

**IMPACTO DE LA PESCA ARTESANAL SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CAMARÓN ROSADO *Penaeus Farfantepenaeus duorarum* BURKENROAD, 1939**

**IMPACT OF ARTISANAL FISHERY ON PRODUCTION OF THE PINK SHRIMP *Penaeus Farfantepenaeus duorarum* BURKENROAD, 1939**

Adolfo Gracia

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
Apartado postal 70-305  
México, DF, 04510  
México

*Recibido en noviembre de 1994; aceptado en marzo de 1995*

**RESUMEN**

Con base en modelos de simulación, se analiza el impacto de la pesca artesanal de juveniles de camarón rosado sobre el reclutamiento y la producción total de *P. duorarum*, en el estado de Campeche. Los modelos empleados se alimentaron con los parámetros biológicos, poblacionales y pesqueros registrados en la bibliografía y otros se estimaron para tal propósito. La estructura de tallas sobre la que incide la pesca artesanal tiene un intervalo de 12 a 115 mm de longitud total (LT) con una moda en la clase de talla de 35 a 40 mm de LT. El 85% de los camarones juveniles capturados tiene entre 25 y 60 días de edad. La pesca artesanal ocasiona una disminución de la producción de altamar directamente proporcional al volumen extraído. Las variaciones de mortalidad natural tienen mayor influencia en los resultados de la simulación que la variabilidad de las tasas de crecimiento. La pesca artesanal de juveniles de camarón rosado causa una pérdida de producción en una proporción de 1:7.5-10 por cada kilogramo capturado, lo que en valor corresponde a una proporción de 1:23-32. De acuerdo con las simulaciones, los niveles de pesca artesanal registrados en las estadísticas pesqueras, en el estado de Campeche, pueden ser responsables de 10 a 20% de la disminución en la producción de *P. duorarum*.

*Palabras clave:* camarón rosado, pesca artesanal, modelos de simulación, reclutamiento, producción.

**ABSTRACT**

The impact of artisanal fishery of pink shrimp juveniles on recruitment and total production of *Penaeus duorarum* in the state of Campeche is analyzed using simulation models. The biological, population and fishery parameters available in literature were used to feed the models, and others were estimated for this purpose. The size structure of the artisanal fishery extends from 12 to 115 mm total length (TL). Catch modal size is between 35 and 40 mm TL. Eighty-five percent of the juvenile shrimps caught are between 25 and 60 days old. Artisanal shrimp fishery causes a decrease in offshore production directly proportional to the amount captured. Simulation results are more affected by natural mortality variability than growth parameter variations. The artisanal fishery of pink shrimp juveniles causes a loss in production at a rate of 1:7.5-10 per kilogram caught which, in terms of value, corresponds to a rate of 1:23-32. According to the simulations, the levels of artisanal fishery recorded in the state of Campeche could be responsible for a 10-20% decrease in pink shrimp production.

*Key words:* pink shrimp, artisanal fishery, simulation models, recruitment, production.

## INTRODUCCIÓN

El camarón rosado, *Penaeus Farfantepenaeus duorarum*, es una de las especies más importantes, desde el punto de vista comercial, en el golfo de México. Las mayores concentraciones de camarón rosado en aguas mexicanas se localizan en el suroeste del golfo, en el banco de Campeche, donde se ha desarrollado una pesquería, desde la década de 1950, que llegó a representar más del 70% de la producción de camarón del golfo de México. La captura en esta área ha tenido fluctuaciones a lo largo de su historia de explotación que muestran los mayores niveles en el decenio de 1970. Después de este periodo, la captura registrada ha presentado una tendencia negativa muy marcada que, de acuerdo con los registros estadísticos pesqueros (Secretaría de Pesca, 1982, 1988; Navarrete *et al.*, en prensa), ha llegado a un nivel de producción equivalente a una tercera parte de los niveles máximos registrados históricamente.

Se han citado varias causas de esta declinación, entre ellas: 1) una disminución del esfuerzo relacionado con la transferencia de la flota camaronera a las cooperativas pesqueras en 1981 y la disminución de la capacidad de pesca por el deterioro de la flota, 2) la disminución de áreas de pesca por el aumento de plataformas petroleras en la zona, 3) el deterioro de la calidad de las áreas de crianza y 4) la expansión de la pesca artesanal sobre el camarón rosado.

Entre los factores mencionados, que ciertamente pueden repercutir sobre la producción del camarón rosado, la pesca artesanal es un factor importante, por el desarrollo potencial relativamente rápido que tiene, con el consecuente impacto sobre la población. Las pesquerías artesanales del camarón constituyen una actividad muy común debido a los ingresos que los pescadores obtienen al practicarla, lo cual propicia su crecimiento. A menudo, también es fuente de conflicto por la repercusión que el incremento del esfuerzo artesanal tiene sobre la captura industrial marina (Gracia, 1989a, 1994a).

La pesca artesanal de juveniles de camarón rosado en la zona costera del estado de Campeche, que en un principio era de escala muy pequeña, tuvo un gran aumento durante el

## INTRODUCTION

The pink shrimp, *Penaeus Farfantepenaeus duorarum*, from a commercial point of view is one of the most important species in the Gulf of Mexico. The greatest concentrations of pink shrimp in Mexican waters are found in the southwest region of the Gulf of Mexico, in Campeche Bank. Here, its fishery has been developed since the 1950's and has come to represent more than 70% of the shrimp production in the Gulf of Mexico. Landings in this area have shown fluctuations throughout its history of exploitation, reaching the greatest levels during the 1970's. After this period, recorded catches have presented a very noticeable negative tendency that, according to statistical fishery records (Secretaría de Pesca, 1982, 1988; Navarrete *et al.*, in press), have reached a production level equivalent to one third the maximum levels previously recorded.

Various causes for this decline have been reported, among them: 1) a decrease in the effort related to the transfer of the shrimp fleet to the fishing coops in 1981, and the decrease in fishing capacity due to deterioration of the fleet, 2) the decrease in fishing areas due to the increase in oil-drilling platforms in the zone, 3) the deterioration of the quality of the nursery areas and 4) the expansion of the artisanal fishery on pink shrimp.

Among the factors mentioned, that without a doubt affect the production of pink shrimp, the artisanal fishery represents an important factor due to the relatively rapid development potential that it has and the consequent impact on the population. The artisanal shrimp fisheries constitute a very common activity due to the income that the fishermen receive from it, which in turn promotes its growth. It is often also a source of conflict due to the repercussion that the growth in the artisanal effort has on the industrial marine capture (Gracia, 1989a, 1994a).

The artisanal fishery of pink shrimp juveniles in the coastal zone of the state of Campeche started out on a very small scale, but it increased greatly during the 1980's due to the explosive rise in the demand for these juveniles

decenio de 1980, debido al incremento explosivo en la demanda de juveniles (Gracia, 1994a). El incremento del esfuerzo artesanal sobre los juveniles necesariamente causa un impacto en la población y niveles de producción de camarón rosado. Este trabajo analiza, mediante ejercicios de simulación, dicho impacto, así como las repercusiones sobre la población, principalmente en los niveles de reclutamiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de obtener una estimación de la estructura promedio de las tallas explotadas por la pesca artesanal, se efectuó un muestreo de la captura artesanal en el área de Sabancuy y Champotón, Campeche, México. El muestreo se llevó a cabo durante el periodo de mayor reclutamiento del año, en las lagunas costeras (Gracia y Soto, 1990; Gracia *et al.*, 1994). Los camarones se identificaron a nivel específico con la clave de Pérez-Farfante (1970), y se obtuvo la longitud total (LT) de cada uno de los organismos, tomada desde la punta del rostrum hasta la punta del telson con un vernier de precisión de 0.05 mm. Asimismo, para obtener un panorama del nivel de explotación de camarón rosado se recopiló información estadística de los datos disponibles de captura.

