



## Análisis de la mortalidad para el camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Decapoda, Dendrobranchiata) del Banco de Campeche, México.

PEDRO CERVANTES-HERNÁNDEZ<sup>1</sup> & ADOLFO GRACIA GASCA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, Instituto de Recursos, Carretera a Zipolite, Ciudad Universitaria s/n, C.P. 70902, A.P. 47, Distrito de San Pedro Pochuila, Puerto Ángel, Oaxaca, México. E-mail:pch@angel.umar.mx

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos, C.P. 70-305, A.P. 04510, D.F., México.

**Abstract.** Analysis of the mortality for the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Decapoda, Dendrobranchiata) from Campeche Bank, México. Monthly mortality rates were estimated for the pink shrimp from the Campeche Bank between 1974 and 1989. Growth parameters, catch per unit of effort (tonnes per number of trips) and commercial catch classified by categories were analyzed. Natural mortality rate (M) was of 0.21 monthly. An inadequate management of the fishery was observed with a reduction of the commercial catch between 1980 and 1989, which was reported in even lower levels during 1993, after which, there are no reports concerning the exploitation of this fishery. Juveniles of pink shrimp between five and six months old were intensely captured before reaching their sexual maturity (at seven months of age). The protection of juveniles in the coastal lagoon is advisable in order to increase the population fecundity because adults spawners between eight and 16 months old showed low abundance.

**Key words:** Mortality models, exploitation, pink shrimp, Gulf of Mexico, shrimp fleet

**Resumen.** Las tasas mensuales de mortalidad para el camarón rosado del Banco de Campeche, fueron estimadas entre 1974 y 1989. Parámetros de crecimiento, la captura por unidad de esfuerzo (toneladas por número de viajes) y la captura comercial clasificada por categorías, fueron analizados. La tasa de mortalidad natural (M) fue de 0.21 mensual. Se observó un manejo inadecuado en esta pesquería, con una reducción de la captura comercial entre 1980 y 1989, la cual fue reportada en niveles aún más bajos durante 1993. Posterior a este último año, se desconoce el estado de explotación de la pesquería. Los juveniles de camarón rosado entre cinco y seis meses de edad, fueron capturados intensamente antes de alcanzar la edad de madurez sexual (siete meses de edad). La protección de los juveniles en los sistemas lagunares costeros, es recomendable para incrementar la fecundidad poblacional, porque los adultos reproductores entre ocho y 16 meses de edad, mostraron una baja abundancia.

**Palabras Claves:** Modelos de mortalidad, explotación, camarón rosado, Golfo de México, flota camaronera

### Introducción

La estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural (M), en el manejo de los recursos pesqueros, es crítica en el establecimiento de una correcta estrategia de explotación (Gracia 1989). Resulta difícil estimar el valor de esta tasa en el caso

de los crustáceos, ya que la edad no puede ser estimada a partir de estructuras duras (Cervantes-Hernández 2008); sin embargo, Vetter (1988), señaló que la estimación de M es indispensable, ya que la mayoría de los modelos usados en pesquerías, utilizan a M como el principal parámetro

poblacional de entrada.

El camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad 1939) es una de las especies con mayor importancia comercial en el Golfo de México. La mayor abundancia de esta especie, se ha reportado al Sur-Oeste del Golfo, en el Banco de Campeche, en donde se desarrolló una pesquería desde la década de los 50's (Gracia 1995). La captura anual promedio ha tenido fluctuaciones a lo largo de su historia de explotación, mostrando los niveles más altos de captura en los años 70's (20.000 t de camarón entero en promedio) (Arreguín-Sánchez & Chávez 1985). En la década de los 80's, la captura promedio descendió a 12.000 t y de 1990 a 1993 fue reportada en 5.000 t (Gracia 1995). Después de 1993, no se tienen reportes del nivel de captura y del estado de explotación en que se encuentra este recurso. Se tiene conocimiento de la implementación unificada de vedas en el Golfo de México, para proteger a los juveniles de *F. duorarum*, *Farfantepenaeus aztecus* (Ives 1891) y *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus 1767) (INP 2007); sin embargo, para el Banco de Campeche, se desconocen la pertinencia y la efectividad que estas vedas han tenido sobre *F. duorarum*, lo que sitúa a esta población como una de las menos estudiadas en el Golfo de México.

Para la fase marina de *F. duorarum*, se proponen valores mensuales de las tasas instantáneas de mortalidad natural, mortalidad total (Z) y mortalidad por pesca (F), con el objeto de realizar la primera evaluación histórica de este recurso, período 1974-1989. Los resultados obtenidos en este trabajo, representan un punto de referencia, para comparar con información actual y obtener un seguimiento histórico del manejo de esta pesquería, con miras hacia una mejor planificación.

