

*Short Communication*

**Efecto de diferentes intensidades de luz sobre la expresión de cromatóforos, crecimiento y supervivencia en juveniles de *Macrobrachium tenellum***

Fernando Vega-Villasante<sup>1</sup>, Edgar F. Martínez-Ochoa<sup>2</sup>  
Marcelo U. García-Guerrero<sup>3</sup> & Jessica D. Arrona-Ortiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Acuicultura Experimental, Centro de Investigaciones Costeras  
Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, C.P. 48280, México

<sup>2</sup>Licenciatura en Biología, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara  
Puerto Vallarta, Jalisco, C.P. 48280, México

<sup>3</sup>Acuicultura de Crustáceos, CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca, Oaxaca, C.P. 71230, México  
Corresponding author: Fernando Vega-Villasante (fernandovega.villasante@gmail.com)

**RESUMEN.** *Macrobrachium tenellum* es un langostino dulceacuícola que destaca por su capacidad de cambio en función de diferentes estímulos. Para determinar el efecto de diferentes intensidades de luz sobre la expresión de cromatóforos, crecimiento y supervivencia, se sometieron langostinos juveniles (28.60-28.97 mm) a cuatro tratamientos 30, 600, 1500 y 3500 lux, durante 45 días. Al final de experimento se determinó el crecimiento en talla y peso, cantidad de alimento consumido, factor de conversión alimenticia y supervivencia. El análisis de la expresión de cromatóforos se efectuó mediante su conteo a partir de fotos del tercer somita y exopoditos de los urópodos. El crecimiento en peso y talla de los organismos sometidos a las diferentes intensidades de luz no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ). El consumo total de alimento, factor de conversión alimenticia y supervivencia tampoco resultaron con diferencias significativas. Respecto de la cantidad de cromatóforos hubo diferencias entre tratamientos, las dos intensidades menores de luz y las dos mayores intensidades de luz fueron diferentes, a mayor intensidad de luz mayor número de cromatóforos expresados.

**Palabras clave:** *Macrobrachium tenellum*, camarón de río, pigmentación, efecto de la luz, acuicultura.

**Effect of different light intensities on expression of chromatophores, growth and survival in juvenile *Macrobrachium tenellum***

**ABSTRACT.** Freshwater prawn *Macrobrachium tenellum* is noted for its ability to change color depending on different stimuli. In order to determine different light intensities on the chromatophore expression, growth and survival, juvenile shrimps (28.60-28.97 mm) were subjected to four treatments 30, 600, 1500 and 3500 lux for 45 days. At the end of the experiment the growth in size and weight, amount of food consumed, feed conversion and survival were determined. The expression analysis of chromatophores was performed by its count from photos of the third somite and the uropod exopodite. Growth in height and weight of prawns subject to the different light intensities showed no differences between treatments ( $P > 0.05$ ). The total consumption of food, feed conversion and survival showed no significant differences. In relation with the number of chromatophores, differences between treatments were evident; lower light intensities were different to higher ones. The higher light intensity increased the number of expressing chromatophores.

**Keyword:** *Macrobrachium tenellum*, river prawn, pigmentation, light effect, aquaculture.

La concentración y distribución de pigmentos que otorga la coloración en los crustáceos está determinada por muchos factores tanto intrínsecos (especie, sexo y talla), como extrínsecos (color del fondo del ambiente, temperatura, alimentación y luz) (Hung-Pan *et al.*, 2001).