Las simulaciones de la interacción entre las pesquerías secuenciales, artesanal estuarina e industrial marina, se basaron en el modelo analítico determinístico de rendimiento por recluta de Thompson y Bell (Ricker, 1975), empleado por Willmann y García (1985). El modelo se implementó como una simulación discreta en periodos mensuales, considerando una cohorte promedio representativa de un ciclo anual y suponiendo que todos los organismos tienen el mismo peso a determinada edad.

El análisis se basó en una población de camarón rosado con periodo de vida medio máximo de 16 meses (Gracia, 1989a). Los parámetros poblacionales para alimentar el modelo se recopilaron de la bibliografía o se estimaron, cuando no estaban disponibles o presentaban valores sesgados.

La modelación comenzó con el periodo de reclutamiento en las áreas de crianza. El recluta-

(Gracia, 1994a). This increase in artisanal effort on the juveniles inevitably causes an impact on the population and production levels of the pink shrimp. In this study, the level of this impact as well as the repercussions on the population, principally at the recruitment levels, are analyzed with simulation exercises.

## MATERIAL AND METHODS

In order to obtain an estimate of the average size structure of the individuals caught by the artisanal fishery, a sampling was conducted of the artisanal capture at Sabancuy and Champotón, Campeche, Mexico. The sampling was conducted in the coastal lagoons during the highest recruitment period of the year (Gracia and Soto, 1990; Gracia *et al.*, 1994). The shrimp were identified to the species level using Pérez-Farfante's key (1970). Total length (TL) of every organism was measured from the tip of the rostrum to the tip of the telson using a 0.05 mm precision vernier. The extent of the level of exploitation of the pink shrimp was compiled from the statistical information available in the capture data.

Simulations of the interaction between sequential, artisanal estuarine and industrial marine fisheries were made based on the deterministic analytical model of yield per recruit of Thompson and Bell (Ricker, 1975), modified by Willmann and García (1985). The model was used as a discrete simulation of monthly periods, using an average cohort to represent an annual cycle. It is assumed that all of the organisms in the cohort reach a same weight at a determined age.

A population of pink shrimp with a mean life cycle of 16 months was used as a base for the analysis (Gracia, 1989a). The population parameters for feeding the model were taken from literature or were estimated when not available or when biased values were presented.

The modeling began with the recruitment period in the nurseries. The level of recruitment for initiating the simulation was estimated from the number of pink shrimp needed to reach average production in the period prior to the increase in the artisanal fishing effort. The

miento para iniciar la simulación se estimó a partir del número necesario para alcanzar la producción promedio de camarón rosado en el periodo previo al incremento del esfuerzo pesquero artesanal. La tasa de mortalidad en la fase estuarina se tomó de los estudios efectuados por Álvarez *et al.* (1987), Gracia y Soto (1986a, b) y Gracia (1989a). En la etapa marina, la tasa de mortalidad natural (M) se estimó mediante el método de Pauly (1980, 1983), el cual arrojó un valor medio de 0.2. Éste se comparó con otras estimaciones de M obtenidas para *P. duorarum* y *P. setiferus* (Shapiro, 1983; Gracia, 1989a, b).

Respecto a la tasa de crecimiento, inicialmente se tomaron los parámetros estimados por Gracia (en proceso) en la etapa marina y se ajustaron con la información de las tasas de crecimiento de camarón rosado en la etapa estuarina (Gracia y Soto, 1986a; Álvarez *et al.*, 1987). Se consideraron también otras tasas de crecimiento de la bibliografía con el fin de analizar el impacto en diferentes tasas de crecimiento y mortalidad (Navarrete *et al.*, en prensa). La mortalidad por pesca y edad en la etapa marina se estimó del patrón de pesca promedio en el periodo de mayor captura de *P. duorarum*, mediante un análisis de población virtual, y se mantuvo constante para cada edad. Las simulaciones se efectuaron a partir de una población no sujeta a pesca artesanal y luego se incrementó la mortalidad por pesca artesanal, para simular diferentes niveles de esfuerzo pesquero correspondientes al desarrollo de la pesquería artesanal con tasas de crecimiento y mortalidad diferentes. La mortalidad por pesca y edad en la fase estuarina se distribuyó de acuerdo con la estructura de tallas de la captura, que evidencia que el 60% de los organismos tiene alrededor de un mes y el 40% restante es menor de dos meses de edad.

## RESULTADOS

### Composición, estructura de tallas y captura artesanal

Las muestras obtenidas de la pesquería artesanal evidencian que la captura está compuesta esencialmente por camarón rosado (96%) y en

mortality rate in the estuarine phase was taken from studies conducted by Álvarez *et al.* (1987), Gracia and Soto (1986a, b) and Gracia (1989a). In the marine stage, the natural mortality rate (M) was estimated using Pauly's method (1980, 1983) which produced a mean value of 0.2. This was compared to other M estimates obtained for *P. duorarum* and *P. setiferus* (Shapiro, 1983; Gracia, 1989a, b).

With regard to the growth rate, the parameters estimated by Gracia (in process) for the marine stage were initially used and were later fitted with the information of the growth rates of the pink shrimp in the estuarine stage (Gracia and Soto, 1986a; Álvarez *et al.*, 1987). Other growth rates from literature were also considered in order to analyze the level of impact on different growth and mortality rates (Navarrete *et al.*, in press). Mortality due to fishing per age in the marine stage was estimated from the average fishing pattern in the period when most *P. duorarum* were caught, using a virtual population analysis. This mortality was kept constant for each age. The simulations were conducted on a population not subjected to artisanal fishery. Later, the mortality from artisanal fishery was increased in order to simulate the different levels of artisanal fishery effort corresponding to its development using different growth and mortality rates. Mortality due to fishing per age in the estuarine stage was distributed according to the size structure of the capture, and reveals that 60% of the organisms are around one month old, and the remaining 40% less than two months old.

## RESULTS

### Composition, size structure and artisanal capture

The samples obtained from the artisanal fishery reveal that the capture is principally composed of pink shrimp (96%) and a small proportion of shrimp from the family Palemonidae (4%).

The size structure of the artisanal fishery shows a broad interval that practically covers all of the sizes of pink shrimp juveniles present

una pequeña proporción por camarones de la familia Palemonidae (4%).

La estructura de tallas de la pesca artesanal muestra un intervalo amplio que abarca prácticamente todas las tallas de juveniles de camarón rosado presentes en aguas costeras, ya que se extiende desde el momento en que las postlarvas se establecen en el fondo (12 mm de LT) hasta tallas en que ya ha emigrado al mar gran parte de la población (115 mm de LT). No obstante, el grueso de la captura se ubica en un intervalo relativamente pequeño comprendido entre 25 y 45 mm de LT con una moda en la clase de talla de 35 a 40 mm de LT (fig. 1). Como resultado de este esfuerzo, la captura de la pesquería artesanal está compuesta en un 85% por organismos entre 25 y 60 días de edad.