## Material y métodos

Para el análisis poblacional, fueron utilizados los registros mensuales de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (toneladas por número de viajes) y los parámetros de crecimiento estimados por Gracia (1995). Estos registros y la captura comercial mensual clasificada por categorías (10-14, 15-20, 21-25, 26-30, 31-35, 36-40, 41-50, 51-60 y 60 abdómenes por libra de peso), período 1974-1989, fueron proveídos para su análisis, por el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP, Ciudad del Carmen, Campeche, México), al Laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos del Instituto de Ciencias del Mar, Universidad Nacional Autónoma de México.

Los modelos utilizados para estimar M y Z, fueron los utilizados por diferentes autores en

distintas pesquerías de camarón del Golfo de México (Álvarez *et al.* 1987, Cervantes-Hernández 1999) y Golfo de Tehuantepec (Ramos-Cruz *et al.* 2006). Estos fueron:

*Berry (1967)-Paloheimo (1961).*

Este modelo supone, que después del reclutamiento (adición de nuevas cohortes), ocurrido en (i) intervalos de tiempo independientes, la CPUE disminuye debido a la acción de pesca. En el modelo de Berry:  $\ln(\text{CPUE})=a-(Z_i \cdot n)$ , la pendiente negativa asociada a cada disminución de la CPUE, corresponde al valor de Z en cada i, a es la ordenada al origen y n es el valor del número de descensos que registró la CPUE en cada i.

Mediante el modelo de Paloheimo:  $Z_i=M+(q \cdot fp_i)$ , los valores de  $Z_i$ , fueron asociados al promedio de viajes ( $fp_i$ ) registrado en cada i. Con base en lo anterior, se estimó el valor de M y el coeficiente de capturabilidad (q), período 1974-1989.

*Beverton & Holt (1957)-Paloheimo (1961)*

Este modelo supone, que después del reclutamiento, ocurrido en (i) intervalos de tiempo independientes, la CPUE disminuye debido a la acción de pesca. El máximo y mínimo de la CPUE registrados en cada i (entre  $i_1$  y  $i_2$ ), se encuentran asociados en el modelo de Beverton & Holt:  $Z_i=(1/i_1-i_2) \cdot \ln[\text{CPUE}(i_1)/\text{CPUE}(i_2)]$ .

Mediante el modelo de Paloheimo:  $Z_i=M+(q \cdot fe_i)$ , los valores de  $Z_i$  fueron asociados al promedio efectivo de viajes ( $fe_i=(f_1+f_2)/2$ ) registrado en cada i. Con base en lo anterior, se obtuvieron los valores de M y del coeficiente de capturabilidad (q), período 1974-1989. Pero este caso en particular, el método fue desarrollado considerando el año juliano (enero-diciembre) y biológico (fechas entre máximos de reclutamiento).

*Taylor (1958)*

Los parámetros de crecimiento estimados por Gracia (1995) ( $L_\infty=203$  mm,  $t_0=-0,4666$  y  $k=0,2167$  mensual), fueron sustituidos en los modelos de Taylor:

$$A_{0,95}=t_0+(2,996/k)$$

$$M=2,996/A_{0,95}$$

Donde:  $L_\infty$  es la longitud infinita, k es la tasa catabólica,  $t_0$  es la edad a la longitud cero,  $A_{0,95}$  es la longevidad máxima que alcanza un organismo en la población, 2,996 es la constante que indica el tiempo requerido para que un reproductor obtenga el 95 % de  $L_\infty$  y M se define como antes.

A la captura comercial clasificada por categorías, se le aplicó la técnica propuesta por Gracia (1991), para obtener el número total de cohortes y el número total de camarones capturados

mensualmente por grupos de edad. La técnica se adaptó para *F. duorarum* considerando sexos combinados, ya que la información por sexos, no estuvo disponible en los datos de la captura comercial. El proceso fue el siguiente:

1. Bajo el supuesto de que los registros del peso de los abdómenes dentro de cada una de las categorías se distribuye normalmente  $Z(0, 1)$ , se estimó la probabilidad del peso de cada abdomen  $P(a)$ , usando el promedio y la desviación estándar que resultó en cada una de las categorías.

2. Para cada categoría, la división del peso total entre su correspondiente sumatoria de  $P(a)$ , generó un factor de conversión. Este factor fue multiplicado por  $P(a)$  y dividido entre la frecuencia de cada abdomen, para obtener el número total de camarones capturados por unidad de peso abdominal.

3. Para obtener una estimación aproximada de la edad de los camarones capturados por unidad de peso abdominal, en cada una de las categorías, fueron utilizados los parámetros de crecimiento estimados por Gracia (1995).

Con base en el proceso anterior y considerando a todas las cohortes obtenidas, se obtuvo un primer arreglo matricial, con el número total de camarones capturados mensualmente por grupos de edad (matriz  $X_{APV}$ ). La matriz  $X_{APV}$ , fue utilizada para obtener el patrón anual del reclutamiento y así establecer el año biológico, requerido en el modelo de Beverton & Holt-Paloheimo. Los valores de  $M$  obtenidos por los modelos antes señalados, fueron utilizados para realizar (n) Análisis de Población Virtual (APV), tomando como base común a la matriz  $X_{APV}$ .