Entre los factores extrínsecos, la luz es uno de los más determinantes pues además incide en su crecimiento y conducta debido a que tanto su metabolismo, hábitos diarios, ciclos reproductivos y de muda, y la actividad digestiva son normalmente influenciados por la intensi-

dad de la luz (Hoang *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2006). Particularmente, el efecto de la luz sobre el crecimiento y muda han sido estudiados en crustáceos (Hoang *et al.*, 2002) pero la información que existe sobre su efecto en la expresión de cromatóforos es escasa. Esto es importante en crustáceos de aguas someras, dado que la intensidad de la luz puede variar significativamente a lo largo del día y del año. Un claro ejemplo se observa en el género *Macrobrachium*, predominantemente dulceaçuícolos pero que también se distribuye en aguas salobres de sistemas lagunares y estuarinos, ocupando medios acuáticos lóuticos y frecuentemente lénticos (Román-Contreras, 1978; Guzmán-Arroyo, 1987; Anger, 2003; Espino-Barr *et al.*, 2006). Son bentónicos durante la etapa adulta pues viven sobre fondos variados, tales como rocas, arena, fango, gravas conchíferas o mezclas de estos materiales. En su fase adulta son de hábitos nocturnos (Vega-Villasante *et al.*, 2011).

Dentro de este género, *Macrobrachium tenellum* es un organismo de interés no solo biológico y ecológico, sino también comercial pues tiene un alto potencial acuícola. Entre las características adaptativas que tiene, esta especie, para sobrevivir en vida silvestre, se destaca su capacidad de cambio de coloración en función de la intensidad de luz ambiental. Esto le proporciona plasticidad morfológica y cromática apropiada para permanecer con éxito en cada uno de estos ambientes (Guzmán-Arroyo, 1987). Asimismo, se ha demostrado que para los estadios larvarios del género *Macrobrachium* la intensidad y calidad de la luz es de vital importancia para un crecimiento adecuado (Araujo & Valenti, 2011; Maciel & Valenti, 2012). La intensidad de luz puede también inducir un cambio de coloración como consecuencia de la activación de pigmentos que se encuentran en células especializadas llamadas cromatóforos, base de cualquier arreglo cromático (Noél & Chassard-Bouchaud, 2004; Boyle & McNamara, 2005). Mientras más disperso se encuentre el pigmento en las prolongaciones citoplasmáticas del cromatóforo más evidente será, mientras que si el pigmento se concentra en el soma apenas será perceptible (Auerswald *et al.*, 2008). El conocimiento de los factores que en cultivo influyen en este fenómeno, puede contribuir a un mejor manejo de los especímenes mantenidos en cautiverio.

El presente trabajo evalúa el efecto de diferentes intensidades de luz sobre el número de cromatóforos expresados, crecimiento y supervivencia en juveniles de *M. tenellum* bajo condiciones experimentales, para incrementar el conocimiento sobre su respuesta a los cambios en la intensidad de esta variable y a la vez contribuir a incrementar las bases para el desarrollo de correctas metodologías de cultivo.

El experimento se realizó en el Laboratorio de Acuicultura del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara (CUCOSTA), situado en el municipio de Puerto Vallarta, México, a una altitud de 10 m sobre el nivel medio del mar (20°42'19"N, 105°13'16"W). Los langostinos juveniles de *M. tenellum* fueron mantenidos en un estanque artificial. Antes del experimento todos los langostinos se seleccionaron por peso para homogeneizar la población (0.22 ± 0.1 g) y se sometieron a una aclimatación de 7 días. Durante la aclimatación y experimentación los organismos se alimentaron dos veces al día (9:00 y 15:00 h) con pellet para camarón marino (Camaronina® Purina® con 35% de proteína) de acuerdo al 10% de su biomasa inicial. Las cuatro intensidades de luz probadas, fueron de 30, 600, 1500 y 3500 lux. Las intensidades de luz fueron controladas a través del ajuste de la distancia (10-60 cm, aprox.) entre las lámpara de luz blanca (Ecosmart®, 60w) y la superficie del agua hasta obtener las intensidades establecidas. El experimento se efectuó en una habitación con ambiente controlado (A/A) y los distintos tratamientos se dividieron en secciones con lonas negras, para evitar la contaminación luminosa entre tratamientos. La intensidad fue medida y ajustada con un luxómetro (AMPROBE® modelo LM631A) en la superficie del agua de cada (UE) unidad estanque. No se realizó la medición de la iluminación en el fondo de las UE. Se acordó un fotoperiodo de 12L/12O. Se establecieron cuatro réplicas de cada tratamiento (intensidad de luz). Cada réplica de las UE consistió en acuarios de vidrio de 40 L. En cada UE se colocaron 12 juveniles de *M. tenellum*. Se realizó una limpieza diaria del material fecal, exuvias y alimento no consumido mediante sifoneo y se realizaron recambios de agua cada 3 días del 50% para garantizar su calidad. Para cada UE se instaló un filtro de cascada (Elite®) para garantizar la transparencia del agua y un calentador con termostato (Sunny®), con el que se ajustó la temperatura a 28°C ± 1.0.

