

Inv. Pesq.	51 (4)	págs. 491-499	Diciembre 1987
------------	--------	---------------	----------------

## Actividad del sistema de transporte de electrones en el mesozooplancton durante un máximo primaveral en aguas del Archipiélago Canario\*

S. HERNÁNDEZ-LEÓN

Facultad de Ciencias del Mar, Apto. 550, Las Palmas de Gran Canaria, España.

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

*Key words:* Mesozooplankton, Electron Transport System, Spring Bloom, Canary Islands.

**RESUMEN:** Se ha estudiado la actividad del sistema de transporte de electrones (ETS) en el mesozooplancton durante el período comprendido entre diciembre de 1984 y mayo de 1985. El muestreo fue realizado sobre la plataforma sur de la isla de Gran Canaria, en un área cercana a la zona de cizallamiento del campo de vientos. La actividad del ETS muestra una variación similar a la encontrada para la biomasa en el mismo período, con un máximo a finales de invierno, de valor medio  $74,06 \mu\text{l O}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . Sin embargo, la actividad específica muestra dos máximos relativos; el primero de ellos, en febrero, mes anterior al máximo de actividad por unidad de volumen, y el segundo en abril con valores medios de  $18,07$  y  $17,96 \mu\text{l O}_2 \cdot \text{mg proteínas}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectivamente. Se observaron gradientes de actividad producidos a partir del área de cizallamiento del campo de viento y en la zona central del muestreo. Dichas variaciones guardan concordancia con las de biomasa.

**SUMMARY:** MESOZOOPLANKTON ELECTRON TRANSPORT SYSTEM DURING A SPRING BLOOM IN THE CANARY ISLAND WATERS. — Variation in the mesozooplankton electron transport system activity (ETS) on the island shelf of Gran Canaria were studied from December 1984 to May 1985. The sampling area was located near the island wind shear field. During this period, ETS activity showed variations similar to those of the biomass. A late winter maximum was produced, with a mean value of  $74.06 \mu\text{l O}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ . However, two relative maxima were observed in specific activity. The first was recorded in February, the month preceding ETS activity (per unit volume), and the second was observed in April, with mean values of  $18.07$  and  $17.96 \mu\text{l O}_2 \cdot \text{mg protein}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectively. The activity gradients produced in the sampling area were also studied. These gradients appeared in the area of wind shear and in the central part of the zone studied. The activity gradients were in accord with those of biomass.

### INTRODUCCIÓN

En la década de los setenta, distintas técnicas bioquímicas hacen aparición en el terreno de la oceanografía biológica. Éstas se basan principalmente en medir la actividad de diversas enzimas como índices de determinados procesos biológicos y metabólicos. La ventaja de estos métodos es, sin duda, la ausencia de incubaciones, realizándose una medida «in situ» sobre la población muestreada en la columna de agua.

\* Recibido el 14 de enero de 1987. Aceptado el 1 de octubre de 1987.

El conocimiento del consumo de oxígeno es esencial en el estudio de los procesos implicados en la producción secundaria y en la transferencia de energía debida al plancton animal en los ecosistemas marinos. PACKARD (1969) utiliza la medida de la actividad del complejo enzimático del Sistema de Transporte de Electrones (ETS), que controla la respiración, en el estudio de las comunidades marinas para calcular la potencialidad máxima de la respiración.

PACKARD *et al.* (1974) en un estudio del ETS y la respiración del mesozooplancton, en las zonas de afloramiento de Marruecos y Mauritania, observaron que dicha actividad decrece con la profundidad, de modo similar a la disminución de la biomasa del zooplancton en aguas oceánicas descritas por BANSE (1964) y VINOGRADOV (1970). La mayor actividad se encuentra en los primeros 50 metros de profundidad y varía de acuerdo con la productividad de la zona estudiada.

