

*Nota de Investigación/Research Note*Ecología de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el Estuario del Río ColoradoPostlarval ecology of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the Colorado River Estuary

RA Ramírez-Rojo, EA Aragón-Noriega*

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Unidad Sonora, Km 2.35 Camino al Tular, Estero Bacoichibampo, Guaymas 85454, Sonora, México. * E-mail: aaragon04@cibnor.mx

Resumen

Se describe el uso del hábitat por las postlarvas de camarones peneidos que ingresan al delta del Río Colorado. Se seleccionó una localidad en el Canal Santa Clara, dentro de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, donde se realizaron recolecciones durante tres días consecutivos de cada marea viva de mayo a octubre de 2000. Se ancló una red con luz de malla de 505 µm que se mantuvo en el agua 10 minutos cuando la altura de marea se encontraba a 1 m sobre el nivel del canal, tanto en el flujo como en reflujo. Se capturaron postlarvas de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* y camarón café *Farfantepenaeus californiensis* con proporciones de 80% y 20%, respectivamente. La abundancia de postlarvas de camarón azul fue significativamente mayor en el flujo que en reflujo en mayo, junio y septiembre, pero significativamente mayor en el reflujo que en el flujo en julio y agosto. Las tallas de las postlarvas de camarón azul fueron significativamente mayores en el reflujo que en el flujo. En las postlarvas de camarón café no se encontró diferencia entre la abundancia del flujo y el reflujo. Se concluye que el delta del Río Colorado, es un área de crianza sólo de camarón azul y no para camarón café.

Palabras clave: postlarvas, camarón, Río Colorado, *Litopenaeus stylirostris*, *Farfantepenaeus californiensis*.

Abstract

The study describes habitat use by penaeid shrimp larvae that enter the Colorado River Delta. A location was chosen in the Santa Clara Channel in the core zone of the Upper Gulf of California and Colorado River Delta Biosphere Reserve, where collections were done during three consecutive days of each spring tide from May to October 2000. A 505-µm net was anchored and left in the water for 10 minutes when the height of the tide was 1 m above the level of the channel, during both flood tide and ebb tide. Blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) postlarvae were caught in proportions of 80% and 20%, respectively. The postlarval abundance of blue shrimp was significantly greater during flood tide than during ebb tide in May, June and September, but significantly greater during ebb tide than during flood tide in July and August. The blue shrimp postlarval sizes were significantly greater during ebb tide than during flood tide. No differences in the abundance of brown shrimp postlarvae were found between flood and ebb tides. It is concluded that the Colorado River Delta is a breeding area for blue shrimp, but not for brown shrimp.

Key words: postlarvae, shrimp, Colorado River, *Litopenaeus stylirostris*, *Farfantepenaeus californiensis*.

Introducción

El camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y el azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1874) se distribuyen en la región zoogeográfica del Pacífico oriental, desde Estados Unidos hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos y el Golfo de California, el primero, y desde el Alto Golfo de California hasta Perú, el segundo (Hendrickx 1996).

Todos los miembros conocidos de la familia Penaeidae tienen un ciclo de vida similar: larvas planctónicas con estadios nauplius, protozoa, mysis y postlarva, seguidos de estadios juvenil y adulto (Dall *et al.* 1990). La gran diferencia entre géneros consiste en los hábitat preferidos por las postlarvas, juveniles y adultos, los cuales pueden ser estuarios y lagunas costeras, la plataforma continental o el océano.

Introduction

The brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) and blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1874) are distributed in the eastern Pacific, from the United States to Peru, including the Galapagos Islands and the Gulf of California, and from the northern Gulf of California to Peru, respectively (Hendrickx 1996).

All the known members of the family Penaeidae have a similar life cycle: planktonic larval stages, including nauplius, protozoa, mysis and postlarva, followed by juvenile and adult stages (Dall *et al.* 1990). The great difference among genera lies in the habitat preferred by the postlarvae, juveniles and adults, be it estuaries or coastal lagoons, continental or oceanic shelves.

Dall *et al.* (1990) mencionan que la base para clasificar el ciclo de vida de los peneidos es el ambiente en el cual desovan los adultos y el que usan las postlarvas para asentarse, distinguiendo cuatro tipos de ciclo de vida con la aclaración de que puede haber traslapo entre ellos.

Para el caso de este estudio es necesaria la descripción de los ciclos de vida "tipo 2" y "tipo 3". En el ciclo de vida tipo 2 la vida adulta y la fase reproductora transcurren en el hábitat oceánico (entre mar adentro y la plataforma continental). Los huevos son expulsados por la hembra al medio marino donde transcurren los cuatro estadios larvales. Las postlarvas de las especies que presentan este ciclo de vida utilizan ambientes estuarinos para asentarse, pasan por el estadio juvenil y migran al océano en su estadio preadulto. En el ciclo de vida tipo 3 los adultos y larvas ocupan hábitat netamente oceánicos y las postlarvas y juveniles costeros, pero no estuarinos (Dall *et al.* 1990). Estos mismos autores mencionan que la mayoría de las especies del género *Penaeus* y *Metapenaeus* presentan ciclo de vida tipo 2.

Los miembros del género *Penaeus* fueron divididos por Pérez-Farfante (1969) en cuatro subgéneros: *Litopenaeus*, *Penaeus*, *Melicertus* y *Fenneropenaeus*. Posteriormente Burukovsky (1972) clasificó como *Farfantepeneus* a *Melicertus*. Pérez-Farfante y Kensley (1997) elevaron a rango de género los subgéneros *Litopenaeus* y *Farfantepeneus*. Considerando la nueva nomenclatura, las especies que presentan un ciclo de vida tipo 2 están incluidas en los géneros *Litopenaeus* y *Farfantepeneus*.

Para facilitar comparaciones, García (1985) separó los camarones de género *Penaeus* en blancos (*Litopenaeus*; ciclo de vida tipo 2) y oscuros (*Farfantepeneus*; ciclo de vida tipo 3). Hacemos notar que esta clasificación fue hecha antes de Pérez-Farfante y Kensley (1997). García (1985) incluyó a *L. stylirostris* entre los camarones blancos y a *F. californiensis* entre los oscuros. Después de esto, los ciclos de vida de las especies nunca más han sido cuestionados.

En una revisión bibliográfica de la presencia de camarón café y azul en las lagunas costeras del litoral mexicano encontramos que en Huizache-Caimanero, Sinaloa, las postlarvas penetran por las bocas del sistema, pero posteriormente no se capturan los juveniles en el interior (Poli 1983, Del Valle 1989). En el interior de la laguna costera Mar Muerto, Oaxaca, se han encontrado juveniles de camarón café (Medina-Reyna *et al.* 2001) y por la boca El Oro del sistema Corralero-Alotengo, Oaxaca, se ha registrado la entrada de postlarvas de esta especie (Sánchez-Meraz y Martínez-Vega 2000). En las lagunas costeras de Sonora (esteros El Soldado y La Cruz y Agiabampo) durante todo el año se han encontrado juveniles de camarón café mayores a 100 mm de longitud total. En Estero La Cruz y Agiabampo se registró ingreso de postlarvas (Loesch 1980, Grijalva-Chon y Barraza-Guardado 1992, Manzano-Sarabia 2003). Con lo anterior se puede concluir que el camarón café del Pacífico mexicano presenta un traslapo entre los ciclos de vida tipo 2 y 3, lo que aparentemente sucede de manera diferenciada con respecto a la latitud: en algunos

Dall *et al.* (1990) mention that the basis for classifying the life cycle of penaeids is the environment in which the adults spawn and the postlarvae settle. They distinguish four types of life cycles, but clarify that overlapping may occur among them.

The description of the type 2 and type 3 life cycles is necessary for the purpose of this study. In the type 2 life cycle, the adult life and reproductive phase occur in an oceanic habitat (between the open sea and the continental shelf). The eggs are ejected by the female into the marine environment where they reach the four larval stages. The postlarvae of the species that present this life cycle use estuarine environments to settle and pass through the juvenile stage, and then migrate into the ocean in their preadult stage. In the type 3 life cycle, adults and larvae occupy a completely oceanic habitat, and postlarvae and juveniles inhabit coastal, but not estuarine, environments (Dall *et al.* 1990). These authors mention that most species of the genus *Penaeus* and *Metapenaeus* have a type 2 life cycle.

The members of the genus *Penaeus* were divided by Pérez-Farfante (1969) into four subgenera: *Litopenaeus*, *Penaeus*, *Melicertus* and *Fenneropenaeus*. Subsequently, Burukovsky (1972) classified *Melicertus* as *Farfantepeneus*. Pérez-Farfante and Kensley (1997) raised the subgenera *Litopenaeus* and *Farfantepeneus* to the genus level. Considering the new nomenclature, the species that present a type 2 life cycle are included in the genera *Litopenaeus* and *Farfantepeneus*.

To facilitate comparisons, García (1985) separated the shrimp of the genus *Penaeus* into white *Litopenaeus* (type 2 life cycle) and dark *Farfantepeneus* (type 3 life cycle). Note that this classification was done before Pérez-Farfante and Kensley (1997). García (1985) included *L. stylirostris* within the white shrimp and *F. californiensis* within the dark. After this, the species' life cycles were never questioned.

In a bibliographical review of the presence of brown and blue shrimp in Mexican coastal lagoons, we found that in Huizache-Caimanero, Sinaloa, postlarvae enter through the mouths of this system, but afterwards, juveniles are not caught within the lagoon (Poli 1983, Del Valle 1989). In Oaxaca, brown shrimp juveniles have been found inside the Mar Muerto coastal lagoon (Medina-Reyna *et al.* 2001), and postlarvae of this species have been recorded in the El Oro mouth of the Corralejo-Alotengo system (Sánchez-Meraz and Martínez-Vega 2000). In the coastal lagoons of Sonora (El Soldado and La Cruz estuaries, and Agiabampo), brown shrimp juveniles greater than 100 mm total length have been found throughout the year. In La Cruz estuary and Agiabampo, the entry of postlarvae has been recorded (Loesch 1980, Grijalva-Chon and Barraza-Guardado 1992, Manzano-Sarabia 2003). Based on this, it can be concluded that the brown shrimp of the Mexican Pacific presents an overlap between type 2 and type 3 life cycles, apparently differentiated by the latitudinal gradient, presenting a type 2 life cycle at some sites and a type 3 at others. It is important to define the life cycle of this species in a particular region to establish its breeding area at the site currently under study.

sitios se presenta como tipo 2 y en otros como tipo 3. Es importante definir el ciclo de vida de esta especie en una zona determinada para establecer su área de crianza en el sitio de estudio.

