



## Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Crustacea: Decápoda: Cambaridae) en condiciones controladas

### Breeding aspects of the crayfish *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) under controlled conditions

José Luis Arredondo-Figueroa<sup>1\*</sup>, Angélica Vásquez-González<sup>1</sup>, Laura Georgina Núñez-García<sup>1</sup>, Irene de los Ángeles Barriga-Sosa<sup>1</sup> y Jesús T. Ponce-Palafox<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Posta Zootécnica, Departamento de Zootecnia, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Km. 3 carretera Jesús María-La posta, Apartado postal 3, 20900 Jesús María Aguascalientes, México.

<sup>2</sup> Laboratorio de Bioingeniería Costera, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. Bahía de Matanchén Km. 12, Carretera a los Cocos, 63740 San Blas, Nayarit, México.

\*Correspondencia: arredondo60@hotmail.com

**Resumen.** El acocil *Cambarellus (C.) montezumae* es una especie endémica cuya distribución está restringida a algunos cuerpos de agua lacustre. Se presentan los resultados sobre aspectos reproductivos de esta especie en condiciones controladas, con el objetivo de determinar la factibilidad de la producción de huevos y juveniles y su potencial aplicación a programas de rescate, repoblación y cultivo. Se realizaron 2 ensayos experimentales, el primero en 4 estanques exteriores de 800 litros conectados a sistemas cerrados de recirculación (SCR) y el segundo en recipientes de plástico en laboratorio (RPL), de 2 litros. Para el primer ensayo, se manejaron 219 reproductores durante 335 días, obteniendo 136 hembras ovígeras. Cada hembra produjo en promedio  $45 \pm 23$  huevos por puesta. El 83.7% de los huevos eclosionaron, obteniéndose un total de 3 162 juveniles. En los RPL se manejó una población F1 obtenida a partir de los reproductores del SCR en una relación 1 hembra: 2 machos, con 10 repeticiones. La producción de huevo fue variable con un promedio de 34 por hembra. Los indicadores de desempeño mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre sexos con respecto a 6 de ellos. Los resultados indican la factibilidad para su cultivo y producción de huevos y juveniles.

Palabras clave: Crustacea, Cambaridae, *Cambarellus (C.) montezumae*, reproducción, cultivo.

**Abstract.** *Cambarellus (C.) montezumae* is an endemic crayfish from Mexico, which actual distribution is restricted to few lacustrine bodies of water. Here we present results on the reproduction of this species under controlled conditions with the aim to determine the feasibility of the production of eggs and juveniles, as an strategy for their rescue, re-population and culture. Two experimental assays were conducted, the first one, in 4 outdoor 800-L tanks recirculation aquaculture systems (RAS) and the second, in 2-L plastic containers under laboratory conditions (PCL). For the first assay, 219 brooders were used during 335 days, obtaining 136 ovigerous females. Each female produced an average of  $45 \pm 23$  eggs per spawn. The eclosed eggs averaged 83.7%, obtaining 3 162 juveniles. In RPL, F1 organisms obtained from RAS were maintained in a relation of 1 female: 2 male with 10 repetitions. Egg production was variable with an average of 34 eggs per females. Performance indicators showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ) between males and females in 6 indicators. Results indicated the feasibility of culture and production of eggs and juveniles.

Key words: Crustacea, Cambaridae, *Cambarellus (C.) montezumae*, breeding, culture.

### Introducción

El acocil *C.(C.) montezumae* es un crustáceo decápodo que pertenece a la familia Cambaridae, endémico de la meseta central de México. Su tamaño es pequeño y alcanza una longitud total de 30 a 50 mm (Villalobos, 1943). En la actualidad su distribución natural está restringida a

algunos cuerpos relictos de agua de la Cuenca de México, tales como los lagos de Zumpango, Guadalupe, Texcoco y Xochimilco, y además al sistema del río Lerma-Chapala (Cornejo, 1991). También se ha colectado en los estados de Querétaro, Tlaxcala y Puebla, así como en el Lago de Chapala ubicado en los estados de Jalisco y Michoacán (Villalobos-Hiriart et al., 1993).

Desde la época prehispánica, los mexica y otros grupos indígenas instalados alrededor de la Cuenca de México consumían con abundancia el acocil, como parte de su

Recibido: 23 enero 2009; aceptado: 25 agosto 2010

dieta diaria. En la actualidad, algunos grupos indígenas establecidos en el sistema del río Lerma los capturan y consumen (Moctezuma, 1996). Sin embargo, en los últimos años las poblaciones naturales del acocil han disminuido drásticamente debido a múltiples factores, tales como la modificación constante de su hábitat natural, la pérdida del volumen de agua embalsado, la contaminación crónica, la sobrepesca y la introducción de especies exóticas agresivas, como la carpa común (*Cyprinus carpio*) y la tilapia del género *Oreochromis* entre otras.