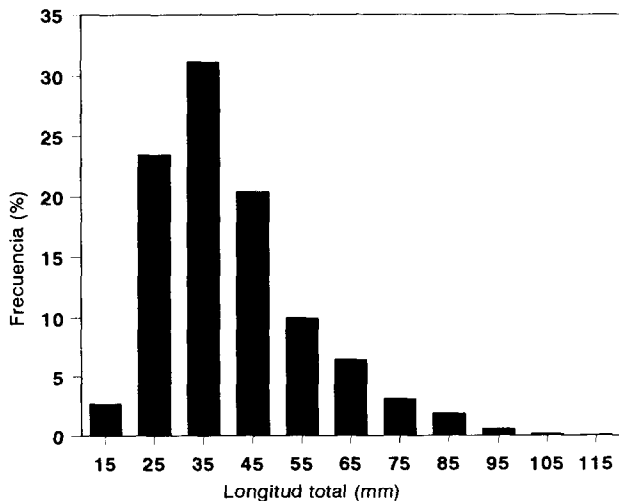
Los registros disponibles de los niveles de explotación sobre el estadio juvenil de camarón rosado en la costa de Campeche son escasos y sólo existen desde 1985 en forma general. Los únicos datos de esta actividad recabados por la Dirección General de Informática y Registros Pesqueros de la Secretaría de Pesca varían entre 26 y 66 t anuales y presentan una tendencia general de incremento de los niveles de captura desde los primeros años de registro hasta la prohibición de la pesca de camarón rosado juvenil, en 1992 (fig. 2). Los primeros registros de esta pesquería son casi de la misma magnitud que los de los últimos años, lo cual denota un incremento explosivo de la pesca artesanal debido principalmente al aumento repentino del consumo de estas tallas que ocurrió en el decenio de 1980. Al igual que muchas pesquerías artesanales, los registros estadísticos no reflejan adecuadamente los niveles de captura reales, por los problemas para captar la información correcta; sin embargo, se aprecia una alta explotación con tendencia a incrementarse hasta el establecimiento de la prohibición de esta actividad.

Mensualmente, la captura promedio muestra una variación cuyos máximos concuerdan con los picos de abundancia de juveniles relacionados con el patrón de reclutamiento de esta especie (fig. 3). Sin embargo, es conveniente destacar que el patrón de captura no refleja las diferencias de abundancia que se presentan en

in coastal waters. This extends from the moment that the postlarvae settle on the bottom (12 mm TL) up to the sizes in which a large part of the population has emigrated to the sea (115 mm TL). However, the bulk of the capture is found in a relatively small interval, made up of organisms between 25 and 45 mm TL with a catch modal size class between 35 and 40 mm TL (fig. 1). As a result of this effort, 85% of the capture by artisanal fishery is made up of organisms between 25 and 60 days of age.

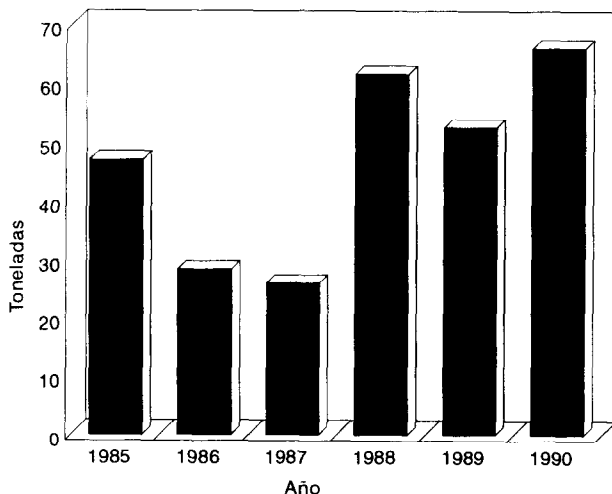
There are few records available on the levels of exploitation during the juvenile stage of the pink shrimp in the Campeche coast, and they only exist since 1985 in a general manner. The only data on this activity, gathered by the *Dirección General de Informática y Registros Pesqueros* of the *Secretaría de Pesca*, vary between 26 and 66 t per year, and there is a general tendency in the levels of capture to increase from the first years of recording up to the ban on pink shrimp juvenile fishery in 1992 (fig. 2). The first records of this fishery are almost of the same magnitude as those from most recent years. This denotes an explosive increase in the artisanal fishery due principally to the sudden rise in the consumption of these sizes that occurred in the decade of the 1980's. As with many artisanal fisheries, the statistical records do not adequately reflect the true levels of capture, due to problems in obtaining correct information; however, a high exploitation is observed with a tendency to increase until the ban on this activity was established.

The average monthly catch shows a variation with maximums that coincide with the peaks in juvenile abundance related to the recruitment pattern of this species (fig. 3). However, it should be mentioned that the catch pattern does not reflect the differences in abundance presented in the annual period, on the contrary, it remains at a more or less similar level of capture throughout the different months. This (in the case that the data are correct) suggests a fishing effort independent from the abundance pattern of the pink shrimp juveniles and, in the months of low abundance, the fishing effort increases in order to obtain a capture that represents the level of income de-



**Figura 1.** Estructura de tallas capturada con la pesca artesanal de juveniles de camarón rosado (*P. duorarum*) en la costa del estado de Campeche.

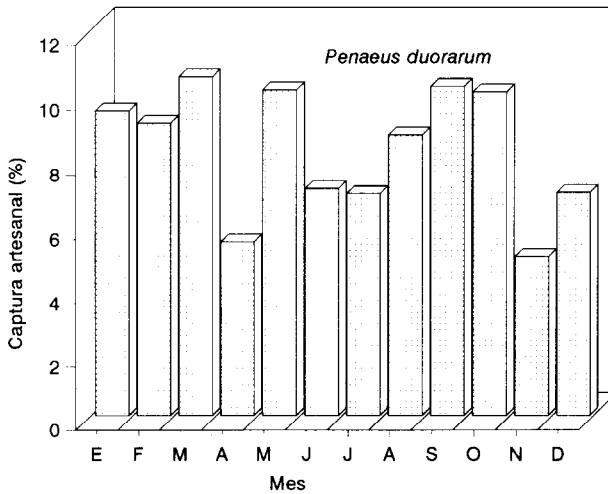
**Figure 1.** Size structure of the pink shrimp juveniles (*P. duorarum*) caught by artisanal fishery in the coast of the state of Campeche.



**Figura 2.** Captura anual de la pesquería artesanal de camarón rosado en el estado de Campeche (Dirección General de Informática y Registros Pesqueros, de la Secretaría de Pesca).

**Figure 2.** Annual catch of pink shrimp by artisanal fishery in the state of Campeche (Dirección General de Informática y Registros Pesqueros, de la Secretaría de Pesca).

