

Efecto de la temperatura sobre el crecimiento, supervivencia y reproducción de juveniles de *Cambarellus patzcuarensis*.

Gallardo-Pineda Y.¹, Rodríguez-Serna M.^{2*}; Carmona-Osalde C². Blancas-Arroyo G.¹

¹Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, (FES-Z Campo 2, UNAM). Batalla 5 de mayo, s/n, Esq. Fuerte de Loreto, Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa, México D.F. 09230.
Email: yeri-quendi@hotmail.com; guiblaro@aol.com

²Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Sisal, Área de Biotecnología Acuícola. Calle 19 s/n x Capitanía de Puerto, 97355, Puerto de Sisal, Hunucma, Yucatán. Tel/Fax: (988) 91201 47 al 49 Ext. 103.
Email: turix_cco@yahoo.com.mx; mrserna@ciencias.unam.mx*

Resumen

Se realizó un estudio sobre el efecto de la temperatura en el crecimiento, supervivencia, desove y viabilidad en el acocil *Cambarellus patzcuarensis*. Se utilizaron 90 juveniles los cuales se colocaron en 9 tinas de 51 x 35 x 12 cm, 3 tinas por tratamiento, con aireación constante y refugios individuales de PVC. Se probaron tres temperaturas $18^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, $22^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y $26^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, utilizando calentadores automáticos para acuario de 100 watts. En todos los casos se controló la alimentación y calidad del agua. Los resultados se compararon utilizando un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) con un nivel de significancia del 95%. Las diferencias entre las medias se establecieron mediante una prueba de Rangos Múltiples de Tuckey. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la supervivencia de las hembras y la viabilidad, no así en el porcentaje de desoves. Se encontró que la mayor viabilidad se registró a 26°C y el índice más alto de supervivencia de hembras se registró a 18°C . En conclusión, se encontró que la temperatura influye en la supervivencia y la reproducción en hembras, expresada en el desove y la viabilidad de *C. patzcuarensis*.

Palabras clave: Acocil, desarrollo, manejo de recursos, especies endémicas.

Summary

Effect of the temperature on the growth, survival and reproduction of *Cambarellus patzcuarensis* juveniles.

A study on the effect of temperature on growth, survival and viability spawning in crayfish *Cambarellus patzcuarensis* performed. 90 juveniles which were placed in 9 containers of 51 x 35 x 12 cm, 3 containers per treatment, with constant aeration and individual shelters of PVC were used. Three temperatures $18^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, $22^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ and $26^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ were tested using automatic aquarium heaters to 100 watts. In all cases food and water quality was monitored. The results were compared using a One-way analysis of variance (ANOVA) with significance level of 95%. Differences between means were established using a multiple range test Tuckey. Significant differences between treatments were found regarding female survival and viability, but not in the percentage of spawning. We found that the increased viability was recorded at 26°C and the highest survival rate of females was recorded at 18°C . In conclusion, it was found that the temperature influences survival and reproduction in females, expressed in spawning and viability of *C. patzcuarensis*.

Key words: Crayfish, development, resource management, endemic species.

Introducción

La temperatura es un factor limitante para mantener la estabilidad bioquímica de los organismos, la cual es necesaria para un óptimo desarrollo en cuanto al desove, viabilidad, crecimiento y supervivencia (Lam, 1983; Carmona-Osalde *et al.*, 2004),

asimismo un incremento en la temperatura causa una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno en la hemolinfa y la vinculación con el oxígeno de la hemocianina lo cual finalmente afecta la entrega de oxígeno en los órganos (Taylor, 1981).

La determinación de la temperatura óptima para el mejor desarrollo del acocil, permitirá estipular las condiciones adecuadas para asegurar un mejor rendimiento de cultivo del organismo, ya que, la influencia de la temperatura depende del rango de tolerancia, distribución geográfica y procesos de aclimatación de una especie (Rodríguez y Carmona, 2002; Carmona-Osalde *et al.*, 2004). Los organismos acuáticos han desarrollado una serie de mecanismos fisiológicos y/o de comportamiento que les permite adecuarse a esta amplia gama de temperaturas y evitar aquellas que le son adversas (Stephens, 1985; Boxhall y Lincoln, 2002). Celada *et al.*, (2001), señalan que la temperatura tiene mayor influencia en la reproducción, principalmente en la duración de la embriogénesis y el índice de eficiencia total. Así, altas temperaturas ayudan a acortar el periodo de incubación, aunque puede ser negativo con respecto a la fecundidad.