Los antecedentes acerca de esta especie son escasos y dispersos. Villalobos (1955) fue el primero que realizó estudios sistemáticos y taxonómicos de la familia Cambaridae, describiendo nuevas especies, así como su distribución en la República Mexicana; Cantú (1959) describió la embriología del acocil *Cambarellus zempoalensis*; Rosas (1976) presentó datos sobre la biología de *C. patzcuarensis*; Maldonado (1990), a su vez, investigó la respuesta térmica de *C. montezumae*; Pérez-Rodríguez et al. (1998) realizaron estudios de esta especie en 3 presas del estado de Tlaxcala; Rodríguez-Serna et al. (2002) determinaron el equilibrio energético, así como la pérdida de energía de su tasa metabólica; Latournerie y Roman (2006) investigaron el crecimiento, la producción y la eficiencia energética de la tasa metabólica de *C. (C.) montezumae*, alimentado con detritus de la macrofito acuática *Egeria densa*, y más recientemente, Álvarez y Rangel (2007) realizaron un estudio poblacional del acocil en los canales de Xochimilco, en el Distrito Federal.

Debido a la importancia histórica, económica y científica que representa esta especie y a la escasez de estudios relacionados con su reproducción, el objetivo de este trabajo fue determinar los aspectos de ésta, así como de la producción de huevos y juveniles en 2 sistemas controlados de cultivo, información que puede ser utilizada en programas de rescate de la especie, reintroducción en su lugar de distribución natural, o bien, en la producción comercial.

## Materiales y métodos

**Origen y traslado de los reproductores silvestres.** Los reproductores fueron capturados en los canales de Xochimilco, en el Distrito Federal, en noviembre de 2006. En bolsas de plástico de un litro, con medio litro de agua limpia y aireación vigorosa, se transportaron a las instalaciones de la Planta Experimental de Producción Acuícola, en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, donde 219 fueron aclimatados durante una hora antes de ser liberados en 4 estanques de fibra de vidrio a cielo abierto, de 800 litros cada uno, conectados a sistemas cerrados de recircu-

lación (SCR). Cada unidad mantuvo un flujo constante de 12 l/h. En el fondo de los estanques se colocaron refugios de tubo PVC de 4 cm diámetro y 15 cm de longitud. Los estanques se limpiaron cada mes, retirando los desechos de alimento no consumido y las excretas; asimismo, se cambió el 80% del agua y se limpiaron los biofiltros con agua libre de cloro.

**Manejo de reproductores silvestres.** Los acociles fueron alimentados cada tercer día durante 335, con 3 g/estanque de alimento balanceado para camarón (Camaronina 25; Purina, Ciudad Obregón, Sonora, México) conteniendo 25% de proteína, 3.5% de lípidos, 5% de fibra y 11% de cenizas. Una semana después de que los acociles fueran introducidos en los estanques, se contaron y se identificó el sexo, manteniéndose una relación de 2 hembras: 1 macho. Cada mes, los reproductores de acocil fueron medidos y pesados, registrándose la longitud total (LT) con un vernier digital (0.01 mm de precisión) y el peso corporal (PT) en una balanza digital (0.01 g de precisión) Ohaus modelo GT 4800 (Ohaus, Pine Brook, New Jersey, USA). Diariamente se registró la temperatura del agua y el oxígeno disuelto con un oxímetro YSI modelo 55 (Yellow Spring Instrument, Ohio, USA); semanalmente se registró el pH con un potenciómetro digital Lauka modelo 8010 (Orion Research Inc. Beverly, Massachusetts, USA) y los derivados del nitrógeno, nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) y nitrógeno amoniacal total (NAT), con un equipo digital Hach DR500 (Hach Instrument, Colorado, USA).

**Registro de datos de las hembras ovígeras.** Los reproductores fueron revisados cada tercer día para identificar las hembras ovígeras, las cuales fueron retiradas con una red de cuchara de malla suave para no lastimarlas; y colocadas en un recipiente de plástico de 20 litros, con agua del mismo estanque, se transportaron al laboratorio. Los huevos fueron retirados cuidadosamente del abdomen de la hembra y colocados en vasos de plástico de 2 litros de capacidad, con aireación vigorosa, 23 °C de temperatura, y el agua se cambió al 100% cada tercer día. Después de esta acción, las hembras fueron devueltas a su estanque de cultivo. Los huevos se mantuvieron en estas condiciones hasta que eclosionaron entre los 6 y 7 días después de que fueron retirados de la hembra. De cada hembra ovígera se tomaron los siguientes registros: longitud del cefalotórax (LC), longitud total (LT), longitud del abdomen (LA) y longitud de la quela (LQ) en milímetros, peso corporal (PT) en miligramos, número de huevos por hembra, larvas vivas eclosionadas y porcentaje de eclosión; se calculó el total de huevos, total de larvas obtenidas y porcentaje de sobrevivencia.

**Reproducción bajo condiciones experimentales.** Se seleccionaron 20 machos y 10 hembras de acocil de la generación F1 obtenida en el SCR, con peso corporal pro-

medio de 480 mg y longitud total promedio de 27.1 mm. En ese momento los acociles tenían 4 meses de edad y correspondían a talla de primera reproducción. Se utilizó un diseño experimental de bloques aleatorios con 10 repeticiones. En cada recipiente de plástico de 2 litros, se colocaron 1 hembra y 2 machos con agua libre de cloro, aireación y 3 refugios de tubo PVC. Los recipientes fueron dispuestos en una zona del laboratorio aislada, a temperatura ambiente de  $21 \pm 2.0^\circ\text{C}$  y un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Cada semana se cambió el agua al 100%, se sacaron y contaron las mudas; a las hembras ovígeras se les retiraron los huevos y se regresaron a su respectivo recipiente. Con el objeto de mantener la relación de 2 machos y 1 hembra, cuando un acocil falleció fue reemplazado por otro del mismo tamaño y sexo.

