

# Reclutamiento de postlarvas de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) a condiciones antiestuarinas provocadas por actividades antropogénicas

## Postlarvae recruitment of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) in antiestuarin conditions due to anthropogenic activities

Eugenio Alberto Aragón Noriega<sup>1</sup>  
y Alma Rosa García Juárez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIBNOR, S. C. Unidad Guaymas. Apdo. Postal 349. C. P. 85400, Guaymas, Sonora. aaragon@cibnor.mx.  
<sup>2</sup>Centro Regional de Investigación Pesquera. Calle 20 No. 605 Sur C.P. 85400, Guaymas, Sonora.

---

Aragón Noriega, E. A. y A. R. García Juárez, 2002. Reclutamiento de postlarvas de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) a condiciones antiestuarinas provocadas por actividades antropogénicas. *Hidrobiológica* 12 (1): 37-46.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si existe relación estadística entre la descarga de agua dulce del Río Colorado, la abundancia relativa de postlarvas de camarón azul (*L. stylirostris*) y la captura comercial de camarón en la región del Alto Golfo de California (AGC). Para lograr el objetivo se obtuvieron los registros del gasto del Río Colorado de 1904 a 1998, y se colectaron postlarvas (PL) de camarón azul en San Felipe, B. C. cada catorce días de abril a noviembre de 1993, 1994 y 1997; del 12 - 27 de Julio de 1995 y del 29 de Junio al 16 de Julio de 1996. Como complemento se obtuvieron registros diarios por embarcación de la captura comercial de camarón del AGC de septiembre a diciembre de 1995 hasta 1998 para determinar la CPUE en kg/viaje. Las comparaciones se hicieron con la prueba LSD con  $\alpha = 0.05$ . Se encontraron dos grupos de abundancia de postlarvas con diferencias significativas ( $> 43 \text{ PLm}^{-3}$  y  $< 16 \text{ PLm}^{-3}$ ). La CPUE también presentó dos grupos con diferencias significativas, uno de 21.5 kg/viaje y otro  $< 18.2 \text{ kg/viaje}$ . Los grupos mayores tanto de CPUE como de abundancia de postlarvas coinciden con un gasto del río superior a  $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en 1993, 1997 y 1998 y los grupos menores se encontraron con gasto inferior a  $80 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en 1994 1995 y 1996. El incremento en la abundancia de postlarvas y captura comercial de camarón en los años con mayor descarga de agua dulce se debe probablemente a que ocurren dos efectos positivos en el hábitat: 1) el incremento de la capacidad de carga por la adición de nutrientes y 2) el volumen del hábitat. Se concluye que el camarón azul *L. stylirostris* puede utilizar las zonas hipersalinas del AGC como áreas de crianza en su etapa de postlarva, pero que el aporte de agua dulce del Río Colorado tiene un efecto positivo sobre la abundancia relativa de postlarvas y la captura comercial de camarón azul.

Palabras Clave: Reclutamiento, antiestuario, *Litopenaeus stylirostris*, Alto Golfo de California.

### ABSTARCT

The objective of this survey was to determine a statistic relation between freshwater discharge of the Colorado River, relative abundance of blue shrimp (*L. stylirostris*) postlarvae and commercial shrimp catch in the Upper Gulf of California (UGC). In order to get the objective we get records of the Colorado River flow from 1904 to 1998, we collected blue shrimp postlarvae (PL) in San Felipe, B. C. every fourteen days from April to November of 1993,

1994 and 1997; 12-27 of July of 1995 and from 29 of June to 16 July of 1996. We also get daily record per boat of the commercial shrimp catch in the UGC from September to December from 1995 to 1998 to determine the CPUE in kg/trip. The analysis were made using LSD test with a 0.05. We found two groups of postlarvae abundance with significant difference ( $> 43 \text{ PLm}^{-3}$  and  $< 16 \text{ PLm}^{-3}$ ). The CPUE also showed two significant groups one of 21.5 kg/trip and other  $< 18.2$  kg/trip. The higher values groups in CPUE and postlarvae abundance were on those years when river flow was larger than  $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  in 1993, 1997 and 1998. And the lower values groups were found when river flow was less than  $80 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  in 1994, 1995 and 1996. The increase in postlarvae abundance and commercial shrimp catch on those years when freshwater discharge were larger was likely because to positives effects on the habitat: 1) the increase of carrying capacity by nutrient addition and 2) the increase of the habitat volume. We conclude that blue shrimp *L. stylirostris* can use the high salinity areas like UGC as nursery in the postlarvae stage, but the freshwater discharge of the Colorado River have a positive effect on the abundance and commercial catch of blue shrimp.

**Key words:** Recruitment, antiestuarine, *Litopenaeus stylirostris*, Upper Gulf of California.

## INTRODUCCIÓN

En pesquerías de especies de ciclo de vida corto, como el camarón, los rendimientos de la temporada dependerán de la fuerza de la clase anual, y esto a su vez refleja el éxito o fracaso del reclutamiento (García y Le Reste, 1981). La fase de postlarva es clave para el reclutamiento, ya que de acuerdo a las condiciones de crianza que éstas encuentren será la fuerza de la clase anual que se reflejará en los volúmenes de captura comercial. Es por ello necesario adquirir mayor conocimiento sobre la biología y ecología de ese estadio de vida.

Existe evidencia de que el efecto de los factores ambientales sobre el reclutamiento de camarones peneidos es debido a cambios en las dimensiones físicas de las áreas de crianza, las cuales afectan positiva o negativamente la sobrevivencia de los estadios larvales. Entre los principales factores se encuentran las lluvias, medidas como descargas de ríos a las lagunas costeras, donde de acuerdo al modelo tradicional del ciclo de vida, entra el camarón en el estadio de postlarva (García, 1985; Gracia, 1989, 1991; Penn, 1984; Penn y Caputi, 1985, 1986).

En el Alto Golfo de California AGC se encuentra un área natural protegida decretada por el gobierno federal mexicano en junio de 1993 como: Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado RBAGCDRC ( $30^{\circ}09'20'' \text{ N}$   $114^{\circ}53'45'' \text{ W}$ ).