Cambarellus patzcuarensis (Villalobos, 1943) se localiza en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, hábitat considerablemente deteriorado, por lo que la población de dichos organismos está viéndose afectada (Rodríguez-Serna, 2011). Ante lo anterior, los estudios fisiológicos pretenden generar información que ayude a consolidar una biotecnología de cultivo lo más específica posible a la especie. El conocimiento de aspectos fisiológicos en el cultivo de organismos acuáticos provee de las herramientas para realizar un cultivo adecuado del recurso, con lo que se trata de obtener un mejor rendimiento. Un factor limitante es la temperatura, debido a que modifica la tasa metabólica; acelera las reacciones enzimáticas, lo cual repercute directamente en el consumo de oxígeno y en los requerimientos energéticos para la realización de las diferentes actividades como el crecimiento y la reproducción (Reynaldo y Gómez, 1992; Whiteley *et al.*, 1995a).

Con base en lo anterior, en el presente estudio se evaluó la influencia de la temperatura como un factor limitante para el desarrollo de *C. patzcuarensis*, suministrando alimento con una inclusión del 30% de proteínas y 10% de lípidos, con lo cual se trató de cubrir los requerimientos nutrimentales de *C. patzcuarensis* durante sus fases de crecimiento y reproducción.

Materiales y métodos

Se utilizaron 90 juveniles de *C. patzcuarensis* obtenidos de desoves producidos en las instalaciones de la Planta Experimental de Producción Acuícola (PEXPA) de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, con ello, se evita el rechazo al alimento, manejo sin estrés y conocimiento de la edad del organismo.

El sistema experimental se constituyó de una estructura metálica donde se colocaron 9 tinajas de plástico de 51 x 35 x 12 cm, con aireación constante y refugios individuales de PVC, en esta, se probaron tres temperaturas, 18°, 22° y 26° ±1° C, tomando en cuenta la temperatura promedio del Lago de Pátzcuaro (22°). La temperatura se regula mediante el uso de calentadores automáticos para acuario de 100 watts. Se utilizaron 30 organismos por tratamiento, con una relación de sexos de 6 hembras por 4 machos por cada unidad experimental (Rodríguez-Serna *et al.*, 2000; Carmona-Osalde *et al.*, 2004b; Rangel-Tapia, 2004). Antes de ser colocados en el sistema se registró el peso y la talla inicial de los organismos, asimismo se registró el sexo mediante la transformación del primer par de pleópodos en machos. Mediante un

biométrico mensual, durante 150 días de experimentación, se midió la longitud total con un vernier (0.01 mm), el peso se registró con una balanza analítica Ohaus (0.01 g). La temperatura y la concentración de oxígeno disuelto se registraron diariamente mediante un Oxímetro YSI55. El alimento se suministró a razón del 10% del peso corporal, dos veces al día. Se elaboró una dieta para la maduración de los organismos reproductores en base a Carmona-Osalde *et al.* (2011), la cual tuvo una composición de 30% proteína y 12% lípidos (Tabla 1).

Tabla 1. Ingredientes y composición proximal de la dieta experimental (g/100g secos/dieta).

Ingredientes	g/100g secos/dieta
Harina de pescado	50
Aceite de pescado ¹	4
Aceite de palma ²	4
Fécula de maíz crudo	18
Dextrina	0
Premezcla mineral ³	3
Premezcla vitaminica ⁴	3
Carboximetil celulosa	18
P:E (mg kJ ⁻¹)	3.5
Energía total (kJ g ⁻¹) ⁵	15.07
Nutriente contenido (% peso húmedo)	
Materia seca	95.11
Humedad	4.89
Proteína cruda (nitrógeno x 6.25)	31.93
Lípidos	10.96
Ceniza	13.92
Fibra cruda	0.20
ELN*	41.09

*ELN=100-(%humedad + %proteína + %lípidos + %ceniza + %fibra)

¹Aceite de pescado fue comprado en Farmacias Paris

²Aceite de palma fue comprado en SAARKA, Nutrición y Tecnología, S. A. de C.V.

³g/kg: MgSO₄·7H₂O, 10.434; KCl, 2.0; NaCl, 2.4; FeSO₄·7H₂O, 1.0; ZnSO₄·7H₂O, 0.22; CuSO₄·5H₂O, 0.0314; MnSO₄·H₂O, 0.0769; CoSO₄·7H₂O, 0.0236; CaIO₃, 0.0185; CrCl₃·6H₂O, 0.0051 (SAARKA, Nutrición y Tecnología, S. A. de C.V.)

⁴g/kg: tiamina, 2.5; riboflavina, 2.5; ácido pantotenico, 5.0; niacina, 10.0; piridoxina, 2.0; biotina, 0.3; ácido fólico, 0.75; cianocobalamina, 0.005; mioinositol, 100; ácido ascórbico, 50.0; colina, 200; α-tocoferolacetato, 20.1, acido para-aminobenzoico, 2.5; menadiona, 2.0; vitamina D3, 0.0125; vitamina A, 0.03 (SAARKA, Nutrición y Tecnología, S. A. de C.V.)

