




# Influencia de la alimentación sobre la reproducción y crecimiento del acocil regio (*Procambarus regiomontanus*), especie en peligro de extinción

JESÚS MONTEMAYOR LEAL\*, ROBERTO MENDOZA ALFARO\*,  
CARLOS AGUILERA GONZÁLEZ\*, GABINO RODRÍGUEZ ALMARAZ\*

 El acocil (*Procambarus regiomontanus*) es endémico del estado de Nuevo León y fue descubierto en un manantial de la ciudad de Monterrey, N. L., México;<sup>1</sup> sin embargo, la localidad tipo desapareció, así como otras áreas reportadas posteriormente.<sup>2</sup> La disminución de sus poblaciones se vio reflejada a partir de 1985, cuando el porcentaje de población de una especie exótica, *P. clarkii*, era de 2%, comparado con 98% de la especie nativa. Durante 1987-1989, se observó que la población de la especie exótica se había incrementado espectacularmente a lo largo del Río San Juan, decreció de manera simultánea la población de *P. regiomontanus*, y ya para 1992, la cantidad de *P. clarkii* representaba de 95 a 100% en todo el estado de Nuevo León.<sup>3</sup> En la actualidad, *P. regiomontanus* se encuentra en peligro de extinción (NOM-059-ECOL-2001), al haber desaparecido de la mayoría de sus hábitats originales, ya que sólo existe una población natural en el Parque Nacional El Sabinal y sus alrededores, en

Cerralvo, N.L., a 100 km del área metropolitana de Monterrey. El Parque Nacional El Sabinal, incluido en Las Áreas Naturales Protegidas del País, es el más pequeño con sólo 7.23 ha, y está destinado a la protección del sabino (*Taxodium macronatum*); sin embargo, esta acción ha favorecido la sobrevivencia del acocil regio.

El establecimiento de especies no nativas (exóticas) ha venido incrementándose en todo el mundo. Un pequeño porcentaje de especies exóticas causan notorios cambios ecológicos, e incluyen la extinción de especies nativas y cambios en la estructura de la comunidad y función del ecosistema.<sup>4,5</sup> La introducción del acocil rojo (*P. clarkii*) ha ocasionado un impacto ecológico de magnitudes considerables en los diversos ecosistemas acuáticos donde reside.<sup>6</sup>

Dentro del contexto regional, esta especie ha originado un gran impacto ecológico, particularmente en el centro del estado de Nuevo León, ya

\*Facultad de Ciencias Biológicas

que ha venido desplazando a la especie nativa, *Procambarus regiomontanus*, por lo que sus poblaciones se han visto mermadas, al grado de estar considerada como una especie en peligro de extinción.

El objetivo principal de este trabajo es conocer la influencia de la alimentación sobre la reproducción y crecimiento de la especie nativa, con miras a implementar un plan de recuperación del acocil regio, con base en la obtención de ejemplares que puedan ser reintroducidos en sus hábitats originales, para evitar la extinción de la especie.

## Material y métodos

### Influencia del alimento sobre la reproducción

Los organismos adultos utilizados se obtuvieron mediante la reproducción en cautiverio en el Laboratorio de Ecofisiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Se colocaron en piletas de fibra de vidrio de 2.4 X 0.7 X 0.3 m de profundidad, las cuales poseen un sistema de filtración y recirculación de agua para mantener las condiciones fisicoquímicas dentro de los rangos aceptables para el mantenimiento de esta especie. Además, en cada pileta se colocaron tubos de PVC que se utilizan como refugio por los organismos.<sup>7</sup>

Los ejemplares se separaron en cuatro piletas, con tres parejas para cada tratamiento. Se registró el peso y la longitud con la intención de distribuirlos, homogéneamente, entre los tratamientos.

Se alimentó a los acociles con cuatro distintas dietas de proteína animal y vegetal, que consistían en hígado de res, calamar, alimento formulado peletizado (camaronina, purina) y plantas semiacuáticas (berros). La distribución de las dietas en las diferentes piletas se hizo al azar, y el alimento se proporcionó diariamente en una ración de 3% de la biomasa total, a excepción del berro, ya que éste estaba siempre presente.

Las hembras que presentaban desoves fueron separadas de los demás ejemplares, y colocadas en acuarios con capacidad de 20 litros, suministrándoles aire para mantener el oxígeno, además de propor-

cionarles tubos de PVC, en que se podían refugiar hasta el momento de la eclosión de los huevecillos.

Al ocurrir la eclosión de los huevecillos, la hembra se mantuvo en el acuario por un tiempo aproximado a los 20 días. Una vez que las crías alcanzaban el tercer instar y se separaban de la madre, se contaban y se registraban, con relación al tratamiento y peso y talla de la hembra. Los tratamientos se compararon estadísticamente mediante la prueba de Kruskal-Wallis, y se aplicó un análisis de correlación para relacionar el número de crías sobrevivientes y el peso y longitud de las madres.

