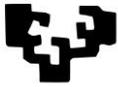
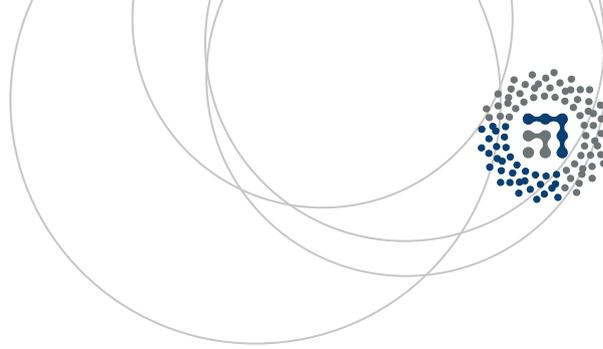


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



ZTF-FCT

Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología



Trabajo Fin de Grado
Grado en Biología

El coste de la osmorregulación: Efecto de la salinidad sobre la tasa metabólica del crustáceo *Artemia* sp.

Autor:

Ibone Martinez

Director/a:

Iñaki Urrutxurtu



Indice

1. Resumen.....	3
2. Introducción.....	5
3. Materiales y métodos.....	8
4. Resultados.....	10
5. Discusión.....	14
6. Bibliografía.....	16

Resumen

La *Artemia sp.* (Leach, 1819) es un género eurihalino, ya que puede sobrevivir en salinidades muy diversas, desde el agua dulce, con salinidades inferiores a 5 g/l, hasta aguas hipersalinas, con salinidades superiores a 200 g/l. Esta característica hace de la artemia un animal cosmopolita. Su adaptabilidad es en gran medida debida a la alta capacidad de regulación osmótica, siendo uno de los animales con mejor osmoregulación del reino animal. En salinidades por debajo de 9 g/l es un animal osmoconformador y por encima de dicha salinidad es un animal osmoregulador.

Es un animal muy conocido en el ámbito acuícola, ya que es el alimento de una gran diversidad de animales sobre todo cuando estos están en fase larvaria, tanto por su alto valor nutritivo como por la sencillez de su cultivo.

Con el propósito de determinar el efecto de la salinidad en los costes de la osmorregulación, se cultivaron las artemias a una salinidad de 35 g/l y bajo condiciones óptimas para su cultivo (aireación e iluminación constantes y una temperatura entre 20-25°C). Una vez que las artemias están en fase de nauplio o metanauplio, a los 5 días tras la descapsulación, se realizó la medida de consumo de oxígeno en tres salinidades diferentes, 5 g/l, 20 g/l y 35 g/l.

Los resultados obtenidos mostraron que el consumo de oxígeno aumenta al diluir el medio, con consumos máximos de 2,26 ml O₂/h g en las salinidades más bajas (5 g/l) y mínimos de 0,37 ml O₂/h g en las salinidades elevadas (35 g/l). La densidad de los medios fue de 3,5 artemias por mililitro y el peso medio de las muestras de artemia de 3,6 mg.

Palabras clave: Artemia, consumo de oxígeno y regulación osmótica.

Abstract

The *Artemia sp.* (Leach, 1819) is a euryhaline genus, it can survive in a wide range of salinities, in fresh water (less than 5 g / l) and in hypersaline water (more than 200 g / l.) This feature makes the shrimp a cosmopolitan animal. Its adaptability is due to its osmotic regulation, in fact, its osmoregulation capacity is one of the best in the animal kingdom. In salinities below 9 g / l it is an osmoconformator animal and above said salinity it is an osmoregulator animal.

It is a very well-known animal in the aquaculture area, because it is the foodstuff of the vast majority of animals, especially when they are in the larval stage and because of its easy cultivation process.

In order to determine the effect of salinity on osmoregulation costs, the artemias were cultured at a salinity of 35 g / L and under optimal growing conditions (aeration, constant illumination and a temperature between 20-25 ° C). Once the shrimp are in nauplii or metanauplii stage, 5 days after decapsulation, the oxygen consumption was measured in three different salinities, 5 g / l, 20 g / l and 35 g / l.

The results showed that the oxygen consumption increases when the medium was diluted, with maximum consumption of 2.26 ml O₂ / hg at the lowest minimum salinities (5 g / l) and 0.37 ml of O₂ / hg in high salinities (35 g / l). The density of the mediums was 3.5 artemia per milliliter and the average weight of shrimp samples was 3.6 mg.

.

Keywords: Artemia, oxygen consumption and osmoregulation.