⁵Calculado usando la relación: carbohidratos, 4.1; proteína, 5.5 y lípidos, 9.1 kcal/g

El alimento remanente y las heces se removieron del fondo semanalmente con sifón, la limpieza general con recambio total de agua se hizo quincenalmente. Todos los días cuando hubo se registró la mortalidad, el desove y el número de huevos por hembra. Las hembras ovadas fueron colocadas en otro contenedor de plástico, por tratamiento, con el fin de observar el número y desarrollo de huevos y la viabilidad. El crecimiento en peso y longitud se estimó según los parámetros de Goolish y Adelman (1984):

- Peso Ganado (g) = (Peso final – Peso inicial)
- Peso ganado (%) = 100 {(Peso final – Peso inicial)/Peso inicial}
- Longitud ganada (mm) = (Longitud final- Longitud inicial)
- Longitud ganada (%) = 100 {(Longitud final – Longitud inicial)/Longitud inicial}
- Tasa específica de crecimiento (%/día)=100 {(loge Peso Final - loge Peso Inicial)/tiempo}
- Alimento consumido (g) = 10% del peso corporal/día
- Tasa de conversión alimenticia = (Alimento Consumido/Peso Ganado)
- Desoves (%) = (Nº de desoves x 100) / No. total de hembras por tratamiento.
- Número de huevos por hembra = Conteo de total de huevos por hembra.
- Viabilidad (%) = (Nº de Crías por hembra x 100) / Nº de huevos por hembra.

Los resultados de la supervivencia, crecimiento, desoves y viabilidad se compararon utilizando un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) con un nivel de significancia del 95%. Las diferencias entre las medias se establecieron mediante una prueba de Rangos Múltiples de Tuckey (Zar, 1996). La evaluación estadística se hizo mediante el paquete computacional Statgraphics V. 4.1.

Resultados

El sistema utilizado presentó una temperatura promedio durante todo el experimento de $18^{\circ} \pm 1^{\circ}$, $22^{\circ} \pm 1^{\circ}$ y $26^{\circ} \pm 1^{\circ}$ C, con una concentración de oxígeno de 4.48 mg/l, 3.91 mg/l y 3.63 mg/l. La concentración de oxígeno se encuentra dentro del rango recomendado por Bardach et al. (1986) y Rodríguez y Carmona (2002).

Supervivencia

La supervivencia poblacional no presentó diferencia significativa entre tratamientos. Para ambos sexos el mayor porcentaje de supervivencia se registró a 18° C. En machos la supervivencia fue del 100% y en hembras del 72.2%. Por otro lado la supervivencia de las hembras, presentó diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento a 18° C respecto a los tratamientos a 22° y 26° C, pero no entre estas (Tabla 2). Así 18° C presentó la mayor sobrevivencia de las hembras, mostrando que esta estuvo influenciada por la temperatura.

Crecimiento

Hembras y machos registraron una tasa específica de crecimiento alta, sin diferencia estadística significativa entre tratamientos. En hembras la más baja fue de 1.18 %/día a 22° C y la más alta fue a 26° C con 1.29 %/día. En machos la más baja fue de 0.94 %/día a 22° C y 1.09 %/día, la más alta a 26° C. La tasa de conversión alimenticia no presentó diferencia entre tratamientos, para las hembras; esta fluctuó de 1.3 a 1.43 a 18° C y 22° C, respectivamente. Para los machos esta fue más alta de 1.45 y 1.62 a 26° C y 22° C, respectivamente (Tabla 2).

El crecimiento en peso no muestra diferencias significativas entre tratamientos. La mayor ganancia de peso la presentó el tratamiento a 26° C con 385% y 274% para hembras y machos respectivamente. Sin embargo, a 22° C se observó el mayor crecimiento en gramos. Además, se observó que las hembras crecieron más que los machos en todos los tratamientos (Figuras 1).

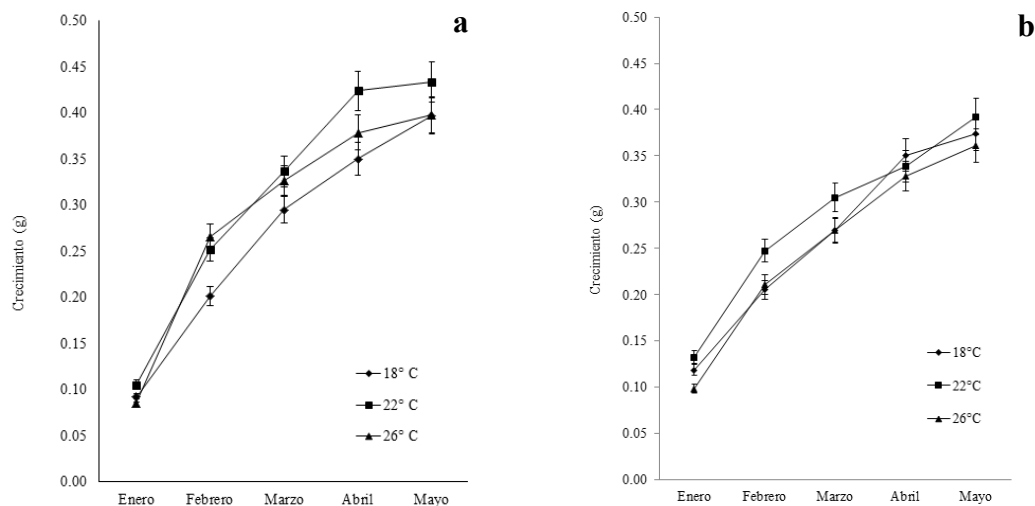


Figura 1. Crecimiento en peso de hembras (a) y machos (b) de *C. patzcuarensis*.

