

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN PARÁMETROS POBLACIONALES DE *HYALELLA AZTECA* (S., 1858) SMITH, 1874 (CRUSTACEA: AMPHIPODA), ESPECIE INTRODUCIDA EN VENEZUELA.

Lab. de Camarones Dulceacuícolas. Dpto. de Biología, Esc. de Ciencias,
Univ. de Oriente, Apdo 245, Cumaná 6101, Venezuela.

RESUMEN: Se realizó la evaluación del efecto de una elevada temperatura (30 °C) en parámetros poblacionales del anfípodo de agua dulce *Hyalella azteca*, especie exótica para Venezuela, en comparación con una temperatura control (24 °C). Se estudió dicho efecto en la longitud a la que se alcanza la madurez sexual, duración del abrazo sexual, el número de huevos y tiempo de incubación, número de crías producidas por camada y número de segmentos antenales presentes al alcanzar la madurez. Se encontró que el aumento de la temperatura no afectó el tiempo que tarda *H. azteca* para alcanzar la madurez sexual, que fue de unos 37 días en promedio, ni el número de crías por camada, que osciló entre 1 y 15 crías. A la temperatura de 30 °C disminuyó la longitud promedio (de 3,29 a 3,15 mm) y el número de huevos (de 5,8 a 3,7) al alcanzar la madurez sexual, así como el tiempo de incubación de huevos (de 8,8 a 6,8 días) y el tiempo de abrazo sexual (de 2,0 a 1,4 días). Sin embargo, el número de segmentos antenales se incrementó (de 23,2 a 23,5).

PALABRAS CLAVES: *Hyalella azteca*, Amphipoda, temperatura, reproducción, Venezuela.

ABSTRACT: The effect of a high temperature (30 °C) on population parameters of the freshwater amphipod *Hyalella azteca*, an exotic species in Venezuela, were studied in comparison with a control temperature (24 °C). Those effects were: time to reach sexual maturity, duration of sexual amplexus, number of eggs and incubation time, number of offspring per litter and number of antennal segments at sexual maturity. We found that the time to reach sexual maturity, an average of 37 days, and the number of offspring per litter, between 1 and 15, were not affected by the temperature increase. But the average length decreased (from 3.29 to 3.15 mm), and so did the number of eggs (from 5.8 to 3.7), the incubation time (from 8.8 to 6.8 days) and the duration of sexual amplexus (from 2.0 to 1.4 days). However, the number of antennal segments at sexual maturity increased from 23.2 to 23.5.

KEY WORDS: *Hyalella azteca*, Amphipoda, Temperature, Reproduction, Venezuela

INTRODUCCIÓN

El ambiente dulceacuícola está habitado por gran diversidad de grupos de organismos, entre ellos los anfípodos, pequeños crustáceos pertenecientes al superorden Peracarida. Los anfípodos constituyen el mayor grupo dentro de los peracáridos, conteniendo alrededor de 6000 especies en 100 familias y muchos de ellos son indicadores de condiciones ambientales específicas, tal es el caso de los anfípodos de aguas limpias o de abundante materia orgánica (Ruppert y Barnes, 1996).

Entre los anfípodos de agua dulce, uno de los más estudiados es *Hyalella azteca*. Numerosos trabajos bioecológicos se han realizado con este crustáceo (Chilton 1990; Welborn y Robinson, 1991; Dehdashti y Lightner, 1991). Este organismo, por ser fácilmente colectable, cultivable en laboratorio con escaso mantenimiento, rápida producción de descendencia, así como poseer una pequeña longitud, es considerado ideal para estudios en ecotoxicología (Grapentine y Rosember, 1992; Nebeker *et al.*, 1992, Schlekat *et al.*, 1992).

Recibido: Mayo 1999. Aprobado: Abril 2000.

Villarroel y Graziani (1995) reportan, por primera vez para Venezuela, la presencia de *H. azteca*, en establecimientos comerciales dedicados a la acuariofilia, asociada a plantas acuáticas importadas, señalando a esta actividad como uno de los mecanismos de dispersión del citado anfípodo hacia otros países.

Considerando el interés que posee *H. azteca* como organismo referencial en pruebas de contaminación y dada su pronta utilización para estudios de ecotoxicología, se pensó conveniente iniciar algunos estudios que nos permitan aumentar el conocimiento sobre este anfípodo exótico. En tal sentido, se evaluó la influencia de la temperatura en parámetros poblacionales de *H. azteca*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *Hyalella azteca*, que se utilizaron en esta investigación fueron obtenidos de un "stock" de laboratorio, que se encuentra aclimatado a 24 °C. Parejas de adultos fueron colocadas en "beakers" de 250 ml de

capacidad (una por envase) que contenían 180 ml de agua potable previamente aireada durante 24 horas. No se utilizaron hembras grávidas. El ensayo fue sometido a una condición experimental de temperatura de 30 °C y un control a 24 °C, con un fotoperíodo de 12 horas luz: 12 horas oscuridad. Los individuos fueron alimentados con *Elodea sp.* (Fanerogama: Hydrochoritaceae), microflora y detritus. El agua de los “beakers” fue renovada en un 60 % cada cuatro días y éstos fueron tapados para evitar la evaporación. Para mantener las temperaturas indicadas en esta experiencia los “beakers” se colocaron dentro de acuarios, con agua mantenida a la temperatura deseada mediante el uso de calentadores y agitación del agua con difusores de aire. Se estableció un número mínimo de 10 repeticiones para cada variable a determinar.

