

# Relación entre Biomasa, Tasa de Crecimiento, Respiración y actividad ETS en el crustáceo *Artemia salina*



I. Martínez\*, M. Gómez\*, T.T. Packard\*\*

\* Laboratorio de Oceanografía Biológica, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira 35017, Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España  
 \*\* Instituto de Ciencias Marinas, Paseo Marítimo de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona, España

Contacto: imartinez@becarios.ulpgc.es

## INTRODUCCIÓN:

La biomasa y la actividad metabólica de los organismos marinos son parámetros de gran importancia en el estudio de la abundancia y la estructura de las poblaciones que forman, y constituyen elementos claves para el entendimiento del flujo de energía en los océanos.  
 Dada la importancia de poder medir estos parámetros en muestras recogidas directamente en experimentos de campo, y sus medidas deben de ser calibradas primeramente en el laboratorio para encontrar los métodos y relaciones más adecuadas, además de determinar los efectos que puedan tener las condiciones ambientales, la edad y el estado fisiológico en dichos parámetros.



## MATERIAL Y MÉTODOS:

La interpretación de las medidas de la actividad ETS y su correcto entendimiento requieren de la realización de ensayos experimentales cuyo objetivo sea la búsqueda de los efectos de la edad, estado fisiológico, temperatura, etc. en el metabolismo de los organismos.  
 Se realizaron tres experiencias con cultivos del crustáceo *Artemia salina*, en condiciones controladas de temperatura y alimentación. Únicamente se tomaron muestras para determinar la biomasa (tanto en proteínas como en peso seco -convertido a unidades de carbono-), la actividad ETS (respiración potencial), la respiración y la tasa de crecimiento. Se estudió la evolución de estos parámetros con el tiempo a lo largo del periodo de incubación.

Experiments	Incubation time (d)	Temperature (°C)	Kind of food
Experiment 1	30	22.1 ± 0.1	Dunaliella salina
Experiment 2	7	25	Nanctoclorosis sp.
Experiment 3	1	25	Nanctoclorosis sp.

Tabla1. Condiciones de temperatura y alimentación de los cultivos en los diferentes experimentos realizados

La metodología utilizada fue la siguiente:

1. Actividad del sistema de Transporte de electrones (ETS), según los métodos de Packard (1971) y Gómez et al. (1996)
2. Respiración como consumo de oxígeno, mediante el método microwinkler (Bryan, Riley & Williams, 1976) y con el empleo de microsensores de oxígeno.
3. Proteínas, Lowry et al. (1951)
4. Tasa de crecimiento, Kimmerer and McKinnon (1987)
5. Peso seco, Lovegrove (1966)

Para obtener el peso seco a partir de los datos de proteínas se usó la relación obtenida en los experimentos:

$$DW = 1.02826503 + 1.64918743 \cdot \text{protein}$$

Con un ajuste de  $r^2 = 0.9687$ .

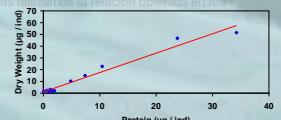


Fig1. Curva de crecimiento de los organismos durante el periodo de producción, en unidades de carbono (calculadas como el 40% del peso seco). Se observa que presentaron un crecimiento exponencial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

*Artemia salina*, presentó una curva de crecimiento exponencial durante el periodo de estudio (Fig.1)

La evolución de la respiración y de la actividad ETS mostró una tendencia a disminuir con el tiempo (Fig.4). Ambos parámetros siguen un patrón bastante similar, algo que era de esperar ya que la actividad ETS (respiración potencial) es un claro índice metabólico de la respiración de los organismos.

Las tasas de crecimiento presentaron valores medios relativamente estables a lo largo del periodo de incubación (Fig.3).

Los valores obtenidos de estos tres parámetros: tasa de crecimiento ( $\mu = 0.21 \pm 0.27 \text{ d}^{-1}$ ), tasa de respiración ( $R = 0.331 \pm 0.076 \mu\text{O}_2 \text{ h}^{-1} \text{ animal}^{-1}$ ) y tasa de respiración potencial ( $\Phi = 11.76 \pm 18.43 \mu\text{O}_2 \text{ h}^{-1} \text{ animal}^{-1}$ ) se encuentran en el rango observado en la literatura por otros autores para experimentos en condiciones similares (Tabla 2).