El crecimiento en talla no presentó diferencia significativa entre tratamientos, en ambos sexos la mayor longitud se observó a 22° C y la menor talla se observó a 18° C. Las hembras presentaron también un mayor incremento en talla que los machos (Figura 2).

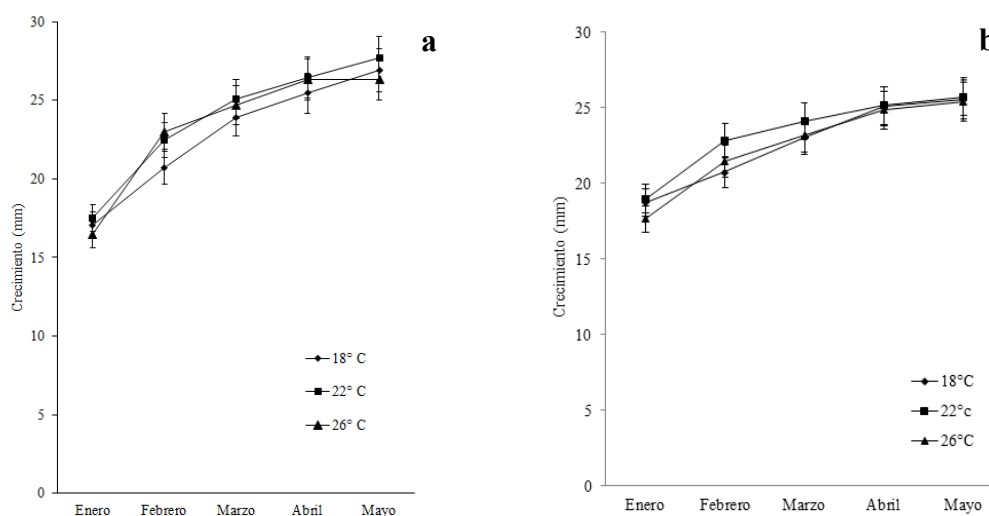


Figura 2. Crecimiento en talla de hembras (a) y machos (b) de *C. patzcuarensis*.

Desoves

Los desoves no mostraron diferencia estadísticas significativas entre tratamientos, no obstante se presentó un mayor porcentaje de desove a 18° C con 89%. A 22°C y 26° C desovaron el mismo porcentaje de hembras 66.67%. A 18° C y 22° C las hembras desovaron en más de una ocasión. El número de huevos iniciales, se registraron entre 30 y 40 huevos por hembra aproximadamente (Tabla 3), sin embargo, solo lograron retener en promedio entre 13.92 y 21.69 huevos por hembra (Tabla 2). Dichos resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, el más bajo se encontró a 26° C y el mayor número lo presentaron las hembras del tratamiento a 18° C.

Viabilidad

La viabilidad en todos los tratamientos presento valores bajos (Tabla 2), además mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. A 18° C se presentó la más baja con 0.3% y a 26° C la más alta con 8.98%.

Discusión

El presente estudio se enfocó en la respuesta biológica del acocil *C. patzcuarensis* bajo el efecto de tres diferentes temperaturas, demostrando que el crecimiento, supervivencia poblacional y supervivencia de machos, así como el porcentaje de desove, no muestran diferencia estadística significativa en relación a las variaciones de temperatura, lo que significa que el intervalo de preferencia térmica de *C. patzcuarensis* resulta amplia. No obstante, la especie, mostró relación entre la temperatura y la supervivencia de hembras, así como con los aspectos reproductivos (desove expresado en el número de huevos por hembra y la viabilidad). En relación a la supervivencia de las hembras, la viabilidad y el número de huevos por hembra presentaron respuesta diferencial en relación a la variación de temperatura, ya que la

supervivencia de las hembras y número de huevos se vieron favorecidos con la disminución de dicho parámetro, mientras que, la viabilidad mostró una relación directa con la temperatura.