El Estuario del Río Colorado (ERC) se encuentra localizado en la parte más norteña del Golfo de California, dentro de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (RBAGCDRC). Esta zona es considerada de gran importancia para la crianza de camarón y otras especies que dependen de los estuarios (Cudney-Bueno y Turk-Boyer 1998, Galindo-Bect *et al.* 2000). Snyder-Conn y Brusca (1975) concluyeron que no existe una descripción adecuada del ciclo de vida, ecología y patrón migratorio del camarón en el Alto Golfo de California. Desafortunadamente esta conclusión es aún vigente a pesar de que los esfuerzos de investigación sobre postlarvas de camarón se han incrementado en los últimos diez años. A partir de estos estudios se han identificado bien las zonas de desove de los camarones (Aragón-Noriega 2000) y su periodo de mayor reclutamiento (Aragón-Noriega y García-Juárez 2002), así como las posibles rutas de transporte que siguen las larvas desde la zona de desove hasta el ERC (Calderón-Aguilera *et al.* 2003, Galindo-Bect 2003).

Actualmente dos tópicos se manifiestan como importantes en el estudio de postlarvas de camarón en el ERC: (1) describir el tipo de ciclo de vida de las especies que allí habitan y (2) aportar información cuantitativa de las especies que hacen uso del ERC como área de crianza. Reconociendo el valor que cada aportación representa para el acervo de conocimientos de esta importante área ecológica, el objetivo de este trabajo fue presentar datos cuantitativos sobre el uso que hacen las postlarvas de camarón azul (*L. stylirostris*) y camarón café (*F. californiensis*) del ERC.

Material y métodos

Se realizaron muestreos durante las mareas vivas del 30 de mayo al 12 de octubre de 2000 en el Canal Santa Clara, localizado en los límites de la zona núcleo de la RBAGCDRC (fig. 1). Las recolecciones se hicieron cada 15 días, durante tres días, recolectando solamente a una altura de marea de 1 m durante el flujo y el reflujos de la marea. Esto es que un equipo permaneció en el lugar de muestreo durante tres días continuos. En el Alto Golfo se presenta una marea semi-diurna (dos flujos y dos reflujos al día), por lo que se tienen de cuatro a seis muestreos tanto en flujo como en reflujos en cada campaña.

Se utilizó una red de plancton con un tamaño de malla de 505 μm y boca circular de 62 cm de diámetro equipada con un flujómetro mecánico y atada a una embarcación menor que permaneció anclada en el Canal Santa Clara. La red permaneció en el agua durante 10 minutos cuando la marea tenía una altura de 1 m sobre el fondo del canal. Las muestras recolectadas se depositaron en frascos de 500 mL y se fijaron con formol al 4% neutralizado con borato de sodio, y posteriormente se preservaron en alcohol isopropílico al 70%.

The Colorado River Estuary (CRE) is located in the northernmost part of the Gulf of California, within the core zone of the Upper Gulf of California and Colorado River Delta Biosphere Reserve (UGCCRDBR). This region is considered of great importance for breeding shrimp and other estuarine-dependent species (Cudney-Bueno and Turk-Boyer 1998, Galindo-Bect *et al.* 2000). Snyder-Conn and Brusca (1975) concluded that an adequate description of the life cycle, ecology and migration pattern of shrimp in the northern Gulf of California was lacking. Unfortunately this conclusion is still valid even though research efforts on shrimp postlarvae have increased in the past ten years. As a result of these studies, shrimp spawning zones are now well located (Aragón-Noriega 2000), their recruitment period has been determined (Aragón-Noriega and García-Juárez 2002), and the possible transport routes followed by larvae from the spawning zone into the ERC have been established (Calderón-Aguilera *et al.* 2003, Galindo-Bect 2003).

Two topics are currently considered important in studies on postlarval shrimp in the CRE: (1) describing the type of life cycle of the species that inhabit the CRE, and (2) providing quantitative information on the species that use the CRE as a breeding area. In view of the contribution made by diverse studies to the knowledge of this important ecological area, the objective of this work was to present quantitative data on the use made of the CRE by blue shrimp (*L. stylirostris*) and brown shrimp (*F. californiensis*).

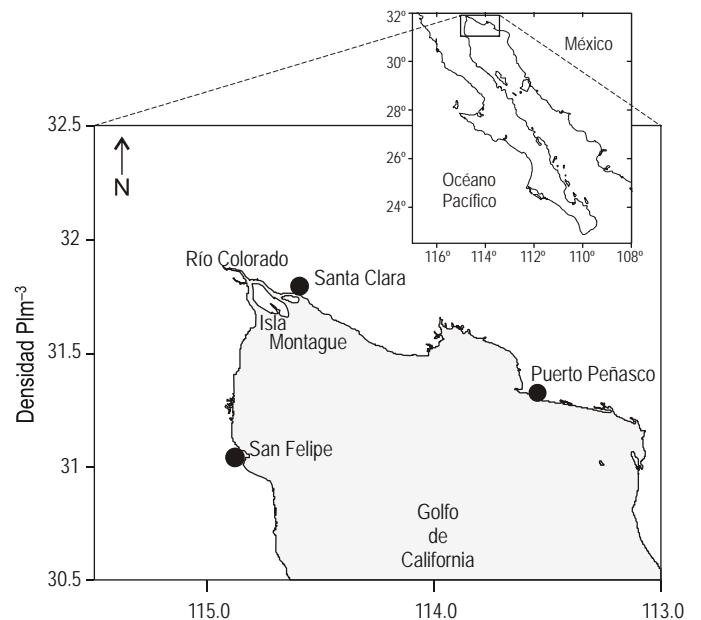


Figura 1. Área de estudio. El área del reclutamiento corresponde al Canal Santa Clara, en la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California-Delta del Río Colorado.

Figure 1. Study area. The recruitment area corresponds to the Santa Clara Channel, in the Upper Gulf of California and Colorado River Delta Biosphere Reserve (Mexico).

De las muestras recolectadas en el campo se separaron sólo las postlarvas de camarón y el resto se regresó al frasco de muestra. Una vez separadas se contaron en su totalidad y se tomó una submuestra de 100 organismos para obtener la longitud total (del margen anterior del rostrum al extremo posterior del telson) de las postlarvas con un micrómetro montado en un microscopio compuesto utilizando los objetivos 10× y 20×. La identificación se realizó siguiendo las claves propuestas por Mair (1979) y Calderón-Pérez *et al.* (1989a, 1989b). Se utilizaron también los organismos de referencia cultivados por Aragón-Noriega (2000).

Se hizo un análisis de varianza de dos factores en el que la variable considerada independiente fue la abundancia. Como factor I se consideró las especies y como factor II el estado de la marea (flujo vs. reflujó). De igual forma, se hizo un análisis considerando la longitud total como la variable independiente. Posteriormente la longitud de las postlarvas de camarón azul se comparó de acuerdo al estado de la marea y el ciclo diurno (noche vs. día). El análisis de varianza se realizó con un 95% de confiabilidad y cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba Tukey (Zar, 1996).

Resultados

A lo largo del periodo de muestreo se encontraron sólo dos especies de camarones peneidos, camarón azul y camarón café, siendo más abundantes en el ERC las postlarvas (PI) de camarón azul ($F_{(1,120)} = 178$; $P < 0.0001$) que las de camarón café. La abundancia media (\pm intervalo de confianza al 95% de significancia) de camarón azul fue de 53 (± 16) PI m^{-3} , mientras que la de camarón café fue de 10 (± 3) PI m^{-3} (fig. 2). En la figura 2 se sintetiza la abundancia de postlarvas de ambas especies de acuerdo al estado de la marea (flujo o reflujó), siendo mayor la abundancia de postlarvas de camarón azul

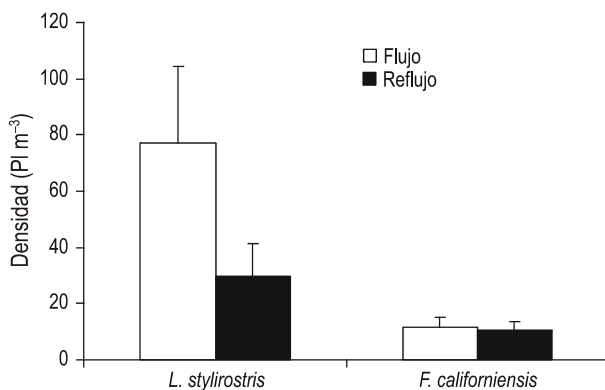


Figura 2. Abundancia media de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) durante flujo y reflujó de todos los muestreos. La barra es el intervalo de confianza del promedio al 95%.

Figure 2. Mean abundance of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) postlarvae during flood and ebb tides in all the samplings. The bar is the mean at 95% confidence interval.

Material and methods

The samplings were done during spring tides from 30 May to 12 October 2000 in the Santa Clara Channel, located within the limits of the core zone of the UGCCRDBR (fig. 1). The collections were done during three days every fortnight, collecting only at a tide height of 1 m during flood and ebb tides. A collection team thus remained for three continuous days in the study area, where the tidal regime is semidiurnal (two floods and two ebbs per day). Hence, from four to six samplings were made in both flood tide and ebb tide during each campaign.

A plankton net with a 505- μm mesh and a circular mouth of 62-cm diameter was used. It was equipped with a mechanical flowmeter and tied to a small boat that remained anchored in the Santa Clara Channel. The net remained in the water during 10 minutes when the tide had a height of 1 m above the channel bottom. The samples collected were placed in 500-mL jars and fixed with formaldehyde (4%), neutralized with sodium borate, and subsequently preserved in isopropyl alcohol (70%).

From the samples collected in the field, only shrimp postlarvae were separated; the rest was returned to the sampling jar. Once separated, their total number was counted and a sub-sample of 100 organisms was taken to obtain the total length (from the anterior margin of the rostrum to the posterior extreme of the telson) of the postlarvae. These measurements were obtained with a micrometer mounted on a compound microscope using 10× and 20× objectives. The identification was done following the keys proposed by Mair (1979) and Calderón-Pérez *et al.* (1989a, 1989b). The reference organisms cultured by Aragón-Noriega (2000) were also used.

A two factor variance analysis was done in which abundance was considered the independent variable. The species were considered as factor I and the condition of the tide (flood tide vs ebb tide), as factor II. It was also done considering total length as the independent variable. The lengths of the blue shrimp postlarvae were then compared according to the condition of the tide and to the diurnal cycle (night vs day). The variance analysis was done with a 95% confidence interval and in the cases where significant differences were found, the Tukey test (Zar 1996) was used.