En esta región la marea presenta ciclos semidiurnos, con amplitud máxima de 6.95 m en San Felipe, B.C. (Lavín *et al.*, 1998) y hasta cerca de 10 m en el delta del Río Colorado, lo que ocasiona que debido a la baja pendiente del fondo se expongan franjas intermareales de hasta un kilómetro de ancho. Esto también provoca que las corrientes de marea sean muy fuertes y se efectúa una mezcla vertical intensa (Reyes y Lavín, 1997).

El clima de la zona es desértico continental con escasa lluvia, precipitación anual media de 68 mm en el Golfo de Santa Clara y 100 mm en San Felipe y baja humedad; la temperatura media ambiental para estas poblaciones es de  $21^{\circ}\text{C}$  y  $23^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Por las características de salinidad el AGC ha sido considerado como un enorme antiestuario (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Lavín *et al.*, 1998). Esta condición de antiestuario se debe básicamente al nulo aporte de agua dulce del Río Colorado ocasionado por la construcción de las presas en los Estados Unidos (Hoover y Glen Canyon principalmente). Sólo en períodos de intensas lluvias, principalmente durante eventos de El Niño y deshielos de las montañas en el vecino país del norte, el flujo se incrementa debido al desfogue de las presas construidas río arriba cambiando las condiciones del AGC a condiciones estuarinas (Nieto-García 1998, Lavín y Sánchez, 1999).

La salinidad en condiciones antiestuarinas es de 38 ups en la desembocadura, disminuyendo hasta 35.8 ups en la parte oceánica. En las condiciones estuarinas va de 32 ups en el delta del Río Colorado (Lavín y Sánchez, 1999) hasta 35.4 ups en la región oceánica (Nieto-García, 1998).

Las actividades antropogénicas, como es el control de las descargas de un río mediante la construcción de presas, ocasionan cambios en el ambiente. Estos cambios tratan de ser justificados por las actividades humanas como control de flujos de agua para agricultura o el mismo consumo humano en las grandes ciudades. El Río Colorado solía descargar volúmenes importantes de agua dulce en el AGC (Figura 1), pero éstos se han detenido ó han disminuido de manera importante desde 1935 cuando empezó el llenado de la presa Hoover (Lavín y Sánchez, 1999). Es aceptado de manera general que el impacto del represamiento del Río Colorado fue en

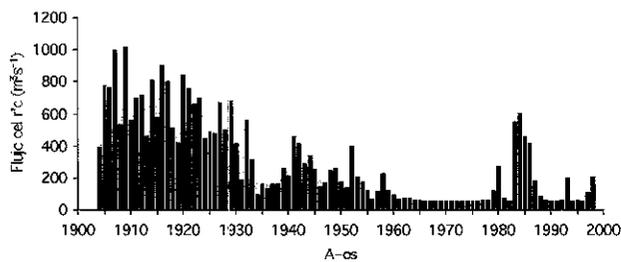


Figura 1. Promedio anual del flujo del Río Colorado que cruza la frontera Estados Unidos-México, en los años 1904 a 1998 (Fuente: Buró de Reclamación de Yuma, Arizona, Estados Unidos).

detrimento del ambiente en el AGC. Sin embargo, el efecto sobre la abundancia relativa de las postlarvas de camarón no ha sido descrito hasta el momento.

En el AGC no existen sistemas lagunares costeros, sino un ambiente donde predominan las condiciones antiestuarinas, donde la salinidad aumenta de la boca a la cabeza del estuario (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975) a pesar de esto hay una gran abundancia de postlarvas de camarón azul. La distribución de las postlarvas de esta especie es en toda el área del AGC, incluyendo el delta del Río Colorado y zona litoral (Maciel-Gómez, 1995; Castillo-Moreno, 1999).

Los argumentos anteriores favorecen de manera natural el planteamiento de la siguiente hipótesis:

El agua dulce del Río Colorado no es indispensable para la sobrevivencia de postlarvas de camarón azul en el AGC, pero éstas responden positivamente a condiciones estuarinas del ambiente. Esto se refleja en las capturas comerciales de la temporada de pesca inmediata posterior a estas condiciones.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar si existe relación estadística entre la descarga de agua dulce del Río Colorado, la abundancia relativa de postlarvas de camarón azul (*L. stylirostris*) y la captura comercial de camarón en la región del AGC.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las postlarvas se colectaron en una localidad dentro de la zona de amortiguamiento (área de la reserva donde se permiten algunas actividades comerciales como la pesca) de la RBAGCDRC localizado en el litoral de Baja California, a 20 km al norte de San Felipe (30°09'20" N 114°53'45" W).

Se realizaron colectas de postlarvas con un período catorcenal (cada 14 días), de abril a noviembre en los años 1993, 1994 y 1997. Durante 1995 y 1996 se colectó durante un ciclo completo de novilunio a plenilunio (12 - 27 de Julio de 1995 y

del 29 de Junio al 16 de Julio, en 1996). Las colectas se hicieron cada hora, en cada uno de los dos flujos de marea de cada día. La primera muestra coincidía con la más baja marea y la sexta con el nivel de la marea más alta.

La temperatura superficial de la zona de muestreo se registró cada hora con un termómetro de cubeta de 0.1°C de precisión. Se colocó un termógrafo digital en la rada portuaria de San Felipe programado para registrar la temperatura cada hora. Los datos fueron luego transferidos a una computadora personal para su procesamiento y análisis. El aparato fue reemplazado cada tres meses por otro de iguales características. La salinidad se determinó con un refractómetro óptico con precisión de 1 ups.

Se obtuvieron los registros del gasto del Río Colorado del Buró de Reclamación en Yuma, Arizona, Estados Unidos. Estos datos son del flujo del Río Colorado que cruza la frontera entre Estados Unidos y México.

Se utilizó una red diseñada ex-profeso para la colecta de postlarvas (Calderón-Aguilera y Burgueño, 1993), con malla de 505 mm y boca rectangular (0.40 x 0.50m) equipada con un flujómetro mecánico (Figura 2). Los arrastres, con 10 minutos de duración, se hicieron en transectos paralelos a la línea de costa, en contra de la dirección predominante del oleaje, a una profundidad no mayor a un metro. Los organismos colectados se fijaron con formol al 4% neutralizado con borato de sodio y posteriormente se preservaron en alcohol isopropílico al 70%.

