

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS**



**IMPACTO DE LAS VEDAS EN LA PESQUERÍA DEL
CAMARÓN ROSADO *Farfantepenaeus duorarum* EN
LA SONDA DE CAMPECHE, MÉXICO.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

E. MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

La Paz, Baja California Sur, México, Abril 2002



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. siendo las 10:00 horas del día 2 del mes de Abril del 2002 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“IMPACTO DE LAS VEDAS EN LA PESQUERÍA DEL CAMARÓN ROSADO
***Farfantepenaeus duorarum* EN LA SONDA DE CAMPECHE, MÉXICO”**

Presentada por el alumno:

RAMÍREZ

Apellido paterno

RODRÍGUEZ

materno

EDGARDO MAURICIO

nombre(s)

Con registro:

9	7	0	6	2	3
---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. ERNESTO AARÓN CHAVEZ ORTIZ

PRESIDENTE

SECRETARIO

DR. DANIEL LLUCH BELDA

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ

SEGUNDO VOCAL

TERCER VOCAL

DR. NELSON M. EHRHARDT

DR. ADOLFO GRACIA GASCA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ



AGRADECIMIENTOS

La presentación de esta tesis es la culminación de cuatro años de trabajo en los que afortunadamente conté con el apoyo de familia, amigos, profesores y colegas. A todos ellos, gracias.

En especial a mi esposa Leticia y a mis hijos Antonio y Paula Daniela, por su constante comprensión y ánimo.

Al Dr. Ernesto Chávez, por su dirección, entusiasmo y amistad. Al Dr. Francisco Arreguín Sánchez, por su interés y constante asesoría, además de su amistad. De igual forma, a los Drs. Daniel Lluch Belda, Nelson M. Ehrhardt y Adolfo Gracia Gasca.

A las autoridades del Instituto Politécnico Nacional y del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, por la oportunidad y el apoyo que brindaron para el desarrollo de mis estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca que me otorgó para el desarrollo del doctorado.

A las autoridades del Instituto Nacional de la Pesca, por facilitar la consecución de datos básicos para la investigación. De este instituto al M. en C. Abraham Navarrete-del-Próo y al Biol. José Ignacio Fernández, su interés y colaboración.

A la Comisión Nacional del Agua y al Servicio Meteorológico Nacional por facilitar datos sobre factores ambientales en la Sonda de Campeche.

CONTENIDO

	RESUMEN	1
	ABSTRACT	2
1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	ANTECEDENTES	5
2.1.	La Sonda de Campeche.	5
2.2.	El camarón rosado en la Sonda de Campeche	8
2.3.	Pesca de camarón rosado en la Sonda de Campeche	14
2.4.	Regulación de la pesca de camarón rosado en la Sonda de Campeche.	18
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	20
3.1	Objetivo	20
3.1.1.	Objetivos específicos	20
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	21
4.1.	Edad y crecimiento	21
4.2.	Mortalidad natural	22
4.3.	Dinámica de la población	24
4.3.1.	Patrón de reclutamiento y medio ambiente	26
4.3.2.	Relación adultos – reclutas	27
4.4.	Evaluación del impacto de vedas	28
5.	RESULTADOS	30
5.1.	Edad y crecimiento	30
5.2.	Mortalidad natural (M)	32
5.3.	Dinámica de la población	34
5.3.1.	Patrones de reclutamiento y medio ambiente	39
5.3.2.	Relación adultos – reclutas	45
5.4.	Evaluación del impacto de vedas	50
6.	DISCUSIÓN	54
7.	CONCLUSIONES	62
8.	LITERATURA CITADA	65
9.	LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	76
10.	APÉNDICES	79

- 10.1 Ramírez-Rodríguez, M., E.A. Chávez y F. Arreguín-Sánchez. 2000. Perspectiva de la pesquería de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad) en la Sonda de Campeche, México. *Ciencias Marinas*, México 26(1): 97-112.
- 10.2. Ramírez-Rodríguez, M. y F. Arreguín-Sánchez. 2000. Growth of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in Campeche Sound, Mexico. *Crustaceana* 73(10): 1263-1272.
- 10.3. Ramírez-Rodríguez, M y F. Arreguín-Sánchez. Life history, stage duration and natural mortality for the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in the southern Gulf of Mexico: using the gnomonic model for time division. *Fisheries Research*. (en prensa).
- 10.4 Ramírez-Rodríguez, M y F. Arreguín-Sánchez. Spawning stock-recruitment relationships of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in the southern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* (en prensa).

RESUMEN

La producción de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* en la Sonda de Campeche, al sur del Golfo de México, presenta desde 1973 una tendencia a disminuir, que se hizo más evidente desde 1986, alcanzando valores muy bajos en los años 90. Por esto, con el fin de inducir un adecuado desenvolvimiento de la pesquería y un óptimo aprovechamiento de los recursos que la soportan desde el punto de vista biológico y socioeconómico, desde 1994 el Gobierno de México aplica vedas espaciales y temporales para proteger los procesos de crecimiento, reclutamiento y reproducción. Sin embargo, hasta la fecha la captura no se ha recuperado. En este trabajo se presenta la evaluación de la pesquería considerando que las condiciones de la población dependen de las interrelaciones entre las características de la dinámica del recurso, el esfuerzo de pesca y el medio ambiente. El objetivo es determinar aspectos relevantes de la dinámica de la población y patrones temporales de explotación y, a través de un modelo de simulación, establecer el impacto de las vedas temporales establecidas para la recuperación de su población. Para lo anterior, a partir del análisis de frecuencias de longitudes se estimaron los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. Posteriormente, suponiendo condiciones de estabilidad y división gnomónica del tiempo, se obtuvieron vectores de mortalidad natural por grupo de edad. Con esta información se efectuó un análisis de población virtual a datos de captura comercial registrados de 1969 a 1994. Los resultados muestran el colapso de la pesquería asociado a la marcada disminución del reclutamiento y a elevadas tasas de explotación. Estos cambios se relacionan con modificaciones en la estructura por edades de la población y en los patrones de reclutamiento, influenciadas por probables variaciones de la capturabilidad y de las condiciones ambientales en que se desarrollan dos generaciones anuales, para las que se determinó la presencia de la relación adultos – reclutas tipo Beverton y Holt. Además, se detectó que las tendencias a largo plazo de incremento de la temperatura superficial y disminución de la salinidad se relacionan significativamente con la tendencia del reclutamiento. Los resultados de la simulación sugieren la importancia de la influencia de las condiciones ambientales sobre la población del camarón rosado y la necesidad de revisar medidas de administración relacionadas con la operación de la pesca artesanal y con el mantenimiento de áreas de crianza, ya que aunque se disminuya la intensidad de pesca actual, es poco probable que se observen cambios a corto plazo en la tendencia decreciente de la captura.

ABSTRACT

The production of the pink shrimp fishery *Farfantepenaeus duorarum* in the Campeche Sound, southern Gulf of Mexico, has shown a decrease that began in 1973 and became more evident since 1986, reaching low values in the 1990s. For this reason, and to induce appropriate development and a good use of the resources that support the fishery from the biological and socioeconomic points of view, since 1994 the Mexico Government has used spatial and seasonal closures to protect growth, recruitment, and reproduction. However, catch has not recovered so far. We present an assessment of the fishery considering that the population's conditions depend on the interrelations among the characteristics of the dynamics of the resource, the fishing effort, and the environment. The objective is to determine relevant aspects of the population dynamics and temporary patterns of exploitation and, through a simulation model, determine the impact of the seasonal closures on population recovery.

The parameters of the von Bertalanffy growth equation were estimated from length frequency analysis. Vectors of natural mortality by age were then obtained under the assumptions of stability and gnomonic division of the pink shrimp life history. With this information, a virtual population analysis was applied to the data of the commercial catch from 1969 to 1994. The results show the collapse of the fishery associated with the marked decrease of the recruitment and to high exploitation rates. These changes are related to modifications in the stock age structure and in the recruitment patterns, influenced by probable variations of catchability and the environmental conditions of each of the two generations per year where the Beverton and Holt stock-recruitment model was used. We also detected that the long term tendencies of increase of sea surface temperature and decrease of salinity are significantly related to recruitment. Results of simulation suggest the importance of environmental conditions on recruitment abundance and the necessity of revising management regulations related to artisanal fishery and with the maintenance of nursery areas. Although current fishing intensity diminishes, it is not likely there will be a change, over the short term, of the decrease in catch.

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería del camarón en la Sonda de Campeche, al sur del Golfo de México, representa una importante actividad económica que desde 1946 genera para México divisas y empleos. Sin embargo, y a pesar de su importancia, son pocos los estudios dirigidos a la evaluación de las poblaciones que explota, situación que resulta crítica en el marco de los conceptos de pesca responsable y desarrollo sustentable, y más cuando de acuerdo a la información presentada en los Anuarios Estadísticos de Pesca de México, la captura total en el área presenta desde los años 1970 una marcada tendencia a disminuir (Fig. 1).

Como se verá más adelante, la pesquería de camarón tiene un importante componente industrial, soportado por la operación de barcos arrastreros con base en los puertos de Campeche y Ciudad del Carmen, y otro artesanal basado en embarcaciones menores que pescan principalmente en lagunas costeras. Según Navarrete del Prío y Uribe Martínez (1993), hasta finales de los años 1980 la captura se componía en más del 80% de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) y el resto correspondía a camarón café *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891) y blanco *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) pero en años recientes las proporciones han cambiado, incluyendo la creciente participación del camarón de siete barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) y la marcada disminución del camarón rosado (Castro-Meléndez et al., 2000). Otras especies de menor importancia en la captura son el camarón de roca *Sicyonia brevirostris* (Stimpson, 1817), y el camarón sintético *Trachypenaeus similis* (Smith, 1885).

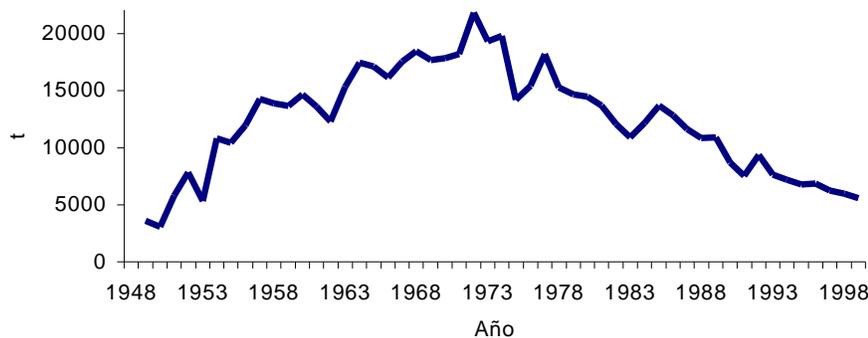


FIGURA 1. Producción anual de camarón en la Sonda de Campeche, de 1949 a 1999.

Como causas de la disminución de la captura se han considerado cambios en el esfuerzo de pesca, efectos del desarrollo de la industria petrolera (disminución de áreas disponibles para la pesca, deterioro de la calidad del medio ambiente), modificación de áreas de crianza por desarrollo

urbano y contaminación por agroindustrias, sobrepesca de crecimiento y reclutamiento, y fallas en el reclutamiento asociadas a eventos ambientales catastróficos (Gracia, 1995; Arreguín-Sánchez et al., 1997a,b; Ramírez-Rodríguez et al., 2000); sin embargo, se desconoce el origen de la tendencia decreciente por casi 30 años.

Debido a la persistente tendencia a la disminución de la captura, desde 1993 el gobierno de México se propuso “inducir el adecuado desenvolvimiento y óptimo aprovechamiento de los recursos que soportan la pesquería de camarón desde el punto de vista biológico y socioeconómico”. Para ello puso en práctica un sistema de administración que incluye el establecimiento de áreas restringidas a la pesca, la definición de vedas (periodos de no pesca) y restricciones en el uso de artes de pesca.

Las vedas en el Golfo de México tienen como fin proteger los procesos de crecimiento, reclutamiento y reproducción de las especies de camarón, y se basan en estudios realizados por el Instituto Nacional de la Pesca. Las fechas de inicio y fin de los periodos de veda que afectan a la Sonda de Campeche han variado desde su imposición y se publican en el Diario Oficial.

A pesar de las medidas de administración mencionadas, el informe del Instituto Nacional de la Pesca sobre la situación actual de la pesquería de camarón en la Sonda de Campeche (Anónimo, 2001) menciona que actualmente “los niveles de captura son muy bajos y no muestran señales de aumentar debido, entre otras causas, a las muy reducidas abundancias de los camarones blanco y rosado, combinados con la gran presión del sector productivo (en particular el artesanal) por acceso al recurso”.

De lo anterior resulta la necesidad de conocer qué está ocurriendo con las poblaciones de camarón en la Sonda de Campeche y cuáles son los efectos de las medidas administrativas establecidas para mejorar las condiciones de sus pesquerías. En este marco se desarrolla la presente tesis de grado, analizando explícitamente lo relacionado con los posibles efectos de las vedas en la pesquería de camarón rosado *F. duorarum*, la más importante en la región.

2. ANTECEDENTES

2.1 La Sonda de Campeche

Las costas del sur del Golfo de México poseen una alta diversidad biológica (Yáñez-Arancibia et al., 1988; Arreguín-Sánchez, 1994; Ramos-Miranda, 2000) sobre la que además de la pesca de camarón, especialmente la del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939), inciden otras pesquerías importantes para la región (Chávez, 1994; Solís-Ramírez, 1994; Yáñez-Arancibia et al., 1994; Bonfil-Sanders, 1997; Flores-Hernández et al., 1997b; Ramos-Miranda et al. 1997; Solís-Ramírez et al., 1997; Sánchez-González y Schultz-Ruiz, 1997; Arreguín-Sánchez et al., 1997c, 1999). Por ejemplo, de acuerdo al Anuario Estadístico de Pesca 1999, en ese año la producción pesquera en el Estado de Campeche fue de 50,930 t destacando la captura de caracol, camarón, pulpo, jaiba, sierra y jurel (Fig. 2).

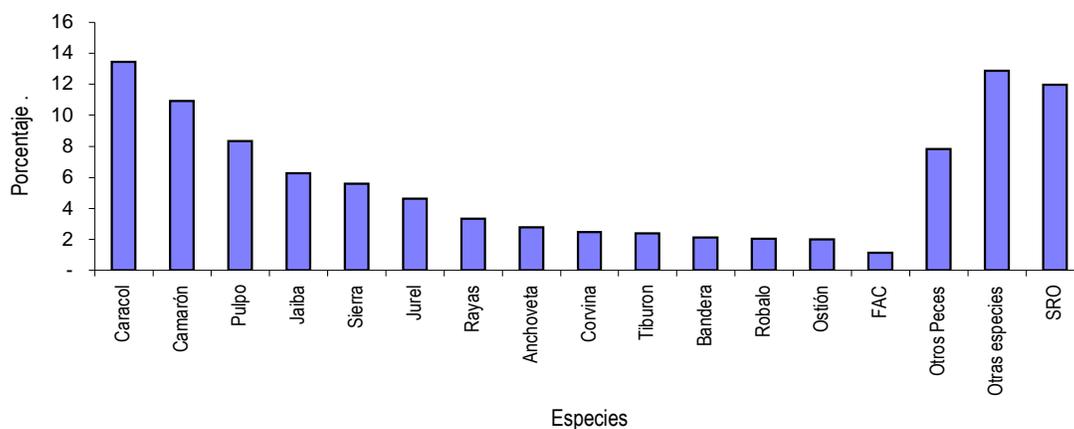


FIGURA 2. Producción pesquera del Estado de Campeche en 1999, según Anuario Estadístico de Pesca 1999. (FAC= Fauna de Acompañamiento; SRO= Producción sin registro oficial)

Además de la pesca, en la Sonda de Campeche se desarrolla la explotación de petróleo, y por el aumento en el número de plataformas y ductos se ha limitado el acceso a ciertas áreas en las que anteriormente operaba la flota camaronera (Fig 3). Por otra parte, esta industria es fuente potencial de contaminación por derrames, como el caso del pozo Ixtoc-I en 1979-1980, pero Soto y Gracia (1987) no encontraron evidencias de que afecten los patrones de distribución de las especies de camarón de mayor importancia comercial. No se dispone de evaluaciones que permitan establecer en que medida se ha deteriorado el medio ambiente y como se relaciona con la pesquería de camarón rosado, pero se reconoce la relación inversa entre el desarrollo de la industria petrolera y los rendimientos de la pesquería (Arreguín-Sánchez et al., 1997b). Además las

lagunas costeras en la zona presentan cantidades sustanciales de residuos de hidrocarburos, motivo de preocupación para la salud ambiental de la región a largo plazo (Gold-Bouchot et al., 1999).

Asociado a lo anterior se debe considerar la existencia de importantes agroindustrias en la zona costera que descargan sus aguas residuales en afluentes y ríos que desembocan en el litoral de la Sonda de Campeche. También hay que tomar en cuenta el desarrollo urbano y turístico en la zona que, además de ser fuentes potenciales de contaminación, modifican la línea de costa y lagunas costeras.

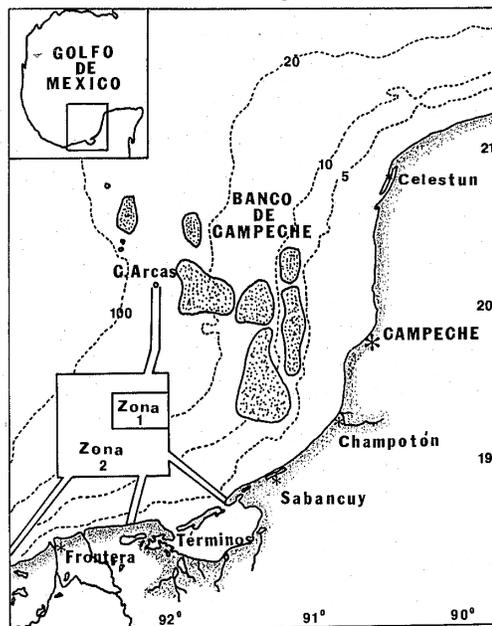


FIGURA 3. Áreas de pesca de camarón rosado en la Sonda de Campeche y zonas restringidas a la pesca por la explotación de petróleo (1 y 2). (Alarcón-Fuentes y Arreguín-Sánchez, 1994)

La Sonda de Campeche forma parte de la plataforma continental al noroeste de la Península de Yucatán, y tiene aproximadamente 50,000 millas², desde los 200 m de profundidad hasta la playa (Sánchez-Gil et al., 1981). Su costa se extiende 780 km desde el Estado de Tabasco a la costa de Yucatán; la mayor laguna es la de Términos (2,500 km²), estuario de alta productividad dominado por manglares que provee sustratos para el asentamiento de postlarvas de camarón, siendo un área de reclutamiento para numerosas especies y fuente de nutrimento al ambiente marino adyacente.

En la Sonda de Campeche la pesca de camarón rosado se efectúa principalmente entre los 18°45' y 21° 25'N y 90° 30' y 92° 30'W, desde la costa hasta las isóbatas de 21 y 25 brazas. Según

Fuentes et al. (1976) el área puede dividirse en (1) Frente a Ciudad del Carmen y vecindades de Laguna de Términos, y (2) Campeche, principalmente el área entre Ciudad del Carmen, Cayo Arcas, Triángulos y Campeche. En la primera, los camarones café y blanco son más abundantes. En la segunda predomina el camarón rosado.

Las áreas mencionadas coinciden de manera general con las descritas por Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1983), Yáñez-Arancibia et al. (1983, 1994) y Soberón-Sánchez (1985). La primera, con sedimentos de limo y arcilla hacia el N-NW de la Laguna de Términos, está asociada con depósitos terrígenos del sistema fluvial de los ríos Grijalva, Usumacinta y San Pedro-San Pablo, además del aporte de la Laguna de Términos y se caracteriza por aguas turbias, transparencia de 7-24%, salinidad de 35-37‰, temperatura de 25-28°C, pH de 6.5-8.4 y oxígeno disuelto de 4ml/l. La segunda área, con sedimentos calcáreos y parches de coral hacia el N-NE de esa laguna, es la región biogénica carbonatada de la península de Yucatán y se caracteriza por aguas claras, salinidad de 36-37‰, temperatura de 26-29°C, pH de 7.7-8.9 y oxígeno disuelto 4ml/l. La zona de transición está afuera de la Laguna de Términos y hacia el límite de la plataforma continental y sus características dependen de fenómenos meteorológicos y del patrón de circulación costera.

En la región hay que destacar la importancia de la Laguna de Términos por su diversidad biológica (de especies y hábitats), sus valiosos recursos naturales, sus relaciones con la Sonda de Campeche y su proximidad con industrias actuales y potenciales de la actividad petrolera (Yáñez-Arancibia y Day, 1988). Por estos factores y por otros económicos y sociales la Laguna de Términos fue declarada bajo el régimen de protección del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna (Diario Oficial de la Federación, 6 de junio y 27 de septiembre de 1994).

Una de las principales características ambientales con influencia sobre la pesquería de camarón rosado en el sur del Golfo de México es el clima tropical, caliente subhúmedo con lluvia en verano. La temperatura ambiental promedio anual es de 27.2°C. La precipitación oscila entre 1600 y 2300 mm/año. Estacionalmente, el aumento de la precipitación a lo largo del año se inicia en junio, cuando sobrepasa los 100 mm/mes y se mantiene en ese nivel hasta octubre-noviembre. Disminuye de noviembre a febrero y presenta valores mínimos de febrero a mayo.

En la región existen dos sistemas de vientos dominantes. De octubre a febrero los vientos son del Noroeste y su velocidad promedio es ligeramente mayor a 8 m/segundo. Estos se forman por el movimiento de masas de aire frío y seco, provenientes de la porción continental de Estados Unidos y Canadá, que interaccionan con las masas de aire marítimo tropical propias del Golfo de México. La mayor parte del resto del año existe un sistema de brisa marina con vientos predominantemente del nornoreste y estesureste, cuya velocidad promedio varía entre 4 y 6 m/segundo.

Al considerar los patrones anuales de temperatura ambiental, precipitación y régimen de vientos se determinan las épocas de lluvias, de junio a octubre; de Nortes, de octubre a febrero, y

de secas, de febrero a mayo. Otros factores climatológicos importantes son los ciclones (huracanes) que han tenido impactos dramáticos en la pesquería de camarón, por el peligro que impone a tripulaciones y barcos, y por la posible destrucción de pastos marinos que forman hábitats críticos para el camarón rosado. El efecto del viento, las corrientes de marea y del arrastre y acarreo de las desembocaduras de ríos adquieren mayor importancia para la circulación en zonas someras cercanas a la costa. Las mareas son diurnas y mixtas con una amplitud máxima en el año de 0.5 m (Grivel y Arce, 1975).

Con referencia a la hidrografía en la Sonda de Campeche, el flujo principal de la corriente que proviene del Mar Caribe normalmente va hacia el Norte y llega al Golfo de México por el Canal de Yucatán; a esto se le conoce como "Corriente del Lazo". En general, la dinámica está influenciada por procesos físicos en diferentes escalas como el giro ciclónico que cubre la Sonda, la corriente que viene de la surgencia de Yucatán, los ríos y la marea que son importantes cerca de la costa (Nowlin, 1972; Gómez, 1976; Padilla-Pilotze et al., 1990; Monreal-Gómez et al., 1992; Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997; Salas-de-León et al., 1992, 1998; Wiseman y Sturges, 1999; Lohrenz et al., 1999).

Según Bessonov et al. (1971) el régimen de corrientes cambia de un flujo continuo, en dirección sur y paralelo a la costa en primavera y parte de verano, a uno de menor velocidad con giros de tipo ciclónico entre Cayo Arcas y Veracruz, que pueden provocar una inversión en la corriente principal en el segundo periodo del año. Estos cambios afectan la distribución de organismos zooplanctónicos en el área (Salas-de-León et al., 1998; Sanvicente-Anorve et al., 1998; Flores-Coto et al., 2000).

2.2. El camarón rosado en la Sonda de Campeche

El camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* se encuentra en Bermudas y a lo largo de la costa de Norte América, desde Chesapeake Bay hasta el sur de Florida, y en el Golfo de México, hasta el sur de Cabo Catoche en Isla Mujeres, México (Costello y Allen, 1970). Es más abundante en el este y sureste del Golfo de México, adyacente a las penínsulas de Florida y Yucatán y según Klima et al. (1987), hay dos stocks: uno en la Sonda de Campeche y otro en los bajos de Tortugas y Sanibel al sur de Florida (Fig. 4).

El comportamiento del camarón rosado en el Golfo de México sigue de forma general el patrón descrito por Berry (1967), Costello y Allen (1970), Garcia y Le-Reste (1981), Bielsa et al. (1983), Sheridan (1996) y Gracia et al. (1997). Las hembras desovan huevos demersales en alta mar, que se desarrollan a larvas planctónicas pasando por cinco estadios de nauplio, tres de protozoa y tres de mysis. Para alcanzar la última mysis tardan 14 días (Ewald, 1965). Después la postlarva tiene algunos milímetros de longitud y la apariencia del adulto, pero sólo con dos o tres

dientes subrostrales. Cuando la postlarva tiene de 6 a 12 mm de longitud total entran a lagunas costeras y se vuelven bentónicas (Dobkin, 1961; Tabb et al., 1992; Alonzo-Ruíz y López-Wilchis, 1975; Alvarez et al., 1987). Cuando el camarón completa su fórmula rostral se considera juvenil, y cuando se distinguen los sexos externamente son preadultos. Cuando son capaces de reproducirse, entre 6 y 8 meses de edad, son adultos (Costello y Allen, 1970; Gracia et al., 1997). La duración aproximada de los principales estadios de desarrollo se presenta en la Tabla 1.

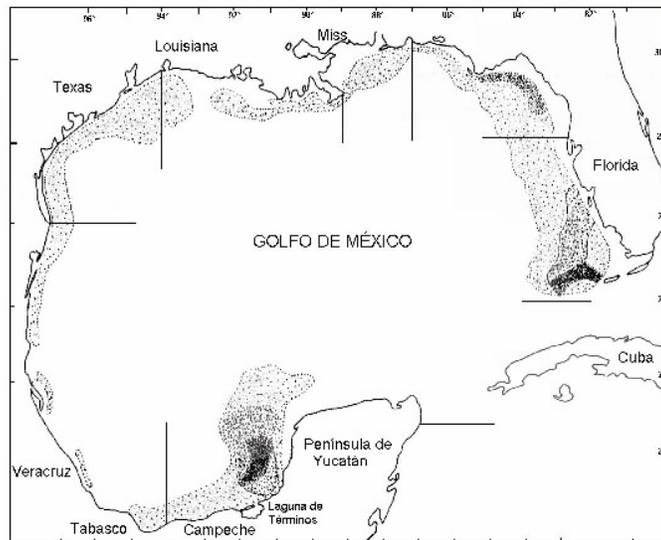


FIGURA 4. Distribución del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* en el Golfo de México. La intensidad del sombreado representa mayor abundancia (Fuentes et al., 1976)

Los adultos desovan en alta mar durante todo el año y el centro de actividad y la intensidad pueden variar estacionalmente, desplazándose de aguas someras a profundas. La proporción hembras:machos es de 1:1. El número de huevos por hembra se ha estimado entre 200,000 y 1,000,000 (Costello y Allen, 1970; Shapiro, 1983; Pérez-Velázquez y Gracia, 2000).

Las larvas son planctónicas y se mueven hacia la costa, influenciadas por corrientes marinas, lluvias y descargas de ríos, y por condiciones térmicas, tróficas y de tolerancia a gradientes de salinidad (Sheridan, 1996). Las postlarvas tempranas son planctónicas en aguas costeras. Las más avanzadas entran a los estuarios, se establecen en el fondo y se concentran en aguas someras donde la protección es adecuada. En general, la abundancia de postlarvas en las zonas de crianza es la resultante de los mecanismos de reproducción y del transporte por las corrientes durante un periodo en que la supervivencia depende de condiciones ambientales (García y Le-Reste, 1981).

Los criaderos costeros presentan diferentes tipos de ambiente: pastos marinos, mixohalino y oceánico (Sheridan, 1996). En la Sonda de Campeche Alonzo-Ruíz y López-Wilchis (1975) encontraron que la zona de crianza más importante es el área somera, hasta 18 m, frente a la

ciudad de Campeche y la zona al sur de Cayo Arcas, y con menor relevancia en los estuarios de los ríos Frontera, San Pedro y Champotón y al norte de la Laguna de Términos.

Los valores máximos de inmigración a las zonas de crianza se presentan de junio a enero, en las temporadas de lluvias y de nortes (Gracia et al., 1997), cuando se presenta un incremento en la productividad primaria del suroeste del Golfo de México y el patrón de circulación frente al área registra un giro ciclónico. En las lagunas, las postlarvas tienen hábitos bentónicos. Smith (1984) encontró que las especies de peneidos que se distribuyen en Laguna de Términos y el Banco de Campeche utilizan en forma diferencial el espacio y el tiempo, lo que parece minimizar la competencia interespecífica.

TABLA 1. Duración de los estadios de desarrollo en la historia de vida de *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939).

Estadio de desarrollo	¹ Edad inicial (días)	Edad final (días)	Autor	Duración (días)
1 Huevo	0	1.5	Ewald (1965)	1.5
2 Nauplius	1.5	3.5	Ewald (1965)	2
3 Protozoa	3.5	11	Ewald (1965)	7.5
4 Mysis a postlarva bentónica.	11	25 21-28 30	Ewald (1965) Costello y Allen (1964, 1970) Eldred et al. 1965)	10 – 19
5 Juvenil ²	26	69 (75 mm) 87-99 (95-107 mm) 85 (93 mm)	Costello y Allen (1968, 1970) Alvarez et al. (1987); Gracia y Soto (1990)	43 – 73
6 Preadulto	85	180 – 240	Costello y Allen (1970); Gracia et al. (1997)	105– 155
7 Adulto	210	480-580	Costello y Allen (1970)	270– 370

¹ La edad inicial de cada intervalo se toma como el promedio de la edad final del intervalo anterior.

² La edad para juveniles se calculó a partir de la ecuación de crecimiento Von Bertalanffy con parámetros $K = 3.03 \text{ año}^{-1}$, $L_{\infty} = 221 \text{ mm Long. Total}$, y $t_0 = -0.02 \text{ años}$ (Ramírez-Rodríguez y Arreguín-Sánchez, 2000). El tiempo de huevo a postlarva bentónica es de 26 días (Costello y Allen (1964, 1970).

Los estadios juveniles, con tallas entre 25 y 45 mm (25 a 60 días de edad), empiezan a ser sujetos de explotación por pesquerías de tipo artesanal (Gracia, 1995). El intervalo de tallas de los juveniles de *F. duorarum* en Laguna de Términos es de 20 a 160 mm, con promedios entre 39 y 82 mm (Gracia y Soto, 1990). Los juveniles habitan en zonas someras de bahías y estuarios y en áreas someras cerca de la costa, con preferencia por fondos con sedimentos calcáreos cubiertos con pastos marinos y a medida que crecen se mueven hacia aguas más profundas.