A las parejas de adultos utilizadas en este ensayo, se les determinó el tiempo de abrazo sexual, que es el tiempo que el macho sujetó a la hembra antes de fecundarla. Ocurrida la fecundación, los machos fueron retirados y a las hembras que resultaron fecundadas se les determinó el tiempo de incubación de los huevos. Al ocurrir la eclosión de los huevos, las hembras fueron retiradas y se procedió a determinar el número de individuos por camada.

A las hembras de la primera generación obtenida, se les determinó el número de segmentos antenales, la longitud y el tiempo para alcanzar la madurez sexual (aparición de su primera puesta de huevos, según Strong, 1972). Las hembras ovadas fueron preservadas para el conteo de huevos.

Los resultados, que se obtuvieron en esta experiencia, fueron comparados mediante la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov y un análisis de regresión lineal (Sokal y Rohlf, 1979).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta experiencia para *Hyaella azteca* se pueden resumir en la tabla 1. Al aplicar el análisis de Kolmogorov-Smirnov a estos resultados se encontró diferencias significativas en el tiempo de abrazo sexual (KS: 1,771; $p < 0,01$) entre la temperatura control y la experimental (30 °C), disminuyendo la duración del abrazo sexual a mayor temperatura. Por otra parte, se encontró diferencias significativas en el tiempo de incubación de huevos (KS: 2,549; $p < 0,001$), con una disminución a mayor temperatura. En contraste, no se encontraron diferencias significativas en el tiempo para alcanzar la madurez sexual (KS: 0,696; $p > 0,05$).

TABLA 1. Comparación de los parámetros determinados en el estudio de *Hyaella azteca* sometido a elevada temperatura con respecto a una temperatura control. N: número de observaciones, \bar{X} : valor promedio, S: desviación estándar, KS: valor experimental de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, p: probabilidad

Variables	24 °C			30 °C			KS	P
	N	\bar{X}	S	N	\bar{X}	S		
TAS	10	2,00	0,943	17	1,35	0,606	1,771	0,0038
TIH	13	8,85	0,987	13	6,77	0,832	2,549	0,0000
TMS	16	37,44	7,014	15	37,73	7,314	0,696	0,7185
NSA	16	23,13	0,885	15	23,47	1,187	1,669	0,0076
NHI	16	5,75	2,543	15	3,73	1,710	1,530	0,0185
NCC	12	5,50	3,371	15	6,47	3,796	0,645	0,7989
LMS	16	3,29	0,307	15	3,15	0,426	1,519	0,0198

TAS: del tiempo de abrazo sexual en días.

TIH: tiempo de incubación de huevos en días.

TMS: tiempo para alcanzar la madurez sexual en días.

NSA: número de segmentos antenales al alcanzar la madurez sexual.

NHI: número de huevos incubados al alcanzar la madurez sexual.

NCC: número de crías por camada.

LMS: longitud al alcanzar la madurez sexual en milímetros.

En cuanto al número huevos incubados, así como en la longitud al alcanzar la madurez sexual, se encontraron diferencias significativas (KS: 1,530; $p < 0,05$; KS: 1,519; $p < 0,05$, respectivamente) entre las temperaturas estudiadas. Además, se encontraron diferencias significativas en el número de segmentos antenales al alcanzar la madurez sexual (KS: 1,669; $p < 0,01$). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el número de crías por camada (KS: 0,645; $p > 0,05$) entre las dos temperaturas ensayadas.

Por último, al aplicar un análisis de regresión entre el número de huevos incubados y la longitud al alcanzar la madurez sexual no se encontró relación lineal significativa (Tabla 2) para cada temperatura, así como tampoco se halló diferencias significativas entre temperaturas.

TABLA 2. Resumen del análisis de regresión entre longitud y número de huevos incubados de *Hyaella azteca* al alcanzar madurez sexual sometido a 24 °C y 30 °C.