Una vez que los efectos de  $M$  fueron cuantificados en cada APV a través de las funciones de Pope (1972), de cada APV se obtuvo un segundo arreglo matricial, con la abundancia virtual del número de camarones sobrevivientes por grupos de edad (matriz  $Z_{APV}$ ); y en cada una de éstas, fue seleccionada una misma cohorte al azar.

Las cohortes así seleccionadas, fueron analizadas mediante la técnica de cluster, para respaldar con base en un valor de distancia euclidiana (DE), los pares de cohortes en los que el número de camarones sobrevivientes, resultó con el menor valor de DE o mayor similitud. Para obtener un intervalo de  $M$ , fueron utilizadas las cohortes que registraron un alto grado de similitud y con base en lo anterior,  $M$  fue considerada constante según diferentes autores (Beverton & Holt 1957, Ricker 1975), en el período 1974-1989. Una vez establecido el intervalo de  $M$ , se seleccionó un valor de éste (cualquiera), para proseguir con el análisis general.

El análisis de  $F$  por grupos de edad, fue realizado utilizando el APV con la  $M$  previamente seleccionada; y con base en lo anterior, fueron identificados los grupos de edad mayormente capturados en el Banco de Campeche, período 1974-1989. Par el reconocimiento anterior, se utilizó el criterio de Beverton & Holt (1957), si  $F > M$  en un determinado grupo de edad, los organismos de esta edad mueren mayormente por causas asociadas a la pesca, que por causas naturales. Para  $F < M$ , fue considerado lo contrario. Una vez hecho lo anterior, se estimó el valor mensual promedio de  $F$ , para cada uno de los grupos de edad involucrados.

Un intervalo para  $Z$  fue establecido considerando los resultados anteriores y los obtenidos en el caso de  $M$ . Para seleccionar un valor de  $Z$  dentro del intervalo propuesto, se consideró el criterio de Beverton & Holt (1957), donde  $M$  es menor que  $Z$  en la función  $Z=M+F$ .

## Resultados

La tabla I muestra los resultados obtenidos para  $M$  y  $Z$  sobre una base mensual de CPUE y parámetros de crecimiento.

El modelo de Taylor indicó que la longevidad máxima que alcanzaron los reproductores de *F. duorarum* en el ambiente marino del Banco de Campeche, fue de 14 meses con una  $M=0.22$  mensual (Tabla I).

Con base en la captura comercial clasificada por categorías, fueron obtenidos 14 grupos de edad entre los 3 y 16 meses y un total de 120 cohortes (matriz  $X_{APV}$ ), período 1974-1989. El año biológico, fue identificado bimensualmente de junio a julio en todos los años analizados (Fig. 1).

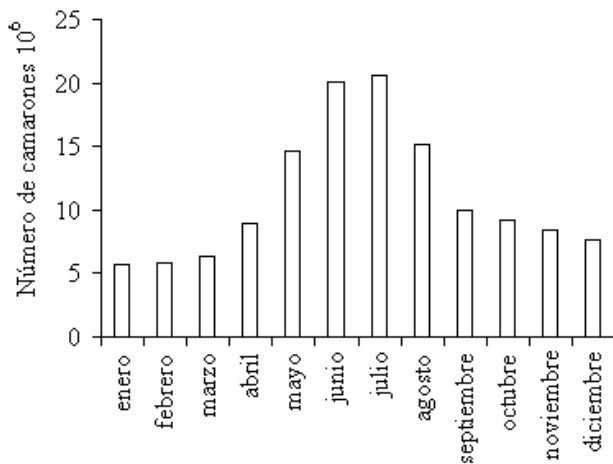
La cohorte de enero de 1975 fue seleccionada en cada una de las matrices  $Z_{APV}$  generadas por el APV a 0.19, 0.21, 0.22, 0.23 y 0.25 mensual (Tabla I). Las dimensiones de  $Z_{APV}$  resultaron las mismas que para  $X_{APV}$ , las unidades en ambas matrices fueron el número de camarones sobrevivientes  $\times 10^6$ . Los resultados del análisis de cluster se muestran en la figura 2.

Con los valores de DE (Fig. 2), el análisis de cluster indicó que el par de cohortes que resultaron con el menor valor de  $DE=1.5$ , fueron obtenidas a  $M=0.21$  y  $M=0.22$  mensual. El número de camarones sobrevivientes por grupos de edad con  $M=0.19$  mensual, resultó ser muy similar a los resultados antes descritos ( $DE=1.7$ ), pero no así la cohorte a  $M=0.25$  mensual ( $DE=4.4$ ), en donde el valor de DE se incrementó, ocasionando un menor grado de similitud con relación al primer conglomerado, que evidenció un mayor grado de similitud.