El experimento tuvo una duración de 150 días; cada 15 se registraron la longitud total y el peso corporal, y con estos datos se calcularon los siguientes indicadores de desempeño del crecimiento: *a*) incremento periódico absoluto  $\text{IPA} = \text{LF-LI} \text{ o } \text{PF-PI}$ , donde: LF = longitud final; LI = longitud inicial, PF = peso corporal final y PI = peso corporal inicial (Ricker, 1975); *b*) tasa de crecimiento relativo  $\text{TCR} = \text{LF-LI/LI} \text{ o } \text{PF-PI/PI}$  (Ricker, 1975); *c*) tasa instantánea de crecimiento  $\text{TIC} = \text{LnPF-LnPI}/t$ , donde: Ln = logaritmo natural y *t* = tiempo de cultivo (Gulland, 1971); *d*) tasa específica de crecimiento  $\text{TEC} = \text{LnPF-LnPI}/t \times 100$  (Hernández et al., 2003), y *e*) sobrevivencia (%). La temperatura del agua y el contenido de oxígeno disuelto fueron registrados diariamente a las 10:00 horas.

**Análisis estadísticos.** Los datos se capturaron en una hoja de cálculo Excel (Microsoft Office Windows, 2004) y se calculó la media aritmética como un estimador de la tendencia central, así también, la desviación estándar y el error estándar como medidas de dispersión; además, los valores máximos y mínimos, previa constatación de la normalidad distributiva (Wilk-Shapiro). El coeficiente de variación (CV) de las medias obtenidas se calculó como la desviación estándar/media  $\times 100$ . Los datos de los indicadores de desempeño biológico-reproductivos de la F1 se procesaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) de 1 vía. Se tomó como diferencia significativa entre las medias de machos y hembras una  $P \leq 0.05$ . La detección de las diferencias entre las medias se determinó mediante la prueba de Tukey HSD. Estas últimas pruebas fueron realizadas mediante el programa JMP versión 7.0 (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA).

## Resultados

**Reproducción en los estanques exteriores.** Los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos se muestran

en el Cuadro 1. La temperatura del agua presentó fluctuaciones a lo largo del periodo de cultivo, con una media de  $19.3^\circ\text{C}$ . El valor mínimo de  $11.5^\circ\text{C}$  fue registrado en el mes de enero y el máximo de  $23.5^\circ\text{C}$  en marzo. Los niveles de oxígeno disuelto se mantuvieron en promedio en 4.9 mg/l, con un mínimo de 3.3 mg/l y un máximo de 7.0 mg/l. El pH fue el parámetro más estable y presentó en promedio un valor ligeramente alcalino fluctuando entre 7.6 y 7.8. Las formas químicas del nitrógeno, se mantuvieron por debajo de los límites considerados como subletales para el acocil, el nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) por debajo de 0.5 mg/l; el nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) en 15 mg/l y el nitrógeno amoniacal total (NAT) jamás rebasó la cifra de 3.8 mg/l de acuerdo con Lee y Wickins (1992).

Los resultados del incremento del peso corporal total (PT) y la longitud total (LT) de los reproductores machos y hembras en los 4 estanques exteriores de cultivo, al final del experimento, se presentan en el Cuadro 2.

En los estanques se mantuvo un total de 219 reproductores de acocil: 144 hembras y 75 machos, permaneciendo la relación 2:1 (hembra/macho). En general, la LT y el PT fueron similares en todos los casos y al momento de su introducción la mayoría de ellos se encontraban maduros y listos para reproducirse. A lo largo de los 335 días de cultivo, se obtuvieron 136 hembras ovígeras. En la figura 1 se muestra que durante todo el periodo experimental se obtuvieron hembras ovígeras, excepto en el mes de enero del 2007; la más alta incidencia de hembras ovígeras se presentó en julio del 2007. Esta conducta coincidió con el patrón de temperatura del agua, ya que la menor presencia de hembras ovígeras se da en los meses fríos y la mayor en los meses cálidos del año. Sin embargo, casi todo el año se encuentran hembras ovígeras, excepto en enero, que correspondió al mes más frío del año.

Durante el periodo de cultivo los reproductores de acocil consumieron entre el 8 y el 10% de su biomasa total al día. El consumo semanal de alimento de los 219 reproductores fue de 131 g, con promedio individual de 0.6 g por semana. En 335 días de cultivo, el consumo total de alimento fue de 6.8 kilogramos.

