



**Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología**

Universidad Nacional Autónoma de México

Unidad Académica Mazatlán



**“Estimación de la abundancia de las poblaciones de  
camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900)  
en el sureste del golfo de California aplicando  
el teorema de Bayes”**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**Maestro en Ciencias  
(Biología Marina)**

p r e s e n t a

**Biól. Pesq. Roberto Paredes Mellado**

Director de Tesis: **Dr. Juan Madrid Vera**

Comité Tutorial: **Dr. Michel E. Hendrickx Reners  
Dr. Hugo Aguirre Villaseñor  
Dr. Luis A. Soto González  
Dr. Arturo Ruiz Luna**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatoria

A la memoria de Martha Canizales<sup>†</sup>, mi abuela;  
gracias por todos sus consejos, los cuales aún sigo escuchando:  
que Dios la tenga en su gloria.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que por conducto del posgrado ofrecido por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, contribuyó con mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico brindado.

A mi director de tesis, el Dr. Juan Madrid Vera, mi agradecimiento más sincero por su apoyo incondicional, así como su tiempo, paciencia y dedicación.

A los miembros del comité tutorial: Dr. Michel E. Hendrickx Reners, Dr. Hugo Aguirre Villaseñor, Dr. Luis A. Soto González y Dr. Arturo Ruiz Luna, gracias por sus acertados comentarios que ayudaron a enriquecer la investigación.

Al Instituto Nacional de la Pesca y a todo el personal que labora en el Programa Camarón del Centro Regional de Investigación Pesquera en Mazatlán por el apoyo invaluable para la realización del presente trabajo de investigación.

Al M. en C. Darío Chávez Herrera, por compartir sus conocimientos sobre camarones y al M. en C. Juan M. Melchor Aragón, por sus acertadas observaciones y por haber sido parte de este trabajo.

A mi esposa, Adriana Berenice, por el amor, apoyo y comprensión en los momentos y decisiones importantes en mi vida.

A mi hijo, Luis Roberto, por darle sentido a mi vida y darme la fuerza para seguir adelante.

A mi madre Gloria y mi tía Josefina por fomentar en mi la sencillez y el deseo de superación, por apoyarme en todo momento y poder así seguir adelante.

A la Familia Chávez Arrenquín, a quienes quiero y respeto, por su confianza depositada en mí y por haberme permitido formar parte de su familia: gracias de todo corazón.

A mis compañeros y amigos Neptalí Morales, Pablo Zamorano, Julio Herrera, Iván Martínez, Daniel Moreno y Alberto Ramírez por compartir conmigo una parte de su vida y enseñarme que la amistad se forja en momentos buenos y se demuestra en los malos.

A los responsables de la biblioteca y centro de cómputo, gracias por el apoyo brindado en todo momento.

A Margarita Cordero, por su paciencia y dedicación hacia nosotros los estudiantes.

A todas aquellas personas que, por diversas razones, en este momento se escapan de mi memoria, mi mejor agradecimiento.

## Índice general

	<b>Página</b>
Dedicatoria.....	<i>ii</i>
Agradecimientos.....	<i>iii</i>
Resumen.....	<i>v</i>
Índice general.....	<i>vi</i>
Índice de cuadros.....	<i>viii</i>
Índice de figuras.....	<i>viii</i>
I. Introducción.....	<i>1</i>
II. Antecedentes.....	<i>4</i>
II.1 Taxonomía y biología del recurso.....	<i>4</i>
II.2 Descripción de la unidad de pesca.....	<i>9</i>
II.3 Medidas administrativas.....	<i>10</i>
II.4 Fundamento de los modelos.....	<i>10</i>
III. Hipótesis.....	<i>13</i>
IV. Objetivos.....	<i>13</i>
IV.1 Objetivo general.....	<i>13</i>
IV.2 Objetivos específicos.....	<i>13</i>
V. Área de estudio.....	<i>14</i>
VI. Material y métodos.....	<i>17</i>
VI.1 Muestreo biológico.....	<i>17</i>
VI.2 Trabajo de gabinete.....	<i>18</i>
VII. Resultados.....	<i>23</i>
VII.1 Composición de la captura total.....	<i>23</i>

	<b>Página</b>
VII.2 Estimación de los parámetros poblacionales del camarón café durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004.....	24
VII.3 Estimación de los parámetros poblacionales del camarón café durante periodos de veda de 1992 al 2004.....	30
VII.4 Estimación de la probabilidad previa y posterior de los modelos de máxima verosimilitud para las temporadas de pesca y los periodos de veda.....	39
VIII. Discusión.....	41
VIII.1 Composición de la captura total.....	41
VIII.2 Estimación de los parámetros poblacionales del camarón café durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004 y los periodos de veda de 1992 al 2004.....	42
VIII.3 Estimación de las probabilidades previa y posterior de los modelos de máxima verosimilitud para las temporadas de pesca y los periodos de veda.....	45
IX. Conclusiones.....	46
X. Bibliografía.....	48

## Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Estado actual de los diferentes stocks de camarón en el Pacífico mexicano (INP 2002a).....	2
2	Periodos de reproducción de los camarones peneidos de importancia comercial en Sinaloa y Nayarit (INP 2004; Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1994).....	7
3	Porcentaje de la captura total de las cuatro especies de camarones comerciales en las regiones de Sinaloa y Nayarit ( <sup>1</sup> Madrid <i>et al.</i> 2001b; <sup>2</sup> Chávez-Herrera 2001; <sup>3</sup> Madrid <i>et al.</i> 2002).....	8
4	Valores estimados para los parámetros poblacionales y las cantidades de manejo del camarón café ( <sup>1</sup> Morales-Bojórquez <i>et al.</i> 2001; <sup>2</sup> Sierra-Rodríguez <i>et al.</i> 2000; <sup>3</sup> Madrid <i>et al.</i> 2003b). Donde <i>a</i> es error de observación y <i>b</i> error de proceso.....	11
5	Captura en toneladas (t) y en porcentaje (%) de las cuatro especies de camarones comerciales en las temporadas de pesca de 1996 al 2004.....	23
6	Captura en toneladas (t) y en porcentaje (%) de las cuatro especies de camarones comerciales de los muestreos realizados en los periodos de veda de 1992 al 2004.....	23
7	Cantidades de manejo estimados para el camarón café durante las temporadas de pesca.....	29
8	Cantidades de manejo estimados para el camarón café durante los periodos de veda.....	38

## Índice de figuras

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Área de estudio con zonas de pesca del camarón de alta mar en el Pacífico mexicano (INP 2002a; García-Borbón <i>et al.</i> 2005).....	14
2	Área de pesca del camarón de alta mar correspondiente a la zona 30, en la costa norte de Sinaloa (INP 2002a; García-Borbón <i>et al.</i> 2005).....	15



<b>Figura</b>		<b>Página</b>
3	Áreas de pesca del camarón en alta mar correspondiente a las zonas 40 y 60, en la costa sur de Sinaloa y norte de Nayarit (INP 2002a; García-Borbón <i>et al.</i> 2005).....	16
4	Biomasa (columnas) y CPUE (línea) para el camarón café durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004.....	24
5	Estimación de la biomasa de camarón café por el modelo de error de observación (línea sólida) en las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la biomasa observada.....	25
6	Estimación de la CPUE de camarón café por el modelo de error de observación (línea sólida) en las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la CPUE observada.	25
7	Biomasa de camarón café obtenida por el modelo de error de observación durante las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95%.....	26
8	CPUE de camarón café obtenida por el modelo de error de observación durante las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los Intervalos de confianza del 95%.....	26
9	Perfiles de verosimilitud para los diferentes parámetros K (A), r (B), q (C) y $\delta$ (D) del camarón café durante las temporadas de pesca con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el $-\ln L$ y la gruesa la probabilidad de una distribución $1-\chi^2$ .....	27
10	Estimación de los intervalos de confianza para los diferentes parámetros K (A), r (B), q (C) y $\delta$ (D) del camarón café durante las temporadas de pesca con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el $-\ln L$ y la gruesa la probabilidad de una distribución $1-\chi^2$ .....	28
11	Biomasa de camarón café observada en cada temporada de pesca (círculos negros) y producción excedente máxima $0.25rK$ estimada por el modelo de error de observación (círculos blancos).....	29
12	Captura (Columnas) y CPUE (línea) para el camarón café en los periodos de veda de 1992 al 2004.....	30

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
13	Estimación de la biomasa de camarón café por el modelo de error de observación (línea punteada) y el modelo de error de proceso (línea sólida) en los periodos de veda. Los círculos negros representan la biomasa observada.....	31
14	Estimación de la CPUE de camarón café por el modelo de error de observación (línea punteada) y el modelo de error de proceso (línea sólida) en los periodos de veda. Los círculos negros representan la CPUE observada.....	31
15	Biomasa de camarón café calculada por el modelo de error de observación durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la captura observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95%.....	32
16	Biomasa de camarón café obtenida por el modelo de error de proceso durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la captura observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95%.....	32
17	CPUE de camarón café estimada por el modelo de error de observación durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los Intervalos de confianza del 95%.....	33
18	CPUE de camarón café calculada por el modelo de error de proceso durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos del intervalo de confianza del 95%.....	33
19	Perfiles de verosimilitud para los diferentes parámetros K (A), r (B), q (C) y $\delta$ (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el $-\ln L$ y la gruesa la probabilidad de una distribución $1-\chi^2$ .....	34
20	Estimación de los intervalos de confianza para los diferentes parámetros K (A), r (B), q (C) y $\delta$ (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el $-\ln L$ y la gruesa la probabilidad de una distribución $1-\chi^2$ .....	35