### Desarrollo embrio y postembrionario

En otro bioensayo, y con diez parejas de organismos adultos, se propició la reproducción con la finalidad de obtener huevecillos para analizar el desarrollo embriológico de la especie. Se obtuvieron huevecillos de las hembras a diferentes tiempos de incubación, desde el desove hasta la eclosión, con lapsos de 24 horas. Los huevecillos se midieron y fotografiaron para observar su desarrollo, estimando el valor de 0%, en la escala de desarrollo, cuando los ovocitos están presentes, y de 100% al momento de la eclosión.<sup>8</sup>

Los embriones fueron observados con un estereomicroscopio Leica MS 5 y fotografiados con una cámara digital Fujifilm S-1000. Por ser una especie en peligro de extinción, los huevecillos separados de la hembra para su observación siguieron su proceso de incubación en pequeños recipientes con agua limpia. Se determinó el periodo de incubación como el tiempo que tardan en eclosionar los huevecillos. Después de la eclosión, los cambios que presentaban las crías se registraron y fotografiaron hasta que alcanzaron los dos centímetros de longitud total.

### Crecimiento

Con 150 organismos obtenidos mediante la reproducción (peso promedio de 210 mg), se colo-

caron en quince acuarios con oxigenación continua, y se alimentaron con distintas dietas las cuales consistieron en: 1) microalgas (M, cultivo de *Chlorella* sp. de agua dulce), 2) zooplancton (Z, pulgas de agua), 3) alimento comercial formulado (AF), 4) berro (B), 5) una combinación de estos dos últimos (AF + B). Los ejemplares fueron medidos y pesados cada catorce días y se registró la sobrevivencia para cada uno de los tratamientos utilizados. Los parámetros de calidad del agua, como oxígeno y temperatura, se midieron diariamente, mientras que el pH, nitritos, nitratos y amonio se determinaron cada semana.

Para cada uno de los tratamientos, se distribuyeron diez ejemplares con tres repeticiones por cada tratamiento. Los acuarios contenían agua libre de cloro y se les suministraba aire a través de un compresor, con la finalidad de mantener el oxígeno en concentraciones adecuadas. Además, diariamente se extraían las heces, y se realizaba un cambio de agua de aproximadamente 30% del volumen total.

El objetivo de este bioensayo fue determinar qué tipo de alimento es el más adecuado en las primeras etapas de crecimiento de las larvas. Para la comparación de los tratamientos, se utilizó un análisis de varianza y una comparación de medias por el método de Tuckey.

Cabe señalar que las microalgas (*Chlorella* sp) se obtuvieron de un cultivo continuo, desarrollado en el Laboratorio de Ecofisiología, con el medio de cultivo Guillard, <sup>9</sup> y se suministró a las crías cuando su densidad alcanzó más de  $20 \times 10^6$  células por ml.

Igualmente, el cultivo de zooplancton (pulgas y copépodos) se desarrolló en las piletas de fibra de vidrio fertilizadas con lechuga y microalgas.

### Bioensayo de competencia contra *Procambarus clarkii*

Se realizó un bioensayo de competencia entre *P. regiomontanus* y *P. clarkii*, con la finalidad de observar las diferencias que presentan estas espe-

cies, en cuanto a sobrevivencia y crecimiento. Para esto se colocaron diez organismos de cada especie en piletas de 170 cm de diámetro y 40 cm de altura, por un periodo de 70 días. Como control se utilizaron piletas con una sola especie. La alimentación se restringió a un poco de alimento formulado, y sólo algunos tubos de PVC se colocaron en las piletas para refugio de los animales. Se registraron los pesos iniciales y finales de los organismos, los parámetros fisicoquímicos del agua y la mortalidad que se presentó para cada especie. Los resultados de sobrevivencia y ganancia de peso de los diferentes tratamientos se analizaron mediante un ANOVA.

## Resultados

### Influencia del alimento sobre la reproducción

Los parámetros de calidad del agua, como oxígeno ( $> 5$  ppm) y temperatura (23-29°C), se midieron diariamente; pH (7,8-8,1), nitritos ( $< 0,01$  ppm), nitratos ( $< 0,1$  ppm), amonio ( $< 0,1$  ppm) y dureza total (150-160 mg/l) se determinaron cada semana.

Se observó que la totalidad de las hembras alimentadas con calamar y con hígado de res presentaron desoves, probablemente debido al alto contenido de proteína animal. Dos de las hembras alimentadas con alimento formulado y con berro también desovaron. El promedio de sobrevivencia registrado hasta el tercer instar fue de 88 crías, con un mínimo de 45 y un máximo de 136 (tabla I).

Mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se determinó que hay diferencias significativas entre los tratamientos con relación al número de crías sobrevivientes al tercer instar. También se realizó un análisis para conocer el grado de correlación entre el número de crías sobrevivientes al tercer instar y la longitud y el peso de la hembra, y se observó un coeficiente de correlación muy bajo, 0.28236 para peso y 0.46201 para talla. Lo anterior, debido a que en la sobrevivencia de las crías

Tabla I. Datos de las hembras de *P. regiomontanus* que desovaron durante la realización de este proyecto (Berr=berro; AL FO = alimento formulado; HR = hígado de res; CAL= calamar; # = número de crías sobrevivientes al tercer instar).

Numero de desove	No. Trat	Trat	Peso (gr)	Long. Caparazón (cm)	Long. Total (cm)	#
1	4	BERR	13.62	2.9	6.6	45
2	3	AL FO	10.11	2.5	5.2	48
3	1	CAL	9.79	2.6	6.9	84
4	1	CAL	11.77	3.4	6.7	109
5	2	HR	13.45	3.8	7.3	77
6	1	CAL	14.12	3.9	7.6	136
7	4	BERR	6.84	2.5	5.1	83
8	2	HR	9.43	2.8	5.9	96
9	2	HR	10.72	2.7	6.5	118
10	3	AL FO	14.63	3.7	7.6	92

actúan diversos factores como la calidad del huevo, el porcentaje de fertilización y el cuidado de las hembras hacia su progenie. No se determinó el índice gonadosomático, porque es un método invasivo que involucra el sacrificio de los ejemplares.

### Desarrollo embrio y posembriionario

El diámetro observado en los huevecillos fue de 1,9 mm, el cual se mantuvo constante hasta el momento de la eclosión.

Inmediatamente después del desove, los ovocitos permanecen esféricos con color café-rojizo, y no se observa ningún signo de segmentación. El corion se torna muy adhesivo, y luego adquiere una consistencia fibrosa resistente que mantiene unidos a los huevos entre sí, y a la vez a las sedas de los pleópodos de la hembra.

Después de 24 horas (11% de desarrollo a 29°C), los ovocitos muestran una clara división celular, y el color se torna café-anaranjado, sin cambiar el tamaño del mismo.

A 22% de su desarrollo se visualizan los primeros apéndices rudimentarios del embrión, siendo éstos de color claro, mientras que la parte que conformará el cefalotórax presenta un color rojo. Cuando alcanzan 33% del desarrollo, los apéndices de color claro equivalen, aproximadamente, a 20% del total del huevo. A 44% del desarrollo, los ovocitos se caracterizan porque los apéndices ganan volumen, y por la aparición de la pigmentación del ojo, como una pequeña mancha de color negro en la región media anterior del embrión.

Cuando los ovocitos alcanzan 77% de su desarrollo, el cefalotórax y los apéndices ocupan volúmenes similares; la pigmentación negra del ojo aumenta de tamaño. A 100% de su desarrollo, se produce una cría o juvenil temprano. Se inicia la eclosión con movimientos lentos y continuos de los apéndices bucales de la larva, seguidos de estiramientos y agitación general del cuerpo. El telson se proyecta hacia fuera, hasta que se produce la ruptura de las membranas del huevo. Durante todo el proceso de eclosión, que dura aproximadamente 20 minutos para cada huevo, la hembra mueve los pleópodos para dispersar las larvas del huevo, e inmediatamente después los recoge entre sus pleópodos (figura 1).

Las larvas recién eclosionadas se alimentan de vitelo, y permanecen unidas a la membrana del huevecillo mediante un hilo membranoso que se pierde después de varios días. Este primer estadio presenta un cefalotórax engrosado y redondeado, el rostro está plegado hacia la parte inferior, la cola en forma redondeada y oval sin urópodos, el cuerpo es transparente, los ojos grandes y sésiles, las quelas son delgadas, y no poseen ni el primer ni el sexto par de apéndices abdominales.

En el primero y segundo estadio, uno y cuatro días después de la eclosión (1 DDE y 4 DDE,

respectivamente), las larvas permanecen adheridas a los pleópodos maternos, y sólo hasta el tercer estadio (10 DDE) los organismos se liberan, y comienza el consumo de alimento. Al cuarto instar (13 DDE), las crías presentan una apariencia de juveniles, con una anatomía similar a la de los adultos.

La longitud total de las larvas recién eclosionadas es aproximadamente de 7 mm, y alcanzan los 19 mm, 22 días después (figura 2).

Los parámetros de calidad del agua como oxígeno (> 5 ppm) y temperatura (23-31°C) se midieron diariamente; pH (7.8-8.1), nitritos (< 0.01 ppm), nitratos (< .1 ppm) y amonio (<0.1 ppm) se determinaron cada semana. El peso inicial (P1) de los organismos utilizados en todos los tratamientos y repeticiones no presentó diferencia sig-

nificativa entre éstos (ANOVA F= 0.544 y 0.866, respectivamente, P< 0.05,).