Se efectuó una biometría inicial y una final para cada tratamiento. Los parámetros biológicos se determinaron mediante las siguientes fórmulas: Supervivencia (S) = número final de organismos/número inicial de organismos x100; Cambio en longitud (mm día<sup>-1</sup>) = (Tf-Ti) D<sup>-1</sup>; Cambio en peso (g día<sup>-1</sup>) = (Pf-Pi) D<sup>-1</sup>; % de Incremento en longitud = [(Tf-Ti) Ti<sup>-1</sup>] 100; % de Incremento en peso = [(Pf-Pi) Pi<sup>-1</sup>] x 100; Tasa de crecimiento específico de peso (TCE; % día<sup>-1</sup>) = [(Ln Pf-Ln Pi) D<sup>-1</sup>] 100; donde Pf corresponde al peso final, Pi al peso inicial, Ti a la longitud inicial, Tf a la longitud final y D al número de días del experimento.

Para determinar la expresión de cromatóforos, se fotografiaron 10 organismos de cada tratamiento, escogidos al azar, en dos regiones del cuerpo: la pleura del tercer somito del abdomen (debido a que en esta estructura los cromatóforos se distribuyen de manera uniforme y es translúcida) y, el exopodito (izquierdo o derecho) del urópodo (zona adecuada para las observaciones de cromatóforos debido a la escasez de calcio, poco esclerotizada y carente de pigmentos en el tegumento) (Flores & Chien, 2011). Las fotografías fueron ajustadas en brillo y contraste con el programa Microsoft Office Picture Manager ® para eliminar los brillos del exoesqueleto que pudieran evitar el conteo adecuado (las condiciones de ajuste fueron: brillo -15, contraste 20 y semitonos -20). La expresión de cromatóforos fue definida *a priori* como aquellos cromatóforos que fueran evidentes a los ajustes antes mencionados. Se contó el número de cromatóforos evidentes en las dos regiones del cuerpo, cuantificando los datos y graficando, para determinar diferencias significativas por región entre tratamientos de luz.

A los datos de los parámetros de crecimiento, supervivencia y número de cromatóforos evidentes por región entre tratamientos de luz, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en cada uno de los casos, previas pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov,  $\alpha = 0,05$ ) y homocedasticidad (Bartlett,  $\alpha = 0,05$ ). En caso de encontrar diferencias significativas, estas fueron identificadas mediante comparaciones múltiples de Tukey ( $P < 0,05$ ) (Zar, 2009). Todas las pruebas se realizaron mediante el software estadístico SigmaStat V3.1 (2004).

Los cambios en los parámetros de crecimiento y supervivencia de los organismos experimentales de cada tratamiento de luz se indican en la Tabla 1. En ninguno de los parámetros evaluados se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos. Las supervivencias fueron cercanas a 100% en todos los tratamientos y, por lo tanto, no fueron estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, en las regiones del cuerpo analizadas fotográficamente se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ( $P < 0,05$ ). Los tratamientos de las mayores intensidades de luz (1500 y 3500 lux), mostraron un mayor número de cromatóforos expresados comparados con las de menor intensidad (30 y 600 lux). La cantidad de cromatóforos en la región de la pleura fue de  $34,3 \pm 15$  cromatóforos por campo a la intensidad más baja (30 lux), mientras que en la intensidad mayor (3500 lux) fue de  $116,5 \pm 31$  cromatóforos (Fig. 1). La Figura 2 muestra la expresión de los cromatóforos a las intensidades mínimas y máximas en la pleura del somita. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) respecto de las dos intensidades menores de luz con