**Tabla I.** Tasas mensuales de mortalidad para *Farfantepenaeus duorarum* en el Banco de Campeche, período 1974-1989; mortalidad total (Z), mortalidad natural (M), coeficiente de capturabilidad (q), correlación (r), determinación ( $r^2$ ), nivel de significancia (p).

Modelo	Z	M	q	r	$r^2$	p
Berry & Paloheimo	0.28	0.25	$3 \times 10^{-5}$	0.656	0.431	0.001
Beverton & Holt Paloheimo						
Año juliano	0.44	0.19	$2 \times 10^{-5}$	0.553	0.306	0.032
Año biológico	0.49	0.21	$1 \times 10^{-5}$	0.437	0.193	0.011
Taylor		0.22				

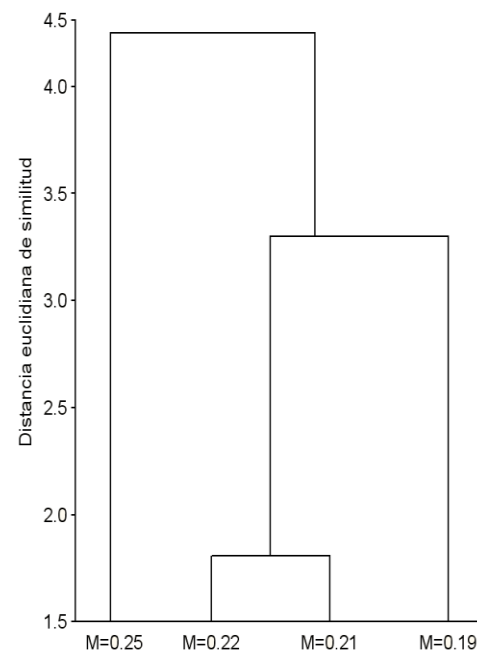
De acuerdo con los resultados incluidos en la figura 2, la abundancia virtual del número de camarones sobrevivientes por grupos de edad, fue más consistente entre  $M=0.21$  y  $M=0.22$  mensual. Estos valores constituyen el intervalo de M, para la fase marina de explotación de *F. duorarum* en el Banco de Campeche, período 1974-1989. De este intervalo, fue seleccionado el valor de  $M=0.21$  mensual.



**Figura 1.** Variación promedio anual de la captura comercial clasificada por categorías, transformada a número de camarones capturados mensualmente, período 1974-1989. El año biológico (fechas entre máximos de reclutamiento) ocurrió de junio a julio en cada año.

El análisis de F por grupos de edad a  $M=0.21$  mensual, se muestra en la figura 3. Como puede observarse, F se incrementó gradualmente desde los cuatro (0.14 mensual) a los seis meses de edad (0.59 mensual). En comparación con el grupo de edad de seis meses, F registró valores comparativamente menores entre los siete y 16 meses de edad (de 0.38 a 0.20 mensual). Un ligero aumento del 23 % se registró en el valor de F a la edad de 12 meses. En el grupo de tres meses de edad, se obtuvo el valor más bajo de F (0.01

mensual) (Fig. 3), lo cual hace suponer que esta edad, estuvo parcialmente reclutada o no estuvo disponible a la pesca industrial marina en el Banco de Campeche.



**Figura 2.** Agrupación por similitud para la abundancia virtual del número de camarones sobrevivientes por grupos de edad (matriz  $Z_{APV}$ ), obtenidos a distintos valores de mortalidad natural (M) en el Análisis de Población Virtual (APV), cohorte seleccionada: enero de 1975.

Las edades que registraron la mayor mortalidad por pesca en el ambiente marino del Banco de Campeche, período 1974-1989, fueron las registradas entre los cinco y 10 meses, evidenciando valores de F mayores a  $M=0.21$  mensual (la muerte por pesca fue mayor a la muerte natural). Las edades que relativamente mostraron un menor valor de mortalidad por pesca, fueron las registradas entre los 11 y 16 meses, éstas mostraron valores de F menores a M (la muerte natural fue mayor a la muerte por

pesca). La edad de cuatro meses, se observó con un bajo nivel de explotación en comparación con el resto de los grupos de edad.

De todo el análisis anterior, se obtuvo un promedio de 0.25 mensual para F y 0.46 para Z. Este valor fue consistente al valor de Z obtenido usando el año biológico ( $Z=0.49$  mensual) (Tabla I). Con base en lo anterior, el intervalo de Z fue establecido entre 0.46 y 0.49 mensual, cualquier valor de Z dentro de este intervalo es confiable, para complementar el análisis de la mortalidad natural presentado en este trabajo.

Finalmente, las tasas mensuales de mortalidad para *F. duorarum* en el ambiente marino del Banco de Campeche, período 1974-1989, fueron propuestas en:  $M=0.21$ ,  $F=0.25$  y  $Z=0.46$  mensual.