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
21	Perfiles de verosimilitud y probabilidad $1-\chi^2$ para los diferentes parámetros K (A), r (B), q (C) y $\delta$ (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de proceso. La línea delgada representa el $-\ln L$ y la gruesa la probabilidad de una distribución $1-\chi^2$ .....	36
22	Estimación de los intervalos de confianza para los diferentes parámetros K (A), r (B), q (C) y $\delta$ (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de proceso. La línea delgada representa el $-\ln L$ y la gruesa la probabilidad de una distribución $1-\chi^2$ ....	37
23	Biomasa de camarón café observada durante los periodos de veda (círculos negros) y la producción excedente máxima $0.25rK$ estimada por los modelos de error de observación (círculos blancos) y error de proceso (línea punteada).....	38
24	Probabilidad previa estimada con el teorema de Bayes para la biomasa de camarón café, durante las temporadas de pesca por el modelo de error de observación (línea sólida)...	39
25	Probabilidad previa estimada con el teorema de Bayes para la biomasa de camarón café, durante los periodos de veda por los modelos de error de observación (línea sólida) y error de proceso (círculos negros).....	39
26	Probabilidad posterior estimada con el teorema de Bayes para la biomasa de camarón café utilizando los modelos de errores de observación y proceso.....	40
27	Probabilidad estimada por el teorema de Bayes para cada uno de los modelos de máxima verosimilitud. M1 representa la probabilidad del modelo de error de observación durante las temporadas de pesca; M2 y M3 son los modelos de error de observación y error de proceso durante los periodos de veda.....	40
28	Probabilidad acumulada de la biomasa de camarón café al 50% durante las temporadas de pesca por error de observación (cuadros blancos); y durante los periodos de veda asumiendo error de observación (línea sólida) y proceso (círculos blancos).....	41

## Resumen

Se analizaron los datos de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería del camarón café en el sureste del golfo de California, durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004 y los periodos de veda de 1992 al 2004. La información analizada en este trabajo procede de los avisos de arribo de la subdelegación de pesca de la SAGARPA en Sinaloa y los cruceros de prospección realizados por el INP. Se utilizó el modelo de Schaefer en su versión estocástica, para estimar los parámetros poblacionales como son la capacidad de carga del sistema (K), la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), el coeficiente de capturabilidad (q) y el tamaño virgen de la población sometida a pesca ( $\delta$ ). El ajuste se realizó asumiendo las dos fuentes de variación de los datos: el error de observación (error en la toma de datos) y el error de proceso (factores no incluidos en el modelo). Los resultados muestran que durante las temporadas de pesca por error de observación la K= 8,000 t, la r= 1.60, la q=  $1 \times 10^{-6}$  y la  $\delta$ = 0.145. Durante los periodos de veda los valores encontrados muestran una K= 9,560 t, la r= 1.77, la q=  $1.6 \times 10^{-7}$  y la  $\delta$ = 0.125 por error de observación y por error de proceso la K= 9,510 t, la r= 1.74, la q=  $1.5 \times 10^{-7}$  y la  $\delta$ = 0.13. Un análisis basado en el teorema de Bayes determinó que la población de camarón café, durante los periodos de veda es de 3,250 t y para finales de la temporada de pesca la biomasa de camarón disminuyó a 2,500 t. La biomasa de camarón café disponible para cada temporada se encuentra alrededor de las 3,000 t en el sureste del golfo de California.

## I. Introducción

La pesquería del camarón en el Pacífico mexicano es una de las más importantes en el país, por las divisas que genera y la gran cantidad de personas dedicadas a esta actividad (INP 2000). El número de empleos que se genera directa o indirectamente es de aproximadamente 130,000 y mantiene a más de 700,000 personas, lo que representa el 0.7% de la población del país (Hernández-Carballo 2004). Este recurso es multiespecífico, dinámico, con alto potencial reproductivo y cuyo ciclo de vida es relativamente corto, menos de dos años (Costello y Allen 1970; Pérez-Velásquez y Gracia 2000; Kee-Cha *et al.* 2002; INP 2002a).

En el Pacífico mexicano se produce el 57% del total de camarón de alta mar (14,700 t) y sus capturas están representadas por cuatro especies (*Litopenaeus stylirostris*, *L. vannamei*, *Farfantepenaeus californiensis* y *F. brevirostris*) que constituyen el 90% de la captura. Los estados de Sinaloa y Nayarit contribuyen con 7,000 y 220 t, esto representa el 48 y 1% respectivamente (SAGARPA 2002).

