

TEMPERATURA ÓPTIMA Y PREFERENCIA TÉRMICA DEL CAMARÓN DE RÍO *Macrobrachium tenellum* EN LA COSTA TROPICAL DEL PACÍFICO MEXICANO*

Román RODRÍGUEZ FLORES¹; Maricela LAZARENO MORFÍN^{2,6}; Luis Daniel ESPINOSA CHAURAND^{3,6}; Mao Ernesto Rafael BASTO ROSALES⁴; Fernando VEGA VILLASANTE^{5,6}

RESUMEN

El objetivo fue determinar la temperatura óptima, la preferencia térmica y la temperatura letal incipiente máxima (TLImax) y mínima (TLImín) para juveniles de langostino *Macrobrachium tenellum*, bajo condiciones de laboratorio. La determinación de la temperatura óptima se realizó con base en los resultados de crecimiento y supervivencia de juveniles (0.17 ± 0.02 g y 28.56 ± 1.60 mm) bajo tres temperaturas (22, 29 y 36°C) durante 15 días. La preferencia térmica se determinó en una mesa de gradiente térmico con temperaturas ajustadas a 20, 23, 25, 27, 30, 33, 35 y 39°C, mediante el método agudo, en el cual se introdujeron 10 organismos (0.38 ± 0.21 g y 40.38 ± 10.33 mm) aclimatados por 72 h a 23, 30 y 32°C, registrando su porcentaje de aparición por cámara cada 10 min por tres horas. La TLImax y la TLImín se calculó en 10 organismos (0.50 ± 0.20 g y 39.65 ± 0.72 mm) aclimatados por 72 h a 21, 29 y 36°C aumentando o disminuyendo, según el caso, la temperatura del agua hasta la muerte del 50% de ellos (por triplicado). Los mayores crecimientos se obtuvieron en los organismos a 29°C (temperatura óptima). La temperatura preferida final fue de 32.25°C, mientras que las TLImax y TLImín a 21°C fueron de 42 y 8.1°C, a 29°C de 43.2 y 10.2°C, y a 36°C de 43.5 y 11.1°C, respectivamente.

Palabras clave: Langostino *Macrobrachium tenellum*; temperatura ideal; preferencia térmica; método agudo; mortalidad

TEMPERATURA IDEAL E PREFERÊNCIA TÉRMICA DO CAMARÃO *Macrobrachium tenellum* NA COSTA TROPICAL DO PACÍFICO MEXICANO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a temperatura ideal, a preferência térmica e as temperaturas incipientes letais máxima (TLImax) e mínima (TLImín) para juvenis do camarão *Macrobrachium tenellum*, em condições de laboratório. A determinação da temperatura ideal foi realizada baseando-se nos resultados de crescimento e de sobrevivência de juvenis de *M. tenellum* (0.17 ± 0.02 g e 28.56 ± 1.60 mm), mantidos em três temperaturas (22, 29 e 36°C), por 15 dias, em triplicata. A preferência térmica foi determinada em mesa de gradiente térmico, com temperaturas de 20, 23, 25, 27, 30, 33, 35 e 39°C, pelo teste de toxicidade aguda, no qual 10 juvenis foram introduzidos (0.38 ± 0.21 g e 40.38 ± 10.33 mm) e aclimatados por 72 h à 23, 30 e 32°C, registrando-se a porcentagem de ocorrência por câmara a cada 10 minutos por três horas, em triplicata. As TLImax e a TLImín foram estimadas em 10 organismos (0.50 ± 0.20 g e 39.65 ± 0.72 mm) aclimatados por 72 h à 21, 29 e 36°C, aumentando ou diminuindo, conforme o caso, a temperatura da água até a morte de 50% dos animais, realizado em triplicata. O melhor crescimento dos organismos foi obtido a 29°C (temperatura ideal). A temperatura final preferencial foi 32.25°C, enquanto TLImax e TLImín a 21°C foram 42 e 8.1°C; a 29°C, 43.2 e 10.2°C; e 36°C, 43.5 e 11.1°C, respectivamente.

Palavras chave: Camarão *Macrobrachium tenellum*; temperatura ideal; preferência térmica; teste de toxicidade; mortalidade

Artigo Científico: Recebido em 28/12/2011 – Aprovado em 10/05/2012

¹ Licenciado en Biología. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas. e-mail: romvi_bio@hotmail.com

² Licenciada en Biología. e-mail: mari_30477@yahoo.com.mx

³ Maestro en Ciencias en Oceanografía Costera. e-mail: mcespinosachaurand@gmail.com

⁴ Maestro en Ciencias. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, Nayarit, México

⁵ Doctor en Ciencias en Biología. e-mail: fernandovega.villasante@gmail.com (autor correspondiente)

⁶ Dirección/Endereço/Address: Laboratorio de Acuicultura Experimental, Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad, 203 - Del. Ixtapa - C.P. 48280 - Puerto Vallarta, Jalisco, México

*Apoyo financiero: COECYTJAL (Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco)

OPTIMUM TEMPERATURE AND THERMAL PREFERENCE OF THE RIVER SHRIMP *Macrobrachium tenellum* IN THE TROPICAL COAST OF THE MEXICAN PACIFIC