En general los citados parámetros siguieron los patrones de comportamiento esperados y observados en la literatura por otros autores.

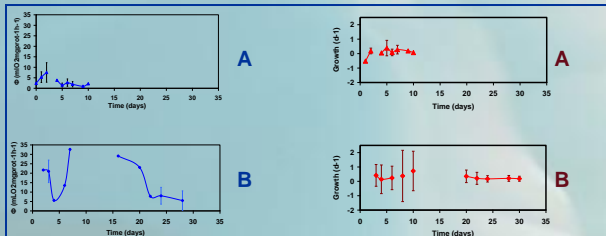


Fig2a y b. Respiración potencial ( $\Phi$ ) frente al tiempo medida en  $\mu\text{O}_2 \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

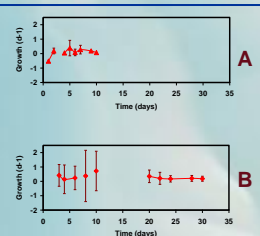


Fig3a y b. Evolución de las tasas de crecimiento con el tiempo.

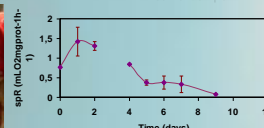


Fig4. Evolución de la respiración específica de los individuos con la edad del cultivo.

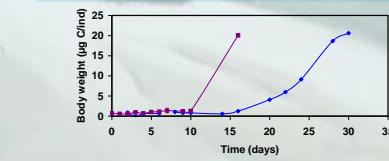


Fig5. Ratio respiración/biomasa en función del tiempo.

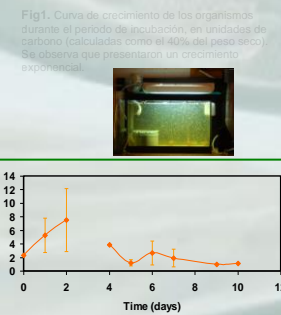


Fig6. Ratio Respiración potencial/biomasa en función del tiempo.

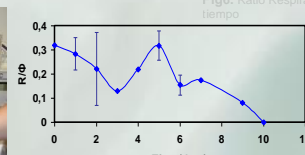


Fig7. Ratio respiración/respiración potencial en función del tiempo.



Fig9. Representación del Ln de la respiración potencial ( $\Phi$ ) frente al Ln de la biomasa (proteínas) por individuo.  
 $y = 0.7518x + 1.2057$   
 $r^2 = 0.6405$

Cuando representamos la respiración potencial de los organismos frente a su biomasa en la forma logarítmica de una ecuación alométrica (Kleiber, 1961) se obtuvo una pendiente de 0.75, valor que era de esperar según varios estudios sobre el metabolismo del zooplankton, King & Packard (1975) y Whitfield (2006)



Fig10. Representación de la respiración potencial ( $\Phi$ ) frente a la biomasa, datos tomados de King & Packard (1975)  
 $y = 0.7913x + 1.187$   
 $r^2 = 0.9458$



Fig11. Representación de la respiración frente a la biomasa (King & Packard, 1975)  
 $y = 0.7565x + 0.4046$   
 $r^2 = 0.9363$

El estudio de la evolución de los ratios R/biomasa,  $\Phi$ /Biomasa y R/ $\Phi$  muestran una disminución de estos parámetros con respecto a la edad del cultivo. Este hecho podría deberse a una limitación en las condiciones de alimentación, dado que en algún momento la cantidad de alimento suministrada al cultivo no fuese la necesaria para su óptimo desarrollo. En un trabajo anterior Packard et al. (1996), observaron una disminución similar en el ratio R: $\Phi$  en un cultivo controlado de la bacteria *Pseudomonas nautica* debida a una clara limitación de alimento.