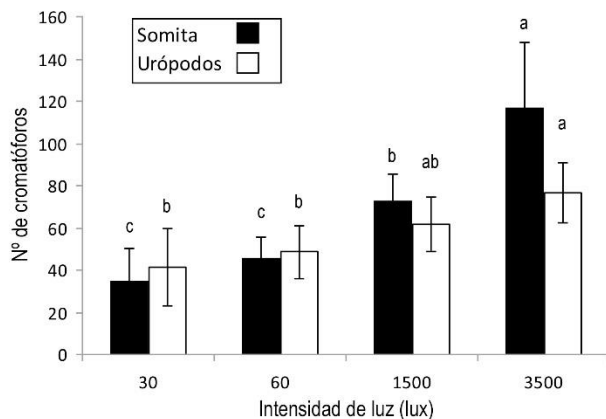
respecto a las dos intensidades mayores. En el análisis del exopodito se encontraron resultados similares: las dos intensidades mayores de luz mostraron una mayor expresión de cromatóforos (1500 lux =  $61,5 \pm 13$  y 3500 lux =  $76,1 \pm 14$ ), solo la mayor intensidad de luz mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con relación a las menores intensidades (30 lux =  $41,5 \pm 18$  y 600 lux =  $48,5 \pm 12$ ) (Fig. 1). La Figura 2 muestra la expresión de los cromatóforos a las intensidades mínimas y máximas en el exopodito del urópodo. La región de la pleura, al igual que en los organismos silvestres, presentó una mayor cantidad de cromatóforos expresados en comparación con la región del exopodito.

El efecto de la luz sobre el desempeño de los crustáceos en función de su crecimiento y supervivencia ha sido frecuentemente estudiado pues la luz es uno de los principales factores físicos que más afectan estas variables, influyendo en el desarrollo, actividad alimenticia, respiración y ecdisis (Wang *et al.*, 2004). También es conocido el hecho que la intensidad de luz afecta la intensidad de color en decápodos (Hung-Pan *et al.*, 2001; Hoang *et al.*, 2002, 2003), pero este fenómeno no está tan extensamente estudiado y está documentado para camarones marinos donde se ha encontrado que ciertas intensidades de luz favorecen el crecimiento en tanto que otras lo inhiben (Wang *et al.*, 2004).

En los langostinos en particular no está bien estudiado, si bien se sabe que la intensidad de la luz es determinante para la alimentación de las larvas pues estas localizan sus presas de manera oportunista al comienzo de su estadio de zoea II (Moller, 1978). En estos estadios intermedios se alimentan de presas que responden a la luz, como nauplios de *Artemia* (Maciel & Valenti, 2012). Al respecto, Araujo & Valenti (2011), mencionan que la intensidad de 390 lux acelera el desarrollo de las larvas de *M. amazonicum*, aumenta la productividad y ganancia en peso en comparación a intensidades menores, pero no mencionan nada en relación al efecto de la luz en la intensidad de color de las larvas. Sin embargo, Maciel & Valenti (2012) señalan que una alta intensidad de luz puede ser un factor de estrés que puede contribuir a reducir la supervivencia, ya que durante su desarrollo las larvas agudizan su visión en relación con diferentes longitudes de onda de luz y el aumento del brillo. El contraste y reflectancia de luz, afecta la discriminación visual, el comportamiento de caza y el estrés. De acuerdo a las observaciones realizadas con organismos confinados en reservorios experimentales, el comportamiento de las larvas de *M. tenellum* con relación a su ubicación espacial en la columna de agua y fondo, se modifica de manera gradual en su tránsito al estadio juvenil. En este