## Gracia: Impacto de la pesca artesanal de camarón rosado



**Figura 3.** Variación promedio mensual de la captura de juveniles de camarón rosado en el estado de Campeche.

**Figure 3.** Monthly average variation of the catch of pink shrimp juveniles in the state of Campeche.

un periodo anual, por el contrario, se mantiene un nivel de captura más o menos similar en los distintos meses. Esto (en caso de que los datos sean correctos) sugiere un esfuerzo pesquero independiente del patrón de abundancia de juveniles de camarón rosado y, además, que en los meses de baja abundancia el esfuerzo de pesca se incrementa con el fin de obtener una captura que represente el nivel de ingresos que persigue el pescador. El incremento del esfuerzo pesquero se propicia por la facilidad de captura del organismo cuando éste emigra hacia el mar a través de canales angostos.

### Impacto sobre la población marina

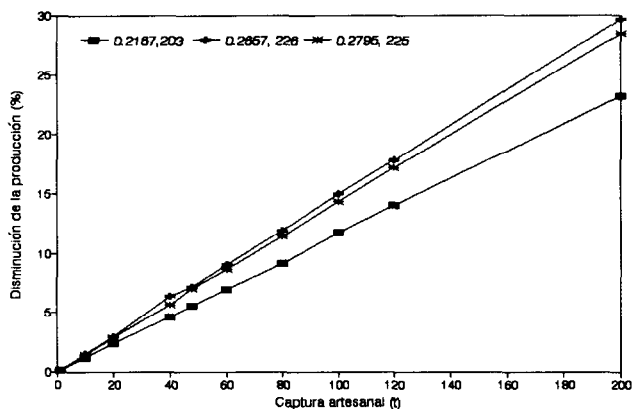
Los ejercicios de simulación, con base en los parámetros de mortalidad natural estuarina y marina, mortalidad por pesca y diferentes tasas de crecimiento (tabla 1), muestran que el impacto de la pesca artesanal sobre la producción es directamente proporcional al volumen extraído. De acuerdo con esta simulación, el impacto sobre la población marina es menor de 5% cuando no se sobrepasan las 40 t anuales y se

sired by the fishermen. The ease with which this organism is captured when it emigrates to the sea through narrow channels adds to the increase in the fishing effort.

### Impact on the marine population

The simulation exercises, based on the parameters of natural estuarine and marine mortality, fishing mortality and different growth rates (table 1), show that the impact of artisanal fishery on production is directly proportional to the volume extracted. According to this simulation, the impact on the marine population is less than 5% when no more than 40 t are caught per year, and substantial increases are observed when more than 50 t of pink shrimp juveniles of the sizes given are captured (fig. 4).

Impact variation is low when natural mortality is kept constant and different growth rates are used. This variability depends in great part on maximum length, although it is also affected by the interaction with the growth rate, since low values in these parameters register



**Figura 4.** Impacto de la pesca artesanal de juveniles de camarón rosado sobre la producción de altura a diferentes tasas de crecimiento. En la figura se presentan la tasa de crecimiento K y la longitud infinito.

**Figure 4.** Impact of artisanal fishery of pink shrimp juveniles on offshore production using different growth rates. Growth rate K and asymptotic length are presented in the figure.

incrementa a niveles sustanciales cuando se capturan más de 50 t de camarón rosado juvenil de las tallas señaladas (fig. 4).

La variación del impacto, cuando se mantiene constante la mortalidad natural y se emplean distintas tasas de crecimiento, es baja. Esta variabilidad depende en gran medida de la longitud máxima, aunque también se ve afectada por la interacción con la tasa de crecimiento, ya que con valores bajos de estos parámetros se registran impactos menores. La diferencia del impacto con las distintas tasas de crecimiento se hace más notoria conforme aumenta el nivel de explotación en la etapa estuarina (fig. 4). Dado que los parámetros de crecimiento pueden variar tanto estacional como anualmente a causa de la influencia de factores ambientales (aunque en este caso dicha variación no sea muy amplia), es conveniente tomar como punto de partida para las siguientes simulaciones el promedio de los parámetros de crecimiento disponibles para varios años.

Con los tres conjuntos de parámetros de crecimiento, el impacto de la pesca artesanal de juveniles de camarón rosado sobre la pesca de altura guarda una proporción de 1:7.5 a 10. Es

lower impacts. The difference in impact using different growth rates is more noticeable as the level of exploitation in the estuarine stage increases (fig. 4). Since growth parameters can vary both seasonally and yearly due to the influence of environmental factors (although variation in this case is not very great) it is convenient to use the average of the growth parameters from various years as a starting point in the following simulations.

Using the three groups of growth parameters, the impact of artisanal fishery of pink shrimp juveniles on the offshore fishery results in a ratio of 1:7.5 to 10. That is, for each kilogram of *P. duorarum* juveniles between 7.5 and 10 kg are lost which, due to the growth of the shrimp, could be obtained with the fishing and natural mortality patterns initially established (table 1). On the average, it can be considered that the impact of artisanal capture on the marine population is 1:9.

The effect of natural mortality on the level of impact of the coastal artisanal fishery on the marine capture of pink shrimp was analyzed with simulations. Different natural mortality values were used for the estuarine and marine



**Tabla 1.** Parámetros del camarón rosado (mensuales) utilizados para los modelos de simulación.  
**Table 1.** Monthly parameters of the pink shrimp used in the simulation models.

Parámetros	Valores		
Mortalidad natural estuarina	0.4, 0.6, 0.8		
Mortalidad natural marina	0.2, 0.27, 0.37		
Mortalidad por pesca por edad	0.01 - 0.482 F promedio = 0.299		
Tasas de crecimiento	K = 0.2167	$L^\infty = 203$ mm	$t_0 = 0.466$
	K = 0.2657	$L^\infty = 226$ mm	$t_0 = 0.2613$
	K = 0.2795	$L^\infty = 225$ mm	$t_0 = 0.2467$

decir por cada kilogramo de juveniles de *P. duorarum* se pierden de 7.5 a 10 kg que se podrían obtener debido al crecimiento del camarón, con el patrón de mortalidad por pesca y la mortalidad natural establecidos inicialmente (tabla 1). En término medio, se puede considerar que el impacto de la captura artesanal sobre la población marina es de 1:9.

El efecto de la mortalidad natural en el nivel de impacto de la captura artesanal costera sobre la captura marina de camarón rosado se analizó mediante simulaciones, en las que se emplearon diferentes valores de mortalidad natural para las etapas estuarina y marina. En la etapa marina, se tomaron los valores registrados de mortalidad natural en la literatura referente al área (Shapiro, 1983; Navarrete *et al.*, en prensa) y el estimado en este trabajo ( $M = 0.2, 0.27, 0.37$ ). En la fase estuarina se utilizaron fracciones de 0.75 y 0.5 de la mortalidad natural mensual máxima utilizada para la etapa estuarina ( $M = 0.8$ ). Debido a la falta de registros precisos de la captura artesanal y a la captura de camarón rosado que existe en el estado de Yucatán, para este ejercicio se consideró como base una captura anual media de 120 t, que representa el doble del promedio registrado en el estado de Campeche.