La mayor densidad de camarón rosado juvenil se asocia con pastos marinos (*Thalassia testudinum* y *Halodule wrightii*), y puede relacionarse con la alimentación, ya que los pastizales son el hábitat de muchos organismos que pueden ser presas del camarón. Los cambios ambientales y algunas actividades humanas pueden alterar el crecimiento y la mortalidad de pastos marinos resultando en la reducción de la cosecha de camarón (Costello y Allen, 1970; Sheridan, 1996). Según Gracia et al. (1997), los sustratos cubiertos de vegetación disminuyen la presión de depredación y afectan la disponibilidad de espacio y alimento.

Según Wickham (1967), los juveniles se mueven hacia la costa con las mareas en la noche, especialmente durante la luna llena y nueva, y los cambios rápidos en la salinidad, como los que suceden durante la estación de lluvias, pueden forzar al camarón a moverse afuera de los criaderos; además influyen el nivel del agua asociado a la marea y variaciones en la intensidad de luz. Por otra parte, Minello (1992) menciona que en los criaderos estuarinos la depredación por peces parece ser la causa principal de mortalidad del camarón y que la presencia de vegetación sumergida y emergida, el tipo de sustrato y la claridad del agua afectan las tasas de depredación sobre juveniles.

El efecto de la temperatura, la salinidad y otros factores ambientales en la historia de vida del camarón rosado ha sido reconocido por varios autores v.gr. Costello y Allen (1970), Bielsa et al. (1983). La captura y el reclutamiento se han relacionado con la precipitación, descarga de ríos, temperatura del aire y del mar, nivel del mar, corrientes y vientos, pero poco se ha explicado sobre los procesos biológicos (Bessonov et al., 1971; Gracia, 1989; Valero-Pacheco, 1989; González-Casas, 1992; Hettler, 1992; Criales y Lee, 1995; Sheridan, 1996; Gracia et al., 1997; Browder et al., 1999; Ehrhardt y Legault, 1999).

Debido a que el camarón es un organismo de vida corta, las variaciones interanuales de la abundancia en el ambiente marino dependen básicamente del vigor de las cohortes más importantes y de las variaciones en el reclutamiento (Gracia, 1989). En las zonas de Tortugas y Campeche se presentan dos temporadas de reclutamiento a la plataforma continental, durante primavera-verano y otoño-invierno, que están asociadas a los desoves que ocurren tres o cuatro meses antes (Tabla 2). Sheridan (1996) reporta que en la zona de Tortugas el reclutamiento de otoño disminuyó notablemente en los años 90. La diferencia en la magnitud del reclutamiento por estación se puede relacionar con la temperatura y precipitación que se presenta en las lagunas costeras dos meses antes (Valero-Pacheco, 1989). La abundancia de juveniles de camarón *Litopenaeus setiferus* y *Farfantepenaeus duorarum* es mayor en la época de lluvias, mientras que la de *F. aztecus* sucede de abril a julio (Arreguín-Sánchez et al., 1997a).

En alta mar los juveniles comienzan a ser vulnerables a las redes de arrastre de la flota industrial y una vez que son adultos se encuentran totalmente reclutados al arte de pesca. La mayor biomasa de juveniles y adultos se presenta entre 36 y 54 m de profundidad y muestra asociación con sustratos arenosos con alto contenido de carbonatos (Navarrete del-Prío et al., 1994). En la Sonda de Campeche las capturas más altas se presentan entre octubre y enero. El

mayor esfuerzo pesquero se relaciona directamente con la mayor abundancia de reclutas (Valero-Pacheco, 1989). Gracia (1995) anota que de acuerdo con las tasas de crecimiento y el patrón de mortalidad del camarón rosado, el máximo rendimiento biológico se alcanza después de la emigración al medio ambiente marino entre 6 y 7 meses de edad.

TABLA 2. Temporadas y estadios de desarrollo del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) en el Golfo de México.

Localidad	Estadio de desarrollo	Periodo	Autor
Tortugas	Ovarios en desarrollo y desarrollados	Septiembre y Octubre Abril – Julio	Roberts (1982) Sheridan (1996)
	Reclutamiento a zonas de crianza	Primavera, verano y otoño	
	Principal abundancia de juveniles	Septiembre – Noviembre	Hettler (1992)
	Emigración desde zonas de crianza	Primavera y verano	Sheridan (1996)
	Captura de juveniles	Verano y otoño Mayo-Junio (N Carolina)	Hettler (1992)
	Reclutamiento a zonas de pesca	Otoño e invierno	Sheridan (1996)
		Septiembre – Noviembre	Berry (1967)
		Febrero – Abril Febrero – Mayo	Rothschild y Brunenmeister (1984)
	Temporada de pesca	Invierno Septiembre – Octubre (máx.) Enero – Abril (min.)	Sheridan (1996) Costello y Allen (1970)
	Campeche	Ovarios desarrollados	Agosto – Septiembre (máx.) Abril – Mayo (min.)
Desove		Mayo – Agosto Junio – Julio Junio – Noviembre	SEMARNAP (1998, 1999) Navarrete del Próo et al. (1994) Gracia-G. y Soto-G.(1990)
Reclutamiento a zonas de crianza		Marzo – Abril Junio, Julio y Noviembre Febrero	Alonzo-R. y López-W. (1975) Gracia-G. y Soto-G.(1990)
Reclutamiento a zonas de pesca		Marzo, Abril y Agosto Abril – Mayo (menor) Octubre y Noviembre (mayor) Julio – Agosto (menor) Diciembre y Enero (mayor)	Alonzo-R. y López-W. (1975) SEMARNAP (1998, 1999) Navarrete del Próo et al. (1994)
Temporadas de pesca		Octubre – Enero (mayor) Junio – Agosto (menor)	Navarrete y Uribe-M. (1993)

La captura y el reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche y en los bajos de Tortugas presentaron tendencias claramente decrecientes de mediados de los años 1980 a inicios de los 90 (Ehrhardt y Legault, 1999; Ramírez-Rodríguez et al., 2000). En la zona de Florida esta tendencia se relaciona con la pérdida de calidad del hábitat en los estuarios y con cambios en la estructura y función del ecosistema en un periodo de décadas (Browder et al., 1999; Fourqurean y Roble, 1999; Hall et al., 1999; Thayer et al., 1999).

Las estimaciones de parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para el camarón rosado en el Golfo de México, indican que crece más rápido y alcanza mayores tamaños la Sonda de Campeche que en los Bancos de Tortugas (Tabla 3). Sin embargo, las diferencias pueden ser generadas por los métodos utilizados para la estimación: en Tortugas, experimentos de marcado, y en Campeche, análisis de frecuencias de tallas. Hay que considerar que debido a las dificultades de las técnicas de marcado (Garcia y LeReste, 1981) cabe la posibilidad de que generen subestimaciones. Por ejemplo, en los análisis de Berry (1967), los individuos recapturados más grandes alcanzaron 170 mm LT, pero en la captura comercial registró camarones con tallas entre 210 y 219 mm LT.

Las hembras de *F. duorarum* son más grandes que los machos después de los 100 mm de longitud total (LT); la más grande reportada en Tortugas tenía 280 mm LT. El macho más grande tenía 197 mm LT. La talla de primera captura es de 113 mm LT, y a partir de los 138 mm LT todos los organismos son retenidos por las redes de arrastre (Costello y Allen, 1970).

TABLA 3. Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) en el Golfo de México; ϕ' = índice de patrón de crecimiento.

Localidad	Autor	Año	Sexo	L_{∞} (LT mm)	K (1/año)	t_0	W_{∞} (g)	ϕ'
Tortugas	Lindner (1965)		A	185	3.26		57.8	3.04
	Berry (1967)		H	199	2.64	-0.024	73.3	3.02
			M	168	2.64	-0.024	42.3	2.87
			A	183	2.60			2.94
	Rothschild y Brunenmeister (1984) Klima et al. (1987)	1979	A	161	4.26			3.04
Campeche	Arreguín-Sánchez y Chávez (1985)		A	262.4	3.72	-0.019	125.2	3.41
	Guzmán-Hernández (1987)	1975	A	228	3.10	-0.027	103.5	3.21
		1976	A	225	3.36	-0.025	99.9	3.23
		1977	A	222	3.00	-0.027	96.1	3.17
	Gracia (1995)		A	203-226	2.52	-0.025		3.02
	Gracia y Vázquez-Bader (1998)		A	203	3.36	-0.047		3.23

H = hembras; M = machos; A = ambos sexos

Con referencia a estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural, éstas son imprecisas y varían entre $M= 1.04$ y 28.6 año^{-1} (Tabla 4). Garcia y LeReste (1981) y Rothschild y Brunenmeister (1984) reconocen que el valor más alto es erróneo debido a problemas asociados a los experimentos de marcado, mientras que el más bajo lo es por sesgos en el análisis de datos de captura por unidad de esfuerzo. Otros reportes proporcionan valores de M para adultos de 2.4 y 4.8 año^{-1} , obtenidos a partir de la ecuación empírica de Pauly (Pauly, 1980; Pauly et al., 1984).

TABLA 4 Estimaciones de mortalidad natural para *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) en el Golfo de México.

Estadio de desarrollo	M año ⁻¹	Autor
Adultos	3.9 – 6.5	Lindner (1965)
Adultos	28.6	Kutkuhn (1966)
Adultos	1.25 – 3.17	Berry (1967)
Adultos	4.16 – 5.72	Costello y Allen (1968)
Adultos	1.04	Berry (1969)
Adultos	2.4	Shapiro (1983)
Adultos	4.5	Arreguín-Sánchez y Chávez (1985)
Adultos	3.2 – 4.6	Alvarez et al. (1987)
Adultos	4.5, 4.8	Guzmán-Hernández (1987)
Adultos	4.5	Valero-Pacheco (1989)
Adultos	4.4	Gracia (1995)
Juveniles	4.8 – 9.6	Gracia (1995)
Postlarvas y Juveniles	3.4 – 44.6	Alvarez et al. (1987)

2.3. Pesca de camarón rosado en la Sonda de Campeche

La pesca del camarón rosado en el Golfo de México se efectúa principalmente en las áreas de mayor concentración de la especie: al suroeste de la costa de la península de Florida, en los Bancos de Tortugas y Sanibel, y al sur del Golfo de México, en la Sonda de Campeche (Fig. 4). En la primera zona la pesquería inició en 1949 y durante 1960-1980 registró en promedio alrededor de 4,500 t por año, pero las capturas declinaron a mediados de los años 1980 llegando a 2,000 t durante 1989 – 1991, y posteriormente se recuperaron alcanzando las 4,000 t en 1994 (Sheridan, 1996). El desarrollo de esta pesquería ha sido descrito entre otros por Joyce y Eldred (1966), Klima y Costello (1982), Klima et al. (1982, 1987), Nance y Nichols (1988), Nance (1989, 1992), Sheridan (1992, 1996) y Ehrhardt y Legault (1999).

La pesquería de camarón en el sur del Golfo de México inició en 1946 con la participación de barcos de los Estados Unidos de América, administrados por empresas con inversión mexicana, que hasta 1949 pescaban principalmente el camarón blanco *Litopenaeus setiferus*. Posteriormente comenzó la explotación de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* y se dio un marcado crecimiento de la industria con el incremento de barcos estadounidenses y mexicanos; de 1969 a 1979 también participaron embarcaciones cubanas. En 1972 se registró la captura máxima de 22,000 t (Leriche-Guzmán, 1995; Ramos-Miranda, 2000; Castro-Meléndez et al.; 2000).

A partir de 1980 se retiraron las flotas norteamericana y cubana (Klima et al., 1987) y en 1981-82 el cambio del sistema de propiedad de la flota mexicana, de la industria privada a cooperativas de producción pesquera, produjo una notable disminución del número de barcos en

operación. Estos procesos llevaron a la reducción del esfuerzo de pesca y de la captura en alta mar (Navarrete del-Próo et al., 1994; Flores-Hernández et al., 1997a; Arreguín-Sánchez et al., 1997a,b; Gracia y Vázquez-Bader, 1999). También llevaron al crecimiento acelerado de la pesca artesanal de camarón juvenil en estuarios y lagunas costeras, que causó la sobrepesca de crecimiento del camarón rosado (Gracia, 1995, 1997). En 1992 cambiaron las normas de propiedad y parte de la flota fue gradualmente traspasada a la industria privada y se registró un leve incremento en la captura, pero posteriormente volvió a disminuir. Al inicio de la década de los años 1980 la captura total de camarón en la Sonda de Campeche era de 13,000 t; al inicio de los 1990 de 8,500 t, y en 1999 de 5,500 t (Fig.1).

La pesca industrial inició con barcos que arrastraban una red de 90 pies de abertura horizontal por la popa de la embarcación y hielo para conservación (Villalobos, 1976a), pero las características de la flota cambiaron con los años debido principalmente a la disponibilidad de unidades más confiables, con mayor potencia, y a la necesidad de operar en caladeros más profundos y distantes de los puertos base: Campeche y Ciudad del Carmen. En 1960 se inició el uso de dos redes por las bandas del barco, cada una de 40 a 45 pies de abertura horizontal, con lo que se incrementó la eficiencia de captura entre 15 y 30% al barrer una mayor área; además disminuyó la pérdida de tiempo, trabajo, y dinero invertido en la red (Kristjonsson, 1968).

Para inicios de los años 1970, la flota camaronera del Estado de Campeche evolucionaba con rapidez con las siguientes tendencias: (1) aumento en tamaño, comodidad y capacidad de los barcos; (2) aumento en la potencia de propulsión; (3) aumento en el número de unidades; (4) adopción de la refrigeración como medio de conservación del producto; (5) aumento en la experiencia de los pescadores y (6) aumento en la distancia y duración de los viajes (Fuentes-Castellanos y Portugal-Cano, 1974; Portugal-Cano, 1976; Villalobos, 1976b).

En 1976 se introdujeron las “redes gemelas”, donde el barco remolca cuatro redes, dos por banda (Fuentes-C. et al., 1976) y a partir de 1986 todas las embarcaciones adoptaron dicho sistema (Navarrete-del-Próo et al., 1994). Para inicios de los años 90 la mayoría de las embarcaciones tenía las siguientes características: de 10 a 20 de años de antigüedad; 20-22 m eslora; 30-40 t capacidad de carga; motor 300-365 HP; con refrigeración y casco de acero (Wakida-Kusoni, 1996).

En general, la flota camaronera mexicana en la Sonda de Campeche incrementó en número de unidades hasta 1981 (Tabla 5). Posteriormente, por los cambios en el sistema de propiedad de la flota y problemas financieros asociados, la tendencia se revertió. Según Navarrete del Próo et al. (1994), el número de viajes de pesca por año disminuyó de 3,724 en 1981 a 1,363 en 1990. En 1992 se hizo una nueva transferencia de la flota hacia el sector privado (Anónimo, 2001), pero no se tiene una evaluación de sus efectos.

Desde el punto de vista económico, la pesquería se desarrolló descansando en el alto precio del producto, pero al no existir control se dio la sobrecapitalización que mermó su rentabilidad (Arreguín-Sánchez y Chávez, 1985). Como resultado de los problemas asociados a la

propiedad y administración de la flota y a la devaluación de la moneda mexicana en los años 1980, se dio el desarrollo acelerado de pesquerías artesanales de camarón rosado en aguas costeras protegidas de los Estados de Campeche y Yucatán (Gracia y Vázquez-Bader, 1998). El incremento del número de pescadores dedicado a la actividad utilizando embarcaciones menores y sistemas de pesca diversos para la captura de camarones de talla pequeña (Alarcón-Fuentes y Arreguín-Sánchez, 1992, 1994) generó problemas de sobrepesca del crecimiento y conflictos entre la pesca artesanal y la industrial, y probablemente disminuyó los niveles de la biomasa reproductora (Gracia, 1995, 1997; Arreguín-Sánchez et al., 1997a). En 1992 se prohibió la pesca de camarón en aguas interiores pero, a pesar de ello, la actividad continúa realizándose furtivamente (Castro-Meléndez et al., 2000; Anónimo, 2001).

TABLA 5. Número de barcos camaroneros registrados en el Estado de Campeche.

Año	Número de barcos	Fuente
1971	485	Fuentes et al. (1976)
1981	776	Anuario Estadístico SEPESCA (1981)
1985	459	Anuario Estadístico SEPESCA (1985)
1990	426	Anuario Estadístico SEMARNAP (1999)
1998	311	Anuario Estadístico SEMARNAP (1999)

En la Sonda de Campeche, antes de la imposición de vedas en 1993, la pesca del camarón se efectuaba todo el año. La captura de camarón rosado empezaba a incrementarse en agosto, alcanzaba valores altos de octubre a enero, disminuía desde febrero, llegaba al mínimo en abril y mantenía valores bajos de mayo a julio (Fuentes et al., 1976). Desde 1998 la pesca se efectúa de noviembre a abril. De junio a mediados de septiembre parte de la flota que opera en la Sonda de Campeche se traslada al puerto de Tampico, para aprovechar la temporada anual de camarón café en la costa noroeste del Golfo de México (Uribe-Martínez y Chin-Ayala, 1999; Castro-Meléndez et al., 2000).

Los camarones rosado y café se pescan de noche, ya que generalmente se entierran durante el día; el camarón blanco se pesca de día. El número de horas de pesca puede variar, pero generalmente se efectúan de 2 a 3 lances (arrastres) de 3.5 h, a 2.5 nudos hasta 40 brazas de profundidad. La duración del viaje depende de la abundancia del recurso, el clima y las condiciones del barco. A mediados de los años 1970 el viaje promedio era de 15 días (Villalobos, 1976a); a principios de los 1990 las embarcaciones con más de 25 años de edad trabajaban hasta 25 días en el mar y las de menos de 25 años hasta 45 días (Wakida-Kusoni, 1996).

La información sobre captura por viaje de pesca es limitada. Navarrete-del-Próo y Uribe-Martínez (1993) reportan una tendencia al aumento de 383 kg de colas de camarón por viaje en 1981 a 530 kg/viaje en 1989. Para el camarón rosado los valores fueron de 530 kg/viaje en 1981 y de 825 kg/viaje en 1990; según Castro-Meléndez et al. (2000) la tendencia al aumento continúa y puede relacionarse con cambios en la eficiencia de la tecnología de pesca. Sin embargo, la aparente disminución del esfuerzo de pesca y de la captura total lleva a pensar que este fenómeno debería interpretarse en el contexto de cambios en la capturabilidad.

Hasta mediados de los años 1970, en la composición de la captura total de camarón en la Sonda de Campeche el camarón rosado representó entre 90 y 98%, el camarón café entre 2 y 9% y el camarón blanco entre 1 y 5% (Allen y Jones, 1974; Fuentes et al., 1976; Schultz-Ruiz y Chávez, 1976). Para la década de los 80 el camarón rosado representó en promedio el 80%, el café el 11% y el blanco el 3% (Smith et al., 1987; Navarrete-del-Próo y Uribe-Martínez, 1993). Para años recientes no hay información, pero resulta evidente que la caída de la producción de camarón en el área responde en primera instancia al comportamiento de la captura del camarón rosado (Anónimo, 2001).

A través de los años se ha incrementado el porcentaje de tallas chicas en la composición de la captura. En 1960-64, 54% de la captura eran individuos grandes (menos de 31 colas de camarón por libra), 43% medianos (31 a 50 por libra) y 3% pequeños (51 o más por libra). Para 1970, 46% eran grandes, 45% medianos y 9% pequeños (Allen y Jones, 1974). De 1979 a 1990 los mejores rendimientos se obtuvieron de las categorías de 26-30, 21-25 y 36-40 colas por libra (Navarrete del Próo et al., 1994). Para el periodo de 1984-1988, Ramírez-Rodríguez y Arreguín-Sánchez (2000) reportan que 25% de la captura correspondió a individuos chicos (entre 50 y 110 mm de longitud total), 69% medianos (120 a 170 mm LT) y 6% a grandes (180 a 230 mm LT).

Con referencia a la composición específica de la captura total, Fuentes et al. (1976) mencionan que el camarón representa del 15 al 20 % de la captura; el resto corresponde a fauna y flora asociada. Navarrete-del-Próo et al. (1994), reportan que por cada kilo de camarón se capturan 6 kilos de fauna de acompañamiento (FAC). Esta fauna incluye especies de peces de los géneros *Syacium*, *Eucinostomus*, *Synodus*, *Trachurus*, *Cetengraulis*, *Cynoscion*, *Balistes*, *Arius*, *Haemulon* y *Pristipomoides* (Yáñez-Arancibia et al., 1985). Las proporciones FAC : camarón pueden variar según el área y la temporada y deben ser afectadas por los cambios en las redes, especialmente después de la introducción en 1993 de dispositivos excluidores de tortugas, sin embargo no se encontró información al respecto.

2.4. Regulación de la pesca de camarón rosado en la Sonda de Campeche.

La evaluación de las existencias de camarón rosado en la Sonda de Campeche se ha efectuado en pocas ocasiones. Según la FAO (1972), para principios de los años 70 la pesquería de camarón había alcanzado el máximo disponible y estaba estabilizada, con una disminución ligera de la captura por unidad de esfuerzo; sin embargo no presentan datos de captura o esfuerzo. En 1975 se estableció la prohibición en aguas interiores de la pesca con redes de arrastre convencionales como las que se usan en alta mar, y la limitación de mallas de las redes a un mínimo de 1.5 pulgadas (Fuentes et al., 1976).

Para el periodo 1975-1977, cuando la pesquería se encontraba totalmente desarrollada, Guzmán-Hernández (1987), Valero-Pacheco (1989) y Arreguín-Sánchez et al. (1994, 1997a) aplicaron técnicas de análisis de población virtual VPA (Gulland, 1965) y encontraron cambios ligeros en la estructura de la población, con incrementos de la mortalidad por pesca con la edad y estación del año, siendo mayor hacia finales de verano e inicios de otoño, cuando ocurre el mayor reclutamiento a la pesca de alta mar de individuos de 3 a 4 meses de edad. Arreguín-Sánchez y Chávez (1985), a partir de datos de captura de 1956 a 1979 estimaron un potencial de 17,000 t de camarón rosado. Para el periodo de 1981 a 1990 la evaluación del recurso a partir de datos de captura y esfuerzo mostró la disminución del esfuerzo y la captura en ese periodo, y que el esfuerzo aplicado podía ser excesivo (Navarrete del Prío y Uribe-Martínez, 1993). En 1992 se prohibió la pesca en aguas interiores. Desde 1986 la disminución de la captura de camarón rosado en alta mar es notable y continua; de 8,900 t en ese año, a 2,350 t en 1991.

En general, las causas del colapso de la pesquería del camarón rosado se han relacionado con cambios en el esfuerzo de pesca, efectos del desarrollo de la industria petrolera (disminución de áreas disponibles para la pesca, deterioro de la calidad del medio ambiente), sobrepesca de crecimiento y reclutamiento, y fallas en reclutamiento (Navarrete del Prío et al., 1994; Gracia, 1995; Arreguín-Sánchez et al., 1997a; Ramírez-Rodríguez et al., 2000).

Debido al estado de la pesquería, desde 1993 el gobierno de México aplica un sistema de administración con el propósito de inducir su adecuado desenvolvimiento y un óptimo aprovechamiento de los recursos que la soportan desde el punto de vista biológico y socioeconómico. La Norma Oficial Mexicana NOM-002-PESC-1993, establece los tamaños de malla de 37.5 mm (1½ pulgadas) para la pesca en lagunas y de 44.45 mm (1¾ pulgadas) en alas, cuerpo y antebolso y 1½ pulgadas en el bolso para la pesca de arrastre en alta mar. También, desde 1993 está prohibida, por tiempo indefinido, la pesca de camarón en la franja costera de 0 a 15 millas (Diario Oficial, 19 de mayo de 1993). Además se establecieron periodos de no pesca de camarón o vedas que tienen como fin el proteger los procesos de crecimiento, reclutamiento y

reproducción de las especies de camarón en el Golfo de México, y se basan en estudios realizados por el Instituto Nacional de la Pesca sobre las diferentes pesquerías de camarón en la región.

En la Sonda de Campeche las fechas de inicio y fin de los periodos de veda han variado desde su imposición y se publican en el Diario Oficial. En 1994 y 1995 la veda fue del 15 de agosto al 30 de septiembre. En 1996 y 1997, del 1 de agosto al 15 de noviembre. En 1998 la veda se fraccionó en dos etapas: del 1 de mayo al 15 de julio y del 1 de septiembre al 15 de noviembre. Esto se decidió por la necesidad de proteger la reproducción del camarón blanco, que generalmente empieza en mayo, además de proteger la parte inicial y final de la reproducción masiva y el segundo pulso de reclutamiento del camarón rosado, confiándose en que aun cuando el periodo intermedio quedaba abierto a la pesca (16 de julio a 31 de agosto) el esfuerzo de pesca aplicado en la Sonda sería mínimo por la participación de la flota en la temporada de Tamaulipas (Uribe-Martínez y Chin-Ayala, 1999). En 1999 y 2000 la veda se aplicó del 1 de mayo al 15 de noviembre.

Por otra parte, "... para garantizar que los juveniles y preadultos de especies de camarón, alcancen su máximo desarrollo sexual, a efecto de que, junto con las poblaciones de reproductores remanentes completen su ciclo biológico de reproducción y su posterior reclutamiento a las pesquerías", desde 1996 se prohibió por tiempo indefinido la pesca en el área de la Laguna de Términos (Diario Oficial, 4 de noviembre de 1996).

Sin embargo, las medidas mencionadas no han logrado sus objetivos y aunque en los últimos años la tendencia a disminuir de la captura de camarón rosado es menor, en 1999 no alcanzó las 2,000 t (Castro-Meléndez et al., 2000).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En general, la aplicación de vedas como medida de administración es de uso común en las pesquerías de camarón en diversas partes del mundo, y dependiendo del caso se utilizan para: (a) controlar la sobrepesca de crecimiento, buscando incrementar la producción y valor por recluta; (b) para controlar la sobrepesca del reclutamiento, tratando de mejorar el potencial de desove de la población e incrementar la supervivencia de reclutas, y (c) como medida para reducir el esfuerzo de pesca (García, 1989; Penn et al., 1989). Su impacto depende de sus fechas y duración, del nivel de esfuerzo de pesca general y del patrón estacional de la capturabilidad y del conocimiento acerca de la dinámica del recurso y de la flota.

En el caso de la pesquería de camarón rosado en la Sonda de Campeche, la aplicación de vedas tiene actualmente el objetivo de recuperar la población mediante la protección de la reproducción y mantener al mismo tiempo la actividad de la flota y la industria procesadora de Campeche al proteger el crecimiento hasta tallas comerciales de mayor valor. Sin embargo, a la fecha no se han visto mejoras en esa condiciones, estableciéndose hipótesis que consideran que entre las causas por las que no se presenta una recuperación de la población se encuentran los elevados valores de mortalidad por pesca, el incumplimiento de la veda y la operación furtiva de la flota artesanal, la alteración de zonas de crianza, la contaminación por diversas fuentes y la restricción de áreas de pesca (Anónimo, 2001).

En este trabajo se propone que las condiciones de la población del camarón rosado en la Sonda de Campeche, dependen de las interrelaciones entre las características de la dinámica del recurso, el esfuerzo de pesca y el medio ambiente, y por tanto el posible impacto de las vedas debe evaluarse en este contexto.

Objetivo

Por lo anterior, el objetivo en esta tesis es determinar aspectos relevantes de la dinámica de la población y patrones temporales de explotación del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* en la Sonda de Campeche para, a través de un modelo de simulación, evaluar el impacto de las vedas establecidas para la recuperación de su población.

Objetivos específicos

1. Determinar edad y crecimiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche.
2. Estimar sus tasas instantáneas de mortalidad natural.
3. Determinar el estado actual de su población a través de un análisis de población virtual.
4. Determinar sus patrones de reclutamiento y su relación con factores ambientales.
5. Determinar la relación entre la población de adultos y los reclutas a la pesca en alta mar.
6. Desarrollar un modelo para simular el comportamiento de la pesquería del camarón rosado.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La información que se usó para el presente trabajo fue la siguiente:

Datos de frecuencias de longitud total (mm) recolectados en muestreos mensuales de la captura desembarcada en el puerto de Campeche, de febrero de 1984 a diciembre de 1988, por personal del Instituto Nacional de la Pesca.

Datos de captura mensual en kilogramos por categoría comercial, registrados en plantas empacadoras del Estado de Campeche, de enero de 1969 a diciembre de 1994.

Datos de temperatura y salinidad superficial del mar, registrados de 1969 a 1991 en las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional en Ciudad del Carmen, Campeche, y Progreso, Yucatán.

4.1 Edad y crecimiento

Los estudios de crecimiento son esenciales para el análisis de poblaciones explotadas porque sus resultados permiten definir la estructura por edades de la captura, las estimaciones de tasas de mortalidad y explotación, y la biomasa explotable. En el caso de los camarones es difícil de estimar porque ninguna estructura dura queda después de cada muda del exoesqueleto (García y LeReste, 1981). Por otra parte, las estimaciones derivadas de estudios de marcado muestran variaciones relativamente amplias (Rothschild y Brunenmeister, 1984).

En nuestro caso analizamos datos de longitud total (mm) y peso total (g) de camarones seleccionados al azar en la captura desembarcada en el puerto de Campeche, de febrero de 1984 a diciembre de 1988. Estos datos se arreglaron como distribuciones de frecuencias de longitudes mensuales, usando una clase de longitud de 10 mm.

La relación peso total : longitud total se estimó con datos de 946 individuos de ambos sexos que variaron entre 60 y 180 mm y de 2 a 61 g. La propiedad isométrica para el crecimiento se determinó utilizando la prueba de *t* de Student.

Debido a la corta vida del camarón se consideró conveniente identificar la evolución de las cohortes principales para estimar el crecimiento utilizando un año biológico. Esas cohortes se identificaron a través de: (1) la información en la literatura sobre la biología de *Farfantepenaeus duorarum*, (2) las anomalías mensuales de la estructura de la captura para las categorías comerciales de 41-50 y 51-60 camarones por libra, estimadas como la diferencia del promedio de la captura en números de esos grupos de 1984 a 1988, menos la captura en el mes correspondiente, y (3) la importancia relativa de camarones chicos, medianos y grandes en base mensual.

