

## Impacto de la proporción de sexos en aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus montezumae*

## Impact of the Sex Ratio in the Breeding Aspects of the Crayfish *Cambarellus montezumae*

Ana Nallely Cerón Ortiz<sup>1y2\*</sup>; Miguel Ángel Ángeles Monroy<sup>2</sup>; Marco Antonio Limón Mendoza<sup>1</sup> y José Antonio León Escamilla<sup>2</sup>

Recibido: 29 de julio de 2017.

Aceptado: 03 de julio de 2019.

Publicado: agosto de 2019.

### RESUMEN

**Antecedentes:** El aprovechamiento de los recursos acuícolas como el acocil de río *C. montezumae* (crustáceo endémico mexicano) se relaciona con la fertilidad de las hembras por el número disponible de postlarvas que se puedan cultivar. **Objetivo:** Evaluar el impacto de la proporción de sexos en aspectos reproductivos del acocil *C. montezumae* en relación a la obtención de postlarvas. **Métodos:** En condiciones de laboratorio se determinó el impacto de tres proporciones de machos y hembras en el número de hembras ovígeras, fertilidad, fecundidad, tiempo de eclosión y la relación entre dichos aspectos. **Resultados:** El análisis de varianza de la proporción de sexos 1:1 produjo el mayor número de hembras ovígeras (61) y por tanto, una cantidad más elevada de postlarvas (2451). Al comparar la fecundidad promedio (37 huevos por hembra) y la eclosión media porcentual (97.96 %) no se registraron diferencias significativas entre tratamientos debido a que se utilizaron hembras de primera reproducción con tallas similares, lo cual es sustentado con la ausencia de relaciones lineales entre la talla (peso y longitud), y los aspectos reproductivos valorados (fecundidad y fertilidad). **Conclusiones:** La proporción 1:1 se establece como la óptima para obtener el mayor número de postlarvas. La ausencia de una relación lineal entre la talla y los aspectos valorados proporcionan la oportunidad de estudiar la influencia de hembras de segunda reproducción para determinar las condiciones técnicas de mayor producción de postlarvas en la especie estudiada.

**Palabras clave:** Eclosión, Fecundidad, Fertilidad, Postlarvas.

\*Corresponding author:

Ana Nallely Cerón Ortiz: e-mail: aceron@itsoeh.edu.mx

Telephone: (+52) 6121225344

To cite as:

Cerón Ortiz, A. N., M. Á. Ángeles Monroy, M. A. Limón Mendoza y J. A. León Escamilla. 2019. Impacto de la proporción de sexos en aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus montezumae*. *Hidrobiológica* 29 (2): 53-62.

### ABSTRACT

**Background:** The exploitation of aquaculture resources, such as the freshwater crayfish *C. montezumae* (Mexican endemic crustacean), is related with fertility of females due to the available number of postlarvae that can be cultivated. **Goals:** To evaluate the impact on reproductive aspects of the sex ratio *C. montezumae* in relation to obtained postlarvae. **Methods:** The impact of three sex ratio of males and females in the number of ovigerous females, fertility, fecundity, hatching time and the relation between these variables was determinate under laboratory conditions. **Results:** The analysis of variance shows that sex ratio 1:1 produced the highest number of ovigerous females (61) and a higher number of postlarvae (2451). When comparing the average fecundity (37 eggs per female) and the mean hatching percentage (97.96%), no significant differences between treatments were obtained. Females of first reproduction influenced the absence of linear relationships between size (weight and length) and reproductive aspects evaluated (fecundity and fertility). **Conclusions:** The sex ratio 1:1 is set as the optimum to get the highest number of postlarvae. The absence of linear relationship between size and studied variables provides the opportunity to study the influence of second breeding females to determine the technical conditions of higher postlarvae production in this species.

**Keywords:** Fecundity, Fertility, Hatching, Postlarvae.

## INTRODUCCIÓN

La acuacultura a nivel mundial es un referente de ganancias económicas y una fuente relevante en la generación de alimentos. Aunque es importante destacar que la producción acuícola se centra principalmente en el cultivo de especies con alto impacto, en términos de valor económico (Apún-Molina *et al.*, 2009) y deja de lado a especies autóctonas cuyos aspectos biológicos y contenido nutrimental las hacen candidatas a una producción y aprovechamiento sustentable (Álvarez *et al.*, 2012). Una especie con este potencial es el acocil de río *C. montezumae* (Saussure, 1858), crustáceo nativo de la región central de México; cuya tasa de crecimiento, resistencia a condiciones fisicoquímicas adversas (Latournerié-Cervera *et al.*, 2006; Rodríguez-Serna & Carmona-Osalde, 2002) y el perfil bioquímico en su tejido somático, lo hacen un organismo altamente aprovechable (Cerón-Ortiz *et al.*, 2015; Sánchez-Meza *et al.*, 2009; Rodríguez-Serna, 1999).

La especie *C. montezumae* durante mucho tiempo fue explotada mediante la extracción no regulada en sus nichos naturales, lo cual a largo plazo afectó negativamente la densidad poblacional, problemática que se acentuó al verse modificadas las zonas de apareamiento natural por acciones de origen humano (Ángeles-Monroy *et al.*, 2010; Álvarez & Rangel, 2007). Ante tal panorama, la acuacultura puede ser la vía para obtener de forma sustentable y planificada una cantidad suficiente de individuos de *C. montezumae* para realizar programas de repoblamiento y también de producción acuícola, este último con el objetivo de mantener una fuente de proteínas, carotenoides y ácidos grasos de alta calidad, además de proveerlo a la población que sigue extrayéndolo de manera inadecuada. Para lo cual, es indispensable generar conocimiento sobre aspectos biológicos relacionados con los procesos reproductivos (Norzagaray-Campos *et al.*, 2012), y obtener un número suficiente de postlarvas que permita asegurar el proceso de engorda, cosecha y comercialización (Díaz & Neira, 2005). La información relacionada con la especie, indica que las hembras ovígeras presentan un desarrollo embrionario directo, partiendo de la incubación de los huevos en el abdomen, no registra estados larvales libres en la columna de agua y sucede la liberación después de concluido el segundo estadio de desarrollo (postlarva) (Rudolph *et al.*, 2010; Rudolph & Iraçabal, 1994); debido a lo cual producen un número menor de huevos, pero la sobrevivencia y tasa de eclosión es mayor (Holdich, 1993).

En tal sentido, la cantidad de hembras ovígeras que se pueden obtener y el número de huevos en su abdomen se ve afectado por diversos factores; uno de ellos es la proporción de sexos. Aunque son pocos los estudios que valoran el impacto del número de hembras y machos por cada unidad de área en ambientes controlados; en el medio natural depende ampliamente de la estacionalidad, época reproductiva, variables fisicoquímicas, condiciones del hábitat y la especie, dando como resultado diversas proporciones sexuales (Alejo-Plata *et al.*, 2015; Moreno *et al.*, 2011). Los estudios realizados en *C. montezumae* no consideran hasta el momento, la influencia de la proporción de sexos como variable independiente en la obtención de hembras ovígeras y su impacto en la capacidad reproductiva de la especie mediante la determinación de su fecundidad, considerando el número de huevos producidos en determinado periodo. Asimismo, es relevante establecer la fertilidad de acuerdo al número de postlarvas que eclosionan de estos huevos (Parra-Medina *et al.*, 2010).

