

Nota sobre la regeneración de amonio por el mesozooplancton en aguas de Canarias

Santiago Hernández-León

C. U. S. de Ciencias del Mar. Apartado 550. Las Palmas de Gran Canaria. España.

RESUMEN

Se estudian las tasas de excreción de amonio y de respiración, dependiendo del tipo de incubación, con animales bajo los factores estrés e inanición. Según el tipo de experiencia, la importancia del amonio regenerado por el mesozooplancton se encuentra entre un 11 y un 36 % de las necesidades de nitrógeno de la producción primaria, siendo los valores medios para la tasa de excreción de amonio y de respiración, 1.04 y 0.28 μ g-at. $N-NH_4^+$. mg P.S.⁻¹. día⁻¹ y 158.47 y 59.83 μ l O_2 .mg P.S.⁻¹. día⁻¹, respectivamente. Se comparan nuestros resultados con los encontrados por otros autores en distintas regiones.

ABSTRACT

Ammonium excretion and respiration rates are studied with animals incubated under stress and starvation factors. According with these experiments the ammonium regeneration by mesozooplankton ranged between 11 and 36 % of the nitrogen requirements of the primary productivity. The mean values for excretion and respiration rates were 1.04 and 0.28 μ g-at. $N-NH_4^+$. mg Dry Weight⁻¹. day⁻¹ and 158.47 and 59.83 μ l O_2 .mg D.W.⁻¹. day⁻¹, respectively. Ours data are compared with the results obtained by others authors in different regions.

INTRODUCCION

La producción primaria viene determinada por la cantidad de nutrientes y la cantidad de luz, constituyendo éstos sus factores de control dominantes. En mares de tipo tropical y subtropical, la cantidad de luz no llega a ser un factor limitante, por lo que la producción primaria dependerá de la cantidad de nutrientes (Koblentz-Mishke et al., 1970).

Existen en el océano dos fuentes de nutrientes, por una parte, los que afloran a la superficie por procesos físicos como mezclas verticales, afloramientos, y, por otra parte, los nutrientes que son reciclados por procesos biológicos. Las fuentes de nitrógeno son en el primer caso los nitratos y en el segundo el amonio, además de otros productos de excreción. A la primera se le denomina «nueva producción» y a la de tipo biológico «producción regenerada» (Dugdale y Goering, 1967).

La importancia de la excreción del zooplancton se conoce hace años y los primeros resultados fueron dados por Ketchum (1962). La parte mineral de dicha excreción es asimilada inmediatamente por el fitoplancton. Por otra parte, las relaciones entre los diferentes tipos de excreción nos indica la naturaleza de la sustancia oxidada y el grado de asimilación del nitrógeno.

La principal objeción interpuesta por los diversos autores a estos experimentos es, sin duda, la necesidad de incubación en pequeños volúmenes de agua de mar, lo que produce concentraciones de animales muy superiores a las encontradas en medio marino. Otro de los factores que influyen en el resultado es el estrés al que se someten los animales durante la pesca y posterior manipulación. El descenso de la tasa de excreción y respiración con el tiempo de incubación, es un resultado comúnmente encontrado, debido a dicho factor y a la inanición que se produce como consecuencia de rea-

lizarse la incubación en agua de mar filtrada (Le Borgne, 1979; Nival et al., 1974; Samoti y Pomeroy, 1965).

En la presente nota se exponen los resultados según estos dos factores basados en la respiración y excreción de amonio de la población mesozooplancónica total, así como la importancia de dicha excreción en la regeneración de nutrientes en aguas de Canarias.

