond., 255: 215-217.
- ROWE, G. T., & K. L. SMITH, Jr. (1977). «Benthopelagic coupling in the mid-Atlantic Bight», in *Ecology of marine benthos*, Ed. by B. Coull. Univ. South Carolina, pp. 55-65.
- SANDER, F. (1981). «A Preliminary Assessment of the main causative mechanisms of the "Island Mass" effect of Barbados», *Mar. Biol.*, 64: 199-205.
- SCHOLANDER, P. F., W. FLAGG, V. WALTERS & L. IRVING (1953). «Climatic adaptation in arctic and tropical poikilotherms», *Physiol. Zool.*, 26: 67-92.
- SMITH, Jr., K. L., G. A. WHITE, M. B. LAVER & J. A. HAUGSNES (1978). «Nutrient exchange and oxygen consumption by deep-sea benthic communities: preliminary in situ measurements», *Limnol. & Oceanogr.*, 23: 997-1005.
- UNESCO (1968). «Zooplankton Sampling», *Monogr. Oceanogr. meth.*, 2: 174 pp.

Manuscrito recibido en marzo de 1987