En la primera medición, después de catorce días (P2), se observó que los tratamientos presentaron una diferencia significativa entre sí, siendo el tratamiento con alimento formulado y éste más berro los que presentaron mayor crecimiento que los tratamientos de berro, zooplankton y microalgas, sin diferencias significativas entre éstos.

A los 28 días (P3) se observaron las mismas tendencias, diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el alimento formulado y la combinación de éste con berro los que presentaron mayor crecimiento, seguido por el resto de los tratamientos, sin diferencia estadística significativa entre éstos.

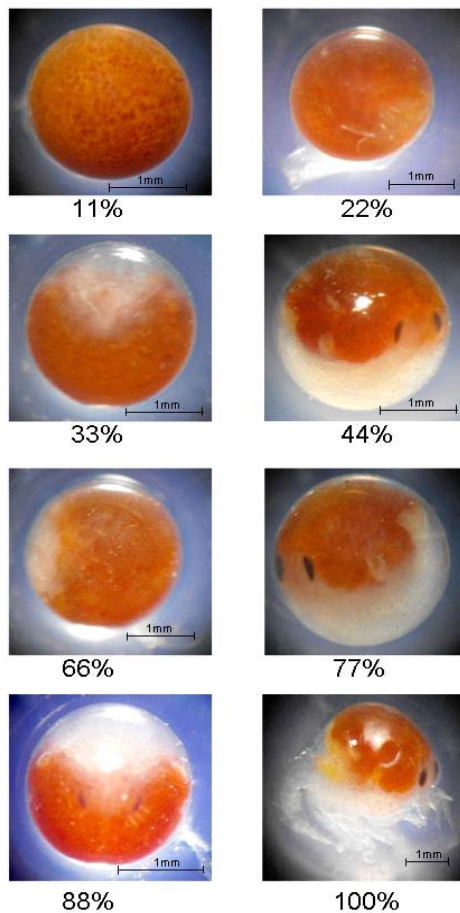


Fig. 1. Desarrollo embriológico de *P. regiomontanus*.

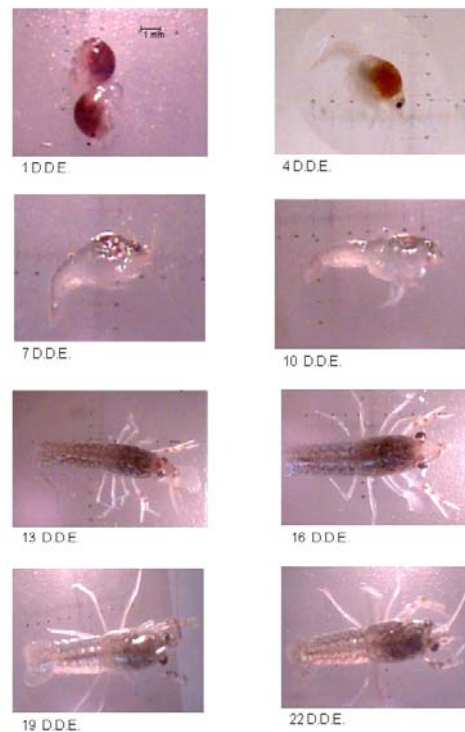


Fig. 2. Desarrollo posembriionario de *P. regiomontanus*, desde la eclosión a los 22 días de desarrollo (DDE=días después de la eclosión).

A los 42 días de bioensayo (P4), también se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, y el alimento formulado presentó mayor crecimiento, seguido por el alimento formulado más berro, el zooplancton, el berro y las microalgas.

En la última medición, a los 56 días (T5), se observó, al igual que en las mediciones anteriores, una diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el alimento formulado y su combinación con el berro, los tratamientos que presentaron mayor crecimiento, seguidos por los tratamientos de zooplancton, microalgas y berro, sin diferencia significativa entre estos últimos (figura 3).

### Competencia

En la tabla II se presentan los resultados obtenidos en el bioensayo de competencia, entre *P. regiomontanus*, especie endémica, y *P. clarkii*, especie exótica. Se observa que, durante los 70 días del bioensayo, hay diferencia significativa en la ganancia de peso a favor de *P. clarkii*, no así en el porcentaje de sobrevivencia.