Tabla 2. ANOVA de los tratamientos a 18°, 22° y 26° C para *Cambarellus patzcuarensis*

Parámetros ¹	18°C	22°C	26°C	±ES ²
Población				
Número inicial	10	10	10	
Número final	8.33 ^a	6.33 ^a	6.33 ^a	0.4714
Supervivencia (%)	83.33 ^a	63.33 ^a	63.33 ^a	4.714
Hembras				
Número inicial	6	6	6	
Número final	4.33 ^b	3.0 ^a	3.0 ^a	0.1924
Supervivencia (%)	72.22 ^b	50.0 ^a	50.0 ^a	3.2062
Peso inicial (g)	0.09 ^a	0.11 ^a	0.09 ^a	0.0113
Peso final (g)	0.39 ^a	0.43 ^a	0.39 ^a	0.0294
Peso ganado (g)	0.31 ^a	0.33 ^a	0.31 ^a	0.0267
Peso ganado (%)	351.08 ^a	317.25 ^a	385.07 ^a	65.3143
Tasa Especifica de Crecimiento (%/día)	1.23 ^a	1.18 ^a	1.29 ^a	0.1158
Alimento Consumido (g)	0.40 ^a	0.47 ^a	0.44 ^a	0.0332
Tasa Conversión Alimenticia	1.34 ^a	1.44 ^a	1.40 ^a	0.1368
Longitud inicial (mm)	17.0567 ^a	17.5 ^a	16.44 ^a	0.5851
Longitud final (mm)	26.9 ^a	27.666 ^a	26.33 ^a	0.6989
Longitud ganada (mm)	9.8433 ^a	10.1667 ^a	9.89 ^a	0.7052
Longitud ganada (%)	57.69 ^a	58.32 ^a	60.76 ^a	5.449
Desoves (%)	89 ^a	66.67 ^a	66.67 ^a	1.6101
Numero de huevos por hembra	21.69 ^a	16.00 ^b	13.92 ^c	0.111
Viabilidad (%)	0.3 ^a	3.13 ^b	8.98 ^c	0.0
Machos				
Número inicial	4	4	4	
Número final	4.0 ^a	3.33 ^a	3.33 ^a	0.4033
Supervivencia (%)	100 ^a	83.33 ^a	83.33 ^a	10.7583
Peso inicial (g)	0.12 ^a	0.13 ^a	0.1 ^a	0.0215
Peso final (g)	0.37 ^a	0.39 ^a	0.36 ^a	0.0313
Peso Ganado (g)	0.26 ^a	0.26 ^a	0.26 ^a	0.0226
Peso Ganado (%)	224.3 ^a	213.9 ^a	274.2 ^a	41.144
Tasa Especifica de Crecimiento (%/día)	0.9 ^a	0.9 ^a	1.01 ^a	0.1051
Alimento Consumido	0.39 ^a	0.43 ^a	0.38 ^a	0.035
Tasa de Conversión Alimenticia	1.59 ^a	1.62 ^a	1.45 ^a	0.1234
Longitud inicial (mm)	18.75 ^a	19.0 ^a	17.66 ^a	0.7876
Longitud final (mm)	25.6 ^a	25.8 ^a	25.5 ^a	0.6649
Longitud ganada (mm)	6.83 ^a	6.75 ^a	7.75 ^a	0.7280
Longitud ganada (%)	36.64 ^a	36.16 ^a	44.01 ^a	5.01

¹Valores con el mismo superíndice (a, b y c) no presentan diferencias estadísticas

²Error Estándar en conjunto.

Supervivencia

Se observó una respuesta ligeramente negativa entre la temperatura y supervivencia, las temperaturas más altas registraron una mayor mortalidad. La disminución de la supervivencia con el incremento de la temperatura ha sido reportada para otras especies como *Cambarellus lermensis* (Moctezuma-Malagon, 1996), *Procambarus llamasii* (Carmona-Osalde, et al., 2004a; Carmona-Osalde et al., 2004b), *Cambarellus montezumae* (Vásquez-González, 2009), *Procambarus clarkii* y *Austropotamobius pallipes* (Paglianti y Gherardi, 2004). Sin embargo, esta disminución solo tiene diferencia significativa en las hembras.

Tabla 3. Registro de hembras ovígeras y número de huevos por hembra

Tratamiento	18°C			22°C			26°C		
	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 1	Tina 2	Tina 3
Enero (inicio)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	1 ^a (25 ^b)	2 ^a (25 ^b)	1 ^a (30 ^b)	0	0	3 ^a (30 ^b)	1 ^a (30 ^b)	1 ^a (30 ^b)	3 ^a (30 ^b)
Abril	0	5 ^a (40 ^b)	2 ^a (40 ^b)	3 ^a (40 ^b)	1 ^a (40 ^b)	3 ^a (40 ^b)	1 ^a (40 ^b)	1 ^a (40 ^b)	2 ^a (40 ^b)
Mayo	2 ^a (40 ^b)	1 ^a (40 ^b)	2 ^a (40 ^b)	0	0	2 ^a (40 ^b)	0	2 ^a (40 ^b)	1 ^a (40 ^b)
Total	3	8	5	3	7	2	2	4	6