BAMSTEDT (1979), en un estudio de la variación estacional de la respiración del zooplancton en relación con la actividad del ETS en un fiordo del oeste de Suecia, encontró la máxima actividad de estos parámetros en primavera y verano, coincidiendo con las épocas de máxima producción planctónica.

Las variaciones del ETS del mesozooplancton en un área de sotavento de la isla de Gran Canaria, junto a la zona de cizallamiento de los vientos alisios, es el objeto del presente trabajo. El estudio se ha realizado durante el máximo de biomasa de finales de invierno y principios de primavera que se produce en aguas del Archipiélago Canario (HERNÁNDEZ-LEÓN *et al.*, 1984).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los resultados de este trabajo están basados en una serie de estaciones y campañas realizadas con el pesquero artesanal «Juan Carlos» entre diciembre de 1984 y mayo de 1985. El ciclo estudiado está encuadrado dentro del programa denominado «Estudio de la Plataforma Sur» (E.P.S.) y se desarrolló en el área representada en la figura 1. Los muestreos mensuales fueron denominados con las iniciales del nombre del proyecto más un número cuyas dos primeras cifras indican el año y las dos siguientes el mes en el cual se realizó el muestreo. El correspondiente al mes de diciembre de 1984 fue realizado en el B/O *Taliarte* y se introdujeron tres estaciones fuera de la plataforma, además de situar las radiales 1 y 3 más alejadas de la 2.

El zooplancton ha sido muestreado con una red WP-2 triple, versión de la red WP-2 estándar (UNESCO, 1968). Las pescas realizadas fueron de tipo vertical en los intervalos 0-25 m en las estaciones 1, 4 y 7, 0-50 m en las 2, 5 y 8 y 0-100 m en las 3, 6 y 9. El volumen de agua filtrada por la red fue estimado utilizando el 94 % de eficiencia calculada para dicha red (UNESCO, *op. cit.*).