Results

Only two penaeid shrimp species, *L. stylirostris* and *F. californiensis*, were found throughout the sampling period. Blue shrimp postlarvae (PI) were more abundant ($F_{(1,120)} = 178$; $P < 0.0001$) than brown shrimp postlarvae in the CRE: the mean abundance (\pm the confidence interval at 95% significance) of the former was 53 ± 16 PI m^{-3} , while that of the latter was 10 ± 3 PI m^{-3} (fig. 2). The abundance of both species is synthesized in figure 2 according to the condition of the tide (flood or ebb). As can be seen, the abundance of blue shrimp postlarvae was greater ($F_{(1,120)} = 53$; $P < 0.0001$) during flood tide (53 ± 16 PI m^{-3}) than during ebb tide (30 ± 11 PI m^{-3}).

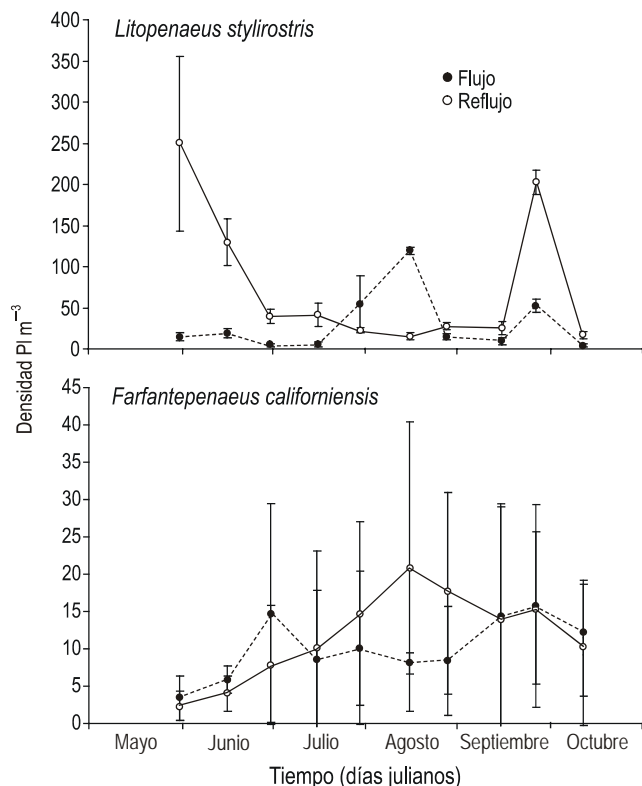


Figura 3. Variación de la abundancia media de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), durante todo el periodo de muestreo en el Estuario del Río Colorado. La barra es el intervalo de confianza del promedio al 95 %. La fecha es el día de inicio de cada campaña de 3 días. Note el cambio de escala entre especies.

Figure 3. Variation in mean abundance of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) postlarvae, during all the sampling period in the Colorado River Estuary. The bar is the mean at 95% confidence interval. The date corresponds to the first day of each 3-day campaign. Note the change in scale between species.

($F_{(1,120)} = 53$; $P < 0.0001$) en el flujo ($77 \pm 27 \text{ Pl m}^{-3}$) que en el reflujo ($30 \pm 11 \text{ Pl m}^{-3}$), mientras que las postlarvas de camarón café no presentaron diferencia significativa entre flujo ($12 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$) y reflujo ($11 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$).

El mayor reclutamiento se presentó en mayo-junio y septiembre (fig. 3). En todas las campañas de muestreo, excepto en julio y agosto, las postlarvas de camarón azul fueron más abundantes durante el flujo que en el reflujo, mientras que las de camarón café no presentaron diferencias entre flujo y reflujo en todo el periodo de muestreo.

Durante todo el periodo de recolección el tamaño medio de las postlarvas del camarón azul fue de $8 \pm 0.79 \text{ mm}$, mientras que el de las postlarvas de camarón café fue de $9 \pm 0.87 \text{ mm}$. En la figura 4 se presentan las tallas medias de las postlarvas capturadas en el ERC durante el flujo, el reflujo, el día y la noche, a lo largo de todo el periodo de muestreo. Las variaciones en talla evidencian un patrón de comportamiento de las postlarvas para entrar y/o salir del ERC: las postlarvas más

Brown shrimp postlarvae did not show a significant difference between flood tide ($12 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$) and ebb tide ($11 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$).

Greater recruitment occurred in May/June and September (fig. 3). In all the sampling campaigns, except in July and August, blue shrimp postlarvae were more abundant during flood tide than during ebb tide. Brown shrimp did not present differences between the flood and ebb tides in all the sampling period.

Throughout the sampling period, the mean size of blue shrimp postlarvae was $8 \pm 0.79 \text{ mm}$, while that of brown shrimp postlarvae was $9 \pm 0.87 \text{ mm}$. The mean sizes of the postlarvae caught in CRE during flood and ebb tides, day and night, during all the collection period are shown in figure 4. The size variations indicate their behavior for entering and/or leaving the CRE: the largest postlarvae move during the night and the smaller ones, during the day.

Discussion

In the CRE, *L. stylirostris* presents a type 2 life cycle and *F. californiensis* a type 3 (according to the definition proposed by Dall *et al.* 1990). Therefore, the former does use the CRE as a breeding area, while the latter shows less possibility of using this zone for breeding purposes.

In previous studies, June and July have been mentioned as the months of greater recruitment into the coastal area (Aragón-Noriega and García-Juárez 2002) and the CRE (Ramírez-Rojo 2001). In the coastal area of the Gulf of Santa Clara, Calderón-Aguilera *et al.* (2002) found a similar mean abundance of brown and blue shrimp postlarvae, ranging from 1 Pl m^{-3} in 1995 to 151 Pl m^{-3} in 1996. In this study, mean abundances of 50 and 10 Pl m^{-3} were recorded for *L. stylirostris* and *F. californiensis*, respectively, throughout the collection period in the CRE. This may indicate that

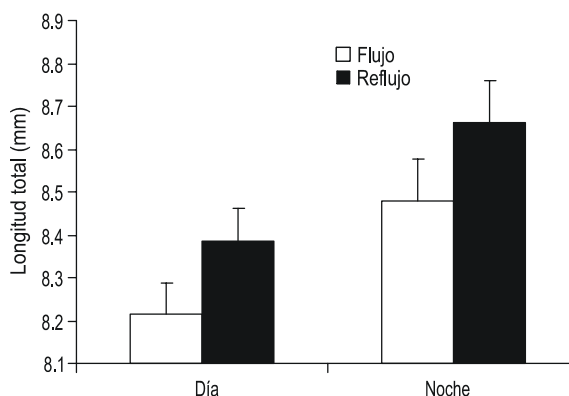


Figura 4. Promedio ± 1.96 *error estándar de la longitud total (mm), en el flujo y reflujo de día y de noche, de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*).

Figure 4. Mean ± 1.96 *standard error of the total length (mm), in day and night flood and ebb tides, of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) postlarvae.

grandes se mueven por la noche y las más pequeñas lo hacen en el día.

Discusión

De acuerdo con la definición de ciclos de vida propuesta por Dall *et al.* (1990), en el ERC el camarón azul presenta un ciclo de vida tipo 2 y el camarón café presenta uno tipo 3, por lo que se deduce que el camarón azul utiliza esta zona como área de crianza, mientras que el camarón café presenta menor posibilidad de usar el ERC con estos fines.

En estudios anteriores se ha mencionado que en junio y julio ocurre el mayor reclutamiento de camarón al área litoral (Aragón-Noriega y García-Juárez 2002) y al ERC (Ramírez-Rojo 2001). En la zona litoral del Golfo de Santa Clara, Calderón-Aguilera *et al.* (2002) encontraron una abundancia media similar de postlarvas de camarón café y azul que varió de 1 Pl m⁻³ en 1995 hasta 151 Pl m⁻³ en 1996. En este estudio se encontró una abundancia media de 50 Pl m⁻³ de *L. stylirostris* a lo largo de todo el periodo de recolección, mientras que la abundancia media de *F. californiensis* fue de 10 Pl m⁻³ en el ERC. Esto puede indicar, en primer lugar, que la abundancia varía anualmente, pero al no encontrar diferencias en la abundancia de cada especie para un mismo sitio y año (Calderón-Aguilera *et al.* 2002) también sugiere que la diferencia puede ser además entre sitios. Si en la zona marina no hay diferencias en la abundancia de postlarvas y en el canal del estuario éstas sí se presentan, es posible que las postlarvas (en este caso de camarón azul) viajen hasta ese sitio para asentarse y completar su ciclo de vida. La presencia de postlarvas de camarón café en la zona estuarina posiblemente sea causada por una advección pasiva, lo que se deduce de que su abundancia durante el flujo no fue significativamente diferente a la del reflujó en una misma marea viva a lo largo del periodo de muestreo.

Aplicando el mismo criterio de las diferencias en la abundancia de las postlarvas de camarón azul durante el flujo y el reflujó, encontramos que las diferencias sí fueron significativamente mayores en los flujos por lo que se puede sugerir que el ERC es un lugar de crianza para el camarón azul, pero no para el camarón café.

Ahora bien, todo lo anterior es válido si la ruta de entrada y salida de las postlarvas es la misma, esto es, que el sitio seleccionado para la recolección realmente refleja el hecho de que las postlarvas entran y salen en las cantidades aquí encontradas y no presentan una ruta de entrada diferente a la de salida que pudiera sesgar los datos.

Otro aspecto de particular importancia fueron las longitudes de camarón azul encontradas tanto en el flujo diurno y nocturno como en el reflujó diurno y nocturno. En los resultados se observa que las postlarvas de tallas grandes salen del estuario hacia el mar durante la noche. En cambio, las postlarvas de menor talla lo hacen durante el día. No se tienen elementos para asegurar que ésta sea una estrategia de defensa ante depredadores o que la diferencias encontradas en las tallas

abundance varies annually, but since no difference in the abundance of each species was found for a same site and year (Calderón-Aguilera *et al.* 2002), it also suggests that the difference may be between sites. If differences in postlarval abundance do not occur in the marine zone but do occur in the estuary channel, then the postlarvae, in this case of blue shrimp, probably travel up to this site to settle and complete their life cycle. Since the abundance of brown shrimp during flood tide was not significantly different to that during ebb tide in a same spring tide throughout the period, their presence in the estuary zone may be due to passive advection.

Applying the same criterion of differences in the abundance of blue shrimp postlarvae during flood and ebb tides, we found that they were in fact significantly greater during the former, so it may be suggested that the CRE is a breeding place for blue shrimp, but not for brown shrimp.