A la fecha, existe un estudio específico sobre el tema, en el cual se determinan algunos aspectos reproductivos en diferentes condiciones

de cultivo y con propósitos similares (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2011). Sin embargo, no toman en cuenta la proporción de hembras y machos para tales efectos. Por ello, y debido a la importancia de la especie en aspectos alimentarios y de repoblamiento, el presente trabajo tiene el propósito de evaluar el efecto de la proporción de sexos en la frecuencia reproductiva, fertilidad y fecundidad en adultos de primera reproducción del acocil de río *C. montezumae*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Diseño Experimental.** El trabajo se efectuó en las instalaciones acuícolas del Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales No. 02 (CETAC No. 02). A lo largo de la investigación se monitorearon la alcalinidad, dureza, amonio y oxígeno en las unidades experimentales. Las lecturas se realizaron diariamente por la mañana (10:00 h) mediante kits colorimétricos individuales (HANNA Instruments, TX, US). La temperatura se midió tres veces por día (7:00, 15:00 y 17:00 h) a través de un termómetro de inmersión total (Taylor, TX, US).

El estudio se inició a partir de la reproducción en organismos adultos de *C. montezumae* con el propósito de obtener en poco tiempo, las hembras y machos que se denominaron de primera reproducción para utilizar en los bioensayos de proporción de sexos. En el cual se aplicó un diseño unifactorial, cuya variable independiente fue la proporción de sexos basada en la razón hembras/machos (H:M); y las variables dependientes, el número de hembras ovígeras, la cantidad de huevos por hembra (fecundidad), el número de postlarvas liberadas (fertilidad), el tiempo de incubación (período entre la fertilización de los huevos y la eclosión de las postlarvas). Los tratamientos se identificaron como  $R_1 = 1$  hembra:1 macho;  $R_2 = 2$  hembras:1 macho;  $R_3 = 5$  hembras:1 macho;  $R_4 = 1$  hembra:5 machos. El número de repeticiones por tratamiento fue de cuatro. Cabe señalar, que la proporción dos machos y una hembra no se realizó por haber sido abordada por un estudio previo (Arredondo-Figueroa *et al.*, 2011).

Los valores obtenidos se analizaron en el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statsoft, Ina TX US), donde se verificó la normalidad distributiva (test de Shapiro Wilk) y homocedasticidad de Bartlett. Posteriormente, al determinar que los datos cumplieron ambos supuestos se aplicó un análisis paramétrico de varianza (ANOVA) con un  $\alpha = 0.05$  para el nivel de confianza. Al registrar diferencias significativas se aplicó un Test HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey. Asimismo, se registraron los valores de peso corporal y la longitud total de las hembras a los que junto con el número de huevos y postlarvas eclosionadas, se les aplicó un análisis de regresión lineal para identificar el coeficiente de regresión de acuerdo a lo mencionado en Aya-Baquero y Velasco-Santamaría (2013). La ocurrencia de mudas se expresó mediante un histograma de frecuencia y medidas de tendencia central.

**Obtención de reproductores.** La captura de organismos reproductores se realizó en el municipio de Tezontepec de Aldama, Hidalgo. La zona específica de captura se ubica a los  $20^{\circ}11'37.14''$  N y  $99^{\circ}16'43.64''$  O y está integrada por un cuerpo de aguas someras (profundidad entre los 30 y 50 cm). Los organismos se atraparon mediante una red de cuchara con una apertura de malla de 5 mm, la cual se introdujo en el área cercana a la vegetación, desde el fondo hacia la superficie evitando alterar o dañar el lugar. Una vez extraídos los organismos, se seleccionaron 15 hembras y 15 machos con un intervalo de longitud de

2.7 a 3 cm (desde el rostrum hasta la parte final del telson), y se verificó que ninguno estuviera en etapa de muda, no registrara daños mecánicos en su estructura anatómica, ni presentaran posibles lesiones o infecciones en su exoesqueleto. El traslado del lugar de captura hasta el laboratorio de acuacultura del CETAC No. 02 se realizó en bolsas de plástico con poca agua y vegetación riparia. Una vez en el laboratorio, los organismos se colocaron en un tanque de fibra de vidrio de 1m x 1m x 0.75m, provisto de oxigenación a través de una bomba de acuario de dos salidas de la marca Elite 802 (China) y de refugios de policloruro de vinilo (pvc) de 1.27 cm de diámetro por 7 cm de longitud (uno por cada organismo).

Las características fisicoquímicas en el tanque al momento de la aclimatación al nuevo ambiente fueron: oxígeno (5 mg/L), amonio (0.00 mg/L) y temperatura ( $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Una vez concluidas 24 h, se procedió a verificar que no registraran daños mecánicos en su anatomía y cuantificar las posibles mortalidades y mudas ocasionadas por el estrés de captura, transporte y cambio de ambiente. Posterior a ello, se iniciaron las observaciones diarias durante los meses de marzo y abril para detectar las hembras ovígeras; cuando fue así, éstas se trasladaron a otro tanque con las características ambientales previamente descritas, en donde se llevó a cabo el desarrollo de los nuevos individuos hasta que fue posible identificar el sexo de las postlarvas.

En ese momento se realizó una separación de hembras y machos, colocándolos en tanques diferentes donde permanecieron hasta alcanzar una longitud mínima desde el rostrum hasta la parte final del telson de 2.7 cm. El procedimiento antes mencionado se realizó con el objetivo de iniciar los bioensayos de proporciones asegurando un estatus de primera reproducción en los organismos seleccionados. La talla de 2.7 cm se estableció con base a observaciones previas en estudios piloto. La alimentación de los organismos se realizó con Camaronina 35 (Purina, SON, MX) (Cerón-Ortiz *et al.*, 2015).

**Ensayos de proporciones de sexo.** Los organismos en estatus de primera reproducción se distribuyeron al azar en 16 unidades experimentales consistentes en acuarios de vidrio con dimensiones de 50x40x30 cm., llenos de agua dulce hasta un volumen de 40 L, provistos de aireación continua mediante una bomba de dos salidas (Elite 802, China, CN), refugios de pvc de 1.27 cm de diámetro por 7 cm de longitud (uno por organismo) y plantas artificiales (tres por unidad experimental) que fungirían como zonas de resguardo durante la muda. El número de organismos en cada unidad experimental se llevó a cabo de acuerdo a cada tratamiento; en  $R_1 = 2$  organismos (1 hembra:1 macho);  $R_2 = 3$  organismos (2 hembras:1 macho);  $R_3 = 6$  (5 hembras:1 macho);  $R_4 = 6$  (1 hembra:5 machos). Es importante mencionar que el número de organismos antes referido se mantuvo igual para cada una de las repeticiones de acuerdo al tratamiento. Los bioensayos de reproducción duraron 13 semanas (del 21 de junio al 20 de septiembre). Los reproductores fueron alimentados con Camaronina 35 (Purina, SON, MX) (Cerón-Ortiz *et al.*, 2015).

Diariamente se revisaron las unidades experimentales para registrar si se observaba conducta de apareamiento, actividad de cópula, consumo de alimento y localización de los organismos en la unidad experimental. A las unidades se les retiro diariamente el alimento no consumido y las excretas. La frecuencia de muda por tratamiento se identificó de acuerdo al número de exoesqueletos localizados en las unidades experimentales.

Los organismos en las unidades experimentales se pesaron cada tres semanas a través de una balanza analítica modelo Adventurer con precisión de 0.0001 g (Ohaus, NJ US) y se midió la longitud desde el cefalotórax hasta el telson con un vernier de precisión tipo pie de rey (150 mm ajuste fino) (125MEA-6/150, Starrett, Mex). Las tasas específicas de crecimiento (TEC) se obtuvieron mediante la fórmula modificada de Hernández-Vergara *et al.* (2003) expresada como  $\text{TECL} = ((\ln LF - \ln LI)/t) \times 100$  donde  $\ln$ = logaritmo natural, LF= longitud final, LI= longitud inicial, t= tiempo. El incremento en peso (mg) se obtuvo con una modificación de la ecuación propuesta por Mimbela-López (2000), quedando como  $\text{TECP} = (\ln PF - \ln PI)/t) \times 100$  donde TECP= peso ganado, PF= peso final, PI= peso inicial, t= tiempo. Los datos registrados se utilizaron para obtener la correlación entre las dimensiones de los organismos y la producción de hembras ovígeras, el número de huevos y las postlarvas liberadas.