^a Número de hembras ovígeras, ^b Número aproximado de huevos iniciales por hembra. Con 6 hembras por tina

La supervivencia reportada para el tratamiento a 18° C fue de 100% para machos y del 72.22% para hembras, supervivencias altas, lo cual coincide con los reportado para otras especies como *C. montezumae*, *Procambarus llamasii* y *Procambarus clarkii* (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2010; Carmona-Osalde *et al.*, 2004b; Oliveira *et al.*, 2008). Por otro lado, la mayor supervivencia de los machos se contrapone al comportamiento de *C. montezumae* cuya supervivencia es mayor en las hembras que en los machos según lo reportado por Arredondo-Figueroa *et al.* (2010), quien lo atribuye a que los machos presentan mayor actividad (canibalismo) que las hembras. En el caso particular de las hembras *C. patzcuarensis* estas exhiben una mayor sensibilidad a la temperatura, comparada con los machos. Se registró una menor mortalidad en el tratamiento a 18° C, con respecto a los otros dos tratamientos, lo anterior muestra el efecto negativo del incremento de la temperatura en la supervivencia de las hembras.

Crecimiento

La tasa específica de crecimiento no presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos, sin embargo, el mayor porcentaje de crecimiento para hembras y machos se observó en el tratamiento a 26° C con 1.29 %/día y 1.09 %/día respectivamente, el cual es un valor bajo comparado con lo reportado para otros Cambáridos como *C. montezumae* cuyo valor fue de 1.88 %/día (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2010); para el acocil *P. llamasii* a densidades bajas, los valores oscilan entre 0.59 y 2.72 %/día (Rodríguez-Serna *et al.*, 2000; Carmona-Osalde *et al.*, 2004a; Carmona-Osalde *et al.*, 2004b). Estas variaciones pueden deberse a las características de la especie, ya que, *C. patzcuarensis* reporta tallas de 25mm para machos y 35.5mm para hembras; *C. montezumae* llega a tallas de 36.9 a 60mm en machos y de 41.5mm a 45mm en hembras (Rangel-Tapia, 2004; Vásquez-González, 2009) y *P. llamasii* alcanza entre 60mm y 70mm respectivamente (Carmona-Osalde, 2004), es decir, *C. patzcuarensis* es una especie de menor tamaño.

Respecto, al crecimiento en peso y talla no mostró diferencias estadísticas, más se aprecian diferencias entre sexos. Las hembras crecieron más que los machos en todas las temperaturas. Esta tendencia de crecimiento ha sido observada en *C. montezumae* por Rangel-Tapia (2004), sin embargo, Vásquez-González (2009), reportó que esto solo sucede en los primeros meses de vida, posteriormente los machos alcanzan mayor peso y talla que las hembras, Reynaldo y Gómez (1992), igualmente reportaron mayor crecimiento en los machos. También los machos de *P. llamasii* recen más que las hembras (Carmona-Osalde, 2004).

Las tallas promedio encontradas en los machos de todos los tratamientos son mayores a las reportadas para esta especie por Villalobos-Figueroa (1955) que fue de 25 mm, mientras que los valores de crecimiento de las hembras se encuentran por debajo del valor reportado (35.5 mm de longitud total). Cabe mencionar, que la talla máxima encontrada en las hembras fue de 30mm. Esta diferencia puede deberse a que los organismos de los tratamientos son juveniles y no organismos adultos, además de que al reproducirse a tallas tan pequeñas la energía se ocupa para la reproducción y no para el crecimiento.

La tasa de conversión alimenticia no exhibe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y los valores presentados son más bajos a los reportados para *P. llamasí* que es de 1.9 y más altos que los reportados para *C. montezumae* que van de 1.06 a 1.1. Dichos valores indican una alta eficiencia en la alimentación, así como una buena asimilación del alimento proporcionado, comparable a otras especies de acociles, lo cual les permite tener la energía para la reproducción y una buena opción en actividades acuícolas. Lo anterior señala que la temperatura no tiene ningún efecto en la tasa de conversión alimenticia los valores son muy homogéneos tanto en hembras como en machos.

Con base en lo anterior, ni el incremento ni el decremento de 4°C a la temperatura del medio natural de *C. patzcuarensis* tiene efecto en su crecimiento, es decir la temperatura no muestra relación con su crecimiento.

Desove

El desove no mostró diferencia estadística significativa, sin embargo, se observó una relación indirecta con la temperatura, a 18° C se observó el 89% de desove, mientras que a 22° y 26° C desovaron el 66.67%. A diferencia de la especie *P. llamasí* (Carmona-Osalde *et al.*, 2004a), *C. patzcuarensis* si muestra relación entre la temperatura y el desove.