Now, all that mentioned above is valid if the postlarvae use the same route to enter and exit the Santa Clara Channel; that is, that the site chosen for the collection really reflects the fact that postlarvae enter and leave in the quantities found here, since the use of different routes may skew the data.

Another aspect of particular importance concerns the lengths recorded for blue shrimp in diurnal and nocturnal flood tide, as well as in diurnal and nocturnal ebb tide. The results show that large postlarvae leave the estuary towards the sea during the night, while those of a smaller size do so during the day. There are no elements for a deep discussion on this point, so it is not possible to affirm whether the size difference related to the tidal (flood and ebb tides) and diurnal (day and night) rhythms is a defense strategy against predators or simply a casualty.

The differences in postlarval length observed during flood and ebb tides may be further evidence that the postlarvae of blue shrimp use the CRE as a breeding zone, while those of brown shrimp do not, since the sizes recorded for the latter were similar during both tides. Blue shrimp postlarvae enter the CRE when small (8 mm total length) and leave when they are larger (9 mm total length), that is, after a growing period.

The size difference found between the postlarvae of both species is another important point for discussion. Specifically, in this study we systematically found greater sizes of brown shrimp postlarvae than of blue shrimp postlarvae, as opposed to the larger blue shrimp sizes reported by other authors for the area (Castillo-Moreno 1999, Aragón-Noriega and Calderón-Aguilera 2001). It is important to note that these authors present data from the coastline, so it may be that the postlarvae found during the samplings of this study, corresponding to the estuary, reach the area when they have attained larger sizes. Since the size data given by those authors were obtained in different years than those reported herein, the size difference may be due to a difference in the spawning periods of the species in that year in particular; that is, in 2000 the blue shrimp may have spawned after the brown shrimp, whose growth rate is lower (Aragón-Noriega and Calderón-Aguilera 2001). If both species had spawned at the same time, the blue

con relación a los ritmos de marea (flujo, reflujo) y diurno (día, noche) sea un simple hecho casual.

Las diferencias en longitud encontradas en las postlarvas durante flujo y reflujo pueden ser una evidencia más para afirmar que las postlarvas de camarón azul utilizan el ERC como zona de crianza, al igual que evidenciaron que las postlarvas de camarón café no lo hacen dadas las tallas similares encontradas en sus postlarvas durante el flujo y el reflujo. Las postlarvas de camarón azul entran pequeñas (8 mm de longitud total) al ERC y salen más grandes (9 mm de longitud total), es decir, que salen del estuario después de un cierto periodo de crecimiento.

Las diferencias de talla encontradas entre las postlarvas de ambas especies es otro punto importante a discusión, dado que las tallas de camarón café encontradas fueron sistemáticamente mayores que las de camarón azul, a diferencia de lo reportado hasta el momento por otros autores en la zona (Castillo-Moreno 1999, Aragón-Noriega y Calderón-Aguilera 2001), quienes encontraron tallas mayores de camarón azul que de camarón café. Cabe señalar que estos autores presentan datos de la zona de rompiente de playa, por lo que es posible que las postlarvas capturadas durante los muestreos del presente estudio, que corresponden al área del estuario, lleguen a éste una vez que han alcanzado tallas más grandes. Como los datos de tallas referidos por esos autores fueron obtenidos en años diferentes al de este estudio, es posible que la diferencia en tallas se deba a una diferencia en los periodos de desove de las especies en cada año en particular. Esto es que, particularmente en 2000, el camarón azul haya desovado después que el camarón café, cuya tasa de crecimiento es menor (Aragón-Noriega y Calderón-Aguilera 2001). Si el desove de ambas especies se hubiera presentado al mismo tiempo, las postlarvas de camarón azul serían mayores por tener mayor tasa de crecimiento.

Como conclusión del presente estudio se establece que el ERC es un área de crianza solamente para el camarón azul y no para el camarón café, mientras que en el área del delta del Río Colorado el camarón café tiene un ciclo de vida tipo 3 y el camarón azul tiene un ciclo tipo 2.

Agradecimientos

El presente estudio fue financiado con fondos regulares (EP 1.2 y AYCG 20) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Agradecemos a Edgar Alcántara-Razo su apoyo técnico.

Referencias

- Aragón-Noriega EA. 2000. Ecología del reclutamiento del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) en el Alto Golfo de California. Tesis de doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 117 pp.
- Aragón-Noriega EA, Calderón-Aguilera LE. 2001. Age and growth of shrimp postlarvae in the Upper Gulf of California. *Aqua, J. Ichthyol. Aquat. Biol.* 4: 99–104.
- Aragón-Noriega EA, García-Juárez AR. 2002. Reclutamiento de postlarvas de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson,

shrimp postlarvae would be larger because of their greater growth rate.

In conclusion, it is established that the Colorado River Delta is a breeding area only for the blue shrimp, but not for the brown shrimp, and that the former has a type 2 life cycle and the latter a type 3.

Acknowledgements

This study received financial support through the regular budget (EP 1.1 and AYCG 20) of the Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Thanks to Edgar Alcántara-Razo for technical support.

English translation by the authors.

- 1871) a condiciones antiestuarinas provocadas por actividades antropogénicas. *Hidrobiológica* 12: 37–46.
- Burukovsky RN. 1972. Nekotorye voprosy sistemiki i rasprostraneniya krevetok roda *Penaeus*. Rybokhozyaistvennye issledovaniya v Atlanticheskome okeane. (Some problems of the systematics and distribution of shrimps of the genus *Penaeus*.) *Trudy AtlantNIRO, Kaliningrad*, 2: 3–21.
- Calderón-Aguilera LE, Aragón-Noriega EA, Licón HA, Castillo-Moreno G, Maciel-Gómez A. 2002. Abundance and composition of penaeid postlarvae in the Upper Gulf of California. In: Hendrickx ME (ed.), *Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, pp. 281–291.
- Calderón-Aguilera LE, Marinone SG, Aragón-Noriega EA. 2003. Influence of oceanographic processes on the early life stages of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) in the Upper Gulf of California. *J. Mar. Syst.* 39: 117–128.
- Calderón-Pérez JA, Macías-Regalado E, Abreu-Grobois FA, Rendón-Rodríguez S. 1989a. Antennular flagella: A useful character for distinguishing subgenera among postlarval shrimp of the genus *Penaeus* (Decapoda) from the Gulf of California. *J. Crust. Biol.* 9: 482–491.
- Calderón-Pérez JA, Macías-Regalado E, Rendón-Rodríguez S. 1989b. Clave de identificación para los estadios de postlarva y primeros juveniles de camarón del género *Penaeus* (Crustacea: Decapoda) del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.* 15(3): 57–70.
- Castillo-Moreno G. 1999. Efecto de algunas variables sobre la abundancia relativa de postlarvas de camarón del género *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus* (Crustacea: Decapoda) en el Alto Golfo de California. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 74 pp.
- Cudney-Bueno R, Turk-Boyer PJ. 1998. Pescando entre Mareas del Alto Golfo de California. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos 7 Océanos, Puerto Peñasco, Sonora, México, 166 pp.
- Dall W, Hill BJ, Rothlisberg PC, Staples DJ. 1990. The biology of the Penaeidae. In: Blaxter JHS, Southward AJ (eds.), *Advances in Marine Biology*. Vol. 27. Academic Press, London, pp. 1–489.
- Del Valle I. 1989. Estrategia de explotación y producción en una laguna costera en México. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 266 pp.
- Galindo-Bect MS. 2003. Larvas y postlarvas de camarones peneidos en el Alto Golfo de California y capturas de camarón con relación al flujo del Río Colorado. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México, 146 pp.

- Galindo-Bect M, Glenn EP, Page HM, Fitzsimmons K, Galindo-Bect LA, Hernández-Ayón JM, Petty RL, García-Hernández J, Moore D. 2000. Penaeid shrimp landings in the Upper Gulf of California in relation to Colorado River freshwater discharge. *Fish. Bull.* 98: 222–225.
- García S. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. In: Rothlisberg PCB, Hill J, Staples DJ (eds.), *Second Australian National Prawn Seminar, NOS2*. Cleveland, Australia, pp. 139–158.
- Grijalva-Chon JM, Barraza-Guardado RH. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del género *Penaeus* en Bahía Kino y laguna de La Cruz, Sonora, México. *Cienc. Mar.* 18(3): 153–169.
- Hendrickx ME. 1996. Los Camarones Penaeoidea Bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico Mexicano. ICMYL-UNAM-CONABIO, México, 147 pp.
- Loesch H. 1980. Some ecological observations on slow-swimming nekton with emphasis on penaeid shrimp in a small Mexican west coast estuary. *Anal. Centro Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. Mex.* 7: 15–26.
- Mair JM. 1979. The identification of postlarvae of four species of *Penaeus* (Crustacea: Decapoda) from the Pacific Coast of Mexico. *J. Zool.* 188: 347–351.
- Manzano-Sarabia MM. 2003. Distribución y abundancia de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en el sistema lagunar de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, 76 pp.
- Medina-Reyna CE, Sánchez-Meraz B, Chávez-Otañez LA, Zayas-Alvarez A. 2001. ¿Qué tanto afecta el “Norte” a las postlarvas y juveniles de camarón en la laguna Mar Muerto. *Ciencia y Mar*, 5(14): 3–12.
- Pérez-Farfante I. 1969. Western Atlantic shrimp of the genus *Penaeus*. *Fish. Bull.* 67: 461–591.
- Pérez-Farfante I, Kensley B. 1997. Penaeoid and segestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. *Mem. Mus. Natl. Hist. Nat. (France)* 175: 1–233.
- Poli CR. 1983. Patrón de inmigración de postlarvas de *Penaeus* spp. (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) en la boca del Río Baluarte, Sinaloa, México. Tesis de doctorado, UACP/PCCH, UNAM, 182 pp.
- Ramírez-Rojo RA. 2001. Ecología de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el estuario del Río Colorado. Tesis de licenciatura, ITMAR 03, Guaymas, Sonora, 47 pp.
- Sánchez-Meraz B, Martínez-Vega JA. 2000. Inmigración de postlarvas de camarón *Litopenaeus* sp. y *Farfantepenaeus* sp. a través de la Boca el Oro del sistema lagunar Corralero-Alotengo, Oaxaca. *Ciencia y Mar* 4(12): 29–46.
- Snyder-Conn E, Brusca RC. 1975. Shrimp population dynamics and fishery impact in the northern Gulf of California. 1967–1968. *Cienc. Mar.*, 2(2): 54–67.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey, 662 pp.