Introducción

La artemia es un crustáceo branquiópodo del orden Anostraca (SARS, 1867). Como su nombre indica, este orden carece de caparazón rígido, su cuerpo es delgado y alargado y su longitud puede variar en función de las condiciones ambientales, tales como la salinidad. Visualmente pueden distinguirse tres partes: la cabeza, el tórax y el abdomen. En la forma adulta el torax está formado por segmentos de los que parten 11 pares de toracópodos con función motora. El abdomen, que está formado por 8 segmentos, contiene 8 pares de apéndices también con función motora, el par de apéndices más próximo al tórax tiene función reproductora. Cuando la artemia se halla en la fase de nauplio se distingue en la parte central de la cabeza un ocelo, pero al madurar, desarrolla dos ojos compuestos y pedunculados que se distingue de los restos del ocelo. El dimorfismo sexual del género artemia (Leach, 1819) se halla en el segundo par de antenas, siendo las del macho más anchas para sostener con mayor facilidad a la hembra (Sarabia, R. 2002).

La artemia fue descrita por primera vez en el siglo XVIII y ha sido extensamente estudiada desde el siglo XIX (Sorgelos, P. 1980). Son comúnmente utilizadas para la alimentación de diferentes zooplactófagos, como anemonas, peces o crustáceos de mayor tamaño. El 85% de las especies cultivadas artificialmente son alimentadas con este crustáceo, junto con copépodos, nematodos y rotíferos. El amplio uso que se hace de este crustáceo como alimento se debe a la sencillez para su cultivo y su alto valor nutritivo (Godíne, D. et al. 2004).

El ciclo de vida de la artemia consta de tres fases: la del quiste, la larvaria y la adulta (Sorgeloo, P. et al 1986). El quiste es la forma resistente capaz de soportar cambios muy bruscos en condiciones extremas como periodos de deshidratación prolongados (incluso años). Esta resistencia es debida a la criptobiosis, que es el estado de la latencia y que ha sido observada en otras especies de animales. Para provocar la criptobiosis se forma alrededor del ahuevo una capa resistente de un compuesto con un contenido alto en trehalosa, un disacárido osmoprotector (Iturriaga, G. 2005). En condiciones adecuadas de hidratación, cuando el huevo excede un 10 % de hidratación (además de otros parámetros como la salinidad, el pH o la concentración de O₂) el metabolismo de la artemia se reactiva y se produce la eclosión. Entre la fase larvaria y adulta

la artemia pasa por 15 procesos de muda en su ciclo de vida. La primera fase larvaria, el nauplio, llega a medir hasta 500 μm de longitud, es de un color anaranjado debido a la acumulación de reservas vitelinas y posee tres pares de apéndices, las anténulas con función sensorial, las antenas con función locomotora y filtradora y la mandíbula (Figura 1.). Las reservas vitelinas proporcionan alimento durante las primeras 24 horas. Tras la segunda muda de la fase de nauplio, se desarrolla completamente el aparato digestivo de manera que su alimentación se ve modificada, basándose principalmente en algas microscópicas que encuentran en su hábitat.

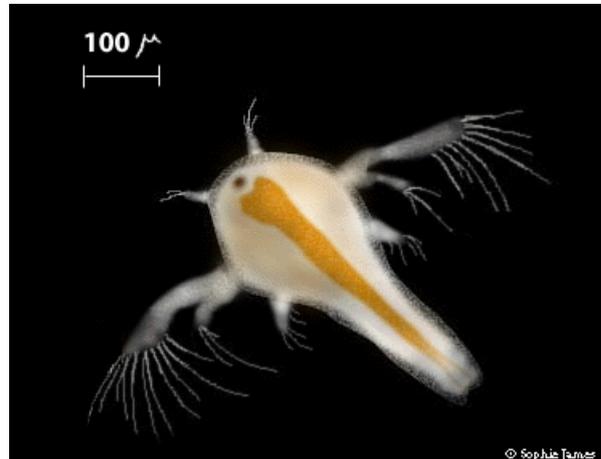


Figura 1. *Artemia salina* en fase de nauplio

La artemia es un género eurihalino, destacando el amplio rango de salinidades a las que puede adaptarse, ya que es capaz de vivir tanto en agua dulce (salinidades por debajo de 5 g/l) como en aguas hipersalinas (superior a 200 g/l). Esta capacidad convierte a la artemia en una especie cosmopolita (Panagoula, B. 2002). Realiza una excelente regulación osmótica, siendo su concentración interna de 9 g/l, manteniendo un comportamiento ormoregulador cuando la concentración osmótica externa es superior a este valor y osmoconformadora en salinidades más bajas (Hill, R. 1980).