En el Cuadro 3 se muestran los indicadores de desempeño reproductivo de las 136 hembras ovígeras. Cada hembra produjo en promedio  $45 \pm 23$  huevos por puesta. La longitud total promedio de las hembras fue de  $32.2 \pm 4.0$  mm, la hembra más grande alcanzó una LT de 44.4 mm y la más pequeña de 20.0 mm. La hembra con mayor peso corporal alcanzó 2700 mg y la más pequeña 550 mg. El 83.7% de los huevos eclosionaron, obteniéndose un total de 6 174 huevos y 3 162 larvas. La tasa de sobrevivencia entre huevo y larva fue de 59.8%.

**Reproducción en condiciones de laboratorio.** Durante los 150 días que duró este experimento, la temperatura

**Cuadro 1.** Resultados de los parámetros fisicoquímicos registrados en los estanques exteriores. Sistemas cerrados de recirculación (SCR)

Estanques	1			2			3			4		
	M	DE	CV	M	DE	CV	M	DE	CV	M	DE	CV
O.D. (mg/L)	4.9	1.11	22	4.9	1.08	7	4.9	1.00	20	4.9	1.00	20
Temperatura °C	19.3	3.31	17	19.3	3.31	17	19.3	3.33	17	19.3	3.33	17
pH	7.6	0.52	7	7.6	0.52	7	7.8	0.47	6	7.8	0.47	6
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.05	0.09	171	0.05	0.09	171	0.03	0.04	130	0.03	0.04	130
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2.94	3.18	108	2.94	3.18	108	2.98	3.25	109	2.99	3.25	109
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0.30	0.75	256	0.30	0.75	250	0.28	0.76	272	0.28	0.76	272

M, media; DE, desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad (CV = DE/M x 100); N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; nitrito; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; nitrato; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; nitrógeno amoniacal total.

**Cuadro 2.** Estadísticos generales por estanque (SCR) de los datos de longitud total (mm) y peso total (g) de los reproductores utilizados en la presente investigación

Estanque	1			2			3			4		
	M	H	n	M	H	n	M	H	n	M	H	n
Sexo	M	H		M	H		M	H		M	H	
n	19	45		22	46		8	13		26	40	
LT (mm)												
Media	31.5	33.7		33.9	28.7		28.8	32.7		31.3	31.3	
DE	3.09	4.16		5.56	3.1		5.12	3.82		2.78	3.81	
EE	0.71	0.62		1.18	0.54		1.80	1.06		0.54	0.60	
PT (g)												
Media	0.9	1.1		1.0	0.79		0.65	1.04		0.92	0.83	
DE	0.23	0.47		0.23	0.22		0.36	0.44		0.22	0.29	
EE	0.05	0.07		0.05	0.03		0.13	0.12		0.04	0.05	

M, macho; H, hembras; n, tamaño de muestra; LT, longitud total; PT, peso total; DE, desviación estándar; EE, error estándar.

**Cuadro 3.** Indicadores de desempeño reproductivo de 136 hembras ovígeras de acocil en sistemas cerrados de recirculación (SCR)

<i>Indicadores</i>	<i>Promedio</i>	<i>DE</i>	<i>Máx</i>	<i>Mín</i>
n	136			
LC (mm)	16.4	2.4	23	8.7
LT (mm)	32.2	4.0	44.4	20
LA (mm)	16.4	3.7	33.6	8.8
LQ (mm)	12.5	3.6	26	6.4
PT (mg)	1,083	314	2,700	550
No. huevos	45	23	148	7
Larvas	38	25	128	0
Larvas vivas	23	19	85	0
% eclosión larvas	83.7	24.6	100.0	0
Total de huevos	6,174			
Total de larvas	3,162			
Porcentaje de Supervivencia	59.8			

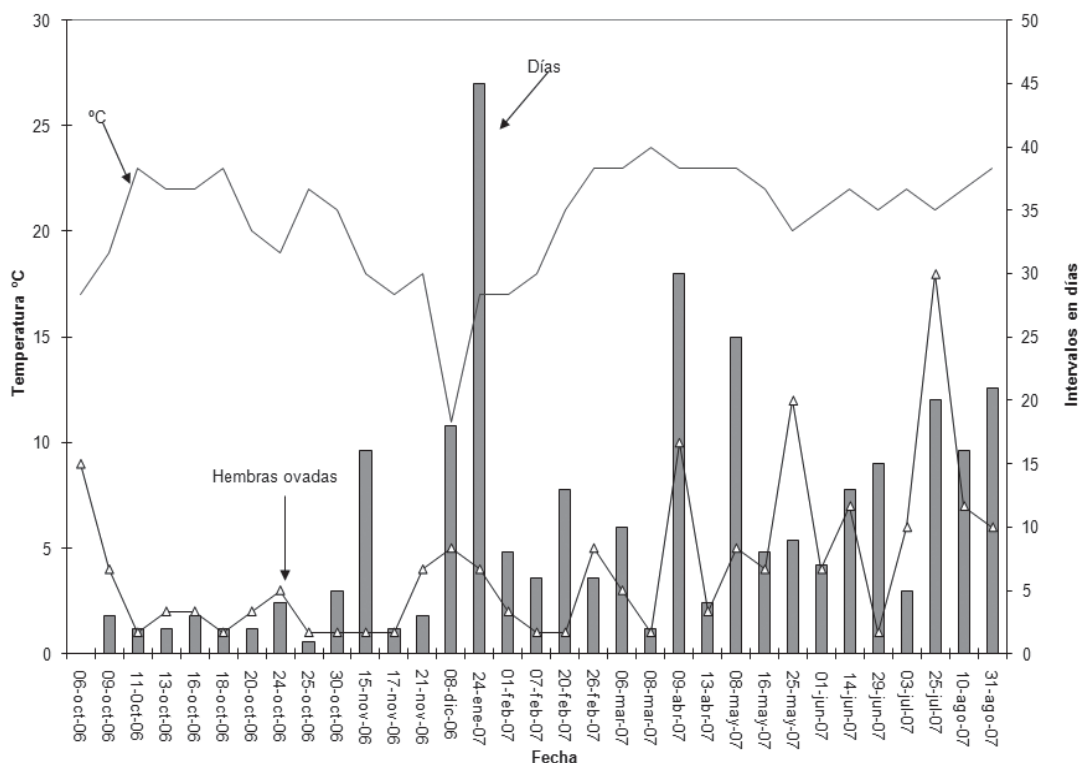
n, tamaño de muestra; DE, desviación estándar; Máx, valor máximo; Mín, valor mínimo; LC, longitud del cefalotórax; LT, longitud total; LA, longitud del abdomen; LQ, longitud de la quela; PT, peso total.