*Recibido en septiembre de 2003;
recibido en su forma actual en septiembre de 2004;
aceptado en julio de 2005.*

Nota de Investigación/Research Note

Ecología de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el Estuario del Río Colorado

Postlarval ecology of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the Colorado River Estuary

RA Ramírez-Rojo, EA Aragón-Noriega*

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Unidad Sonora, Km 2.35 Camino al Tular, Estero Bacoichibampo, Guaymas 85454, Sonora, México. * E-mail: aaragon04@cibnor.mx

Resumen

Se describe el uso del hábitat por las postlarvas de camarones peneidos que ingresan al delta del Río Colorado. Se seleccionó una localidad en el Canal Santa Clara, dentro de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, donde se realizaron recolecciones durante tres días consecutivos de cada marea viva de mayo a octubre de 2000. Se ancló una red con luz de malla de 505 µm que se mantuvo en el agua 10 minutos cuando la altura de marea se encontraba a 1 m sobre el nivel del canal, tanto en el flujo como en reflujo. Se capturaron postlarvas de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* y camarón café *Farfantepenaeus californiensis* con proporciones de 80% y 20%, respectivamente. La abundancia de postlarvas de camarón azul fue significativamente mayor en el flujo que en reflujo en mayo, junio y septiembre, pero significativamente mayor en el reflujo que en el flujo en julio y agosto. Las tallas de las postlarvas de camarón azul fueron significativamente mayores en el reflujo que en el flujo. En las postlarvas de camarón café no se encontró diferencia entre la abundancia del flujo y el reflujo. Se concluye que el delta del Río Colorado, es un área de crianza sólo de camarón azul y no para camarón café.

Palabras clave: postlarvas, camarón, Río Colorado, *Litopenaeus stylirostris*, *Farfantepenaeus californiensis*.

Abstract

The study describes habitat use by penaeid shrimp larvae that enter the Colorado River Delta. A location was chosen in the Santa Clara Channel in the core zone of the Upper Gulf of California and Colorado River Delta Biosphere Reserve, where collections were done during three consecutive days of each spring tide from May to October 2000. A 505-µm net was anchored and left in the water for 10 minutes when the height of the tide was 1 m above the level of the channel, during both flood tide and ebb tide. Blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) postlarvae were caught in proportions of 80% and 20%, respectively. The postlarval abundance of blue shrimp was significantly greater during flood tide than during ebb tide in May, June and September, but significantly greater during ebb tide than during flood tide in July and August. The blue shrimp postlarval sizes were significantly greater during ebb tide than during flood tide. No differences in the abundance of brown shrimp postlarvae were found between flood and ebb tides. It is concluded that the Colorado River Delta is a breeding area for blue shrimp, but not for brown shrimp.

Key words: postlarvae, shrimp, Colorado River, *Litopenaeus stylirostris*, *Farfantepenaeus californiensis*.

Introducción

El camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y el azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1874) se distribuyen en la región zoogeográfica del Pacífico oriental, desde Estados Unidos hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos y el Golfo de California, el primero, y desde el Alto Golfo de California hasta Perú, el segundo (Hendrickx 1996).

Todos los miembros conocidos de la familia Penaeidae tienen un ciclo de vida similar: larvas planctónicas con estadios nauplius, protozoa, mysis y postlarva, seguidos de estadios juvenil y adulto (Dall *et al.* 1990). La gran diferencia entre géneros consiste en los hábitat preferidos por las postlarvas, juveniles y adultos, los cuales pueden ser estuarios y lagunas costeras, la plataforma continental o el océano.

Introduction

The brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) and blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1874) are distributed in the eastern Pacific, from the United States to Peru, including the Galapagos Islands and the Gulf of California, and from the northern Gulf of California to Peru, respectively (Hendrickx 1996).

All the known members of the family Penaeidae have a similar life cycle: planktonic larval stages, including nauplius, protozoa, mysis and postlarva, followed by juvenile and adult stages (Dall *et al.* 1990). The great difference among genera lies in the habitat preferred by the postlarvae, juveniles and adults, be it estuaries or coastal lagoons, continental or oceanic shelves.

Dall *et al.* (1990) mencionan que la base para clasificar el ciclo de vida de los peneidos es el ambiente en el cual desovan los adultos y el que usan las postlarvas para asentarse, distinguiendo cuatro tipos de ciclo de vida con la aclaración de que puede haber traslapo entre ellos.

Para el caso de este estudio es necesaria la descripción de los ciclos de vida "tipo 2" y "tipo 3". En el ciclo de vida tipo 2 la vida adulta y la fase reproductora transcurren en el hábitat oceánico (entre mar adentro y la plataforma continental). Los huevos son expulsados por la hembra al medio marino donde transcurren los cuatro estadios larvales. Las postlarvas de las especies que presentan este ciclo de vida utilizan ambientes estuarinos para asentarse, pasan por el estadio juvenil y migran al océano en su estadio preadulto. En el ciclo de vida tipo 3 los adultos y larvas ocupan hábitat netamente oceánicos y las postlarvas y juveniles costeros, pero no estuarinos (Dall *et al.* 1990). Estos mismos autores mencionan que la mayoría de las especies del género *Penaeus* y *Metapenaeus* presentan ciclo de vida tipo 2.

Los miembros del género *Penaeus* fueron divididos por Pérez-Farfante (1969) en cuatro subgéneros: *Litopenaeus*, *Penaeus*, *Melicertus* y *Fenneropenaeus*. Posteriormente Burukovsky (1972) clasificó como *Farfantepeneus* a *Melicertus*. Pérez-Farfante y Kensley (1997) elevaron a rango de género los subgéneros *Litopenaeus* y *Farfantepeneus*. Considerando la nueva nomenclatura, las especies que presentan un ciclo de vida tipo 2 están incluidas en los géneros *Litopenaeus* y *Farfantepeneus*.

Para facilitar comparaciones, García (1985) separó los camarones de género *Penaeus* en blancos (*Litopenaeus*; ciclo de vida tipo 2) y oscuros (*Farfantepeneus*; ciclo de vida tipo 3). Hacemos notar que esta clasificación fue hecha antes de Pérez-Farfante y Kensley (1997). García (1985) incluyó a *L. stylirostris* entre los camarones blancos y a *F. californiensis* entre los oscuros. Después de esto, los ciclos de vida de las especies nunca más han sido cuestionados.

En una revisión bibliográfica de la presencia de camarón café y azul en las lagunas costeras del litoral mexicano encontramos que en Huizache-Caimanero, Sinaloa, las postlarvas penetran por las bocas del sistema, pero posteriormente no se capturan los juveniles en el interior (Poli 1983, Del Valle 1989). En el interior de la laguna costera Mar Muerto, Oaxaca, se han encontrado juveniles de camarón café (Medina-Reyna *et al.* 2001) y por la boca El Oro del sistema Corralero-Alotengo, Oaxaca, se ha registrado la entrada de postlarvas de esta especie (Sánchez-Meraz y Martínez-Vega 2000). En las lagunas costeras de Sonora (esteros El Soldado y La Cruz y Agiabampo) durante todo el año se han encontrado juveniles de camarón café mayores a 100 mm de longitud total. En Estero La Cruz y Agiabampo se registró ingreso de postlarvas (Loesch 1980, Grijalva-Chon y Barraza-Guardado 1992, Manzano-Sarabia 2003). Con lo anterior se puede concluir que el camarón café del Pacífico mexicano presenta un traslapo entre los ciclos de vida tipo 2 y 3, lo que aparentemente sucede de manera diferenciada con respecto a la latitud: en algunos

Dall *et al.* (1990) mention that the basis for classifying the life cycle of penaeids is the environment in which the adults spawn and the postlarvae settle. They distinguish four types of life cycles, but clarify that overlapping may occur among them.

The description of the type 2 and type 3 life cycles is necessary for the purpose of this study. In the type 2 life cycle, the adult life and reproductive phase occur in an oceanic habitat (between the open sea and the continental shelf). The eggs are ejected by the female into the marine environment where they reach the four larval stages. The postlarvae of the species that present this life cycle use estuarine environments to settle and pass through the juvenile stage, and then migrate into the ocean in their preadult stage. In the type 3 life cycle, adults and larvae occupy a completely oceanic habitat, and postlarvae and juveniles inhabit coastal, but not estuarine, environments (Dall *et al.* 1990). These authors mention that most species of the genus *Penaeus* and *Metapenaeus* have a type 2 life cycle.

The members of the genus *Penaeus* were divided by Pérez-Farfante (1969) into four subgenera: *Litopenaeus*, *Penaeus*, *Melicertus* and *Fenneropenaeus*. Subsequently, Burukovsky (1972) classified *Melicertus* as *Farfantepeneus*. Pérez-Farfante and Kensley (1997) raised the subgenera *Litopenaeus* and *Farfantepeneus* to the genus level. Considering the new nomenclature, the species that present a type 2 life cycle are included in the genera *Litopenaeus* and *Farfantepeneus*.

To facilitate comparisons, García (1985) separated the shrimp of the genus *Penaeus* into white *Litopenaeus* (type 2 life cycle) and dark *Farfantepeneus* (type 3 life cycle). Note that this classification was done before Pérez-Farfante and Kensley (1997). García (1985) included *L. stylirostris* within the white shrimp and *F. californiensis* within the dark. After this, the species' life cycles were never questioned.

In a bibliographical review of the presence of brown and blue shrimp in Mexican coastal lagoons, we found that in Huizache-Caimanero, Sinaloa, postlarvae enter through the mouths of this system, but afterwards, juveniles are not caught within the lagoon (Poli 1983, Del Valle 1989). In Oaxaca, brown shrimp juveniles have been found inside the Mar Muerto coastal lagoon (Medina-Reyna *et al.* 2001), and postlarvae of this species have been recorded in the El Oro mouth of the Corralejo-Alotengo system (Sánchez-Meraz and Martínez-Vega 2000). In the coastal lagoons of Sonora (El Soldado and La Cruz estuaries, and Agiabampo), brown shrimp juveniles greater than 100 mm total length have been found throughout the year. In La Cruz estuary and Agiabampo, the entry of postlarvae has been recorded (Loesch 1980, Grijalva-Chon and Barraza-Guardado 1992, Manzano-Sarabia 2003). Based on this, it can be concluded that the brown shrimp of the Mexican Pacific presents an overlap between type 2 and type 3 life cycles, apparently differentiated by the latitudinal gradient, presenting a type 2 life cycle at some sites and a type 3 at others. It is important to define the life cycle of this species in a particular region to establish its breeding area at the site currently under study.

sitios se presenta como tipo 2 y en otros como tipo 3. Es importante definir el ciclo de vida de esta especie en una zona determinada para establecer su área de crianza en el sitio de estudio.