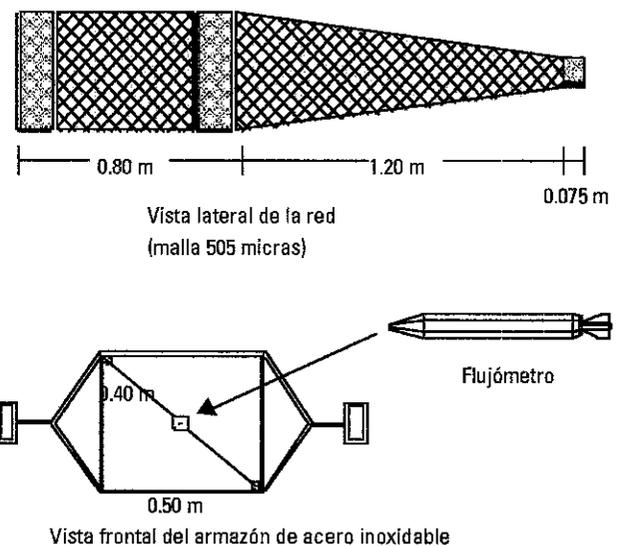


Figura 2. Características de la red utilizada para captura de postlarvas de camarón (Tomado de Calderón-Aguilera y Burgueño, 1993).

El volumen de agua filtrado asociado con cada arrastre se obtuvo a partir de las lecturas del flujómetro que se utilizó. Las lecturas del medidor del flujo fueron multiplicadas por una constante para obtener la longitud de la parcela de agua filtrada, y esta multiplicada por el área de la boca de la red. Con esto se tiene el volumen de agua filtrada en cada arrastre.

El trabajo de separación, identificación y cuantificación de las muestras se realizó en el laboratorio utilizando el procedimiento descrito por Maciel-Gómez (1995). Abreviando el procedimiento; las postlarvas fueron separadas y contadas en su totalidad de cada muestra de zooplancton. Posteriormente se fraccionó hasta un mínimo de 50 postlarvas que eran identificadas a especie. La identificación se realizó siguiendo las claves propuestas por Mair (1979), Calderón Pérez *et al.* (1989a y 1989b). Aragón-Noriega y Calderón-Aguilera (2001) colectaron en el AGC adultos maduros de camarón azul los hicieron desovar y cultivaron los productos hasta el estadio de postlarvas. Estas postlarvas sirvieron como referencia para la identificación de las colectadas en el campo.

Con el propósito de conocer si el impacto de las descargas de agua dulce del Río Colorado también se refleja en mayores capturas comerciales de camarón se obtuvieron los registros de la captura artesanal comercial en los puertos de Golfo de Santa Clara y San Felipe. A diferencia de otras localidades (*v.gr.* sur de Sonora y Sinaloa), en el AGC la pesca artesanal se practica en la zona litoral. Los datos fueron obtenidos en las oficinas de pesca de SEMARNAP de cada localidad. Se utilizaron los datos de la pesquería artesanal porque ésta presenta limitaciones en su desplazamiento lo que le obliga a concretarse a pescar en áreas aledañas a su puerto de descarga ya que se realiza en zonas con menos de 20 metros de profundidad. El 97 % de la captura de la pesca ribereña corresponde al camarón azul. La zona que cubren los pescadores artesanales de estos dos puertos queda comprendida exclusivamente en el AGC.

Se obtuvieron datos de captura de los puertos mencionados para los años de 1995 a 1998. El número de unidades de pesca (pangas) registrado oficialmente es de 233 para el puerto de San Felipe y de 143 para el Golfo de Santa Clara. Sin embargo, los pescadores furtivos, difíciles de cuantificar, entregan su producto a agrupaciones con permiso y por esa razón el producto se registra oficialmente.

Con el propósito de obtener una idea más clara de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se solicitó a dos de las cooperativas más antiguas que agrupan el mayor número de socios en el poblado de Golfo de Santa Clara, el acceso a todos los registros diarios de las entregas de sus socios a las plantas. Es necesario precisar que la temporada de pesca dura de septiembre a diciembre. Ocasionalmente se captura en

enero pero esta captura es menor al 1 %. Por esa razón los registros de cada año se refieren a la captura de septiembre a diciembre del año mencionado. Se acopiaron 369, 287, 292 y 326 registros para 1995, 1996, 1997 y 1998 respectivamente. Con esto se obtiene una información más confiable de la CPUE ya que aunque algunas cooperativas informen ante las oficinas de SEMARNAP un volumen de captura que supuestamente obtienen sólo con las pangas registradas oficialmente, el registro diario por panga es el control que la cooperativa sigue para realizar los pagos a cada socio.

Se obtuvieron datos del grado de madurez mensual de las hembras de camarón azul, provenientes del AGC, en el período de mayo de 1993 a abril de 1998. Los registros de madurez fueron proporcionados por los Centros Regionales de Investigación Pesquera del INP (en Guaymas y Ensenada). Estos a su vez obtienen la información de dos fuentes:

**Muestreo en plantas procesadoras:** Este se realiza diariamente en las plantas maquiladoras en el momento que se está descargando la captura. El procedimiento consiste en tomar al azar una muestra de aproximadamente 5 kg para estimar la composición por especies, sexos, longitudes (sin cabeza) y madurez gonadal.

**Muestreo en veda:** Estos se realizan en altamar en barcos camaroneros de la flota comercial. Se llevan a cabo cruces de junio a agosto de cada año. Se realizan arrastres de una hora en una red de estaciones previamente establecida en cada zona. En este muestreo se estima la evolución de la madurez y desove, composición por especies, longitudes y sexos.

Se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad de varianza, una vez cumplido este requisito se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) con la prueba *F* para las temperaturas tomadas durante los meses de julio de 1993 a 1997. Los análisis a posteriori fueron realizados con la prueba Tukey.

Con el propósito de comparar el comportamiento estacional de los flujos de agua dulce, se obtuvo el promedio mensual del Río Colorado en los períodos de 1904 a 1934 (antes de la construcción de las presas) y de 1935 a 1997 (después del inicio del llenado de la presa Hoover).

Para las comparaciones de la abundancia de las postlarvas (PL) entre los años se expresaron los datos en la forma PL/m<sup>3</sup>. Está se obtuvo al dividir el número de postlarvas capturadas por el volumen de agua filtrada en cada muestra. Se estandarizó la abundancia presentada en PL/m<sup>3</sup> a valores *Z* utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Valor } Z = (X_i - X_p) / S,$$

Donde  $X_i$  es la abundancia en el  $i$ -ésimo arrastre,  $X_p$  es la abundancia promedio de todos los muestreos y  $S$  la desviación estándar de todos los muestreos (Zar 1996).