Fuente de Variación	gl	SC	MC	Fs	P	Ts
24 °C Explicado	1	19,444	19,444	3,51003	0,08202	
No explicado	14	77,556	5,5396			1,1922*
30 °C Explicado	1	2,63694	2,63694	0,895136	0,36134	
No explicado	13	38,296	2,94587			

Fs: Fisher Ts: t-student, p: probabilidad, *: $p < 0,05$

DISCUSIÓN

En esta investigación se determinó que el tiempo de abrazo sexual de *Hyalella azteca* se vio afectado por la temperatura, encontrándose una disminución significativa a 30 °C. Esto era de esperar si se tiene en cuenta que la reproducción de esta especie es influenciada por condiciones heterotérmicas (Thorp y Gibbons, 1978). Strong (1972) plantea que el abrazo sexual no dura más de cuatro días, lo que coincide con lo encontrado aquí. En este sentido, la disminución del tiempo de abrazo sexual puede estar relacionado con el posible aceleramiento de la ovulación en la hembra al elevarse la temperatura del medio, ocurriendo la fecundación más rápidamente.

En camarones de río pertenecientes al género *Macrobrachium* la duración del período de incubación es característico de cada especie y suele estar afectada por factores ambientales, entre ellos la temperatura (Graziani *et al.*, 1993). En ese sentido, los resultados de esta investigación en *H. azteca* indican una disminución significativa del tiempo de incubación a la temperatura experimental. Al comparar estos resultados con los de Cooper (1965) a 10, 15, 20 y 25 °C, Strong (1972) a 20 y 25°C, y Dehdashti y Lightner (1991) a 20 °C, se puede sugerir una disminución del período de incubación en función del incremento de la temperatura. Lo anterior concuerda con lo planteado por Ramonell *et al.* (1987) quienes indican que en el camarón *Palaemon serratus*, la duración de la incubación es inversamente proporcional a la temperatura. En consecuencia se puede señalar que la temperatura del medio es un factor que influye proporcionalmente en la tasa de desarrollo de los huevos de *H. azteca*.

El número de crías por camada no se vio afectado significativamente por la temperatura, lo cual coincide con los resultados de Cooper (1965) y Strong (1972). Ambos autores plantean que el tamaño de la camada depende más bien de la longitud del individuo que de factores ambientales. Por otra parte, las crías recién nacidas presentaron trece segmentos antenales, lo cual no coincide con los resultados de Cooper (1965) quien señala individuos con once segmentos antenales en el campo a 22 °C, y con doce segmentos a 20 °C en el laboratorio. Lo anterior parece indicar que el número de segmentos antenales en *H. azteca* se ve afectado por la temperatura y/o el aislamiento experimental.

Margalef (1980) señala que, por efecto de la temperatura, la madurez reproductiva de un individuo se produce a menor longitud. Por otro lado, San Feliú y Oltra (1987) indicaron que en el camarón marino *Penaeus kerathurus*, la elevación de la temperatura no provoca la maduración gonadal si ésta no va acompañada de un fotoperíodo ade-

cuado. Ramonell *et al.* (1987) reportan que en *Palaemon serratus* el aceleramiento de la maduración depende de la magnitud del incremento de la temperatura.

En esta investigación, el tiempo para alcanzar la maduración sexual en *H. azteca* no se vio afectado por la temperatura experimental, siendo éste similar al obtenido por Cooper (1965) a 20 y 25 °C, Strong (1972) a 25 °C y Dehdashti y Lightner (1991) a 20 °C. Esto parece señalar que el efecto de la temperatura, en un intervalo de 20 - 30 °C, no afecta el tiempo para alcanzar la madurez sexual en esta especie. Por otra parte, la longitud para alcanzar la madurez sexual se vio disminuida con el aumento de temperatura. De esta forma, se observó que el tiempo para alcanzar la maduración sexual y la longitud son independientes entre sí, pudiendo deberse a razones de tipo metabólico.

Margalef (1980) señala que en diversos organismos el número de huevos por puesta aumenta al disminuir la temperatura. En esta investigación la temperatura experimental disminuyó el número de huevos incubados en *H. azteca* al alcanzar la madurez sexual. Ello sugiere que la elevación de la temperatura inhibe el proceso de formación de óvulos. Por otra parte, la disminución del número de huevos incubados al alcanzar la madurez sexual puede estar también relacionada con la reducción de la longitud observada en esta especie. Sin embargo, se determinó que no existe relación significativa entre las variables longitud-huevos incubados en cada temperatura y entre temperaturas, siendo el número de huevos incubados dependientes de la temperatura y no de la longitud, por lo menos al comienzo de la reproducción.