El Estuario del Río Colorado (ERC) se encuentra localizado en la parte más norteña del Golfo de California, dentro de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (RBAGCDRC). Esta zona es considerada de gran importancia para la crianza de camarón y otras especies que dependen de los estuarios (Cudney-Bueno y Turk-Boyer 1998, Galindo-Bect *et al.* 2000). Snyder-Conn y Brusca (1975) concluyeron que no existe una descripción adecuada del ciclo de vida, ecología y patrón migratorio del camarón en el Alto Golfo de California. Desafortunadamente esta conclusión es aún vigente a pesar de que los esfuerzos de investigación sobre postlarvas de camarón se han incrementado en los últimos diez años. A partir de estos estudios se han identificado bien las zonas de desove de los camarones (Aragón-Noriega 2000) y su periodo de mayor reclutamiento (Aragón-Noriega y García-Juárez 2002), así como las posibles rutas de transporte que siguen las larvas desde la zona de desove hasta el ERC (Calderón-Aguilera *et al.* 2003, Galindo-Bect 2003).

Actualmente dos tópicos se manifiestan como importantes en el estudio de postlarvas de camarón en el ERC: (1) describir el tipo de ciclo de vida de las especies que allí habitan y (2) aportar información cuantitativa de las especies que hacen uso del ERC como área de crianza. Reconociendo el valor que cada aportación representa para el acervo de conocimientos de esta importante área ecológica, el objetivo de este trabajo fue presentar datos cuantitativos sobre el uso que hacen las postlarvas de camarón azul (*L. stylirostris*) y camarón café (*F. californiensis*) del ERC.

Material y métodos

Se realizaron muestreos durante las mareas vivas del 30 de mayo al 12 de octubre de 2000 en el Canal Santa Clara, localizado en los límites de la zona núcleo de la RBAGCDRC (fig. 1). Las recolecciones se hicieron cada 15 días, durante tres días, recolectando solamente a una altura de marea de 1 m durante el flujo y el reflujos de la marea. Esto es que un equipo permaneció en el lugar de muestreo durante tres días continuos. En el Alto Golfo se presenta una marea semi-diurna (dos flujos y dos reflujos al día), por lo que se tienen de cuatro a seis muestreos tanto en flujo como en reflujos en cada campaña.

Se utilizó una red de plancton con un tamaño de malla de 505 μm y boca circular de 62 cm de diámetro equipada con un flujómetro mecánico y atada a una embarcación menor que permaneció anclada en el Canal Santa Clara. La red permaneció en el agua durante 10 minutos cuando la marea tenía una altura de 1 m sobre el fondo del canal. Las muestras recolectadas se depositaron en frascos de 500 mL y se fijaron con formol al 4% neutralizado con borato de sodio, y posteriormente se preservaron en alcohol isopropílico al 70%.

The Colorado River Estuary (CRE) is located in the northernmost part of the Gulf of California, within the core zone of the Upper Gulf of California and Colorado River Delta Biosphere Reserve (UGCCRDBR). This region is considered of great importance for breeding shrimp and other estuarine-dependent species (Cudney-Bueno and Turk-Boyer 1998, Galindo-Bect *et al.* 2000). Snyder-Conn and Brusca (1975) concluded that an adequate description of the life cycle, ecology and migration pattern of shrimp in the northern Gulf of California was lacking. Unfortunately this conclusion is still valid even though research efforts on shrimp postlarvae have increased in the past ten years. As a result of these studies, shrimp spawning zones are now well located (Aragón-Noriega 2000), their recruitment period has been determined (Aragón-Noriega and García-Juárez 2002), and the possible transport routes followed by larvae from the spawning zone into the ERC have been established (Calderón-Aguilera *et al.* 2003, Galindo-Bect 2003).

Two topics are currently considered important in studies on postlarval shrimp in the CRE: (1) describing the type of life cycle of the species that inhabit the CRE, and (2) providing quantitative information on the species that use the CRE as a breeding area. In view of the contribution made by diverse studies to the knowledge of this important ecological area, the objective of this work was to present quantitative data on the use made of the CRE by blue shrimp (*L. stylirostris*) and brown shrimp (*F. californiensis*).

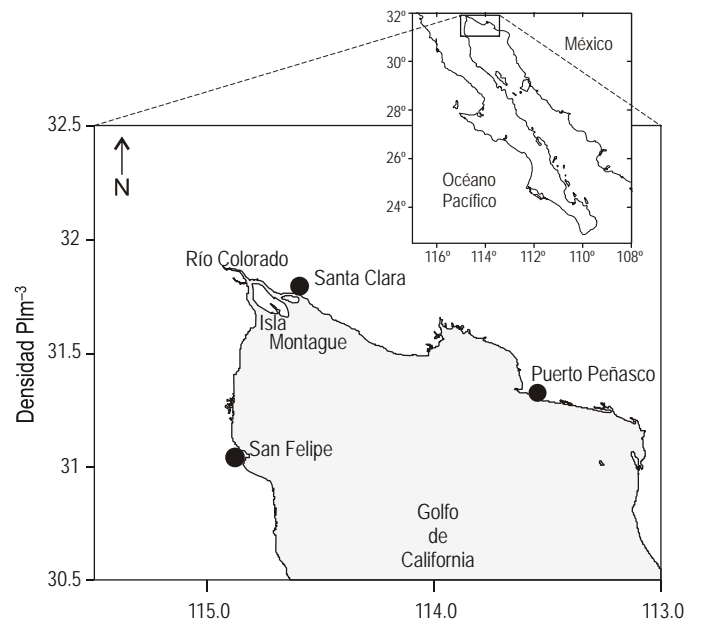


Figura 1. Área de estudio. El área del reclutamiento corresponde al Canal Santa Clara, en la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California-Delta del Río Colorado.

Figure 1. Study area. The recruitment area corresponds to the Santa Clara Channel, in the Upper Gulf of California and Colorado River Delta Biosphere Reserve (Mexico).

De las muestras recolectadas en el campo se separaron sólo las postlarvas de camarón y el resto se regresó al frasco de muestra. Una vez separadas se contaron en su totalidad y se tomó una submuestra de 100 organismos para obtener la longitud total (del margen anterior del rostrum al extremo posterior del telson) de las postlarvas con un micrómetro montado en un microscopio compuesto utilizando los objetivos 10× y 20×. La identificación se realizó siguiendo las claves propuestas por Mair (1979) y Calderón-Pérez *et al.* (1989a, 1989b). Se utilizaron también los organismos de referencia cultivados por Aragón-Noriega (2000).

Se hizo un análisis de varianza de dos factores en el que la variable considerada independiente fue la abundancia. Como factor I se consideró las especies y como factor II el estado de la marea (flujo vs. reflujó). De igual forma, se hizo un análisis considerando la longitud total como la variable independiente. Posteriormente la longitud de las postlarvas de camarón azul se comparó de acuerdo al estado de la marea y el ciclo diurno (noche vs. día). El análisis de varianza se realizó con un 95% de confiabilidad y cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba Tukey (Zar, 1996).

Resultados

A lo largo del periodo de muestreo se encontraron sólo dos especies de camarones peneidos, camarón azul y camarón café, siendo más abundantes en el ERC las postlarvas (PI) de camarón azul ($F_{(1,120)} = 178$; $P < 0.0001$) que las de camarón café. La abundancia media (\pm intervalo de confianza al 95% de significancia) de camarón azul fue de 53 (± 16) PI m⁻³, mientras que la de camarón café fue de 10 (± 3) PI m⁻³ (fig. 2). En la figura 2 se sintetiza la abundancia de postlarvas de ambas especies de acuerdo al estado de la marea (flujo o reflujó), siendo mayor la abundancia de postlarvas de camarón azul

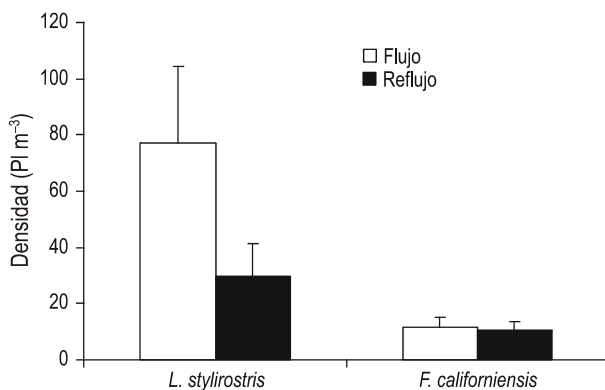


Figura 2. Abundancia media de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) durante flujo y reflujó de todos los muestreos. La barra es el intervalo de confianza del promedio al 95%.

Figure 2. Mean abundance of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) postlarvae during flood and ebb tides in all the samplings. The bar is the mean at 95% confidence interval.

Material and methods

The samplings were done during spring tides from 30 May to 12 October 2000 in the Santa Clara Channel, located within the limits of the core zone of the UGCCRDBR (fig. 1). The collections were done during three days every fortnight, collecting only at a tide height of 1 m during flood and ebb tides. A collection team thus remained for three continuous days in the study area, where the tidal regime is semidiurnal (two floods and two ebbs per day). Hence, from four to six samplings were made in both flood tide and ebb tide during each campaign.

A plankton net with a 505- μ m mesh and a circular mouth of 62-cm diameter was used. It was equipped with a mechanical flowmeter and tied to a small boat that remained anchored in the Santa Clara Channel. The net remained in the water during 10 minutes when the tide had a height of 1 m above the channel bottom. The samples collected were placed in 500-mL jars and fixed with formaldehyde (4%), neutralized with sodium borate, and subsequently preserved in isopropyl alcohol (70%).

From the samples collected in the field, only shrimp postlarvae were separated; the rest was returned to the sampling jar. Once separated, their total number was counted and a subsample of 100 organisms was taken to obtain the total length (from the anterior margin of the rostrum to the posterior extreme of the telson) of the postlarvae. These measurements were obtained with a micrometer mounted on a compound microscope using 10× and 20× objectives. The identification was done following the keys proposed by Mair (1979) and Calderón-Pérez *et al.* (1989a, 1989b). The reference organisms cultured by Aragón-Noriega (2000) were also used.

A two factor variance analysis was done in which abundance was considered the independent variable. The species were considered as factor I and the condition of the tide (flood tide vs ebb tide), as factor II. It was also done considering total length as the independent variable. The lengths of the blue shrimp postlarvae were then compared according to the condition of the tide and to the diurnal cycle (night vs day). The variance analysis was done with a 95% confidence interval and in the cases where significant differences were found, the Tukey test (Zar 1996) was used.