Los animales hiposmóticos poseen adaptaciones comunes para mantener estable su nivel de salinidad interno, tales como la impermeabilidad del tegumento para evitar el flujo de agua, la secreción de sales (sodio y cloro) mediante células específicas (generalmente localizadas en las branquias) y la ingesta de agua del medio (Hill, R. 2004). La artemia es uno de los animales con una mayor capacidad de regulación osmótica de todo el reino animal. Consta de un tegumento impermeable, con la salvedad de los lugares donde se producen intercambios con el medio externo, las branquias, para el intercambio gaseoso, y el intestino, para la absorción de nutrientes y el intercambio de sales y agua (Croghan, P. 1957). Además, para mantener la concentración de sales adecuada en el medio interno disponen de filópodos, filamentos celulares utilizados para la secreción de sales, en la fase adulta, que se encuentran tanto en el epitelio del intestino como en los epipoditos, estructura maxilar de los crustáceos, la cual complementa la función branquial.

En la fase larvaria no disponen aún de estas estructuras, sin embargo, en esta etapa disponen de glándulas de la sal en el intestino. Dichas glándulas tienen la función de secretar las sales mediante un sistema de contracorriente. Estos mecanismos osmoreguladores requieren energía, en su mayor parte en forma de ATP (Castro, J. et al. 2009).

El empleo de estos mecanismos de regulación osmótica tiene consecuencias en el metabolismo, tal y como puede verse en los trabajos de Gilchrist, B. (1956) o Irwin, S. et al. (2007). En estos estudios se observó, que la tasa metabólica en la artemia aumentaba a medida que la salinidad del medio disminuía mostrando consumos mínimos en salinidades entre 80 g/l y 100 g/l.

Para la obtención de energía los animales ingieren alimento de origen vegetal o animal, energía química, y esta energía es transformada en múltiples formas dentro del cuerpo del animal. Esta energía se utiliza en diferentes funciones, en primera instancia aquellas que garanticen la supervivencia del organismo, tales como el mantenimiento de los gradientes y transportes transmembrana el *turn over* protéico o la osmoregulación. Gran cantidad de la energía obtenida es liberada en forma de calor en los procesos metabólicos y otra parte de la energía química almacenada en forma de biomasa. La artemia, al igual que cualquier animal heterótrofo, utiliza la oxidación de compuestos orgánicos (al menos en condiciones normales de presión de O₂) para la obtención de energía que le permita llevar a cabo las distintas funciones fisiológicas (Hill, R.1980). Al ser el oxígeno un componente imprescindible en los procesos de obtención de energía, la medición de consumo de oxígeno puede emplearse para estimar la tasa metabólica (Martinez, I. et al. 2007).

Según los estudios de Gilchrist, B. (1956) o Irwin, S. et al. (2007) la tasa metabólica de la artemia aumenta a medida que la salinidad del medio disminuye. Teniendo en cuenta los resultados de estos estudios, el objetivo del presente trabajo será determinar el coste de la osmorregulación en artemia en el rango de salinidad comprendido entre 5 y 35 g/l.



Materiales y métodos

La experimentación se llevó a cabo con individuos del genero *Artemia* (LEACH, 1819). Se emplearon quistes de artemia comerciales mantenidos en oscuridad a 4°C, para su correcta conservación.

Para una buena eclosión, los quistes se hidrataron previamente durante dos horas en agua dulce. Posteriormente se procedió a la descapsulación, para lo que se preparó una solución descapsuladora, mezclando 0,15 g de sodio hidróxido con una disolución, compuesta por 6,5 ml de lejía y 7,5 ml de agua dulce. A continuación se limpiaron los quistes con agua dulce para retirar los restos de la disolución y no dañar el desarrollo de los nauplios. Las condiciones empleadas en la incubación, son las habitualmente utilizadas tanto en experimentos de investigación como en cultivos acuícolas: agua de mar, con una salinidad de 35 g/l, bajo un régimen de aireación e iluminación constantes y a temperatura ambiente, (20 °C aproximadamente).

Una vez que se produjo la eclosión, tras 24 horas de incubación, se alimentaron con una dieta polialgal concentrada, Shellfish Diet 1800 (Red Mariculture Inc.), una mezcla de cuatro algas fitoplanctónicas marinas (*Isochrysis sp*, *Pavlova sp*, *Tetraselmis sp* y *Thalassiosira weissflogii*). Teniendo en cuenta que la tasa de ingestión de artemia es de aproximadamente 2000 células/día por individuo (Newmark, F. 1990) y tras determinar la densidad de artemia se añadió la cantidad correspondiente de dieta al medio de cultivo. Para calcular la densidad se recogieron tres muestras de 5 ml del medio del cultivo y se añadió un mililitro de lugol hasta una concentración final de 14% de lugol. Tras fijar las muestras y con la ayuda de una lupa se cuantificó la concentración de artemia.