MATERIAL Y METODOS

El zooplankton es capturado con una red WP-2 provista de un colector de gran capacidad. La biomasa del mesozooplankton es determinada según el método de Lovegrove (1966) y los datos correspondientes están expuestos en Hernández-León et al. (1984). Se realizaron incubaciones a los 15 minutos, 5 y 24 horas de terminadas las pescas, para lo cual los animales fueron mantenidos en agua de mar del lugar en donde fue efectuada la pesca. Como incubadores se utilizaron botellas ámbar de un litro de capacidad y por cada una, conteniendo animales, se puso una de control sin ellos. Los animales fueron escogidos para la incubación entre los más activos y ninguna selección de especies fue efectuada, salvo la eliminación de carnívoros evidentes como Quetognatos y Sifonóforos. Se utilizó agua de mar filtrada (Whatman GF/C) para evitar la degradación de la materia orgánica particulada, debido a bacterias y para evitar también la asimilación de nutrientes y oxígeno por el fitoplankton. La temperatura fue regulada mediante un baño termostático, realizado en cámara isotérmica. La duración de las experiencias estuvo entre las 19 y 24 horas, con el objeto de obtener valores significativos con la menor cantidad de organismos en la incubación. Una vez finalizada la experiencia, se filtran los animales y se determina el peso seco.

La excreción de amonio se calculó como la diferencia encontrada entre la cantidad de amonio excretado en el incubador al final de la experiencia y el control en $\mu\text{at} - \text{g N-H}_4/1$ y referido a miligramos de peso seco del zooplankton y a 24 horas. Para la determinación de amonio se ha utilizado el método propuesto por Strickland y Parsons

(1972). Las muestras por triplicado fueron analizadas sin retraso, para evitar pérdidas o ganancias por contaminación. Todo el material utilizado fue lavado con ácido clorhídrico diluido y agua destilada-desionizada.

La respiración será la diferencia encontrada entre la cantidad de oxígeno consumido en el incubador al final de la experiencia y el control expresado en $\mu\text{l O}_2/1$, referido a los miligramos de peso seco del zooplankton incubado y a 24 horas. La determinación del oxígeno se realizó mediante el método Winkler, fijando la muestra inmediatamente después de finalizar el experimento.

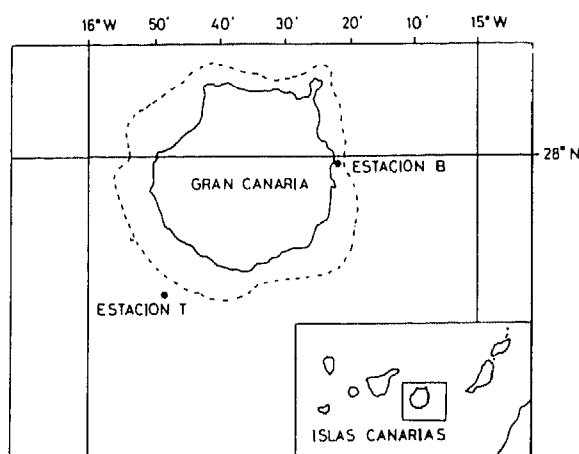


Fig. 1.—Localización de las estaciones muestradas para la obtención de los organismos incubados.

RESULTADOS

Además de la contaminación, diversos problemas se plantean en la determinación del amonio. La pendiente de la recta varía dependiendo de la fuerza del hipoclorito sódico, que se descompone lentamente. Dicha fuerza habrá que valorarla periódicamente o realizar una recta de calibrado a la hora de llevar a cabo cada experimento. La recta de calibrado tipo que hemos realizado queda de la siguiente forma: $y = 0.112 \times -0.007$; $r = 0.97$; $n = 76$. Hemos realizado una recta de calibrado de cinco puntos a la hora de llevar a cabo cada experiencia, con objeto de suprimir dicha variación.