ABSTRACT

The objective was to determine the optimal temperature, thermal preference and maximum incipient lethal temperature (TL_Imax) and minimum (TL_Imin) for juveniles prawn *Macrobrachium tenellum* under laboratory conditions using the acute method. The determination of the optimum temperature was made based on the results of growth and survival of juvenile *M. tenellum* (0.17 ± 0.02 g and 28.56 ± 1.60 mm) maintained at three temperatures (22, 29 and 36°C) for 15 days, in triplicate. The thermal preference was determined in a thermal gradient table with temperatures adjusted to 20, 23, 25, 27, 30, 33, 35 and 39°C, using the acute method, in which 10 juveniles were introduced (0.38 ± 0.21 g and 40.38 ± 10.33 mm) and acclimated for 72 h at 23, 30 and 32°C, recording the percentage of occurrence per camera every 10 min for three hours (in triplicate). The TL_Imin and TL_Imax was estimated at 10 organisms (0.50 ± 0.20 g and 39.65 ± 0.72 mm) acclimated for 72 h at 21, 29 and 36°C by increasing or decreasing the water temperature until the death 50% of population. The highest growths in organisms were obtained at 29°C (optimum temperature). The final preferred temperature was 32.25°C, while TL_Imin and TL_Imax to 21°C were 42 and 8.1°C; to 29°C, of 43.2 and 10.2°C; and to 36°C, of 43.5 and 11.1°C, respectively.

Keywords: Prawn *Macrobrachium tenellum*; optimal temperature; preferred temperature; acute method; mortality

INTRODUÇÃO

Los langostinos de la familia Palaemonidae son los crustáceos más diversos dentro del orden Decápoda; tienen amplia distribución geográfica y batimétrica, y están representados por numerosas especies en los sistemas marinos, estuarinos y dulceacuícolas (HERNÁNDEZ, 2008). De las 48 especies registradas en el Pacífico centro-oriental, los palemónidos ocupan el segundo lugar en abundancia entre las familias del infraorden Caridea, incluyendo organismos de aguas marinas, salobres y dulces (HENDRICKX, 1995). Sólo algunos son de importancia comercial, y entre éstos, la mayoría pertenece al género *Macrobrachium* (ROMÁN, 1979; HENDRICKX, 1995; ARROYO y MAGAÑA, 2001; LUNA *et al.*, 2007).

De las cuatro especies de importancia comercial del género *Macrobrachium* en América Latina *M. carcinus* (Linnaeus, 1758), *M. acanthurus* (Wiegmann, 1836), *M. americanum* (Bate, 1868) y *M. tenellum* (Smith, 1871); la última ha sido considerada como un buen candidato para el cultivo ya que se encuentra en altas densidades en la naturaleza, no es agresiva y puede tolerar un amplio y fluctuante intervalo de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno (PONCE-PALAFIX *et al.*, 2002).

La temperatura es un factor importante en el crecimiento y sobrevivencia de los organismos

acuáticos, principalmente en los móviles porque influye en su comportamiento, los cuales reaccionan a las variaciones térmicas ambientales, evitando las temperaturas letales hasta encontrar temperaturas óptimas (DÍAZ, 1989). En las temperaturas que están fuera del óptimo térmico, las funciones biológicas de los organismos se retardan o inhiben, porque algunos procesos como el metabolismo de rutina, el trabajo cardíaco, la reproducción, la natación y particularmente el crecimiento tienen un óptimo de temperatura funcional (JOBBLING, 1981; KELLOGG y GIFT, 1983).

La preferencia térmica es una respuesta característica de cada especie y puede ser modificada por factores tales como la edad, disponibilidad de alimento, estacionalidad, condición patológica, competencia inter o intraespecífica, calidad del agua e intensidad luminosa (McCAULEY y CASSELMAN, 1981; GIATTINA y GARTON, 1982). La temperatura letal incipiente máxima y mínima ejercen un efecto limitante en la distribución geográfica de los organismos para su permanencia en los confines de ríos, lagos, corrientes o estratos del océano, sin embargo, un cambio de temperatura ambiental puede disminuir o ampliar estos límites (BRETT, 1956).

Existen pocos trabajos en donde se ha explorado la capacidad de *M. tenellum* para tolerar

amplios intervalos de temperatura y su preferencia térmica, entre los que destacan el de SÁNCHEZ y SOTO (1976), en el que se menciona el cese de crecimiento cuando la temperatura está por debajo de los 20°C, siendo letal al alcanzar los 13°C, y una temperatura favorable para el desarrollo entre los 28 a 29°C; y el de HERNÁNDEZ *et al.* (1995), que reportan como temperatura preferida los 28°C, esto a través de un método gravitacional, afirmando que el rango de temperatura óptimo reproductivo para langostino de río *M. tenellum* es de 28 a 30°C.

La plasticidad de *M. tenellum* para crecer y desarrollarse en ambientes con diferentes intervalos y fluctuaciones de temperatura nos lleva a buscar el comportamiento termorregulador del organismo. Si bien estos trabajos han aportado en su momento conocimientos sobre las temperaturas preferidas del langostino, se desconoce aun la temperatura óptima para su estadio juvenil. Al conocer los límites e intervalos óptimos de temperatura se podrá comprender el potencial ecológico de la especie y su interacción con el ambiente en relación a su capacidad de respuesta, así como también las condiciones óptimas de cultivo.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la temperatura óptima, la preferencia térmica y la temperatura letal incipiente máxima y mínima para juveniles de langostino *M. tenellum*, bajo condiciones de laboratorio a través del método agudo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Acuicultura Experimental del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara, localizado en Puerto Vallarta, Jalisco, México (20°42'19" N y 105°13'16" O; 10 msnm).