El modelo de crecimiento base fue el de von Bertalanffy, y como Berry (1967) documenta variaciones estacionales, se utilizó el modelo de crecimiento estacional sugerido por Pauly y Gaschütz (1979) y Pauly (1987), que es descrito por la siguiente ecuación:

$$L_t = L_\infty [1 - \exp(-K(t - t_0) - (CK/2\pi)(\sin 2\pi(t - t_s) - \sin 2\pi(t_0 - t_s)))]$$

donde L_∞ es la longitud asintótica, K el coeficiente de crecimiento, t_0 la edad a longitud cero, que se calculó como $t_0 = [K + \ln(1 - L_0/L_\infty)]/K$, en la que L_0 es la longitud total para juveniles chicos, tomada como $L_0 = 12$ mm TL (Alvarez et al, 1987). C representa la intensidad de la oscilación y $t_s = WP + 0.5$, con WP como el tiempo del año cuando sucede el mayor retraso en el crecimiento.

Para estimar los parámetros de la ecuación se utilizó el método ELEFAN I (Pauly et al., 1984) en el programa FiSAT (FAO ICLARM Stock Assessment Tools; Gayanilo et al., 1995). Este método se basa en el análisis de datos secuenciales de frecuencias de tallas y combina la lógica del método de Petersen y del análisis de progresión modal, limitando en lo posible las entradas subjetivas (Pauly, 1984). Las variaciones en el patrón de crecimiento se analizaron usando el índice ϕ' (phi prima), donde $\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$ cm (Pauly y Munro, 1984).

Para la asignación de la edad se siguió el procedimiento sugerido por Castro y Arreguín-Sánchez (1991) y López-Martínez (2000). Para cada distribución de frecuencia de tallas obtenida a partir de los muestreos de 1984 a 1988, se identificaron los componentes normales que eran claramente diferenciados usando el método de Bhattacharya (1967) y se estimó la longitud total promedio y la desviación estándar, suponiendo que esos componentes corresponden a grupos de edad definidos. La edad relativa correspondiente a la media de cada grupo se estimó a partir de la ecuación de von Bertalanffy. Después se construyó un gráfico representando los cambios de la varianza con la edad relativa, y por interpolación o extrapolación de esta relación se obtuvieron las longitudes medias y las varianzas correspondientes para todas las edades mensuales presentes en un año. La clave edad – longitud se construyó representando las distribuciones de cada grupo de edad en términos de una normal estándar, con el objeto de asignar las probabilidades relativas de que un individuo de longitud L pertenezca a una o varias edades. Finalmente la estructura por edades se obtuvo como $L^T P = E$, donde L^T es el vector transpuesto de frecuencia de longitudes, P es la matriz que representa la clave edad – longitud, y E es el vector de estructura por edades.

4.2 Mortalidad natural

La estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) en poblaciones explotadas es importante para su evaluación, modelación y administración de pesquerías. M representa todas las fuentes de mortalidad, con excepción de la pesca, que afectan el número de sobrevivientes en la población. Las estimaciones directas de M son difíciles de obtener (Pauly, 1980; Garcia y

LeReste, 1981, Pauly et al., 1984), y por eso se buscan alternativas de estimación que sean compatibles con lo que se conoce sobre la historia de vida de las especies.

Para el camarón rosado se utilizó el modelo propuesto por Caddy (1996) para estimar valores de M a edad de invertebrados de corta vida. La suposición básica de ese modelo es que cuando la población está bajo condiciones estables cada individuo se reemplaza a si mismo, y que su historia de vida puede dividirse en intervalos dentro de los que la probabilidad de muerte por causas naturales puede suponerse constante. Esta división se logra a través de una división gnomónica del tiempo de vida.

El término “gnomónico” se refiere a distancias lineales constantes que se mueven por la sombra del “gnomon” o marcador solar, y corresponden a unidades de tiempo diferentes. En términos de tiempo transcurrido, cualquier par de intervalos gnomónicos en una historia de vida subdividida puede considerarse como equivalente si cada uno conforma la misma proporción constante de tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta su inicio (Caddy, 1996).

De acuerdo con Caddy (1996), si se conoce el número de individuos (N) al inicio del año, y se divide el año en un número específico $i = 1, 2, 3, \dots, n$ de intervalos pequeños de tiempo Δ_i , entonces:

$$N_{i+1} = N_i \exp [- M_i \Delta_i]$$

donde M_i es un valor promedio de la tasa de mortalidad natural que integra la disminución de la tasa de muertes a través de un intervalo corto de tiempo de duración Δ_i . El número N_i al inicio del i -ésimo intervalo es el número de sobrevivientes del intervalo anterior, excepto para el primer intervalo, donde se supone que el número desovado es igual a la fecundidad media en el periodo de vida.

Los intervalos de tiempo inician al momento del desove ($t = 0$). El primer intervalo Δ_1 termina al tiempo t_1 . Incrementos proporcionales constantes a este valor “semilla” definen los intervalos subsecuentes Δ_i . Los intervalos gnomónicos sucesivos ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) se generan al multiplicar por una constante a el tiempo transcurrido hasta el inicio de cada intervalo. De esta forma:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad \text{donde} \quad \Delta_i = a t_{i-1} \quad (i \geq 2)$$

El número y duración de los intervalos en que se divide la historia de vida debe basarse en lo que se conoce sobre la especie, y puede compararse con los intervalos gnomónicos. La duración de cada intervalo debe incrementarse proporcionalmente con la edad, de manera que dentro de cada intervalo una proporción constante G se muere. Esto se expresa como $M_i \Delta_i = G$. Las unidades de Δ_i se dan en años porque se calculan como una proporción del año ($\Delta_i/365$ días).

El procedimiento de cálculo fue el siguiente:

- a) Basados en la literatura, se determinaron los intervalos de los estadios de huevo, nauplio, protozoa, mysis a postlarva bentónica, juvenil, preadulto y adulto como aquellos en que la mortalidad natural se puede considerar constante.
- b) Como medida realista de la duración del primer intervalo se tomó el proporcionado por Ewald (1965) $\Delta_1 = 1.5$ días.
- c) Se determinó el número de intervalos gnomónicos en que se divide la historia de vida, se calculó la constante a y se comparó su duración con lo encontrado en la literatura. Para estimar la duración de los intervalos se utilizaron valores de tiempo de vida $t_x = 480$ y 600 días, correspondientes a un periodo de vida de 16 y 20 meses.
- d) Se calculó el valor de la constante G . Para esto se consideraron valores de 200 000, 500 000 y 1 000 000 de huevos por hembra como la posible fecundidad media durante el periodo de vida.
- e) Se estimó M_i para cada intervalo ($M_i = G/\Delta_i$).

4.3 Dinámica de la población

La reconstrucción de la población de *F. duorarum* se efectuó a partir de datos de captura mensual por categoría comercial, en kilogramos, registrados en plantas empacadoras del Estado de Campeche, de enero de 1969 a diciembre de 1994. El número de individuos en la captura de cada mes se estimó a partir de la relación peso-longitud total, y se elaboraron distribuciones de frecuencia de longitudes usando intervalos de longitud total de 10 mm. La clave edad– longitud, construida según lo explicado en el apartado 4.1, se aplicó a la distribución de tallas de la captura total mensual y se obtuvo la estructura por edades mes a mes. Debe anotarse que como solamente se dispuso de una clave edad – longitud, es necesario asumir que la estructura de error alrededor de la curva de crecimiento es constante, y por tanto el análisis se efectúa considerando la existencia de condiciones estables.

Para estimar el número de individuos de cada edad en la población N_t y las tasas instantáneas de mortalidad por pesca a edad F_t se aplicó un análisis de población virtual. Para los cálculos se determinó que los valores de M a edad proporcionados por Ramírez-Rodríguez y Arreguín-Sánchez (2002), se relacionan por la ecuación $M_t = (648.09 x^{-1})/12$, donde x es el número de días, y se estimó el siguiente vector de M mes^{-1} y edad, mismo que se consideró constante en todo el periodo analizado:

M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}
0.90	0.60	0.45	0.36	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16

La tasa instantánea de mortalidad natural $M = 3.64 \text{ año}^{-1}$ coincide con la utilizada por Nance et al. (1989) y Ehrhardt y Legault (1999) para el stock de camarón rosado al sur de la Florida.

Para el análisis de población virtual (VPA) se siguió el procedimiento propuesto por Hilborn y Walters (1992). Primero, conociendo los valores de N_{t+1} , C_t y M_t se estimaron valores de N_t resolviendo por iteración, a través del algoritmo de Newton, la ecuación (1):

$$C_t = \left[1 - \frac{M_t}{\ln(N_t) - \ln(N_{t+1})} \right] (N_t - N_{t+1}) \quad (1)$$

Los valores de abundancia para el grupo terminal $N_T = N_{11}$, con los que se inicia el análisis, se obtuvieron con el método aproximado de Pope (1972), suponiendo que $N_{12} = 0$. Esto se hizo debido a que en la captura los grupos de edad mayores que 11 meses son muy escasos.

Una vez que se estimó la abundancia de cada grupo de edad de cada cohorte en cada mes, desde enero de 1969 a marzo de 1994, con los valores de N_t y N_{t+1} se estimó la tasa instantánea de mortalidad por pesca por edad t en cada mes (F_t) a partir de la ecuación (2):

$$F_t = -\ln\left(\frac{N_{t+1}}{N_t}\right) - M_t \quad (2)$$

Para estimar valores de F terminales, correspondientes a la última edad de cada mes y último mes en los datos, así como para las cohortes incompletas, se calcularon promedios ponderados de los valores de F para las edades 8 a 10 en cada mes y edad a partir de los valores obtenidos de las ecuaciones (1) y (2), desde junio de 1992. Con estos valores se estimaron N_t y F_t resolviendo con el algoritmo de Newton la ecuación de captura hasta lograr el mejor ajuste de la captura observada. La función objetivo que se minimiza es (Lassen y Medley, 2001):

$$\sum [C_{obs} - C_{esp}]^2 = MIN\{N_t, F_t\}$$

donde la captura esperada (C_{esp}) está dada por la ecuación (3):

$$C_t = N_t \frac{F_t}{F_t + M_t} \left(1 - e^{-(F_t + M_t)} \right) \quad (3)$$

Este procedimiento de calibración tiene como elemento implícito que la captura refleja las tendencias de la abundancia. La no disponibilidad de índices de abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo), impidió adoptar un proceso tipo ADAPT, como los revisados por Lassen y Medley (2001) para obtener una modelación más estricta del patrón de explotación.

Debido a que la vulnerabilidad de los individuos varía con la edad, el valor de F para el grupo de 2 meses de edad se multiplicó por 0.77, valor de la probabilidad de retención en las redes camaroneras con tamaño de malla en el copo de $1\frac{3}{4}$ " (4.4 cm), estimado a partir de la curva de selectividad (Grande-Vidal y Arias-Uscanga, 1991). Desde los 3 meses de edad la probabilidad de retención es de 100%.

Para cada temporada de pesca se estimó la tasa de explotación E_a como:

$$E_a = \frac{F_a}{Z_a} \left(1 - e^{-(Z_a)} \right) \quad (4)$$

donde Z_a es la mortalidad total por temporada ($= F_a + M$). F_a es la tasa instantánea de mortalidad por pesca en la temporada a , y M es la tasa instantánea de mortalidad natural, que se consideró constante durante el periodo de estudio. F_a se estimó como la suma de los promedios mensuales de F para cada edad en temporadas de octubre de un año a septiembre del siguiente.

Para representar la tendencia de la captura y del reclutamiento se utilizaron promedios móviles de orden 12. El patrón de mortalidad por pesca anual se obtuvo al estimar la media ponderada de F_t para cada mes y edad.

4.3.1. Patrón de reclutamiento y medio ambiente

La magnitud del reclutamiento por mes (individuos de 3 meses de edad) a la plataforma continental de la Sonda de Campeche, se obtuvo a partir del VPA. Como el reclutamiento ocurre durante todo el año, se estimó la proporción mensual de reclutas (patrón de reclutamiento) por temporada, de octubre de un año a septiembre del siguiente, coincidiendo con el ciclo biológico.

Para determinar si el patrón de reclutamiento varía entre temporadas, se utilizó una prueba de K-medias y un análisis de componentes principales basado en la matriz de covarianza de temporadas como casos y meses como variables (StatSoft, 1999). También se aplicó un análisis de grupos ("clusters") con los meses como variables y las temporadas como casos, usando el promedio no ponderado de grupos pareados y distancias euclidianas como índice de similitud.

Para explorar las posibles relaciones entre el reclutamiento y variables ambientales se usaron los valores promedio de la temperatura y salinidad superficial del mar, registrados de 1969 a 1991 en las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional en Ciudad del Carmen, Campeche, y Progreso, Yucatán. Las series se promediaron mensualmente, para obtener un valor representativo de toda la región. Posteriormente, se obtuvo el promedio anual como la media simple entre diciembre y enero. Las series estandarizadas ($X_{sd} = (X_i - M) / ds$, donde X_i = valor de la variable en el periodo i , M = promedio, ds = desviación estándar de la variable en el periodo i) se sometieron a correlación lineal simple.

Por otra parte, el reclutamiento promedio en los periodos de julio a noviembre y de diciembre a junio se correlacionaron con los promedios de temperatura y salinidad tres meses antes, esto es, durante el tiempo en que nacen los reclutas. Para cada periodo de reclutamiento se elaboraron mapas de isolíneas.

4.3.2 Relación adultos – reclutas

El reclutamiento se define como la incorporación de nuevos individuos a la población como consecuencia del éxito en el proceso de la reproducción. Es relevante porque implica la persistencia de la población y la producción de biomasa (Hilborn y Walters, 1992). Para camarones peneidos la relación entre el número de adultos (S) y reclutas (R) {SRR por sus siglas en inglés: Spawning Stock-Recruitment relationship}, ha sido revisada por García y LeReste (1981), García (1983, 1984, 1985, 1988, 1989, 1996), Gulland y Rotschild (1984), Courtney y Cosgrove (1994), Gracia (1989, 1991, 1996) y Penn et al. (1989, 1994, 1995).

Para el análisis de la SRR del camarón rosado se utilizaron el número de adultos (mayores de 7 meses de edad) y reclutas (de 3 meses de edad) estimados desde el VPA, y se aplicó el modelo de Beverton y Holt (1957), sugerido por García (1985) y Caddy (1986) como el más probable para camarones peneidos, porque el tamaño y condiciones de las áreas de crianza son los factores restrictivos y no hay competencia entre adultos y reclutas (v. gr. canibalismo o efectos denso-dependientes) que pudieran generar una curva tipo del modelo de Ricker (Ricker, 1975). El modelo de Beverton y Holt se describe por la ecuación

$$R = \frac{\alpha S}{\beta + S}$$

donde R es el reclutamiento, S el número de adultos, α el número máximo de reclutas producidos, y β el número de adultos necesario para producir un reclutamiento igual a $\alpha/2$. La pendiente al inicio α/β es el máximo de reclutas/adulto (Hilborn y Walters, 1992).

Como el reclutamiento del camarón rosado se relaciona con las condiciones ambientales, la temperatura superficial del mar se incorporó al modelo de Beverton y Holt de la siguiente forma:

$$R = \frac{\alpha S}{\beta + S} \exp[c_i(T_i - \bar{T}) + w]$$

donde T_i es la temperatura en el año i , \bar{T} el promedio de temperatura en el periodo, c un coeficiente que expresa la magnitud de su efecto, y w el residual no explicado (Hilborn y Walters, 1992).

La relación entre adultos y reclutas se definió considerando que (a) el patrón reproductivo bimodal del camarón rosado origina dos generaciones de abundancia diferente y longevidad de 12 meses, lo que es típico de camarones peneidos (García, 1985), y (b) la SRR se explica mejor cuando el modelo utiliza información de cohortes individuales de forma independiente (Gracia, 1991; Penn et al., 1995).

Tomando estas características se definió como generación I a los adultos de abril a agosto y reclutas de julio a noviembre, y como generación II a los adultos de septiembre a marzo y

reclutas de diciembre a junio. Adicionalmente se consideró el año biológico con adultos de julio a junio y reclutas de octubre a septiembre.

La estimación de los parámetros del modelo se efectuó por regresión no lineal y un algoritmo de mínimos cuadrados basado en el método de Newton para minimizar residuales (StatSoft, 1999). Para determinar la contribución de cada año a la variación de los valores calculados y estimar límites de confianza para los parámetros se aplicaron métodos de remuestreo con y sin reemplazamiento (“bootstrap” y “jackknife”) (Efron, 1982).

4.4 Evaluación del impacto de vedas

Los pasos que se siguieron para estructurar el modelo de simulación base para analizar el impacto de las vedas aplicadas a la pesquería de camarón rosado en la Sonda de Campeche, se presentan en la Figura 5. Primero se determinaron los parámetros de la relación peso total – longitud total y de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, y se construyó una clave edad-longitud que se aplicó a la estructura por tallas de todas las capturas. Después se estimó la tasa de mortalidad natural y se aplicó un análisis de población virtual (VPA), obteniendo valores de abundancia de la población por edades en cada mes de cada año en el periodo de 1969 a 1994 y estimaciones de las tasas instantáneas de mortalidad por pesca correspondientes. Con estos valores se determinaron los patrones de mortalidad por pesca y de reclutamiento. Posteriormente se analizaron relaciones del reclutamiento con la temperatura y salinidad del mar y se determinó la relación entre adultos reproductores y reclutas, misma que se utilizó para predecir el número de reclutas para la siguiente temporada de pesca, considerando los cambios producidos en la población al modificar la mortalidad por pesca. La estructura del modelo constituye una adaptación determinística del propuesto por Chávez (1996).

La simulación se basa en la predicción del reclutamiento al inicio de cada temporada a partir del modelo de Beverton y Holt que no considera el efecto de la temperatura superficial. Esto se decidió porque no se dispone de información sobre ese factor para los años simulados y porque en los últimos años de la serie de datos de que se dispuso (1969 –1991) sus valores presentan mucha variación y no es posible definir con precisión su tendencia. Para la repartición del total de reclutas en los meses de la temporada se utilizó el patrón de reclutamiento promedio, mismo que se consideró constante.

En el modelo la simulación principia con la estimación del total de reclutas al inicio de la temporada 1993/1994 desde la relación adultos-reclutas estimada con datos agrupados por año biológico. El número de reclutas (de 3 meses de edad) en cada mes de cada temporada (octubre a septiembre) se obtuvo a partir de la proporción promedio de reclutas por mes durante las temporadas de 1970 a 1993.

El número de individuos de cada cohorte, entre las edades 4 a 11, se estimó a partir de la ecuación $N_{t+1} = N_t e^{-(F_t + M_t)}$ donde N_{t+1} es el número de individuos de una cohorte dada a la edad $t+1$, N_t es el número de individuos de esa cohorte a la edad anterior t ($t= 3$ meses para el primer caso); F_t es la mortalidad por pesca a la edad t , y M_t la mortalidad natural a esa edad. El número de individuos de 2 meses de edad se estimó despejando N_t de esta ecuación. Los valores de mortalidad natural a edad M_t fueron los empleados para el análisis de población virtual, y como no se dispone de información sobre su variabilidad, se supusieron constantes para cada edad en el tiempo.

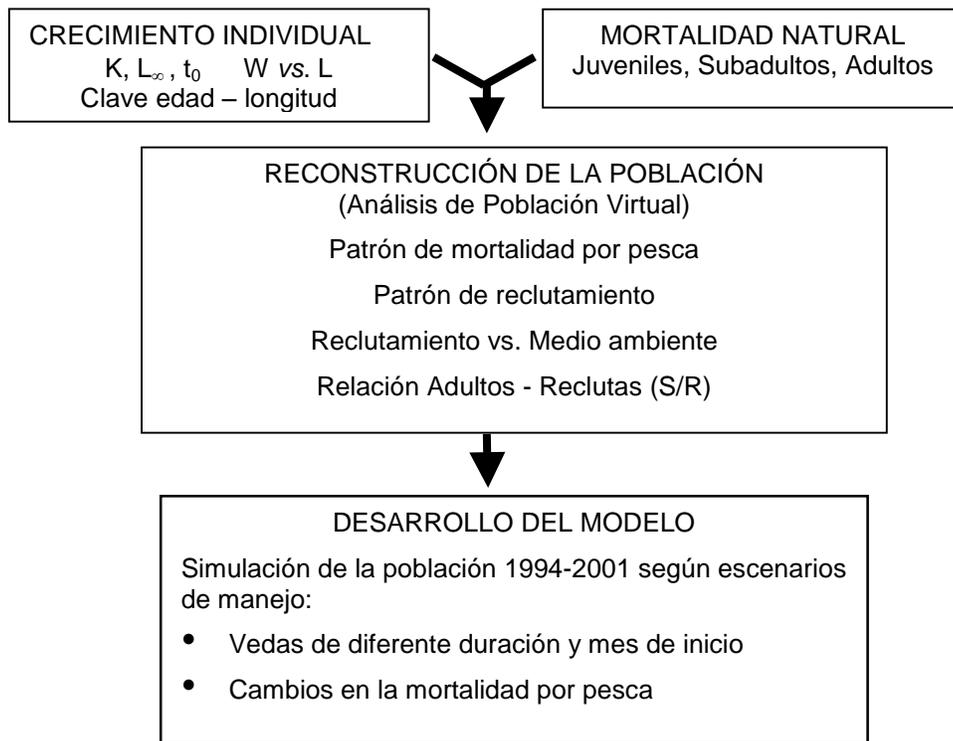


FIGURA 5. Esquema de los pasos seguidos para el desarrollo del modelo de simulación de la pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche.

La simulación consistió en obtener predicciones de la captura desde la temporada 1993/1994 a la 2001/2002, a partir de la ecuación 3, considerando cambios en el patrón de pesca y en la tendencia del reclutamiento. Para calibrar la tendencia de la captura simulada, en el periodo de 1994 a 1998 ésta se comparó con la estimada a partir de datos proporcionados por el Instituto Nacional de la Pesca para el Puerto de Campeche en ese periodo.

5 RESULTADOS

5.1 Edad y crecimiento

Los parámetros de la relación peso total (WT g) : longitud total (LT mm) fueron: $a = 0.00000212$, $b = 2.84$ ($r^2 = 0.96$). La prueba de t de Student ($\alpha = 0.05$) indica que el valor de b es significativamente diferente de 3, resultado que podría relacionarse con la longitud de los intervalos de tallas y pesos en la muestra o con la precisión de las medidas, pero sugiere que el crecimiento en peso es alométrico. Sin embargo, los valores de b estimados por Tabb et al. (1962), Cruz-Morejón y Cadima (1968), y Nicolich y Ruiz (1971) fueron 3.03, 3.23, y 3.24, respectivamente, pero no se dispone de elementos estadísticos para comparar. En todo caso, el modelo de von Bertalanffy se utilizó como un modelo empírico que permite una representación aproximada de la longitud promedio a cada edad (García y LeReste, 1981; Hilborn y Walters, 1992).

Las distribuciones de frecuencias de tallas son multimodales, con predominancia de individuos entre 110 y 190 mm LT. Se definieron tres clases de tamaño: camarón chico, de 50 a 110 mm LT, mediano, 120 a 170 mm LT, y grande, 180 a 230 mm LT. Los chicos representaron el 25% de la captura, los medianos 69% y los grandes 6%. La presencia de esas clases en los meses de un año promedio indica que el camarón chico fue abundante de septiembre a noviembre, el mediano de febrero a abril y de junio a agosto, y el grande de febrero a diciembre. Esto coincide con la presencia de camarones de las categorías comerciales 51-60 y 41-50 individuos por libra (con promedios de 106 mm LT y 115 mm LT) de agosto a enero, con un pico en invierno (Fig. 6).

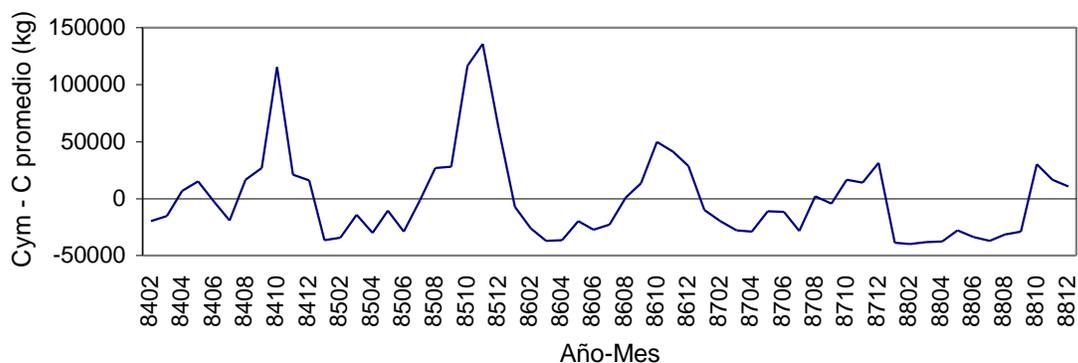


FIGURA 6. Anomalías de la captura de categorías comerciales 41-50 y 51-60 colas de camarón rosado *F. duorarum* por libra. (Cym = captura del mes m del año y).

Considerando lo anterior, las estimaciones de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy se hicieron suponiendo el seguimiento de la cohorte principal, en periodos de octubre de un año a septiembre del siguiente (Fig. 7). Los valores estimados (Tabla 6) muestran

variaciones pequeñas, $3.0 \leq K$ (1/año) ≤ 3.2 ; y $223 \leq L_{\infty}$ (mm TL) ≤ 228 . El valor de $C = 1$ sugiere una fuerte oscilación estacional con un retardo del crecimiento en noviembre - diciembre ($0.9 \leq WP \leq 1.0$).

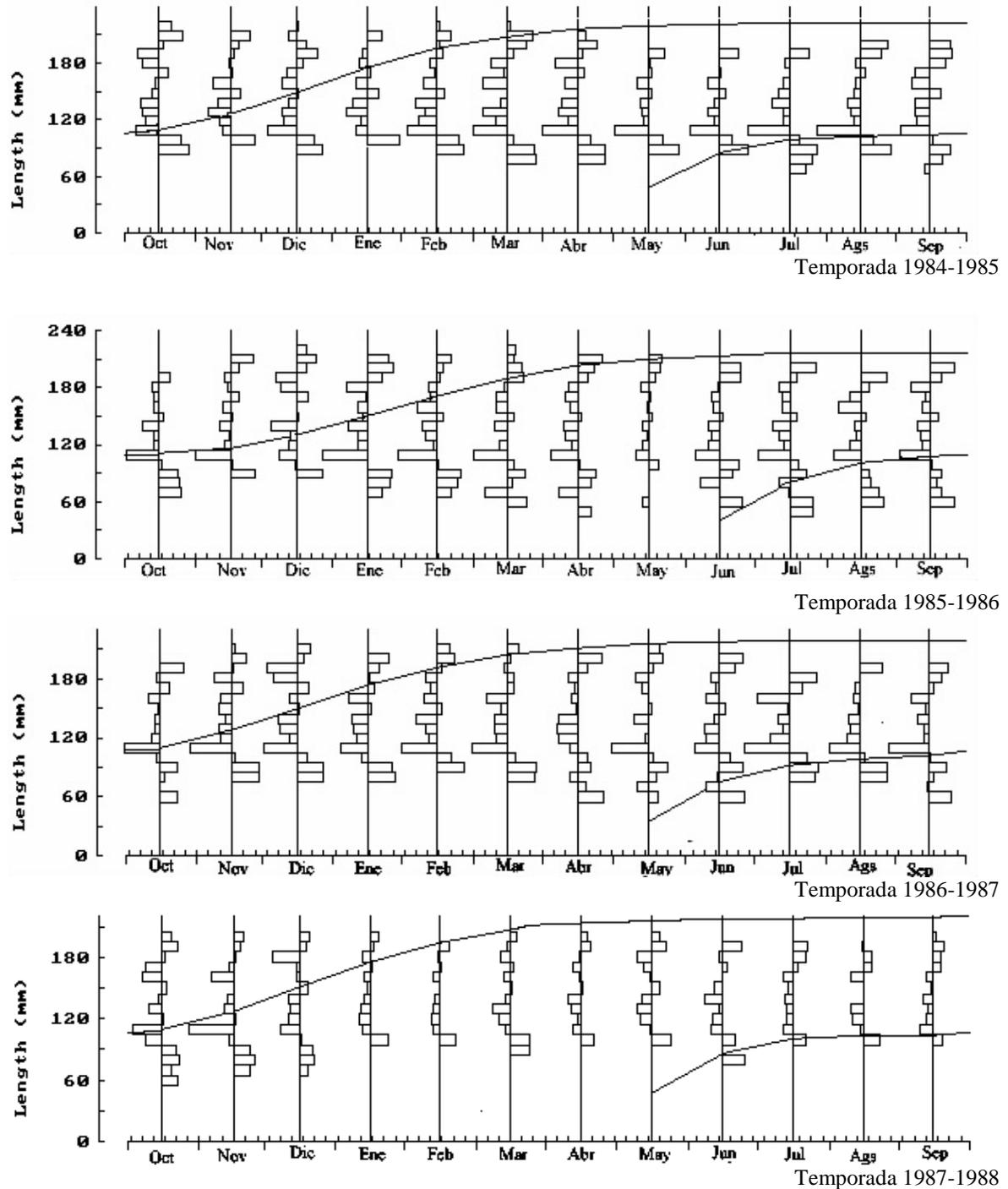


Figura 7. Datos reestructurados de frecuencias de tallas mensuales y curvas de crecimiento por temporada a partir del método ELEFAN I para *Farfantepenaeus durorarum* en la Sonda de Campeche de 1984 a 1988.

Al comparar estos resultados con los presentados en la literatura (Tabla 3), excluyendo los extremos dados por Arreguín-Sánchez y Chávez (1985), se puede considerar que los valores para $L_{\infty} = 221$ mm LT, $K = 3.03$ año⁻¹, $t_0 = 0.018$, $WP = 0.9$ y $C = 1.0$ representan el patrón de crecimiento promedio de *Farfantepenaeus duorarum* en la Sonda de Campeche. Hay que anotar que los valores de \emptyset' a partir de datos correspondientes a los años 1975-1977 y 1984-1988, indican que no hay cambios relevantes en el patrón de crecimiento. Desafortunadamente no existe información para otros periodos que permita profundizar en la variabilidad interanual del patrón de crecimiento.

Los anteriores resultados sirvieron de base para elaborar la publicación que se presenta como apéndice.

TABLA 6. Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy calculados para *Farfantepenaeus duorarum* en la Sonda de Campeche. \emptyset' = índice de patrón de crecimiento.

Periodo	L_{∞} mm	K 1/año	C	WP	t_0	\emptyset'
Oct 1984 – Sep 1985	228	3.0	1.0	0.9	-0.063	3.19
Oct 1985 – Sep 1986	223	3.0	0.9	1.0	-0.064	3.17
Oct 1986 – Sep 1987	225	3.0	0.9	0.9	-0.063	3.18
Oct 1987 – Sep 1988	223	3.2	1.0	0.9	-0.060	3.20
Año promedio	225	3.1	1.0	1.0	-0.061	3.20

5.2 Mortalidad natural (M)

La comparación de la duración observada de los siete estadios de desarrollo del camarón rosado (Tabla 1), con la estimada para cada uno de ellos aplicando la estrategia gnomónica de división del tiempo (Tabla 7), comprobó que ésta genera aproximaciones útiles de la duración de cada estadio (prueba Kolomogorov-Smirnov, $p > 0.1$).