Con el propósito de hacer una comparación entre los cinco años de muestreo se optó por tomar como referencia los días que presentaron una abundancia máxima en los años, además de los valores del inicio del ciclo de marea de 1995 y 1996. Esto porque en 1995 y 1996 sólo se colectó el período de reclutamiento máximo. Se realizó un análisis de variancia y la prueba a posteriori de LSD (*la diferencia mínima significativa*) para examinar las diferencias entre años. Finalmente se comparó la anomalía de la abundancia relativa estandarizada de postlarvas con el gasto del río.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue definida como kg/viaje (el viaje es de un día de duración). Se obtuvo el promedio para cada año de pesca y se aplicó una prueba ANDEVA para determinar si existían diferencias entre años. La prueba de LSD se aplicó con el propósito de saber en cuales años se presentaba la diferencia.

**RESULTADOS**

La temperatura del mar en el Alto Golfo de California presenta una clara variación estacional. Durante el verano (julio, agosto y septiembre) la temperatura promedio fue de más de 29 °C, mientras que en los inviernos (diciembre, enero y febrero) la temperatura es alrededor de los 16 °C. Esto da una diferencia de 13 °C entre las medias de ambas estaciones (Figura 3).

Se encontró que la única diferencia significativa en la temperatura promedio de julio se presentó entre los años 1994 y 1997, con 32.38 °C y 29.5 °C respectivamente (Tukey  $P = 0.017$ ). Sin embargo, las temperaturas de estos años no son diferentes a los demás (Tabla 1).

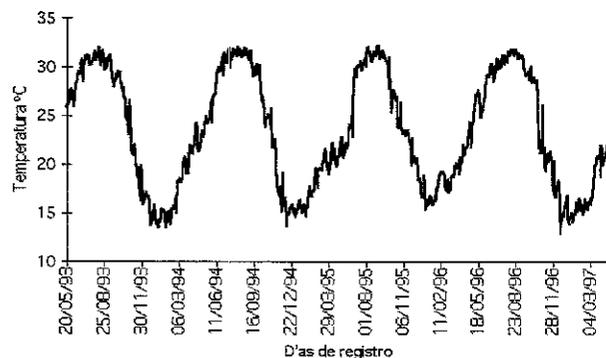


Figura 3. Variación de la temperatura media diaria en la rada portuaria de San Felipe, Baja California.

Tabla 1. Temperatura promedio, del 20 de junio al 31 de julio de cada año, registradas durante los muestreos en San Felipe, B. C.

Año de muestreo	Temperatura promedio	Intervalo de Confianza
1993	30.35a	0.33
1994	32.38ab	0.30
1995	30.84a	0.93
1996	30.95a	0.69
1997	29.50ac	0.57

Valor con distinta literal es diferente (Tukey  $P < 0.05$ ).

El flujo de agua del río presentó un comportamiento estacional para el período 1904-1934 con flujo máximo en junio. Los siguientes meses con mayor descarga fueron mayo y julio (Figura 4a). Los volúmenes del gasto para esos meses superaban los 1000 m³s⁻¹. Para el período 1935-1997 se encontró que en el flujo del río era igual en cualquier mes del año que el volumen promedio mensual no superó los 200 m³s⁻¹ (Figura 4b).

La abundancia relativa de las postlarvas de camarón azul *L. stylirostris* presenta una marcada estacionalidad, con un período de abundancia máxima que varía entre los años tanto en abundancia como en la fecha de ocurrencia. Sin embargo, este período queda incluido sólo en la estación de verano. En 1993 el promedio máximo, 43.6 PL/m³, se presentó

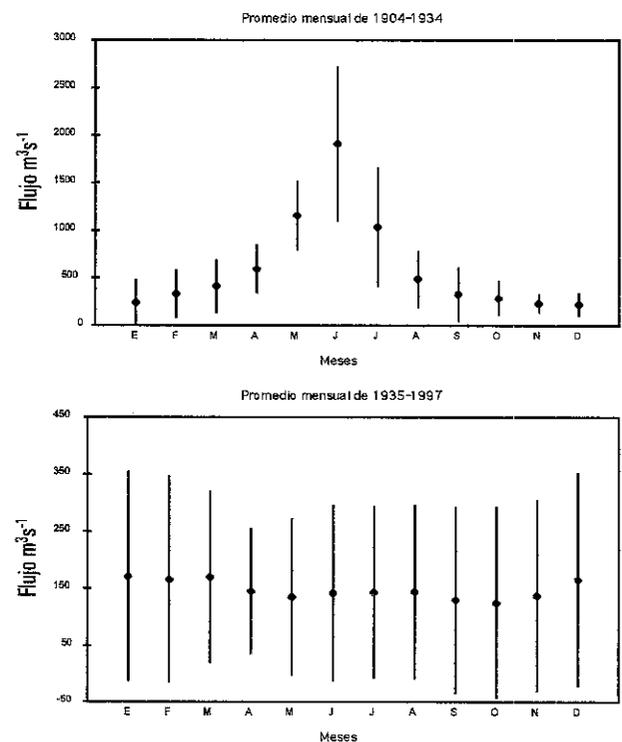


Figura 4. Promedio mensual de los valores del gasto del Río Colorado para los períodos previos (a) y posteriores (b) a la construcción de la Presa Hoover. Las barras representan una desviación estándar.