Asimismo, con el propósito de mantener la proporción de hembras y machos en cada tratamiento y sus repeticiones, al identificar algún organismo muerto en las unidades experimentales, éste fue retirado y en su lugar se colocó otro del mismo sexo, talla y estatus de primera reproducción cultivado bajo las mismas condiciones fisicoquímicas en tanques alternos. El número total de organismos muertos se registró por tratamiento cada semana, con lo cual se cuantificó el porcentaje de sobrevivencia.

**Ensayos de desarrollo de nuevos individuos.** Al obtener hembras ovígeras en los bioensayos de proporción de sexos, éstas eran extraídas de las unidades experimentales y se remplazaban por otra con la misma longitud, peso aproximado y en etapa de primera reproducción. Lo anterior para no afectar los resultados de seguimiento en el crecimiento de los organismos y el número de hembras ovígeras durante las trece semanas del estudio. Las hembras ovígeras se extrajeron mediante una red de cuchara (Easy Catch 7.62 cm, MX) y se colocaron individualmente en unidades experimentales consistentes en acuarios de vidrio de 20x17x15 cm llenos de agua dulce hasta un volumen de 4 L. En cada unidad se instaló un refugio de pvc de 1.27 cm de diámetro por 7 cm de longitud y una planta artificial como zonas de resguardo.

Las unidades experimentales fueron etiquetadas de acuerdo al tratamiento del cual fue extraída la hembra ovígera y se anexó la fecha de colocación. Además, se registró en la bitácora correspondiente el número de huevos adheridos en el abdomen (fecundidad); el cual se obtuvo por conteo directo del abdomen de la hembra, evitando ocasionar estrés por manipulación y por ende la pérdida de los mismos. En los días subsecuentes se determinó el tiempo de incubación con base al periodo comprendido desde la fertilización hasta la liberación de las primeras postlarvas del abdomen de la hembra, las cuales se contaban directamente para obtener el número total (fertilidad).

La alimentación de las hembras ovígeras consistió en una ración diaria del mismo alimento utilizado para reproductores, la ración se proporcionó cada tercer día (por la tarde) a una tasa de alimentación del 10% de la biomasa (Aya-Baquero & Velasco-Santamaría, 2013). Al igual que en las unidades experimentales de los reproductores el alimento remanente y las heces fueron retirados antes de agregar el nuevo alimento.

## RESULTADOS

Las hembras grávidas obtenidas a partir de los procesos reproductivos de los organismos capturados del medio natural generaron 542 postlarvas (203 machos y 339 hembras); las cuales se destinaron a los bioensayos de proporción de sexos una vez que alcanzaron 2.7 cm de longitud. En ese momento, el peso promedio de las hembras fue de  $0.5041 \pm 0.0140$  g y de los machos  $0.4856 \pm 0.0104$  g. El seguimiento del crecimiento de estos organismos en los bioensayos de proporción de sexos a lo largo de las 13 semanas de estudio, mostraron un crecimiento discontinuo, con una tendencia a un mayor crecimiento en los machos al final de estudio independientemente del tratamiento ( $p \leq 0.05$ ). Los valores de longitud registrados en la semana trece para hembras van de los 3.25 cm ( $\pm 0.06$ ) a los 3.33 cm ( $\pm 0.05$ ) y en machos de 3.35 cm ( $\pm 0.05$ ) a 3.38 cm ( $\pm 0.05$ ). Resultados similares se observaron en los datos obtenidos en el peso de los organismos, cuyos máximos valores se registraron en los machos independientemente del tratamiento ( $p \leq 0.05$ ). El peso promedio máximo en hembras fue de 0.7542 g ( $\pm 0.0806$ ) y en machos de 0.8787 g ( $\pm 0.0067$ ).

Las tasas específicas de crecimiento longitudinal (TECL) en hembras por semana registraron valores de 1.60% ( $R_1$ ), 1.51% ( $R_2$ ), 1.47% ( $R_3$ ) y 1.42% ( $R_4$ ); porcentajes por debajo de los obtenidos en los machos ( $R_1 = 1.71\%$ ,  $R_2 = 1.65\%$ ,  $R_3 = 1.70\%$ ,  $R_4 = 1.63\%$ ). En cuanto al incremento en peso (TECP) se registraron tendencias similares a las del TECL, en donde los machos obtuvieron los máximos valores ( $R_1 = 4.35\%$ ,  $R_2 = 3.33\%$ ,  $R_3 = 4.07\%$ ,  $R_4 = 4.40\%$ ) respecto a las hembras ( $R_1 = 2.80\%$ ,  $R_2 = 2.21\%$ ,  $R_3 = 2.04\%$ ,  $R_4 = 2.05\%$ ). Aunque, es importante en estudios posteriores considerar la posible influencia de las diferentes densidades de organismos en las tasas antes referidas como resultado de las proporciones de sexos en una misma unidad de área.

La mayor frecuencia de muda se registró en la proporción  $R_1$  ( $p \leq 0.05$ ) con 48 mudas a lo largo del estudio (Fig. 1). Asimismo, a lo largo de los bioensayos se pudo observar puntualmente en seis ocasiones el comportamiento reproductivo y la actividad de cópula, cuya duración osciló entre los 30 y 50 min. El intervalo de tiempo en el que tardaron en aparecer los huevos en el abdomen de la hembra, posterior a la cópula en los seis casos fue de 70 a 75 h.

Al final de las trece semanas y con un nivel del 95% de confianza, se registró una diferencia significativa en el número de hembras ovígeras entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). El tratamiento  $R_1$  obtuvo el mayor número de hembras ovígeras (67) comparado con el resto de los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ); seguido por  $R_2$  (34),  $R_4$  (21) y  $R_3$  (14). Es importante mencionar que los valores refieren el total de hembras grávidas registradas en cada tratamiento al sumar las obtenidas en las distintas repeticiones a lo largo de las 13 semanas.

En cuanto a la relación lineal entre la fecundidad (promedio de número de huevos) y las clases de talla (longitud y peso) de las hembras en cada tratamiento, no se registró una relación en ningún tratamiento (tabla 1). Resultados similares se obtuvieron en las regresiones lineales entre las dimensiones de clase de longitud y peso de las hembras en cada tratamiento y la cantidad promedio de postlarvas liberadas (fertilidad) (tabla 2). Asimismo, al comparar la fecundidad y fertilidad de las hembras ovígeras (todas ellas de primera reproducción independientemente de sus medidas morfométricas) obtenidas en los diferentes tratamientos, no se registran diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ). Aunque los mayores valores en la fecundidad se presentaron en el tratamiento  $R_4$  y los menores en  $R_1$ ; resultando similares a los obtenidos en el promedio de fertilidad, con valores máximos en  $R_4$  y uno de los menores en  $R_1$  (tabla 3).