Los juveniles de *M. tenellum* fueron obtenidos del medio silvestre y seleccionados por talla (mm) de acuerdo con la clasificación de GUZMÁN-ARROYO (1987), en la cual se establece que organismos de 17.5 a 77.5 mm se encuentran en la etapa juvenil.

Temperatura óptima

La temperatura óptima se determinó en base en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de

langostino *M. tenellum* con un peso y talla promedio de 0.17 ± 0.02 g y 28.56 ± 1.60 mm por un tiempo de 15 días. Se sometieron 10 organismos a temperaturas de 22, 29 y 36°C, las cuales corresponden al intervalo de variación ambiental en la región costera de Jalisco, México. Los langostinos se mantuvieron en acuarios de 40 L de capacidad (50x26x30 cm), con filtros de cascada (Elite 450) que permitieron la recirculación de al menos 400% del volumen total de agua al día. Las temperaturas experimentales (22, 29 y 36°C) se ajustaron y mantuvieron con un calentador con termostato (Sunny®). Los bioensayos fueron realizados por triplicado, siguiendo un diseño experimental completamente al azar. Los organismos fueron alimentados una vez al día (13:00 h) con una ración correspondiente al 10% de su biomasa inicial, sin cambios en el curso del experimento. El alimento empleado fue un alimento comercial para camarón (Purina® Camaronina®: 35% de proteína. Los residuos de comida, heces y mudas fueron retirados diariamente con la ayuda de un sifón. Las mediciones de temperatura, oxígeno, y pH del agua se determinaron diariamente (14:00 h) con un termómetro digital (Hanna®), un oxímetro (YSI®) y un potenciómetro de campo (Hanna®) respectivamente. El fotoperíodo fue el natural registrado para la zona norte del Pacífico en Jalisco (13-11 horas de luz-oscuridad) (comunicación personal con Instituto de Meteorología de la Universidad de Guadalajara, México). Los parámetros de crecimiento calculados fueron el incremento de peso (g día^{-1}), incremento de talla (mm día^{-1}), incremento porcentual de peso y talla (IP y IT, respectivamente; %) y tasa de crecimiento específico (TCE). Para lo cual se midieron (vernier) y pesaron (balanza digital Scout pro OHAUS®) todos los organismos al inicio y final del bioensayo. Para la determinación de la sobrevivencia se registraron diariamente los organismos muertos.

Temperatura preferida

Para determinar la preferencia térmica de *M. tenellum* se utilizó una mesa de gradiente térmico con ocho cámaras (33.33 cm cada una). Para instalar las cámaras se utilizaron secciones de poliestireno con un orificio central (5.0 cm) que permitían el paso parcial del agua y el libre

tránsito de los organismos entre las mismas (Figura 1). El gradiente (20, 23, 25, 27, 30, 33, 35 y 39°C) se realizó colocando en un extremo de la mesa de gradiente dos calentadores con termostato (Sunny®) alcanzando los 39°C y al otro extremo bolsas de hidrogel congelado que permitieron una temperatura de 20°C. Las cámaras permanecieron con aireadores artificiales para proporcionar una concentración constante de oxígeno para los organismos, garantizar la homogenización térmica y evitar la estratificación de la columna de agua durante todo el bioensayo. El sistema fue probado durante tres días previos a la realización de los bioensayos, registrando la temperatura cada 15 minutos durante 3 h, para garantizar que las temperaturas dentro de las cámaras se mantuvieran dentro de los límites requeridos (variaciones menores a $\pm 1^\circ\text{C}$). Se

utilizaron langostinos aclimatados por 72 horas a 23, 30 y 32°C, con peso y talla media de 0.38 ± 0.21 g y 40.38 ± 10.33 mm, respectivamente. Para realizar las mediciones se aplicó el método agudo descrito por REYNOLDS y CASTERLIN (1979), colocando 10 organismos en la cámara que con temperatura del agua más cercana a la de aclimatación, iniciando su conteo por cámara después de 40 minutos (30 min de aclimatación y orientación de los individuos) cada 10 minutos durante tres horas. Se hicieron mediciones de tres repeticiones para cada temperatura de aclimatación con animales nuevos para cada una de ellas. El preferendum térmico final se obtuvo gráficamente utilizando los datos de aclimatación contra los de preferencia térmica (valor de la mediana interceptada por la línea de igualdad) según HALL *et al.* (1978).