La mortalidad natural, tanto en la etapa estuarina como en la marina, guarda una relación inversa con el impacto sobre la captura de altamar. El máximo de reducción (26%) se obtiene

stage. In the marine stage, the natural mortality values recorded in literature for the area were used (Shapiro, 1983; Navarrete *et al.*, in press) as well as that estimated in this study ( $M = 0.2, 0.27, 0.37$ ). In the estuarine stage, the 0.75 and 0.5 fractions of the maximum monthly natural mortality were used ( $M = 0.8$ ). Due to the lack of precise records on the artisanal fishery and to the pink shrimp fishery that is conducted in the state of Yucatan, an annual mean capture of 120 t was used as a base in this study. This represents twice the average recorded in the state of Campeche.

Natural mortality in both the estuarine and marine stages has an inverse relationship with the impact on offshore capture. The maximum reduction (26%) is obtained by combining the lowest natural mortalities. However, the impact on offshore fishery is less (7%) when the simulation is conducted using a combination of the highest mortalities. The combination of the natural mortality rates of the shrimp in nursery areas and offshore in the interval used shows a general tendency inversely proportional to the levels used (fig. 5). According to the simulations, using the natural mortality rates that are closer to the values considered as true and found in mean levels, an effort equivalent to obtaining 120 t per year of pink shrimp juveniles can cause an impact of a 10 to 20% decrease in the offshore catch, depending on the combinations of  $M$ 's used.

con la combinación de las mortalidades naturales más bajas. Por el contrario, el impacto sobre la pesquería de altamar es menor (7%) cuando se efectúa la simulación con la combinación de las mayores mortalidades. La combinación de las tasas de mortalidad natural del camarón en las áreas de crianza y en altamar para el intervalo empleado muestra una tendencia general inversamente proporcional a los niveles empleados (fig. 5). Según las simulaciones, con las tasas de mortalidad natural que se acercan más a valores considerados como reales y que se encuentran en niveles medios, un esfuerzo equivalente a obtener 120 t anuales de juveniles de camarón rosado puede ocasionar un impacto del 10 al 20% de disminución de la captura de altamar, dependiendo de la combinación de  $M$  empleada.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La pesca artesanal de camarón rosado ocasiona una disminución de la producción del camarón en altamar, ya que actúa sobre la etapa previa al reclutamiento e incide sobre los niveles del mismo. El impacto es directamente proporcional a la intensidad de la explotación sobre la etapa estuarina en la zona costera. Sin embargo, la influencia de los parámetros más importantes responsables de la magnitud de la biomasa de una población (crecimiento y mortalidad) sobre los niveles de impacto y la producción de altamar, no es similar.

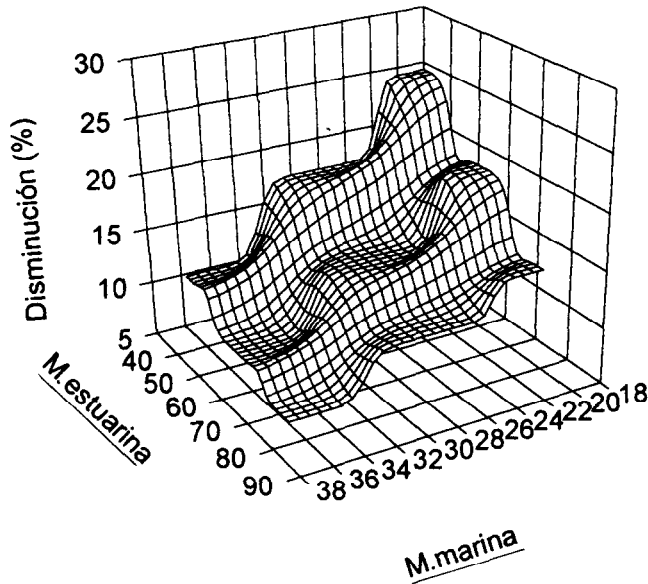
De acuerdo con las simulaciones efectuadas, la variabilidad de las tasas de crecimiento es menos relevante que la mortalidad. El impacto causado por la pesca artesanal, cuando se mantiene la mortalidad natural constante y se emplean las tasas de crecimiento disponibles, muestra un intervalo de variación pequeño. Esto se debe principalmente a que la variación de las tasas de crecimiento empleadas en este trabajo es relativamente baja, lo cual obedece a que es más factible obtener estimaciones confiables de los parámetros de crecimiento. Las estimaciones de las tasas de crecimiento dadas por diversos autores no difieren sustancialmente entre sí y, cuando presentan diferencias, éstas pueden deberse a las variaciones estacionales e inter-

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The artisanal fishery of pink shrimp causes a decrease in the offshore production of the shrimp, since it occurs in the stage prior to recruitment and affects its levels. Impact is directly proportional to the intensity of exploitation during the estuarine stage in the coastal zone. However, the influence of the most important parameters responsible for the magnitude of the population's biomass (growth and mortality) on the level of impact and offshore production is not similar.

According to the simulations conducted, variability in the growth rates is not as relevant as that of mortality. The impact caused by artisanal fishery is small when natural mortality is kept constant and the available growth rates are used. This is mainly due to the relatively low variation in the growth rates used in this study, and follows that it is more feasible to obtain reliable estimates from the growth parameters. The growth rate estimates reported by other authors are not substantially different and the differences that do exist can be attributed to seasonal and interannual variations caused by environmental factors. Basically, the different levels of impact obtained with a constant mortality and variable growth parameters are determined from the different asymptotic longitudes calculated. These are an index of the individual biomass whose expression is limited by the fishery of the juvenile stages. Thus, the greater the asymptotic longitude, the greater the impact.

According to the simulations, natural mortality has a greater influence on the level of impact. Using the group of possible natural mortality values in the estuarine and marine stages, the reduction in total production presents a greater interval (7-26%) and is minimal when higher natural mortality rates in the open sea and nurseries are considered. This is understandable because the greater the loss is of organisms due to natural causes, the lesser the future impact on an early exploitation will be, since the possibility of reaching adulthood decreases. This situation can be used as a base for



**Figura 5.** Disminución de la captura marina con diferentes niveles de mortalidad natural en la zona estuarina y en el mar.

**Figure 5.** Decline in the marine catch using different levels of natural mortality in the estuarine and marine zones.

anuales causadas por factores ambientales. Básicamente, los diferentes niveles de impacto que se obtienen con una mortalidad constante y parámetros de crecimiento variables son determinados por las distintas longitudes infinito calculadas. Éstas son un índice de la biomasa individual, cuya expresión se ve limitada por la pesca en los estadios juveniles, por lo que a mayor longitud infinito el impacto es mayor.

De acuerdo con las simulaciones, la mortalidad natural tiene mayor influencia en el nivel de impacto. Con el conjunto de posibles valores de mortalidad natural para las etapas estuarina y marina la reducción ocasionada en la producción total presenta un intervalo más amplio (7 a 26%) y es mínima cuando se consideran las mayores tasas de mortalidad natural tanto en altamar como en las áreas de crianza. Esto es comprensible, ya que mientras mayor es la pérdida de organismos por causas naturales, el impacto a futuro de una explotación temprana

aplying one of the two general strategies for optimizing the exploitation of a resource: to minimize losses caused by natural mortality (Watt, 1968). With this in mind, the strategy would be to extract a certain number of individuals, that would be lost anyway due to natural mortality, and use these to establish some form of competition against the environmental factors (biotic and abiotic), in order to retire a certain number of organisms from the population.