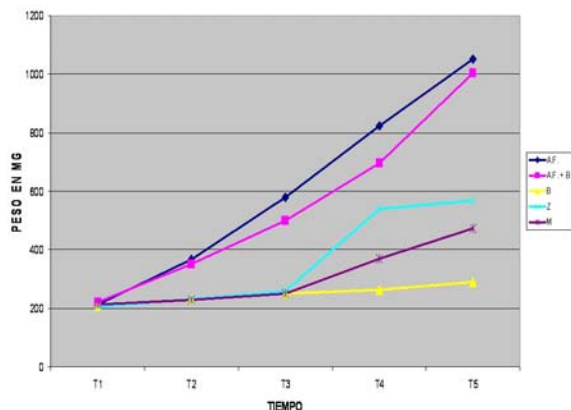


Fig. 3. Curva de crecimiento de *P. regiomontanus* (AF=alimento formulado, AF+B=alimento formulado y berro, B=berro, Z=zooplancton, M=microalgas).

Tabla II. Resultados del bioensayo de competencia. Se muestran los pesos iniciales y finales de ambas especies, así como la ganancia de peso por día y el porcentaje de sobrevivencia (Trat = tratamiento).

Trat	Peso inicial		Peso final	
	<i>clarkii</i>	<i>regio</i>	<i>clarkii</i>	<i>regio</i>
1	0.505	0.574	10.27	7.89
2	0.506	0.566	10.34	7.91
3	1.397	1.538	14.20	13.42
Control <i>clarkii</i>	0.496	--	16.30	--
Control <i>regio</i>	--	0.390	--	13.52
		Ganancia de peso/día		sobrevivencia
Trat	<i>clarkii</i>	<i>regio</i>	<i>clarkii</i>	<i>regio</i>
1	0.122	0.0914	70%	70%
2	0.123	0.0919	50%	60%
3	0.1600	0.1485	70%	70%
Control <i>clarkii</i>	0.1975	--	80%	--
Control <i>regio</i>	--	0.1641	--	90%

### Discusión y conclusiones

El comportamiento copulatorio desarrollado por los ejemplares de *P. regiomontanus* es similar al descrito para *P. clarkii*.<sup>11,12</sup> Se observa que los machos utilizan sus quelípedos para sujetar fuertemente a las hembras, las hacen girar para colocarlas sobre su dorso, y tienen la posibilidad de transferir el espermátforo al receptáculo seminal. La única diferencia que estos mismos autores señalan que el tiempo de cópula puede durar de hora a una hora y media, pero con *P. regiomontanus* se observaron cópulas de más de dos horas de actividad. Durante la incubación se observó que las hembras mantienen la circulación del agua entre los huevecillos mediante el movimiento de sus pleópodos, lo cual es similar a lo reportado para *P. clarkii*.<sup>13</sup>

La totalidad de los desoves se presentó entre los meses de octubre y diciembre, lo que concuerda con lo reportado para *Cambarellus montezumae*<sup>14</sup> en el río San Juan, en Querétaro, México. De igual manera, se han reportado desoves de *P. simulans regiomontanus* en los meses de septiembre a noviembre.<sup>2</sup> Contrariamente, *Procambarus clarkii*, en el estado de Louisiana, USA, presenta un mayor número de desoves entre los meses de junio a octubre.<sup>15</sup>

Los alimentos que presentaron una mayor influencia en la reproducción fueron el calamar y el hígado de res, debido a las altas proporciones de proteína animal.

El tiempo de incubación de los ovocitos de *P. regiomontanus* se relaciona inversamente con la temperatura, similar a lo que sucede con *P. clarkii*<sup>16</sup> y *P. simulans regiomontanus*.<sup>2</sup> En esta investigación se registró un tiempo de incubación que varía de diez días a 29°C, a 19 días a 22°C.

Se ha determinado que el tamaño de los ovocitos en *P. clarkii* varía de 1.6 a 2 mm,<sup>17</sup> mientras que en *P. regiomontanus* los ovocitos miden 1.9 mm, y el tamaño no varía durante su desarrollo, a diferencia de lo reportado para *Macrobrachium olfersi*,<sup>17</sup> para cuatro especies de palaemonidos (*Macrobrachium olfersi*, *M. potiuna*, *Palaemon pandaliformes* y *P. argentinus*)<sup>18</sup> y para *Palaemon adpersus* y *P. elegans*<sup>19</sup>, en los que el tamaño de los ovocitos aumenta durante su desarrollo y cambian de forma.

El desarrollo embrio y postembrionario se ha estudiado en varias especies de crustáceos decápodos como: *Rhynchocinetes typus*,<sup>20</sup> *Macrobrachium totonacum*,<sup>21</sup> *Palaemon pandaliformis*, *Palaemonetes argentinus*, *Macrobrachium olfersi* y *M. potiuna*<sup>17,18,22,24</sup> *Palaemon adpersus*, *P. elegans* y *Crangon crangon*,<sup>19</sup> *Goniopsis pulchra* y *Aratus pisonii*,<sup>25</sup> *Cryphiops caementarius*,<sup>26</sup> *Procambarus llamasii*.<sup>27</sup> Las fases observadas en *P. regiomontanus* son similares a las reportadas para un decapado astácido partenogenético, relacionado filogenéticamente con el género *Procambarus*.<sup>28,29</sup>