Los valores de M para los estadios de huevo a postlarva bentónica fueron relativamente altos, variando entre 31.7 y 456.2 año⁻¹. Los correspondientes para los estadios de desarrollo en lagunas costera variaron entre 11.7 y 15.8 año⁻¹, mientras que los estimados para preadultos y adultos lo hicieron entre 1.6 y 6 año⁻¹. La magnitud de los valores estimados de M se incrementa al aumentar la fecundidad promedio en el periodo de vida (Tabla 8)

Bajo la suposición de remplazamiento estable, los valores de M en un periodo de 11 días (de huevo a protozoa) varían entre 86 y 456, lo que equivale a una mortalidad de la cohorte entre 21 y 71%. Estos valores parecen razonables porque esos estadios se presentan en aguas oceánicas y están expuestos a altas tasas de depredación por organismos planctónicos y peces.

Munro y Jones (1968) estimaron una tasa promedio de supervivencia diaria para *F. duorarum*, de protozoa a postlarva, correspondiente a una mortalidad del 83%, y la proporción que sobrevive hasta postlarva bentónica de sólo 0.05%. Los valores derivados del modelo gnomónico permiten estimar que la proporción del stock original que llega a postlarva bentónica varía entre 0.05% y 0.14% dependiendo del valor de fecundidad promedio en el periodo de vida.

TABLA 7. Comparación entre la duración observada de estadios de desarrollo del camarón rosado *F. duorarum* (ver Tabla 1) y la estimada aplicando la estrategia de división gnomónica del tiempo.

Estadio de desarrollo	Duración (días)	Intervalos gnomónicos (días)
1 Huevo	1.5	1.5
2 Nauplio	2	2.4 – 2.6
3 Protozoa	7.5	6.3 – 7.0
4 Mysis a postlarva bentónica.	10 – 19	16.6 – 19.0
5 Juvenil	43 – 73	43.3 – 51.4
6 Preadulto	105– 155	113.4 – 139.6
7 Adulto	270– 370	296.5 – 379.0

TABLA 8. Vectores de mortalidad natural (M_i) estimados para *Farfantepenaeus duorarum* a partir de modelo gnomónico (Caddy, 1996). Parámetros de referencia: longevidad $t_\lambda = 480$ y 600 días, con tres niveles de fecundidad promedio en el periodo de vida (MLF). G y a son constantes calculadas por el modelo.

Longevidad T_λ (días)	Intervalo ¹	Intervalo gnomónico Δ_i (días)	MLF = 200 000	500 000	1 000 000
			G = 1.644	1.775	1.874
			M_i	M_i	M_i
600	a = 1.714				
	1	1.50	400.21	432.06	456.16
	2	2.57	233.44	252.02	266.07
	3	6.98	86.00	92.84	98.02
	4	18.95	31.68	34.20	36.11
	5	51.43	11.67	12.60	13.30
	6	139.61	4.30	4.64	4.90
480	a = 1.615				
	1	1.5	400.21	432.06	456.16
	2	2.42	247.76	267.48	282.39
	3	6.34	94.73	102.27	107.98
	4	16.57	36.22	39.11	41.29
	5	43.34	13.85	14.95	15.79
	6	113.36	5.30	5.72	6.04
7	296.47	2.02	2.19	2.31	

¹ Intervalos: 1) Huevo; 2) Nauplio; 3) Protozoa; 4) Mysis a postlarva bentónica; 5) juvenil; 6) Preadulto; 7) Adulto.

Los valores de M para juveniles ($M = 11.7$ a 15.8 año^{-1}), preadultos ($M = 4.3$ a 6 año^{-1}) y adultos ($M = 1.58$ a 2.3 año^{-1}) corresponden a las fases explotadas por las pesquerías artesanal e industrial. Los correspondientes para preadultos y adultos son en términos generales, similares a los reportados en la literatura por métodos independientes, que varían entre 2.4 y 6.5 año^{-1} (Tabla 4). Los valores de $M = 1.04$ y 1.25 año^{-1} en la Tabla 4 son probablemente subestimaciones de M , mientras que el de $M = 28.6 \text{ año}^{-1}$ sería una sobrestimación o corresponde a juveniles. Los valores de $M = 3.4$ a 8.6 año^{-1} calculados para juveniles por Alvarez et al. (1987) y Gracia (1995) son de la misma magnitud que los estimados para preadultos.

Los valores de M_i estimados considerando una longevidad $t = 480$ días y una fecundidad promedios en el periodo de vida $MLF = 500\,000$ huevos, corresponderían a las condiciones promedio del camarón rosado en su historia de vida (Ramírez-Rodríguez y Arreguín-Sánchez, 2002).

Los anteriores resultados sirvieron de base para elaborar la publicación que se presenta como apéndice.

5.3 Dinámica de la población

El método seguido para determinar la edad permitió construir la matriz de captura en número de individuos por edad por mes de 1969 a 1994. Los cambios en la varianza con la edad se muestran en la Tabla 9 y la clave edad-longitud en términos de probabilidad en la Tabla 10. Hay que recordar que el procedimiento se basa en el uso de una curva de crecimiento estándar con elementos estacionales y una estructura de error constante, por lo que el análisis y su interpretación suponen la existencia de condiciones estables del patrón de crecimiento.

Debido a que para el VPA sólo se dispuso de datos sobre captura a edad, el criterio de minimización de residuales lleva a que la captura observada coincida con la estimada (Lassen y Medley, 2001). Como el camarón rosado en la Sonda de Campeche ha sido fuertemente explotado, se puede esperar que el VPA provea estimaciones razonables del reclutamiento de las cohortes que han pasado totalmente por la pesca. Por tanto se asume que la captura refleja procesos de cambio en los patrones de explotación. Cuando la mortalidad por pesca es alta, la estimación del reclutamiento es insensible a la mortalidad por pesca del grupo de edad más viejo, que sólo aporta una pequeña fracción del reclutamiento total. Este comportamiento permite que el patrón histórico pueda ser razonablemente definido.

En general la captura muestra una tendencia decreciente en el periodo analizado, con amplias variaciones intermensuales y la predominancia de capturas altas en los meses de octubre a diciembre (Fig. 8). La captura por temporada de pesca, de octubre de un año a septiembre del siguiente, aumentó de 1969 a 1977, y desde entonces decrece con una mayor pendiente desde 1986.

TABLA 9. Longitud total y desviación estándar estimadas para cada grupo de edad de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* de la Sonda de Campeche.

Edad (meses)	Longitud total promedio (mm)	Desviación estándar
1	50.91	7.31
2	88.86	8.02
3	118.35	8.59
4	141.25	9.00
5	159.05	9.25
6	172.87	9.35
7	183.61	9.29
8	191.95	9.08
9	198.44	8.71
10	203.47	8.19
11	207.38	7.52
12	210.42	6.68
13	212.78	5.70
14	214.62	4.56
15	216.04	3.26

TABLA 10. Clave de edad – longitud total en términos de probabilidad para el camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche.

Longitud Total (mm)	Edad (meses)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
50	1.00															
60	1.00															
70	0.36	0.64														
80		1.00														
90		1.00														
100		0.80	0.20													
110		0.05	0.95													
120			0.94	0.06												
130			0.47	0.52	0.01											
140			0.04	0.86	0.10											
150				0.49	0.47	0.04										
160				0.08	0.65	0.25	0.03									
170					0.27	0.51	0.18	0.03								
180					0.03	0.32	0.40	0.19	0.05	0.01						
190						0.06	0.26	0.33	0.22	0.10	0.03					
200							0.05	0.16	0.24	0.24	0.18	0.10	0.03			
210								0.02	0.06	0.12	0.16	0.19	0.20	0.17	0.07	
220									0.01	0.03	0.05	0.09	0.13	0.18	0.24	0.26

En la captura por temporada los individuos de 2 meses de edad representan el 6%, los de 3 meses el 38%, los de 4 a 6 meses el 52%, y los adultos el 4%. En la serie se observan variaciones en la estructura por edades entre temporadas de pesca, con una tendencia al aumento de la contribución de individuos jóvenes (Fig. 9). En la composición promedio por mes, los individuos de 2 y 3 meses de edad representan el 49% de la captura de junio a diciembre; los individuos de 4 meses y mayores tienen mayor presencia de enero a mayo (58%).

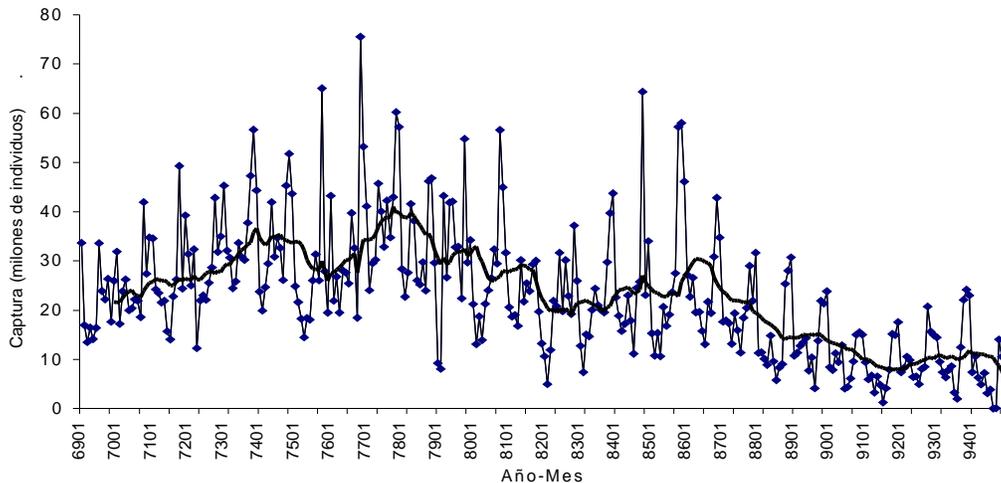


FIGURA 8. Captura total mensual, observada (línea suave) y estimada (rombos) de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche durante el periodo de 1969 a 1994, y su tendencia (promedio móvil de orden 12, línea gruesa).

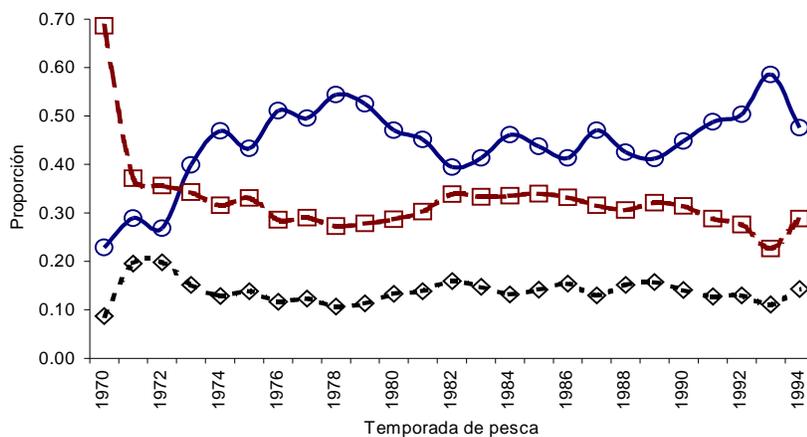


FIGURA 9. Composición por edades de la captura por temporada de pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. Individuos de 2 y 3 meses de edad (línea con círculos); de 4 a 6 meses (línea con cuadros); de 7 a 11 meses (línea con rombos).

La captura y la abundancia de reclutas (de 3 meses de edad) presentan una tendencia decreciente. El reclutamiento disminuyó de 861 millones de individuos durante 1970-1979, a 238 millones en 1990-1994. El reclutamiento se presentó en todos los meses, con un pico de septiembre a noviembre (Fig. 10). Las proporciones de reclutas y adultos con relación a la abundancia total de la población en cada temporada, muestran que de 1974 a 1983 la estructura de la población era relativamente estable, con 59% de reclutas y 2% de adultos, pero en 1984 y 1985 la proporción de adultos disminuyó a la mitad; posteriormente incrementó hasta 2.5% en 1988. De 1989 a 1994 los adultos representaron el 2% (Fig. 11).

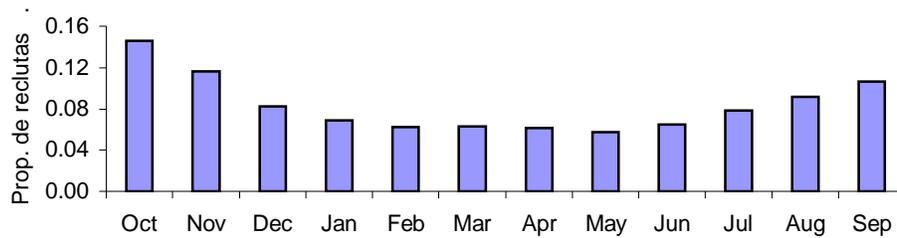


FIGURA 10. Patrón estacional del reclutamiento ($t= 3$ meses) para el camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche.

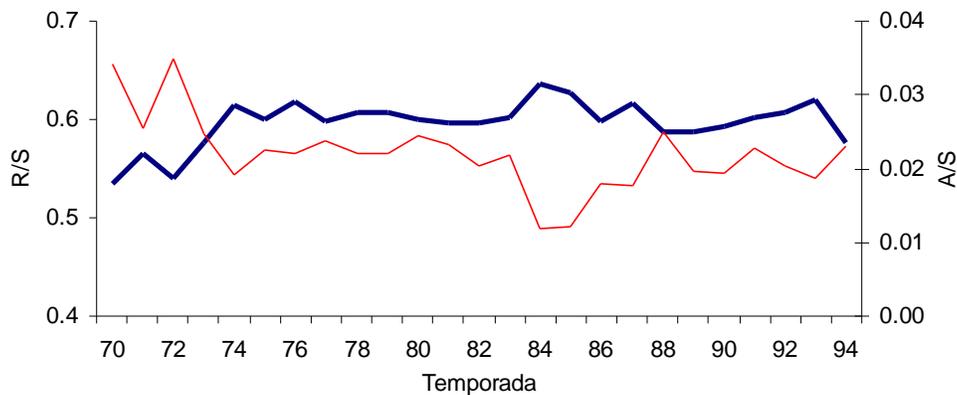


FIGURA 11. Proporciones Reclutas/Stock (R/S) (línea gruesa) y Adultos/Stock (A/S) (línea delgada) por temporada de pesca para el camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche.

Los valores de la tasa instantánea de mortalidad por pesca por temporada al inicio de la serie estuvieron por abajo del promedio de todo el periodo, pero desde 1982 fueron mayores. Esto corresponde con el comportamiento de la captura total (Fig. 12). El promedio de la mortalidad por pesca por mes de los individuos de 2 y 3 meses de edad fue 0.14 mes^{-1} . Para los de 4 a 6 meses y

para adultos los valores fueron de 0.61 mes^{-1} y 1.03 mes^{-1} , respectivamente. En general el patrón estacional de F es similar para todas las edades, aumentando en primavera y disminuyendo en otoño (Fig. 13). Las tasas de explotación por temporada fueron altas, con valores promedio de $E=0.69$ de 1970 a 1983, de $E=0.75$ en 1984 y 1985, y de $E=0.72$ de 1986 a 1994.

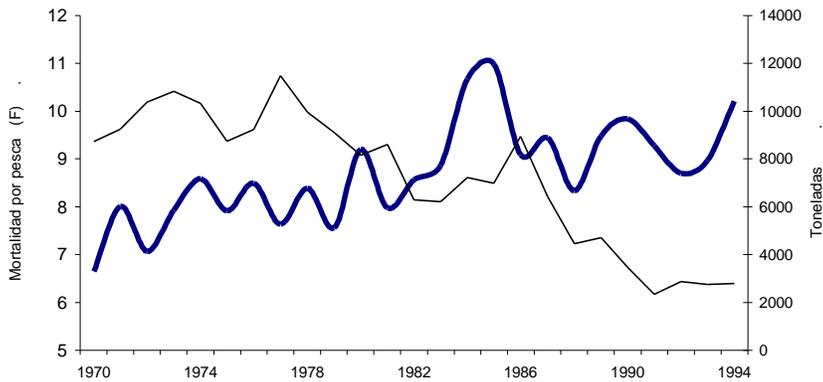


FIGURA 12. Tendencia de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (línea gruesa) y de la captura (línea suave) por temporada de pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche.

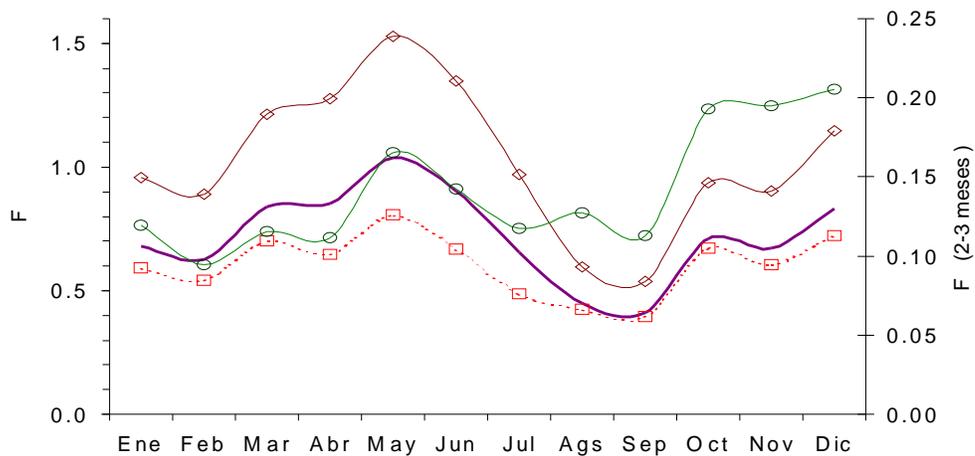


FIGURA 13. Patrón promedio de mortalidad por pesca por mes por edad, para camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, durante el periodo de 1969 a 1994. Individuos de 2 a 3 meses de edad (línea con círculos); de 4 a 6 meses (línea punteada con cuadros); de 7 a 11 meses (línea con rombos); todas las edades (línea gruesa).

Al considerar los cambios de la abundancia por mes y año, resulta evidente el cambio en la estructura de la población desde el inicio de la década de los años 80. Por otra parte, se observa que la abundancia es mayor en los meses de otoño–invierno que en los de primavera–verano. Desde mediados de los años 80 la disminución de la población es notable y el fenómeno se acentúa en los últimos años de la serie analizada (Fig. 14).

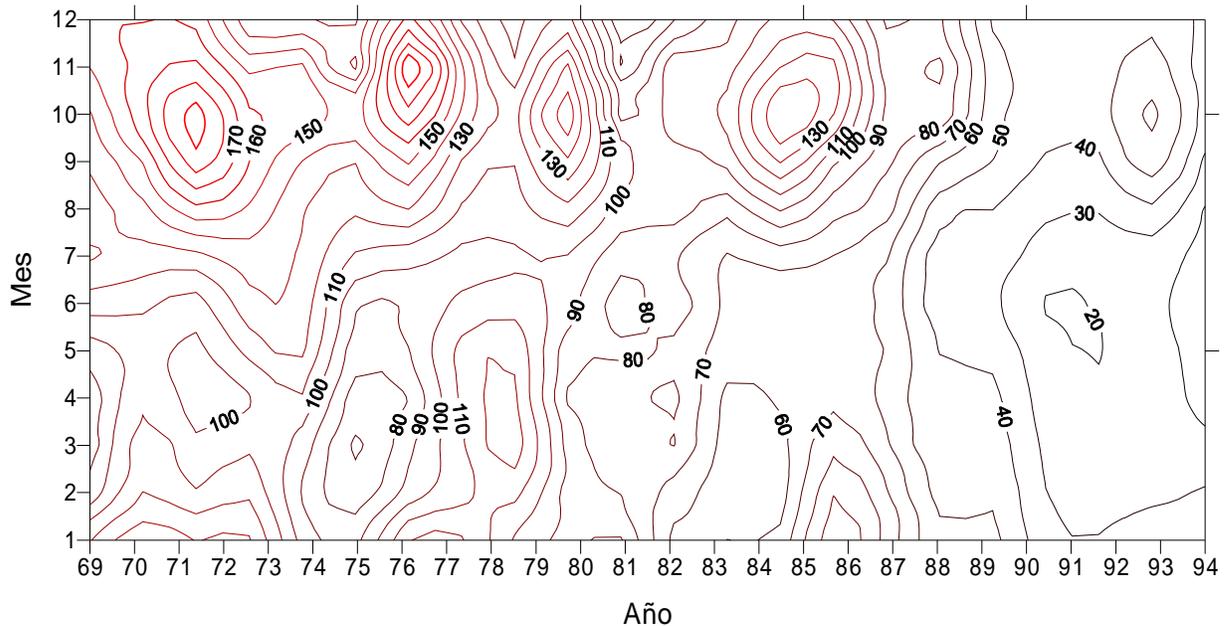


FIGURA 14. Isolíneas de abundancia de la población (millones de individuos) de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, por mes y año.

5.3.1 Patrones de reclutamiento y medio ambiente

El patrón estacional promedio de reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche presenta mayores valores de julio a noviembre que de diciembre a junio. Con el análisis de grupos de K-promedios (StatSoft, 1999), se determinaron dos patrones de reclutamiento (Fig. 15). El Tipo I, con valores menores que el promedio de octubre a febrero y mayores de abril a septiembre. El Tipo II es lo opuesto. El tipo I fue la norma de 1970 a 1985, excepto en 1978 y 1981. El tipo II dominó desde 1987, excepto en 1993. El análisis de componentes principales mostró que el reclutamiento de marzo a septiembre determina el patrón Tipo I, mientras que el reclutamiento de octubre a enero lo hace para el Tipo II (Fig. 16).

El análisis de grupos (“clusters”) de la proporción mensual de reclutamiento por temporada de pesca permitió identificar un grupo compuesto por los meses de julio a noviembre y otro por los de diciembre a junio (Fig. 17). Debido a que el reclutamiento se definió como el número de individuos de 3 meses de edad, los reclutas que componen esos grupos nacieron en primavera – verano y otoño – invierno.

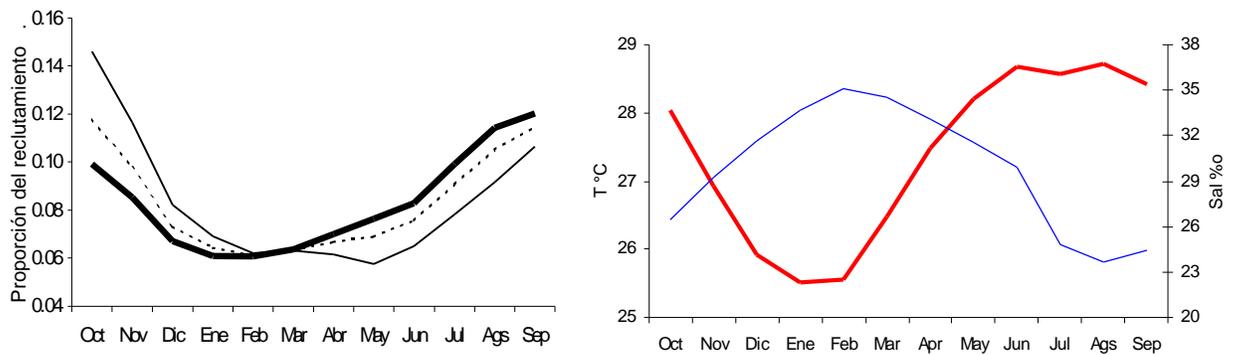


FIGURA 15. (A) Tipos de patrones de reclutamiento del camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. Tipo I (línea gruesa); Tipo II (línea suave); promedio (línea punteada). (B) Patrones de la temperatura superficial del mar (línea gruesa) y salinidad (línea suave) en la Sonda de Campeche.

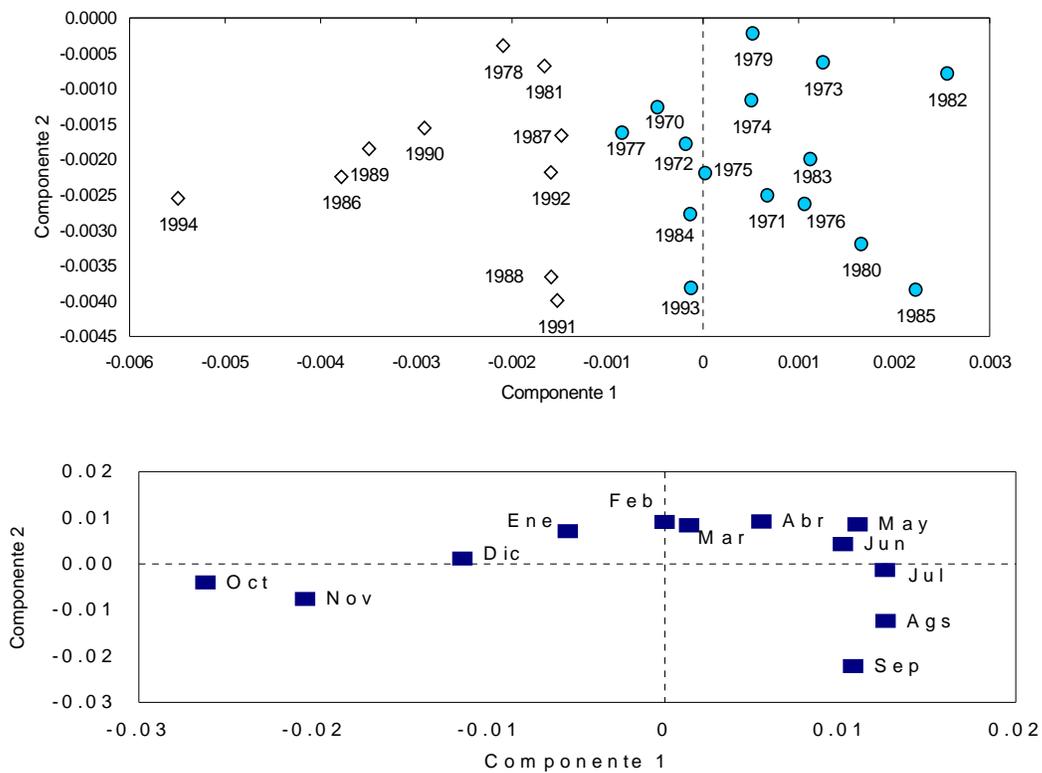


FIGURA 16. (A) Diagrama de dispersión de temporadas de pesca de camarón rosado basado en un análisis de componentes principales, y tipo de patrón de reclutamiento. (Tipo I, círculos; Tipo II, rombos). (B) Diagrama de dispersión de los meses como variables y su distribución entre los componentes principales 1 y 2.

El reclutamiento que ocurre de julio a noviembre fue mayor que el de diciembre a julio, excepto en 1978. Los dos grupos que se presentan tienden a disminuir, pero de 1981 a 1985 el primero aumentó mientras que el otro se mantuvo estable. Desde 1986 el reclutamiento en los dos grupos disminuyó rápidamente. La diferencia entre el reclutamiento de los dos grupos muestra que los cohortes nacidos en primavera – verano presentan un ciclo de dominancia de 5 a 6 años, que no es evidente en los últimos años (Fig. 18).

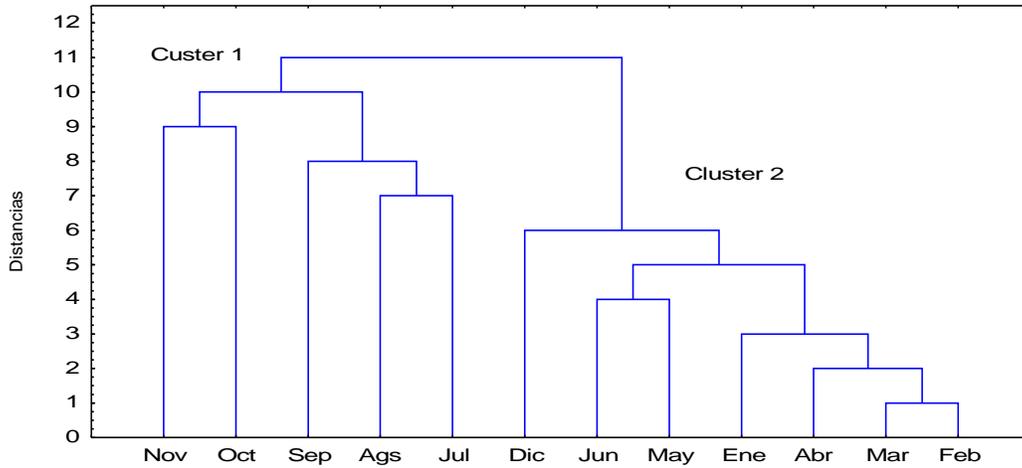


FIGURA 17. Grupos de meses ("clusters") determinados a partir de las proporciones de reclutamiento por mes del camarón rosado *F. duorarum* a la Sonda de Campeche de 1970 a 1994.

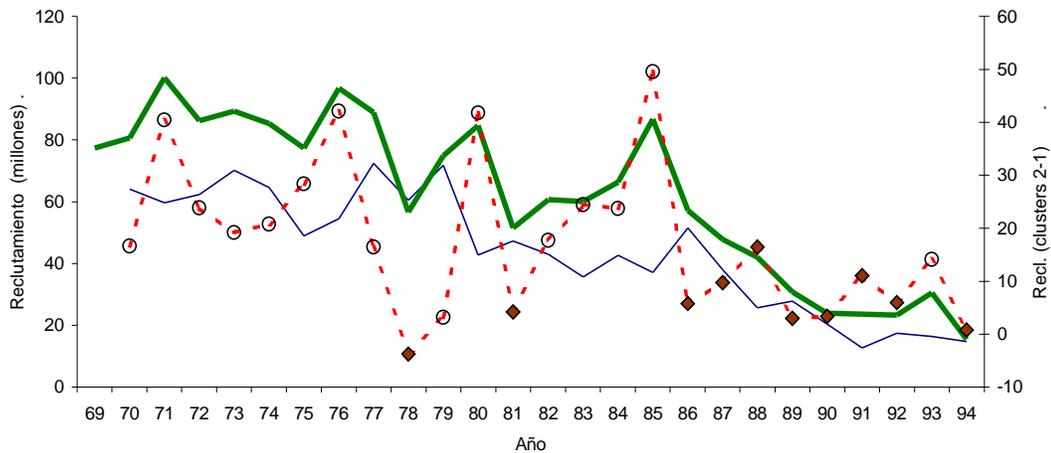


FIGURA 18. Reclutamiento del camarón rosado *F. duorarum* por grupos de meses. De diciembre a junio (línea suave), de julio a noviembre (línea gruesa) y diferencia entre ellos (línea punteada). Reclutamiento Tipo I (círculos); Tipo II (rombos).