Tras la eclosión se mantuvieron en las condiciones descritas para posteriormente realizar la estimación de la tasa metabólica mediante la medición del consumo de oxígeno. Pasados cuatro días en las condiciones de incubación se procedió a la retirada de quistes, para que estos no afectaran en la estimación del peso seco. La recogida de estos se hizo mediante la utilización de una pipeta de 30 cm de longitud, quitando la aireación y dejando que los quistes se depositaran en el fondo para después retirarlos con ayuda de la pipeta. Al 5º día tras la eclosión

las artemias del cultivo se encuentran en la 2º o 3º fase del metanauplio, donde su tamaño oscila entre 1,3 y 1,9 mm de longitud. Para la preparación de las disoluciones a diferentes salinidades se utilizó un conductímetro portátil WTW modelo Cond 3110. Se prepararon las tres salinidades (5 g/l, 20 g/l y 35 g/l), añadiendo al agua dulce sal marina hasta obtener la concentración adecuada.

Para realizar la oximetría se utilizaron respirómetros con un volumen de 60 ml, tres replicas y un control para cada salinidad, haciendo un total de 12 muestras en cada respirometría. Se prepararon 3 muestras de 200 ml cada una, una por cada salinidad, y a estas muestras se añadieron las artemias del cultivo. Para ellos se filtraron 250 ml del medio con una malla de 125 µm de diámetro. La concentración de oxígeno se midió mediante oxímetros HACH modelo HQ 40D MULTI. El proceso se prolongó durante 2 horas, tomando medidas cada 10 minutos. El proceso para la estimación del consumo de oxígeno se repitió en tres ocasiones de manera independiente.

Tras finalizar las determinaciones del consumo de oxígeno se filtraron las muestras mediante una rampa de filtración, usando filtros de fibra de vidrio pretarados, Whatman GF/C de 25 mm de diámetro. Tras finalizar la filtración se añadió formiato para disolver las sales, evitando que estas afecten al peso seco. Los filtros se secaron en una estufa a 60 °C durante 48 horas y posteriormente se pesaron para establecer el peso seco de la muestra.

Al terminar el experimento los resultados se visualizaron gráficamente con regresión lineal determinando la pendiente de consumo de oxígeno. Posteriormente se calculó el consumo de oxígeno en mililitros de oxígeno por hora y gramo de artemia mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{Pendiente de el consumo de oxígeno} - \text{pendiente de control}) * \text{Volumen} * 0,7 * 60}{\text{Gramos de artemia}}$$

$$VO_2 = \frac{(b - b \text{ control}) * v * 0,7 * 60}{g}$$

Siendo b igual a la pendiente, v al volumen donde fueron realizadas las medidas de consumo de oxígeno y g los gramos de artemia.

El tratamiento de los datos se realizó mediante el sistema estadístico IBM SPSS statistics v19. Se realizaron test de normalidad y de homogeneidad de la varianza. Las diferencias en el consumo de oxígeno entre salinidades ($p < 0,05$) se analizó mediante ANOVA de un factor.

Resultados

Tal y como puede observarse en la Tabla 1 se produjo un aumento del consumo de oxígeno a medida que la salinidad el medio disminuía. De esta manera, el consumo de oxígeno (ml O₂/h g de artemia) en la salinidad correspondiente al agua de mar (35 g/l), mostró los valores medios más bajos $0,77 \pm 0,306$ ml O₂/h g, con valores de hasta 0,37 ml O₂/h g. Por el contrario, en salinidades más elevadas, el consumo medio se duplicó en comparación con el de 35 g/l, siendo el valor medio de $1,36 \pm 0,644$ ml O₂/h g, en 5 g/l, llegando a alcanzar valores máximos de 2,26 ml O₂/h g (Figura.2).