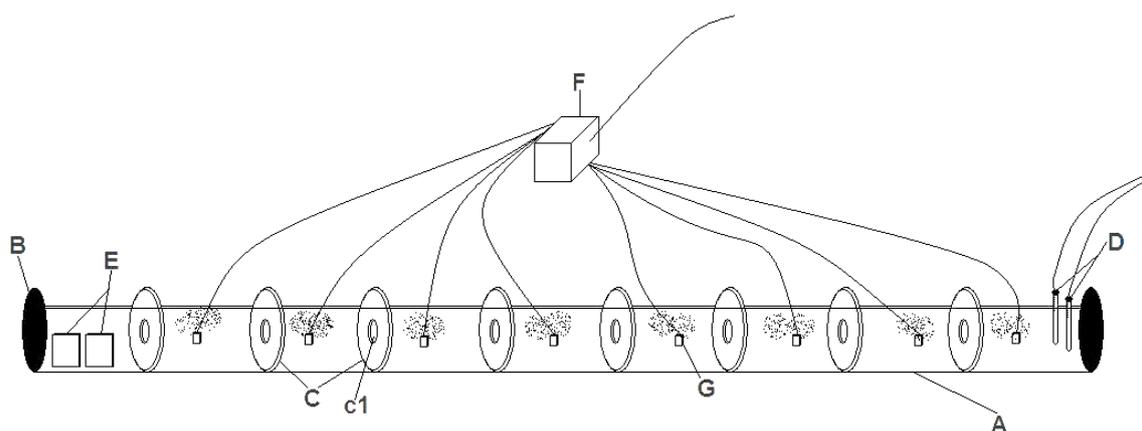


Figura 1. Mesa de gradiente térmico: A) Tubo de PVC; B) Tapas de PVC; C) Separaciones de poliestireno expandido, c1) Orificio; D) Calentadores con termostato; E) Bolsas de hidrogel congelado; F) Bomba aireadora; G) Piedras difusoras

Temperatura letal incipiente máxima y mínima

Para determinar la temperatura letal incipiente máxima y mínima (TL_{max} y TL_{min}, respectivamente) se empleó un contenedor de 2 L al cual se le elevó o disminuyó la temperatura según el caso. Para elevar la temperatura se colocaron dos calentadores con termostato (Sunny®) con un techo máximo de temperatura de 45°C y para disminuirla hasta 8°C se colocaron bolsas de hidrogel congeladas. Se mantuvo el contenedor con aireadores artificiales para proporcionar una concentración constante de oxígeno para los organismos, garantizar la

homogenización térmica y evitar la estratificación de la columna de agua durante todo el bioensayo. Se utilizaron organismos (0.50 ± 0.20 g y 39.65 ± 0.72 mm) aclimatados por 72 h a 21, 29 y 36°C. Para ambos casos (TL_{max} y TL_{min}) se colocaron 10 langostinos por temperatura de aclimatación por replica, iniciando el bioensayo en la temperatura de aclimatación y elevando o disminuyendo la temperatura, según el caso hasta el registro de la muerte de la mitad de los organismos (temperatura letal media; TL₅₀). Se realizó por triplicado por temperatura de aclimatación, tanto para la elevación como para la disminución de la temperatura.

Análisis estadístico

A los datos de el incremento de peso, incremento de talla, IP, IT, TCE, sobrevivencia, TLImax y TLImín se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en cada uno de los casos, mientras que para los datos de preferencia térmica se les aplicó un ANOVA de dos vías. Todos los análisis se realizaron posteriores a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 0.05$) y de homogeneidad de varianzas de Bartlett ($\alpha = 0.05$). Los datos expresados en porcentaje (sobrevivencia, IP y IT) se les aplicó la transformación del arcoseno de su raíz cuadrada (ZAR, 1984). Las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron por medio del método de comparaciones múltiples de Duncan ($P < 0.05$). Todas las pruebas se realizaron mediante el software estadístico SIGMASTAT V3.1 (2004).

RESULTADOS*Temperatura óptima*

Los organismos que se encontraban a 29°C tuvieron un crecimiento en peso y talla e incremento porcentual de peso y talla significativamente ($P < 0.05$) mayor a los presentados en los organismos bajo temperaturas de 22°C y 36°C. De igual manera el mayor valor de la TCE se presentó en los langostinos bajo las temperaturas de 29°C, siendo estadísticamente diferente ($P < 0.05$) de los tratamientos bajo las temperaturas de 22 y 36°C (Tabla 1).

Se obtuvo una sobrevivencia de 100% para los organismos tratados a 22 y 29°C, valores que difieren significativamente ($P < 0.05$) del obtenido para el tratamiento a 36°C en el cual se presentó una sobrevivencia de $96.66 \pm 0.20\%$.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento y sobrevivencia de juveniles de *Macrobrachium tenellum* sometidos por 15 días a tres diferentes temperaturas (22, 29 y 36°C).

Parámetros	Tratamiento		
	22°C	29°C	36°C
Crecimiento en peso (mg día ⁻¹)	0.20 ± 0.20 ^b	2.80 ± 1.10 ^a	0.01 ± 0.01 ^b
Crecimiento en talla (mm día ⁻¹)	0.12 ± 0.02 ^b	0.23 ± 0.11 ^a	0.02 ± 0.03 ^b
Incremento en peso (IP; %)	0.92 ± 1.59 ^b	39.52 ± 15.29 ^a	0.63 ± 1.09 ^b
Incremento en talla (IT; %)	0.06 ± 0.10 ^b	13.38 ± 6.56 ^a	0.89 ± 1.55 ^b
Tasa de Crecimiento Específica (TCE)	0.06 ± 0.11 ^b	1.95 ± 1.46 ^a	0.01 ± 0.01 ^b
Sobrevivencia (%)	100.0 ± 0.00 ^a	100.0 ± 0.00 ^a	96.7 ± 0.20 ^b

Los superíndices diferentes en las filas muestran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Preferencia térmica

En la preferencia térmica del langostino *M. tenellum* se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en relación a la frecuencia de aparición de los organismos en las cámaras de gradiente, pero no entre las temperaturas de aclimatación ($P > 0.05$). La mayor preferencia térmica (que corresponde al promedio de la frecuencia de aparición por cámara) correspondió a las cámaras con 30 y 33°C, que fueron diferentes estadísticamente a las demás ($P < 0.05$), por lo cual se sugiere como intervalo de preferencia térmica entre los 30 y 33°C (Figura 2). Se obtuvo gráficamente en el plano cartesiano la

temperatura preferida final a través del método agudo, esto al enfrentar la temperatura de aclimatación con la temperatura preferida, y fue de 32.25°C (Figura 3).