**Cuadro 4.** Indicadores de desempeño biológico-reproductivo del acocil en el experimento de 1 hembra y 2 machos en recipientes de plástico en laboratorio (RPL) de 2 litros

<i>Indicadores</i>	<i>Machos</i>	<i>Hembras</i>
n	20	10
PT inicial (g)	0.45 <sup>a</sup>	0.51 <sup>b</sup>
PT final (g)	0.69 <sup>a</sup>	0.67 <sup>a</sup>
LT inicial (mm)	24.6 <sup>a</sup>	26.9 <sup>b</sup>
LT final (mm)	28.0 <sup>a</sup>	29.5 <sup>a</sup>
IPA (g)	0.236 <sup>a</sup>	0.093 <sup>b</sup>
IPA(mm)	5.0 <sup>a</sup>	2.4 <sup>b</sup>
TRI (g)	0.55 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>
TRI (mm)	0.20 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>
TIC (g)	0.42 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>
TIC (mm)	0.18 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>
TEC (%/día)	2.5 <sup>a</sup>	2.3 <sup>b</sup>
Sobrevivencia %	45.0 <sup>a</sup>	70.0 <sup>b</sup>
Número total de huevos		343
Número de desoves		14
Número total de mudas		69

a,b Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ).

n, tamaño de muestra; PT, peso total; LT, longitud total; IPA, incremento periódico absoluto; TRI, tasa relativa de incremento; TIC, tasa instantánea de crecimiento; TEC, tasa específica de crecimiento.



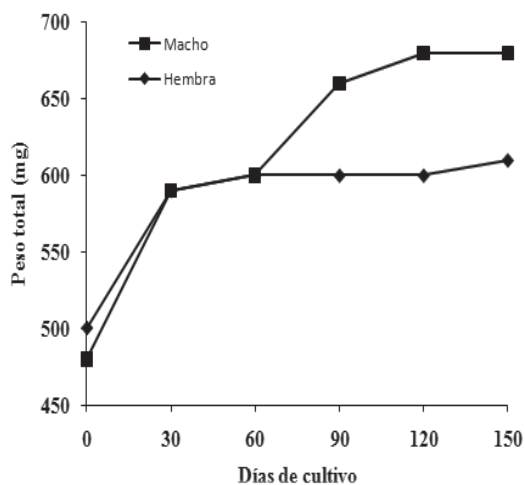
**Figura 1.** Producción de hembras ovígeras, intervalo de días sin producción de hembras ovígeras (barra) y variación de la temperatura del agua en el SCR.

del agua se mantuvo en promedio en 22°C, con un valor máximo de 25°C y un mínimo de 15.9°C. La concentración de oxígeno disuelto en el agua presentó en promedio 5.7 mg/l, con un máximo de 6.8 mg/l y un mínimo de 4.3 mg/l.

El consumo de alimento de los reproductores fue bajo; el individual fue de 0.16 g/día. Esta cantidad fue suficiente para mantener una buena tasa de crecimiento y reproducción. Las hembras por lo general permanecieron casi todo el tiempo en su refugio, dejando este espacio sólo para tomar un pienso y regresar inmediatamente. En el caso de los machos, prefirieron consumir el alimento en el lugar donde fue depositado y después de esta acción regresaron a su refugio.