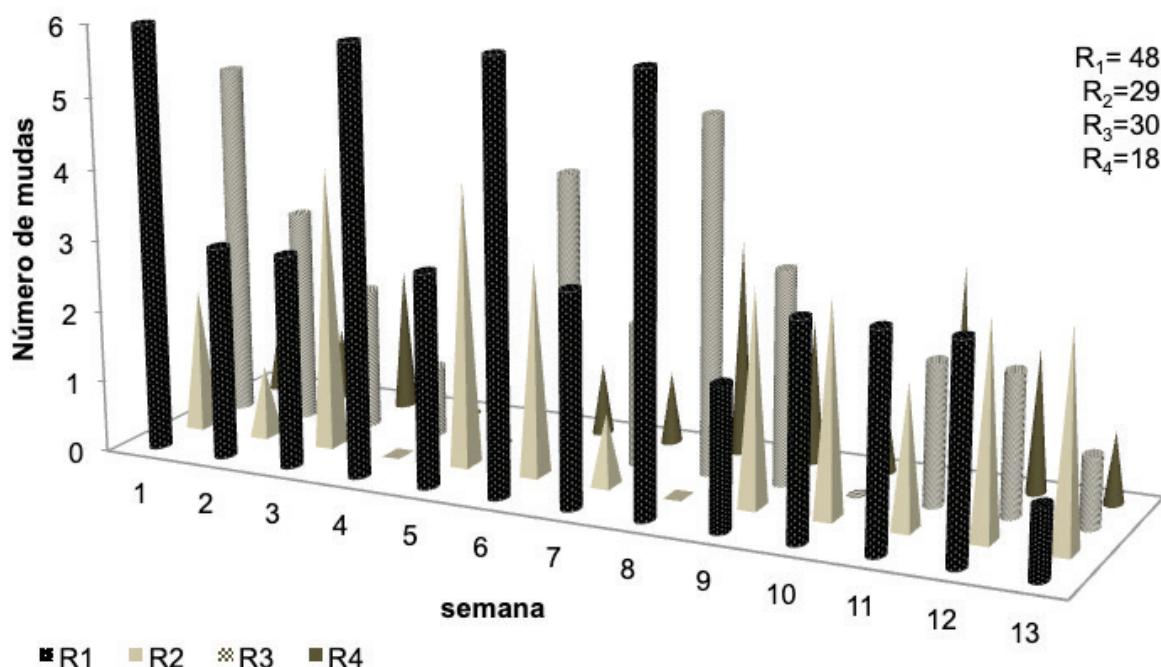


Figura 1. Frecuencia de muda registrada en los reproductores de *Cambarellus montezumae* mantenidos en diferentes proporciones de sexos durante 13 semanas. R<sub>1</sub> = 1 hembra: 1 macho; R<sub>2</sub> = 2 hembras: 1 macho; R<sub>3</sub> = 5 hembras: 1 macho; R<sub>4</sub> = 1 hembra: 5 machos.

Tabla 1. Coeficientes de correlación ( $r$ ) y de determinación ( $R^2$ ) que expresan la relación entre las clases de longitud y peso con el promedio de fecundidad (número de huevos) registrados en las hembras ovígeras de *Cambarellus montezumae* obtenidas en los diferentes tratamientos a lo largo de 13 semanas.  $R_1=1$  hembras:1 macho;  $R_2=2$  hembras:1 macho;  $R_3=5$  hembras:1 macho;  $R_4=1$  hembra:5 machos.

Longitud (cm)	Tratamientos		
	$R_1$	$R_2$	$R_3$
$r$	0,2152	0,0925	-0,1499
$R^2$ (%)	4,635	0,8564	2,2482
Peso (g)			10,6132
$r$	-0,1992	0,1426	-0,2413
$R^2$ (%)	3,969	2,033	5,824
			6,136

Los porcentajes de eclosión registrados en cada tratamiento mostraron similitudes entre ellos, alcanzando porcentajes de  $97.96 \pm 3.75\%$  en  $R_1$ ,  $98.38 \pm 2.85\%$  en  $R_2$ ,  $98.15 \pm 3.23\%$  en  $R_3$  y de  $97.99 \pm 3.32\%$  para  $R_4$ . Los valores máximos y mínimos por tratamiento oscilan entre el 83 y 100% ( $R_1$ ), 93 y 100% ( $R_2$ ), 89 y 100% ( $R_3$ ), 88 y 100% ( $R_4$ ). El tiempo de incubación registró variaciones entre las repeticiones dentro del mismo tratamiento y los otros tratamientos con valores mínimos de 12 días y máximos de 28 días (Fig. 2).

La supervivencia de los organismos a lo largo de los bioensayos de proporciones fue diferente debido a la densidad de organismos específica en el tratamiento. La cantidad máxima de organismos sustituidos en las unidades experimentales por mortandad fue de dos organismos en el tratamiento  $R_3$  en la semana cuatro. El resto de los tratamientos registraron como máximo un organismo sustituido por mortandad en algunas de las semanas del estudio.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, la temperatura fue el único parámetro que mostró un margen en los datos recabados, indicando un intervalo estacional y un incremento al final de la primavera e inicios del verano. Los intervalos en temperatura para los meses de marzo, abril y mayo se ubicaron entre los 22 y 23°C, aumentando a lo largo de la estación de verano hasta alcanzar una temperatura máxima de 26°C a finales del mes de julio y disminuyendo paulatinamente hasta

Tabla 2. Coeficientes de correlación ( $r$ ) y de determinación ( $R^2$ ) que expresan la relación entre las clases de longitud y peso con el promedio de fertilidad (número de postlarvas) registrado en las hembras ovígeras de *Cambarellus montezumae* obtenidas en los diferentes tratamientos a lo largo de 13 semanas.  $R_1=1$  hembras:1 macho;  $R_2=2$  hembras:1 macho;  $R_3=5$  hembras:1 macho;  $R_4=1$  hembra:5 machos.

Longitud (cm)	Tratamientos			
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$
$r$	0,1664	0,1335	-0,2969	0,0911
$R^2$ (%)	2,768	1,782	8,819	0,8311
PESO (g)				
$r$	-0,0604	0,1819	-0,3950	0,0717
$R^2$ (%)	0,365	3,311	15,609	0,5146

los 24°C en el mes de septiembre. Con relación al resto de los parámetros fisicoquímicos no se apreció una variación significativa. El consumo de alimento durante los bioensayos varió en diferentes momentos y aunque la ingesta fue mayor en los tratamientos con mayor densidad de acociles, el consumo durante las primeras siete semanas fue de entre 85 y 90%. En las hembras ovígeras el porcentaje disminuyó hasta un 50% con períodos de inanición de 24 horas, por lo cual se modificó la tasa de alimentación hasta el 5% de su biomasa.

## DISCUSIÓN

Actualmente se busca implementar medidas adecuadas para el aprovechamiento sustentable de los recursos acuáticos; en crustáceos, se estudia la relación entre el tamaño de los organismos, la fertilidad, la fecundidad y la distribución poblacional de las especies (Aya-Baquero & Velasco-Santamaría, 2013; Segura & Delgado, 2012). Aunque en su mayoría se abocan a investigaciones biológicas-pesqueras y de crustáceos de profundidad e importancia comercial (Rodríguez *et al.*, 2012; Lorán-Núñez *et al.*, 2009). Hecho que impulsa la relevancia del presente estudio, enfocado a la generación de información en una especie nativa con potencial acuícola y económico, de la cual se tiene poca información sobre aspectos de crecimiento y reproducción tanto en condiciones de laboratorio como en el medio natural.

Tabla 3. Número promedio de huevos (fecundidad) y postlarvas (fertilidad) obtenidos al considerar el total de hembras ovígeras de *Cambarellus montezumae* registradas por tratamiento ( $R_1=67$ ;  $R_2=34$ ;  $R_3=14$ ;  $R_4=21$ ) durante 13 semanas. Donde  $R_1=1$  hembra:1 macho;  $R_2=2$  hembras:1 macho;  $R_3=5$  hembras:1 macho;  $R_4=1$  hembra:5 machos.