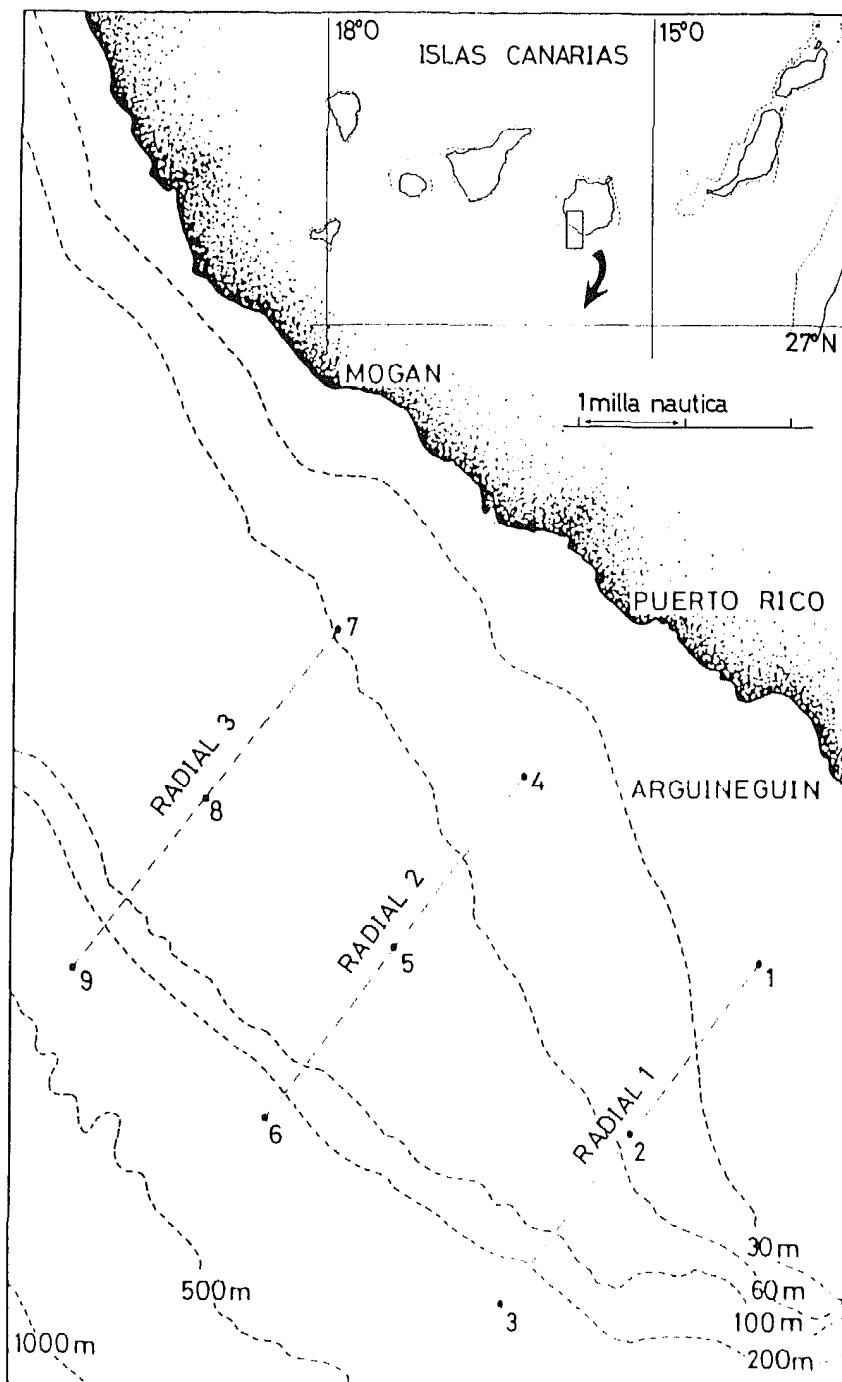


FIG. 1. — Posición de las estaciones muestreadas durante el ciclo anual. En diciembre de 1984 se modificó parcialmente con la realización de tres estaciones fuera de la plataforma.

Una de las muestras de la red WP-2 triple, la utilizada para el estudio de la biomasa como volumen desplazado y proteínas, es congelada inmediatamente en nitrógeno líquido ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y analizada posteriormente en el laboratorio en los tres días siguientes al muestreo. La actividad del ETS es medida según el método de PACKARD (1969, 1971), OWENS y KING (1975) y modificado por KENNER y AHMED (1975).

Debido a la sensibilidad del método, se realizó un homogeneizado previo ( $0-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) de la muestra de zooplancton en tampón fosfato ( $0,05\text{ M}$ ) con objeto de extraer una alícuota y, en presencia de un filtro de fibra de vidrio, proceder a un segundo homogeneizado. Éste es puesto en presencia de INT, NADH, NADPH y succinato, además de los tampones correspondientes, e incubado a  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  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, al término del cual se paró la reacción con tampón ftalato  $0,05\text{ M}$ .

Los datos del análisis del ETS fueron corregidos según la temperatura en que se encontraban los organismos en el momento de su captura. El cálculo estuvo basado en la ecuación de Arrhenius, tomando  $15\text{ Kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$  como energía de activación (PACKARD *et al.*, 1975).

El peso proteico se determinó según el método de LOWRY *et al.* (1951). En cada determinación se realizó una recta de calibración con valores situados entre  $0$  y  $0,5\text{ mg}$  de proteínas (prot.)/ml, utilizando BSA como estándar.

## RESULTADOS

Los valores obtenidos de la estandarización del INT (Aldrich Chem. Co.) fueron  $2,094$  para la solución utilizada desde el E.P.S. 8412 al 8504, y  $1,978$  para el 8505. Dichos valores se introdujeron en el cálculo de la actividad del ETS en los respectivos muestreos.