En las primeras incubaciones efectuadas durante el invierno en una estación costera en aguas de la bahía de Taliarte (fig. 1), los

CUADRO I.—Valores de biomasa (mg P.S.m^{-2}), tasas de excreción ($\mu \text{ at-g NH}_4.\text{mg P.S.}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y excreción ($\text{at-g NH}_4.\text{m}^{-2}.\text{día}^{-1}$) encontrados por los distintos autores a título de comparación. Temperatura en $^{\circ}\text{C}$

Autor	Región	Temp.	Biomasa	Tasa excreción	Excreción
Whitledge y Packard (1971)	Aflor. Perú	15	—	—	0,019-0,420
Eppley et al. (1973)	Pacif. Central	20	398- 930	0,19-1,29	0,375-0,698
Herbland et al. (1973)	Aflor. Maurit.	14-15	376-5,932	0,83-3,439	0,596-24,54
Ganf y Blazka (1974)	Lago Georges	27	833	3,02-3,24	2,43 - 2/7
Smith y Whitledge (1977)	Aflor. Maurit.	17-22	1 650-13 190	1,42-2,3	3,95-10,8
Le Borgne (1978)	Aflor. Maurit.	14-16	1 061- 5 175	0,39-0,54	0,67 - 2,64
Le Borgne (1977)	Golfo Guinea	16-28	1 249-2 341	0,64-1,8	2,724
Presente trabajo	Is. Canarias	20	1 297-1 489	0,28-1,04	0,417-1,349

valores medios obtenidos fueron de $1.04 \mu \text{ at } -\text{g N-NH}_4^+.\text{mg P.S.}^{-1}.\text{día}^{-1}$ para la excreción de amonio y de $158.47 \mu \text{l O}_2.\text{mg P.S.}^{-1}.\text{día}^{-1}$ para la respiración en incubaciones realizadas inmediatamente después de haber efectuado la pesca. Los valores son intermedios entre los encontrados por diversos autores (cuadro I). En las experiencias realizadas en el mes de mayo en una estación al sur de Gran Canaria (fig. 1) en incubaciones comenzadas a las cinco horas de realizada la pesca, los valores medios son sensiblemente más bajos. En este caso, el valor medio de las tasas de excreción de amonio es de $0.28 \mu \text{ at } -\text{g N-NH}_4^+.\text{mg P.S.}^{-1}.\text{día}^{-1}$, siendo el valor medio de las tasas de respiración de $59.83 \mu \text{l O}_2.\text{mg P.S.}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Dichos valores coinciden con los más bajos encontrados en la literatura (cuadro I).

Tomando el valor de la tasa de excreción media encontrada en el mes de mayo y teniendo en cuenta que la biomasa del mesozooplancton fue de $1 489.7 \text{ mg P.S. m}^{-2}$, la producción de amonio en la columna de agua 0-200 metros sería de $417.12 \mu \text{ at } -\text{g N-NH}_4^+.\text{m}^{-2}.\text{día}^{-1}$. Dicho valor está basado en incubaciones realizadas a las cinco horas de efectuada la pesca. Si utilizamos el va-

lor $1.04 \mu \text{ at } -\text{g N-NH}_4^+.\text{mg P.S.}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en el invierno y la biomasa correspondiente al mes de febrero de $1 297.62 \text{ mg P.S.m}^{-2}$ para la columna de agua de 0-200 metros, la producción regenerada de amonio por el mesozooplancton será $1 349.52 \mu \text{ at } -\text{g N-NH}_4^+.\text{m}^{-2}.\text{día}^{-1}$.

Si aceptamos que la producción primaria en nuestras aguas es de $325 \text{ mg C.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ (Braun, 1981) y que la relación $\text{N/C} = 0.16$ (Goldman y McCarthy, 1978) o la relación $\text{C/N} = 6.1$ (Voituriez y Herbland, 1977) es constante, tomaremos el valor de asimilación por el fitoplancton de $3.714 \text{ mg-at N.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$.

Según lo expuesto anteriormente, nuestro primer valor de $0.417 \text{ mg-at N-NH}_4^+.\text{m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ correspondería al 11.23 % de las necesidades del fitoplancton y el segundo valor de $1.349 \text{ mg-at N-NH}_4^+.\text{m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ representaría el 36.34%. Dichos resultados se comparan con los encontrados por otros autores en el cuadro II.