Temperatura letal incipiente máxima y mínima

En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos para TLImax y TLImín, así como los intervalos de aumento y disminución de la temperatura en relación con el tiempo. No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en las temperaturas letales incipiente con relación a la temperatura de aclimatación.

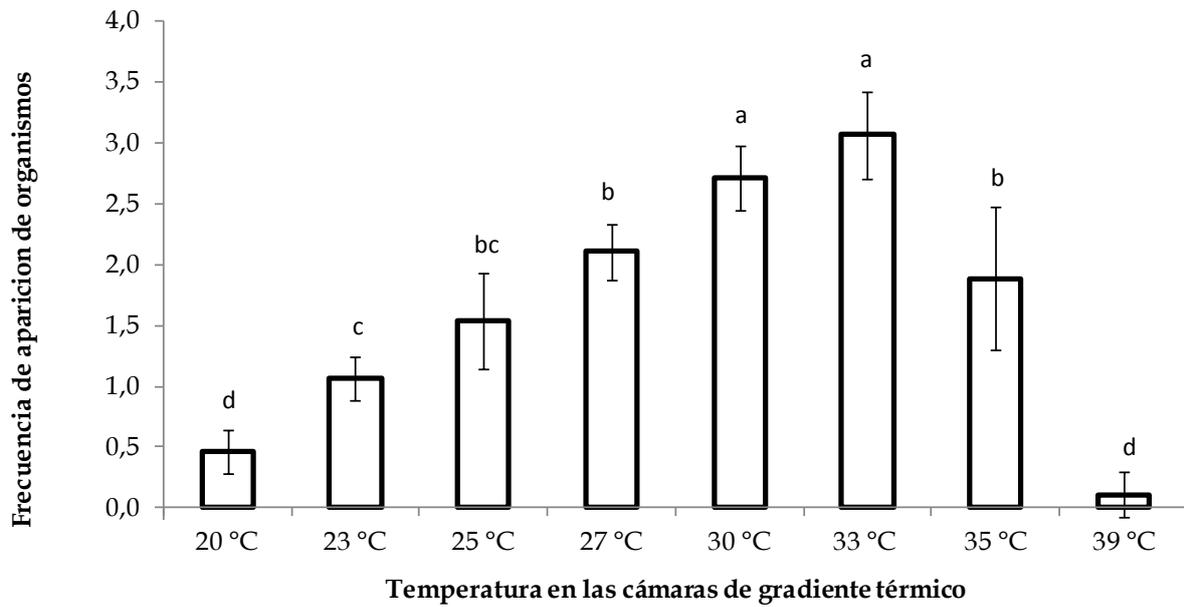


Figura 2. Preferencia térmica de *Macrobrachium tenellum* con base en el promedio de la frecuencia de aparición de los organismos en las cámaras del gradiente térmico. Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar. Letras diferentes sobre las barras muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

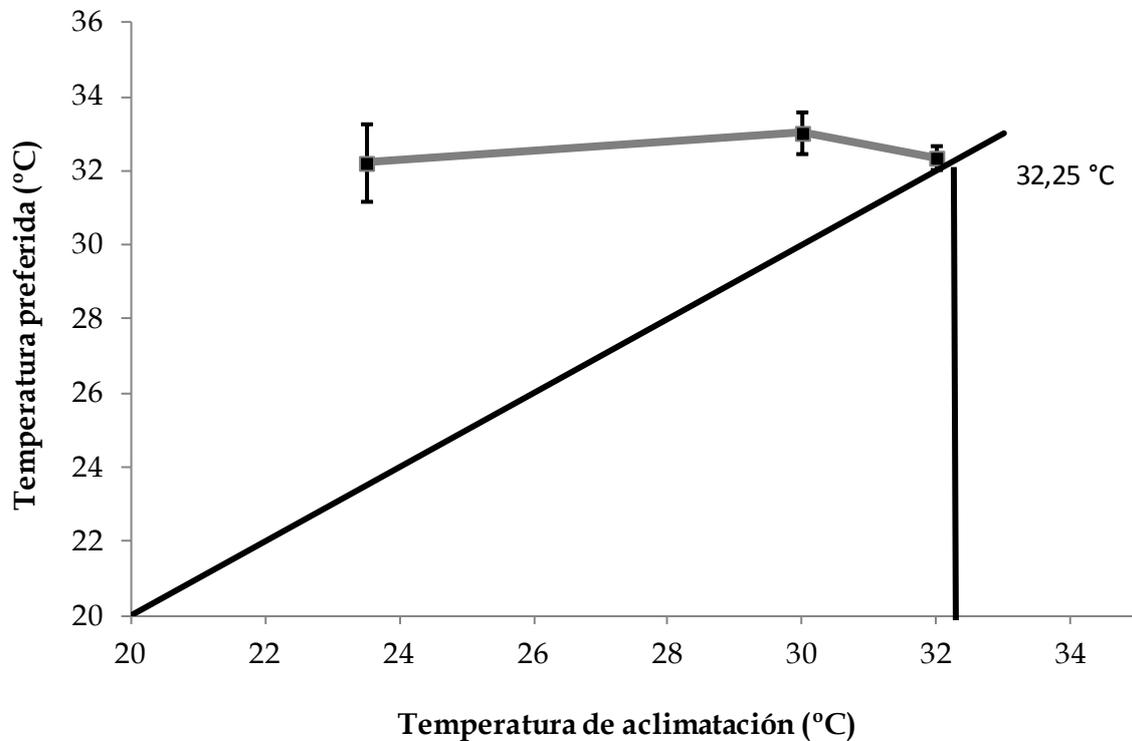


Figura 3. Temperatura preferida final de *Macrobrachium tenellum* obtenidas por el método agudo. Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar.