Tabla 1. Media del consumo de oxígeno (mlO₂/h*g y µlO₂/h individuo) obtenido en las tres salinidades del experimento realizado (5, 20 y 35 g/l)

	5 g/l	20 g/l	35 g/l
VO₂ (mlO₂/h*g)	$1,36 \pm 0,644$	$1,15 \pm 0,337$	$0,77 \pm 0,306$
VO₂ (µlO₂/h*ind)	$31,081 \pm 8,39$	$28,318 \pm 7,72179$	$23,119 \pm 10,7045$

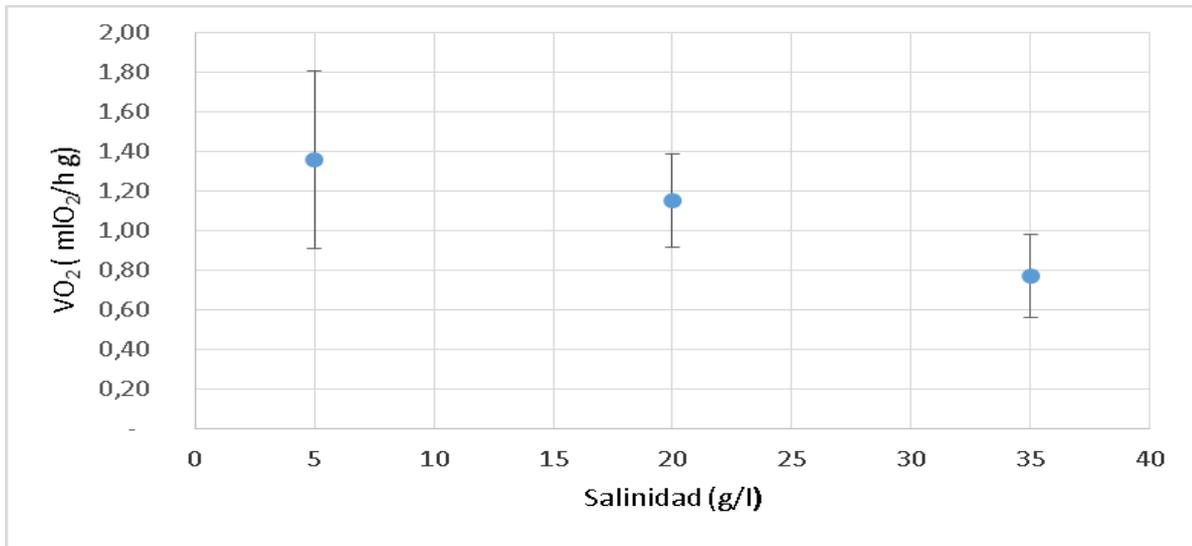


Figura 2. Variación del consumo de oxígeno (ml O₂/h g) en las tres salinidades objeto de estudio (5 g/l, 20 g/l y 35 g/l).

Al analizar el consumo de oxígeno por individuo ($\mu\text{l O}_2/\text{h individuo}$) puede observarse la misma tendencia, si bien la diferencia entre las distintas salinidades es inferior. Además la variabilidad en los datos obtenidos es muy grande en las tres salinidades, superiores por norma general a lo observado para el consumo de oxígeno por peso. En el agua de mar (35 g/l) observamos una media de 23 $\mu\text{l O}_2/\text{h individuo}$, la media más baja de entre las tres condiciones analizadas, siendo el consumo de oxígeno más bajo obtenido de 11,7 $\mu\text{l O}_2/\text{h individuo}$. El consumo de oxígeno mayor lo observamos en el agua más diluida (5 g/l), con una media de 31 $\mu\text{l O}_2/\text{h individuo}$. La diferencia entre los valores medios de estas las dos salinidades ronda el 25% (Figura.3)