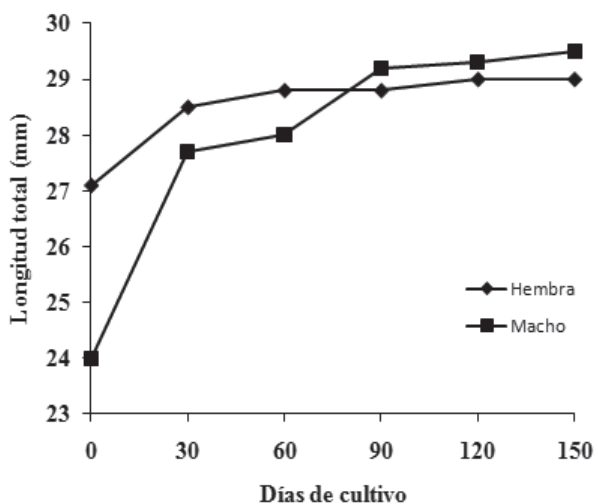
Durante el periodo experimental, los machos mostraron mayor ganancia en peso a partir de los 60 días de cultivo, existiendo al final del experimento diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre éstos y las hembras (Fig. 2).

A pesar de que al inicio las hembras presentaron mayor longitud total que los machos, éstos rebasaron a las hembras a partir de los 90 días (Fig. 3).

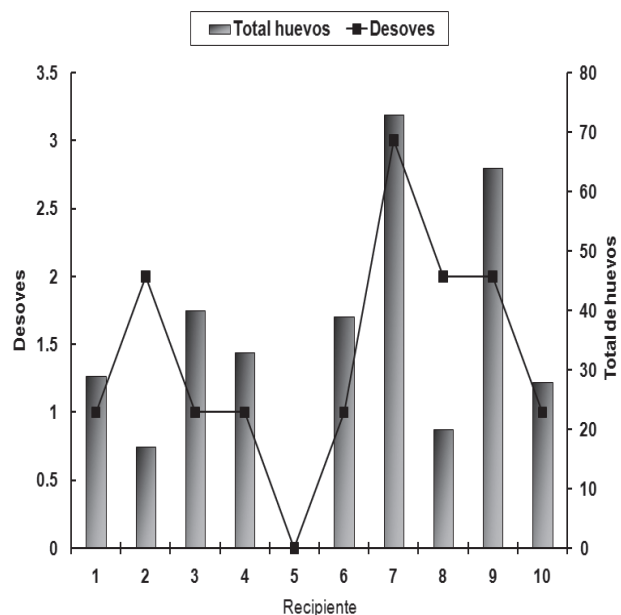


**Figura 2.** Tendencia del crecimiento del peso corporal de las hembras y machos de acocil durante el periodo experimental en RPL.





**Figura 3.** Tendencia del crecimiento de la longitud total de las hembras y machos de acocil, durante el periodo experimental en RPL.



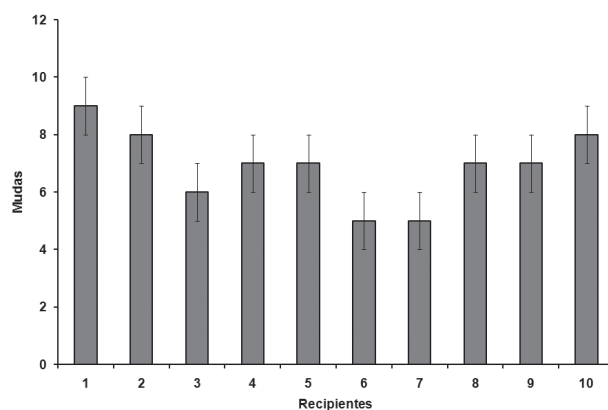
**Figura 4.** Puestas y total de huevos producidos por las hembras en cada uno de los RPL.

Las hembras presentaron al menos una puesta durante el periodo experimental, con excepción de la hembra 5. La hembra 7 registró 3 puestas y mayor cantidad de huevos comparado con las otras. La producción de huevos fue variable obteniéndose un mínimo de 13 y un máximo de 73, con un promedio de 34 huevos por hembra (Fig. 4). Los acociles presentaron un total de 69 mudas, con un mínimo de 5 y un máximo de 9 (Fig. 5).

En el Cuadro 4 se presentan los indicadores del desempeño reproductivo registrados en este experimento. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre machos y hembras en el peso corporal total (PT), longitud total inicial (LT), incremento periódico absoluto (IPA), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa instantánea de crecimiento (TIC) y tasa específica de crecimiento (TEC). En general, la tendencia de crecimiento de los machos fue más grande que la de las hembras, a pesar de que al inicio del experimento las hembras tenían mayor longitud total (LT) y mayor peso corporal (PT).

### Discusión

**Reproducción en estanques exteriores.** Los resultados obtenidos en este trabajo indicaron que el acocil *C. (C.) montezumae* se adapta fácilmente a las condiciones de cultivo en los SCR. Estos sistemas conservaron la calidad del agua en niveles aceptables para el mantenimiento de



**Figura 5.** Número de mudas por recipiente colectadas a lo largo del periodo experimental en RPL.

los reproductores, sin que se notara un efecto negativo sobre ellos. En los cuerpos de agua lacustre de la Cuenca de México, la temperatura del agua alcanza en promedio 20°C. En 3 presas del estado de Tlaxcala donde habita esta especie, Pérez-Rodríguez et al. (1998) registraron un promedio de temperatura del agua de 18°C, con un mínimo de 10°C en el invierno y un máximo de 25°C en el verano. Por otra parte, Rodríguez-Serna y Carmona-Osalde (2002) demostraron que esta especie presenta una elevada tasa de ingestión y mayor eficiencia de consumo de alimento

a los 17°C; este resultado refuerza la idea de que la especie prefiere temperaturas del agua por debajo de los 20°C. En el caso presente, a lo largo de 335 días de cultivo en los SCR, la temperatura del agua se ajustó a las condiciones climáticas de la ciudad de México; así, el valor mínimo registrado fue de 11.5°C en el mes de enero y el máximo de 23.5°C en el mes de marzo, valores similares a los registrados en los canales de Xochimilco durante la época cálida y la fría del año (Soto et al., inédito).