Los resultados obtenidos en el bioensayo de

crecimiento muestran que *P. regiomontanus* presenta una buena tasa de crecimiento con el alimento formulado, la cual puede incluso compararse con la que presentan especies comerciales como *P. clarkii*<sup>30</sup> y *P. aztecas*.<sup>31</sup> El alimento vegetal fresco (berro) fue el tratamiento con el cual los ejemplares presentaron menor crecimiento, quizás debido a que no fue enriquecido microbiológicamente.<sup>32</sup>

Los resultados del bioensayo de competencia nos indican que no se observaron diferencias significativas en la sobrevivencia de las especies, sólo una mayor ganancia de peso por parte de *P. clarkii*, aunque se debe considerar que los ejemplares de esta especie utilizados en el bioensayo fueron obtenidos mediante la reproducción en cautiverio y estaban libres de parásitos, sobre todo de aphanomicosis producido por el hongo *Aphanomyces astaci*, que ha sido reportado como causante de mortalidades en especies endémicas de países europeos.<sup>33-35</sup> De manera similar, se ha registrado que no hay diferencia en sobrevivencia cuando compiten *P. clarkii* y *P. acutus acutus*, tanto en estanques con arroz como en acuarios.<sup>36</sup> Otros estudios sobre competencia entre decápodos nativos y exóticos invasivos demuestran que hay una relación directa entre las especies dominantes y su rango de distribución en el medio ambiente; así, en Italia, el cangrejo de río (*Potamon fluviatile*) es dominante frente a *P. clarkii*, y éste último es dominante frente a *Autropotamobius italicus*.<sup>37</sup>

Durante el tiempo en que se desarrolló el bioensayo de competencia no se observaron desoves en ninguna de las dos especies, pero es claro que la capacidad de reproducción de *P. clarkii* es mayor a la de *P. regiomontanus*, ya que en las mismas condiciones de cultivo, se obtuvo, para *P. clarkii*, una sobrevivencia promedio, al tercer instar, de 256 ejemplares; mientras que para *P. regiomontanus* el promedio fue de 88 ejemplares.

El potencial reproductivo de una especie puede medirse mediante el número de huevecillos, y es directamente proporcional al tamaño del cuer-

po, tal es el caso de *P. clarkii*.<sup>38</sup> En *P. regiomontanus* no existe una relación entre el número de crías sobrevivientes al tercer instar y el tamaño o el peso de las hembras, tal y como se presenta en *Astacus leptodactylus*,<sup>39</sup> debido a diferentes factores, como la calidad de los gametos, falta de unión a los pleópodos o por pérdida debido a contacto físico, con obstáculos en el medio ambiente donde se desarrollan.

El conocimiento de las características de la especie, así como su reproducción en cautiverio, nos permitirá obtener ejemplares que podrán utilizarse para repoblar localidades donde *P. regiomontanus* habitaba originalmente, con la finalidad de evitar su extinción.

## Resumen

El acocil regio (*Procambarus regiomontanus*) es endémico del estado de Nuevo León, y se encuentra en peligro de extinción por causas como la contaminación, la pérdida de sus hábitats y la introducción de especies exóticas. Se diseñó una serie de investigaciones para conocer sus características biológicas, bajo un programa para la conservación de la especie. Se colocaron en piletas de fibra de vidrio tres parejas de adultos, los cuales se alimentaron con diferentes dietas: proteína animal y vegetal, hígado de res, calamar, alimento formulado y berro. Para conocer el potencial de reproducción de la especie, se determinó la supervivencia de las larvas al alcanzar el tercer instar. Además, se llevó a cabo un bioensayo de crecimiento en acuarios, en el cual diferentes alimentos se compararon. Se observó que los adultos alimentados con calamar e hígado de res (proteína animal) presentaron un mayor número de desoves. La sobrevivencia máxima al tercer instar fue de 136 ejemplares. En el bioensayo de crecimiento, se observó que los ejemplares crecieron más rápidamente cuando eran alimentados con la dieta formulada (combinación de proteína animal y vegetal). Los resultados demuestran que la especie es viable de reproducirse en cautiverio, y

la obtención de ejemplares juveniles permitirá que puedan introducirse en sus hábitats de origen, lo cual contribuirá a evitar su extinción.