Results

Only two penaeid shrimp species, *L. stylirostris* and *F. californiensis*, were found throughout the sampling period. Blue shrimp postlarvae (PI) were more abundant ($F_{(1,120)} = 178$; $P < 0.0001$) than brown shrimp postlarvae in the CRE: the mean abundance (\pm the confidence interval at 95% significance) of the former was 53 \pm 16 PI m⁻³, while that of the latter was 10 \pm 3 PI m⁻³ (fig. 2). The abundance of both species is synthesized in figure 2 according to the condition of the tide (flood or ebb). As can be seen, the abundance of blue shrimp postlarvae was greater ($F_{(1,120)} = 53$; $P < 0.0001$) during flood tide (77 \pm 27 PI m⁻³) than during ebb tide (30 \pm 11 PI m⁻³).

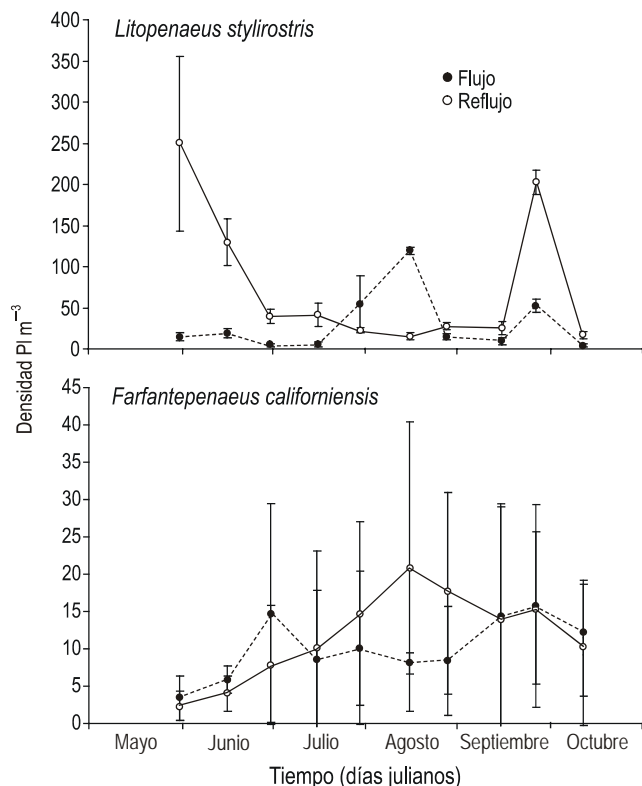


Figura 3. Variación de la abundancia media de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), durante todo el periodo de muestreo en el Estuario del Río Colorado. La barra es el intervalo de confianza del promedio al 95 %. La fecha es el día de inicio de cada campaña de 3 días. Note el cambio de escala entre especies.

Figure 3. Variation in mean abundance of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) and brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) postlarvae, during all the sampling period in the Colorado River Estuary. The bar is the mean at 95% confidence interval. The date corresponds to the first day of each 3-day campaign. Note the change in scale between species.

($F_{(1,120)} = 53$; $P < 0.0001$) en el flujo ($77 \pm 27 \text{ Pl m}^{-3}$) que en el reflujo ($30 \pm 11 \text{ Pl m}^{-3}$), mientras que las postlarvas de camarón café no presentaron diferencia significativa entre flujo ($12 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$) y reflujo ($11 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$).

El mayor reclutamiento se presentó en mayo-junio y septiembre (fig. 3). En todas las campañas de muestreo, excepto en julio y agosto, las postlarvas de camarón azul fueron más abundantes durante el flujo que en el reflujo, mientras que las de camarón café no presentaron diferencias entre flujo y reflujo en todo el periodo de muestreo.

Durante todo el periodo de recolección el tamaño medio de las postlarvas del camarón azul fue de $8 \pm 0.79 \text{ mm}$, mientras que el de las postlarvas de camarón café fue de $9 \pm 0.87 \text{ mm}$. En la figura 4 se presentan las tallas medias de las postlarvas capturadas en el ERC durante el flujo, el reflujo, el día y la noche, a lo largo de todo el periodo de muestreo. Las variaciones en talla evidencian un patrón de comportamiento de las postlarvas para entrar y/o salir del ERC: las postlarvas más

Brown shrimp postlarvae did not show a significant difference between flood tide ($12 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$) and ebb tide ($11 \pm 3 \text{ Pl m}^{-3}$).

Greater recruitment occurred in May/June and September (fig. 3). In all the sampling campaigns, except in July and August, blue shrimp postlarvae were more abundant during flood tide than during ebb tide. Brown shrimp did not present differences between the flood and ebb tides in all the sampling period.

Throughout the sampling period, the mean size of blue shrimp postlarvae was $8 \pm 0.79 \text{ mm}$, while that of brown shrimp postlarvae was $9 \pm 0.87 \text{ mm}$. The mean sizes of the postlarvae caught in CRE during flood and ebb tides, day and night, during all the collection period are shown in figure 4. The size variations indicate their behavior for entering and/or leaving the CRE: the largest postlarvae move during the night and the smaller ones, during the day.

Discussion

In the CRE, *L. stylirostris* presents a type 2 life cycle and *F. californiensis* a type 3 (according to the definition proposed by Dall *et al.* 1990). Therefore, the former does use the CRE as a breeding area, while the latter shows less possibility of using this zone for breeding purposes.

In previous studies, June and July have been mentioned as the months of greater recruitment into the coastal area (Aragón-Noriega and García-Juárez 2002) and the CRE (Ramírez-Rojo 2001). In the coastal area of the Gulf of Santa Clara, Calderón-Aguilera *et al.* (2002) found a similar mean abundance of brown and blue shrimp postlarvae, ranging from 1 Pl m^{-3} in 1995 to 151 Pl m^{-3} in 1996. In this study, mean abundances of 50 and 10 Pl m^{-3} were recorded for *L. stylirostris* and *F. californiensis*, respectively, throughout the collection period in the CRE. This may indicate that

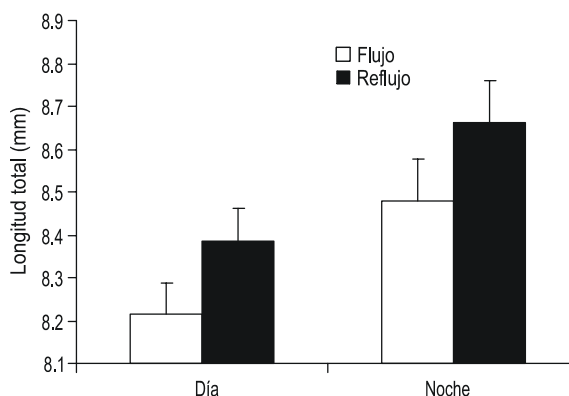


Figura 4. Promedio ± 1.96 *error estándar de la longitud total (mm), en el flujo y reflujo de día y de noche, de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*).

Figure 4. Mean ± 1.96 *standard error of the total length (mm), in day and night flood and ebb tides, of blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) postlarvae.

grandes se mueven por la noche y las más pequeñas lo hacen en el día.

Discusión

De acuerdo con la definición de ciclos de vida propuesta por Dall *et al.* (1990), en el ERC el camarón azul presenta un ciclo de vida tipo 2 y el camarón café presenta uno tipo 3, por lo que se deduce que el camarón azul utiliza esta zona como área de crianza, mientras que el camarón café presenta menor posibilidad de usar el ERC con estos fines.

En estudios anteriores se ha mencionado que en junio y julio ocurre el mayor reclutamiento de camarón al área litoral (Aragón-Noriega y García-Juárez 2002) y al ERC (Ramírez-Rojo 2001). En la zona litoral del Golfo de Santa Clara, Calderón-Aguilera *et al.* (2002) encontraron una abundancia media similar de postlarvas de camarón café y azul que varió de 1 Pl m⁻³ en 1995 hasta 151 Pl m⁻³ en 1996. En este estudio se encontró una abundancia media de 50 Pl m⁻³ de *L. stylirostris* a lo largo de todo el periodo de recolección, mientras que la abundancia media de *F. californiensis* fue de 10 Pl m⁻³ en el ERC. Esto puede indicar, en primer lugar, que la abundancia varía anualmente, pero al no encontrar diferencias en la abundancia de cada especie para un mismo sitio y año (Calderón-Aguilera *et al.* 2002) también sugiere que la diferencia puede ser además entre sitios. Si en la zona marina no hay diferencias en la abundancia de postlarvas y en el canal del estuario éstas sí se presentan, es posible que las postlarvas (en este caso de camarón azul) viajen hasta ese sitio para asentarse y completar su ciclo de vida. La presencia de postlarvas de camarón café en la zona estuarina posiblemente sea causada por una advección pasiva, lo que se deduce de que su abundancia durante el flujo no fue significativamente diferente a la del reflujó en una misma marea viva a lo largo del periodo de muestreo.

Aplicando el mismo criterio de las diferencias en la abundancia de las postlarvas de camarón azul durante el flujo y el reflujó, encontramos que las diferencias sí fueron significativamente mayores en los flujos por lo que se puede sugerir que el ERC es un lugar de crianza para el camarón azul, pero no para el camarón café.

Ahora bien, todo lo anterior es válido si la ruta de entrada y salida de las postlarvas es la misma, esto es, que el sitio seleccionado para la recolección realmente refleja el hecho de que las postlarvas entran y salen en las cantidades aquí encontradas y no presentan una ruta de entrada diferente a la de salida que pudiera sesgar los datos.

Otro aspecto de particular importancia fueron las longitudes de camarón azul encontradas tanto en el flujo diurno y nocturno como en el reflujó diurno y nocturno. En los resultados se observa que las postlarvas de tallas grandes salen del estuario hacia el mar durante la noche. En cambio, las postlarvas de menor talla lo hacen durante el día. No se tienen elementos para asegurar que ésta sea una estrategia de defensa ante depredadores o que la diferencias encontradas en las tallas

abundance varies annually, but since no difference in the abundance of each species was found for a same site and year (Calderón-Aguilera *et al.* 2002), it also suggests that the difference may be between sites. If differences in postlarval abundance do not occur in the marine zone but do occur in the estuary channel, then the postlarvae, in this case of blue shrimp, probably travel up to this site to settle and complete their life cycle. Since the abundance of brown shrimp during flood tide was not significantly different to that during ebb tide in a same spring tide throughout the period, their presence in the estuary zone may be due to passive advection.

Applying the same criterion of differences in the abundance of blue shrimp postlarvae during flood and ebb tides, we found that they were in fact significantly greater during the former, so it may be suggested that the CRE is a breeding place for blue shrimp, but not for brown shrimp.