	Número de huevos (fecundidad)				Número de postlarvas (fertilidad)			
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$
Promedio	37	39	38	41	37	38	37	40
Desviación Estándar	7	5	6	6	7	5	6	6
Mediana	37	39	38	41	36	39	38	40
Mínimo	22	27	27	33	22	25	24	33
Máximo	50	51	49	55	48	50	49	55
Rango	28	24	22	22	26	25	25	22

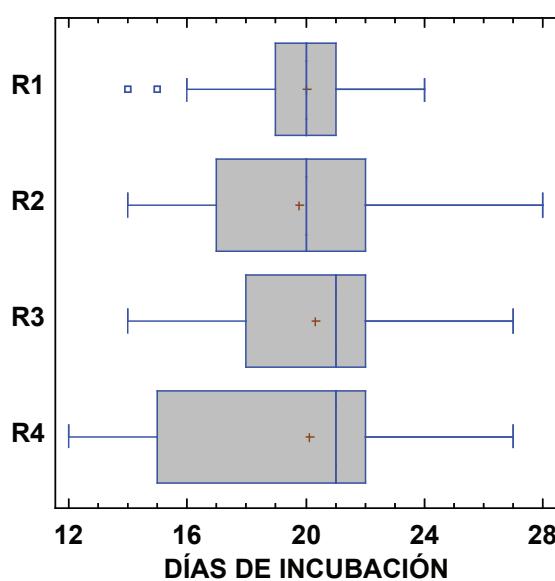


Figura 2. Variación en el tiempo de incubación registrado desde la aparición de los huevos en el abdomen de las hembras de *Cambarellus montezumae* hasta la liberación de las postlarvas. R<sub>1</sub>=1 hembra:1 macho; R<sub>2</sub>=2 hembras:1 macho; R<sub>3</sub>=5 hembras:1 macho; R<sub>4</sub>=1 hembra:5 machos.

En cuanto al crecimiento, las hembras alcanzaron la talla de primera reproducción en un periodo más corto (45 a 60 días) que los machos de su misma especie, y hembras de otros géneros de crustáceos como los reportados por Mueller (2007) para *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), hasta 6 meses. Lo cual se relaciona con la biología del crecimiento de algunos crustáceos cuyo rango de talla máxima es pequeño y por ello alcanzan su desarrollo gonadal y talla de primera madurez en un periodo menor de tiempo (Sampognaro-Charquero, 2014). Sin embargo, una vez que las hembras alcanzaron la talla de primera reproducción, fueron los machos quienes registraron una mayor longitud y peso, ya que las hembras destinaron más energía a la producción de huevos que al crecimiento. Asimismo, una variable relacionada a estas diferencias es la muda terminal que se observa en algunas especies de crustáceos (Rodríguez-Domínguez et al., 2012). Aunque, en *C. montezumae* no se tienen estudios que sustente la existencia de la misma y el impacto que pudiera tener en el crecimiento. Además, las variaciones mencionadas son observadas también en camarones de las especies *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827), *Pachychelles laevidactylus* (Ortmann, 1892), *Pleoticusrobustus* (Smith, 1885) y *Penaeopsis serrata* (Bate, 1881) (Camiolo & Luppi, 2016; Paramo & Núñez, 2015). Algunos autores mencionan que las diferencias antes expuestas son debidas al desarrollo gonadal (Pérez-Ferro & Paramo-Granados, 2014), la fuente de alimento (Barbosa-Saldaña et al., 2012) y al estrés ambiental (Cortés-Jacinto et al., 2003).

Aunado a lo anterior, la ganancia en peso y longitud registrada en los reproductores de *C. montezumae* utilizados durante los bioensayos de proporciones de sexos, muestran un crecimiento discontinuo de acuerdo a las características expuestas por Martínez-Porchas (2009) y se relacionan con la frecuencia de muda y las características genéticas propias del individuo (Reyes-Avalos et al., 2010). Lo cual también afecta el consumo de alimento y los cambios fisiológicos que conlleva el atravesar por alguna de las cinco etapas del proceso de muda (Martínez-Porchas et al., 2009). Lo cual coincide con lo observado en el presente estudio en los reproductores de *C. montezumae*, y principalmente en la disminución en las tasas de alimentación de las hembras ovígeras. Las fluctuaciones y bajo consumo de alimento en reproductores del género *Cambarellus* se han reportado en otros estudios que indican valores entre 0.005 y 0.16 g/día dependiendo de las condiciones de cultivo (Cerón-Ortiz et al., 2015; Arredondo-Figueroa et al., 2011). Asimismo, el bajo consumo de alimento en las hembras ovígeras se relaciona con una disminución en el gasto energético en aspectos como el movimiento, crecimiento y muda.

Por lo anterior, más allá de la influencia que indudablemente tienen los factores fisicoquímicos, otros aspectos de índole fisiológico tales como la madurez de células sexuales, alométricos (caracteres sexuales secundarios), funcionales (capacidad de conseguir una pareja y transportar los huevos) y sus condiciones generales de salud (Romero-Camarena et al., 2013; López-Greco & Rodríguez, 1998) también inciden en la muda y en los procesos reproductivos. Ante el efecto de algunos de estos factores y con el propósito de disminuir el posible impacto de trabajar con hembras que previamente atravesaron por un momento de gravidez (producen un mayor número de huevos) (Huck et al., 2007), se estableció como característica de selección una talla en donde se han obtenido hembras ovígeras de primera reproducción en *C. montezumae*.

El mayor número de hembras ovígeras al final del estudio se obtuvo en el tratamiento R<sub>1</sub> (una hembra y un macho por cada repetición) con un total de 67 hembras en comparación con los 14 y 21 de los tratamientos R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> respectivamente. Lo anterior a pesar de que en estos últimos se encontraba un mayor número de hembras por macho y viceversa (5 hembras: 1 macho y 1 hembra: 5 machos). Las diferencias en los valores entre tratamientos se explican en crustáceos por el impacto de la densidad de organismos sobre la competencia reproductiva y el estrés sobre las tasas metabólicas de los organismos (Abad-Rosales et al., 2011; Martínez-Porchas et al., 2009). Aspecto observado en los tratamientos con mayor densidad de machos (interrupción del cortejo y la cópula por competencia reproductiva). Sin embargo, es necesario realizar estudios fisiológicos específicos para determinar si el estrés bajo las condiciones de densidad poblacional en el estudio afecta significativamente la reproducción y por ello, los tratamientos con mayor densidad de organismos por repetición registraron el menor número de hembras grávidas.

Ante la escasa información sobre la temática aquí abordada, los resultados obtenidos en cuanto a las causas que influyeron en el número de hembras grávidas se comparan con los registrados en algunas investigaciones realizadas en ambientes no controlados. El mayor número de hembras ovígeras en la proporción 1:1 es similar a los resultados obtenidos en estudios de población en el medio natural; lo cual hace referencia al equilibrio biológico de una población, en donde, al existir un macho por cada hembra, se limita la competencia por el apareamiento (Franco-Meléndez, 2012; Fischer, 1930). Además, los resultados obtenidos en la proporción que registraba el mayor número de machos se asemejan a los mencionados para otros crustáceos, los cuales indi-

can que proporcionan con mayor tendencia en alguno de los sexos se relacionan con la época post-reproductiva (Castilho *et al.*, 2007).