Tabla 2. Temperatura letal incipiente máxima y mínima para juveniles de *Macrobrachium tenellum* con relación a la temperatura de aclimatación (21, 29 y 36 °C).

Temperatura de aclimatación (°C)	Temperatura letal incipiente máxima (°C)	Temperatura letal incipiente mínima (°C)	Velocidad de aumento de temperatura (°C min ⁻¹)	Velocidad de disminución de temperatura (°C min ⁻¹)
21	42.0	8.1	0.181	0.089
29	43.2	10.2	0.163	0.124
36	43.5	11.1	0.117	0.114

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que los juveniles de *M. tenellum* poseen la capacidad de sobrevivir en un amplio intervalo de temperaturas, sin embargo su crecimiento óptimo se manifiesta en un rango de temperaturas limitado. Dentro de las temperaturas probadas, la de 29°C favoreció el crecimiento de los organismos, mientras que la temperatura inferior (22°C) así como la superior (36°C) resultaron en crecimientos prácticamente nulos. Nuestros resultados coinciden con lo reportado por SÁNCHEZ y SOTO (1976), primer trabajo de este tipo con *M. tenellum*, en el que se menciona el cese de crecimiento cuando la temperatura está por debajo de los 20°C y una temperatura favorable para el desarrollo entre los 28 a 29°C. Posteriormente GUZMÁN-ARROYO (1987) menciona que los juveniles de *M. tenellum*, en el medio silvestre, prefieren las temperaturas que se aproximan a los 30°C, sin embargo no desarrolla experimentos de crecimiento a nivel de laboratorio que permitan asociar estas al desarrollo de los organismos. ROMÁN (1991), también en el medio natural, detecta comunidades de *M. tenellum* creciendo satisfactoriamente en aguas con temperaturas de 32°C. Aunque estos trabajos sugieren ya un rango de temperaturas asociadas al mejor crecimiento de esta especie, no es sino hasta 2006 que PONCE-PALAFIX *et al.* (2006), registran estas en un cultivo de esta especie y encuentran que las temperaturas óptimas de crecimiento se dieron entre los 29 y 32°C. Resultados similares con juveniles en de *M. tenellum* en cultivo fueron obtenidos por VEGA-VILLASANTE *et al.* (2011), quienes encontraron que los mayores crecimientos en los organismos (juveniles) correspondieron a la temporada de mayores temperaturas (29-30°C). PONCE-

PALAFIX *et al.* (2006) observaron que conforme aumenta la temperatura del agua se presenta un incremento en la producción de hembras ovígeras de *M. tenellum*, lo que se relaciona con los valores modales de maduración encontrados en el ambiente natural entre los meses de julio y agosto cuando el agua alcanza los 31°C, relacionando la temperatura con el crecimiento reproductivo de esta especie.

En nuestro trabajo el intervalo entre la temperatura que favoreció el crecimiento (29°C) y las extremas es amplio, por lo anterior no fue posible detectar con certeza un rango óptimo de temperatura para el crecimiento, sin embargo se sugiere que debe coincidir con los rangos encontrados por los autores antes mencionados, existiendo un incremento de peso y talla que se relaciona directamente con los incrementos de temperatura en el agua, hasta ciertos límites. En este sentido LAGERSPETZ (2006) menciona que la relación que guarda la temperatura con el crecimiento de los organismos es innegable, sin embargo debe mantenerse dentro de rangos adecuados para que estos lleven a cabo un óptimo desarrollo, por ello se indican que el aumento en la temperatura resulta casi universalmente en un incremento en la velocidad de crecimiento en los crustáceos hasta su valor óptimo, después del cual la mortalidad tiende a aumentar sustancialmente. Los resultados de supervivencia registrados en el presente estudio sugieren que temperaturas mayores a 35°C no solo no promueven el crecimiento sino que comienzan a provocar la muerte de los organismos, coincidiendo con lo reportado por HEWITT y DUNCAN (2001), en *Marsupenaeus japonicus*, que encontraron las mayores supervivencias y tasas de consumo de alimento a los 32°C, aumentando la mortalidad al acercarse a los 36°C. Al respecto HERNÁNDEZ

(2008) observó que *Macrobrachium occidentale* mostró un aumento en su crecimiento al aumentar la temperatura a 25 y 28°C, sin embargo al alcanzar temperaturas mayores a 31°C el crecimiento fue menor y la sobrevivencia disminuyó, concluyendo que la temperatura del agua es uno de los principales factores que determinan el crecimiento y sobrevivencia de los organismos. Por su parte, TRINIDAD *et al.* (2010) mencionan en *Macrobrachium jelskii* los mayores pesos y longitudes promedios (1.72 g y 5.55 cm) fueron obtenidos al cultivarlos a una temperatura promedio de $29.97 \pm 0.81^\circ\text{C}$. En ese mismo sentido ARANA y ORTEGA (2004), al criar langostino *M. americanum* en condiciones de laboratorio a 20°C y 33°C, encontraron que el crecimiento de los langostinos fue mayor a 33°C. Las anteriores investigaciones muestran resultados similares a la presente, en donde la temperatura óptima de crecimiento y sobrevivencia se encontraron alrededor de los 29°C, y el crecimiento se ve mermado si se aumenta o disminuye la temperatura ($\pm 7^\circ\text{C}$).