**Tabla 1.** Resultados de parámetros de crecimiento y supervivencia de *M. tenellum* mantenidos bajo diferentes condiciones de luz (lux) durante 45 días. IP: Incremento en peso, TCE: tasa de crecimiento específico, IT: incremento en talla, FCA: factor de conversión alimenticia, TEP: tasa de eficiencia proteica. Tratamientos de luz (30, 600, 1500 y 3500 lux). \*Peso promedio  $\pm$  desviación estándar. Las letras de los superíndices iguales en las filas de peso inicial, peso final, talla inicial, talla final y supervivencia no muestran diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

Intensidad (lux)	3500	1500	600	30
Peso inicial (g*)	0,23 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,21 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,22 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	0,22 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
Talla inicial (mm*)	28,80 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup>	28,90 $\pm$ 0,82 <sup>a</sup>	28,97 $\pm$ 0,96 <sup>a</sup>	28,60 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>
Peso final (g*)	1,04 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	1,00 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	0,93 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	1,09 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>
Talla final (mm*)	43,83 $\pm$ 1,61 <sup>a</sup>	42,47 $\pm$ 1,82 <sup>a</sup>	43,58 $\pm$ 1,66 <sup>a</sup>	45,52 $\pm$ 1,12 <sup>a</sup>
%IP	347,78 $\pm$ 38,97 <sup>a</sup>	369,86 $\pm$ 45,84 <sup>a</sup>	315,99 $\pm$ 61,93 <sup>a</sup>	398,10 $\pm$ 96,33 <sup>a</sup>
TCE	149,65 $\pm$ 8,94 <sup>a</sup>	154,41 $\pm$ 9,61	141,81 $\pm$ 14,90	159,32 $\pm$ 19,25
% IT	52,36 $\pm$ 9,42	47,06 $\pm$ 7,76 <sup>a</sup>	50,67 $\pm$ 10,36 <sup>a</sup>	59,23 $\pm$ 6,75 <sup>a</sup>
Supervivencia (%)	98,6 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup>	98,7 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	98,6 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	98,8 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>
Consumo total (g)	1,32 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	1,35 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	1,18 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	1,29 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
PC consumida (g)	0,46 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	0,47 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,41 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	0,45 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>
FCA	1,63 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	1,73 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	1,67 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	1,51 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>
TEP	1,75 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	1,66 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	1,71 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	1,92 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>