Las diferencias significativas determinadas en el número de hembras ovígeras entre tratamientos no son extensivas a la fecundidad y la fertilidad de las mismas, principalmente por utilizar hembras de primera reproducción y con tallas similares. Así, se limitó el impacto de la talla de la hembra y el macho en la capacidad reproductiva reportada por algunos autores, quienes observaron un mayor índice de fecundidad y fertilidad al incrementar la longitud y/o peso de las hembras (Aya-Baquero & Velasco-Santamaría, 2013; Rondón *et al.*, 2012). Al respecto, Camiolo & Luppi (2016) en estudios con *Pachycheltes laevidactylus* en el intermareal rocoso de Mar del Plata, Argentina, registraron un aumento en la fecundidad conforme la talla de la hembra era mayor (modelo exponencial), con intervalos de 160 huevos en las hembras de 4.38 mm y de 2 en tallas cercanas a los 2 mm del ancho del caparazón con respecto al segmento mayor del pleon. En la jaiba *Callinectes belllicosus* (Stimpson, 1859) la fecundidad incrementa conforme aumenta el tamaño de caparazón de la hembra, la cantidad de huevos promedio es de 4, 576,258 ± 974 en hembras con un ancho de caparazón de 112.8 ± 5.5 mm (Escamilla-Montes *et al.*, 2013). Asimismo, en *C. belllicosus* el gradiente latitudinal influye en la fecundidad (Rodríguez-Feliz *et al.*, 2018); no obstante, cabe señalar que en acocil no se ha determinado la influencia de factores latitudinales o altitudinales para el aspecto evaluado.

En el presente estudio no se registró relación entre la morfometría y la fecundidad, debido al pequeño intervalo existente en la talla de las hembras utilizadas y al hecho de que todas ellas fueron de primera gravidez; lo cual permitió identificar la fecundidad de *C. montezumae* bajo esta característica y plantea la necesidad de evaluar el efecto de los subsecuentes actos reproductivos en la fecundidad. La cantidad de huevos obtenido en *C. montezumae* independientemente del tratamiento es similar a los 45 ± 23 huevos en hembras de longitud promedio de 32.2 ± 4.0 mm reportado por Arredondo-Figueroa y colaboradores (2011). Sin embargo, son diferentes a los obtenidos en especies con tallas de reproducción mayores como *Ranina ranina* (Linnaeus, 1758) (72.2 mm de longitud), cuya fecundidad es de 74.600 a 256.000 huevos (Krajangdara & Watanabe, 2005). La discrepancia entre los resultados al comparar diferentes especies se relaciona ampliamente con el tamaño de la hembra y la amplitud en el espacio físico abdominal disponible para portar los huevos (Aya-Baquero & Velasco-Santamaría, 2013). Aunado a lo anterior, algunos estudios refieren que al disminuir las dimensiones del huevo se incrementa la fecundidad (Escamilla-Montes *et al.*, 2013; García-Pinto *et al.*, 2013). Lo cual, a pesar de no ser considerado en el presente estudio, se observó que el tamaño de los huevos en las hembras de *C. montezumae* es menor a lo reportado en *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), lo cual desde un aspecto comparativo se debe a la diferencia en longitud, ancho y fecundidad. Además de ser organismos de desarrollo embrionario directo, lo cual según Reynolds (2002) disminuye la fecundidad de la especie y aumenta el tamaño de los huevos.

Las características biológicas antes mencionadas también influyen en la cantidad de larvas o postlarvas producidas, razón por la cual tampoco se obtuvo una relación entre la fertilidad y la morfometría al trabajar con hembras de tallas similares y de primera reproducción. Aunque el porcentaje de fertilidad en *C. montezumae* fue mayor a lo reportado para otras especies de crustáceos, los valores se explican

por las diferencias anatómicas y biológicas de las mismas. Además, el porcentaje de eclosión de los huevos y la sobrevivencia del embrión se relaciona con la calidad del vitelo (principalmente la presencia de lípidos), las condiciones ambientales y el estrés al que se enfrentan las hembras ovígeras (Bazán *et al.*, 2009; Sánchez-Paz *et al.*, 2006). Lo cual también puede afectar el tiempo de incubación de los huevos en el abdomen, algunos estudios mencionan intervalos desde dos semanas hasta los diez meses, registrándose incluso períodos de diapausa (Serrano-Silvas, 2016; Calcango *et al.*, 2005). En este estudio, las variaciones oscilan entre los 12 y 28 días, y no se percibe una influencia de la temperatura en estos valores debido al pequeño intervalo en dicho factor. El tiempo mínimo y máximo de incubación es menor a los reportados en *C. patzcuarensis* (27-35 días) (Rodríguez-Serna, 2014), *Cryptiops caementarius* (Molina, 1782) (25 a 28 días) (Romero-Camarena *et al.*, 2013), *Procambarus clarkii* (0.8 a 1 mes) y *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) (5 a 9 meses) (Ruiz-Olmo y Clavero, 2008).

En cuanto a la influencia que pudieron haber tenido los parámetros fisicoquímicos en la obtención de hembras ovígeras, la temperatura fue el único parámetro que registró variaciones en sus valores. Sin embargo, las fluctuaciones se manifestaron en un intervalo corto (entre 1 y 2°C) a lo largo del día y una diferencia de 4°C durante las trece semanas debido a la estacionalidad (incrementó conforme avanzó la primavera y declinó al final del verano); por lo cual se considera que no afectaron los aspectos reproductivos del acocil, a diferencia de lo reportado en otros estudios en donde las variaciones en la temperatura son más amplias (Díaz *et al.*, 2006). Aunado a lo anterior, los intervalos de temperatura registrados se encuentran entre los mencionados para *Cambarellus patzcuarensis* en cultivos reproductivos (Gallardo-Pineda *et al.*, 2015), y en estudios de bioenergética y crecimiento en *C. montezumae* (Cerón-Ortiz *et al.*, 2015; Arredondo-Figueroa *et al.*, 2011; Latournerié-Cervera *et al.*, 2006).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen el apoyo otorgado por el M. en C. José Dolores Solano Becerra adscrito al Departamento de Biología, Facultad de Química UNAM y a la Q.F.B. Estela Montufar Serrano adscrita al Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, IT-SOEH por su apoyo en la revisión del presente documento. A la Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico por el apoyo financiero a través del proyecto 061.14-P04.

## REFERENCIAS

- ABAD-ROSALES, S. M., M. BETANCOURT-LOZANO, F. VARGAS-ALBORES & A. ROQUE. 2011. Interacción de factores físicos, químicos y biológicos en el cultivo del camarón. En: A. Ruiz-Luna, C. A. Berlanga-Robles y M. Betancourt-Lozano (eds.). *Avances en Acuicultura y Manejo Ambiental*. Mazatlán, México: Trillas. pp: 151-164.
- ALEJO-PLATA, M. C., J. L. GÓMEZ-MÁRQUEZ & J. E. HERRERA-GALINDO. 2015. Tallas, sexos y madurez del calamar dardo *Lolliguncula diomedae* (Cephalopoda: Loliginidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University* 7 (1):79-88.