### Discusión

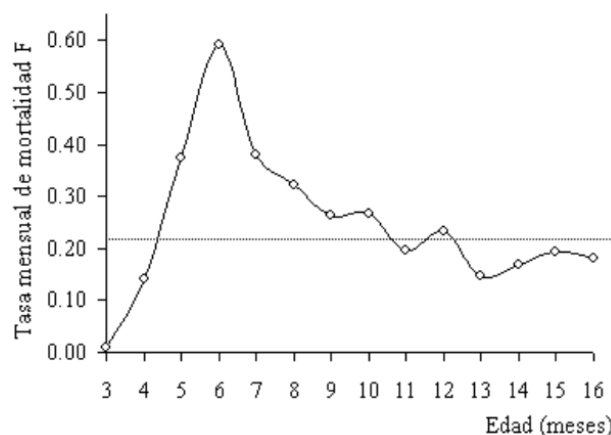
En diferentes poblaciones explotadas de peces, particularmente en zonas templadas, se han reportado un gran número de modelos que permiten estimar el valor de M (Ricker 1975). Algunos de estos modelos (Beverton & Holt 1957, Taylor 1958, Paloheimo 1961, Berry 1967, Pauly 1980), han sido retomados y evaluados mediante ensayo y error en zonas tropicales, para ser aplicados y recomendados en el caso de las pesquerías de camarón de la familia Penaeidae (Álvarez *et al.* 1987, Cervantes-Hernández 1999, Ramos-Cruz *et al.* 2006).

Como parte integral de la evaluación del recurso camarón en el Golfo de México, M es importante para la planificación adecuada de una estrategia de explotación. Sin embargo, la estimación de esta tasa no es fácil, debido a la calidad de los diferentes tipos de información poblacional con la que se cuenta (Cervantes-Hernández 1999). Cuando esto último ocurre, Vetter (1988) señaló que es recomendable el uso de diferentes modelos para comparar, analizar y acotar un intervalo razonable de M.

En el Golfo de México, M ha sido reportada por diferentes autores (Klima 1989, Gracia 1989, Arreguín-Sánchez *et al.* 1997), en las pesquerías de *F. aztecus* (de 0.19 a 0.55 mensual) y *L. setiferus* (0.28 mensual). Con base en lo anterior, Gracia *et al.* (1997) proponen un intervalo de M entre 0.20 y 0.37 mensual, que consideraron pertinente para todas las especies de camarón en la región antes señalada.

El intervalo de M estimado para *F. duorarum* (de 0.21 a 0.22 mensual), fue consistente con el intervalo señalado por Gracia *et al.* (1997) y a su vez, con las estimaciones reportadas por Ramos-Cruz *et al.* (2006) en el Golfo de Tehuantepec, México, en las pesquerías de *F. californiensis* (Holmes 1900) ( $M=0.22$  mensual) y *Litopenaeus*

*vannamei* (Boone 1931) ( $M=0.20$  mensual), períodos 1989-1998 y 1992-1998, respectivamente.



**Figura 3.** Tasa de mortalidad por pesca (F) por grupos de edad para *Farfantepenaeus duorarum* en el Banco de Campeche, período 1974-1989. La línea horizontal punteada es  $M=0.21$  mensual.

En el proceso para la estimación de M, la interacción entre diferentes poblaciones no fue considerada; sin embargo, a través del APV y con base en las funciones de Pope (1972), los efectos de M fueron cuantificados indirectamente en la matriz  $Z_{APV}$ . Algunos de estos efectos según Cervantes-Hernández (2008), incluyen a las muertes ocasionadas por la depredación, la edad avanzada y las enfermedades (mortalidad denso-dependiente); además, de las ocasionadas por la variabilidad ambiental (mortalidad denso-independiente). El intervalo de M, fue establecido según los resultados obtenidos del análisis de similitud (Fig. 2); de esta manera, las componentes denso-dependiente y denso-independiente de M en  $Z_{APV}$ , fueron consideradas constantes dentro del período analizado.

De acuerdo con lo antes descrito, las tasas mensuales de mortalidad, recomendadas para *F. duorarum* en el ambiente marino del Banco de Campeche, período 1974-1989; fueron:  $M=0.21$ ,  $F=0.25$  y  $Z=0.46$  mensual.

El análisis de F por grupos de edad a  $M=0.21$  mensual, evidenció que la muerte por pesca fue mayor a la muerte natural en las edades de 5 a 10 meses (Figuras 3 y 4); por lo cual, la pesquería industrial mantuvo una actividad de captura intensa sobre éstos grupos de edad. Los organismos de *F. duorarum* entre los 11 y 16 meses de edad, evidenciaron una muerte natural mayor a la muerte por pesca, que se traduce según el APV, en una alarmante reducción de la abundancia y disponibilidad, de estos grupos de edad con un alta