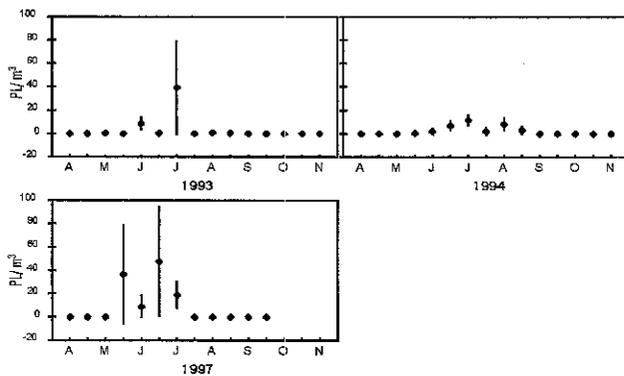


Figura 5. Abundancia relativa promedio (PL/m<sup>3</sup>) de las postlarvas de camarón azul (*L. stylirostris*) en los períodos de abril a noviembre de 1993, 1994 y 1997. Las barras representan una desviación estándar.

entre el 3 y 4 de julio. Para 1994 la abundancia máxima fue de 11.63 PL/m<sup>3</sup> el 8 y 9 de julio. En 1997 se colectaron 47.67 PL/m<sup>3</sup> el 20 y 21 de junio mientras que los primeros días de julio, que son los coincidentes con los años anteriores la abundancia fue de 18.97 PL/m<sup>3</sup> (Figura 5).

Las mayores abundancias relativas de las postlarvas de camarón azul se presentaron en los años 1993 y 1997. La abundancia relativa formó dos grupos diferentes (LSD  $P < 0.05$ ) el mayor se presentó en 1993 y 1997 y la menor abundancia se encontró en los años 1994 a 1996 (Tabla 2).

En la figura 6 se observa que en los años en que el gasto promedio del río supera los 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> el dato Z de abundancia de postlarvas de camarón es positiva. Por debajo de 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> la abundancia es negativa. Sin embargo, a pesar de que el gasto en 1993 supera los 300 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> la abundancia es igual que en 1997 cuando el gasto apenas supera los 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

La pesca artesanal en el AGC se realiza en los meses de septiembre a diciembre, ocasionalmente se registra descarga de camarón en el mes de enero pero esta representa menos del 1%. Por tanto los datos de captura que se utilizaron corresponden a esos meses.

Las descargas de camarón en San Felipe y Golfo de Santa Clara aumentaron en los años en que se presentó el

Tabla 2 Abundancia promedio de postlarvas de *L. stylirostris* en el día de reclutamiento máximo de 1993, 1994 y 1997 y día de inicio del ciclo marea en 1995 y 1996.

Año	PLm <sup>3</sup>	Intervalo de Confianza
1993	43.60	15.44
1994	11.63	1.68
1995	11.20	2.50
1996	16.01	3.5
1997	47.67	18.22

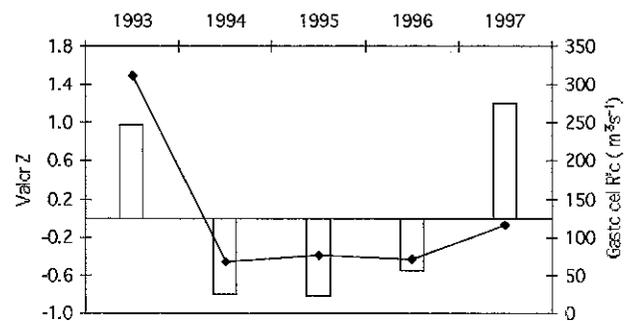


Figura 6. Variación de la abundancia relativa estandarizada (Valor Z) de las postlarvas de camarón azul en los días de reclutamiento máximo y el gasto del Río Colorado que cruza la frontera Estados Unidos-México para los años de 1993 a 1997.

mayor gasto del Río Colorado. El incremento de las descargas, en porcentaje, fue más notorio en el Golfo de Santa Clara que en San Felipe (Tabla 3). Sin embargo, se observa que la captura tiene una tendencia de incremento a lo largo de los cuatro años.

La CPUE es menor (LSD  $P < 0.05$ ) en los años en que el gasto del río es inferior a 80 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> y la diferencia entre estos dos años es muy poca (LSD  $P = 0.0449$ ). En los años en que se presentó un gasto superior a los 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> la CPUE fue igual (LSD  $P = 0.98$ ) independientemente que el gasto de 1998 haya sido superior a 200 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> y el de 1997 sólo haya sido ~115 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (Tabla 3).

De acuerdo al promedio de madurez registrado durante los cinco años que cubrió el muestreo, el porcentaje máximo de hembras maduras y desovadas de camarón azul se presenta en junio y julio. Este ciclo se repitió en los cinco años observados. De septiembre a diciembre no se encontraron hembras maduras. En abril y mayo se presentó una pequeña proporción de hembras maduras y en desove. En general se encontró que el camarón azul presenta un sólo evento importante de desove en el verano, junio y julio (Figura 7).

Tabla 3. Indicadores (CPUE y captura total) de la pesquería artesanal de camarón azul *L. stylirostris* en San Felipe y Golfo de Santa Clara, y gasto del Río Colorado (Fuente: oficinas de pesca de SEMARNAP en Golfo de Santa Clara, Sonora y San Felipe, Baja California. Cooperativas pesqueras del Golfo de Santa Clara).

Años	CPUE, Kg/viaje promedio temporada	Número de registros utilizados	Captura total AGC	Gasto del río m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
1995	18.2	369	201.1	76
1996	15.8	287	215.3	71
1997	21.5	292	296	116
1998	21.5	326	402.7	208

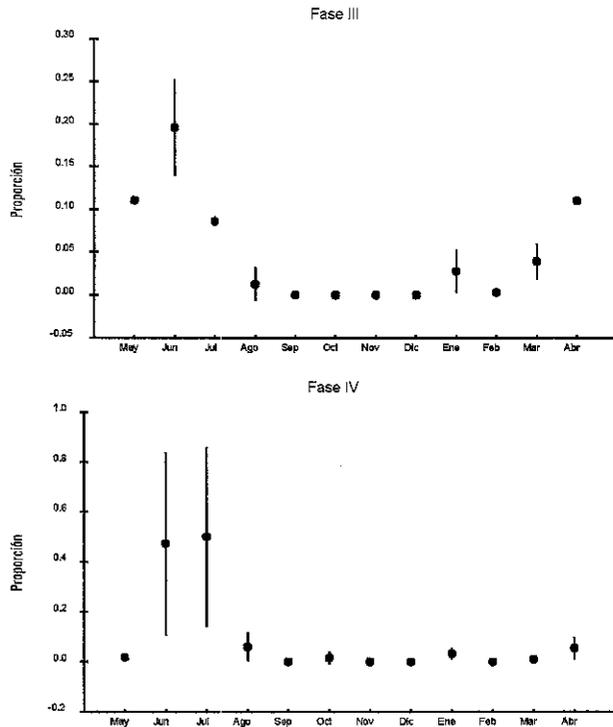


Figura 7. Estadios de madurez sexual del camarón azul en el Alto Golfo de California. Promedio de mayo de 1993 a abril de 1998. Fase III hembras con gónada madura y a punto de desovar. Fase IV hembras con gónada desovada. Las barras representan una desviación estándar.