Al considerar las condiciones ambientales, 60% de los reclutamientos con magnitudes entre 28 y 100 millones de individuos, se originaron cuando la temperatura superficial tres meses antes variaba entre 27 y 28 °C. La magnitud del reclutamiento generado en primavera – verano varió de 24 a 100 millones de individuos (promedio = 68 millones, desv. est. = 23 millones), con una correlación significativa con el promedio de temperatura superficial de los tres meses anteriores ($r = 0.82$, $p < 0.05$). El reclutamiento originado durante otoño – invierno varió de 13 a 72 millones de individuos (promedio = 48 millones, desv. est. = 17 millones) y su correlación con la temperatura promedio de los tres meses anteriores no fue significativa (Fig. 19).

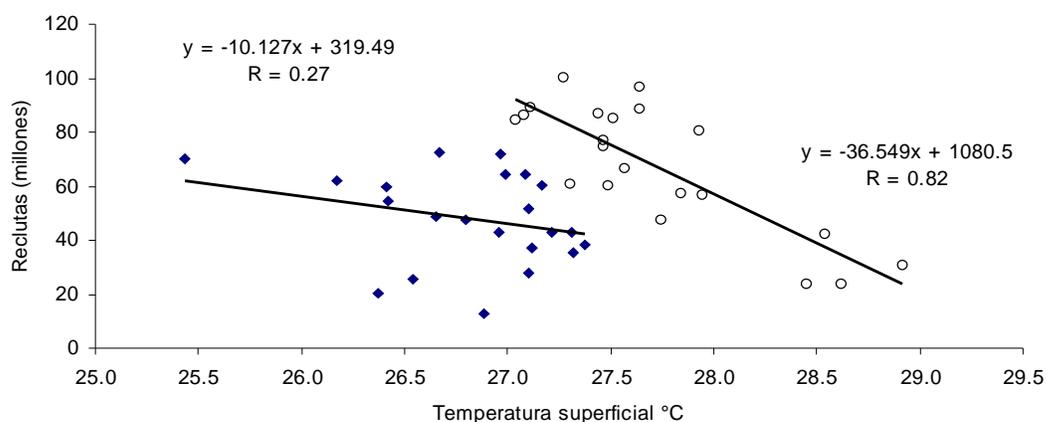


FIGURA 19. Correlación entre el promedio de reclutamiento del camarón rosado a la Sonda de Campeche durante julio – noviembre (círculos), y de diciembre a junio (rombos), y la temperatura superficial del mar (SST) promedio de los tres meses anteriores.

Las isolíneas de reclutamiento para el grupo de julio a noviembre muestran valores altos cuando la salinidad es mayor de 33 ‰ y la temperatura superficial menor de 29 °C. Los mayores valores de reclutamiento en el periodo de diciembre a junio ocurrieron bajo condiciones más variables, aunque en general la temperatura menor de 26 °C y la salinidad mayor de 26 ‰ parece favorecer el reclutamiento (Fig. 21).

De manera general, en el periodo analizado la temperatura superficial en la Sonda de Campeche muestra una tendencia anual creciente, que es más evidente desde mediados de los años 1970. La diferencia entre la temperatura a finales de los 1970 y la de finales de los 1980 es de 0.5°C. La salinidad presentó una tendencia creciente de 1963 a 1982, y a partir de este año la tendencia es a disminuir, con los menores valores de 1988 a 1991 (Fig. 22).

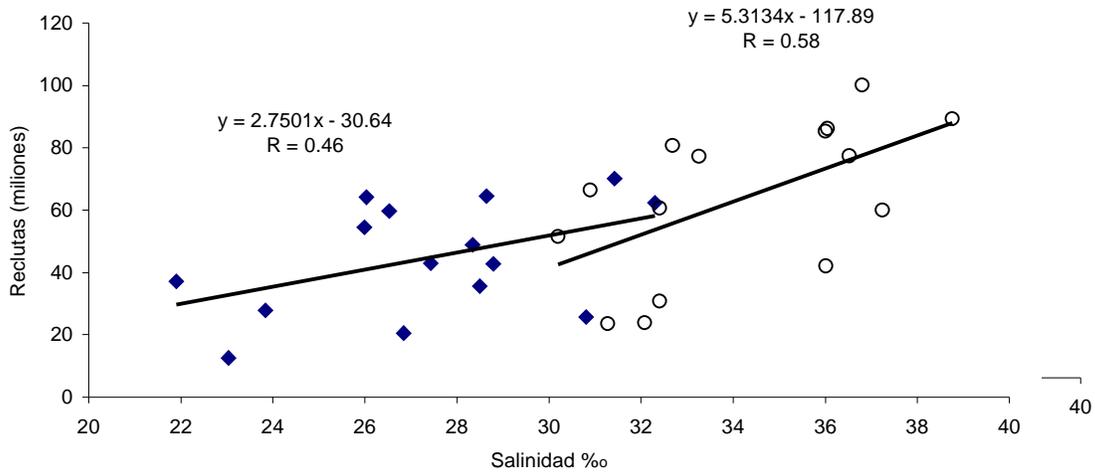


FIGURE 20. Correlación entre el promedio de reclutamiento del camarón rosado a la Sonda de Campeche durante julio – noviembre (círculos), y de diciembre a junio (rombos), y la salinidad superficial del mar promedio de los tres meses anteriores.

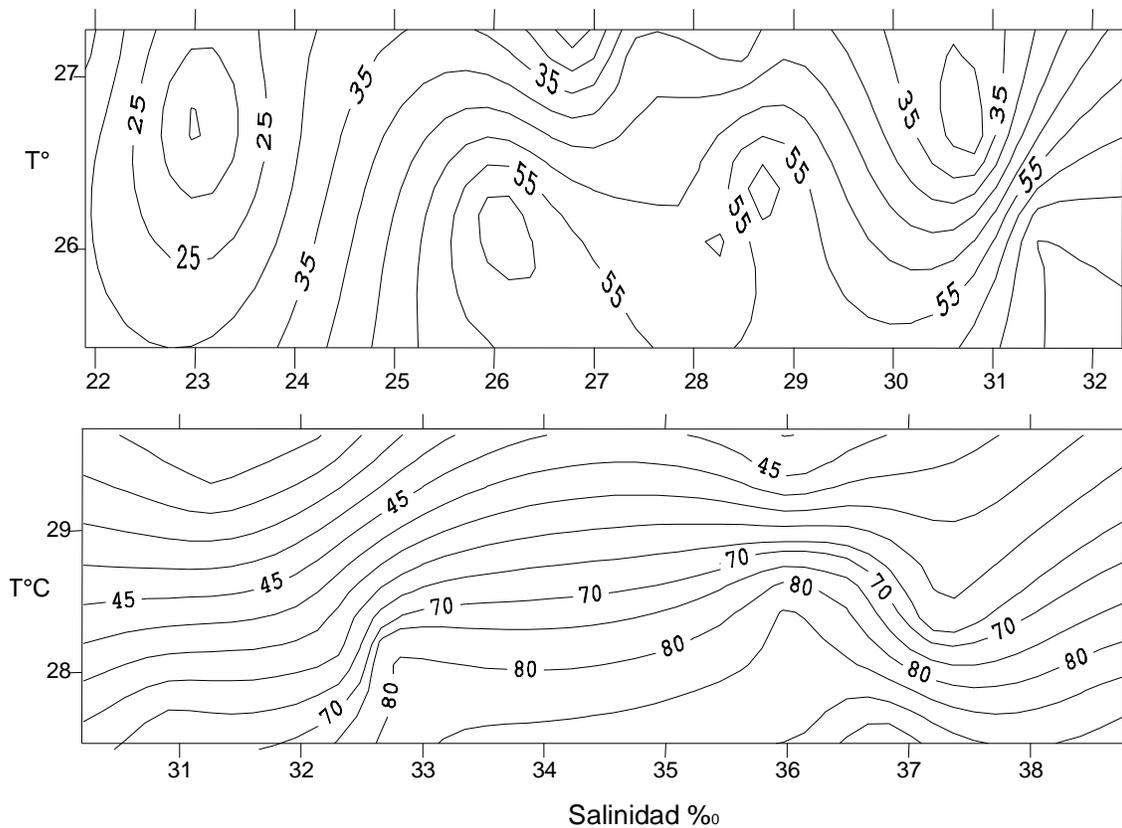


FIGURA 21. Isolíneas de reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche como función de la temperatura superficial (SST) y salinidad para los periodos de diciembre – junio (arriba) y julio – noviembre (abajo).

El reclutamiento anual está negativamente relacionado con la temperatura superficial ($r = 0.72$; $p < 0.005$; $r^2 = 0.52$) y positivamente con la salinidad ($r = 0.74$; $p < 0.05$; $r^2 = 0.55$). De esta forma, a medida que el ambiente se torna más caliente y menos salado se tiene un menor reclutamiento de camarón. Las ecuaciones que relacionan esas variables son:

$$R = 0.25979 - 0.6382 \text{ SST}^{\circ}\text{C}$$

$$R = -0.0236 + 0.57257 \text{ SAL } \text{‰}$$

donde R = reclutamiento anual, SST = temperatura superficial promedio anual en la Sonda de Campeche, SAL = salinidad promedio anual en la Sonda de Campeche.

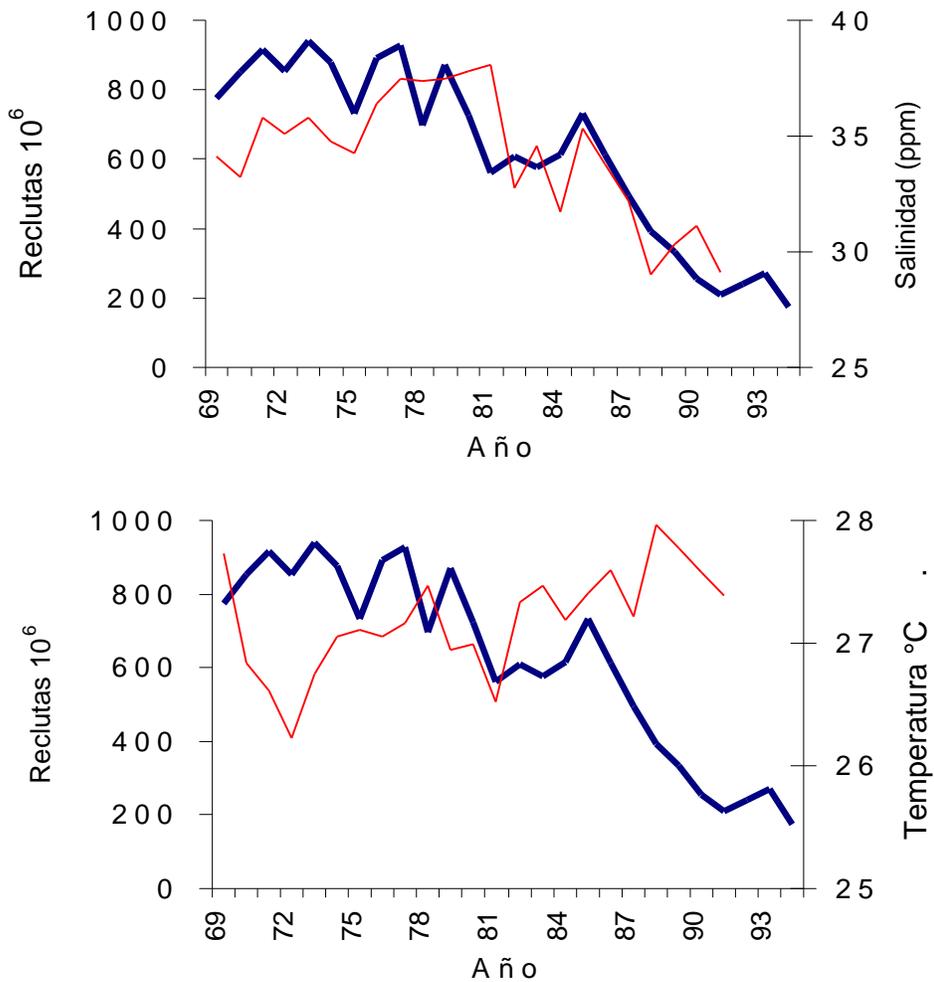


FIGURA 22 Relación del reclutamiento de *Farfantepenaeus duorarum* (línea gruesa) con la salinidad y la temperatura superficial promedio (líneas suaves) en la Sonda de Campeche, de 1969 a 1991.

5.3.2 Relación Adultos – Reclutas

a abundancia de adultos y reclutas para los años biológicos de 1969 a 1991 presenta una tendencia decreciente cuya pendiente es mayor desde 1986. Para la generación I (adultos de abril a agosto y reclutas de julio a noviembre) el reclutamiento decrece lentamente hasta 1982, y después de una recuperación en 1985, cae notablemente. La abundancia de adultos sigue un patrón similar, con un marcado descenso desde 1987. La generación II (adultos de septiembre a marzo y reclutas de diciembre a junio) también tiende a disminuir, pero no se observan cambios notables en los últimos años (Fig. 23).

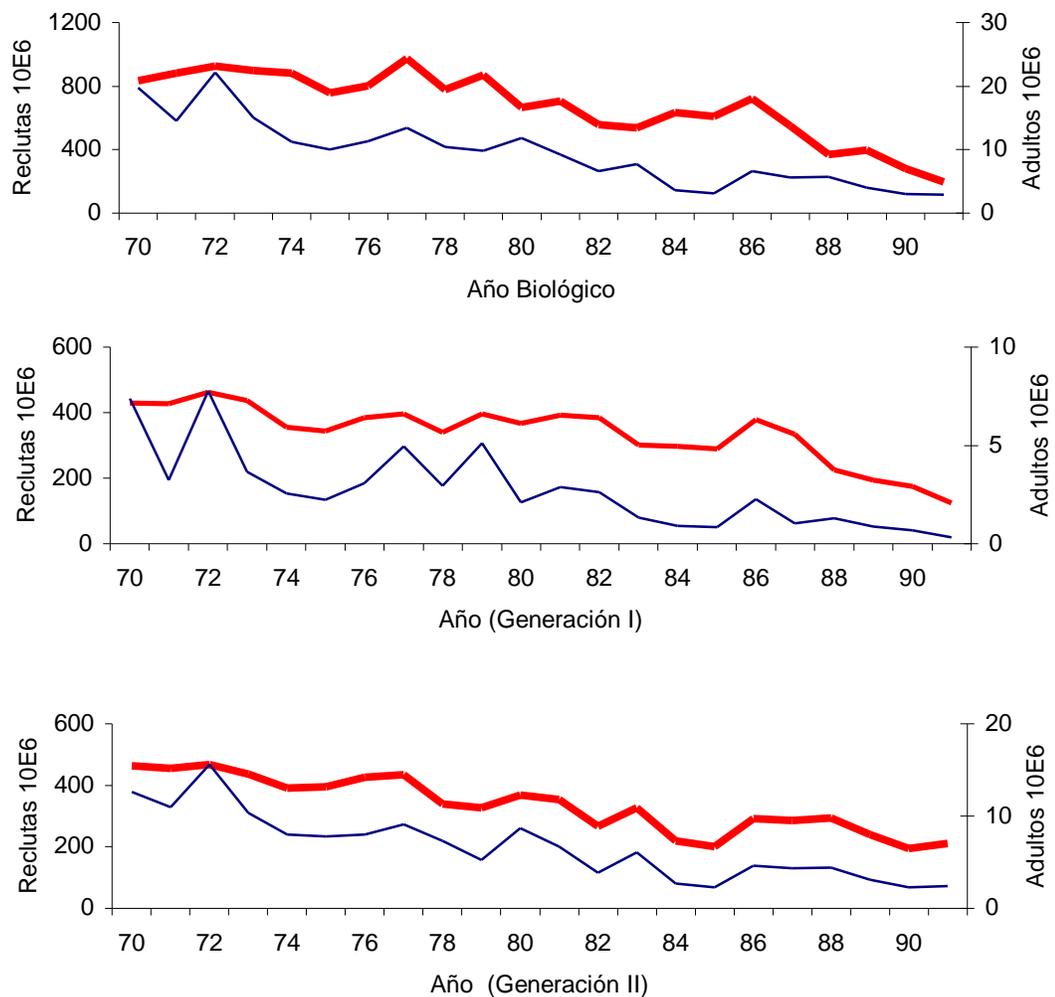


FIGURE 23. Número de reclutas (línea gruesa) y adultos (línea suave) de camarón rosado *F. duorarum*, por generación y año biológico en la Sonda de Campeche.

Los valores de los parámetros del modelo de Beverton y Holt para la relación entre el número de adultos y reclutas (SRR), se presentan en la Tabla 11. Cuando el modelo incorpora la temperatura superficial del mar, la magnitud de α y β es menor y se obtiene un mejor ajuste, especialmente para la generación I. Esto sugiere una mayor dependencia del reclutamiento a las condiciones ambientales, situación que no se observa para la generación II. Aunque el número de reclutas en ambas generaciones es similar, la abundancia de adultos de la generación II es aproximadamente el doble de la generación I, lo que indica diferencias en los procesos SRR entre generaciones.

El marcado contraste de los niveles de abundancia y condiciones ambientales (temperatura superficial) en los 22 años analizados reduce el riesgo de sesgo por la serie de tiempo (Hilborn y Walters, 1992) y de autocorrelación en los niveles de reclutamiento (García, 1983, 1985; Caputi, 1994). Esto permite suponer que la relación adultos – reclutas encontrada para el camarón rosado de la Sonda de Campeche no es espuria. En general, las curvas presentan una parte plana a valores altos de adultos y reclutas. Las diferentes pendientes indican que el reclutamiento es afectado por la cantidad de adultos y por las condiciones ambientales en que se desarrolla cada generación (Fig. 24).

TABLA 11. Parámetros del modelo de Beverton y Holt para la relación entre el número de adultos y reclutas (SRR) de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, por generación y año biológico, sin incorporar la temperatura superficial del mar (B&H), e incorporándola (B&H SST). R = coeficiente de correlación; R² = coeficiente de determinación.

Modelo	Valores de los Parámetros					
B&H	α	β	α/β	R	R ²	
Generación I	476.8	0.80	596	0.70	49.6	
Generación II	649.1	5.34	122	0.76	58.4	
Año Biológico	1273.5	7.09	180	0.85	71.8	
B&H SST	α	β	c			
Generación I	451.1	0.68	-0.24	660	0.79	62.6
Generación II	567.9	3.97	-0.09	143	0.78	60.5
Año Biológico	1065.2	4.66	-0.18	229	0.87	75.9

La pendiente de la curva SRR para la generación I es 5 veces la de la generación II, lo que indica una mayor eficiencia reproductiva para la generación I. El número máximo de reclutas de la generación II es 1.5 veces el de la generación I. El tamaño de la población de adultos necesario para producir en promedio un reclutamiento igual a $\alpha/2$ para la generación I es 7.2 veces el de la generación II (Fig. 24).

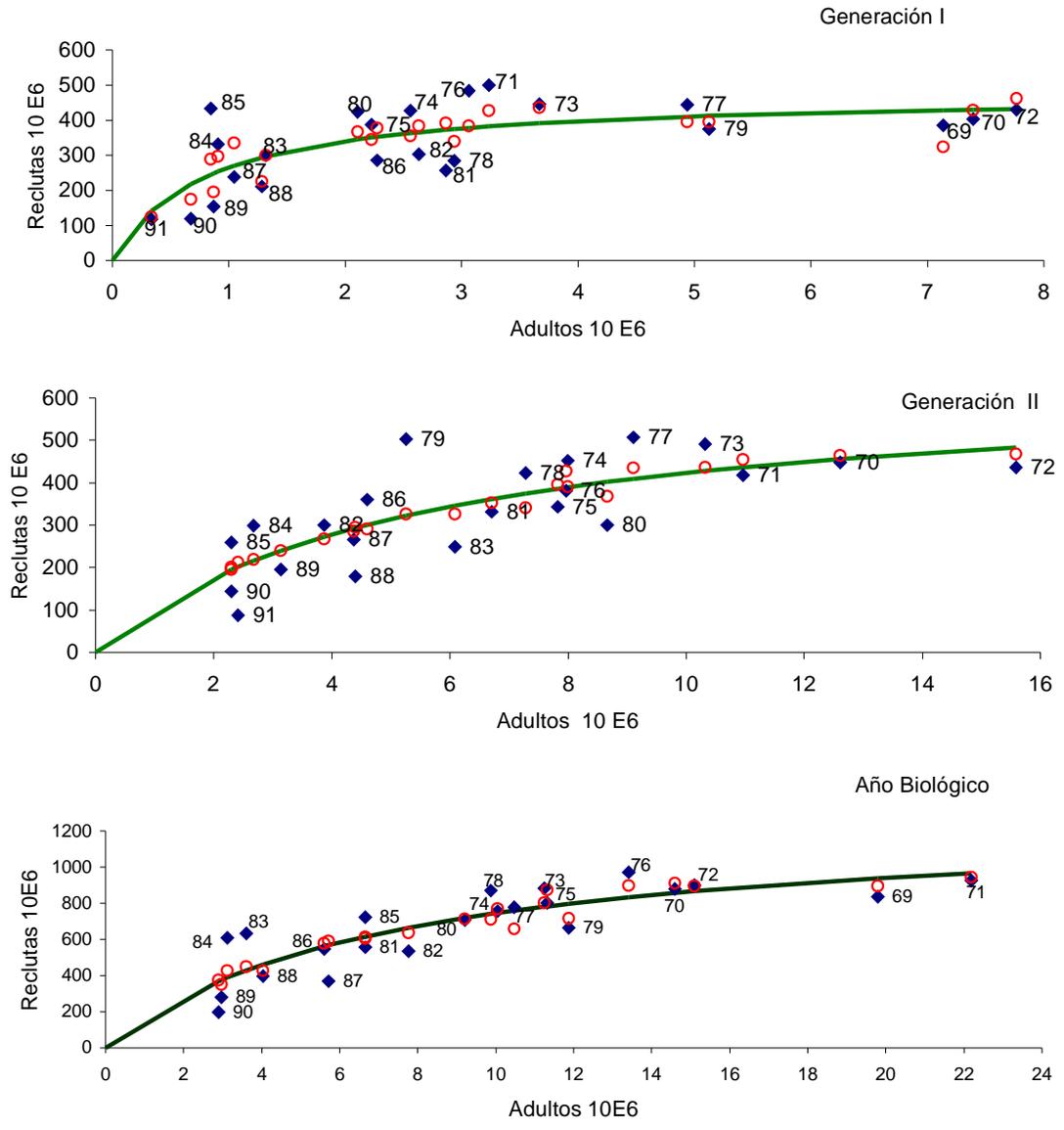


FIGURE 24. Relaciones entre adultos y reclutas (SRR) del camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, por generación y año biológico. Reclutamiento observado (rombos), estimado con el modelo de Beverton y Holt incorporando temperatura superficial (círculos), y sin incorporarla (línea).

Para el año biológico, el número máximo de reclutas de la curva SRR es igual a la suma de reclutas de cada generación. Los estadísticos del modelo se presentan en la Tabla 12. El método de “jackknife” permitió determinar que los años 1983, 1984 y 1987 son los que más contribuyen a la variación de los estimadores. La varianza explicada del modelo sin esos años fue de 87%, y los parámetros fueron: $\alpha = 1190$, $\beta = 6.43$, $c = -0.15$.

TABLA 12. Estadísticos del modelo de Beverton y Holt para relación adultos – reclutas, del camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, estimados a partir de la técnica de remuestreo “bootstrap”.

	Parámetro		
	α	β	c
Máximo	1164	6.08	-0.15
Mínimo	983	3.77	-0.26
Mediana	1064	4.65	-0.18
Promedio	1065	4.66	-0.18
Desviación est.	38.96	0.53	0.02
Coef. Variación	27.35	8.80	8.17
LímitesConfianza ($\alpha=0.05$)			
Inferior	1063	4.63	-0.185
Superior	1068	4.70	-0.182

En términos generales, el modelo SRR que incorpora la temperatura superficial produce mejores estimaciones del reclutamiento de la generación I que el modelo que no la incorpora, aunque para la generación II las diferencias entre modelos no son mayores (Fig. 25). La temperatura superficial asociada a la generación I varió entre 27.4 y 29.4 °C, y para la generación II entre 25.5 y 27.6 °C.

Los anteriores resultados sirvieron de base para elaborar la publicación que se presenta como apéndice.

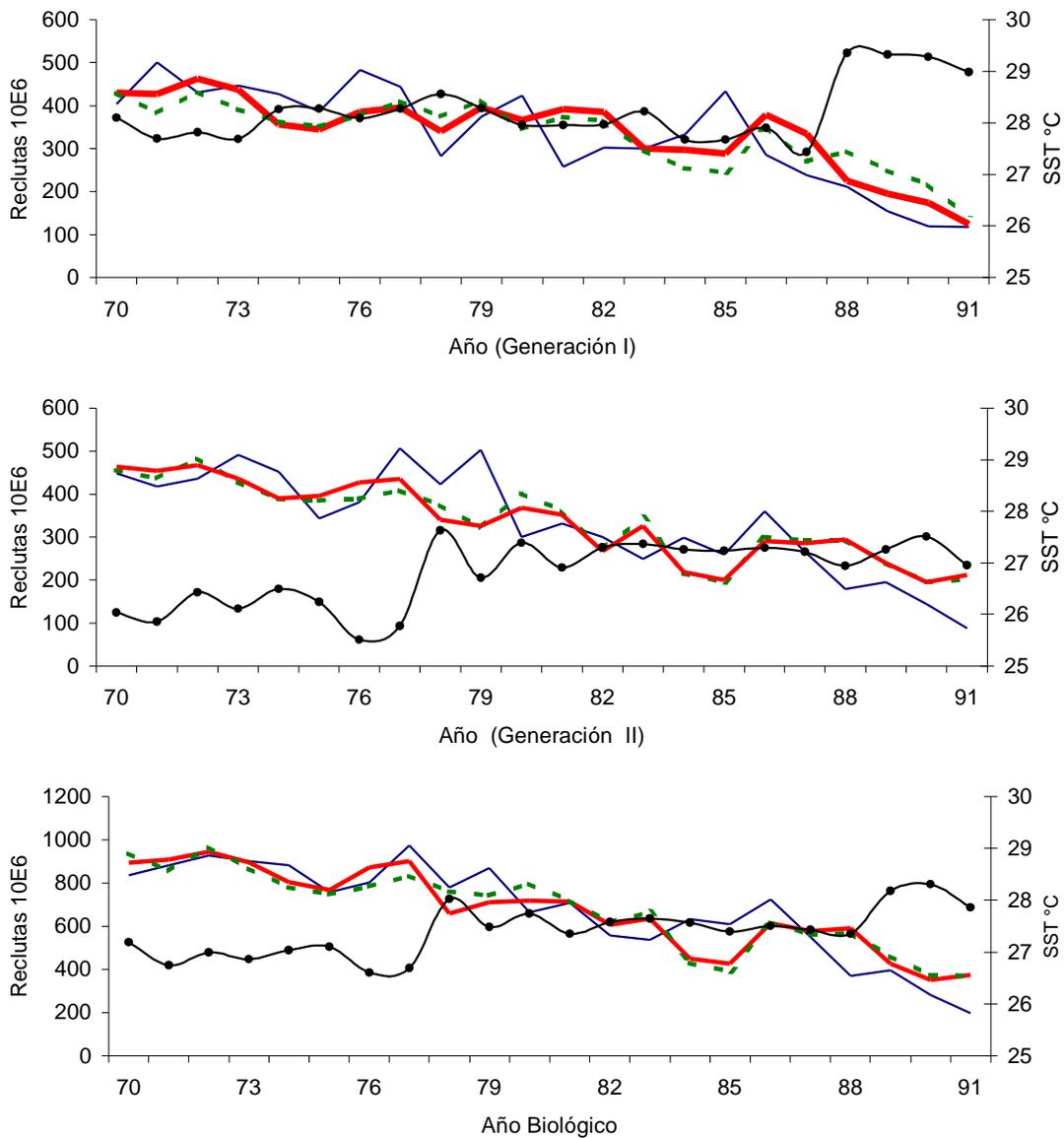


FIGURE 25. Tendencias del reclutamiento del camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, por generación y año biológico. Valores observados (línea continua), estimados a partir del modelo de Beverton y Holt incorporando la temperatura superficial (línea gruesa) y sin incorporarla (línea punteada). Valores de temperatura superficial (línea con puntos).

5.4 Evaluación del impacto de vedas

La captura simulada por temporada de pesca, de 1970 a 1993, utilizando los valores de mortalidad por pesca estimados a partir del análisis de población virtual muestra la misma tendencia que la captura observada, excepto para los años 1985 a 1987 (Fig. 26), resultado que se relaciona con el hecho de que la variación del reclutamiento en esos años no corresponde al descrito por el modelo parentela-progenie. Para el periodo 1994 – 2001 la captura simulada presenta diferentes comportamientos según el patrón de pesca que se aplique y las posibles tendencias en el reclutamiento independientes de la mortalidad por pesca.

Cuando se mantiene constante el patrón promedio de mortalidad por pesca de las temporadas 1990/91 a 1992/93 (Tabla 13), el modelo indica que la captura en el periodo 1994-2001 se hubiera mantenido alrededor de las 3,500 t de camarón entero por temporada (Fig. 26a). Sin embargo, y a pesar de las vedas aplicadas, la tendencia de la captura observada hasta 1998 continuó disminuyendo, hecho que sugiere que: 1) la mortalidad por pesca se incrementó, o 2) que el efecto de factores ambientales sobre la tendencia del reclutamiento persiste, y por tanto los valores de reclutamiento derivados del modelo de Beverton y Holt para la relación adultos – reclutas deben ser disminuidos en consecuencia.

Al considerar esas posibilidades se aplicó un coeficiente multiplicador que incrementa la mortalidad por pesca (F) y otro que disminuye el reclutamiento, cuya magnitud se estimó con el algoritmo de Newton, minimizando la suma de diferencias al cuadrado entre la captura total estimada a partir de la registrada en Puerto Campeche y la predicha por el modelo en el periodo 1994 –1998. Para el caso de F el valor del coeficiente fue de 1.3, e indica que un incremento de 30% en valores promedios de F con respecto al periodo 1991-1993, permite que la captura simulada siga la misma tendencia decreciente que la observada (Fig. 26b). En el caso del reclutamiento, la reducción estimada para lograr un ajuste de la captura observada y la predicha equivale a un 52% (Fig. 26c).