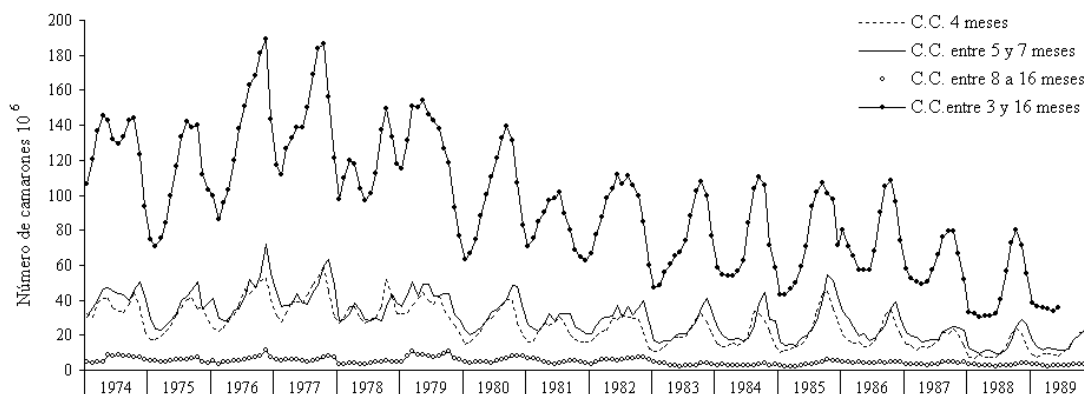
capacidad reproductora (Figuras 3 y 4). Los resultados sugieren, que en el Banco de Campeche, las edades de 5 a 10 meses fueron más abundantes que las registradas entre los 11 y 16 meses de edad. La edad más abundante fue la de seis meses de edad y presentó el valor más alto de mortalidad por pesca ( $F=0.59$  mensual).

En comparación con lo antes señalado, la edad de cuatro meses mostró un valor bajo de mortalidad por pesca ( $F=0.14$  mensual). En el Golfo de Tehuantepec y durante cinco temporadas de veda entre 1993 y 1997, Cervantes-Hernández *et al.* (2008 a) reportaron una situación similar para el grupo de cuatro meses de edad en *F. californiensis* ( $F < 0.18$  mensual). Lo anterior se traduce en un cierto nivel de protección sobre este grupo de edad durante las temporadas de veda, que para el caso de *F. duorarum* del Banco de Campeche, esta estrategia de protección resultó en la misma.

El grupo de tres meses de edad de *F. duorarum*, registró el valor más bajo de  $F$  (0.01 mensual) (Fig. 3). Esto sugiere, que esta edad

mantuvo un nivel de abundancia en extremo bajo en el ambiente marino del Banco de Campeche; y que de acuerdo con Cervantes-Hernández (1999), este grupo de edad se ha registrado con un nivel de abundancia mayor en los sistemas lagunares, antes del reclutamiento masivo al ambiente marino del Banco de Campeche. Debido a lo anterior, no se obtuvieron evidencias que permitieran afirmar, que esta edad en particular, haya sido capturada en demasía por la pesquería industrial en el área de estudio.

Lo antes descrito, evidenció la estrategia histórica de explotación que fue ejercida sobre *F. duorarum* en el Banco de Campeche, período 1974-1989. Esta estrategia, ocasionó el descenso gradual de la captura comercial clasificada por categorías, a partir de 1980, prolongándose hasta el final del período en estudio (Fig. 4). El intervalo de variación del número total de camarones capturados de 1980 a 1989, fue registrado entre un máximo de 142 y un mínimo de  $45 \times 10^6$  (C.C. entre tres y 16 meses de edad) (Fig. 4).



**Figura 4.** Variación interanual de la captura comercial clasificada por categorías (C.C.), transformada a número de camarones capturados mensualmente, período 1974-1989. Datos obtenidos de la matriz  $X_{APV}$ . El año biológico (fechas entre máximos de reclutamiento) ocurrió de junio a julio de cada año.

Un intervalo de variación para el número total de camarones capturados de *F. duorarum* en el Banco de Campeche, período 1986-1993; fue reportado de  $5$  a  $20 \times 10^6$  (Ramírez-Rodríguez *et al.* 2000). Los autores reportaron siete grupos de edad y el valor más alto de  $F$ , fue observado a la edad de cinco meses (0.60 mensual). Los autores no realizaron un análisis independiente de las tasas de mortalidad, pero lo que para efectuar el APV, utilizaron un valor de  $M$  (0.38 mensual), reportado por Arreguín-Sánchez *et al.* (1997). Esto implica,

que los autores en cuestión, ignoraron las recomendaciones de Vetter (1988), para obtener un intervalo confiable de  $M$ , razón por la cual, trabajaron con un valor de  $M$  sobre estimado, en comparación con el valor confiable de  $M$  recomendado en el presente trabajo.