En la presente investigación se registró una preferencia térmica de 32.25°C para juveniles de *M. tenellum*, con un rango de 30 a 33°C. Estos resultados contrastan fuertemente con lo reportado para la misma especie por HERNÁNDEZ *et al.* (1995), quienes determinaron un intervalo térmico de 27 a 30.6°C y, a través del método gravitacional, estimaron el preferendum térmico final en 28°C. Nuestros resultados difieren incluso con los registrados para otras especies del mismo género y que de hecho comparten hábitat con *M. tenellum*, como es el caso de *M. acanthochirus* (HERNÁNDEZ *et al.*, 2003) y *M. occidentale* (HERNÁNDEZ, 2008) cuyos preferendum térmicos fueron reportados de 27.5°C y 27.2°C respectivamente. De manera particular, el preferendum térmico de *M. tenellum* registrado en este trabajo (32.25°C en 2011) y el reportado por HERNÁNDEZ *et al.* (1995) (28°C en 1995) representa un corrimiento a la alza de 4.25°C. Este fenómeno puede ser interpretado, de acuerdo con HERNÁNDEZ y BÜCKLE (1997), como un posible efecto del cambio climático global. Estos autores consideran que en los organismos poiquiloterms (como es el caso de *M. tenellum*) el aumento a largo plazo en la temperatura global modificará la zona de

preferencia térmica de los animales, por lo tanto evitarán las temperaturas a las que son más sensibles y de inmediato será alterado el preferendum final que, se mantendrá hasta que la presión del medio ambiente se modifique, es decir que, la zona de preferencia se desplazará en la dirección del efecto. Debido a que no existen más registros publicados de las preferencias térmicas tanto de *M. acanthochirus* como de *M. occidentale*, no es posible discutir si acaso estos han variado su preferencia térmica en el transcurso de los años, tal cual se sugiere ha ocurrido con *M. tenellum*.

La temperatura letal incipiente máxima y mínima, representan, el límite superior e inferior de la zona de tolerancia de los organismos que, es afectada por la temperatura de aclimatación (LEE y RINNE, 1980). Al respecto HERNÁNDEZ *et al.* (1995), observaron que para *M. tenellum* los valores de TL_{Imax} se incrementan en relación a la temperatura de aclimatación; comportamiento también observado en las postlarvas y juveniles del langostino malayo *M. rosenbergii* (GARRIDO, 1990). Los anteriores estudios coinciden con los resultados obtenidos en el presente trabajo, en donde las TL_{Imax} y TL_{Imin} aumentan al aumentar la temperatura de aclimatación. De interés particular representa el hecho de que, bajo los protocolos establecidos en este estudio, los juveniles de *M. tenellum* soportaron variaciones de alrededor de 35°C (desde 8.1 hasta 43.5°C), con altas supervivencias, lo anterior es una muestra de su capacidad de tolerancia y adaptación térmica.

CONCLUSIONES

Los juveniles de *M. tenellum* demuestran un mejor crecimiento a 29°C. Su preferencia térmica es de 32.25°C con un rango de 30 a 33°C. Estos resultados sugieren que esta especie posee un efectivo potencial de cultivo en la costa tropical del Pacífico mexicano. Los cambios climáticos globales pueden estar ocasionando la modificación de las preferencias térmicas de animales poiquiloterms como es el caso de *M. tenellum*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los integrantes del Laboratorio de Acuicultura Experimental del Centro Universitario de la Costa-UdeG por su apoyo.