El número de segmentos antenales de *H. azteca*, al alcanzar la madurez sexual, aumentó a la temperatura experimental de 30 °C. Contrariamente, Cooper (1965) señala que en el campo *H. azteca*, al momento de madurar sexualmente, presentó 17 segmentos antenales a 22 °C y en el laboratorio 21 segmentos antenales a 20 °C. En este estudio, independientemente de las temperaturas ensayadas, el número de segmentos antenales presentes al madurar sexualmente fue mayor (23 segmentos de promedio) que lo señalado por Cooper (1965). Ello, probablemente fue debido a que las crías de *H. azteca* en este ensayo tuvieron más segmentos en el primer estadio, haciendo ésto que aumente el número de segmentos antenales al madurar. Lo anterior sugiere, que la utilización del número de segmentos antenales como índice aproximado de la madurez sexual va a depender, en parte, de las características fenotípicas de las crías al nacer, de allí que podría considerarse que no es un índice adecuado para establecer el comienzo de la etapa reproductiva de *H. azteca*. Independientemente del índice que se utilice para establecer la edad reproductiva, es conveniente considerar la temperatura como un factor de peso.

CONCLUSIONES

La longitud de madurez sexual, tiempo de abrazo sexual, número de huevos al alcanzar la madurez sexual, duración de la incubación de huevos en *Hyaella azteca* disminuyen al aumentar la temperatura a 30 °C; mientras que el número de segmentos antenales aumenta. Las temperaturas ensayadas no afectaron el tiempo de madurez sexual ni el número de crías por camada. No existe relación entre el número de huevos incubados y la longitud al alcanzar la madurez.

AGRADECIMIENTO

Nuestro reconocimiento al CONICIT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas) y al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, por haber parcialmente financiado este trabajo. Igualmente a los revisores anónimos de la revista Saber, quienes con sus correcciones y sugerencias lo mejoraron sustancialmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHILTON, E. 1990. Macroinvertebrate communities associated with three aquatic macrophytes (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* and *Vallisneria americana*) in Lake Onalaska, Wisconsin. *J. Freshwat. Ecol.*, 5 (4): 455-466.
- COPER, W. 1965. Dynamics and production of a natural population of a freshwater amphipod, *Hyaella azteca*. *Ecological Monographs*, 35 (4): 376-394
- DEHDSHTI, B. Y LIGHTNER, D. 1991. Observations on the biology of *Hyaella azteca* (Amphipoda), in a closed system. A study of model ecosystem in microgravity. *Crustaceana*, 61 (3): 233-240.
- GRAPENTINE, L. Y ROSEMBERG, D. 1992. Responses of the freshwater amphipod *Hyaella azteca* to environmental acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49 (1): 52-64.
- GRAZIANI, C.; CHUNGK, K. Y DE DONATO, M. 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3):657-665.
- MARGALEF, R. 1980. *Ecología*. 3ª Edición. Editorial Omega, Barcelona. España. 951 pp.
- NEBEKER, A.; ONJUKKA, S.; STEVENS, D.; CHAPMAN, G. Y DOMÍNGUEZ, S. 1992. Effects of low dissolved oxygen on survival, growth and reproduction of *Daphnia*, *Hyaella* and *Gammarus*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 11 (3): 373-379.
- RAMONELL, R.; BERMÚDEZ, R. Y LANDIN, A. 1987. Maduración de los huevos de *Palaemon serratus* (Pennat) e influencia de la temperatura en el tiempo de incubación. *Cuad. Marisq. Publ. Téc.* 12: 285-290.
- RUPPERT, E. Y BARNES, R. 1996. *Crustaceans*, pp: 678-799. In: *Invertebrate Zoology*. Sixth Edition. Saunders College Publishing (Eds.). Florida, USA. 1056 p.
- SAN FELIÚ, J. Y OLTRA, R. 1987. Influencia de la temperatura, fotoperíodo, alimentación y ablación unilateral del pedúnculo ocular, en la maduración de *Panaeus kerathurus*. *Cuad. Marisq. Pub. Téc.*, 12: 273-278.
- SCHLEKAT, C.; MCGEE, B. Y REINHARZ, E. 1992. Testing sediment toxicity on Chesapeake Bay with the amphipod *Leptocheirus plumulosus*: An evaluation. *Environ. Toxicol. Chem.*, 11 (2): 225-236.
- SOKAL, R. Y ROHLF, F. 1979. *Biometría: Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica*. Editorial Blume. Madrid. España. 832 pp.
- STRONG, D. 1972. Life history variation among populations of an amphipod (*Hyaella azteca*). *Ecology*, 53 (6): 1103-1111.
- THORP, J. Y GIBBONS, J. 1978. Response of a mobile invertebrate to heterothermal conditions. *Doe. Symp. Serv.*, 48: 511-521.
- VILLARROEL, E. Y GRAZIANI, C. 1995. Dispersión de *Hyaella azteca* (Amphipoda: Hyalellidae) hacia Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 43 (1): 319.
- WELLBORN, G. Y ROBINSON, J. 1991. The influence of fish predation in an experience prey community. *Can. J. Zool.*, 69 (10): 2515-2522.