Los resultados obtenidos por Ramírez-Rodríguez *et al.* (2000), en comparación con los obtenidos en el presente trabajo, corresponden a un escenario, en el cual fue considerado un mayor número de muertes ocasionadas por  $M$ ; sin embargo,

un valor de 0.38 mensual es considerado excesivo según Gracia *et al.* (1997). A pesar de lo anterior, los resultados obtenidos por Ramírez-Rodríguez *et al.* (2000), evidenciaron al igual que con el presente trabajo (Fig. 4), la continuación de un descenso gradual en la captura comercial clasificada por categorías (posterior a 1989) y la persistencia hacia la explotación de edades juveniles de *F. duorarum* en el Banco de Campeche.

La historia de vida de los camarones de la familia Penaeidae es de aproximadamente entre 15 y 18 meses, la madurez sexual se alcanza entre los seis y siete meses, sin embargo, el 100 % de la población es sexualmente madura entre los 10 y 16 meses (Gracia 1992). Lo anterior fue consistente con los resultados obtenidos para estimar la longevidad máxima que alcanzó un camarón rosado en la población natural,  $A_{0.95}=14$  meses según Taylor (1958) y de 16 meses según el APV.

Diferentes autores (Chávez 1979, Chávez & Arreguín-Sánchez 1982, Gracia & Soto 1990, Gracia *et al.* 1997, Cervantes-Hernández 1999, 2008, INP 2004, Ramos-Cruz *et al.* 2006, Cervantes-Hernández 2008), han señalado que el reclutamiento masivo (de los sistemas lagunares al ambiente marino) de *F. aztecus*, *F. duorarum*, *F. californiensis*, *L. vannamei* y *L. setiferus*, se efectúa cuando estos organismos han alcanzado los cuatro meses de edad.

El análisis de F por grupos de edad, indicó que el menor valor de esta tasa, fue observado a la edad de cuatro meses ( $F=0.14$  mensual) (Figuras 3 y 4). Este valor, se consideró relacionado con los períodos de veda que fueron implantados en el Golfo de México, para proteger el reclutamiento masivo de los juveniles de *F. duorarum*, *F. aztecus* y *L. setiferus* (INP 2007). En este mismo análisis y posterior al cierre de vedas, se detectó que *F. duorarum* fue capturado masivamente, antes de alcanzar la edad de primera madurez sexual (C.C. entre cinco y siete meses de edad) (Fig. 4). Este tipo de explotación en las poblaciones naturales de camarón, se conoce según Gracia (1995), como "Sobrepesca de Crecimiento".

La "Sobrepesca del Crecimiento" es un proceso común que ha sido observado en varias pesquerías de camarón en el Golfo de México (Gracia 1995, Gracia 1997, Gracia *et al.* 1997) y el Pacífico mexicano (Cervantes-Hernández *et al.* 2006, Cervantes-Hernández *et al.* 2008 a, b). El incremento excesivo del esfuerzo ribereño, aunado al esfuerzo de la pesca industrial, ocasiona serios problemas en las poblaciones de camarón, por lo que se recomienda un balance entre ambos, con el fin de alcanzar una explotación óptima del recurso (Gracia *et al.* 1997). El análisis de dicha recomendación, se

encuentra lejos de los alcances del presente trabajo, ya que sólo se consideró la explotación marina; no obstante, y dado la situación en la cual se observó el recurso analizado, es muy probable, que la estrategia de explotación más adecuada para la pesquería de *F. duorarum* en el Banco de Campeche, sea una prolongación del tiempo que se invierte para la protección de los juveniles en el ambiente marino y al mismo tiempo, una regulación de pesca en los sistemas lagunares. Con esto, se podrá incrementar la fecundidad de la población a través del aumento de los organismos con edad de primera madurez sexual (C.C. entre 8 y 16 meses de edad, Fig. 4); los cuales, fueron observados en el ambiente marino del Banco de Campeche, con reducidos niveles de abundancia a lo largo de todo el período analizado (Fig. 4).

Es muy probable que actualmente M en el Banco de Campeche, sea mayor que el valor propuesto en este trabajo, ya que en esta región del Golfo de México, Gracia (1995) advirtió de un aumento en las actividades petroleras en las zonas de pesca marina y lagunar, que han afectado el hábitat natural de diferentes especies de interés comercial.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Ciudad del Carmen, Campeche, México, por proveer la base de datos. Agradecemos los comentarios de S. J. Serrano Guzmán (UMAR), Isabel Gallardo Berumen (UMAR); así también, a los revisores anónimos.

#### Referencias

- Álvarez, F., Gracia, A. & Soto, L. 1987. Crecimiento y mortalidad de las fases del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad 1939) en la Laguna de Términos, Campeche, México. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**, 14(2): 207-220.
- Arreguín-Sánchez, F. & Chávez, E. A. 1985. Estado del conocimiento de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. **Investigaciones Marinas**, 2(2): 23-44.
- Arreguín-Sánchez, F., Schultz-Ruiz, L., Gracia, A., Sánchez, J. & Alarcón T. 1997. Estado actual y perspectivas de las pesquerías de camarón del Golfo de México. *In*: Flores-Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Seijo, J. C. & Arreguín-Sánchez, F. (Eds.). **Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México**. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, (7): 145-172.