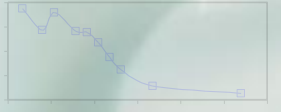


Fig8. Ratio respiración/respiración potencial (Packard et al. 1996)



Tabla2. Comparación de los resultados obtenidos con los datos encontrados en la literatura por otros autores en experimentos con condiciones similares

Referencias	Growth rate (d <sup>-1</sup> )	Respiratory respiration rates (μO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> animal <sup>-1</sup> )	Respiration rates (μO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> animal <sup>-1</sup> )	Respiration rate (μO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> animal <sup>-1</sup> )
Dur experiments	0.21 ± 0.27 (-0.52 - 0.76)	11.7 ± 18.43 (0.90 - 61.84)	20-246	0.331 ± 0.076 (0.1-0.49)
Berges et al. (1990)	0.28 ± 0.2 (0.077-0.493)	-	-	-
Evjemo et al. (1993)	0.23 ± 0.19 (0.04-0.4)	-	-	-
Lora-Velazco et al. (2004)	0.38 ± 0.11 (0.32-0.84)	-	-	-
King & Packard (1975)	-	11.3 ± 13.9 (Mixed copepods)	-	0.253 ± 0.050 (Calanus pacificus)
Packard & Taylor (1968)	-	-	25-338	-
Keda et al. (2004)	-	-	-	0.30 ± 0.01 (Neocalanus cristatus)

## CONCLUSIONES:

1. La tasa de crecimiento, la tasa de respiración y la tasa de respiración potencial, se encuentran en el rango observado en la literatura por otros autores
2. La evolución de los ratios R/biomasa,  $\Phi$ /biomasa y R/ $\Phi$ , parecen reflejar las condiciones de alimentación a la que estuvieron sometidos los cultivos
3. La representación del Ln de la respiración potencial ( $\Phi$ ) frente al Ln de la biomasa por individuo, presenta una pendiente de 0.75, coincidente con la ecuación alométrica de Kleiber que define las reacciones metabólicas frente a la biomasa de los organismos
4. La respiración potencial se presenta como un claro índice metabólico de la respiración de los organismos

## BIBLIOGRAFIA

Berges J.A., Roff J.C. and Ballantyne J.S. (1990) Relationship between body size, growth rate and maximal enzyme activity in copepods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 21:191-197  
 Bryan R.W.S., Riley S. and Williams T.B. (1976) Respiration and the activity of the respiratory electron transport system in marine zooplankton. *Limnology and Oceanography* vol20(1):849-854  
 Cordero-Esquivel B., and Voltolina D. (2004) Growth of *Artemia franciscana* fed *Isocryptus* sp. and *Chlorella* sp. *Neocalanus cristatus*. *Mar. Biol.* 145:1181-1190  
 Kimmerer W.J. and McKinnon J.D. (1987) Growth, mortality and secondary production of the copepod *Acartia tonsa* in Westernport Bay, Australia. *Limnology and Oceanography* 32(1):14-26  
 King F.D. and Packard T.T. (1975) The effect of food concentration on the growth and production rate of *Artemia franciscana* feeding on algae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* vol24:273-298  
 Kleiber M. (1961) Modification of the electron transport system (ETS) method for routine measurements of respiratory rates of zooplankton. *Am. J. Mar. Biol.* 1:15-20  
 Keda T., Bano F. and Yamaguchi A. (2004) Metabolism and body composition of a copepod (*Neocalanus cristatus*) from the bathypelagic zone of the Okhotsk region. *Deep Sea Res.* 51:145-158  
 Lovegrove (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 (H. Barnes ed.) George Allan and Unwin Ltd. London pp:29-45  
 Lowry et al. (1951) Protein measurement with a Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275  
 Packard T.T. and Taylor P.B. (1968) The relationship between succinate dehydrogenase activity and oxygen consumption in the brine shrimp *Artemia salina*. *Limnology and Oceanography* vol13(3):552-555  
 Packard T.T. (1971) The measurement of respiratory electron transport activity in marine phytoplankton. *J. Mar. Res.* 29:238-244  
 Packard T.T. et al. (1996) Oxygen consumption in the marine bacterium *Pseudomonas nautica* predicted from ETS activity and substrate enzyme kinetics. *J. Plank. Research* vol18(10):1819-1834  
 Whitfield J. (2006) In the heat of a heart: Life, Energy, and the unity of Nature. Joseph Henry Press 216pp