## DISCUSIÓN

La reproducción de *L. stylirostris* en el medio natural se asocia estrechamente con la temperatura; las proporciones máximas de hembras maduras corresponden con las temperaturas máximas (García-Gómez, 1976; Rodríguez de la Cruz 1976; Pedraza-Medina, 1976; Mathews, 1981; Garduño-Argueta y Calderón-Pérez, 1994). La fase de postlarva se alcanza de 12 a 14 días una vez que han sido desovados los huevos y un período de 4 a 15 días más para que las postlarvas alcancen el área de crianza (García, 1985; Del Valle, 1989; Gracia, 1992; Siu-Quevedo, 1995; Mazón-Suástegui *et al.*, 1996; García-Borbón *et al.*, 1996).

Los resultados del presente trabajo sugieren la sincronización entre el período de reproducción máxima, reclutamiento máximo de postlarvas y temperaturas máximas, todo esto ocurrió en los meses de junio y julio de los tres años de muestreo.

La reproducción y abundancia máxima de postlarvas responde a las adaptaciones que la especie presenta a las condiciones ambientales. Para *L. stylirostris* en el AGC queda bien marcada su época de reproducción en los meses de ju-

nio-julio y la abundancia máxima de postlarvas ocurre en ese mismo período.

El pico de abundancia que se presentó en mayo de 1997 y que no se presenta en los dos años anteriores de muestreo (1993 y 1994) pudiera relacionarse de alguna manera con El Niño que se presentó en esa época. Este evento océano-atmosférico tuvo un impacto distinto al que se había registrado para otros eventos similares en lo que concierne a las capturas de camarón, éstas se incrementaron el mismo año del evento y en todos los anteriores eventos el incremento en la captura se presentó al año siguiente (Aragón-Noriega *et al.*, 1999).

El evento El Niño de 1997/98 se manifestó con anomalías positivas de temperatura desde los meses de marzo-abril, lo que pudo haber provocado que la reproducción de *L. stylirostris* se presentara desde los meses de abril de ese año ya que en de mayo de 1997 se colectaron mayor cantidad de postlarvas (promedio 33 PLm<sup>-3</sup>) que en los años de 1993 y 1994. El tiempo aproximado desde el desove hasta que alcanzan el área de crianza es de un mes (García, 1985; Del Valle, 1989; Gracia, 1992; Siu-Quevedo, 1995; Mazón-Suástegui *et al.*, 1996; García-Borbón *et al.*, 1996) por lo que es muy posible que las postlarvas de mayo hayan sido desovadas en abril y que el desove, que no se había presentado en ese mes en años anteriores, fue por el incremento en las temperaturas que provocó El Niño 1997/98.

Garduño-Argueta y Calderón-Pérez (1994) mencionan que cuando existen las condiciones favorables para su desarrollo, espacio y alimento, entre otros factores las especies del género *Litopenaeus* de las costas de Sinaloa pasan buena parte de su ciclo vital dentro de las lagunas costeras y esteros. En Sinaloa estos factores se presentan en verano por ser la época de lluvias ya que estas al descargar más agua sobre los sistemas costeros llevan más alimento e incrementan el volumen de las lagunas costeras y esteros. De acuerdo con estos autores por esa razón el período reproductivo está bien definido en esa época.

Esto puede ser válido para las zonas de Sinaloa donde las descargas de agua dulce alcanzan la zona costera, y quizás también lo fue para el AGC antes del represamiento del Río Colorado cuando las descargas máximas de agua dulce se presentaban en junio, mayo y julio, respectivamente. Pero como se presenta en este trabajo ese comportamiento de descarga máxima, que pudiera servir de "señal" a los camarones ya no se presenta en el AGC por el control que existe sobre el flujo del río.

Es probable que la población de camarón azul que habita en el AGC se encuentre adaptada a las condiciones hipersalinas que comúnmente se presentan en el área (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975), ya que a pesar de estas condiciones se

encuentra gran cantidad de postlarvas y se sostiene la pesquería comercial. Sin embargo, se encontró que en los años en que se presenta descarga de agua dulce sobre el AGC la abundancia de postlarvas es mayor.

Las descargas de agua dulce del Río Colorado probablemente tienen dos efectos positivos en el hábitat para las postlarvas en el AGC al incrementarse tanto la capacidad de carga por la adición de nutrientes, como el incremento del área. Esto puede dar como resultado que las postlarvas disponen de un mayor espacio para crecer y de mayor cantidad de alimento. Cisneros-Mata *et al.* (1995) concluyeron que este mismo efecto se presenta para los juveniles de *Totoaba macdonaldi* que utilizan el AGC como zona de crianza.

Para las especies de peneidos que habitan las lagunas de Sinaloa y Campeche se ha propuesto que las descargas de los ríos amplían las áreas de crianza principalmente por incremento del volumen de agua (Del Valle 1989, Gracia 1991). También en estudios realizados en Australia se concluyó que el principal efecto de los ríos es el incremento del área de crianza de camarones peneidos (Penn, 1984; Penn y Caputi, 1985; 1986).

La relación entre la abundancia relativa y el gasto del río no es lineal. A pesar de que las descargas se incrementaron al doble, la abundancia no lo hizo en la misma proporción. Se pudo observar que un límite de  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de flujo de agua dulce parece ser necesario para favorecer las condiciones de crianza. A pesar de que éste no es el flujo que llega al mar sirve como índice para darnos una idea de que después de ese nivel de agua que llega a la presa Morelos está enviando descargas de agua a la zona marina. Esto se explica porque cuando se presentan las descargas del río, se incrementa el hábitat disponible para las postlarvas las cuales cuentan con mayor cantidad de alimento y refugio.