This argument is commonly used for justifying the exploitation of immature stages of shrimp or any other organism in general. However, its application is not that simple since it does not consider the various population aspects of the shrimp related to natural mortality, its biotic and abiotic components, reproductive strategy nor its participation in the total mortality accumulated throughout the life cycle.

puede ser menor, ya que la posibilidad de llegar a adulto disminuye. Esta situación puede ser tomada como base para aplicar una de las dos estrategias generales para la explotación óptima de un recurso: minimizar las pérdidas ocasionadas por la mortalidad natural (Watt, 1968). Con este enfoque, la estrategia sería extraer un número determinado de individuos que de todas maneras se perderían por mortalidad natural, con lo cual se establece una especie de competencia contra los factores ambientales (bióticos y abióticos) para retirar un determinado número de organismos de la población.

Éste es un argumento que se utiliza comúnmente para justificar la explotación en etapas inmaduras del camarón o de cualquier otro organismo en general. Sin embargo, su aplicación no es tan simple, ya que no considera varios aspectos poblacionales del camarón relacionados con la mortalidad natural, los componentes bióticos y abióticos de ésta, su estrategia reproductiva, ni su participación en la mortalidad total acumulada a lo largo del ciclo de vida.

La estimación precisa de la tasa instantánea de mortalidad natural es básica para evaluar una población, sobre todo cuando se pretende aprovechar las pérdidas debidas a este parámetro. Consecuentemente, los sesgos en su estimación repercuten en forma importante en la toma de decisiones sobre la administración de una pesquería (Gracia, 1989a). Particularmente en el caso del camarón, las estimaciones disponibles de la etapa marina muestran una gran variación y varias de ellas se consideran excesivamente altas para un organismo de este tipo (García, 1985; Rothschild y Brunenmeister, 1985), aunque las empleadas en este trabajo se encuentran dentro de un intervalo razonable para el camarón rosado. En la etapa juvenil, se considera como un supuesto básico que la mortalidad natural es alta; sin embargo, existen pocas estimaciones confiables de este parámetro, ya que a menudo no se hace una clara distinción del efecto de la emigración de camarones al mar en las estimaciones de mortalidad. Álvarez *et al.* (1987) señalan que 40% de la pérdida de individuos juveniles grandes de camarón rosado en una determinada área se debe a causas migratorias, lo que ocasiona un sesgo de aproximadamente 25% en las estimaciones de  $M$ . La

The precise estimate of the instantaneous natural mortality rate is essential for evaluating a population, especially if it is intended to take advantage of the losses due to this parameter. Consequently, the biases in its estimation have important repercussions in the decision making process in the administration of a fishery (Gracia, 1989a). In the particular case of the shrimp, the estimates available from the marine stage show a large variation and many of them are considered to be excessively high for an organism of this type (García, 1985; Rothschild and Brunenmeister, 1985), even though those used in this study are within a reasonable interval for the pink shrimp. In the juvenile stage, a high natural mortality is considered as a basic assumption; however, there are few reliable estimates of this parameter since very often a clear distinction of the effect of the emigration of shrimp to the ocean is not made in the  $M$  estimates. Álvarez *et al.* (1987) report that 40% of the loss of large, pink shrimp juveniles in a determined area is due to migratory causes, and creates a bias of approximately 25% in the  $M$  estimates. The precise estimate of  $M$  in the juvenile stage is without a doubt an essential factor that should be considered, but the exploitation of juveniles conducted in a stage prior to maturity and to the process of renovating the population should also be considered.

Very often, the exploitation of estuarine and juvenile stages of shrimp is contemplated separately without taking into account the impact on the reproductive population. With the type of reproductive strategy that the shrimp have, when recruitment is highly variable due to environmental conditions the protection of juveniles has a greater influence on increasing the fecundity of the population than the protection of the adult organisms. With this reasoning, it is not sufficiently sound to generalize a vast exploitation of shrimp in the juvenile stages based on a high  $M$  value. The optimum exploitation of the shrimp should take into account the magnitude of total mortality and mortality due to its fishery accumulated in each of the exploitation phases (Gracia, 1992, 1994a).

On the other hand, discrepancies exist in the general philosophy of the above mentioned

estimación precisa de  $M$  en la etapa juvenil es sin duda un factor esencial que debe tomarse en cuenta, pero también debe considerarse que la explotación de juveniles se lleva a cabo en una etapa previa a la maduración y al proceso de renovación de la población.

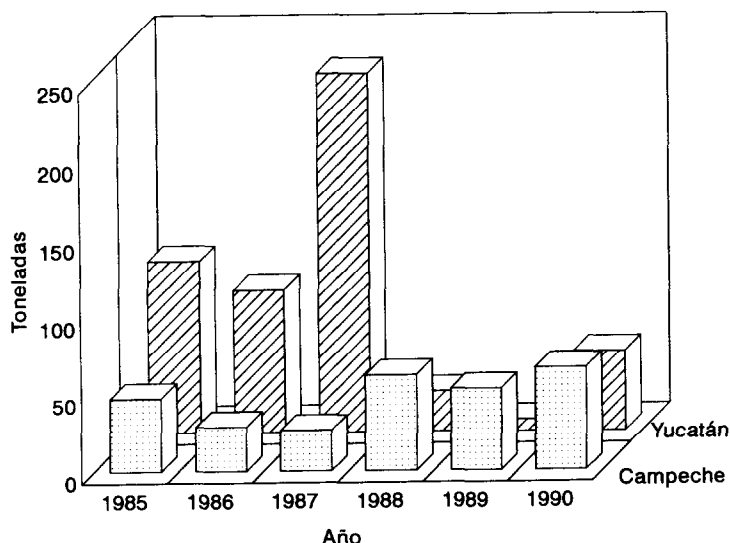
A menudo se cae en la situación de contemplar la explotación de las fases estuarina y juvenil del camarón en forma separada sin tomar en cuenta el impacto sobre la población reproductiva. Con el tipo de estrategia reproductiva del camarón, cuando el reclutamiento es altamente variable por condiciones ambientales, la protección de juveniles tiene mayor influencia para incrementar la fecundidad de la población que la protección de los organismos adultos. Bajo estas consideraciones, la generalización de una alta explotación en las etapas juveniles del camarón basada en el alto valor de  $M$ , no tiene la solidez suficiente. El aprovechamiento óptimo del camarón debe tomar en cuenta la magnitud de la mortalidad total y por pesca acumuladas en cada una de las fases de explotación (Gracia, 1992, 1994a).