Cabe mencionar que se encontró que la talla inicial de reproducción y desove en *C. patzcuarensis* fue de 25 mm, que coincide con lo reportado por Holdich (2002), que reporta hembras ovígeras a partir de los 24 mm para la especie *C. montezumae*, sin embargo, la talla promedio para dicha especie oscila entre 32 y 44 mm en condiciones naturales según Rangel-Tapia (2004). No obstante es una talla muy pequeña comparada con otras especies de Cambáridos como *P. clarkii*, cuya talla inicial es de 55 mm (Ruíz-Yañez, 1996) y *P. llamasí* que es de 40 mm (Rodríguez-Serna, 1999; Rodríguez-Serna *et al.*, 2000; Carmona-Osalde, 2004; Carmona-Osalde *et al.*, 2004a; 2004b).

Además se observó que las hembras de los tratamientos a 18° y 22° C desovaron en múltiples ocasiones (una misma más de una vez, antes de finalizar el experimento). Esto solo había sido reportado para las especies *P. clarkii*, *P. llamasí* y *Cherax destructor*, los cuales pueden llegar a reproducirse dos veces por año (Huner y Barr, 1984; Rodríguez-Serna, 1999). Sin embargo, *C. patzcuarensis* desovó 2 veces en tan solo tres meses, alcanzando la madurez sexual a tallas muy pequeñas, a la mitad de lo que lo hace *P. llamasí* (Rodríguez-Serna, 1999; Rodríguez-Serna *et al.*, 2000; Carmona-Osalde, 2004; Carmona-Osalde *et al.*, 2004a; 2004b). Lo anterior hace notar lo precoz de la especie en la reproducción.

Con respecto a la cantidad de huevos *C. patzcuarensis* presentó diferencias significativas entre tratamientos mostrando la influencia de la temperatura en el desove, expresado en el número de huevos por hembra. Mostró una relación inversa

con la temperatura, a mayor temperatura menor número de huevos por hembra (Tabla 2).

Inicialmente se contaron de 30 a 40 huevos por hembra (Tabla 3), sin embargo, solo retuvieron en promedio, a 18° C 29 huevos un bajo número en comparación con otras especies como *C. montezumae* que reporta hasta 118 huevos por puesta, con una fecundidad máxima de 124 huevecillos por hembra con tallas de 50 mm de longitud total (Rangel-Tapia, 2004), para el acocil *Astacus astacus* se reportó una cantidad promedio de 60-200 huevos (Cukerzis *et al.*, 1979). Lo anterior es atribuido al tamaño de la hembra y la especie que se trate, ya que de esto depende la fecundidad, así organismos que miden de 75 mm a 85 mm de longitud total pueden producir 100 o más huevos. Un ejemplo son las hembra de *P. clarkii* con 125mm las cuales producen entre 600 y 700 huevos por puesta en promedio (Ruíz-Yañez, 1996; Gutiérrez-Yurrita, 1997). Así, las hembras *C. patzcuarensis* con tallas de 25 mm produjeron entre 30 y 40 huevos, sin embargo, mostraron múltiples desoves.

Respecto a la pérdida de huevos, Celada *et al.* (2001), lo atribuyen al factor individual (experiencia), es decir, que hembras jóvenes ovígeras pierden un gran número de huevos por su falta de cuidado, mientras que hembras con experiencia en el manejo de su desove, bajo condiciones similares, presentan una menor pérdida. Por su parte, Woodlock y Reynolds (1988), establecieron que la pérdida de huevos es proporcional a la talla de las hembras, así hembras pequeñas pierden más huevos que hembras de mayor talla, Celada *et al.* (2001), coinciden con ellos y atribuyen a este factor, la pérdida de huevos en las hembras de *A. pallipes*.

Viabilidad

La viabilidad muestra relación con la temperatura, al presentar respuestas positivas entre estas, en la que el incremento de la temperatura mejoró significativamente dicho parámetro. En general, se observó baja viabilidad en todos los tratamientos; en el tratamiento a 18°C, se obtuvo el valor más bajo que puede deberse a los requerimientos fisiológicos del huevo para su óptimo desarrollo. Rodríguez-Serna (1999), reportó que los huevos requieren mantener una temperatura de entre 20° y 25° C y a medida que la temperatura disminuye el desarrollo embrionario se retarda hasta detenerse a 10° C, en especies de zona templada. Por otro lado, los resultados coinciden con lo reportado por Reynaldo y Gómez (1992), que reportaron que 28°C es la mejor temperatura para la sobrevivencia de crías *C. montezumae*.

En el tratamiento a 26° C se obtuvo la más alta viabilidad con respecto al tratamiento a 18° C, acorde a lo reportado para *Pacifastacus leniusculus* con un desarrollo negativo de los huevos a temperatura constante de 15.5° C (Celada *et al.*, 1988; 2001). Por otro lado, Celada *et al.*, (1988; 2001) mencionan que temperaturas altas pueden ser negativas con respecto a la fecundidad (número de huevos por hembra), lo cual en *C. patzcuarensis* no parece presentar ninguna relación si se considera el número inicial de huevos por desove, ya que en todos los tratamientos se observó un número inicial de huevos homogéneo, sin embargo, si muestra relación con el número final de huevos, ya que se observó que a mayor temperatura menor número de huevos.