**Palabras clave:** Crustácea, Decápoda, *Procambarus*, Crecimiento, Desove.

## Abstract

The crayfish *Procambarus regiomontanus* is endemic of the state Nuevo León. It is on the endangered species list for reasons such as pollution, the loss of habitat, and the introduction of exotic species. A series of researches was designed to learn its biological characteristics, under a Program for the Conservation of the species. The effect of feeding on their reproduction was evaluated. Three adult pairs were placed in a fiber glass aquarium and were fed with different diets; with animal and vegetal protein, beef liver, squid, formulated food, and watercress. In order to know the potential production of the species, the survival of the larvae was determined until the third instar. A growth bioassay in aquariums was carried out as well in which different foods were compared. It was observed that the organisms fed with squid and beef liver (animal protein) presented the major number of egg layings. The maximum survival until the third instar registered was of 136 larvae. In the growth bioassay, the organisms grew more rapidly when they were fed with formulated diets (a combination of animal and vegetal protein). The results demonstrate that the species is viable for reproduction in captivity, and the obtainment of juvenile specimens will contribute to its conservation, as well as its possible reintroduction in its original habitats, thus preventing its extinction.

**Keywords:** Crustacean, Decapoda, *Procambarus*, Growth, Spawning.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa Paicyt de la



Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo financiero para la realización de este estudio. Asimismo, agradecen a todos aquellos estudiantes que de una u otra forma colaboraron en el mismo.

## Referencias

- Villalobos Figueroa, A. (1954). Estudios de los camarinos mexicanos, XI: Una nueva subespecie de *Procambarus simulans* del estado de Nuevo León. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 25(1, 2): 289-298, 2 plates.
- Campos-González, E. (1982). Distribución geográfica, ciclo de vida y hábitos de *Procambarus simulans regiomontanus* Villalobos, en el estado de Nuevo León, México. Tesis inédita. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 82 p.
- Rodríguez, G. & E. Campos. (1994). Distribution and status of the crayfishes (Cambaridae) of Nuevo León, México. Journal of Crustacean Biology. 14(4): 729-735.
- Allan, J.D. & A.S. Flecker. (1993). Biodiversity conservation in running waters. Bioscience. 43: 32-43.
- Pinn, S.L., G.J. Russell, J.L. Gittleman & T.M. Brooks. (1995). The future biodiversity. Science, 269:327-350.
- Hobbs, H.H. Jr. (1989). An illustred checklist of the American Crayfishes (Decapoda, Astacidae, Cambaridae and Parastacidae). Smithsonian Contributions to Zoology, 180: 391-413.
- Steele C., Skinner, C., Alberstadt, P. & Antonelli, J. (1997). Importance of adequate shelters for crayfishes maintained in aquaria. Aquarium Sciences and Conservation. 1(3): 189-192.
- Sandeman, R., & R. Sandeman. (1991). Stages in the development of the embryo of the fresh-water crayfish *Cherax destructor*. Roux's Archives of Developmental Biology. 200: 27-37.
- Guillard, R.R.L Handbook of phycological methods. J.R. Stein Cambridge University press, London. Division rates. 1973; pp.289-311.
- Garza-Cuevas, R. y E. Enkerlin. (1997). Las poblaciones naturales y sus características. En: Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible. International Thomson Editores. México. 690, p.
- Huner J. V. (1990) Biology, fisheries, and cultivation of freshwater crawfishes in the United States. Aquatic Science 2(2):229-254.
- Ferdoushi, B., N. Isamu, T. Satoshi & G. Taichiro. (2010). Reproductive characteristics of the albino morph of the crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae). Crustaceana. 83 (2): 169-178.
- Auvergne. A. (1982). El cangrejo de río, cría y explotación, pp. 34-35. Ed. Mundi Prensa Madrid.
- Félix-Cuencas, L. y P.J. Gutiérrez-Yurrita. (2006). Influencia de los factores ambientales en la ecología poblacional de *Cambarellus montezumae* (crustácea, decápoda) en el Río San Juan, Querétaro. Congreso Nacional de Zoología. Octubre, 2006. Monterrey, N.L.
- Penn, G.H. (1943). A study of the life history of the Louisiana red-crawfish, *Cambarus clarkii* Girard. Ecology 24:1-18.
- De la Bretonne Jr., L., & Avault Jr., J.W. (1977). Egg development and management of *Procambarus clarkii* (Girard) in a south Louisiana commercial crayfish pond. Freshwater Crayfish 3: 133-140.
- Muller, Y., Nazari, E. & Simoes-Costa, M. (2003). Embryonic stages of the freshwater prawn *Macrobrachium olfersi* (Decapada, Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology. 23(4): 869-875.