Pérez-Rodríguez et al. (1998) también registraron valores de oxígeno disuelto (OD) de 5.0 a 7.5 mg/l. El promedio de OD en los estanques exteriores fue de 4.9 mg/l, presentando ligeras fluctuaciones a lo largo del periodo experimental con valor mínimo de 3.3 mg/l. El pH del agua donde habitan los acociles fluctúa entre 7.6 y 8.5, con tendencia alcalina y elevada capacidad amortiguadora. Álvarez y Rangel (2007) informan que la calidad del agua en los canales de Xochimilco presenta drásticas fluctuaciones, debido a la contaminación crónica de este sistema lacustre; no obstante, al parecer, hasta el momento no se observa un efecto negativo sobre la sobrevivencia, la tasa de crecimiento y la reproducción del acocil *C. (C.) montezumae*. Los estudios realizados durante el periodo de 1995 a 2003 en este cuerpo de agua indican que los valores de amoníaco (NH<sub>3</sub>) fluctúan de manera drástica a lo largo del tiempo de 0.04 a 5.46 mg/l; el nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) de 0.01 a 1.26 mg/l y el nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de 0.08 a 79.40 mg/l (Soto et al., inédito). Los valores extremos encontrados se consideran letales para la sobrevivencia del acocil y de otras especies de organismos acuáticos (Lee y Wickins, 1992). Estas evidencias muestran que los acociles que habitan en los canales de Xochimilco se encuentran sujetos a un constante estrés fisiológico, y para evitar esta condición se mueven constantemente de un sitio a otro, buscando áreas con mejor calidad del agua, lo que provoca más desgaste metabólico y están sujetos a mayor depredación. Una clara ventaja al adaptarlos y cultivarlos en SCR, es que la calidad del agua se mantiene en óptimas condiciones, mejorando el estado de salud de los acociles, lo que permite el manejo adecuado de su gasto energético y por lo tanto mejor y más equilibrado gasto metabólico, lo que ayuda a lograr mayor sobrevivencia, una tasa de crecimiento adecuada y reproducción constante.

Existen registros que indican que en su medio natural las hembras generalmente son más grandes que los machos (Villalobos, 1955; Pérez-Rodríguez et al., 1998; Álvarez y Rangel, 2007). En la presente investigación, los resultados coinciden en que las hembras fueron más grandes que los machos; sin embargo, los machos alcanzaron un peso corporal mayor.

El acocil *C. (C.) montezumae* puede reproducirse casi todo el año, a excepción del mes de enero, que es cuando

se registró la temperatura más baja. Al respecto, algunos investigadores coinciden con esta observación (Moctezuma, 1996; Pérez-Rodríguez et al., 1998). También, se encontró que el número promedio de huevos por hembra fue de 45, con un mínimo de 7 y un máximo de 148; las hembras de menor talla produjeron un menor número de huevos y las grandes una cantidad mayor. Si comparamos estos datos con los registrados por otros autores, encontramos que en general el número de huevos por hembra fue mayor en este ensayo (Pérez-Rodríguez et al., 1998; Álvarez y Rangel, 2007). Estas diferencias obedecen principalmente a que las condiciones experimentales favorecieron marcadamente la producción de huevos por hembra, ya que durante todo el tiempo de cultivo se mantuvo una buena calidad del agua, alimentación constante con altos niveles de proteína digerible y suficientes refugios para evitar el canibalismo. La cantidad total de huevos y su sobrevivencia varían de acuerdo con las condiciones del hábitat; por ejemplo, cuando las hembras ovígeras se transportan de su medio natural a uno de cultivo, los huevos presentan mortalidad más alta que la que se obtiene en condiciones controladas. Esta situación se relaciona con los cambios drásticos del ambiente, los efectos mecánicos de la transportación y el estrés. Cuando las hembras se adaptan al estado de cautiverio, en un tiempo breve producen mayor cantidad de huevos que en su ambiente natural.

El acocil *C. (C.) montezumae* es una especie considerada omnívora y oportunista que consume diversos alimentos, como detritus, vegetales y restos de animales, aparte de ser un activo depredador (Moctezuma, 1996; Pérez-Rodríguez et al., 1988; Latournerié y Román, 2006). Debido a estos hábitos se adapta fácilmente al alimento balanceado, como es el caso de la Camaronina 25, la cual ha sido probada con éxito en cultivos intensivos y que permite que los acociles mantengan buen estado de salud, crecimiento aceptable, sobrevivencia y reproducción adecuadas, aún con pequeñas cantidades de alimento.