Los resultados encontrados en  $\mu\text{l O}_2\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$  indican una evolución, durante el período estudiado, semejante a la de biomasa por metro cúbico para el mismo período del ciclo anual (HERNÁNDEZ-LEÓN, en prensa). En efecto, se produce un máximo (fig. 2a) que coincide con el de proteínas en el pico de finales de invierno.

La actividad específica del ETS, es decir actividad por unidad de biomasa, no experimenta una evolución paralela a la del ETS por unidad de volumen. Por el contrario, existe un aumento que comienza en diciembre, con un valor medio de  $10,29\ \mu\text{l O}_2\cdot\text{mg prot.}\cdot\text{h}^{-1}$  y culmina en febrero con  $18,07\ \mu\text{l O}_2\cdot\text{mg prot.}\cdot\text{h}^{-1}$  (fig. 2b), el mes anterior al máximo de ETS encontrado a finales de invierno. Durante el muestreo llevado a cabo en marzo, el valor de este parámetro disminuye ligeramente (valor medio de  $15,4\ \mu\text{l O}_2\cdot\text{mg prot.}\cdot\text{h}^{-1}$ ) para alcanzar otro máximo a finales de abril con  $17,96\ \mu\text{l O}_2\cdot\text{mg}$

prot. $^{-1}\cdot h^{-1}$ . A finales de mayo y principios de junio la actividad baja a 11,28  $\mu l O_2 \cdot mg \text{ prot.}^{-1} \cdot h^{-1}$ . Se observa un período de cuatro meses, finales de invierno-principios de primavera, en los cuales la actividad específica del sistema de transporte de electrones es relativamente alta en comparación con el principio y final del período estudiado.