Por otro lado, existe discrepancia respecto a la filosofía general de explotación antes mencionada, ya que en la pesquería del camarón, tanto en la zona costera como en altamar el objetivo es obtener peso y no número de organismos. La comercialización se lleva a cabo a través de biomasa y el precio es acorde al tamaño/peso del individuo. De acuerdo con las tasas de crecimiento y el patrón de mortalidad de *P. duorarum* el máximo rendimiento biológico se alcanza después de la emigración al medio ambiente marino, entre 6 y 7 meses de edad. Es decir, conforme mayor es la esperanza de vida para un número alto de organismos y mayor el crecimiento, menos conveniente es explotar al camarón en su fase juvenil con una estructura de tallas tan pequeña. Las simulaciones efectuadas muestran que al explotar el "camaroncito" se pierde una biomasa promedio equivalente a 9 kg por cada kilogramo extraído en las áreas de crianza. En términos del valor de la captura, la diferencia se hace aún mayor ya que cada kilogramo de camarón juvenil con una estructura de tallas similar a la registrada en este trabajo alcanzaría un valor entre 23 y 32 veces mayor con

explotación, since the objective of the shrimp fishery in the coastal zone as well as offshore is to obtain weight rather than a certain number of organisms. Its marketing is conducted with biomass and the price is set according to the size/weight of the individual. According to the growth rates and mortality pattern of *P. duorarum*, the maximum biological yield is reached after their emigration to the marine environment, between 6 and 7 months of age. This means, the greater the life expectancy and growth of a large number of organisms, the less convenient it is to exploit the shrimp during its juvenile stage with such a small size structure. The simulations conducted show that upon exploiting small shrimp, an average biomass is lost equivalent to 9 kg for each kilogram extracted from the nursery area. In terms of catch value, the difference is even greater since each kilogram of juvenile shrimp with a size structure similar to that recorded here would reach a value between 23 and 32 times greater with the average fishery mortality pattern used offshore.

In terms of obtaining biomass, the strategy of shrimp exploitation is closer to number two since it contemplates the maximization of live tissue. However, there are other arguments of the social nature that introduce a variant in the exploitation of the shrimp and that make artisanal fishery attractive, such as the number of employees and the incomes that the artisanal fishermen obtain (Gracia, 1994a). However, the artisanal exploitation of small shrimp of *P. duorarum* suggests an impact much greater than the socioeconomic benefits that can be obtained with this activity. In fact, the importance of safeguarding this stage of the pink shrimp is emphasized by the current enforcement of off seasons. It should be mentioned that a socioeconomic evaluation of the exploitation of the resource as well as its biological aspects should consider the life cycle phases jointly and not separately.

According to the simulations based on the available capture records, the artisanal exploitation of small pink shrimp juveniles is responsible for a decrease of at least 10 to 20% in the total capture of *P. duorarum* in Campeche Bank. This number can be increased since the



**Figura 6.** Captura anual artesanal de camarón rosado en los estados de Campeche y Yucatán.  
**Figure 6.** Annual artisanal landings of pink shrimp in the states of Campeche and Yucatan.

el patrón de mortalidad por pesca promedio utilizado para altamar.

En cuanto a obtención de biomasa, la estrategia óptima de explotación del camarón se acercaría más a la segunda opción, que contempla la maximización de tejido vivo. Sin embargo, existen otros argumentos de tipo social que introducen una variante a la explotación del camarón y hacen atractiva la pesca artesanal, como son el número de empleos y los ingresos que obtienen los pescadores artesanales (Gracia, 1994a). No obstante, la explotación artesanal del camaroncito de *P. duorarum* sugiere un impacto mucho más alto que los beneficios socioeconómicos que se puedan obtener con esta actividad. De hecho, la veda vigente actual reconoce la importancia de cuidar esta etapa del camarón rosado. Cabe señalar que una evaluación socioeconómica de la explotación del recurso debe considerar el aspecto biológico en forma integral y no las fases del ciclo de vida por separado.

De acuerdo con las simulaciones basadas en los registros de captura disponibles, la explotación artesanal de juveniles pequeños de camarón rosado es responsable de una disminución de al menos entre 10 y 20% de la captura

simulation did not consider the artisanal exploitation of pink shrimp conducted in the state of Yucatan, whose annual production records from 1985 to 1990 show fluctuations between 26 and 230 t (fig. 6). By including this catch in the models, the impact of artisanal fishery could begin to explain, in large part, the decline in the production of the pink shrimp.

Another element that would be convenient to assess is the accumulated impact of this activity on recruitment from various years. Even though the artisanal fishery of small-sized pink shrimp causes an overfishing of growth, the constant decrease in recruitment of the adult population over many years could have a repercussion in the levels of reproductive biomass. According to Penn (1984), *P. duorarum* is a species that has low vulnerability to trawl nets due to its tendency to bury itself during the day and frequently during the night in response to environmental factors such as lunar illumination (Fuss and Ogren, 1966); this decreases the probabilities of affecting the reproductive stock and recruitment by industrial fishery, or that an overfishing of the recruitment stage occurs as happened with the white shrimp *P. setiferus*, due to the total fishing effort in the marine

total de *P. duorarum* en el banco de Campeche. Ésta es una cifra que puede incrementarse, ya que en la simulación no se consideró la explotación artesanal de camarón rosado llevada a cabo en el estado de Yucatán, cuyos registros de producción anual de 1985 a 1990 muestran fluctuaciones entre 26 y 230 t (fig. 6). Con la inclusión de esta captura en los modelos, el impacto de la pesca artesanal podría llegar a explicar gran parte de la declinación en la producción del camarón rosado.

Otro elemento que sería conveniente analizar es el impacto acumulado sobre el reclutamiento de esta actividad durante varios años. Aunque la pesca artesanal de camarón rosado en tallas pequeñas ocasiona una sobrepesca del crecimiento, la disminución constante del reclutamiento de la población adulta durante varios años podría tener una repercusión en los niveles de la biomasa reproductora. Según Penn (1984), *P. duorarum* es una especie que tiene baja vulnerabilidad a las redes de arrastre, debido a su tendencia a enterrarse durante el día y frecuentemente durante la noche en respuesta a factores ambientales como la iluminación lunar (Fuss y Ogren, 1966); esto disminuye las probabilidades de afectar la población reproductora y el reclutamiento mediante la pesca industrial y también de que se presente una situación de sobrepesca del reclutamiento como la que se ha dado en el camarón blanco *P. setiferus*, a causa del esfuerzo pesquero total en la fase marina (Gracia, 1994b). Sin embargo, la reducción constante del reclutamiento por la pesca altamente selectiva durante la emigración al mar del camarón rosado ocasiona una disminución del nivel de reclutamiento que, a su vez, repercutirá en la abundancia de ejemplares reproductores. Con esto, se puede presentar una relación entre reclutamiento y población reproductora, cuya pendiente dependerá del nivel de la pesca artesanal, pero que indudablemente repercutirá en el tamaño de la población reproductora. En este sentido, como se destacó anteriormente, el cuidado de los prerreclutas puede tener un alto impacto para incrementar la biomasa reproductora de una población en problemas.

Además de la pesca artesanal de camarón puede haber otros factores que afecten la

phase (Gracia, 1994b). However, the constant reduction in recruitment due to the highly selective fishery of the pink shrimp during their emigration to the ocean causes a decrease in the level of recruitment that, at the same time, will have repercussions on the abundance of the reproductive organisms. With this, a recruitment-reproductive stock relationship can be presented whose slope will depend on the level of artisanal fishery, but that will undoubtedly have repercussions on the size of the spawning stock. In this sense, as mentioned earlier, the care of the pre-recruits can have a great impact on increasing the reproductive biomass of a population that has problems.