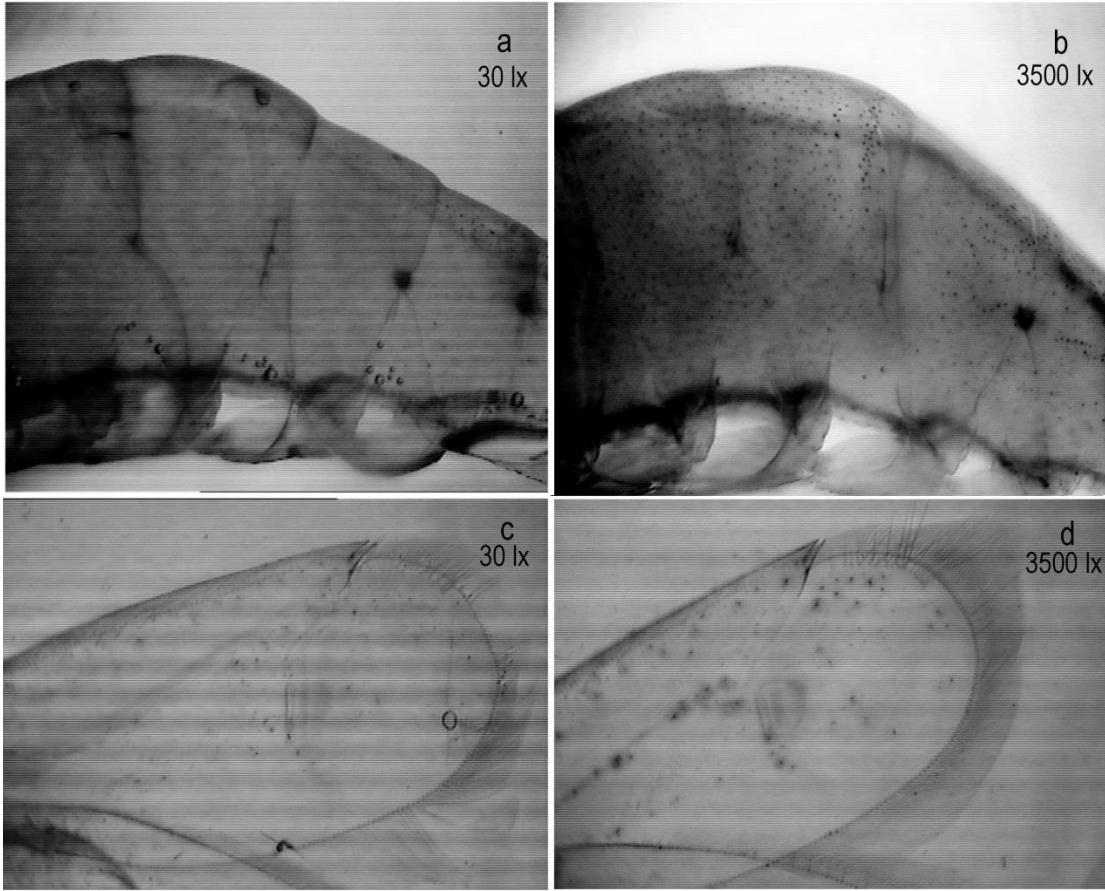


**Figura 1.** Número de cromatóforos expresados en la zona del somito y exopodito de *M. tenellum* sometidos a diferentes intensidades de luz durante 45 días. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) por regiones analizadas, y las líneas verticales representan el error estándar de las medias.

último estadio los organismos aún desarrollan una gran actividad durante las horas de luz ocupando indistintamente el fondo de los estanques y la columna de agua. Este fenómeno no se observa en adultos (cuya vida es preferentemente bentónica y su mayor actividad es nocturna). Se sugiere que estos cambios de hábitat pudieran tener un efecto en el tiempo que pasan expuestos a la luz, además del cambio en su alimentación e intensidad de color, aunque esto debería ser confirmado experimentalmente ya que no existen antecedentes de investigaciones dirigidas en este sentido.

Así, los resultados obtenidos en este trabajo con *M. tenellum*, bajo los protocolos establecidos, no demuestran un efecto significativo de las diferentes intensidades de luz probadas sobre el crecimiento y supervivencia de los juveniles. Aparentemente, tampoco hay un efecto significativo en el consumo de alimento, ni en la supervivencia. Los adultos, siendo bentónicos y preferentemente nocturnos, toman su alimento del fondo (Collins & Paggi, 1998) y acuden a otros mecanismos para localizar su alimento, como puede ser el uso de las antenas y el primer par de pereiópodos. Por consiguiente, la luz no tendría un efecto directo en el consumo de alimento. Estas tendencias pueden ser observadas en camarones no carideos pues el presente trabajo coincide con lo reportado por Wang *et al.* (2004) para *Fenneropenaeus chinensis*, que encontraron que no hay diferencias significativas en el crecimiento con intensidades de 0, 50, 300 y 1300 lux, pero sí las hay con la mayor intensidad de luz probada (5500 lux). Esta última demostró ejercer un efecto inhibitorio en el desarrollo de los camarones, ya que, la mayor parte de la energía fue dirigida a la respiración, excreción y ecdisis, y no a crecimiento.