- ÁLVAREZ, F. A. & R. RANGEL. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustácea: Decápoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 431-437.
- ÁLVAREZ, T. P., F. SOTO, Q. S. AVILÉS, L. C. DÍAZ & C. L. TREVINO. 2012. Panorama de la investigación y su repercusión sobre la producción Acuícola en México. Disponible en línea: [http://www.uanl.mx/utilicias/nutricion\\_acuicola/III/archivos/1.pdf](http://www.uanl.mx/utilicias/nutricion_acuicola/III/archivos/1.pdf) (consultado el 16 noviembre 2016).
- ÁNGELES-MONROY, M. Á., A. N. CERÓN-ORTIZ, J. A. LEÓN-ESCAMILLA, D. V. RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, M. A. AGUILAR-PÉREZ & E. MONTUFAR-SERRANO. 2010. Análisis de parámetros físico-químicos que afectan la población en medios naturales del acocil (*Cambarellus montezumae*) en Tezon-tepec de Aldama, Hidalgo. I Reunión Nacional de Innovación Acuícola y Pesquera Campeche, Campeche. Nutrición Acuícola.
- APÚN-MOLINA, J. P., A. SANTAMARÍA-MIRANDA, A. LUNA-GONZÁLEZ, S. F. MARTÍNEZ-DÍAZ & M. ROJAS-CONTRERAS. 2009. Effect of potential probiotic bacteria on growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* L., cultured in the laboratory under high density and suboptimum temperature. *Aquaculture Research* 40 (1): 887-894. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02172.x
- ARREDONDO-FIGUEROA, J. L., A. VÁSQUEZ-GONZÁLEZ, L. G. NÚÑEZ-GARCÍA, I. A. BARRIGA-SOSA & J. T. PONCE-PALAFAX. 2011. Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus* (*Cambarellus*) *montezumae* (Crustacea: Decápoda: Cambaridae) en condiciones controladas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 169-178.
- AYA-BAQUERO, E. & Y. VELASCO-SANTAMARÍA. 2013. Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum* (Héller 1862) (Decápoda, Palaemonidae) del Piedemonte Llanero Colombiano. *Revista MVZ Córdoba* 18(3): 3773-3780.
- BARBOSA-SALDAÑA M., P. DÍAZ-JAIME & M. URIBE-ALCOCER. 2012. Variación morfológica del camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 42-50.
- BAZÁN, M., S. GÁMEZ & W. E. REYES. 2009. Rendimiento reproductivo de hembras de *Cyphioipsca ementarius* (Crustacea: Palaemonidae) mantenidas con alimento natural. *Revista Peruana de Biología* 16(2): 191- 193.DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v16i2.205>
- CALCAGNO, J. A., G. A. LOVRICH, S. THATJE, U. NETTELmann & K. ANGER. 2005. First year growth in the lithodids *Lithodes santolla* and *Paralomis granulosa* reared at different temperatures. *Journal of Sea Research* 54: 243-250.DOI:10.1016/j.seares.2005.04.004
- CAMILO, M. D. & T. A. LUPPI. 2016. Hábitat e historia de vida de *Pachycheilus laevidactylus* (Crustacea, Anomura, Porcellanidae) en el intermareal rocoso de Mar del Plata, Argentina. *Iheringia, Série Zoologia* 106: 1-9. DOI: 10.1590/1678-4766e2016015
- CASTILHO, A. L., M. A. GAVIO, R. C. COSTA, E. E. BOSCHI, R. T. BAUER & A. FRANZOZO. 2007. Latitudinal variation of population structure and reproductive pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology* 27: 548-552.DOI: <https://doi.org/10.1651/S-2788.1>
- CERÓN-ORTIZ, A. N., O. MOCTEZUMA-RESÉNDIZ, M. A. ÁNGELES-MONROY, E. MONTUFAR-SERRANO & J. A. LEÓN-ESCAMILLA. 2015. Efecto interactivo del alimento y la calidad de agua en el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de acocil de río *Cambarellus montezumae*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86 (1): 131-142. DOI: <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.48502>
- CORTÉS-JACINTO, E., H. VILLARREAL-COLMENARES & M. RENDÓN-RUMUALDO. 2003. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae). *Hidrobiológica* 13 (2): 151-158.
- DÍAZ, F., G. ESCALANTE, A. D. RE & E. SIERRA. 2006. Fisiología Energética de *Cherax quadricarinatus* (von Martens) alimentado con dos dietas, expuesto a un régimen constante y fluctuante de temperatura. *Hidrobiológica* 16 (1): 35-44.
- DÍAZ, N. F. & R. NEIRA. 2005. Biotecnología Aplicada a la Acuicultura I. Biotecnologías clásicas aplicadas a la reproducción de especies cultivadas. *Ciencia e Investigación Agraria* 31: 45-58.
- ESCAMILLA-MONTES, R., G. DE LA CRUZ-AGÜERO, M. T. VILLEJO-FUERTE, M.T. & G. DIARTE-PLATA. 2013. Fecundidad de *Callinectes arcuatus* (ORDWAY, 1863) y *C. belllicosus* (STIMPSON, 1859) (Decapoda: Brachyura: Portunidae) en la Ensenada de la Paz, Golfo de California, México. *Universidad y Ciencia* 29 (1): 53-61.
- FISCHER, R. 1930. The Genetic Theory of Natural Selection. Clarendon Press, Oxford. disponible en línea en: <https://archive.org/details/geneticaltheory031631mbp> (consultado el 3 de noviembre 2016).
- FRANCO-MELÉNDEZ, M. T. 2012. Breeding behavior and sex ratio variation of *Pleuroncodes monodon* (Crustacea: Galatheidae) off the Peruvian coast. *Ciencias Marinas* 38 (2):441–457.DOI: <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v38i2.2032>
- GALLARDO-PINEDA, Y., M. RODRÍGUEZ-SERRA & C. CARMONA-OSALDE. 2015. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento, supervivencia y reproducción de juveniles de *Cambarellus patzcuarensis*. Disponible en línea en: <http://revistaacuatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/262/249>(consultado el 10 de diciembre 2016).
- GARCÍA-PINTO, L., C. SANGRONIS, R. BUONOCORE & H. BRICEÑO. 2003. Aspectos reproductivos del cangrejo azul, *Callinectes sapidus*, en el sistema de Maracaibo. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 47(3): 191 – 207.
- HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P., B. D. ROUSE, M. A. OLVERA-NOVOA & A. D. DAVIS. 2003. Effects of dietary lipid level and source on growth and proximate composition of juvenile redclaw (*Cherax quadricarinatus*) reared under semi-intensive culture conditions. *Aquaculture* 223:107-115. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00135-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00135-2)
- HOLDICH, M. D. 1993. A review of astaciculture: freshwater crayfish farming. *Aquatic Living Resources* 6(3): 307-317.DOI: 10.1051/alr:1993032
- HUCK, E., A. MARTÍN & P. MIOSLAVICH. 2007. Contenido proteico en los diferentes estadios embrionarios. *Revista de Biología Tropical* 55 (1): 1-8.DOI: 10.15517/rbt.v55i0.5799
- KRAJANGDARA, T. & S. WATANABE. 2005. Growth and reproduction of the red frog crab, *Ranina ranina* (Linnaeus, 1758), in the Andaman Sea off Thailand. *Fisheries Science* 71(1): 20-28.DOI: 10.1111/j.1442-9006.2005.00926.x