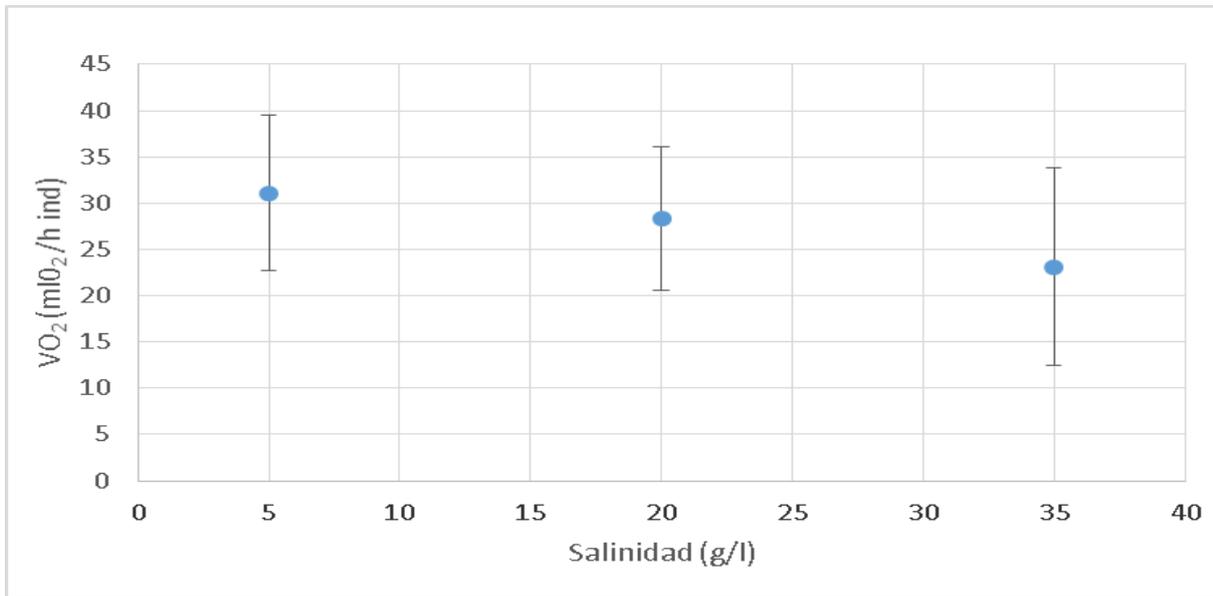


Figura 3. Variación del consumo de oxígeno ($\mu\text{l O}_2/\text{h individuo}$) en las tres salinidades objeto de estudio (5 g/l, 20 g/l y 35 g/l).

El peso de las muestras recogidas no difiere de manera significativa entre salinidades, siendo la diferencia inferior a un 10% en todo momento. El peso medio observado fue de $3,6 \pm 0,3$ mg. La concentración de artemia de los medios de los experimentos se estimó en torno a los $3,5 \pm 0,5$ individuo/ml. Teniendo en cuenta la densidad de artemia, el volumen utilizado y el peso seco de la muestra se calculó el peso por artemia que oscila entre 2,18 μg ,

Los datos obtenidos cumplen el test de normalidad y homogeneidad de la varianza. En el caso de consumo de oxígeno por gramo de artemia se observan diferencias significativas ($p=0,042$) entre la salinidad correspondiente al agua de mar (35 g/l) y la más diluida (5 g/l) (Tabla. 2). No se han observado diferencias significativas entre el resto de condiciones. Por otra parte al observar el consumo de oxígeno por gramo de artemia no hay diferencia significativa entre salinidades (Tabla.3).

Tabla. 2. Resultados de consumo de oxígeno por artemia de la ANOVA de un factor estandar en las tres salinidades objeto de estudio (5, 20, 35 g/l).

Multiple Comparisons

	(I) VAR00003	(J) VAR00003	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5 g/l	20 g/l	,20600	,21899	,621	-,3441	,7561
		35 g/l	,58685*	,22534	,041	,0208	1,1529
	20 g/l	5 g/l	-,20600	,21899	,621	-,7561	,3441
		35 g/l	,38085	,21899	,213	-,1693	,9310
	35 g/l	5 g/l	-,58685*	,22534	,041	-1,1529	-,0208
		20 g/l	-,38085	,21899	,213	-,9310	,1693

Tabla. 3. Resultados de consumo de oxígeno por gramo de artemia de la Anova de un factor en las tres salinidades objeto de estudio (5, 20 y 35 g/l)

Multiple Comparisons

	(I) VAR00008	(J) VAR00008	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5 g/l	20 g/l	,00000	,00000	,835	,0000	,0000
		5 g/l	,00001	,00000	,245	,0000	,0000
	20 g/l	5 g/l	,00000	,00000	,835	,0000	,0000
		35 g/l	,00001	,00000	,461	,0000	,0000
	35 g/l	5 g/l	-,00001	,00000	,245	,0000	,0000
		20 g/l	-,00001	,00000	,461	,0000	,0000

Discusión

Según los resultados obtenidos en los experimentos se observa un aumento en el consumo de oxígeno a medida que disminuye la salinidad del medio, pasando de 0,77 ml O₂/h g en salinidades de 35 g/l a 1,36 ml O₂/h g a 5 g/l. La misma tendencia se muestra en las medidas por individuo aumentando de 23 µl O₂/h artemia a 31 µl O₂/h artemia en el rango de salinidad objeto de estudio. Los resultados obtenidos en nuestro experimento han seguido la trayectoria de los estudios de Gilchrist, B. (1956) o Irwin, S. et al. (2007). Aunque las diferencias no sean significativas entre todas las condiciones puede verse claramente una tendencia de aumento de consumo de oxígeno cuando el medio se diluye.