Además se encuentra el efecto negativo del confinamiento de los organismo bajo condiciones controladas en los procesos reproductivos, el cual ha sido observado en otros acociles como *A. pallipes*, *Astacus astacus*, con un 67% y 96% respectivamente de mortalidad de huevos desde el desove hasta juveniles. A pesar de que la especie *A. astacus*, llega a tener hasta 200 huevos, no tienen más de 10 a 15 juveniles por

hembra bajo condiciones naturales y de cautiverio (Cukerzis et al., 1979; Taugbol y Skurdal, 1990). Por otro lado, a pesar de la baja viabilidad, el factor de confinamiento, manejo y alimento no parece afectar a *C. patzcuarensis* los cuales registraron más de un desove y alta supervivencia.

Con base en los resultados podemos decir que el efecto de la temperatura es únicamente sobre las hembras a las que debe manejarse diferentes temperaturas según la etapa en la que se encuentren, es decir 18°C mejora significativamente su supervivencia, al igual que el número de huevos por hembra, pero los huevos deben manejarse a temperaturas de 26°C para su mejor desarrollo incrementando así su viabilidad.

Agradecimientos

Se agradece a las autoridades de la División de C.B.S., al departamento de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y en especial al Dr. Jose Luis Arredondo Figueroa por las facilidades prestadas en sus instalaciones.

Bibliografía

1. Alonso, V.A.F. 2007. Influencia del fotoperiodo en el acocil *C. montezumae* Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 70 p.
2. Álvarez F., J.L. Villalobos y E. Lira. 1996. Decápoda. In Biodiversidad, taxonomía y Biogeografía de artrópodos de México; hacia una síntesis de su conocimiento, J. Llorente, A.N. García-Aldrete y E. González (eds.) Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. p. 103-129.
3. Álvarez, F. y R. Rangel. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 78: 431-437.
4. Álvarez, F., J.L. Villalobos, Y. Rojas y R. Robles. 1999. Listas y comentarios sobre los crustáceos de Veracruz, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Zoológica 70(1): 1- 27.
5. Bautista, P.C., 1988. Crustáceos tecnología de cultivo. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 180 p.
6. Carmona-Osalde, C. 2004. Efecto de diferentes factores ambientales, sociales y nutrimentales en la reproducción, bajo condiciones experimentales, del acocil *Procambarus (Austrocambarus) llamasii* (Villalobos, 1955) (Decápoda:Astacidae). Tesis Doctorado, Centro de Investigación y de Estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Recursos del mar, Mérida, 88 p.
7. Carmona-Osalde, C., Rodríguez-Serna, M., Olvera Novoa, M.A. y Gutierrez-Yurrita, P.J. 2004. Gonadal development, spawning, growth and survival of the crayfish *Procambarus llamasii* at three different water temperatures. Aquaculture Research 232: 305-316.
8. Cornejo-Rodríguez, A. N. 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos: diferencias estacionales. Tesis licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 71 p.
9. Hinojosa-Garro, D. 2001. Relación intraespecífica entre el acocil (*Cambarellus montezumae lermenis*) y la carpa (*Cyprinus carpio*) en embalses someros del Alto Lerma. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 43 p.
10. Hobbs, H.H. Jr., 1984. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda: Cambaridae). Journal of Crustacean Biology, 4(1): 12-24.
11. Hobbs, H.H. Jr., 1989. An illustrated checklist of the American crayfish (Decapoda: Astacoidae: Cambaridae: Parastacidae) Smithsonian Contribution Zoology, 480: 1-236.
12. Mayen, E.R. y L.M.A. Aladro, 1994. Primer registro de *Conidophrys pitelkae* (Ciliophora: Apostamatiata: Pilisuctorida) en crustáceos decápodos de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica 65(1): 1-10.

13. Rojas, Y. 2003. Revisión taxonómica de las especies de *Cambarellus* (*Cambarellus*) (Crustacea: Decapoda: Astacidae: Cambaridae): Análisis morfológico. Tesis Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 179 p.
14. Ruíz-Yañez, S. 1996. Estudio de una posible fase fotoinducible en el desarrollo gonadal del acocil *Procambarus clarki*. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 65 p.
15. Villalobos-Figueroa, A., 1955. Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 290 p.
16. Villalobos-Figueroa, A., 1983. Crayfish of Mexico (Crustacea:Decapoda) Smithsonian Institution Libraries and the National Science Fundation. American Publishing, New Delhi, 276 p.
17. Villalobos-Hiriart, J.L., A. Cantú, R. Díaz-Barriga y E. Lira-Fernández, 1993. Los crustáceos de agua dulce de México. Vol. Esp. (XLIV) Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 267-290.