- LATOURNERIÉ-CERVERA, J. R., Y. N. OSORIO, R. J. CARDENAS-VÁZQUEZ & J. ROMERO-JARERO. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de Acocil *Cambarellus Montezumae* (Saussure) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. *Revista Electrónica de Veterinaria VII* 12, 11.
- LÓPEZ-GRECO, L. S. & M. RODRÍGUEZ. 1998. Size at the onset of sexual maturity in *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Grapsidae, Sesarminae): a critical overall view about the usual criteria for its determination. In: F. R. Scharam y J. Von Vaupel Klein. (eds.). *Crustacean and the Biodiversity Crisis*. Leiden, Holanda: Brill. pp: 675-689.
- LORÁN-NÚÑEZ, R. M., A. J. VALDÉZ-GUZMÁN & F. R. MARTÍNEZ-ISUNA. 2009. Estudio biológico del “burro” *Atya scabra* en el río. Los Pescados y río Actopan, Veracruz, México. *Ciencia Pesquera* 17(1): 5-16.
- MARTÍNEZ-PORCHAS, M., L. R. MARTÍNEZ-CÓRDVOA & R. RAMOS-ENRÍQUEZ. 2009. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. *Revista Electrónica de Veterinaria* 10(10):1-16.
- MIMBELA-LÓPEZ, J. 2000. Evaluación del crecimiento de hembras y macho de la langosta australiana de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, bajo condiciones controladas. Tesis, Área de acuacultura, Universidad de Colima. Manzanillo, Colima, México. 50 p.
- MORENO, C., C. GRAZIANI, J. G. NÚÑEZ & E. VILLAROEL. 2011. Caracterización bioecológica y poblacional de tres comunidades de crustáceos decápodos en la costa Noroccidental del estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 29(1): 29-47.
- MUELLER, K. 2007. Reproductive habits of non-native red swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) at Pine Lake, Sammamish, Washington. *Northwest Science* 81(3): 246-250. DOI: 10.3955/0029-344X-81.3.246
- NORZAGARAY-CAMPOS, M., P. MUÑOZ SEVILLA, L. SÁNCHEZ VELASCO, L. CAPURRO-FILOGRASSO & O. LLÁNES-CÁRDENAS. 2012. Acuacultura: estado actual y retos de la investigación en México. *Revista AquatíC* 37: 20-25.
- PARAMO, J. & S. NÚÑEZ-RICARDO. 2015. Estructura de tallas, talla media de madurez sexual y razón sexual de camarones de aguas profundas de importancia comercial en el Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39(152): 408-415. DOI: 10.18257/raccefyn.242
- PARRA-MEDINA, J. C., Y. GARCÍADE SEVEREYN, A. FERRER & H. SEVEREYN. 2010. Aspectos reproductivos del camarón *Macrobrachium amazonicum* (Heller) en la zona de Nazaret, San Rafael de El Mojón, Lago de Maracaibo, Venezuela. *Ciencia* 16(4): 402-408.
- PÉREZ-FERRO, D. G. & J. E. PARAMO-GRANADOS. 2014. Estudios de madurez del camarón rosado *Farfantepenaeus notialis* (PENAEIDAE) en el Caribe Colombiano. *Acta Biológica Colombiana* 19(2):185-194.
- REYES-AVALOS, W., G. M. VELÁSQUEZ & E. R. GONZÁLEZ. 2010. Maduración, muda y crecimiento de hembras del camarón de río *Cryphiopt caementarius* con ablación del pedúnculo ocular, en condiciones de laboratorio. *SCIÉNDO* 13 (2):20-27.
- REYNOLDS, J. D. 2002. Growth and Reproductions. In: D. Holdich (ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Nottingham: Blackwell Science. pp: 152-191.
- RODRÍGUEZ, E., G. ARDILA & J. PARAMO. 2012. Relaciones morfométricas de crustáceos de profundidad de importancia comercial en el mar caribe colombiano. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 16 (2):236-245.
- RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, G., S. CASTILLO-VARGAS-MACHUCA, R. PÉREZ-GONZÁLEZ & E. A. ARAGÓN-NORIEGA. 2012. Estimation of the individual growth parameters of the brown crab *Callinectes bellicosus* (Brachyura, Portunidae) using a multi-model approach. *Crustaceana* 85(1): 55-69.
- RODRÍGUEZ-FELIX, D., M. A. CISNEROS-MATA, D. GUEVARA-AGUIRRE, E. A. ARAGÓN-NORIEGA & E. ALCÁNTARA-RAZO. 2018. Variability in fecundity of the brown crab, *Callinectes bellicosus* Stimpson, 1859 (Brachyura, Portunidae), along the coast of Sonora. *Crustaceana* 91(12): 1523-1536.
- RODRÍGUEZ-SERNA, M. 2014. Análisis ecológico y poblacional de la especie *Cambarellus patzcuarensis* del Lago de Pátzcuaro. In: R. I. Huerto delgadillo y S. Vargas Velázquez (eds.). *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp. 98-128.
- RODRÍGUEZ-SERNA, M. 1999. Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México.
- RODRÍGUEZ-SERNA, M. & C. CARMONA-OSALDE. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae: Cambaridae), pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia* 18:128-134.
- ROMERO-CAMARENA, H., C. A. ZELADA-MENDOZA & J. P. ÁLVAREZ-VELIZ. 2013. Producción larval del Camarón de río (*Cryphiopt caementarius*) en condiciones de laboratorio, Huacho, Perú. Infinitum. disponible en línea en: [https://www.researchgate.net/publication/280962088\\_Produccion\\_larval\\_del\\_Camaron\\_de\\_rio\\_Cryphiopt\\_caementarius\\_en\\_condiciones\\_de\\_laboratorio\\_Huacho\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/280962088_Produccion_larval_del_Camaron_de_rio_Cryphiopt_caementarius_en_condiciones_de_laboratorio_Huacho_Peru). (consultado el 3 de diciembre 2016).
- RONDÓN, R., I. SPROCK, J. BOLAÑOS, C. LIRA, J. HERNÁNDEZ, K. SALAZAR & E. RON. 2012. Aspectos de la biología reproductiva de *Raninoides lousianensis*, brathbun, 1933 (decapoda: raninoidea: raninidae) en la Plataforma Deltana Venezolana. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 51 (1): 93-99.
- RUDOLPH, E. & J. IRAÇABAL. 1994. Desarrollo embrionario y postembrionario del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 65: 43-49.
- RUDOLPH, E., F. RETAMAL & A. MARTÍNEZ. 2010. Cultivo de camarón de río *Samastacus spinifrons*: ¿Una nueva alternativa para la diversificación de la acuicultura chilena?. *Latin American Journal of Aquatic Research* 38 (2): 254-264.
- RUIZ-OLMO, J. & M. CLAVERO. 2008. Los cangrejos en la ecología y recuperación de la nutria en la Península Ibérica. En: J. M. López-Martín y J. Jiménez (eds.), *La nutria en España. Veinte años de seguimiento de un mamífero amenazado*. Málaga, España: SECEM. pp. 369-396.

- SAMPOGNARO-CHARQUERO, L. 2014. Estructura y dinámica poblacional del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) en Punta del Diablo, Uruguay. Disponible en línea en: <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/pasan/uy24-16826.pdf> (consultado el 8 de octubre 2016).
- SÁNCHEZ-MEZA, P. E., J.J. ROMERO, R. P. NEGRETE, S. R. LÓPEZ & S. A. MÁLICA. 2009. Aprovechamiento de los ambientes reducidos para la producción de organismos acuáticos susceptibles a cultivo para consumo humano. *Veterinaria México* 40 (1): 55-67.
- SÁNCHEZ-PAZ, A., F. GARCÍA-CARREÑO, A. MUHLIA-ALMAZAN, A. B. PEREGRINO-URIARTE, J. HERNÁNDEZ-LÓPEZ & G. YEPIZ-PLASCENCIA. 2006. Usage of energy reserves in crustaceans during starvation: Status and future directions. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 36: 241-249.DOI: 10.1016/j.ibmb.2006.01.002
- SEGURA A. M. & E. A. DELGADO. 2012. Size at sexual maturity and growth of the red shrimp *Pleoticus muelleri* (Decapoda: Penaeoidea) captured artisanally in the Atlantic coast of Uruguay. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 7 (3): 125-134.
- SERRANO-SILVAS, S. R. 2016. Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de la vitelogénesis de las hembras del crustáceo subantártico centolla (*Lithodes santolla*). Tesis de Maestría. Uso, Manejo y Preservación de los Recursos naturales (Orientación en Biotecnología), Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México. 124 p.