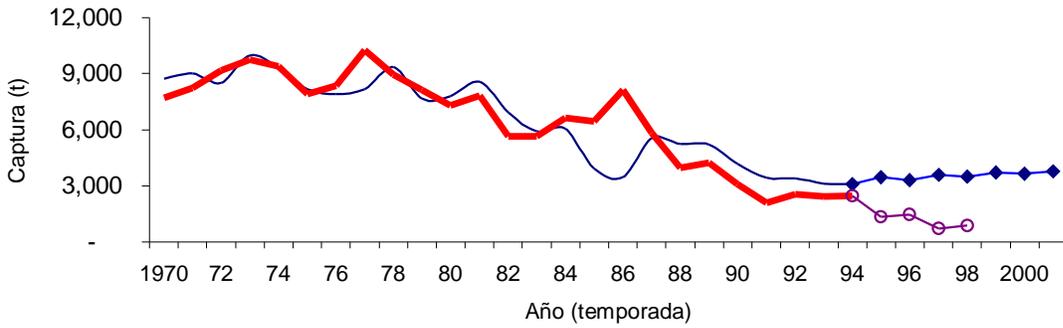
Otro ejercicio de simulación consideró la existencia de los periodos de veda establecidos por el Gobierno de México para la pesca de camarón en la Sonda de Campeche. En 1994 y 1995 la veda fue del 15 de agosto al 30 de septiembre. En 1996 y 1997, del 1 de agosto al 15 de noviembre. En 1998, del 1 de mayo al 15 de julio y del 1 de septiembre al 15 de noviembre. De 1999 al 2001, del 1 de mayo al 15 de noviembre. En esos meses se consideró un valor de $F = 0$, y en los demás se mantuvo el patrón promedio de F del periodo 1991-1993. Posteriormente se aplicó el incremento del 30% a los valores de F , y la disminución del 52% del reclutamiento.

Tabla 13. Valores promedio de la tasa de mortalidad por pesca (F) por mes y edad durante las temporadas de pesca 1990/1991 a 1992/1993 de camarón rosado en la Sonda de Campeche.

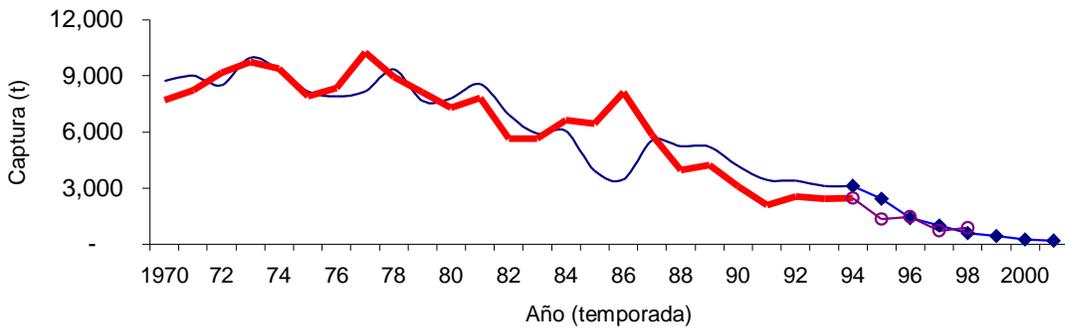
Mes	Edad (meses)									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Oct	0.06	0.45	0.57	0.61	0.64	0.72	0.80	0.91	1.00	0.84
Nov	0.05	0.40	0.57	0.61	0.71	0.85	1.00	1.15	1.29	1.06
Dic	0.04	0.42	0.63	0.66	0.73	0.91	1.14	1.39	1.57	1.24
Ene	0.06	0.27	0.51	0.59	0.65	0.75	0.86	0.98	1.11	0.90
Feb	0.03	0.28	0.68	0.91	1.06	1.20	1.32	1.44	1.54	1.36
Mar	0.04	0.25	0.54	0.73	0.90	1.09	1.29	1.47	1.66	1.36
Abr	0.03	0.36	0.67	0.86	1.06	1.34	1.61	1.92	2.11	1.72
May	0.03	0.31	0.60	0.74	0.83	1.01	1.30	1.53	2.16	1.40
Jun	0.02	0.24	0.44	0.62	0.74	0.88	0.96	1.23	1.07	1.03
Jul	0.01	0.15	0.24	0.31	0.36	0.45	0.57	0.64	1.09	0.61
Ags	0.01	0.18	0.25	0.32	0.34	0.38	0.42	0.44	0.44	0.43
Sep	0.03	0.30	0.32	0.36	0.39	0.44	0.50	0.57	0.66	0.53

En el primer caso el modelo indica que por efecto de las vedas la captura total hubiera mostrado una rápida recuperación, principalmente después de 1998, cuando se extendió la duración de la veda a seis y medio meses, cubriendo los principales periodos de desove del camarón rosado y disminuyendo la mortalidad por pesca al reducir el impacto sobre los adultos (Fig. 27a).

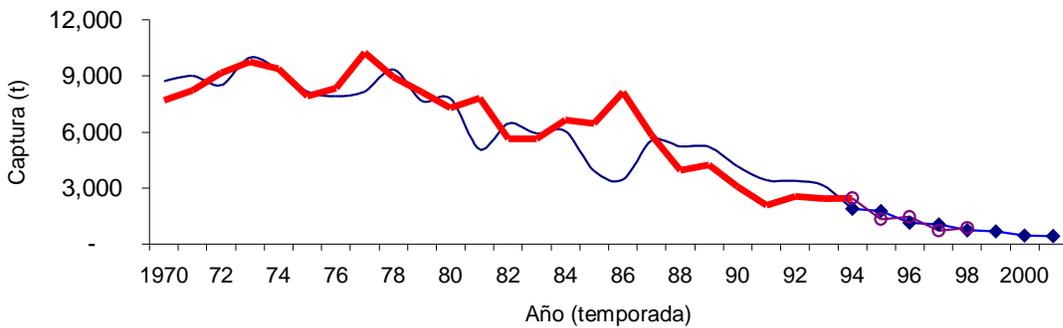
La simulación con el incremento de la mortalidad por pesca indica que de 1995 a 1997 persiste la tendencia a disminuir de la captura, aunque con mayores valores que en el caso de no vedas, pero con el establecimiento de periodos más largos de no pesca, la captura tiende a incrementarse rápidamente (Fig. 27b). Cuando se reduce el reclutamiento, el resultado es similar pero los valores de captura predicha son más cercanos a los observados, y su incremento después de 1997 es menor (Fig. 27c).



a



b



c

Figura 26. Simulación de la captura por temporada de pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, sin considerar vedas. a) Patrón de pesca promedio 1991-1993, constante; b) Patrón de pesca incrementado en 30%; c) Reclutamiento disminuido en 53%.

Captura observada (línea gruesa); captura simulada a partir del análisis de población virtual (líneas suave); captura estimada a partir de la registrada en Puerto Campeche (línea con círculos); captura predicha (línea con rombos).

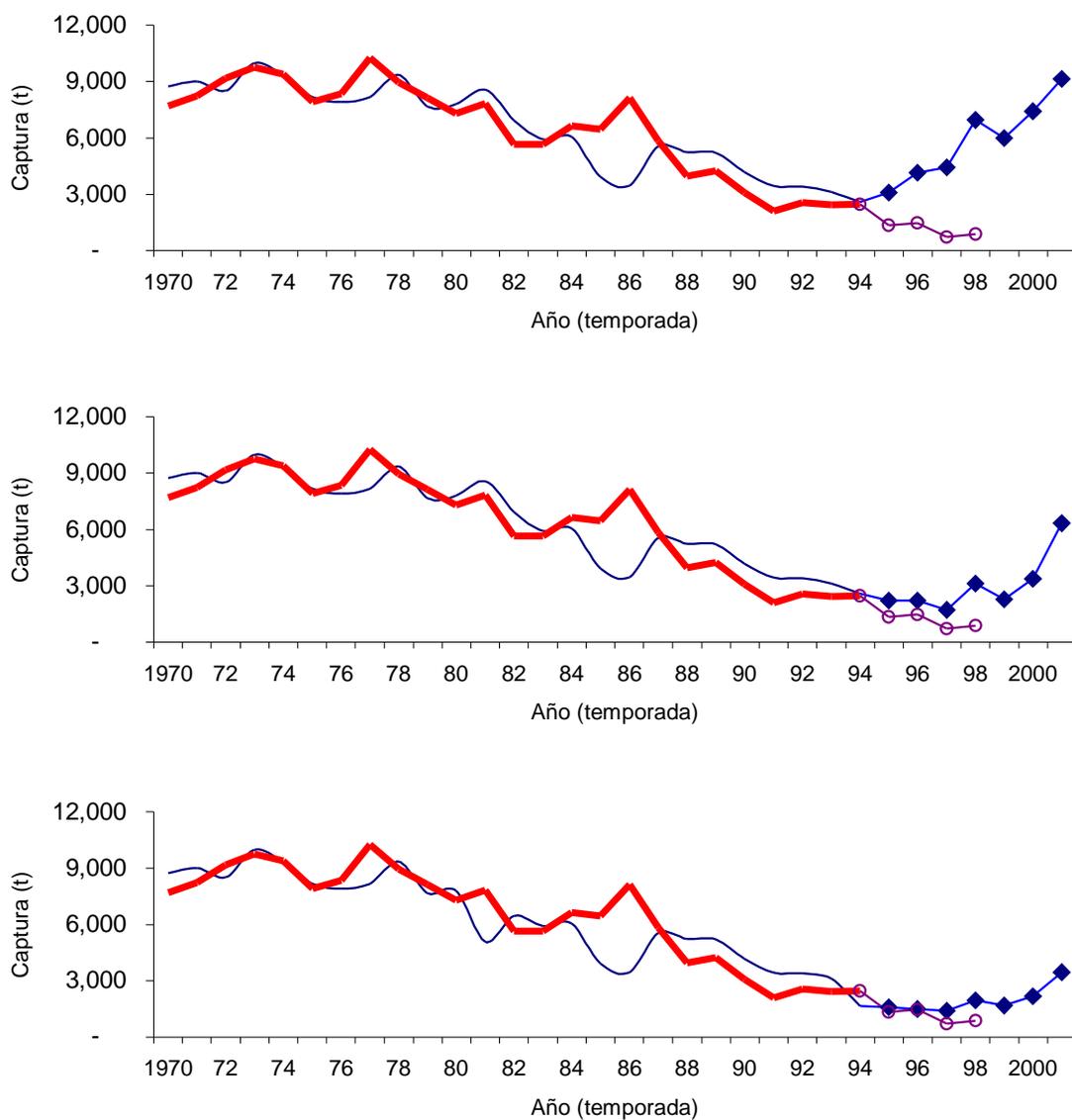


Figura 27. Simulación de la captura por temporada de pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche bajo el sistema de vedas. a) Considerando los periodos de veda aplicados de 1994 al 2001; b) Incrementado en 30% el patrón de pesca; c) Disminuyendo en 53% el reclutamiento. Captura observada (línea gruesa); captura simulada a partir del análisis de población virtual (línea suave); captura estimada a partir de la registrada en Puerto Campeche (línea con puntos); captura predicha (línea con rombos).

6 DISCUSIÓN

El análisis efectuado se basa en la suposición de la existencia de condiciones estables en el patrón de crecimiento del camarón. Esta condición es impuesta tanto por los datos disponibles, como por el procedimiento seguido para la construcción de la matriz de captura a edad, a partir de sólo una clave de edad – longitud que aporta información sobre el proceso estacional e interanual del reclutamiento y sobre el patrón de explotación en cada periodo. Los errores en la determinación de edad y el uso de una clave edad - longitud tienden a producir resultados que enmascaran la variabilidad del reclutamiento y afectan el análisis de la relación adultos – reclutas, causando que el número calculado de reclutas a partir de poblaciones pequeñas de adultos sea sobrestimado, y a que se obtengan resultados optimistas sobre la productividad del stock (Hilborn y Walters, 1992; Anónimo, 1998; Haddon, 2001). Sin embargo, aun con la presencia de esos efectos, los resultados de este trabajo indican la tendencia a disminuir de la abundancia de la población, la importancia de los cambios en el reclutamiento y la existencia de una relación parentela progenie.

La evaluación del efecto de utilizar otras claves edad – longitud requeriría determinar la variación interanual en los parámetros de crecimiento, construir las claves de longitud – edad correspondientes y delimitar criterios para definir “que clave y en que momento”, para entonces diseñar experimentos de simulación. Pero el problema central es la inexistencia de datos para el stock de camarón rosado de la Sonda de Campeche.

El VPA utilizado muestra que desde finales de los años 1970 la disminución de la captura total de camarón rosado en la Sonda de Campeche aparenta tener una buena relación con la disminución en la abundancia. El ajuste del modelo pudiera ser mejorado si se dispusiera de índices de abundancia relativa, derivados de datos de captura por unidad de esfuerzo, que permitieran utilizar un proceso tipo ADAPT (Lassen y Medley, 2001). Esto daría oportunidad a considerar el efecto de los cambios en capturabilidad, que aparentemente tienen lugar mientras la población disminuye.

En los resultados obtenidos es evidente que la población de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche presenta una marcada tendencia a disminuir, que se relaciona con cambios temporales en la estructura por edades que se manifiestan en la disminución diferencial de la abundancia de las cohortes presentes durante primavera–verano y otoño–invierno, especialmente desde mediados de los años 1980. Las causas pueden asociarse a las elevadas tasas de explotación y a modificaciones de las condiciones ambientales relacionadas con tendencias a largo plazo del incremento de la temperatura superficial y disminución de la salinidad en la zona de estudio, que afectan diferencialmente las generaciones presentes en cada año.

Según Castro-Meléndez et al. (2000) durante el periodo estudiado el número de viajes de pesca por temporada disminuyó notablemente, pero su efecto no se refleja en el incremento de la captura. Los resultados indican que la mortalidad por pesca por temporada se mantiene o

incrementa, lo que sugiere que las mayores causas de la variación de F serían las relacionadas con la capturabilidad del camarón rosado, entendida como el producto de su disponibilidad, accesibilidad y vulnerabilidad (Gulland, 1983; Arreguín-Sánchez, 1996). El incremento de la proporción de individuos de 2 y 3 meses de edad en la captura sugiere la influencia de modificaciones en el sistema de pesca (flota y estrategia) o en la vulnerabilidad por edad, pero desafortunadamente no se dispone de información sobre sus cambios en el tiempo.

Los valores de F se incrementan con la edad, coincidiendo con lo reportado por Guzmán-Hernández (1987) y Arreguín-Sánchez et al. (1994, 1997), y aparentemente se relacionan con los periodos de desove y reclutamiento, en que la agregación de los camarones favorece el aumento de la capturabilidad. Este comportamiento también se ha observado para *Farfantepenaeus aztecus* en el norte del Golfo de México (Castro y Arreguín-Sánchez, 1997) y para *Penaeus semisulcatus* en Kuwait (Ye y Mohammed, 1999).

Otro factor que debe considerarse es la explotación de camarón rosado por pesquerías artesanales en áreas de crianza (Alarcón-Fuentes y Arreguín-Sánchez, 1992,1994; Gracia, 1995, 1997; Gracia y Vázquez-Bader, 1998). De 1985 a 1990 la flota artesanal trabajó intensamente durante la temporada en que la abundancia de camarones en esas áreas se incrementó, capturando juveniles de 35 a 60 días de edad. Aunque esta actividad se prohibió en 1992, desde entonces se desarrolla furtivamente. De acuerdo con Arreguín-Sánchez y Chávez (1985) y Gracia (1995), la pesca artesanal causa la disminución del reclutamiento y puede afectar negativamente el tamaño de la población en el mar. Sin embargo, el desarrollo intenso de la pesca artesanal se dio cuando ya se presentaba la tendencia decreciente de la captura y del reclutamiento, y probablemente su efecto fue aditivo.

Los índices de reclutamiento se basan en la presencia de individuos de tres meses de edad en la captura industrial. Su magnitud puede relacionarse con cambios en el éxito de la reproducción (desoves), en el patrón de pesca establecido por la flota (selectividad de artes de pesca y zonas de pesca) o en el sistema de registro de la captura. Para el caso del camarón rosado no hay datos que permitan valorar la influencia de los dos últimos factores.

La presencia de un patrón reproductivo con dos generaciones de fuerza diferente en un periodo de 12 meses es típico de los géneros *Farfantepenaeus* y *Litopenaeus*, y permite que la población se adapte a variaciones ambientales estacionales para hacer más eficiente el costo energético aprovechando condiciones favorables para el transporte de larvas y desarrollo en zonas de crianza (Arreguín-Sánchez, 1981; Garcia, 1985). Por otra parte, la adaptación a largo plazo del camarón a patrones estacionales de las condiciones ambientales sería la causa de la sincronía del patrón reproductivo con el ciclo ambiental (Garcia, 1985,1988), pero pueden presentarse variaciones por efecto de cambios en los patrones ambientales, especialmente cuando la mortalidad se relaciona directamente con la abundancia de las generaciones.

Estos fenómenos afectan el patrón de reclutamiento, que en el caso del camarón rosado de la Sonda de Campeche, se incrementa de julio a noviembre, cuando la salinidad tiende a

disminuir y la temperatura superficial es cálida y estable. De diciembre a junio el reclutamiento tiene menor magnitud y no presenta una tendencia definida. En los meses de otoño – invierno las condiciones ambientales son más variables y aparentemente menos favorables para el desarrollo del camarón rosado.

La presencia de dos relaciones adultos – reclutas en un año reconoce la existencia de la reproducción continua del camarón rosado, como ocurre para el camarón blanco en el sur del Golfo de México (Gracia, 1991, 1994), e involucra el efecto de condiciones ambientales en que se desarrolla cada generación y de la mortalidad causada por la pesquería artesanal, implícitamente incluida en el análisis de esa relación, al definir una edad de reclutamiento igual a tres meses. Hay que anotar que para camarones peneidos la relación adultos – reclutas sólo se había reportado para *Penaeus setiferus* en la Sonda de Campeche (Gracia, 1994) y *P. sculentus* en Australia (Penn et al., 1995). Para el camarón rosado en el norte del Golfo de México, Nance (1989, 1993), Nance et al. (1989) y Klima et al. (1990) no encontraron una relación adultos – reclutas estadísticamente significativa, resultado que debe relacionarse con el hecho de que los datos que analizaron muestran una pesquería estable de 1960 a 1986, lo cual no permite un buen análisis de esta relación (Hilborn y Walters, 1992). Este no fue el caso para la pesquería en la Sonda de Campeche.

García (1983) sugiere que las SRR estacionales pueden reflejar la variación natural en la supervivencia de huevos a reclutas, lo cual implica el reconocimiento de que no necesariamente un gran número de huevos resulta en un reclutamiento alto. Para el camarón rosado, la pendiente de la SRR para la generación I, originada de abril a agosto, refleja una mayor eficiencia del proceso de reclutamiento que el de la generación II, originada de septiembre a marzo, y señala su importancia en el mantenimiento de la población. El reclutamiento máximo para la generación II es mayor que el de la I, lo que sugiere que la capacidad de carga del sistema puede variar estacionalmente. El número de adultos de la generación I que produce la mitad del reclutamiento es notablemente mayor que el de la generación II, lo que puede estar relacionado con el efecto de las condiciones ambientales sobre las tasas de supervivencia de cada cohorte.

El reclutamiento de las dos generaciones fue mayor en los primeros años de la serie analizada, disminuyendo desde finales de los años 1970 y de forma más notable desde mediados de los 1980, alcanzando valores muy bajos en los 1990. Esta tendencia puede asociarse con cambios en los patrones estacionales de reclutamiento. Durante 1970 – 1985, cuando la tendencia a disminuir fue moderada dominó el patrón de reclutamiento Tipo I, pero desde 1986 a 1994 el patrón estacional de reclutamiento que predomina es el Tipo II.

En general, las condiciones ambientales relacionadas con las variaciones estacionales del reclutamiento pueden referirse a los regímenes climático y oceanográfico en el sur del Golfo de México, descritos por Bessonov et al. (1971), Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1988), Salas de León et al. (1992, 1998) y Anónimo (1999). Los cambios ambientales que afectan el ciclo de vida del camarón, involucran procesos como precipitación, descarga de ríos, temperatura del aire y del

mar, nivel del mar, corrientes y vientos, salinidad, turbiedad, disponibilidad de nutrimento, producción primaria y hábitat adecuado, pero es difícil separarlos estadísticamente. Sus efectos sobre la dinámica de las poblaciones de camarones es ampliamente reconocida, aunque poco se ha explicado sobre los procesos biológicos que intervienen (Costello y Allen, 1970; Garcia y LeReste, 1981; Soto et al., 1982; Bielsa et al., 1983; Garcia, 1984; Arreguín-Sánchez y Chávez, 1985; Gracia y Soto, 1986; Gracia, 1989; Valero-Pacheco, 1989; White y Downton, 1991; González-Casas, 1992; Staples et al., 1994; Criales y Lee, 1995; Gracia et al., 1997; Browder et al., 1999; López-Martínez, 2000).

Además hay que considerar los cambios estacionales causados por eventos climáticos de magnitud extrema o por catástrofes ambientales derivadas de la actividad humana. Estos pueden tener efectos de largo plazo en el reclutamiento del camarón. Por ejemplo, Penn et al. (1995) encontraron que algunos huracanes modificaron las áreas de crianza de *P. sculentus* en Australia y afectaron su captura en los años siguientes. En su análisis, los datos relacionados con la presencia de esos fenómenos fueron interpretados como alejados de la tendencia normal ("outliers"). Para el camarón rosado, Arreguín-Sánchez (com. pers.) comenta la relación entre fallas en el reclutamiento y la ocurrencia de derrames de pozos petroleros (v.g. Ixtoc I), huracanes (Gilberto, Opal, Roxana) y la erupción del volcán Chichonal, que depositó cantidades importantes de ceniza en la zona costera.

Los resultados indican una marcada relación entre la disminución del reclutamiento del camarón rosado a la Sonda de Campeche y las tendencias a largo plazo de aumento de la temperatura superficial y disminución de la salinidad. Es claro que la linealidad de las relaciones no implica relaciones causa-efecto. Tanto los cambios de reclutamiento como la variación de temperatura y salinidad son indicadores de cambio, pero por ahora se ignora cuales pueden ser las conexiones entre ellos.

Resulta interesante mencionar que la pesquería de camarón rosado en los bancos de Tortugas, al sur de la Península de Florida en el Golfo de México también presentó tendencias claramente decrecientes en la captura y reclutamiento de 1982 a 1993 (Ehrhardt y Legault, 1999), que fueron asociadas con variaciones de condiciones ambientales que afectan de manera diferencial temporadas y áreas de crianza y reclutamiento, pérdida de calidad del hábitat en los estuarios y cambios en la estructura y función del ecosistema en un periodo de décadas (Nance et al., 1989, Browder et al., 1999; Fourqurean y Robblee, 1999; Hall et al., 1999; Mathesson et al., 1999; Thayer et al., 1999).

La caída simultánea de la pesquería de camarón rosado en Campeche y Florida, zonas con patrones ambientales diferentes (Wiseman y Sturges, 1999), no ha sido analizada, pero los resultados sugieren la presencia de fenómenos ambientales a escala del gran ecosistema del Golfo de México, que afectan diferencialmente la supervivencia y reproducción de las cohortes del camarón rosado. Esos fenómenos pudieran relacionarse con los derivados del cambio climático global, que según Cubit (1994) y Mulholland et al. (1997) producen modificaciones considerables

en los ambientes costeros del Golfo de México y del Caribe, incluyendo elevación de niveles de precipitación, del aporte fluvial y del nivel del mar e incremento de la temperatura del agua y frecuencia de huracanes. Según Dubravko et al. (1996) estos cambios se reflejarían en la diversidad y estructura de comunidades de especies bénticas, procesos sedimentarios, acoplamiento bentónico-pelágico y flujo de energía.

Ford (1996) y Cook et al. (1998) reportan que en el Golfo de México la temperatura superficial en invierno presenta una tendencia al aumento desde 1960, que fue más fuerte de 1986 a 1991. Por otra parte, nuestros resultados sugieren la existencia de ciclos de 4 a 6 años en la importancia relativa de las cohortes de primavera – verano, que aproximadamente coinciden con eventos La Niña. White y Downton (1991) encontraron que el clima del norte del Golfo de México parece estar relacionado a fenómenos atmosféricos de circulación a gran escala, como la Oscilación Sur – El Niño (ENSO), que afecta la precipitación y en fases extremas, la temperatura y el viento, y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), que se relaciona débilmente con el invierno en esta región y afecta la temperatura superficial del mar. Esos autores encontraron algunas relaciones entre los índices ENSO y NAO con la captura del camarón blanco pero no con la del camarón café en el norte del Golfo de México. Es probable que ese tipo de fenómenos también afecte al camarón rosado.

Desde 1993 la captura de camarón rosado en la zona de Florida se ha incrementado, lo que se ha interpretado como la respuesta a la rehabilitación de las áreas de crianza. En la Sonda de Campeche no se presentó esa recuperación, por lo que se puede suponer que las condiciones ambientales continúan siendo desfavorables, especialmente para la generación I. Además se deben tener en cuenta las hipótesis que suponen que la sobrepesca de reclutamiento y del crecimiento, la contaminación y las obras asociadas al desarrollo costero son las principales causas del estado de la pesquería del camarón rosado en la Sonda de Campeche (Navarrete-del-Próo, 1993; Gracia, 1995, 1997; Arreguín-Sánchez et al., 1997; Gracia y Vázquez-Bader, 1999).

En este trabajo se encontraron evidencias de un decremento continuo en el reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche, cuyos efectos equivalen a un fenómeno de sobrepesca del reclutamiento, *v. gr.* a la explotación excesiva de adultos reproductores, fenómeno descrito para *Penaeus setiferus* en la Sonda de Campeche (Gracia, 1994) y *P. sculentus* en Australia (Penn et al., 1995). Los resultados muestran la persistente tendencia del reclutamiento y de la captura a disminuir. De 1995 a 1999 la captura de camarón registrada en el Estado de Campeche continúa disminuyendo, a pesar de las medidas de administración tendientes a mejorar la situación con vedas y áreas protegidas (Anónimo, 2000). Esto permite suponer que esas medidas no se están cumpliendo o son insuficientes.

El modelo de simulación desarrollado representa el comportamiento del reclutamiento y de la captura del camarón rosado en la Sonda de Campeche, teniendo como parte importante en su estructura la relación adultos – reclutas. Sin embargo, y a pesar de que en el trabajo se reconoce la presencia de dos generaciones, cada una influenciada por las condiciones ambientales en que

se desarrollan, y que al incorporar la temperatura superficial el ajuste del modelo es mejor, la falta de datos sobre ese factor impide su uso para predecir el reclutamiento. Además, dado el objetivo de la tesis, el uso de la información agrupada por año biológico se consideró más apropiado para evitar introducir más fuentes de incertidumbre. Estas deberán ser evaluadas en el contexto de la hipótesis de que las tendencias de cambio ambiental que más aportan a la disminución de la población son aquellas que afectan el desarrollo de la generación I.

Para la simulación también se consideró que la clave edad-longitud desarrollada con datos de 1984 a 1988 es válida para la reconstrucción de la estructura por edades en los periodos histórico y simulado, idea que se apoya en que en ese periodo los valores del índice phi prima ϕ' (patrón de crecimiento) no presentaron mayor variación.

Otro aspecto relevante en la estructura del modelo es la suposición de que la tasa de mortalidad natural (M) permanece constante. En principio, la estimación de los valores de M utilizando el modelo gnomónico de Caddy (1996) supone que la fecundidad promedio en el periodo de vida está en equilibrio con las tasas de mortalidad cuando la población no es explotada. Al utilizar los valores de M en la evaluación de la población del camarón rosado es necesario suponer que esa condición también se cumple en estado de explotación.

Bajo las consideraciones anteriores y las limitaciones en la información histórica disponible, el modelo simula razonablemente bien el comportamiento histórico de la pesquería y los resultados muestran la importancia del efecto de las condiciones ambientales en la determinación de la tendencia decreciente de la población.

Con referencia a los escenarios simulados para evaluar el impacto de las vedas aplicadas a la pesca del camarón rosado en la Sonda de Campeche, el modelo sugiere que de no haberse aplicado esas vedas, manteniendo en los años simulados (1994-2000) el patrón de mortalidad promedio del periodo 1990-1993, la población hubiera permanecido en niveles bajos de producción, menores a los esperados por la aplicación de las vedas. La aplicación de vedas temporales se efectuó para buscar la recuperación de los niveles de producción; los resultados del modelo, aplicando valores de $F=0$ en los meses de veda, indican el comportamiento teórico esperado de su aplicación, con una rápida recuperación de los niveles de producción, especialmente después de que las vedas cubren los principales periodos de reproducción y reclutamiento.

La realidad es que, aunque desde 1994 se han aplicado vedas de diferente duración, la captura observada continúa disminuyendo. Esto lleva a concluir que las vedas no tuvieron el éxito esperado. Las posibles causas pueden referirse a: 1) los valores de mortalidad por pesca se incrementaron; 2) la magnitud del reclutamiento está siendo negativamente afectada por la disminución de la población de adultos reproductores, por efectos del ambiente sobre la supervivencia en diferentes estadios de desarrollo del camarón rosado y por la captura de juveniles en las zonas de crianza.

Los resultados de la simulación considerando la definición de escenarios basados en el incremento de las tasas de mortalidad por pesca y en la disminución del reclutamiento, permiten sustentar la discusión sobre las posibles causas del por qué las vedas no generaron la recuperación del stock. Es necesario aclarar que dadas las condiciones básicas del modelo, no se busca determinar con precisión la magnitud esperada de posibles cambios en los valores de mortalidad por pesca (F) y de reclutamiento (R), sino considerar las tendencias derivadas de esos cambios.

Un factor importante en la determinación de la magnitud de posibles cambios en F o R es la información sobre captura observada por grupo de edad en el Puerto de Campeche, de 1994 a 1998. La falta de información sobre captura desembarcada en el puerto de Ciudad del Carmen obligó a hacer inferencias sobre la captura total que afectan la calibración del modelo a través de la estimación de factores multiplicadores, de F o R, que llevan al mejor ajuste de capturas observadas y estimadas.

La simulación bajo condiciones de no veda, indica que el mejor ajuste de los valores simulados a los observados ocurre cuando los valores promedio de F, del periodo 1990-1993, se incrementan en 30%. Si el aumento de F fuera el único factor que determinara las condiciones de la población, su efecto habría disminuido los beneficios esperados de las vedas aplicadas, aunque a medida que estas comprendían un mayor número de meses y protegían los principales periodos de reproducción, se habría observado una tendencia a la recuperación de la producción.