Para observar el efecto de la temperatura en la tasa de excreción de amonio, hemos incubado a los animales a tres temperaturas (cuadro III). Los valores correspondientes a 13.5 y 16.5°C nos parecen muy ajustados y se necesitarán más datos para confirmarlos.

CUADRO II.—Importancia del NH_4 regenerado por el zooplancton en relación a las necesidades de la producción primaria según los distintos autores

Región	(%)	Referencia
Afloramiento NW Africa	12-36	Smith y Whitledge (1977)
Aguas oligotróficas NW U.S.A	36	Jawed (1973)
Giro Central del Pacífico Norte	40-50	Eppley et al. (1973)
Mar del Kuroshio	11-44	Ikeda y Motada (1978)
Long Island Sound	43-66	Harris (1959)
Plataforma Canadiense (Nova Scotia)	2-50	Fournier et al. (1977)
Oeste del Golfo de México	17	Bidigare et al. (1982)
Golfo de Guinea	17-57	Le Borgne (1977)
Islas Canarias	11-36	Presente trabajo

CUADRO III.—Resultados obtenidos de tasas de excreción (μ at-g NH_4 .mg P.S. $^{-1}$.día $^{-1}$) y respiración (μ l O_2 .mg P.S. $^{-1}$.día $^{-1}$). Duración del experimento en horas, peso seco de organismos incubados en mg y temperatura en ° C

Mes	Temp.	Duración	P.S.	Tasa excreción	Respiración	O/NH ₄	Incubación
Enero	20	24	7.23	0.94	96.01	9.11	a los 15 min de
Enero	20	24	1.75	1.14	220.94	17.29	realizada la pesca
		MEDIA		1.04	158.47	13.2	
Mayo	20.5	19	2.55	0.15	31.04	18.46	a las cinco horas
Mayo	20.5	19	0.67	0.42	88.63	18.83	
		MEDIA		0.28	59.83	18.64	
Mayo	20.5	19	1.76	0.16	—	—	
Junio	13.5	20	2.56	0.17	—	—	a las 24 horas
Junio	16.5	20	4.3	0.17	—	—	
Junio	20.2	20	3.89	0.23	—	—	

Entre 16.5 y 20.2° C se ha calculado el índice Q_{10} cuyo estudio permite definir el grado de adaptación de los animales a las variaciones térmicas del medio. El valor hallado de 2.01 en nuestras aguas es próximo al de 2.16 encontrado en temperaturas entre 15 y 20° C por Le Borgne (1977).

El valor de la relación O/NH₄ traduce la naturaleza del sustrato oxidado por el zooplancton y está relacionado con la composición de las partículas ingeridas por esta comunidad. Una alimentación rica en fitoplancton hará subir, por tanto, dicha relación (Bougis, 1974). Nuestro valor en el mes de enero es de 13.2, siendo en el mes de mayo de 18.64, coincidiendo con el máximo de organismos encontrado (Hernández-León et al., 1984).

DISCUSION

La importancia que tiene la forma de realizar las incubaciones sobre el valor final de la excreción de amonio y de la respiración es puesto de manifiesto, habiéndose observado una diferencia significativa en los resultados obtenidos bajo los factores estrés e inanición. En efecto, los valores medios de tasas de excreción y respiración se mantienen dentro del rango de valores obtenidos por los distintos autores en áreas oligotróficas, si bien los datos de las incubaciones realizadas a las cinco y veinticuatro horas de la captura son inferiores (cuadro I). Existen en la literatura ejemplos mostrando el decrecimiento de las tasas de respiración y excreción con el tiempo en las incubaciones (Conover y Corner, 1968; Ikeda, 1974, 1977;

Mayzaud, 1976). Recientemente, Ikeda y Skjoldad (1980) miden la carga energética (EC) de los organismos incubados, concluyendo que dicho decrecimiento se debe más a la inanición que al estrés producido durante la captura.