Apart from the artisanal fishery of small shrimp, there can be other factors that affect the pink shrimp fishery. A similar phenomenon concerning a decline in the production of pink shrimp was found in the FAO statistical area corresponding to the Central Atlantic. According to Stamatopoulos (1993), the total capture of the area shows a negative tendency during the period from 1980-1991 and decreases up to 42% at the beginning of the period. This makes one consider the common elements that could affect the fishery in the entire statistical area such as the deterioration of the nursery areas. It is possible that this factor also influences the pink shrimp of Campeche Sound, but to date, its impact or grade of influence is unknown. However, the impact due to environmental deterioration of the nursery areas as well as the decrease in the fishing areas due to oil-drilling platforms are supplements to the impact caused by artisanal fishery on the total production of the pink shrimp.

English translation by Jennifer Davis.

---

pesquería de camarón rosado. Un fenómeno similar de disminución de la producción de camarón rosado se ha presentado en el área estadística de FAO correspondiente el Atlántico central. Según Stamatopoulos (1993), la captura total del área muestra una tendencia negativa de 1980 a 1991, cuando disminuye hasta un 42%, en el inicio del periodo. Esto hace pensar en elementos comunes que podrían afectar a la

pesquería en toda el área estadística, como es el deterioro de las áreas de crianza. Es posible que este factor también influya en el caso del camarón rosado en la sonda de Campeche, pero hasta el momento se desconoce su impacto o grado de influencia. Sin embargo, el impacto por deterioro ambiental de las áreas de crianza, así como la disminución de áreas de pesca por la extensión de plataformas petroleras serían aditivos al impacto ocasionado por la pesca artesanal sobre la producción total de camarón rosado.

## REFERENCIAS

- Álvarez, F., Gracia, A. y Soto, L. (1987). Crecimiento y mortalidad de las fases estuarinas del camarón rosado *Penaeus Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad, 1939, en la laguna de Términos, Campeche. **An. Inst. de Cienc. del Mar y Limnol., UNAM**, 14 (2): 207-220.
- Arreguín-Sánchez, F., Gracia, A., Schultz-Ruiz, L., Sánchez-Chávez J. y Alarcón-Fuentes, T. (1994). Estado actual y perspectivas de las pesquerías de camarón del golfo de México. En: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.). **Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del golfo de México**. EPOMEX, Serie Científica 4, Universidad Autónoma de Campeche (en prensa).
- Fuss, C.M. and Ogren, L.H. (1966). Factors affecting activity and burrowing habits of the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. **Biol. Bull.**, 130(2): 170-191.
- García, S. (1985). Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. In: P.C. Rothlisberg, B.J. Hill and D.J. Staples (eds.). **Second Australian National Prawn Seminar**, NPS2, Cleveland, Queensland, Australia, pp. 139-156.
- Gracia, A. (1989a). Ecología y pesquería del camarón blanco *Penaeus setiferus* 1767 en la laguna de Términos-Sonda de Campeche. Tesis doctoral, **Facultad de Ciencias, UNAM**, pp. 127
- Gracia, A. (1989b). Mortalidad natural del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la sonda de Campeche. **An. Inst. de Cienc. del Mar y Limnol., UNAM**, 16 (2): 263-272.
- Gracia, A., (1992). Explotación y manejo del recurso camarón. **Ciencia y Desarrollo**, XVIII (106): 82-95.
- Gracia, A. (1994a). Pesquería artesanal del camarón. En: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.). **Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del golfo de México**. EPOMEX, Serie Científica 4, Universidad Autónoma de Campeche (en prensa).
- Gracia, A. (1994b). White shrimp (*Penaeus setiferus*) recruitment overfishing. **Workshop on spawning stock-recruitment relationships (SRRs) in Australian crustacean fisheries**. Joondoburri Conference Centre Bibie Island, Queensland, 1-3 June 1994.
- Gracia, A. y Soto, L.A. (1986a). Condiciones de reclutamiento de las poblaciones de camarones peneidos en un sistema lagunar-marino tropical: laguna de Términos-Banco de Campeche. En: A. Yáñez-Arancibia y D. Pauly (eds.). **IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities. IOC Workshop Report**, 44: 257-265.
- Gracia, A. y Soto, L.A. (1986b). Estimación del tamaño de la población, crecimiento y mortalidad de los juveniles de *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) mediante marcado-recaptura en la laguna de Chachahito, Campeche, México. **An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM**, 13 (3): 217-230.
- Gracia, A. and Soto, L.A. (1990). Population study of the penaeid shrimp of Términos Lagoon, Campeche, Mexico. **An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM**, 17(2): 241-255.
- Gracia, A., Vázquez-Bader, A.R. Arreguín-Sánchez, F., Schultz-Ruiz, A.L. y Sánchez-Chávez, J.C. (1994). Ecología de camarones peneidos del golfo de México. En:



- D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.). **Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del golfo de México**. EPOMEX, Serie Científica 4, Universidad Autónoma de Campeche.
- Navarrete, A., Garduño, H. y Gracia, A. La pesquería de camarón en alta mar. golfo de México y Caribe mexicano. En: Instituto Nacional de la Pesca (ed.). **Pesquerías relevantes de México**, tomo I: 37-71 (en prensa).
- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. **J. Conseil**, 39(3): 175-192.
- Pauly, D. (1983). Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. **FAO Fish. Tech. Pap.**, 234: 52 pp.
- Penn, J.W. (1984). The behaviour and catchability of some commercially exploited penaeids and their relationship to stock and recruitment. In: J.A. Gulland and B.J. Rothschild (eds.). **Penaeid Shrimp- Their Biology and Management**. Fishing New Books Ltd. Farnham, G.B., 173-186.
- Pérez-Farfante, I. (1970). Diagnostic characters of juveniles of the shrimp *Penaeus aztecus*, *P. duorarum duorarum* and *P. brasiliensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). **U.S. Fish. Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish.**, 599: 26 pp.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Bull. Fish. Res. Bd., Canada**, (191): 382.
- Rothschild, B.J. and Brunenmeister, S.L. (1984). The dynamics and management of shrimp in the northern Gulf of Mexico. In: J.A. Gulland and B.J. Rothschild (eds.). **Penaeid Shrimp- Their Biology and Management**. Fishing New Books Ltd. Farnham, G.B., pp. 145-172.
- Secretaría de Pesca, (1982). Anuario estadístico de pesca 1981. **Dir. Gral. de Informática, Estadística y Documentación, Secretaría de Pesca**, 796 pp.
- Secretaría de Pesca, (1988). Anuario estadístico de pesca 1986. **Dir. Gral. de Informática, Estadística y Documentación, Secretaría de Pesca**, 358 pp.
- Shapiro, B. (1983). Population dynamics of the pink shrimp (*Penaeus duorarum* Burkenroad) based upon the fishery of the Campeche Banks. M.Sc. thesis, **Univ. of Miami**, 50 pp.
- Stamatopoulos, C. (1993). Trends in catches and landings. Atlantic Fisheries: 1970-1991. **FAO Fish. Circular**, No. 855.1: 1-223.
- Watt, K.F. (1968). **Ecology and Resource Management. A Quantitative Approach**. McGraw Hill, New York, 450 pp.
- Willmann, R.S. and García, S. (1985). A bio-economic model of sequential artisanal and industrial fisheries for tropical shrimp (with a case study of Suriname shrimp fisheries). **FAO Fish. Tech. Pap.** (270): 1-49.