18. Muller, Y., D. Ammar & E. Nazari. (2004). Embryonic development of four species of palaemonid prawns (Crustacea, Decapoda): pre-naupliar, naupliar and post-naupliar periods. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21 (1): 27-32.
19. Bilgin, S. & O. Samsun. (2006). Fecundity and egg size of three shrimp species, Crangon crangon, Palaemon adspersus and Palaemon elegans (Crustacea: Decapoda: Caridae), off Sinop Peninsula (Turkey) in the black sea. *Turk. J. Zool.* 30: 413-421.
20. Dupre, E., Belloio, G. y Lohormann, K. (1992). Desarrollo embrionario del camarón roca (*Rhynchocinetes typus*, H. Milne Edwards 1837), en condiciones de laboratorio. *Revista Chilena de Historia Natural*. 65:435-442.
21. Mejía-Ortiz, L., R. Hartnoll & M. López-Mejía (2010). The abbreviated larval development of *Macrobrachium totanacum* (Decapoda, Palaemonidae) reared in the laboratory. *Crustaceana*. 83(1) 1-16.
22. Nazari, E., Muller, Y. & Ammar, D. (2000). Embryonic development of *Palaemonetes argentinus* Nobeli, 1901 (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*. 73(2):143-152.
23. Nazari, E., Simoes-Costa, M., Muller, Y., Ammar, D. & Dias, M. (2003). Comparisons of fecundity, egg size, and egg mass volume of the freshwater prawns *Macrobrachium potiuana* and *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology*. 23(4): 862-868.
24. Simoes-Costa, M., Pacheco, C. Nazari, E. Muller, Y. & Ammar, D. (2005). *Macrobrachium olfersi* (Wiegman) (Crustacea, Palaemonidae) embryo staging through morphological landmarks identified in each embryonic day. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(2): 501-508.
25. García-Guerrero, M. & Hendrickx, M. (2004). Embryology of decapod crustacean I. Embryonic development of the mangrove crabs *Goniopsis pulchra* and *Aratus pisonii* (Decapoda: Brachyura). *Journal of Crustacean Biology*. 24(4): 666-672.
26. Morales, M., Rivera, M., Meruane, J., Galleguillos, C. & Hosokawa, H. (2006). Morphological characterization of larval stages and first juvenile of freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. *Aquaculture*. 261(3): 908-931.
27. Rodríguez-Serna, M.; Carmona-Osalde, C.; Olvera-Novoa, M.A. & Arredondo-Figuero, J.L. (2000). Fecundity, egg development and growth of juvenile crayfish *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* (Villalobos 1955) under laboratory conditions. *Aquaculture Research*, 31 (2): 173-180.
28. Seitz, R., K. Volpoux, U. Hopp, S. Harzsch & G. Maier. (2005). Ontogeny of the Marmorkrebs (Marbled crayfish): a parthenogenetic crayfish with unknown origin and phylogenetic position. *Journal of Experimental Zoology*. 303A:393-405.
29. Vogt, G. (2008). Investigations of hatching and early post-embryonic life of freshwater crayfish by in vitro culture, behavioral analysis, and light and electron microscopy. *Journal of Morphology* 269 (7) 790-811.
30. Hernández-Vergara, M. (1996). Evaluación del efecto de tres dietas isoproteicas en la sobrevivencia y crecimiento del cangrejo rojo de río *Procambarus clarkii*, bajo condiciones experimentales en Manzanillo, Colima. Tesis inédita. Universidad de Colima. 64 p.
31. Ramírez, D., A. Ortiz y J. Hernández. (2004). Comparación del incremento en peso del cangrejo de río *Procambarus aztecas* bajo el efecto de dos dietas, en condiciones de laboratorio. Comunicación Técnica CIVA 2004. III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. 51-57.
32. Cervera, L., Y. Nacif, R. Cárdenas y J. Romero. (2006). Crecimiento, producción y

- eficiencia de energía de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) alimentadas con detritus de *Egeria densa*. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. VII (12): 1-11.
33. Habsburgo-Lorena, A.S. (1978). Present situation of exotic species of crayfish introduced into Spanish continental waters. *Freshwater Crayfish IV*: 175-184.
  34. Adão, H. & J.C. Marques. (1993). Population biology of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in Southern Portugal. *Crustaceana*, 63 (3): 336-345.
  35. Alderman, D.J. (1993). Crayfish plague in Britain. The first twelve years. *Freshwater Crayfish*, 9: 266-272
  36. Mazlum, Y. & A.G. Eversole. (2004). Growth and survival of *Procambarus acutus acutus* (Girard, 1852) and *P. clarkii* (Girard, 1852) in competitive settings, *Aquaculture Research*. Basýmda.
  37. Gherardi, F. & C. Astra (2004). Agonism and interference competition in freshwater decapods. *Behaviour*. 141 (10): 1297-1324.
  38. Price, J. y J. Payne. (1979). Multiple summer molts in adult *Orconectes neglectus chaenodactylus* Williams. *Freshwater Crayfish 4*: 93-104.
  39. Selcuk, B. & Y. Mazlum. (2009). Reproductive efficiency of the narrow-clawed crayfish. *Astacus leptodactylus*, in several population in Turkey. *Crustaceana*. 82(5):531-542.

Recibido: 9 de diciembre de 2009

Aceptado: 16 de junio de 2010