REFERENCIAS

- ARANA M.F.C. y ORTEGA S.A.A. 2004 Rearing of the Cauque Prawn under Laboratory Conditions. *North American Journal of Aquaculture*, Bethesda, 66(2): 158-161.
- ARROYO R.G. y MAGAÑA R.L. 2001 *Contribución al conocimiento de las especies de Macrobrachium y Atya con especial referencia a los langostinos en el cauce del río baluarte (1991)*. Sinaloa, México. 58p. (Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa).
- BRETT, J.R. 1956 Some principles in the thermal requirements of fishes. *Quarterly Review of Biology*, Chicago, 31: 75-87.
- DÍAZ, H.F. 1989 *Estudio Ecofisiológico del langostino gigante Macrobrachium rosenbergii*. D.F., México. 105p. (Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México).
- GARRIDO, M.A. 1990 *Relación entre las temperaturas de aclimatación y la tolerancia térmica de postlarvas y juveniles del langostino malayo Macrobrachium rosenbergii (Crustacea: Palaemonidae)*. D.F., México. 56p. (Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México).
- GIATTINA, J.D. y GARTON, R.R. 1982 Graphical model of thermoregulatory behavior by fishes with a new measure of eurythermalithy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Toronto, 39: 524-528.
- GUZMÁN-ARROYO, M. 1987. *Biología, ecología y pesca del langostino Macrobrachium tenellum (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México*. D.F., México. 319p. (Tesis de Doctor en Ciencias del Mar, Universidad Nacional Autónoma de México).
- HALL, L.W.; CINCOTTA, D.A.; STAUFFER, J.R.; HOCUTT, C.H. 1978. Temperature Preference of the Crayfish *Orconectes obscurus*. *Archives of Environmental Contamination and toxicology*, New York, 7: 379-383.
- HENDRICKX, M.E. 1995 Camarones. In: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K. E.; NIEM, V. H. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental*. Vol. 1. Plantas e invertebrados. Roma, Italia. FAO. 646p.
- HERNÁNDEZ S.P. 2008 *Efecto de la temperatura en el crecimiento y la sobrevivencia del langostino Macrobrachium occidentale y del acocil Cherax quadricarinatus*. Sinaloa, México. 47p. (Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional).
- HERNANDEZ, R.M. y BÜCKLE R.L.F. 1997 Thermal Preference area for *Macrobrachium tenellum* in the Context of Global Climatic Change. *Journal of Thermal Biology*, New York, 22(4/5): 309-313.
- HERNANDEZ, R.M.; BÜCKLE R.L.F.; DÍAZ, H.F. 1995 Preferred temperature of *Macrobrachium tenellum* (Crustacea, Palaemonidae). *Rivista Italiana di Acquacoltura*, Verona, 30: 93-96.
- HERNANDEZ D.A.; BÜCKLE, F.; ESPINA, S. 2003 Temperaturas preferidas y evitadas del langostino *Macrobrachium acanthochirus* (Crustacea, Palaemonidae). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, Maracaibo, 37(2): 103-117.
- HEWITT, D.R. y DUNCAN, P.F. 2001 Effect of high water temperature on the survival, moulting and food consumption of *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Bate, 1888). *Aquaculture Research*, Oxford, 32: 305-313.
- JOBLING, M. 1981 Temperature tolerance and the final preferendum - rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *Journal of Fish Biology*, London, 19: 439-455.
- KELLOG, R.L. y GIFT, J.J. 1983 Relationship between optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four fish species. *Transaction of the American Fisheries Society*, Washington, 112: 424-430.
- LAGERSPETZ, K.Y.H. 2006 What is thermal acclimation? *Journal of Thermal Biology*, New York, 31: 332-336.
- LEE, R.M. y RINNE, J.N. 1980 Critical Thermal Maxima of Five Trout Species in the Southwestern United States. *Transaction of the American Fisheries Society*, Washington, 109: 632-635.
- LUNA, M.; GRAZIANI, C.; VILLARROEL, E.; LEMUS, M.; LODEIROS, C.; SALAZAR, G. 2007. Evaluación de tres dietas con diferente contenido proteico en el cultivo de postlarvas

- del langostino de río *Macrobrachium rosenbergii*. *Zootecnia Tropical*, Maracay, 25(2): 111-121.
- McCAULEY, R.W. y CASSELMAN, J.M. 1981 The final preferendum as an index for optimum growth in fish. *Proceedings of the World Symposium of Aquaculture. Heated. Effluents. Recirculations Systems*, 11: 81-93.
- PONCE-PALAFIX, J.T.; ARANA, M.F.; CABANILLAS, B.H.; ESPARZA, L.H. 2002 Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico Americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1968). In: CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA, 1., 1/jun. - 30/sep./2002. *Memorias...* CIVA 2002.: p. 534-546. Disponible en: <<http://www.revistaaquatic.com/civa2002/coms/completo.asp?cod=67>> Acceso en: 20 sep. 2011.
- PONCE-PALAFIX, J.T.; GARCÍA-ULLOA G.M.; ARREDONDO F.J.L.; HERNÁNDEZ O.D.; DÍAZ A.J.; ALDAMA R.G.; ESPARZA L.H. 2006 El cultivo del camarón de agua dulce *Macrobrachium tenellum* en estanques rústicos. In: CONGRESO IBEROAMERICANOVIRTUAL DE ACUICULTURA, 4., 6/dic./2006 - 15/enero/2007. *Memorias...* CIVA 2006: 655-660. Disponible en: <<http://www.revistaaquatic.com/civa2006/coms/completo.asp?cod=246>> Acceso en: 20 sep. 2011.
- REYNOLDS W.W. y CASTERLIN M.E. 1979. Thermoregulatory behavior of the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Hydrobiologia*, Berlín, 67(2): 179-182.
- ROMÁN C.R. 1979. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Macrobrachium tenellum* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, México, 6: 137-160.
- ROMÁN C.R. 1991 Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae) en la laguna de Coyuca, Pacífico de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, México, 18(1): 109-160.
- SÁNCHEZ, A.J. y SOTO, L.A. 1976 Camarones de la superfamilia penaeoidea, distribuidos en la plataforma continental del Sureste del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, México, 14(2): 157-180.
- SIGMASTAT. 2004 SigmaStat, Advisory Statistics for Scientists. SYSTAT software, Inc.
- TRINIDAD, U.; SILVA-A, A.; MEDINA, L.; MORENO, C.; GUEVARA, M.; GRAZIANI, C. 2010 Crecimiento del camarón de agua dulce *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877), en lagunas de cultivo. *Zootecnia Tropical*, Maracay, 28(2): 163-171.
- VEGA-VILLASANTE, F.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, E.A.; ESPINOSA-CHAURAND, L.D.; CORTÉS-LARA, C.; NOLASCO-SORIA, H. 2011 Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Mérida, 14(2): 581-588.
- ZAR, J.H. 1984 *Biostatistical analysis*. 2^{da} ed. Ed. Prentice-Hall. New Jersey, USA. pp. 236-346.