Hay factores que pueden hacer que varíe el consumo de oxígeno, de ahí que tengamos una amplia desviación estándar en los resultados. Uno de los factores, tal y como determinaron Bertalanffy y Krywienczyk (1953) podría ser el hecho de que el consumo de oxígeno sigue la regla de superficie, según la cual cuanto mayor sea la longitud de la artemia mayor será el consumo de oxígeno. Esta regla no tendría que afectar a las diferentes salinidades ya que las artemias están tomadas del mismo medio, pero el experimento se realizó tres veces y la longitud podría variar. La variación sería mínima dado que la cantidad de alimento fue el mismo en las tres replicas.

Otro de los factores que puede afectar al consumo de oxígeno al exponerlas a diferentes salinidades es el sexo de las artemias. Siendo mayor en las hembras que en los machos, esto es debido a que las hembras necesitan más energía para desarrollar los quistes y el coste de la maduración es superior al de los machos (Gilchrist, B. 1956). Como la anterior de las causas de variación, no debería de afectar ya que las muestras proceden todas de la misma población, de manera que el ratio macho/hembra será el mismo para las muestras de las tres salinidades.

La artemia está constantemente excretando sales de su cuerpo, la finalidad de este mecanismo es evitar la alta tasa metabólica en salinidades muy altas y poder adaptarse mejor a estas, lo cual provoca que al aumentar la concentración en el medio externo la tasa metabólica no aumente exageradamente, pero cuando la artemia se encuentra por debajo de 9 g/l el esfuerzo de adaptación es mayor lo cual hace que el consumo de oxígeno sea mayor (KROGH, A. 1939).

Según los trabajos de Naser, A. (2007) o Soniraj (2004), tanto la tasa de crecimiento como la de producción son mayores cuando la concentración de sales en el medio es superior a 50 g/l. Sin embargo, esta observación no es aplicable a las especies de artemia que se reproducen mediante partenogénesis, en estas especies los valores óptimos para el crecimiento y la reproducción se encuentran entre 15-33 g/l. Las artemias utilizadas en este experimento son bisexuales, esto quiere decir que el mayor rendimiento de la artemia cultivada será a partir de 50 g/l, siendo su consumo de oxígeno menor en salinidades altas. Debido a esto el consumo de oxígeno es mayor cuanto más diluido este el medio, coincidiendo con los resultados obtenidos.

Los valores observados en diversos trabajos como Engel & Angelovič, (1968), Spicer y El-Gamal, (1999) muestran que el consumo de oxígeno es mayor que en el experimento realizado, este es siempre mayor de 1,32 ml O₂/g h. En el estudio realizado por Jimenez, J. et al. (2006) los valores de consumo de oxígeno son de 1,5-2,5 ml O₂ /h g llegando al doble de los resultados obtenidos en nuestro experimento, pero la artemia usada en el experimento del artículo es artemia franciscana y la nuestra es una mezcla de artemias, este puede ser el motivo de la diferencia de consumo de oxígeno. Las medidas muestran mayores diferencias en el estudio de Varó, I. (2000), estas muestran valores a partir de 4 ml O₂/h g, aunque hay que destacar que las artemias usadas son adultas. El consumo de oxígeno por individuo de artemia se encuentra dentro de lo observado por otros investigadores. Estos valores son muy variable, pero por norma general se encuentran entre, 5 µl O₂/h individuo y 75 µl O₂/h individuo. La gran amplitud del consumo de oxígeno variara siendo mayor cuanto más madura sea la artemia (Martinez, I. 2007). En el trabajo de Marsh, A. (2005) observamos que el consumo de oxígeno medio por individuo es de 35 µl O₂/h, cuando las artemias se encuentran en fase de nauplio. En salinidades bajas esta medida se encuentra cerca de la obtenida.

Según varios estudios, para un correcto desarrollo de las artemias la densidad adecuada de esta tendría que ser de 2 o 3 artemias por mililitro de agua (Martinez, I. 2007 o Godínez, D. et al. 2004), nuestra concentración es más alta, pero las artemias son cultivadas hasta su fase de metanauplio como máximo, por este motivo no es de esperar que afecte al desarrollo o al metabolismo de las artemias. El peso medio de la *Artemia sp.* es de $2,24 * 10^{-6}$ g según el artículo de Macphee, K. et al. (1982), lo que coincide con el peso medio obtenido de las muestras y la densidad determinada de estas.