Now, all that mentioned above is valid if the postlarvae use the same route to enter and exit the Santa Clara Channel; that is, that the site chosen for the collection really reflects the fact that postlarvae enter and leave in the quantities found here, since the use of different routes may skew the data.

Another aspect of particular importance concerns the lengths recorded for blue shrimp in diurnal and nocturnal flood tide, as well as in diurnal and nocturnal ebb tide. The results show that large postlarvae leave the estuary towards the sea during the night, while those of a smaller size do so during the day. There are no elements for a deep discussion on this point, so it is not possible to affirm whether the size difference related to the tidal (flood and ebb tides) and diurnal (day and night) rhythms is a defense strategy against predators or simply a casualty.

The differences in postlarval length observed during flood and ebb tides may be further evidence that the postlarvae of blue shrimp use the CRE as a breeding zone, while those of brown shrimp do not, since the sizes recorded for the latter were similar during both tides. Blue shrimp postlarvae enter the CRE when small (8 mm total length) and leave when they are larger (9 mm total length), that is, after a growing period.

The size difference found between the postlarvae of both species is another important point for discussion. Specifically, in this study we systematically found greater sizes of brown shrimp postlarvae than of blue shrimp postlarvae, as opposed to the larger blue shrimp sizes reported by other authors for the area (Castillo-Moreno 1999, Aragón-Noriega and Calderón-Aguilera 2001). It is important to note that these authors present data from the coastline, so it may be that the postlarvae found during the samplings of this study, corresponding to the estuary, reach the area when they have attained larger sizes. Since the size data given by those authors were obtained in different years than those reported herein, the size difference may be due to a difference in the spawning periods of the species in that year in particular; that is, in 2000 the blue shrimp may have spawned after the brown shrimp, whose growth rate is lower (Aragón-Noriega and Calderón-Aguilera 2001). If both species had spawned at the same time, the blue

con relación a los ritmos de marea (flujo, reflujo) y diurno (día, noche) sea un simple hecho casual.

Las diferencias en longitud encontradas en las postlarvas durante flujo y reflujo pueden ser una evidencia más para afirmar que las postlarvas de camarón azul utilizan el ERC como zona de crianza, al igual que evidenciaron que las postlarvas de camarón café no lo hacen dadas las tallas similares encontradas en sus postlarvas durante el flujo y el reflujo. Las postlarvas de camarón azul entran pequeñas (8 mm de longitud total) al ERC y salen más grandes (9 mm de longitud total), es decir, que salen del estuario después de un cierto periodo de crecimiento.

Las diferencias de talla encontradas entre las postlarvas de ambas especies es otro punto importante a discusión, dado que las tallas de camarón café encontradas fueron sistemáticamente mayores que las de camarón azul, a diferencia de lo reportado hasta el momento por otros autores en la zona (Castillo-Moreno 1999, Aragón-Noriega y Calderón-Aguilera 2001), quienes encontraron tallas mayores de camarón azul que de camarón café. Cabe señalar que estos autores presentan datos de la zona de rompiente de playa, por lo que es posible que las postlarvas capturadas durante los muestreos del presente estudio, que corresponden al área del estuario, lleguen a éste una vez que han alcanzado tallas más grandes. Como los datos de tallas referidos por esos autores fueron obtenidos en años diferentes al de este estudio, es posible que la diferencia en tallas se deba a una diferencia en los periodos de desove de las especies en cada año en particular. Esto es que, particularmente en 2000, el camarón azul haya desovado después que el camarón café, cuya tasa de crecimiento es menor (Aragón-Noriega y Calderón-Aguilera 2001). Si el desove de ambas especies se hubiera presentado al mismo tiempo, las postlarvas de camarón azul serían mayores por tener mayor tasa de crecimiento.

Como conclusión del presente estudio se establece que el ERC es un área de crianza solamente para el camarón azul y no para el camarón café, mientras que en el área del delta del Río Colorado el camarón café tiene un ciclo de vida tipo 3 y el camarón azul tiene un ciclo tipo 2.

Agradecimientos

El presente estudio fue financiado con fondos regulares (EP 1.2 y AYCG 20) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Agradecemos a Edgar Alcántara-Razo su apoyo técnico.

Referencias

- Aragón-Noriega EA. 2000. Ecología del reclutamiento del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) en el Alto Golfo de California. Tesis de doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 117 pp.
- Aragón-Noriega EA, Calderón-Aguilera LE. 2001. Age and growth of shrimp postlarvae in the Upper Gulf of California. *Aqua, J. Ichthyol. Aquat. Biol.* 4: 99–104.
- Aragón-Noriega EA, García-Juárez AR. 2002. Reclutamiento de postlarvas de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson,

shrimp postlarvae would be larger because of their greater growth rate.

In conclusion, it is established that the Colorado River Delta is a breeding area only for the blue shrimp, but not for the brown shrimp, and that the former has a type 2 life cycle and the latter a type 3.

Acknowledgements

This study received financial support through the regular budget (EP 1.1 and AYCG 20) of the Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Thanks to Edgar Alcántara-Razo for technical support.

English translation by the authors.

- 1871) a condiciones antiestuarinas provocadas por actividades antropogénicas. *Hidrobiológica* 12: 37–46.
- Burukovsky RN. 1972. Nekotorye voprosy sistemiki i rasprostraneniya krevetok roda *Penaeus*. Rybokhozyaistvennye issledovaniya v Atlanticheskome okeane. (Some problems of the systematics and distribution of shrimps of the genus *Penaeus*.) *Trudy AtlantNIRO, Kaliningrad*, 2: 3–21.
- Calderón-Aguilera LE, Aragón-Noriega EA, Licón HA, Castillo-Moreno G, Maciel-Gómez A. 2002. Abundance and composition of penaeid postlarvae in the Upper Gulf of California. In: Hendrickx ME (ed.), *Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, pp. 281–291.
- Calderón-Aguilera LE, Marinone SG, Aragón-Noriega EA. 2003. Influence of oceanographic processes on the early life stages of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) in the Upper Gulf of California. *J. Mar. Syst.* 39: 117–128.
- Calderón-Pérez JA, Macías-Regalado E, Abreu-Grobois FA, Rendón-Rodríguez S. 1989a. Antennular flagella: A useful character for distinguishing subgenera among postlarval shrimp of the genus *Penaeus* (Decapoda) from the Gulf of California. *J. Crust. Biol.* 9: 482–491.
- Calderón-Pérez JA, Macías-Regalado E, Rendón-Rodríguez S. 1989b. Clave de identificación para los estadios de postlarva y primeros juveniles de camarón del género *Penaeus* (Crustacea: Decapoda) del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.* 15(3): 57–70.
- Castillo-Moreno G. 1999. Efecto de algunas variables sobre la abundancia relativa de postlarvas de camarón del género *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus* (Crustacea: Decapoda) en el Alto Golfo de California. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 74 pp.
- Cudney-Bueno R, Turk-Boyer PJ. 1998. Pescando entre Mareas del Alto Golfo de California. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos 7 Océanos, Puerto Peñasco, Sonora, México, 166 pp.
- Dall W, Hill BJ, Rothlisberg PC, Staples DJ. 1990. The biology of the Penaeidae. In: Blaxter JHS, Southward AJ (eds.), *Advances in Marine Biology*. Vol. 27. Academic Press, London, pp. 1–489.
- Del Valle I. 1989. Estrategia de explotación y producción en una laguna costera en México. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 266 pp.
- Galindo-Bect MS. 2003. Larvas y postlarvas de camarones peneidos en el Alto Golfo de California y capturas de camarón con relación al flujo del Río Colorado. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México, 146 pp.

- Galindo-Bect M, Glenn EP, Page HM, Fitzsimmons K, Galindo-Bect LA, Hernández-Ayón JM, Petty RL, García-Hernández J, Moore D. 2000. Penaeid shrimp landings in the Upper Gulf of California in relation to Colorado River freshwater discharge. *Fish. Bull.* 98: 222–225.
- García S. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. In: Rothlisberg PCB, Hill J, Staples DJ (eds.), *Second Australian National Prawn Seminar, NOS2*. Cleveland, Australia, pp. 139–158.
- Grijalva-Chon JM, Barraza-Guardado RH. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del género *Penaeus* en Bahía Kino y laguna de La Cruz, Sonora, México. *Cienc. Mar.* 18(3): 153–169.
- Hendrickx ME. 1996. Los Camarones Penaeoidea Bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico Mexicano. ICMYL-UNAM-CONABIO, México, 147 pp.
- Loesch H. 1980. Some ecological observations on slow-swimming nekton with emphasis on penaeid shrimp in a small Mexican west coast estuary. *Anal. Centro Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. Mex.* 7: 15–26.
- Mair JM. 1979. The identification of postlarvae of four species of *Penaeus* (Crustacea: Decapoda) from the Pacific Coast of Mexico. *J. Zool.* 188: 347–351.
- Manzano-Sarabia MM. 2003. Distribución y abundancia de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en el sistema lagunar de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, 76 pp.
- Medina-Reyna CE, Sánchez-Meraz B, Chávez-Otañez LA, Zayas-Alvarez A. 2001. ¿Qué tanto afecta el “Norte” a las postlarvas y juveniles de camarón en la laguna Mar Muerto. *Ciencia y Mar*, 5(14): 3–12.
- Pérez-Farfante I. 1969. Western Atlantic shrimp of the genus *Penaeus*. *Fish. Bull.* 67: 461–591.
- Pérez-Farfante I, Kensley B. 1997. Penaeoid and segestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. *Mem. Mus. Natl. Hist. Nat. (France)* 175: 1–233.
- Poli CR. 1983. Patrón de inmigración de postlarvas de *Penaeus* spp. (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) en la boca del Río Baluarte, Sinaloa, México. Tesis de doctorado, UACP/PCCH, UNAM, 182 pp.
- Ramírez-Rojo RA. 2001. Ecología de postlarvas de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el estuario del Río Colorado. Tesis de licenciatura, ITMAR 03, Guaymas, Sonora, 47 pp.
- Sánchez-Meraz B, Martínez-Vega JA. 2000. Inmigración de postlarvas de camarón *Litopenaeus* sp. y *Farfantepenaeus* sp. a través de la Boca el Oro del sistema lagunar Corralero-Alotengo, Oaxaca. *Ciencia y Mar* 4(12): 29–46.
- Snyder-Conn E, Brusca RC. 1975. Shrimp population dynamics and fishery impact in the northern Gulf of California. 1967–1968. *Cienc. Mar.*, 2(2): 54–67.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey, 662 pp.

*Recibido en septiembre de 2003;
recibido en su forma actual en septiembre de 2004;
aceptado en julio de 2005.*