Por otra parte, cuando se considera el efecto de la disminución del reclutamiento bajo condiciones de no veda, los resultados indican que el mejor ajuste de capturas observadas y estimadas se obtiene al disminuir en 52% el reclutamiento estimado a partir del modelo de Beverton y Holt al inicio de cada temporada desde 1994. Si este fuera el único factor afectando la población, su recuperación por efecto de las vedas aplicadas se habría empezado a observar después de que su duración se extendió a 7 meses, aunque el incremento en la producción habría sido más lento.

Lo anterior sugiere que el estado actual de la población es el producto de factores como el incremento de la mortalidad por pesca y la disminución del reclutamiento. Con referencia al primero, se debe considerar que la relación entre mortalidad por pesca (F) y esfuerzo efectivo de pesca (f) está dada por la ecuación $F = qf$, donde q es la capturabilidad. Para el camarón rosado, aunque no se dispone de índices estandarizados de esfuerzo de pesca, se sabe que mientras el número de viajes de pesca por temporada tiende a disminuir, su duración en días se incrementa, y la flota presenta mayor interacción con las pesquerías de camarón café, desde las costas de Tabasco a las de Tamaulipas, y de camarón rojo *Farfantepenaeus brasiliensis* en la zona de Contoy, en las costas de Quintana Roo. Entonces, si el esfuerzo de pesca sobre camarón rosado ha disminuido, el incremento en la mortalidad por pesca debe referirse a cambios en la capturabilidad, que pueden referirse al comportamiento del recurso (v.gr., eventos reproductivos y

migraciones) y su posible modificación por la presencia de efectos denso-dependientes, todos afectados de diferente forma por las condiciones del ambiente.

Por otra parte, debido a la falta de información sobre captura por unidad de esfuerzo y comportamiento de la flota, no se consideran posibles cambios en el patrón de pesca derivados de la aplicación de las vedas, como los propuestos por Watson et al. (1993) y Watson y Restrepo (1995) para la simulación de la pesca de *P. sculentus* en el Estrecho de Torres, Australia.

Con referencia a la disminución del reclutamiento, los resultados indican su relación con las condiciones ambientales en que se desarrollan las cohortes, y a largo plazo la posible existencia de una relación con las tendencias de la temperatura y salinidad superficial. También muestran que en años recientes la abundancia de adultos permanece baja, lo que representa un alto riesgo para el mantenimiento de la población. El considerar una disminución en el reclutamiento supone el marcado impacto de los factores denso-independientes, como en el caso del camarón café (Arreguín-Sánchez, 1994), pero no descarta la posibilidad de efectos denso-dependientes. Además debe considerarse el efecto de la explotación de juveniles por la pesca artesanal, que además de generar sobrepesca del crecimiento (Gracia, 1995, 1997), en el marco del modelo de simulación puede también derivar en la reducción del número de reclutas a la plataforma continental y afectar el tamaño de la población adulta. La evaluación de esos efectos pudiera realizarse a través de modelos para pesquerías secuenciales (Willmann y Garcia, 1985), pero no se dispone de información sobre el desarrollo de las pesquerías artesanales de camarón rosado.

De lo comentado hasta aquí, los resultados derivados del modelo de simulación indican que el estado actual de la población de camarón rosado en la Sonda de Campeche deriva de la interacción de fenómenos complejos asociados a cambios en la capturabilidad y disminución del reclutamiento, pero no se dispone de datos para evaluar y simular el peso relativo de esas causas. Sin embargo, es claro que la estrategia definida para la recuperación de la población no puede basarse exclusivamente en el establecimiento de vedas temporales. Otros factores incluyen las complejas relaciones entre criaderos y zonas de pesca. Las preguntas sobre importancia relativa de áreas de crianza y el efecto de sus cambios por obras de desarrollo urbano y costero sobre la supervivencia del camarón rosado son críticas para la evaluación de causas de la disminución del stock, pero no se dispone de información al respecto.

7 CONCLUSIONES

Debido al restringido ámbito de datos disponibles e información publicada sobre el camarón rosado y su pesquería en la Sonda de Campeche, el modelo desarrollado no puede evaluar el efecto sobre la dinámica de la población de los cambios en la distribución espacial del esfuerzo, selectividad y poder de pesca. Sin embargo, los resultados indican tendencias en la dinámica del recurso y señalan por una parte, que las vedas aplicadas para recuperar niveles de abundancia no han tenido el éxito esperado, y por otra sugieren que las causas se relacionan con el incremento en la mortalidad por pesca y con la disminución del reclutamiento.

Si el aumento en la mortalidad por pesca fuera el único factor que determinara las condiciones de la población, su efecto habría disminuido los beneficios esperados de las vedas aplicadas, aunque a medida que estas comprendían un mayor número de meses y protegían los principales periodos de reproducción, se habría observado una tendencia evidente a la recuperación de la producción.

Si la disminución del reclutamiento fuera el único factor afectando la población, su recuperación por efecto de las vedas aplicadas se habría empezado a observar después de que se comenzaron a proteger los principales periodos de reproducción, aunque el incremento en la producción habría sido más lento.

Para poder discernir sobre la importancia relativa de esas causas es necesario disponer de datos sobre captura por unidad de esfuerzo. Con esta información es factible adoptar un proceso ADAPT para el ajuste del VPA y para la simulación. Los resultados en esta tesis indican que el estado actual de la pesquería de camarón rosado en la Sonda de Campeche es consecuencia de un decremento continuo del reclutamiento y corresponde a las características de una situación de sobrepesca del reclutamiento. Éste es afectado diferencialmente por las condiciones ambientales estacionales en que se desarrolla la historia de vida de cada generación y negativamente por tendencias ambientales de largo plazo. Sin embargo, existe poca información sobre cómo responde el camarón del Golfo de México a la variabilidad ambiental y cómo influye el hábitat.

La clara presencia de la relación adultos – reclutas puede interpretarse como una señal del mal estado de la población. En otras especies, si se presenta, es débil y difícil de determinar por la influencia de las condiciones ambientales. Pero entre más evidente sea la relación, el reclutamiento es más sensible al número de adultos, y por tanto es más probable detectarla (Hilborn, 1994). Esta es la situación de la población del camarón rosado en Campeche y debe suponerse un alto riesgo dada la incertidumbre inherente al éxito de su reclutamiento, razón por la que es necesario fortalecer las medidas administrativas tendientes a su recuperación. La idea de que, como el camarón rosado es una especie estratega-r, de corta vida y elevada fecundidad, el estado de su población depende más de la supervivencia de reclutas que de la de adultos, es

probablemente valida bajo condiciones de menores tasas de explotación y principalmente de condiciones ambientales favorables al mantenimiento de las principales cohortes.

En este contexto, la compleja interacción espacio – temporal entre los patrones de esfuerzo de pesca, la dinámica de la población y las condiciones ambientales determinarán el éxito o fracaso de una estrategia de manejo basada en vedas, sea ésta propuesta para controlar el esfuerzo de pesca y/o prevenir la sobrepesca del crecimiento, buscando maximizar el valor de la captura por recluta al determinar el tiempo de captura (Matthews, 1982; Klima, 1989; Nance et al., 1994; Nance, 1995, 1996; Watson et al., 1993; Watson y Restrepo, 1995; Castro-Meléndez et al., 2000), o como en el caso de la pesquería de camarón rosado en la Sonda de Campeche, para proteger también a los adultos durante la temporada de reproducción (Anónimo, 2001). Hay que anotar que no se dispone de una evaluación del efecto de las vedas espaciales impuestas en esta zona, trabajo que pudiera realizarse a través de modelos de simulación que consideran los beneficios a la producción, los costos y factibilidad de hacer cumplir las medidas de administración (Die y Watson, 1992a, b).

El hecho de que la captura de camarón rosado en esta zona no presente signos de recuperación, a pesar de la aplicación de vedas temporales y espaciales, sugiere que hay otros efectos como los ambientales, estacionales y de largo plazo, que afectan al reclutamiento. Además debe considerarse que las elevadas tasas de explotación aparentemente están más relacionadas con cambios en la vulnerabilidad, que con el posible aumento de la eficiencia de la flota por introducción de nuevas tecnologías de pesca y navegación. Bajo la tasa de explotación actual la abundancia del recurso seguirá decreciendo, pero sólo considerar la reducción del esfuerzo de pesca como medida para buscar la recuperación de la población es insuficiente.

Por otra parte, es necesario considerar el efecto de la pesca artesanal en zonas de crianza, ya que además de generar problemas de sobrepesca del crecimiento (Gracia, 1995, 1997; Gracia y Vázquez-Bader, 1998), su impacto sobre el reclutamiento pudiera ser significativo. A pesar de que desde 1992 se prohibió la pesca artesanal, en la zona se reconoce su existencia, pero por su carácter furtivo no se dispone de datos para su evaluación. La presencia de esta pesquería se relaciona con aspectos sociales, culturales y económicos fuera del alcance de esta tesis, pero dado el estado de la población de camarón rosado, sería conveniente analizar los beneficios a la pesquería, los costos y viabilidad de hacer cumplir la regulación.

Otros aspectos relacionados con la recuperación de la población del camarón rosado se refieren a la evaluación de los cambios de origen antropogénico en las zonas de crianza y su relación con la disminución del reclutamiento por degradación de la calidad del agua y del hábitat que afectan la supervivencia de juveniles. La caída y recuperación de la captura de esta especie en la zona sur de la península de Florida fue relacionada con fenómenos ambientales ocurridos en sus áreas de crianza (Browder et al., 1999) y es muy probable que ese tipo de relaciones también se presente en la Sonda de Campeche. Su determinación es importante en aras de poder definir

medidas de administración que contribuyan al mejor uso de esas áreas, v. gr. el Plan de Manejo de Laguna de Términos, pero una vez más habría que analizar la relación costos – beneficios.

Por último, es importante considerar que en la Sonda de Campeche existen otras pesquerías que interactúan directa o indirectamente con la de camarón rosado, y pueden estar afectando la estructura de poblaciones individuales y del ecosistema como lo proponen Beverton et al. (1994), Botsford et al. (1997), Fogarty y Murawsky (1998) y Jennings y Kaiser (1998).

Lo anterior implica considerar la evaluación y predicción de los efectos de las pesquerías en un sistema administrativo donde, aún cuando exista voluntad política, faltan los recursos necesarios para mejorar la calidad de los datos básicos para la investigación y para hacer cumplir las medidas de regulación que se proponen.

8 LITERATURA CITADA

- Alarcón-Fuentes, T. y F. Arreguín-Sánchez. 1992. La pesca de camarón rosado en Sabancuy y Champotón, Campeche. *Jaina, Bol. Inf.* 3(4): 20.
- Alarcón-Fuentes, T. y F. Arreguín-Sánchez. 1994. Selectividad de artes de pesca utilizadas para la explotación de camarón rosado *Penaeus duorarum* en aguas interiores de la región del Banco de Campeche, México. *Invest. Marinas, Cuba* 15 (4): 45-53
- Allen, D.M y A.C. Jones. 1974. Campeche shrimp fishery. Unit fishery description. Southeast Fish. Cen. NMFS/NOAA, Oct. 1974, 56 p.
- Alonzo-Ruíz, M. y R. López-Wilchis. 1975. Incidencia de postlarvas de camarones pertenecientes al género *Penaeus* en la Bahía de Campeche, México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, Univ. Nal. Autón, México, 86 p.
- Alvarez, F., A. Gracia y L. Soto. 1987. Crecimiento y mortalidad de las fases estuarinas del camarón rosado *Penaeus Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad, 1939, en la laguna de Términos, Campeche. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 14(2):207-220.
- Anónimo. 1998. Improving fish stock assessments. National Research Council. Nat. Acad. Press, Washington D.C., 177 p.
- Anónimo. 1999. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Secretaría Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Anónimo. 2001. Elementos técnicos para determinar el inicio del periodo de veda de camarón en el Golfo de México y Mar Caribe en el 2001. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación – Instituto Nacional de la Pesca, México. <http://sagarpa.inp.mx>
- Arreguín-Sánchez, F. 1981. Diagnóstico de la pesquería del camarón rojo (*Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817) de Contoy, Q. Roo, México. *An. Esc. Nal. Cenc. Biol. IPN, México*, 25: 39-77.
- Arreguín-Sánchez, F. 1994. Biodiversidad y la explotación de los recursos pesqueros. *In: Yáñez-Arancibia, A. (ed.) Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán.* Univ. Autón. Campeche. Epomex, Ser. Científ. 2: 87-110.
- Arreguín-Sánchez, F., 1994. Variabilidad en poblaciones explotadas: análisis de pesquerías seleccionadas del Golfo de México. *In: Yáñez-Arancibia (ed.), Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán.* Univ. Aut. Campeche. EPOMEX Ser. Cient. 2: 75-86.
- Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. *Rev. Fish Biol. and Fish.* 6: 221-242.
- Arreguín-Sánchez, F. y E.A. Chávez, 1985. Estado del conocimiento de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. *Inv. Mar. CICIMAR (2) 2: 23-44.*
- Arreguín-Sánchez, F., J.A. Sánchez, A. de Alava y O. Defeo. 1994. Comparación de dos técnicas para estimar mortalidad por pesca utilizando VPA y su aplicación a la pesquería del camarón rosado (*Penaeus duorarum*) del Banco de Campeche, México. *Frente Marítimo*, 15, sec.A: 117-126.
- Arreguín-Sánchez, F., L.E. Schultz-Ruíz, A. Gracia-G. J.A. Sánchez y T. Alarcón. 1997a. Las pesquerías de camarón de altamar: explotación, dinámica y evaluación. *In: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.), Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 145-172.
- Arreguín-Sánchez, F., L.E. Schultz-Ruíz, A. Gracia-G., J.A. Sánchez y T. Alarcón. 1997b. Estado actual y perspectivas de las pesquerías de camarón. *In: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.), Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 185-203.

- Arreguín-Sánchez, F.M. Contreras, V. Moreno, R. Valdés y R. Burgos. 1997c. La pesquería de mero (*Epinephelus morio*) de la Sonda de Campeche, México. *In*: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (Eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 307-332.
- Arreguín-Sánchez, F., JA. Sánchez, D. Flores-Hernández, J. Ramos-Miranda, P. Sánchez-Gil y A. Yáñez-Arancibia. 1999. Stock-Recruitment relationships: A scientific challenge to support fisheries management in the Campeche Bank, Mexico. *In*: H. Kumpf, K. Steindinger y K. Sherman (eds.) The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem. Assessment, sustainability, and management: 225-235.
- Bhattacharya, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135.
- Berry, R. J. 1967. Dynamic of the Tortugas pink shrimp population. Ph. D. Thesis, Univ. Rhode Island, 160 p.
- Berry, R. J., 1969. Shrimp mortality rates derived from fishery statistics. *Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 22nd annual session: 66-78.
- Bessonov, N., O. González y A. Elizarov. 1971. Resultados de las investigaciones cubano-soviéticas en el Banco de Campeche. Coloquio sobre investigaciones del Mar Caribe y regiones adyacentes (UNESCO, Paris): 317-323.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Invest.*, Lond., Ser. 2, 19. 533 p.
- Beverton, R.J.H., Cooke, J.G., J.B. Csirke, R.W. Doyle, G. Hempel, S.J. Holt, A.D. MacCall, D.J. Ploicansky, J. Rougharden, J.G. Shepherd, M.P. Sissenwine y P.H. Wiebe (1984). Dynamics of single species. *In*: R.M. May (ed.) Exploitation of marine communities. Dahlem Konferenzen 1984. Berlin, New York, Tokyo, Springer-Verlag.: 13-58.
- Bielsa, L., W. Murdoch, R. Labisky. 1983. Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (South Florida) - Pink Shrimp. U.S. Fish and Wildlife Service Biol. Rep. 82(11.17), 21 p.
- Bonfil-Sanders, R. 1997. Estado del conocimiento de los tiburones del Golfo de México y el Caribe. *In*: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 333-356.
- Botsford, L.W., J.C. Castilla y C.H. Peterson (1997). The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, 277: 509-515.
- Browder, J.A., V.R. Restrepo, J.K. Rice, M.B. Robblee y Z. Zein-Eldin. 1999. Environmental influences on potential recruitment of pink shrimp, *Farfantepenaeus duorarum*, from Florida Bay nursery grounds. *Estuaries* 22(2B): 484-499.
- Caddy, J.F. 1986. Modelling Stock-Recruitment processes in crustacea: Some practical and theoretical perspectives. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43(11):2330-2344.
- Caddy, J.F., 1996. Modeling natural mortality with age in short-lived invertebrate populations: definition of a strategy of gnomonic time division. *Aquat. Living Resour.* 9, 197-207.
- Caputi, N. 1994. Biases in stock-recruitment relationships. *In*: A.J. Courtney y M.G. Cosgrove (eds.) Proceedings of the Workshop on Spawning Stock-Recruitment Relationships (SSRs) in Australian crustacean fisheries. Dept. Primary Indust., Queensland:98-112.
- Castro, R.G. y F. Arreguín-Sánchez. 1991. Evaluación de la pesquería de camarón café *Penaeus aztecus* del litoral mexicano del noroeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, México 17(4): 147-159.
- Castro, R.G. y F. Arreguín-Sánchez. 1997. Mortality and stock assessment of the brown shrimp *Penaeus aztecus* (Crustacea: Penaeidae), in the northwest Gulf of Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 45(3): 1075-1083.

- Castro-Meléndez, R.G., L.E. Schultz-Ruíz, A.T. Wakida-Kusoni, J.I. Fernández-Méndez, M.E. Sandoval-Quintero, M. Medellín-Avila, I. Hernández-Tabares, G. Nuñez-Márquez, F. Aguilar-Salazar, A. González-Cruz, J. Rivas-Villegas, J. Uribe-Marínez, F. Soto-Aguirre, C. A. Severino-Hernández y J. Santos-Valencia. 2000. Camarón del Golfo de México y Mar Caribe. *Penaeus brasiliensis*, *P. setiferus*, *P. duorarum*, *P. aztecus*, *Xiphopenaeus kroyeri*. In: Sustentabilidad y pesca responsable en México; evaluación y manejo. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca: 357-420.
- Chávez, E.A. 1994. Los recursos marinos de la Península de Yucatán. In: Yáñez-Arancibia, A. (ed.) Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán. Univ. Autón. Campeche. Epomex, Ser. Científ. 2: 1-12.
- Chávez, E. A., 1996. Simulating fisheries for the assessment of optimum harvesting strategies. Naga ICLARM 19(2): 33-35.
- Cook, T., M. Folli, J. Klinck, S. Ford y J. Miller. 1998. The relationship between increasing sea-surface temperature and the northward spread of *Perkinsus marinus* (Dermo) disease epizootics in oysters. Estuar. Coast. Shelf Sci., 46(4): 587-597.
- Costello, T.J. and Allen, D.M., 1964. Migrations and geographic distribution of pink shrimp, *Penaeus duorarum*, of the Tortugas and Sanibel grounds, Florida. Fish. Bull. 65, 449-459.
- Costello, T.J. and Allen, D.M., 1968. Mortality rates in populations of pink shrimp, *Penaeus duorarum*, on the Sanibel and Tortugas grounds, Florida. Fish. Bull. 66, 491-502.
- Costello, T.J. y D.M. Allen. 1970. Synopsis of biological data on the pink shrimp *Penaeus duorarum duorarum* Burkenroad, 1939. In: M. Mistakidis (ed.) Actas de la conferencia científica mundial sobre biología y cultivo de camarones y gambas. Cd. de México, 12-21 junio 1967. Vol. 4. Sinopsis de especies. FAO Fish. Rep. 57(4): 1499-1537.
- Courtney, A.J. y M.G. Cosgrove. 1994. Proceedings of the Workshop on Spawning Stock-Recruitment Relationships (SSRs) in Australian crustacean fisheries. Dept. Primary Indust., Queensland. 153 p.
- Criales, M.M. y T.N. Lee. 1995. Larval distribution and transport of penaeoid shrimps during the presence of the Tortugas Gyre in May-June 1991. Fish. Bull. 93(3): 471-482.
- Cruz-Morejón, N. y E. Cadima, 1968. Relaciones entre largos y pesos de camarones capturados en la plataforma cubana. In: M.N. Mistakidis (ed.) Actas de la conferencia científica mundial sobre biología y cultivo de camarones y gambas. Cd. de México, 12-21 junio 1967. Vol. 2. Documentos de reseña, resumen regional y documentos de investigación. FAO Fish. Rep. 57(2): 539-548.
- Cubit, J.D. 1994. Global climate change and the importance of tidal flat ecosystems in the Caribbean and Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci., Miami FL; 54(3): 1073-1074.
- Die, D.J. y R.A. Watson. 1992 a. A pre-recruit simulation model for evaluating spatial closures in an Australian peaneid fishery. Aquat. Living Resorc. 5: 145-153
- Die, D.J. y R.A. Watson. 1992 b. Dissipation of spatial closure benefits as a result of non-compliance. Mathematics and computers in simulation 33: 451-456
- Dobkin, S. 1961. Early developmental stages of pink shrimp, *Penaeus duorarum* from Florida waters. Fish. Bull. 190: 321-349.
- Dubravko, J., N.N. Rablais y R.E. Turner. 1996. Effects of climate change on hipoxia in coastal waters: a doubled CO2 scenario for the northern Gulf of Mexico. Limnol. Oceanogr. 41(5): 992-1003.
- Efron, B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. Soc. for Ind. and Applied Mathem., Philadelphia, Penn., 92 p.
- Ehrhardt, N.M. y C.M. Legault. 1999. Pink shrimp, *Farfantepeneaeus duorarum*, recruitment variability as an indicator of Florida Bay dynamics. Estuaries 22(2B): 471-483.
- Ewald, J.J. 1965. The laboratory rearing of pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. Bull. Mar. Sci. 15: 436-449.

- FAO 1972. Reunión de consulta de la FAO sobre las existencias de camarones en el Caribe y regiones adyacentes. FAO Fish. Rep. 124, 61 p.
- Flores-Coto, C., F. Flores-Hernández, F. Zavala-García, V. Arenas-Fuentes, M.A. Monreal-Gómez y D.A. Salas-de-León. 2000. Oceanic and neritic ichthyoplankton at the edge of the continental shelf in the Southern Gulf of Mexico. *Gulf and Caribb. Res.* 12: 31-35.
- Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez. 1997a. Panorama de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. *In: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 1-17.
- Flores-Hernández, D., S. Salas-Márquez, J. Ramos-Miranda y P. Sánchez-Gil. 1997b. Biología y pesquerías de mojarras en el sureste del Golfo de México. *In: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 205-225.
- Fogarty, M.J. y S.A. Murawsky (1998). Large-scale disturbance and the structure of marine systems: fishery impacts on Georges Bank. *Ecol. Appl.* 8(1) suppl.:6-22.
- Ford, S.E. 1996. Range extension by the oyster parasite *Perkinsus marinus* into the northeastern United States: Response to climate change? *Journal of shellfish research.* Duxbury MA 15(1): 45-56.
- Fourqurean, J.W. y M.B. Robblee. 1999. Florida Bay: A history on recent ecological changes. *Estuaries* 22 (2B): 345-357.
- Fuentes-Castellanos, D.F. y R. Portugal-Cano. 1974. Análisis del poder de pesca de la flota camaronera del Puerto de Campeche, Camp. Inst. Nal. de Pesca, Ser. Inf. i19, 30p.
- Fuentes-C., D., R.G. Castro-M., L. Schultz, R. Portugal y M. Oropeza-F. 1976. Pesquería de camarón de altamar en el Golfo de México. *Mem. Simp. Biol. y Dinám. Poblacional de Camarones.* Guaymas, Son. 8-13 agos Tomo 1:187-211.
- García, S. 1983. The stock-recruitment relationship in shrimps: reality or artefacts and misinterpretations. *Oceanog. Trop.* 18 (1): 24-48.
- García, S. 1984. A note on environmental aspects of penaeid shrimp biology and dynamics. *In: J.A. Gulland y B.J. Rotthschild (eds.) Penaeid shrimps- their biology and management.* Fishing News Books Limit.: 268-271.
- García, S. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited shrimp populations. *In: P.C. Rothlisberg, B.J. Hill y D.J. Staples (eds.) Second Australian National Prawn Seminar.* Cleveland, Queensland, Australia: 139-158.
- García, S. 1988. Tropical penaeid prawns. *In: J. Gulland (ed.) Fish Population Dynamics (Second edition).* John Wiley: 219-249.
- García, S. 1989. The management of coastal penaeid shrimp fisheries. *In: J. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management.* Wiley-interscience publ. 281-306
- García, S. 1996. Stock-Recruitment relationships and the precautionary approach to management of tropical shrimp fisheries. *Mar. Freshwatwer Res.* 47: 43-58
- García, S. y L. Le-Reste 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeids shrimp stocks. *FAO, Fish. Tech. Pap.* 203, 215 p.
- Gayanilo, F.C. Jr., P. Sparre y D. Pauly. 1995. The FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) user's guide. *FAO Comput. Inform. Ser. (Fisher.)* 8, 126 p.
- Gold-Bouchot, G., O. Zapata-Pérez, E. Noreña-Barroso, M. Herrera-Rodríguez, V. Ceja-Moreno y M. Zavala-Coral. 1999. Oil pollution in the Southern Gulf of Mexico. *In: H. Kumpf, K. Steindinger y K. Sherman (eds.) The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem. Assesmnet, sustainability, and management:* 372-382.
- Gómez, J.A. 1976. Corrientes y algunos aspectos del régimen hidrológico de la zona SW del Banco de Campeche. *Rev. Invest., INP, Cuba* 2(1): 66-84.

- González-Casas, A. 1992. Efectos de los factores ambientales sobre la producción de camarón rosado *Penaeus duorarum*, Burkenroad (1939). Tesis Prof., Facultad de Ciencias, UNAM, México, 65 p.
- Gracia, A. 1989. Ecología y pesquería del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la Laguna de Términos-Sonda de Campeche. Tesis Doctorado, Fac. Ciencias, UNAM, 127 p.
- Gracia, A. 1991. Spawning stock-recruitment relationships of white shrimp in the Southwestern Gulf of Mexico. *Trans. Amer. Fisher. Soc.* 120: 519-527.
- Gracia, A. 1994. White shrimp (*Penaeus setiferus*) recruitment overfishing. *In: A.J. Courtney y M.G. Cosgrove (eds.) Proceedings of the Workshop on Spawning Stock-Recruitment Relationships (SRRs) in Australian crustacean fisheries.* Dept. Primary Indust., Queensland, Australia:5-6.
- Gracia, A. 1995. Impacto de la pesca artesanal sobre la producción del camarón rosado *Penaeus Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad, 1939. *Ciencias Marinas*, México, 21(3): 343-359.
- Gracia, A. 1996. White shrimp (*Penaeus setiferus*) recruitment overfishing. *Mar. Freshwater Res.* 47: 59-65.
- Gracia, A. 1997. Pesquería artesanal de camarón. *In: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (Eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 173-184.
- Gracia, A. and L.A. Soto. 1986. Condiciones de reclutamiento de las poblaciones de camarones peneidos en un sistema lagunar-marino tropical: Laguna de Términos - Banco de Campeche. *In: Yáñez-Arancibia, A. y D. Pauly (eds.) IOC/FAO Workshop on recruitment in tropical coastal demersal communities.* IOC Workshop Rep. 44: 235-242.
- Gracia-G., A. y Soto-G., L.A., 1990. Population study of the penaeid shrimp of Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *An. Inst. Cienc. Mar. y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 17, 241-255.
- Gracia-G., A., A.R. Vázquez-Bader, F. Arreguín-Sánchez, L.E. Schultz-Ruiz y J.A. Sánchez. 1997. Ecología de camarones peneidos. *In: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 127-144.
- Gracia, A. y A.R. Vázquez-Bader. 1998. The effects of artisanal fisheries on penaeid shrimp stocks in the Gulf of Mexico. *In: Funk,-F.; Quinn II,-T.J.; Heifetz,-J.; Ianelli,-J.N.; Powers,-J.E.; Schweigert,-J.F.; Sullivan,-P.J.; Zhang,-C.-I (eds). Symp. on Fishery Stock Assessment Models.* Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-98-01. *American-Fisheries-Society* 15: 977-998.
- Gracia, A. y A.R. Vázquez-Bader. 1999. Shrimp fisheries in the South Gulf of Mexico: Present and future management alternatives. *In: H. Kumpf, K. Steindinger y K. Sherman (eds.) The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem. Assesment, sustainability, and management:* 205-224.
- Grande-Vidal, J.M. y A. Arias-Uscanga. 1991. Selectividad de los principales tipos de redes de arrastre camaroneras utilizadas por la flota comercial de Mazatlán, Sin. *Ciencia Pesquera*, Inst. Nal. Pesca México 8: 83-106.
- Grivel, P.F. y R. Arce. 1975. Configuración cotidiana de la Laguna de Términos, Campeche. *An. Inst. Geog. Univ. Nal. Autón. México* 21:139-144.
- Gulland, J.A., 1965. Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries. Working group report . ICES CM 1965. Doc. 3.
- Gulland, J.A. 1983. Fish Stock Assessment. A manual of basic methods. FAO/WILEY Series on Food and Agriculture. 1, 233 p.
- Gulland, J.A. y B.J. Rothschild. 1984. Penaeid shrimps - their biology and management. Fishing News Books Ltd., 308 p.
- Guzmán-Hernández, V. 1987. Aspectos de la dinámica poblacional del camarón rosado (*P. duorarum duorarum*,Burkenroad 1939) del Banco de Campeche, durante tres temporadas de pesca (1975-1977). Tesis Prof. Fac. Biol., Univ. Veracruzana, México, 107 p.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall/CRC, 406 p.