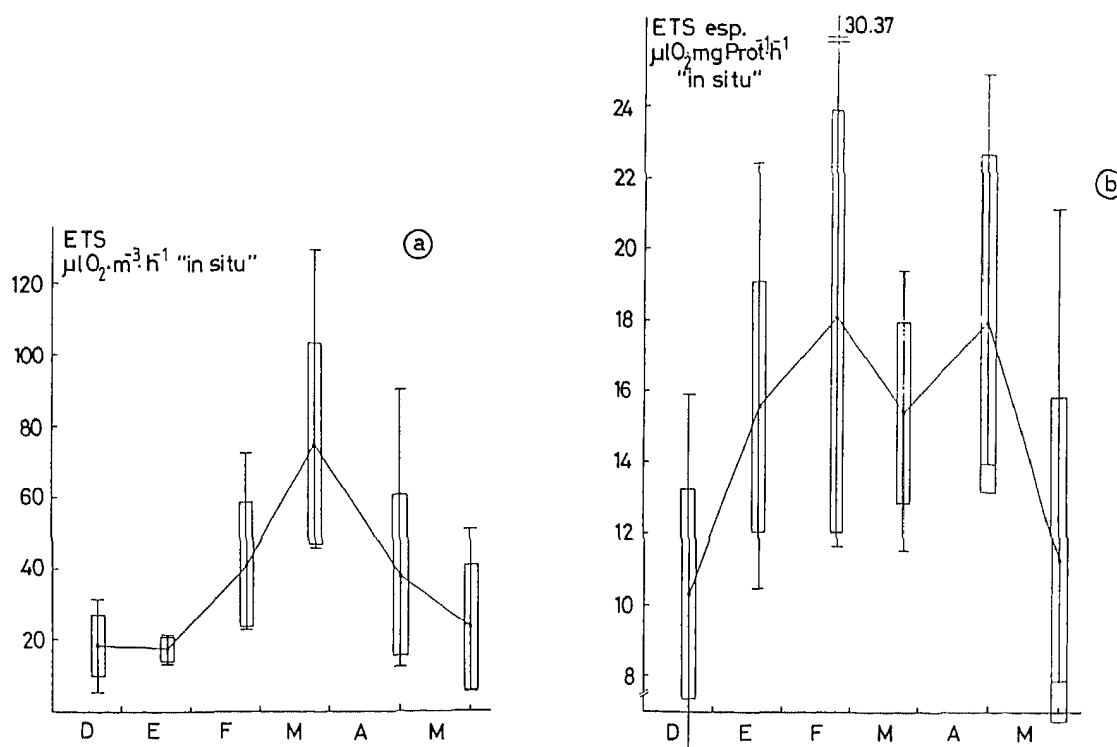


FIG. 2. — a) Variación de la actividad del ETS por unidad de volumen. b) Variación de la actividad específica. Los segmentos verticales indican los valores máximos y mínimos y los rectángulos la desviación estándar.

La distribución de máximos de actividad nos muestra tres situaciones en relación a la posición de éstos en el área de estudio. Una primera, en la cual el máximo se produce en la zona sureste. Puede apreciarse en enero como actividad específica (fig. 3d) y en marzo tanto como actividad específica (fig. 4a) como por unidad de volumen (fig. 4b). En enero no existe una coincidencia en ambos parámetros, siendo la actividad por unidad de volumen de mayor magnitud fuera de la plataforma. La situación de este gradiente, a partir del área de cizallamiento del viento, coincide con la situación mejor observada en el estudio de la biomasa (HERNÁNDEZ-LEÓN, *op. cit.*).

Una segunda situación indica la presencia de estos máximos junto a la costa, sobre la estación 4. Se observa de forma patente durante el E.P.S. 8502 y 8504 en ambas actividades (figs. 3e, 3f, 4c y 4d). En diciembre esta situación