Podemos concluir que la modificación de la salinidad en el medio externo afecta a la tasa metabólica de la artemia. En este sentido, el consumo de oxígeno aumenta a medida que la salinidad disminuye, en el caso de este experimento muestra un valor significativo cuando la salinidad disminuye de 35 g/l a 5 g/l

Bibliografía

- Bertalanffy, L. y Krywienczyk, J. 1953. *The surface rule in crustaceans*; *Amer.* 87: 107 pp.
- Castro, J. Castro, T. Arredondo, L. Hernández, L. Castro, G. Andrade, R Dosta, M. 2009. *La salinidad y su efecto en la reproducción del crustáceo Artemia sp.* ContactoS 73: 5-15.
- Croghan, P. 1957. *The mechanism of osmotic regulation in artemia salina (l.): the physiology of the gut.* Department of Zoology, University of Cambridge 243-249
- Engel, D. y Angelovic, J. 1968. *The influence of salinity and temperature upon the respiration of brine shrimp nauplii.* Comparative Biochemistry and Physiology Part B 26: 749–752.
- Gilchrist, B. 1956. *The oxygen consumption of Artemia salina (L.) in different salinities.* Hydrobiologia. 8:27-65.
- Godínez, D. Gallo, M. Gelabert, R. Díaz, A. Gamboa, J. Landa, V. y Godínez, E. 2004. *Crecimiento larvario de Artemia franciscana (kellog, 1906) alimentada con dos especies de microalgas vivas.* *Zootecnia Tropical.* 22: 265-275.
- Hill, R. 2004. *Fisiología animal.* Médica Panamericana. España. 890.
- Hill, R. 1980. *Fisiología animal comparada.* Reverte. Rio de Janeiro. 635.
- Irwin, S. Wall, V. Davenport, J. 2007. *Measurement of temperature and salinity effects on oxygen consumption of Artemia franciscana K., measured using fibre-optic oxygen microsensors.* Hydrobiologia. 8:109–115.
- Iturreaga, G. 2005. *La vida latente y resurrección de los organismos.* Inventio. 53-56.



- Jimenez, J. Gelabert, R. Brito, R. 2006. *Toxic effects of nickel and zinc in Artemia franciscana (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca)*. Uciencia. 22: 70-71.
- KROGH, A. 1939. *Osmotic Conditions in Eggs and Embryos*. Osmotic regulation in aquatic animals. August Krogh. 9:170-191.
- Macphee, K. 1982. *Use of the brine shrimp, Artemia spp., in marine fish larviculture*. Aquaculture. 200: 147-159.
- Marsh, A. 2005. *Microtiter plate, optode respirometry, and enter-individual variance in metabolic rates among nauplii of Artemia sp.* Marine ecology progress series. 296:281-289
- Martin, J. y Davis, G. (2001). *An Updated Classification of the Recent Crustacea*. Science Series 39 :132.
- Martinez, I. Gómez, M. Packard, T. 2007. *Relaciones entre biomasa, tasa de crecimiento, respiración y respiración potencial en el crustáceo artemia salina*. Oceanografía. 4-10.
- Naser, A. 2007. *Characterization of Artemia Populations from Iran*. Applied Biological Sciences (Aquaculture). 1:28-43.
- Newmark, F. 1990. *Comparación experimental de las cepas Colombianas de Artemia*. An. Inst. Invest. Mar. Punta betún. Science Series. 39:139-151
- Panagoula, B. Panayiota, M. y Iliopoulou-Georgudaki, J. 2002. *Acute Toxicity of TBT and IRGAROL in Artemia salina*. Int. J. Toxicol. 21: 231-233.
- Persoone, G. Sorgeloos, P. Roels, O. y Jaspers, E. 2005. *The use of brine shrimp Artemia in aquaculture*. The Brine Shrimp Artemia. Plateastraat. 3: 456.
- Sarabia, R. 2002. *Toxicidad y acumulación de cadmio en poblaciones de diferentes especies de Artemia*. Roderic. 1-14.
- Spicer, J. y El-Gamal, M. 1999. *Hypoxia accelerates the development of respiratory regulation in brine shrimp—but at a cost*. Journal of Experimental Biology. 202: 3637–3646.
- Soniraj, N. 2004. *Effect of salinity on the life span and reproductive characteristics of brine shrimps in the salt pans at Tuticorin*. Marine Biological Association. 44:133-140.



- Sorgeloos, P. Lavens, P. Léger, P. Tackaert, W. and Versichele, D. 1986. *Manual for the culture and use of brine phrimp Artemia in aquaculture*. Artemia reference center. 44:14-290.
- Sorgeloos, P. 1980. *Life history of fue brine shrimp*. Biology of aquatic organisms. 1: 19-23.
- Varo, I. Taylor, C. Navarro, C. y Amat, F. 2000. *Effect of parasitism on respiration rates of aduts of defferent Artemia strains from Spain*. Parasitology Research. Springer-Verlag. 82: 774.