- Berry, R. J. 1967. Dynamic of the tortugas pink shrimp population. **PhD. Thesis**. University of Rhode Island, Estates United of America.
- Beverton, H. & Holt, S. 1957. **On the dynamics of exploited fish population**, Chapman & Hall, New York, 533 p.
- Cervantes-Hernández, P. 1999. Relaciones stock-reclutamiento del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad 1939) en el Banco de Campeche. **Tesis**. Universidad Nacional Autónoma de México, 37 pp.
- Cervantes-Hernández, P., Ramos-Cruz, S. & Gracia, A. 2006. Evaluación del estado de la pesquería de camarón en el Golfo de Tehuantepec. **Hidrobiológica**, 16(3): 233-239.
- Cervantes-Hernández, P. 2008. Method to obtain indices of abundance in the population of brown shrimp from the Gulf of Tehuantepec, Oaxaca, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 43(1): 111-119.
- Cervantes-Hernández, P., Gallardo-Berumen, M. I., Ramos-Cruz, S., Gómez-Ponce, M. A. & Gracia, A. 2008a. Análisis de las temporadas de veda en la explotación marina de camarones del Golfo de Tehuantepec, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 43(2): 285-294.
- Cervantes-Hernández, P., Sánchez-Meraz, B., Frías-Velasco, A., Serrano-Guzmán, J. S., Ramos-Cruz, S. & Gracia, A. 2008b. Variación interanual de la abundancia de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) en el Golfo de Tehuantepec. **Hidrobiológica**, 18(3):215-226.
- Chávez, E. A. 1979. Diagnósis de la Pesquería del Camarón del Golfo de Tehuantepec, Pacífico Sur Occidental de México. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**, 6(2): 15-44.
- Chávez, E. A & Arreguín-Sánchez, F. 1982. **Evaluación y diagnóstico de la pesquería de camarón del Golfo de Tehuantepec**. Instituto Politécnico Nacional, México, 60 p.
- Gracia, A. 1989. Mortalidad natural del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus 1967) en la Sonda de Campeche. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**, 16(2): 263-272.
- Gracia, A. 1991. Spawning stock-recruitment relationship of white shrimp in the southwestern Gulf of Mexico. **Transactions of the American Fisheries Society**, 120: 519-527.
- Gracia, A. 1992. Explotación y manejo del recurso camarón. **Ciencia y desarrollo**, 18(106): 82-95.
- Gracia, A. 1995. Impacto de la pesca artesanal sobre la producción del camarón rosado *Penaeus Farfantepenaeus duorarum*, (Burkenroad 1939). **Ciencias Marinas**, 21(3): 343-359.
- Gracia, A. 1997. Simulated and actual effects of the brown shrimp, *Penaeus aztecus*, Closure in Mexico. **Marine Fisheries Review**, 59(2): 18-24.
- Gracia, A. & Soto, L. 1990. Population study of the penaeid shrimp of Términos lagoon, Campeche, México. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**, 17(2): 241-255.
- Gracia, A., Vázquez-Bader, A. R., Arreguín-Sánchez, F., Schultz-Ruíz, L. & Sánchez, J. 1997. Ecología de camarones peneidos. In: Flores-Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Seijo, J. C. & Arreguín-Sánchez, F. (Eds.). **Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México**. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, (7): 127-144.
- Instituto Nacional de la Pesca. 2004. **Pesca sustentable de camarón en el Golfo de California, propuesta de reestructuración de la flota camaronera de altamar**. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México, 74 p.
- Instituto Nacional de la Pesca. 2007. **Análisis de las poblaciones de camarón en la Sonda de Campeche y la costa de Tabasco, México**. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México, 12 p.
- Klima, E. 1989. Approaches to research and management of U.S. fisheries for penaeid shrimp in the Gulf of Mexico. In: Caddy, F. (Eds.). **Marine Invertebrate Fisheries: their assessment and management**, 281-306.
- Paloheimo, J. 1961. Studies on estimation of mortalities, comparison of a method described by Beverton and Holt and a new linear formula. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, 18: 645-662.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, 39(2): 175-192.
- Pope, J. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. **Research Bulletin**, 9: 65-74.



- Ramírez-Rodríguez M., Chávez, E. A. & Arreguín-Sánchez, F. 2000. Perspective of the pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad) Fishery from Campeche Bank, México. **Ciencias Marinas**, 26(1): 97-112.
- Ramos-Cruz S., Sánchez-Meraz, B. Carrasco-Ayuso, F. & Cervantes-Hernández, P. 2006. Estimación de la tasa de mortalidad natural de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931), en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 41(2): 221-229.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada**, 191: 1-382.
- Taylor, C. 1958. Cod growth and temperature. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, 23: 366-370.
- Vetter, E. F. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. **Fishery Bulletin**, 86(1): 25-43.

Received November 2009

Accepted September 2010

Published online November 2011