En relación con el efecto de la intensidad de luz sobre la pigmentación, Flores & Chien (2011) señalan que la diversidad de matices en crustáceos, puede ser consecuencia directa de la diferencia en la expresión génica de color en los animales silvestres, pero también puede ser la consecuencia del cambio de color debido a diferencias en las condiciones ambientales o fisiológicas entre los individuos. Factores como la temperatura, ac-



**Figura 2.** a-b) Cromatóforos expresados en las somitas, c-d) cromatóforos en el exopodito de *M. tenellum* bajo tratamientos de 30 y 3500 lux de intensidad.

tividad diurna, intensidad de luz recibida y color de fondo tienen como respuestas la dispersión de la pigmentación de los cromatóforos en el tegumento, para que los organismos se adapten a las condiciones impuestas por el entorno, ya que funcionan como un mecanismo de protección ante condiciones no óptimas de luz, oscureciendo el cuerpo para prevenir posibles daños a órganos internos (Fuhrmann *et al.*, 2011). Los resultados de este estudio concuerdan con lo mencionado por estos autores, con la respuesta adaptativa adecuada al aumento de la intensidad de luz.

Aunque aparentemente, las intensidades probadas en el presente trabajo no condujeron a condiciones de estrés que pudieran haber afectado los parámetros de crecimiento y supervivencia, sí tuvieron efecto en la dispersión de los pigmentos acumulados en los cromatóforos en el tiempo de exposición a las condiciones de luz. La intensidad de la luz es reconocida como uno de los principales factores que afectan la expresión de cromatóforos y por lo tanto la coloración, pero hay estudios que sugieren que esto es

preferentemente a largo plazo (Hung-Pan *et al.*, 2001). En el presente trabajo no se determinó un aumento en el número de cromatóforos, sino solamente un aumento de la dispersión de los pigmentos en las regiones analizadas (somito y exopodito), a mayor intensidad mayor dispersión. Según Fuhrman *et al.*, (2011), este incremento de cromatóforos visibles probablemente es una respuesta fisiológica contra los posibles efectos de la luz (que en condiciones naturales incluiría tanto el espectro infrarrojo como ultravioleta, este último ligado a daños tisulares irreversibles), sobre el tegumento y órganos internos debido a la transparencia corporal de los estadios juveniles

Se reconoce que las condiciones de luz establecidas en este estudio no corresponden a las encontradas en el medio natural, sin embargo si pueden ser cercanas a las que pudieran tener en condiciones de confinamiento en cultivo, sobre todo en cultivos en aguas claras. Aunque los resultados obtenidos no muestran que la intensidad luminosa afecte los parámetros productivos en este estadio, eso no indica que en los estadios posteriores,

preadultos y adultos, este fenómeno se mantenga. Las consecuencias del efecto de intensidades de luz altas sobre el comportamiento y crecimiento de preadultos y adultos de *M. tenellum* no han sido estudiados, pero es probable que tenga efectos deletéreos en su comportamiento normal ya que en la vida silvestre se ubican en los lugares de menor penetración luminosa. Al parecer, el aumento en la expresión de los cromatóforos no es sino un signo ligado a un evento estresante que debe ser controlado. El correcto diseño de la tecnología de cultivo para esta especie debe incluir estos aspectos.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Luis Espinosa por su asesoría en los análisis estadísticos.