*Reproducción en condiciones experimentales.* A lo largo del periodo experimental, los machos crecieron más rápidamente que las hembras y se registraron diferencias significativas entre ellos ( $P \leq 0.05$ ), sobre todo en los indicadores del desempeño del crecimiento como el IPA, TRI, TIC y TEC. Los machos mudaron más veces que las hembras, razón por la cual fueron más vulnerables y esto se reflejó en la sobrevivencia, ya que las hembras estuvieron menos expuestas, debido a que la mayor parte del tiempo permanecen dentro del refugio. Es posible que esta misma condición se presente en la naturaleza y es la razón por la que las hembras alcanzan tallas mayores.

A lo largo de 150 días que duró el experimento se observó que el número de huevos por hembra fue variable, a pesar de que tenían la misma edad y provenían de una



sola cohorte. En condiciones naturales se han registrado máximos de 120 a 124 huevos por hembra (Moctezuma, 1996 y Pérez-Rodríguez et al., 1988). En condiciones controladas, Huerta (2006) obtuvo un promedio de 48 huevos por hembra, con acociles de edad y talla similar. En este experimento, el promedio fue de 34 huevos en 14 desoves. Estos datos indican que las hembras jóvenes y en primera etapa de reproducción ovodepositan pocos huevos en comparación con las hembras grandes, no obstante, la reproducción es constante después de los 4 meses de edad, que es el tiempo que tardan en madurar. Ligado de manera estrecha a la ovoposición, las hembras mudan, ya que este proceso es necesario para la fecundación y la liberación de los huevos (Bernabe, 1996). El proceso fisiológico de la muda permite eliminar el viejo exoesqueleto y propiciar el crecimiento del organismo, no obstante durante esta etapa los acociles son más vulnerables. Esta situación se observó durante el experimento, ya que durante la muda, el macho fue atacado por el otro macho y por este motivo la sobrevivencia disminuyó al 45%. Guillaume et al. (2004) señalan que los acociles presentan un elevado potencial reproductivo por su constante producción de huevos, lo cual quedó demostrado en la presente investigación. Es interesante señalar que cuando a una hembra ovígera se le remueven los huevos y se regresa al lugar de cultivo, en un periodo de 5 a 9 días, la hembra muda, se fecunda y ovodeposita, dato que refuerza el potencial reproductivo del acocil (Huerta, 2006).

### Agradecimientos

Al Consejo Divisional de la División de CBS, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa por el apoyo económico recibido.

### Literatura citada

- Álvarez, F. A. y R. Rangel. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustácea: Decápoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:431-437.
- Bernabé, G. 1996. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Acribia, Zaragoza. 237 p.
- Cantú, L.L. 1959. Contribución al conocimiento de la embriología de una especie de acocil *Cambarellus montezumae* (Sauss.), Crustácea Decápoda. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 37 p.
- Cornejo, R.A. 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae*, Saussure y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 50 p.
- Guillaume, J., P. Kaushik, P. Bergot y R. Metailier. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Mundi-Prensa, Madrid/Barcelona/ México, D.F. 471 p.
- Gulland, J. 1971. Ecological aspects of fisheries research. *Advances in Ecological Research* 7:115-176.
- Hernández, V. M., B. D. Rouse, M. A. Olvera-Novoa y 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.
- Huerta, C. S. 2006. Estudio sobre el crecimiento y ciclo de vida de *Cambarellus montezumae montezumae* (Saussure, 1857) de los canales de Xochimilco, México, D.F. Servicio Social, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, D.F. 52 p.
- Latournerié, C. J. y J. Román. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. *Revista Electrónica de Veterinaria RDVET* 7:1-11.
- Lee, D.O.C. y J. F. Wickins. 1992. *Crustacean farming*. Halsted Press: an imprint of John Wiley, New York, 392 p.
- Maldonado, R. J. 1990. Respuesta del estrés térmico del acocil *Cambarellus montezumae* Saussure. Comparación de métodos. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 74 p.
- Moctezuma, M. A. 1996. Bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Colima. 85 p.
- Pérez-Rodríguez, R. A., A. Malpica-Sánchez y F. Arana-Magallón. 1998. Cambáridos de tres embalses del Estado de Tlaxcala, México (Crustacea: Decapoda). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 48:1-13.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin* 191.
- Rodríguez-Serna, M. y 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.
- Rosas, M. M. 1976. Datos biológicos sobre el acocil del lago de Pátzcuaro (*Cambarellus montezumae patzcuarensis*). *In* Memorias de Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales, vol. I, 3-5 de noviembre, 1976, Subsecretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. p. 40-63.
- Villalobos, J. L., Cantú, A. y E. Lira. 1993. Los crustáceos de agua dulce de México. *In* Diversidad biológica en México, R. Gío-Argaez y E. López-Ochoterena (eds.). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, Volumen Especial* 44: 267-290 (CONABIO/ SEP/

- ENEP-IZTACALA, UNAM/, ICMYL, UNAM/ UAM-Iztapalapa).
- Villalobos, F.A. 1943. *Cambarellus montezumae patzcuarensis*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 14:607-611.
- Villalobos, F.A. 1955. Cambarinos de la fauna mexicana: Crustácea Decápoda. Tesis Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 290 p.