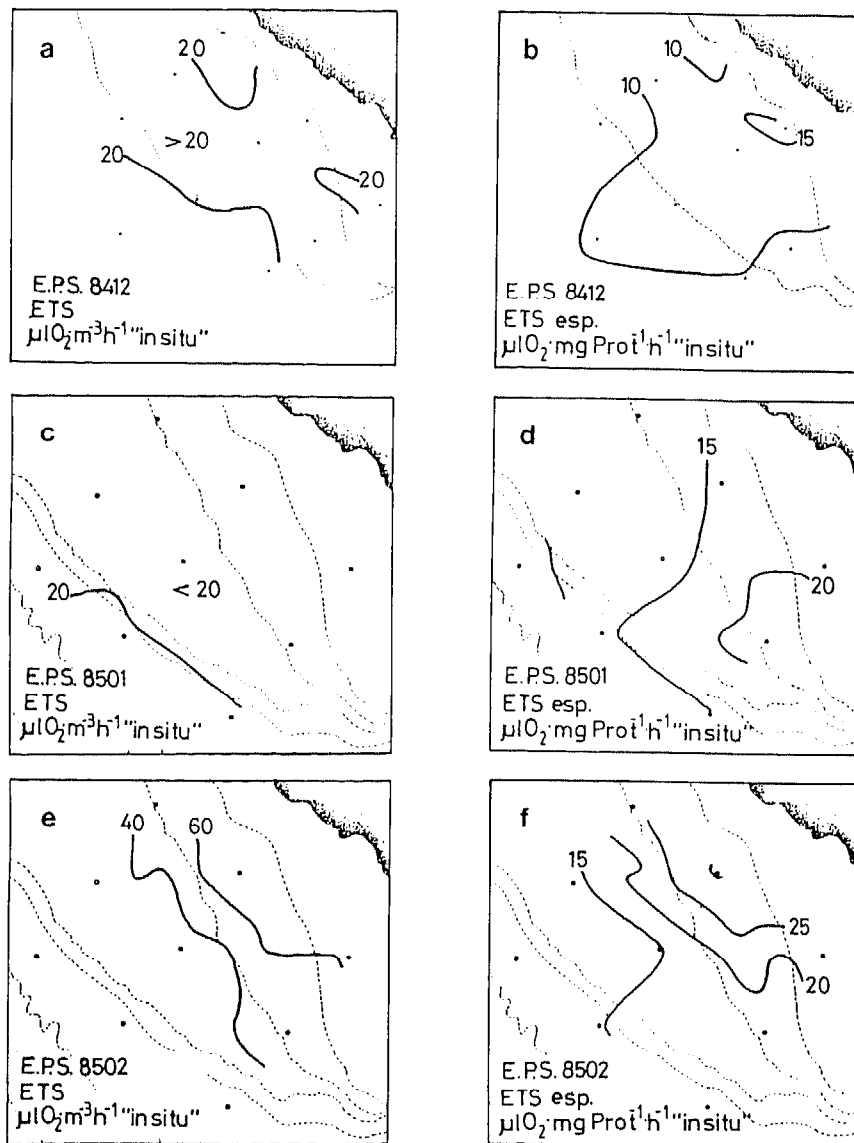


FIG. 3. — Distribución de la actividad del ETS en el área de estudio en diciembre de 1984 (*a* y *b*), enero (*c* y *d*) y febrero (*e* y *f*) de 1985.

se presenta para la actividad específica (fig. 3*b*) y en mayo para la actividad por unidad de volumen (fig. 4*e*).

La tercera sería aquella en la cual el gradiente de actividad aparece centrado sobre el área muestreada, formando un núcleo de mayor actividad sobre la estación 5. Se observa en mayo para la actividad específica (fig. 4*f*). Por otro lado, la segunda situación estudiada denota distribuciones de actividad que pueden incluirse en esta tercera; tal es el caso de la actividad específica en abril y de la actividad por unidad de volumen en mayo.