La zona es considerada como de alta concentración de nutrientes (Hernández-Ayón *et al.*, 1993), pero en los años en que se descarga agua dulce esta concentración se incrementa (Nieto-García, 1998). Los camarones varían su dieta a lo largo de ciclo de vida, pero incluyen en ella plantas, animales y detritus (Wickins, 1976; Dall *et al.*, 1990). Al incrementarse el área del hábitat quedan sumergidas zonas con plantas vivas y detritus que están a disposición de los camarones para su alimentación. Al incrementarse los nutrientes en la columna de agua también se genera la cadena alimenticia para el camarón ya que también consumen organismos del zooplancton.

Además del tamaño del hábitat, existen otras condiciones que determinan la abundancia de postlarvas de camarón, tal como la misma abundancia de reproductores. Quizás existen condiciones ambientales que afectan la abundancia, pe-

ro cuando éstas son satisfechas serán las condiciones biológicas las que tengan mayor importancia sobre la misma.

La captura total en los puertos de San Felipe y Golfo de Santa Clara aparentemente tiene una relación lineal con el gasto del río. Sin embargo, la CPUE no presenta tal relación lineal. La captura total es afectada por las variaciones en el esfuerzo y también es probable que un incremento en la captura provenga de un incremento en el esfuerzo más que en la abundancia del recurso.

La CPUE puede ser utilizada como indicador de la abundancia (Hilborn y Walters, 1992; Sparre y Venema, 1995). Reconociendo que el esfuerzo total real es difícil de cuantificar debido al alto furtivismo que esta pesquería presenta, se supone que una buena representación de la CPUE es la captura por viaje ( $\text{kg}/\text{viaje}$ ). Para el caso del presente trabajo se obtuvo la información de los viajes reales que realizan las pangas en el Golfo de Santa Clara. Partiendo de esto, encontramos que la abundancia relativa de camarón azul es mayor en los años en que el gasto del río es superior a los  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

En otros lugares, y para distintas especies de camarones peneidos, se ha mencionado que se presenta un incremento en las capturas cuando se presenta aumento en los gastos del río que aportan el agua dulce a las áreas de pesca y crianza (Lluch-Belda, 1974; Del Valle, 1989; Gracia, 1989; 1991; Penn y Caputi, 1985; 1986). El hecho importante en este estudio es que la CPUE obtenida para *L. stylirostris* en el AGC también presenta un incremento conforme hay un incremento en el gasto del Río Colorado, pero este en vez de seguir una relación lineal parece confirmar la idea de que existe un umbral en el cual las condiciones ambientales regulan la abundancia y posteriormente serán las condiciones biológicas las que regulen la misma.

Gracia (1989) encontró que la relación entre la abundancia de camarón *P. setiferus* de la sonda de Campeche y el flujo del Río Palizada presentó una relación gaussiana y concluye que un exceso de las descargas del río sobre el ambiente estuarino provoca una disminución de la población. Esto lo mencionan Penn y Caputi (1985) pero ellos mencionan que la disminución en la abundancia se presenta por descargas de eventos desastrosos (ciclones). Ambos estudios apoyan lo encontrado es este trabajo en el sentido de presentarse un umbral de condiciones ambientales óptimas provenientes de las descargas del río. Sin embargo, en este trabajo no se tienen datos de descargas de agua dulce tan grandes como para causar una baja en la población de camarón azul.

Se concluye que el camarón azul *L. stylirostris* puede utilizar las zonas hipersalinas del AGC como áreas de crianza en su etapa de postlarva, pero que el aporte de agua dulce del

Río Colorado tiene un efecto positivo sobre la abundancia relativa de postlarvas y la captura comercial de camarón azul.

### LITERATURA CITADA

- ALVAREZ-BORREGO, S., B. P. FLORES-BÁEZ y L. GALINDO-BECT, 1975. Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Ciencias Marinas* 2(1): 21-36.
- ARAGÓN-NORIEGA E. A. y L. E. CALDERÓN-AGUILERA, 2001. Age and growth of shrimp postlarvae in the Upper Gulf of California. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 4(3): 99-104.
- ARAGÓN-NORIEGA E. A., A. R. GARCÍA-JUÁREZ y L. E. CALDERÓN-AGUILERA, 1999. Effect of the 1997-98 El Niño on shrimp fishery in western and eastern coast of Baja California México. Book of abstracts CALCOFI Conference. La Jolla, California, E. U. del 26 al 28 de octubre P-1.
- CALDERÓN-AGUILERA L. E. y J. C. BURGUEÑO, 1993. Análisis y evaluación de la situación actual de la pesquería de camarón (*Penaeus* sp.) en el Golfo de California. Comunicaciones Académicas. Serie Ecología CICESE CIECT9301. 21 pp.
- CALDERÓN-PÉREZ J. A., E. MACIAS-REGALADO, F. A. ABREU-GROBOIS y RENDÓN-RODRÍGUEZ, 1989a. Antennular flagella: A useful character for distinguishing subgenera among postlarval shrimp of the genus *Penaeus* (Decapoda) from the Gulf of California. *Journal of Crustacean Biology* 9(3): 482-491 p.
- CALDERÓN-PÉREZ, J. A., E. MACIAS-REGALADO y S. RENDÓN-RODRÍGUEZ, 1989b. Clave de identificación para los estadios de postlarva y primeros juveniles de camarón del Género *Penaeus* (Crustacea: Decapoda) del Golfo de California. México. *Ciencias Marinas* 15(3): 57-70 p.
- 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, CICESE 74 p.
- CISNEROS-MATA, M. A., G. MONTEMAYOR-LÓPEZ y M. J. ROMÁN-RODRÍGUEZ, 1995. Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Conservation Biology* 9(4): 806-814.
- DALL, W., B. J. HILL, P. C. ROTHUSBERG y D. J. STAPLES, 1990. The Biology of the Penaeidae. pp. 1-489. En: BLAXTER, J. H. S. y A. J. SOUTHWARD (Eds.) *Advances in Marine Biology* Vol. 27. Academic Press, London.
- DEL VALLE, I., 1989. "Estrategia de explotación y producción en una laguna costera en México". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. 266 p.
- GARCÍA, S., 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited *Penaeid* shrimp populations. pp. 139-158. En: ROTHUSBERG P. C., B. J. HILL and D. J. STAPLES (Eds.) *Second Australian National Prawn Seminar, NOS2*. Cleveland, Australia.
- GARCÍA, S. y LE RESTE, 1981. Life Cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. FAO Fish. Tech. Pap. (203): 215 p.
- GARCÍA-BORBÓN, J. A., E. F. BALART, J. J. GALLO y P. A. LORETO-CAMPOS, 1996. "Pesquería del Camarón". pp. 187-206. En: CASA-VALDEZ, M. y G. PONCE-DÍAZ (Eds) *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. CIBNOR, La Paz, B.C.S. Volumen I.
- GARCÍA-GÓMEZ M., 1976. Fecundidad del camarón café *Penaeus californiensis* y del camarón azul *Penaeus stylirostris* Puerto Peñasco y Guaymas, Sonora. *Memorias del Simposio sobre biología y Dinámica Poblacional de Camarones* S.I.C. Subsecretaría de Pesca Instituto Nacional de Pesca. Tomo I. 131-139.
- GARDUÑO-ARGUETA, -H. y J. A. CALDERÓN-PÉREZ, 1994. Abundancia y maduración sexual de hembras de camarón (*Penaeus* spp.) en la costa sur de Sinaloa, México. *Revista de Investigación Científica UABCS. Serie Ciencias Marinas* 1: 27-34.
- GRACIA A., 1989. Ecología y pesquería del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus 1767) en la Laguna de Términos Sonda de Campeche. Tesis Doctoral, facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 127 pp.
- GRACIA A., 1991. Spawning stock-recruitment relationships of white shrimp in the Southwestern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society* 120:519-527.
- GRACIA G. A., 1992. Explotación y manejo del recurso camarón. *Ciencia y Desarrollo XVIII* (106) 83-95.
- HILBORN, R. y C. J. WALTERS, 1992. *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty*. Routledge, Chapman and Hall Inc., New York, NY. 570 p.
- HERNÁNDEZ-AYÓN J. M., M. S. GALINDO-BECT, B. P. FLORES-BAEZ y S. ALVAREZ-BORREGO, 1993. Nutrient concentration are high in the turbid waters of the Colorado River Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf science* 37: 593-602.
- LAVÍN M. F. y S. SÁNCHEZ, 1999. On how the Colorado River affected the Hydrography of the Upper Gulf of California. *Continental Shelf Research* 19: 1545-1560.
- LAVÍN, M. F., V. GODÍNEZ y L. ALVAREZ, 1998. Inverse-Estuarine features of the upper Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 47: 769-795 p.
- LLUCH-BELDA D., 1974. La pesquería de camarón de altamar del noroeste: Un análisis biológico pesquero. Serie Informativa INP/SI:116. Secretaría de Industria y Comercio Subsecretaría de Pesca. Instituto Nacional de Pesca 78 p.
- MACIEL-GÓMEZ, A. H., 1995. Abundancia de postlarvas de camarón (*Penaeus* sp.) durante el período reproductivo 1993 en una localidad del Golfo de California. Tesis de maestría. Ecología Marina. CICESE. 66 p.