Las tasas de respiración de las primeras incubaciones pueden considerarse normales cuando se trabaja con zooplancton total. Pocos son los trabajos en los que se utiliza el conjunto de la población para determinar tasas metabólicas; los valores que aparecen en la literatura quedan normalmente comprendidos entre 100 y 300 μ l O_2 .mg P.S. $^{-1}$.día $^{-1}$ en valores medios (Conover y Mayzaud, 1975; Le Borgne, 1973, 1977, 1979), dependiendo del estado metabólico de la población, así como de los factores que lo controlan.

A partir de las experiencias de excreción de amonio hemos deducido su importancia en la regeneración de nitrógeno como nutriente limitante en la fisiología de las poblaciones fitoplanctónicas. Los resultados concuerdan con los valores que se reportan en la literatura, si bien los nuestros no se corresponden con los más elevados (cuadro II). La importancia de esta excreción es la de mantener en un 36% las necesidades de nitrógeno de la producción primaria, siendo el resto el aporte de nitratos desde las capas inferiores de la zona eufótica. Asimismo, el valor del 11% entra en el rango citado por los distintos autores, aunque en nuestro caso es importante señalar que éste sería más elevado si la incubación se hubiera llevado a cabo en el momento de capturar a los animales.

Los bajos valores de la relación O/N reflejan un catabolismo proteico de la comu-

nidad zooplanctónica (Ikeda, 1974). En nuestras experiencias (cuadro III) los valores coinciden con los encontrados en aguas de tipo oligotrófico, como observa Le Borgne (1977) con valores bajos (9.9-11.4) y en relación a los encontrados por Ikeda y Hing Fay (1981) para aguas del océano Antártico (entre 7.5 y 190.2).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a Carmen Fraga Saavedra su colaboración en la realización de la presente nota.