- Hall, M.O. M.D. Durako, J.W. Fourqrean y J.C. Zieman. 1999. Decadal changes in seagrass distribution and abundance in Florida Bay. *Estuaries* 22: 445-459.
- Hettler, W. F. 1992. Correlation of winter temperature and landings of pink shrimp *Penaeus duorarum* in North Carolina. *Fish. Bull. U.S.* 90:405-406.
- Hilborn, R. 1994. Summary of the workshop on spawning stock – recruitment relationships (SRRs) in Australian Crustacean Fisheries. *In: A.J. Courtney y M.G. Cosgrove (eds.) Proceedings of the Workshop on Spawning Stock-Recruitment Relationships (SSRs) in Australian crustacean fisheries.* Dept. Primary Indust., Queensland: 135-138.
- Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Routledge, Chapman and Hall, Inc., 569 p.
- Jennings, S. y M.J. Kaiser (1998). The effects of fishing on marine ecosystems. *Advanc. Mar. Biol.* 34:201-351.
- Joyce, E.A. Jr. y B. Eldred. 1966. The Florida shrimping industry. State of Florida Bd. of Conserv., Div. of Salt Water Fish., Educat. Ser. 15, 47 p.
- Klima, E.F. 1989. Approaches to research and management of U.S. fisheries for penaeid shrimp in the Gulf of Mexico. *In: J.F. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management.* John Wiley and sons: 87-114.
- Klima, E.F. y T. Costello. 1982. The Tortugas Sanctuary study, May 1981-February 1982. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-104, Rep. I, 45 p.
- Klima, E.F., G.A. Mathews y F.J. Patella. 1982. A synopsis of the Tortugas pink shrimp fishery, 1960-1981, and the impact of the Tortugas Sanctuary. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-104, Rep. III, 45 p.
- Klima, E.F., R.G. Castro-Melendez, N. Baxter, F.J. Patella, T.J. Cody y L.F. Sullivan. 1987. MEXUS-Gulf shrimp research, 1978-1984. *Mar. Fish. Rev.* 49(1): 21-30.
- Klima, E.F., J.M. Nance, E.X. Martinez y T. Leary. 1990. Workshop on definition of shrimp recruitment overfishing. NOAA Tech. Memo. SEFC-NMFS-264, 21 p.
- Kristjonsson, H. 1968. Techniques of finding and catching shrimp in commercial fishing. *In: M.N. Mistakidis (ed.) Actas de la conferencia científica mundial sobre biología y cultivo de camarones y gambas.* Cd. de México, 12-21 junio 1967. Vol. 2. Documentos de reseña, resumen regional y documentos de investigación. FAO Fish. Rep. 57(2): 125-192.
- Kutkuhn, J.H., 1966. Dynamics of a penaeid shrimp population and management implication. *Fish. Bull.* 65, 312-338.
- Lassen, H y P. Medley. 2001. Virtual population analysis - A practical manual for stock assessment. FAO Fish. Tech. Pap. 400. Publishing and Multimedia Service, Information Division, FAO.
- Lerliche-Guzmán, L.F. 1995. Isla del Carmen: La historia indecisa de un puerto exportador. El caso de la industria camaronera (1947-1982). Gobierno del Estado de Campeche, Univ. Autón. del Carmen, Inst. de Cultura de Campeche, México, 226 p.
- Lindner, M.J. 1965. What we know about shrimp size and the Tortugas fishery. *Proc. Gulf and Carib. Fish. Inst.* November 1965: 18-26.
- Lohrenz, S.E., D.A. Wiesenburg, R.A. Arnone y X. Chen. 1999. What controls primary production in the Gulf of Mexico? *In: H. Kumpf, K. Steindenger y K. Sherman (eds.), The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, Sustainability, and Management.* Blackwell Science, Inc.: 151-170
- López-Martínez, J. 2000. Dinámica de la pesquería de camarón café (*Penaeus californiensis*) en el litoral sonorenses y su relación con algunos parámetros océano-atmosféricos. Tesis Doctorado, CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional, México, 181 p.
- Matheson, R.E.J., Camp D.K., Sogard S.M. y Bjorgo K.A. 1999. Changes in seagrass-associated fish and crustacean communities on Florida Bay mud banks: The effects of recent ecosystem changes? *Estuaries* 22: 534-551.

- Matthews, G.A. 1982. Abundance and size distribution of *Penaeus* spp. shrimps in the Northern and Northwestern Gulf of Mexico during 1982 closure period. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-109, 58 p.
- Minello, T.J. 1992. Predator-prey research and shrimp mortality. *In*: K.N Baxter y E. Scott-Denton (eds.) Proceedings of the Southeast Fisheries Science Center Shrimp Resources Review. NOAA Tech.Mem. NMFS-SEFSC-299: 38-42.
- Monreal-Gómez, M.A., D.A. Salas de León, A.R. Padilla-Pilotze y M.A. Alatorre-Mendieta. 1992. Hidrografía y estimación de corrientes de densidad en el Sur de la Bahía de Campeche, México. *Ciencias Marinas*, 18(4): 115-133.
- Monreal-Gómez, M.A. y D.A. Salas-de-León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. *In*: Lavín, M.F.F. (ed.) Contribuciones a la oceanografía física en México, Monografía 3, Unión Geofísica Mexicana: 183-199.
- Mulholland, P.J., G.R. Best, C.C. Coutant, G.M. Hornberger; J.L. Meyer, P.J. Robinson, J.R. Stenberg, R.E. Turner, F. Vera-Herrera y R.G. Wetzel. 1997. Effects of climate change on freshwater ecosystems of the southeastern United States and the Gulf Coast of Mexico. *In*: C.E. Cushing (ed.), Freshwater ecosystems and climate change. Hydrological Processes 11: 949-970.
- Munro, J.L. y Jones, A.C., 1968. Abundances and distribution of the larvae of the pink shrimp (*Penaeus duorarum*) on the Tortugas shelf of Florida, August 1962 - October 1964. *Fish. Bull.*, 67: 165-181.
- Nance, J.M. 1989. Stock assessment for brown, white and pink shrimp in the U.S. Gulf of Mexico, 1960-1987. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-221, 65 p.
- Nance, J.M. 1992. Definition of overfishing and trend analysis for brown, white and pink shrimp. *In*: Proceedings of the Southeast Fisheries Science Center Shrimp Resources Review. NOAA Tech.Mem. NMFS-SEFSC-299: 118-122.
- Nance, J.M. 1993. Gulf of Mexico shrimp fishery recruitment overfishing definition. Workshop 2. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-323, 12 p.
- Nance, J.M. 1995. Biological review of the 1994 Texas closure. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-360, 26 p.
- Nance, J.M. 1996. Biological review of the 1995 Texas closure. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-379, 27 p.
- Nance, J.M. y S. Nichols. 1988. Stock assessment for brown, white and pink shrimp in the U.S. Gulf of Mexico, 1960-1986. NOAA Tech. Mem. SEFC-NMFS-203, 64 p.
- Nance, J.M., E.F. Klima y T.E. Czaplá. 1989. Gulf of Mexico shrimp stock assessment workshop. NOAA Tech. Mem. SEFC-NMFS-239, 41 p.
- Nance, J.M., E.X. Martínez y E.F. Klima. 1994. Feasibility of improving the economic return from the Gulf of Mexico brown shrimp fishery. *North Amer. Journ. Fisher. Manag.* 14: 522-536
- Navarrete-del Prío, A. y Uribe-Martínez, 1993. Evaluación de la pesquería industrial de camarón de altamar del Puerto de Campeche, México, en el periodo 1981 a 1990. *Ciencia Pesquera*, Inst. Nal. Pesca México 10: 33-41.
- Navarrete-del Prío, A., H. Garduño y A. Gracia, 1994. Estado actual de la pesquería de camarón en altamar del Golfo de México y el Caribe Mexicano *In*: Atlas pesquero de México. Pesquerías relevantes. Secretaría de Pesca, Inst. Nal. de la Pesca México, CENEDIC, Univ. de Colima (CD multimedia).
- Nicolic, M. y M.E. Ruíz. 1971. Aspectos biológico-pesqueros de los peneidos comerciales en Cuba. *Centr. Invest. Pesq. Inst. Nal. Pesca Cuba* 31:1-42.
- Nowlin, W.D. Jr. 1972. Winter circulation patterns and property distributions. *In*: L:R:A: Capurro y J.L. Reid (eds.), Contribution on the physical oceanography of the Gulf of Mexico. Texas A&M Univ. Oceanog. Stud., Gulf Publish. Co., Houston, Texas, 2: 3-51.

- Padilla-Pilotze, A.R., D.A. Salas de León y M.A. Monreal-Gómez. 1990. Evidencia de un giro ciclónico en la Bahía de Campeche. *Ciencias Marinas*, 16(3): 1-14.
- Pauly, D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM* 39, 175-192.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. Manila, Philippines, ICLARM 8, 325 p.
- Pauly, D., 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data and aquatic invertebrates. *ICLARM Conf. Proc.* 13: 7-34.
- Pauly, D y G. Gaschütz. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. *ICES C.M.* 1979/G:24:26 p.
- Pauly, D., J. Ingles y R. Neal. 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II). *In: J.A. Gulland y B.J. Rothschild (eds.) Penaeid shrimps- their biology and management.* Fishing News Books Limit.: 220-234.
- Pauly, D. y J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish an invertebrates. *Fishbyte* 2(1):21.
- Penn, J. W., N.G. Hall y N. Caputi 1989. Resource assessment and management perspectives of the penaeid prawn fisheries of Western Australia. *In: J. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management.* Wiley-Interscience: 115-140.
- Penn, J.W., N. Caputi y N.G. Hall. 1994. Update on stock recruitment relationships for the tiger prawn (*Penaeus esculentus*) stocks in Western Australia. *In: A.J. Courtney y M.G. Cosgrove (eds.) Proceedings of the Workshop on Spawning Stock-Recruitment Relationships (SSRs) in Australian crustacean fisheries.* Dept. Primary Indust., Queensland: 7-12.
- Penn, J.W., N. Caputi y N.G. Hall. 1995. Stock-recruitment relationships for the tiger prawn (*Penaeus esculentus*) stocks in Western Australia. *ICES mar. Sci. Symp.*, 199: 320-333.
- Pérez-Velázquez, M. y A. Gracia. 2000. Fecundity of *Litopenaeus setiferus*, *Farfantepenaeus aztecus* and *F. duorarum*, in the Southwestern Gulf of Mexico. *Gulf and Caribb. Res.* 12: 1-9.
- Pope, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.* 9:65-74.
- Portugal-Cano, R. 1976. Captura por esfuerzo de la flota camaronesa del puerto de Campeche, Camp. en 1974. *Mem. Simp. Biol. y Dinám. Poblacional de Camarones.* Guaymas, Son. 8-13 agosto 1976. Tomo 2: 279-319
- Ramírez-Rodríguez, M. y F. Arreguín-Sánchez. 2000. Growth of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in Campeche Sound, Mexico. *Crustaceana* 73(10): 1263-1272.
- Ramírez-Rodríguez, M., E.A. Chávez y F. Arreguín-Sánchez. 2000. Perspectiva de la pesquería de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad) en la Sonda de Campeche, México. *Ciencias Marinas México* 26(1): 97-112.
- Ramírez-Rodríguez, M y F. Arreguín-Sánchez. Life history, stage duration and natural mortality for the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in the southern Gulf of Mexico: using the gnomonic model for time division. *Fish. Res.* (en prensa).
- Ramírez-Rodríguez, M. y F. Arreguín-Sánchez Spawning stock-recruitment relationships of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in the southern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* (en prensa).
- Ramos Miranda, J. 2001. Les pêcheries de crevette blanche (*Litopenaeus setiferus* L.) de la côte sud du Golfe du Mexique: impacts de l'environnement et des stratégies de pêche. These de Doctorat de L'universite de Bretagne Occidentale, 225 p.
- Ramos-Miranda, J., D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil y F. Aguilar-Salazar. 1997. Estado actual del conocimiento de las corvinas en el sureste del Golfo de México. *In: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México.* Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 249-275.

- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fish. Res. Bd. Canada, 191.
- Roberts, T. W., 1982. A preliminary analysis of pink shrimp (*Penaeus duorarum*) size and abundance during the Tortugas shrimp sanctuary study, September 1981-February 1982. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-104, Rep. II, 95 p.
- Rothschild, B.J. y S.L. Brunenmeister. 1984. The dynamics and management of shrimp in the northern Gulf of Mexico. *In*: J.A. Gulland y B.J. Rothschild (eds.) Penaeid shrimps - their biology and management. Fish. News Books Limit. : 145-172.
- Salas-de-León, D.A., M.A. Monreal-Gómez y G. Colunga-Enríquez. 1992. Hidrografía y circulación geostrofica en el sur de la Bahía de Campeche. Geofísica Internacional 31(3): 315-323.
- Salas-de-León, D.A., M.A. Monreal-Gómez, L. Sanvicente-Anorve y C. Flores-Coto. 1998. Influence de la circulation à long terme sur la repartition des organismes zooplanctoniques dans la Baie de Campeche, Mexique. Oceanologica Acta, 21(1): 87-93.
- Sánchez-Gil, P., A. Yáñez-Arancibia y F. Amezcua-Linares. 1981. Diversidad, distribución y abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda de Campeche (verano 1978). An. Inst. Cienc. Mar y Limn. UNAM 8(1): 209-240.
- Sánchez-González, S. y L.E. Schultz-Ruiz. 1997. Descripción de la pesquería de sierra y peto. *In*: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 227-248.
- Sanvicente-Anorve L., Flores-Coto C. y Sanchez-Velasco L. 1998. Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 62, 17-30
- SEMARNAP, 1998. Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas de y zonas de veda para la captura de las especies de camarón en aguas marinas y de los sistemas estuarinos de jurisdicción federal, edl Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial, 30 de abril 1998.
- SEMARNAP, 1999. Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas de y zonas de veda para la captura de las especies de camarón en aguas marinas y de los sistemas estuarinos de jurisdicción federal, edl Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial, 30 de abril 1999.
- Shapiro, B. 1983. Population dynamics of the pink shrimp (*Penaeus duorarum* Burkenroad) based upon the fishery of the Campeche Bank. M.Sc. Thesis, University of Miami, 50 pp.
- Sheridan, P. 1992. Tortugas pink shrimp forecast. *In*: Proceedings of the Southeast Fisheries Science Center Shrimp Resources Review. NOAA Tech.Mem. NMFS-SEFSC-299: 134-136.
- Sheridan, P. 1996. Forecasting the fishery for pink shrimp, *Penaeus duorarum*, on the Tortugas Grounds, Florida. Fish. Bull. 94: 743-755.
- Schultz - Ruíz, L.E. y E.A. Chávez. 1976. Contribución al conocimiento de la biología pesquera del camarón blanco (*Penaeus setiferus* (L.)) del Golfo de Campeche, México. Mem. Simp. Biol. y Dinám. Poblacional de Camarones. Guaymas, Son. 8-13 agos Tomo 1: 58-73.
- Smith, M. K. 1984. Some ecological determinants of the growth and survival of juvenile penaeid shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus) in Terminos Lagoon, Campeche, Mexico, with special attention to the role of population density. Ph.D. Thesis, Univ. of California, Berkeley, 151 p.
- Smith, K., V. Rivera-Román, J. Santos-Valencia, H. Borges-Crevantes, P. Loreto-Campos y J. Urgell-Nacif. 1987. Evaluación de la captura y el esfuerzo pesquero de la flota camaronera del Estado de Campeche: agosto 1985 - septiembre 1986. Ins. Nal. de la Pesca, CRIP Ciudad del Carmen. Informe Técnico, 104 p.
- Soberón-Sánchez, G. 1985. Mecanismos de producción natural de las poblaciones de peces demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México: Variables físicas de interacción ecológica. Tesis Maestría, ICMyL, UNAM, 120 p.

- Solís-Ramírez, M.J. 1994. Mollusca de la Península de Yucatán. *In*: Yáñez-Arancibia, A. (ed.) Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán. Univ. Autón. Campeche. Epomex, Ser. Científ. 2:13-32.
- Solís-Ramírez, M., F. Arreguín-Sánchez y J.C. Seijo. 1997. Pesquería de pulpo de la plataforma continental de Yucatán. *In*: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (eds.) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Univ. Autón. Campeche, EPOMEX Ser. Cient. 7: 61-80.
- Soto, L.A., Rodríguez de la Cruz M. C., Rodríguez-Alvarado R., Gracia A., Soto F.J., Arreguín F. y Chávez E. 1982. Análisis del conocimiento científico - tecnológico nacional de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. Reunión Nacional sobre la investigación científico – pesquera, Cocoyoc, Morelos, México, 26-29 de Mayo 1982.
- Soto, L.A. y A. Gracia. 1987. Evaluación de los efectos de hidrocarburos fósiles sobre las poblaciones de camarón en el Banco de Campeche. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 14 (2): 133-146.
- Staples, D.J., D.J. Vance, and N.R. Loneragan. 1994. Penaeid prawn recruitment variability: effect of the environment. *In*: A.J. Courtney and M.G. Cosgrove (eds.) Proceedings of the Workshop on Spawning Stock-Recruitment Relationships (SSRs) in Australian crustacean fisheries. Dept. Primary Indust., Queensland: 41-50
- StatSoft, Inc. 1999. Statistica for Windows. Computer program manual Vol. III. Statistics II. 2nd ed.
- Tabb, D.C., D.L. Dubrow y A.E. Jones. 1962. Studies on the biology of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad, in Everglades National Park, Florida. *Stat. Florida Bd. of Conservat. Tech. Ser.* 37, 30 p.
- Thayer, G.W., A.B. Powell y D.E. Hoss. 1999. Composition of larval, juvenile and small adult fishes relative to changes in environmental conditions in Florida Bay. *Estuaries* 22: 518-533.
- Uribe-Martínez, J.A. y M.E. Chin-Ayala. 1999. Abundancia relativa y composición del camarón rosado de la Sonda de Campeche (Otoño 1998). *Zoología Informa, ENCB-IPN, México.* 41: 53-68.
- Valero-Pacheco, E. 1989. Comportamiento del reclutamiento del camarón rosado *Penaeus duorarum duorarum* en la Sonda de Campeche durante 1975-1977. Tesis Prof. Esc. Nal. Est. Prof. Iztacala. México, UNAM, 67 p.
- Villalobos, R.G. 1976a. Tecnología de captura e industrial del camarón en el Estado de Campeche. *Mem. Simp. Biol. y Dinám. Poblacional de Camarones. Guaymas, Son.* 8-13 agosto 1976. Tomo 2: 519-535.
- Villalobos, R.G. 1976b. Redes camaroneras en uso en el Estado de Campeche. *Mem. Simp. Biol. y Dinám. Poblacional de Camarones. Guaymas, Son.* 8-13 agosto 1976. Tomo 2: 383-391.
- Walters, C.J., 1986. Adaptive policy design in renewable resource management. Mcmillan, New York, NY., 374 p.
- Wakida-Kusoni, A.T. 1996. Modelación del esfuerzo pesquero de la flota camaronera de Ciudad del Carmen, Campeche, México. Tesis Maestría, Univ. Autón. Baja California, Fac. Ciencias Marinas, Inst. Inv. Oceanol., 46 p.
- Watson, R.G., D.J. Die y V.R. Restrepo. 1993. Closed seasons and tropical penaeid fisheries: a simulation including fleet dynamics and uncertainty. *North American J. Fisheries Management.* 13(2): 326-336.
- Watson, R.G. y V.R. Restrepo. 1995. Evaluating closed season options with simulation for a tropical shrimp fishery. *ICES mar. Sci. Symp.* 199: 391-398.
- White, M.E. y M.W. Downton. 1991. The shrimp fishery in the Gulf of Mexico: relation to climatic variability and global atmospheric patterns. *In*: M.H. Glantz, R.W. Glantz y N. Nicholl (eds.) Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Cambridge Univ. Press. Great Britain: 459-491.

- Wickham, D. A. 1967. Observations on the activity patterns in juveniles of the pink shrimp *Penaeus duorarum*. Bull. Mar. Sci. 17(4): 769-786.
- Wiseman, W.J. Jr. y Sturges W. 1999. Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology. In: H. Kumpf, K. Steindenger y K. Sherman (eds.) The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, Sustainability, and Management. Blackwell Science, Inc.: 77-92.
- Willmann, R. y S. Gracia. 1985. A bioeconomic model of sequential artisanal and industrial fisheries for tropical shrimp (with a case study of Suriname shrimp fisheries). FAO Fish. Tech. Pap. 270, 49 p.
- Yáñez-Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil. 1983. Environmental behavior of Campeche Sound ecological system, off Terminos Lagoon Mexico: Preliminary results. An. Inst. Cienc. Mar y Limn. Univ. Nal. Autón. Mexico 10(1): 117-136.
- Yáñez-Arancibia A., A.L. Lara-Domínguez, P. Chavance y D. Flores-Hernández. 1983. Environmental behavior of Terminos Lagoon ecological system, Campeche, Mexico. An. Inst. Cienc. Mar y Limn. UNAM, 10(1): 137-176.
- Yáñez-Arancibia A., P. Sánchez-Gil, G. Villalobos y R. Rodríguez-Capetillo. 1985. Distribución y abundancia de las especies dominantes en las poblaciones de peces demersales en la plataforma continental mexicana del Golfo de México. In: Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos pesqueros potenciales de México: la fauna acompañante del camarón. PUAL-UNAM-SEPESCA, México: 315-397.
- Yáñez-Arancibia, A. y J.W. Day. 1988. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical Lagoon-Estuarine system in the Southern Gulf of Mexico. In: A. Yáñez-Arancibia y J.W. Day Jr. (eds.) Ecología de los ecosistemas costeros en el Sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc.del Mar y Limn. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU: 1-26.
- Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil P. 1988. Caracterización ambiental de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos. In: A. Yáñez-Arancibia y J.W. Day, Jr. (eds.) Ecología de los ecosistemas costeros en el Sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. Instituto Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Coastal Ecology Institute, Louisiana State University: 41-50.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil y H. Alvarez-Guillén. 1988. Evaluación ecológica de las comunidades de peces en la Laguna de Términos y la Sonda de Campeche. In: A. Yáñez-Arancibia y J.W. Day Jr. (eds.) Ecología de los ecosistemas costeros en el Sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc.del Mar y Limn. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU: 323-353.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, J.L. Rojas-Galaviz, D. Flores-Hernández, F. Arreguín-Sánchez, J. Ramos-Miranda y J. Sánchez-Chávez. 1994. Ecología y recursos pesqueros en el sur del Golfo de México. In: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán. Univ. Autón. Campeche. Epomex, Ser. Científ. 2: 111-132.
- Ye, Y. y H.M.A. Mohammed. 1999. An analysis of variation in catchability of green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus*, in waters off Kuwait. Fish. Bull. 97: 702-712.

9 LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

- FIGURA 1. Producción anual de camarón en la Sonda de Campeche, de 1949 a 1999. 3
- FIGURA 2. Producción pesquera del Estado de Campeche en 1999. (FAC= Fauna de Acompañamiento; SRO= Producción sin registro oficial). 5
- FIGURA 3. Zonas de pesca de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* en el Golfo de México y áreas restringidas por la explotación de petróleo. 6
- FIGURA 4. Distribución del camarón rosado *F. duorarum* en el Golfo de México. La intensidad del sombreado representa mayor abundancia (Fuentes et al. 1976). 9
- FIGURA 5. Esquema de los pasos seguidos para el desarrollo del modelo de simulación de la pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. 29
- FIGURA 6. Anomalías de la captura de categorías comerciales 41-50 y 51-60 colas de camarón rosado *F. duorarum* por libra. (Cym = captura del mes m del año y). 30
- FIGURA 7. Datos reestructurados de frecuencias de tallas mensuales y curvas de crecimiento por temporada a partir del método ELEFAN I, para *Farfantepenaeus duorarum* en la Sonda de Campeche de 1984 a 1988. 31
- FIGURA 8. Captura total mensual, observada (línea suave) y estimada (rombos) de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche durante el periodo de 1969 a 1994, y su tendencia (promedio móvil de orden 12, línea gruesa). 36
- FIGURA 9. Composición por edades de la captura por temporada de pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. Individuos de 2 y 3 meses de edad (línea con círculos); de 4 a 6 meses (línea con cuadros); de 7 a 11 meses (línea con rombos). 36
- FIGURA 10. Patrón estacional del reclutamiento ($t= 3$ meses) para el camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. 37
- FIGURA 11. Proporciones Reclutas/Stock (R/S) (línea gruesa) y Adultos/Stock (A/S) (línea delgada) por temporada de pesca para el camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. 37
- FIGURA 12. Tendencia de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (línea gruesa) y de la captura (línea suave) por temporada de pesca de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. 38
- FIGURA 13. Patrón promedio de mortalidad por pesca por mes por edad, para camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, durante el periodo de 1969 a 1994. Individuos de 2 a 3 meses de edad (línea con círculos); de 4 a 6 meses (línea punteada con cuadros); de 7 a 11 meses (línea con rombos); todas las edades (línea gruesa). 38
- FIGURA 14. Isolíneas de abundancia de la población (millones de individuos) de camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, por mes y año. 39
- FIGURA 15. (A) Tipos de patrones de reclutamiento del camarón rosado *F. duorarum* en la Sonda de Campeche. Tipo I (línea gruesa); Tipo II (línea suave); promedio (línea punteada). (B) Patrones de la temperatura superficial del mar (SST) y salinidad en la Sonda de Campeche. 40
- FIGURA 16. (A) Diagrama de dispersión de temporadas de pesca de camarón rosado basado en un análisis de componentes principales, y tipo de patrón de reclutamiento. (Tipo I, círculos; Tipo II, rombos). (B) Diagrama de dispersión de los meses como variables y su contribución a los componentes principales 1 y 2. 40

FIGURA 17. Grupos de meses (clusters) determinados a partir de las proporciones de reclutamiento por mes del camarón rosado <i>F. duorarum</i> a la Sonda de Campeche de 1970 a 1994.	41
FIGURA 18. Reclutamiento del camarón rosado <i>F. duorarum</i> por grupos de meses. De diciembre a junio (línea suave), de julio a noviembre (línea gruesa) y diferencia entre ellos (línea punteada). Reclutamiento Tipo I (círculos); Tipo II (rombos).	41
FIGURA 19. Correlación entre el promedio de reclutamiento del camarón rosado a la Sonda de Campeche durante julio – noviembre (círculos), y de diciembre a junio (rombos), y la temperatura superficial del mar (SST) promedio de los tres meses anteriores.	42
FIGURA 20. Correlación entre el promedio de reclutamiento del camarón rosado a la Sonda de Campeche durante julio – noviembre (círculos), y de diciembre a junio (rombos), y la salinidad superficial del mar (SST) promedio de los tres meses anteriores.	43
FIGURA 21. Isolíneas de reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche como función de la temperatura superficial (SST) y salinidad para los periodos de diciembre – junio (arriba) y julio – noviembre (abajo).	43
FIGURA 22. Relación del reclutamiento de <i>Farfantepenaeus duorarum</i> (línea gruesa) con la salinidad y la temperatura superficial promedio (líneas suaves) en la Sonda de Campeche, de 1969 a 1991.	44
FIGURA 23. Número de reclutas (línea gruesa) y adultos (línea suave) de camarón rosado <i>F. duorarum</i> , por generación y año biológico en la Sonda de Campeche.	45
FIGURA 24. Relaciones entre adultos y reclutas (SRR) del camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche, por generación y año biológico. Reclutamiento observado (rombos), estimado con el modelo de Beverton y Holt incorporando temperatura superficial (círculos), y sin incorporarla (línea).	47
FIGURA 25. Tendencias del reclutamiento del camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche, por generación y año biológico. Valores observados (línea continua), estimados a partir del modelo de Beverton y Holt incorporando la temperatura superficial (línea gruesa) y sin incorporarla (línea punteada). Valores de temperatura superficial (línea con puntos).	49
FIGURA 26. Simulación de la captura por temporada de pesca de camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche. Captura observada (línea gruesa); captura simulada a partir del análisis de población virtual (líneas suave); captura predicha con el patrón de mortalidad por pesca promedio de las temporadas 1990 a 1993 constante (línea punteada); captura estimada a partir de la registrada en Puerto Campeche (línea con puntos).	52
FIGURA 27. Simulación de la captura por temporada de pesca de camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche bajo el sistema de vedas. a) Considerando los periodos de veda aplicados de 1994 al 2001; b) Incrementado en 30% el patrón de pesca; c) Disminuyendo en 53% el reclutamiento. Captura observada (línea gruesa); captura simulada a partir del análisis de población virtual (líneas suave); captura estimada a partir de la registrada en Puerto Campeche (línea con puntos); captura predicha (línea con rombos).	53

TABLAS

TABLA 1.	Duración de los estadios de desarrollo en la historia de vida de <i>Farfantepenaeus duorarum</i> (Burkenroad, 1939).	10
TABLA 2.	Temporadas y estadios de desarrollo del camarón rosado <i>Farfantepenaeus duorarum</i> (Burkenroad, 1939) en el Golfo de México.	12
TABLA 3.	Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para <i>Farfantepenaeus duorarum</i> (Burkenroad, 1939) en el Golfo de México; \emptyset' = índice de patrón de crecimiento.	13
TABLA 4	Estimaciones de mortalidad natural para <i>Farfantepenaeus duorarum</i> (Burkenroad, 1939) en el Golfo de México.	14
TABLA 5.	Número de barcos camaroneros registrados en el Estado de Campeche.	16
TABLA 6.	Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy calculados para <i>Farfantepenaeus duorarum</i> en la Sonda de Campeche. \emptyset' = índice de patrón de crecimiento.	32
TABLA 7.	Comparación entre la duración observada de estadios de desarrollo del camarón rosado <i>F. duorarum</i> (ver Tabla 1) y la estimada aplicando la estrategia de división gnomónica del tiempo.	33
TABLA 8.	Vectores de mortalidad natural (M_i) estimados para <i>Farfantepenaeus duorarum</i> a partir de modelo gnomónico (Caddy, 1996). Parámetros de referencia: longevidad $t_x = 480$ y 600 días, con tres niveles de fecundidad promedio en el periodo de vida (MLF). G y a son constantes calculadas por el modelo.	33
TABLA 9.	Longitud total y desviación estándar estimadas para cada grupo de edad de camarón rosado <i>Farfantepenaeus duorarum</i> de la Sonda de Campeche.	35
TABLA 10.	Clave de edad – longitud total en términos de probabilidad para el camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche.	35
TABLA 11.	Parámetros del modelo de Beverton y Holt para la relación entre el número de adultos y reclutas (SRR) de camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche sin incorporar la temperatura superficial del mar (B&H), e incorporándola (B&H SST). R = coeficiente de correlación; R^2 = coeficiente de determinación.	46
TABLA 12.	Estadísticos del modelo de Beverton y Holt para relación adultos – reclutas, del camarón rosado <i>F. duorarum</i> en la Sonda de Campeche, estimados a partir de la técnica de remuestreo “bootstrap”.	48
TABLA 13.	Valores promedio de la tasa de mortalidad por pesca por mes y edad durante las temporadas de pesca 1990/1991 a 1992/1993 de camarón rosado en la Sonda de Campeche.	51

10 APÉNDICES

- 10.1 Ramírez-Rodríguez, M., E.A. Chávez y F. Arreguín-Sánchez. 2000. Perspectiva de la pesquería de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad) en la Sonda de Campeche, México. *Ciencias Marinas*, México 26(1): 97-112.
- 10.2 Ramírez-Rodríguez, M. y F. Arreguín-Sánchez. 2000. Growth of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in Campeche Sound, Mexico. *Crustaceana* 73(10): 1263-1272.
- 10.3 Ramírez-Rodríguez, M y F. Arreguín-Sánchez. Life history, stage duration and natural mortality for the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in the southern Gulf of Mexico: using the gnomonic model for time division. *Fisheries Research* (en prensa).
- 10.4 Ramírez-Rodríguez, M y F. Arreguín-Sánchez. Spawning stock-recruitment relationships of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in the southern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* (en prensa).