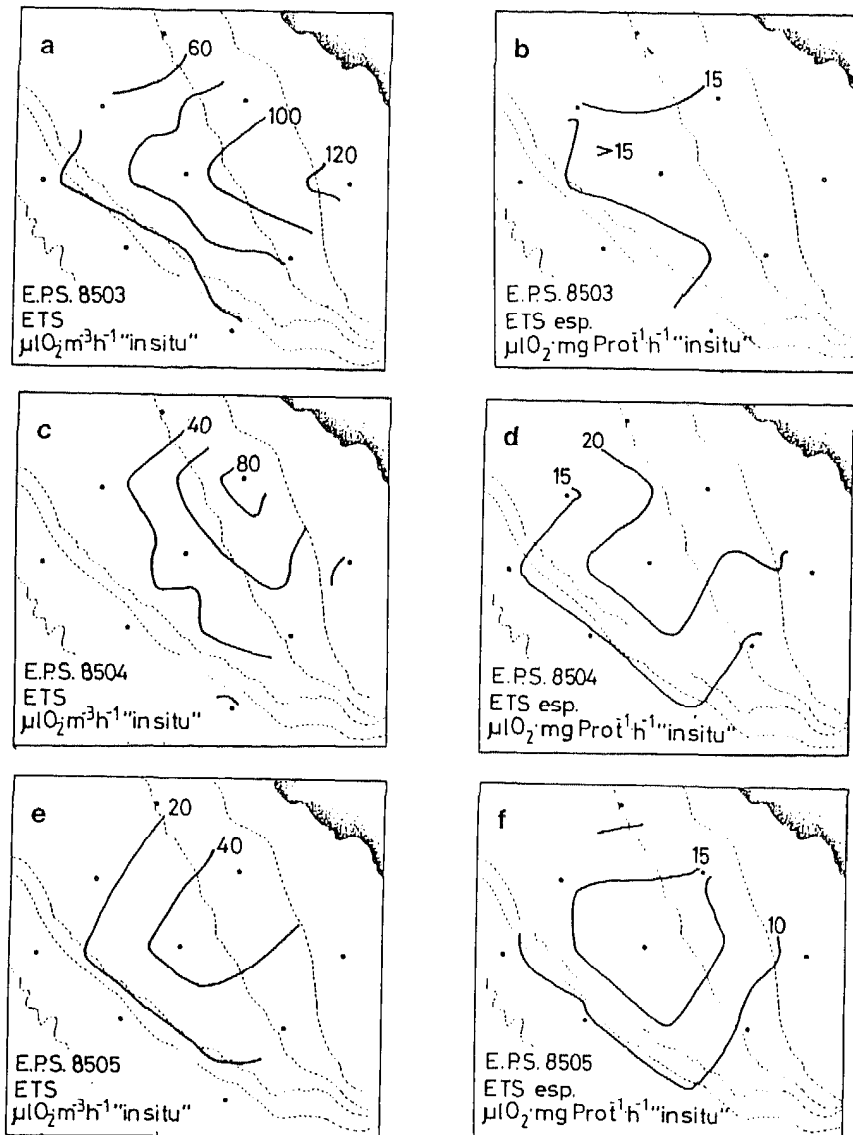


FIG. 4. — Distribución de la actividad del ETS en el área de estudio durante marzo (a y b), abril (c y d) y mayo (e y f) de 1985.

## DISCUSIÓN

Los valores de ETS muestran un comportamiento distinto según se estudien por unidad de volumen o por unidad de biomasa. En efecto, el primero presenta una evolución durante el máximo primaveral muy similar a la que experimenta la biomasa. Esto es razonable pues a mayor biomasa, mayor respiración en la columna de agua. La correlación existente entre la biomasa y el ETS así medido fue  $r = 0,88$  ( $n = 55$ ). Similar resultado se observa entre

la biomasa y la respiración a temperatura constante (SCHOLANDER *et al.*, 1953; CONOVER, 1959; IKEDA, 1970; NIVAL *et al.*, 1972).

La actividad específica del ETS muestra un aumento que precede al de biomasa, el cual tiene lugar al mes siguiente. Este dato refleja que la comunidad mesozooplanctónica eleva su metabolismo celular durante la época en que comienza a producirse la mezcla vertical en la columna de agua (HERNÁNDEZ-LEÓN, *op. cit.*). Esta no coincidencia nos permite discernir entre dos procesos productivos diferentes, tales como la elevación de dicho metabolismo debido a una entrada de energía en la comunidad y una utilización de ésta para aumentar la biomasa; producción y biomasa no tienen por qué coincidir en el tiempo. Áreas de fuerte biomasa pueden no poseer un metabolismo elevado en un determinado momento y, por el contrario, en áreas de poca biomasa la comunidad zooplanctónica puede estar en fase de crecimiento activo. Es un parámetro interesante para distinguir las distintas situaciones, en las que se encuentran las comunidades, poblaciones u organismos.

La aparición de dos máximos relativos de actividad específica es un resultado que coincide con el período más productivo del ciclo anual en estas aguas. DE LEÓN y BRAUN (1973), BRAUN (1980) y FERNÁNDEZ DE PUELLES (1986), encuentran dos máximos de producción primaria en la misma época en la que observamos estos de actividad específica. Por otro lado, HERNÁNDEZ-LEÓN (1983) encuentra el máximo de peso seco y el del número de organismos por unidad de volumen con un desfase similar. Estos dos fenómenos serían las causas de la aparición de los máximos de actividad específica.

Las situaciones mencionadas en la descripción de los gradientes hallados, coinciden en su posición con los observados en el estudio paralelo sobre la biomasa (HERNÁNDEZ-LEÓN, *op. cit.*), si exceptuamos la situación de gradiente en la zona norte. Aparecen núcleos de actividad que indican la presencia de procesos productivos que se originan cerca de las áreas de cizallamiento del campo de viento en el cual estuvo encuadrado el muestreo.