BIBLIOGRAFIA

- BIDIGARE, R. R.; KING, F. D., y BIGGS, D. C. 1982. Glutamate dehydrogenase (GDH) and respiratory electrontransport-system (ETS) activities in Gulf of Mexico zooplankton. *J. Plankton Res.* 4 (4):895-911.
- BOUGIS, P. (1974). *Ecologie du Plancton Marin. II. Le Zooplancton*. Masson et cie. éditeurs. París. 200 pp.
- BRAUN, J. G. 1981. 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., y CORNER, E. D. 1968. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 48:39-75.
- CONOVER, R. J., y MAYZAUD, P. 1975. Respiration and nitrogen excretion of neritic zooplankton in relation to potential food supply. Proc. 10 th Eur. Symp. Mar. Biol. Ostend, Belgium, Sept. 17-23, 1975. Persoone, G. and E. Jaspers (Eds.). Universe Press, Wetteren. Vol. 2:151-163.
- DUGDALE, R. C., y GOERING, J. J. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen and primary productivity. *Limnol. Oceanogr.*, 12:196-206.
- EPPLEY, R. W.; RENGER, E. H.; VERNICK, E. L., y MULLIN, M. M. 1973. A study of plankton dynamics and nutrient cycling in the central gyre of the North Pacific. *Ocean. Limnol. Oceanogr.*, 18(4):534-551.
- FOURNIER, R. O.; MARRA, J.; BOHRER, R., y VAN DET, M. 1977. Plankton dynamics and nutrient enrichment of the scotian Shelf. *J. Fish. Res. Bd. Canadá*, 34:1004-1018.
- GANF, G. G., y BLAZKA, P. 1974. Oxigen uptake, ammonia and phosphate excretion by zooplankton of a shallow equatorial lake (lake George, Uganda). *Limnol. Oceanogr.* 19 (2):313-325.
- GOLDMAN, J. C., y MCCARTHY, J. J. 1978. Steady state growth and ammonium uptake of a fast growing marine diatom. *Limnol. Oceanogr.* 23 (4):695-703.
- HARRIS, E. 1959. The nitrogen cycle of Long Island Sound. *Bull. Bingham. Oceanogr. Collect.*, 17:31-65.
- HERBLAND, A.; LE BORGNE, R., y VOITURIEZ, B. 1978. Production primaire, secondaire et régénération des sels nutritifs dans l'upwelling de Mauritanie. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 4 (1):1-75.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; LLINAS, O., y BRAUN, J. G. 1984. Nota sobre la variación de la biomasa del mesozooplancton en aguas de Canarias. *Inv. Pesq.* 48 (3):495-508.
- IKEDA, T. 1974. Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 22:1-97.
- IKEDA, T. 1977. The effect of laboratory conditions on the extrapolation of experimental measurements to the ecology of marine zooplankton. IV. Changes in respiration and excretion rates of boreal zooplankton species maintained under fed and starved conditions. *Mar. Biol.* 41:241-252.
- IKEDA, T., y HING FAY, E. 1981. Metabolic activity of zooplankton from the Antarctic ocean. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 32:921-930.
- IKEDA, T., y MOTODA, S. 1978. Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. *Fishery Bull. U. S.* 76:357-367.
- IKEDA, T., y SKJOLDAL, H. R. 1980. The effect of laboratory conditions on the extrapolation of experimental measurements to the ecology of marine zooplankton. VI. Changes in physiological activities and biochemical components of *Acartia sibogae australis* and *Acartia australis* after capture. *Mar. Biol.* 58:285-293.
- JAWED, M. 1973. Ammonia excretion by zooplankton and its significance to primary productivity during summer. *Mar. Biol.* 23:115-120.
- KETCHUM, B. H. 1962. Regeneration of nutrients by zooplankton. Rapp. Proc. V. Réun. Cons. Perm. int. Explor. Mer., 153:142-147.
- KOBLENTZ-MISHKE, O. J.; VOLKOVINSKY, V. V., y KABANOVA, J. G. 1970. Plankton primary production of the World ocean. In: *Scientific Exploration of South Pacific*. Wooster, W. S. (Ed.). Nat. Academy Sciences, 183-193.
- LE BORGNE, R. P. 1973. Etude de la respiration et l'excretion d'azote et de phosphore des populations zooplanctoniques de l'upwelling mauritanien (mars-avril, 1972). *Mar. Biol.* 19:249-257.
- LE BORGNE, R. P. 1978. Ammonium formation in cape Timiris (Mauritania) upwelling. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 31:253-265.
- LE BORGNE, R. P. 1979. Influence of duration of incubation on zooplankton respiration and excretion results. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 37: 127-137.
- LOVEGROVE, T. 1966. The determination of the dry weight of plankton values obtained. In: *Some Contemporary Studies in Marine Science*. Harold Barnes Ed.: 429-467. George Allen and Unwin Ltd., London.
- MAYZAUD, P. 1976. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. IV. The influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species. *Mar. Biol.* 37:47-58.
- NIVAL, P.; MALARA, G.; CHARRA, R.; PALAZZOLI, I., y NIVAL, S. 1974. Etude de la respiration et de l'excretion de quelques copépodes planctoniques (Crustacea) dans la zone de remontée d'eau profone des côtes marocaines. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 15:231-260.
- SATOMI, M., Y POMEROY, L. R. 1965. Respiration and phosphorus excretion in some marine populations. *Ecology*, 6:877-881.

- SMITH, S. L., y WHITLEDGE, T. E. 1977. The role of zooplankton in the regeneration of nitrogen in a coastal upwelling system off Northwest Africa. *Deep-Sea Res.* 24 (1):49-59.
- STRICKLAND, J. D. H., y PARSONS, T. R. 1972. a practical handbook of Seawater Analysis. *Fish. Res. Bd. Can., Bull.* 167 pp.
- VOITUREZ, B., y HERBLAND, A. 1977. Etude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique a 4° W.I. Relations entre la structure hydrologique et la production primaire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* 15 (4):313-331.
- WHITLEDGE, T. E., y PACKARD, T. T. 1971. Nutrient excretion by Anchovies and zooplankton in Pacific Upwelling regions. *Inv. Pesq.*, 35:243-250.

Manuscrito recibido en diciembre de 1984