- MAIR J. M., 1979. The identification of postlarval of four species of *Penaeus* (Crustacea: Decapoda) from the Pacific Coast of Mexico. *Journal of Zoological Society of London* 188: 347-351
- MATHEWS C. P., 1981. A review of the North American penaeid fisheries, with particular reference to Mexico. *Kuwait Bulletin of Marine Science* 2: 325-409.
- MAZÓN-SUASTEGUI, J. M., F. MAGALLÓN-BARAJAS, G. PORTILLO-CLARK y A. HERNÁNDEZ-LLAMAS, 1996. Cultivo de camarón *Penaeus* spp. pp. 551-569. En: CASA-VALDEZ, M. y G. PONCE-DÍAZ (Eds) *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. CIBNOR, La Paz, B.C.S. Volumen II.
- NIETO-GARCÍA, E., 1998. Nutrientes en el norte del Golfo de California durante condiciones estuarinas y antiestuarinas. Tesis maestría. CICESE. 130 pp.
- PEDRAZA-MEDINA, H., 1976. Estudios de postlarvas de camarón *Penaeus* spp. en el área marina de Topolobampo, Sinaloa. *Memorias, Simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones*. S.I.C./ Subsecretaría de Pesca. Instituto Nacional de Pesca. Guaymas, Sonora, México. Tomo I pp 85-103.
- PENN, J. W., 1984. The behavior and catchability of some commercially exploited Penaeids and their relationship to stock and recruitment. pp. 173-186. En: GULLAND J. A. and B. J. ROTHCHILD (Eds.) *Penaeids Shrimp: Their biology and management*. Fishing News Books Ltd., Farnham, UK.
- PENN J. W. y N. CAPUTI, 1985. Stock-recruitment relationships for the tiger prawn (*Penaeus esculentus*) fishery in Exmouth Gulf, Western Australia, and their implications for management. pp. 165-173. En: ROTHLISBERG P. C. B. J. HILL and D. J. STAPLES (Eds.) *Second Australian National Prawn Seminar*, NOS2. Cleveland, Australia.
- PENN J. W. y N. CAPUTI, 1986. Spawning stock-recruitment relationships and environmental influences on the tiger prawn (*Penaeus esculentus*) fishery in Exmouth Gulf, Western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 37:491-505.
- REYES, A. C. and M. F. LAVIN, 1997. Effects of the autumn-winter meteorology upon the surface heat loss in the Northern Gulf of California. *Atmosfera* 10:101-123.
- RODRÍGUEZ DE LA CRUZ RAMÍREZ M. C., 1976. Distribución de estados larvales y Postlarvales de los géneros de la familia Penaeidae en la parte central y norte del Golfo de California, México. *Memorias, Simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones*. S.I.C./ Subsecretaría de Pesca. Instituto Nacional de Pesca. Guaymas, Sonora, México. Tomo I pp 316-350.
- SUI-QUEVEDO, M. E., 1995. Composición específica y abundancia de postlarvas de *Penaeus* spp. (Crustacea: Decapoda) en el canal Ostial del sistema lagunar Huizache-Caimanero y en la zona litoral adyacente en Sinaloa, México. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, B. C. 79 p.
- SPARRE P. y S.C. VENEMA, 1995. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca no. 306.1Rev., 440 p.
- WICKINS, J. F., 1976. Prawn biology and culture. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 14: 435-507.
- ZAR J. H., 1996. *Biostatistical Analysis*. Tercera Edición. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 662 p.

Recibido: 19 de julio de 2001.

Aceptado: 1 de abril de 2002.