Las actividades específicas muestran estos núcleos y gradientes de forma patente, indicándonos el área donde la comunidad mesozooplanctónica se encuentra en fase activa de crecimiento celular. Si admitimos que el metabolismo celular y el crecimiento de estos organismos están relacionados, observaremos una situación de máxima productividad en la presencia de núcleos coincidentes con los de biomasa, en el área cercana a la zona de turbulencia (potencialmente más productiva), sobre la plataforma.

Los procesos relacionados con un efecto de isla discutidos al hablar de la biomasa (HERNÁNDEZ-LEÓN, *op. cit.*) parecen reproducirse al estudiar el ETS. Resta por tanto conocer cuáles son los fenómenos que se producen en el área de barlovento de la isla para poder explicar el origen de dichas actividades.



## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a Carmen Fraga Saavedra su colaboración en la elaboración del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAMSTEDT, U. — 1979. Seasonal variation in the respiratory rate and ETS activity of deep-water zooplankton from the Swedish west coast. In: *Cyclic phenomena in marine plants and animals* (E. Naylor and R.G. Hartnoll), pp. 267-274. Pergamon Press.
- BANSE, K. — 1964. On the vertical distribution of zooplankton in the sea. *Progr. Oceanogr.* 2: 53-125.
- BRAUN, J. J. — 1980. Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. I. Hidrografía, nutrientes y producción primaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5 (285): 149-154.
- CONOVER, R. J. — 1959. Regional and seasonal variation in the respiratory rate of marine copepods. *Limnol. Oceanogr.*, 4: 259-268.
- DE LEÓN, A. R. y 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.
- FERNÁNDEZ DE PUELLES, M. L. — 1986. *Ciclo anual de la comunidad de meso y microzooplancton; su biomasa, estructura, relaciones tróficas y producción en aguas de las Islas Canarias*. Tesis. Univ. de Madrid, 275 pp.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S. — 1983. *Biomasa, poblamiento y aspectos metabólicos del zooplancton en aguas de Canarias*. Tesina. Fac. Biol. Univ. La Laguna, 133 pp.
- (En prensa). Ciclo anual de la biomasa del mesozooplancton sobre un área de plataforma en aguas del Archipiélago Canario. *Inv. Pesq.*
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S., O. LLINÁS y 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.
- KENNER, R. A. y S. I. AHMED. — 1975. Measurements of electron transport activities in marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 33: 119-127.
- LOWRY, P. H., N. J. ROSENBOUGH, A. L. FARR y R. J. RANDALL. — 1951. Protein measurement with a Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275.
- NACHLAS, M. M., S. I. MARGULIES y A. M. SELIGMAN. — 1960. A colorimetric method for the estimation of succinate dehydrogenase activity. *J. Biol. Chem.*, 235: 499-503.
- NIVAL P., S. NIVAL y I. PALAZZOLI. — 1972. Données sur la respiration de différents organismes communs dans le plancton de Villefranche-sur-Mer. *Mar. Biol.*, 17: 63-76.
- OWENS, T. G. y 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.
- 1971. The measurement of respiratory electron transport activity in marine phytoplankton. *J. Mar. Res.*, 29: 235-244.
- PACKARD, T. T., D. HARMON y J. BOUCHER. — 1974. Respiratory electron transport activity in plankton from upwelled waters. *Tethys*, 6: 213-222.
- PACKARD, T. T., A. H. DEVOL y F. D. KING. — 1975. The effect of temperature on the respiratory electron transport system in marine plankton. *Deep-Sea Res.*, 22: 237-249.
- SCHOLANDER, P. F., W. FLAGG, V. WALTERS y L. IRVING. — 1953. Climatic adaptation in arctic and tropical poikilotherms. *Physiol. Zool.*, 26: 67-92.
- UNESCO. — 1968. Zooplankton sampling. *Monogr. Oceanogr. meth.* 2: 174 pp.
- VINOGRADOV, M. E. — 1970. Vertical distribution of the oceanic Zooplankton. *Israel Program for Scientific Translations*. Jerusalem, 339 pp.