### REFERENCIAS

- Anger, K. 2003. Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): on the biology, origin, and radiation of freshwater-invading shrimp. *J. Crustacean Biol.*, 33(2): 151-183.
- Araujo, M.C. & W.C. Valenti. 2007. Feeding habit of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae. *Aquaculture*, 265: 187-193.
- Araujo, M.C. & W.C. Valenti. 2011. Efeito da intensidade luminosa no desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Bol. Inst. Pesca*, 37(2): 155-164.
- Auerswald, L., U. Freier, A. Lopata & B. Meyer. 2008. Physiological and morphological color change in Antarctic krill, *Euphausia superba*: a field study in the Lazarev Sea. *J. Exp. Biol.*, 211: 3850-3858.
- Boyle, R.T. & J.C. McNamara. 2005. Association of kinesin and myosin with pigment granules in crustacean chromatophores. *Pigm. Cell Res.*, 19(1): 68-75.
- Collins, P. & J.C. Paggi. 1998. Feeding ecology of *Macrobrachium borelli* (Nobili) (Decapoda: Palaemonidae) in the flood valley of the River Parana, Argentina. *Hydrobiologia*, 362: 21-30.
- Espino-Barr, E., B.A. García, G.M. Puente, A.C. Zamorano, A.O. Ahumada & E. Cabral-Solís. 2006. Análisis preliminar de los aspectos biológicos del langostino mazacate *Macrobrachium tenellum*, en el estado de Colima. In: B.E. Espino, A.M. Carrasco & G.M. Puente (eds.). *Memorias del III Foro Científico de Pesca Ribereña*. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Manzanillo, Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA. Jalisco, pp. 93-94.
- Flores, E.E. & Y. Chien. 2011. Chromatosomes in three phenotypes of *Neocaridina denticulata* Kemp, 1918: morphological and chromatic differences measured non-invasively. *J. Crustacean Biol.*, 31(4): 590-597.
- Fuhrmann, M.M., H. Nygard, R.H. Krapp, J. Berge & I. Werner. 2011. The adaptive significance of chromatophores in the Arctic under-ice amphipod *Apherusa glacialis*. *Polar Biol.*, 34(6): 823-832.
- Guzmán-Arroyo, M. 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera), Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 319 pp.
- Hoang, T., Y. Lee, C. Keenan & G. Mardsen. 2002. Spawning behavior of *Penaeus (Fenneropenaeus) merguensis* De Man and the effect of light intensity on spawning. *Aquac. Res.*, 33(5): 351-357.
- Hoang, T., M. Barchiesi, S.Y. Lee, C.P. Keenan & G.E. Marsden. 2003. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguensis* cultured under laboratory conditions. *Aquaculture*, 216(1-4): 343-354.
- Hung-Pan, C., C. Yeh-Hu & J. Cheng. 2001. Effects of light regime, algae in the water and dietary astaxantin on pigmentation, growth and survival of black tiger prawn *Penaeus monodon* postlarvae. *Zool. Stud.*, 40(4): 371-382.
- Maciel, C.R. & W.C. Valenti. 2012. Effect of tank colour on larval performance of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquac. Res.*, 45: 1041-1050. doi: 10.1111/are.12048.
- Moller, T. 1978. Feeding behavior of larvae and postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* de Man (Crustacea, Palaemonidae). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 35: 251-258.
- Noël, P.Y. & C. Chassard-Bouchaud. 2004. Chromatophores and pigmentation. In: J. Forest & J.C. Von Vaupel-Klein (eds.). *The Crustacea I*. Brill NV, Leiden, pp. 145-160.
- Román-Contreras, R. 1978. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Macrobrachium tenellum* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *An. Centro Cienc. Mar Limnol.*, 6(2): 137-160.
- Vega-Villasante, F., L.D. Espinosa-Chaurand, S. Yamasaki-Granados, E. Cortés-Jacinto, M.U. García-Guerrero, A.L. Cupul-Magaña, H. Nolasco-Soria & M. Guzmán-Arroyo. 2011. Acuicultura del langostino *Macrobrachium tenellum*-engorda en estanques semi-rústicos. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 87 pp.

- Wang, F., S. Dong, G. Huang, C. Zhu & Y. Mu. 2004. The effect of light intensity on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Aquaculture*, 234(1-4): 475-483.
- Zar, J.H. 2009. *Biostatistical analysis*. Pearson Education, New Jersey, 699 pp.
- Zhang, P., X. Zhang, J. Li & G. Huang. 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, 256(1-4): 579-587.

*Received: 24 April 2014; Accepted: 23 September 2014*