La especie que soporta la mayor parte de la pesquería de camarón en el litoral del Pacífico es el camarón café, *F. californiensis*, que representa aproximadamente el 60% de la captura total. Es notable que económicamente, el valor que esta captura ha generado, ha sido mucho menor que la obtenida por los camarones azul y blanco, sin embargo, la abundancia de camarón café, ha permitido que exista un mayor beneficio social al mantener la ocupación de la mano de obra durante un mayor tiempo (INP 2000).

Según los datos del Instituto Nacional de la Pesca, la salud de las pesquerías de camarón en ambas costas de México es crítica. En el Pacífico mexicano, las pesquerías de los camarones azul y blanco han sido declaradas en franco deterioro, en tanto que la del camarón café está al nivel de máximo rendimiento sostenible (Cuadro 1) (INP 2002a).

Cuadro1. Estado actual de los diferentes stocks de camarón en el Pacífico mexicano (INP 2002a).

Zona de pesca	Especie	Estado actual
Alto golfo	Azul	Deteriorado
	Café	En el límite sustentable
Centro-sur de Sonora	Azul	Deteriorado
	Café	En el límite sustentable
Costa occidental de B.C.S.	Azul	Deteriorado
	Café	Deteriorado
Sinaloa y Nayarit	Azul	Deteriorado
	Blanco	Muy deteriorado
	Café	En el límite sustentable

Dada la importancia de esta pesquería y la variabilidad interanual de diversos parámetros poblacionales en especies con ciclos de vida corto como los camarones peneidos, es de vital importancia la continua actualización del conocimiento de la dinámica poblacional. Se han sugerido diversas causas para tales variaciones como son el esfuerzo pesquero (Márquez-Tiburcio 1976; Medina y Soto 2003), fluctuaciones ambientales (López-Martínez 2000) o una combinación de ambas (Lluch 1977; Solana-Sansores y Arreguín-Sánchez 1993). Todos estos factores pueden provocar que los parámetros y el tamaño de la población cambien de una temporada a otra.

La finalidad básica de la evaluación de una población sometida a pesca, es generar nuevos conocimientos sobre el nivel de explotación óptimo del recurso que permita obtener, a largo plazo, el máximo rendimiento de una pesquería (Sparre y Venema 1995).

Un estudio relacionado con la estructura genética de las poblaciones de dos especies de camarones (*L. stylirostris* y *F. californiensis*) en el golfo de California, propone que la especie *L. stylirostris* presenta subpoblaciones más estructuradas que las de *F. californiensis*, lo cual puede estar relacionado con el tipo de hábitat que ocupan estas especies a lo largo de su ciclo de vida, la primera penetrando en esteros y lagunas costeras donde las condiciones ambientales son muy variables y la otra se desplaza hacia áreas más

oceánicas donde las condiciones son más estables. El análisis de similitudes separa las poblaciones de ambas especies en el alto golfo, respecto a las de la parte central y de la boca. Los autores suponen que esta separación puede ser el resultado de la barrera de islas del alto golfo y que a su vez segrega también a otras especies de decápodos que habitan en el golfo de California (De la Rosa-Vélez *et al.* 2000). Esto permite considerar que se esté trabajando con al menos una de las subpoblaciones de camarón café que presenta sus propias características.

El objetivo del presente trabajo es estimar la biomasa de camarón café en el sureste del golfo de California, a partir de los muestreos biológicos en plantas maquiladoras, avisos de arribo procedentes de la subdelegación de pesca de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en Sinaloa durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004 y los cruceros realizados por el INP durante los periodos de veda de 1992 al 2004. Se usó el modelo de biomasa de Schaefer para estimar los parámetros poblacionales, como son la capacidad de carga del sistema ( $K$ ), la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) y el tamaño virgen de la población sometida a pesca ( $\delta$ ), los cuales pueden ayudarnos a comprender el estado del recurso y determinar los niveles de explotación óptimos.

Finalmente, mediante un análisis estadístico basado en el teorema de Bayes se integraron las probabilidades posteriores de cada uno de los modelos de Schaefer, con la finalidad de lograr un mayor entendimiento de la pesquería. El análisis bayesiano constituye un marco idóneo para proporcionar información sobre la incertidumbre que acompaña al proceso de toma de decisiones. Una toma de decisiones bien fundamentada requiere disponer de análisis cuantitativos que tomen en consideración toda la información relevante. Además de ser adecuado, permite incluir información acerca de otras poblaciones o especies en los análisis, así como un criterio experto.

En el caso del camarón café, no se ha utilizado un enfoque bayesiano para determinar la biomasa de camarón en el sureste del golfo de California. Algunos trabajos importantes tratan de relacionar las capturas con las

variaciones ambientales (López-Martínez 2000; Pérez-Castañeda y Defeo 2001; Pérez-Vivar 2003) y otros con el esfuerzo (Medina y Soto 2003; Morales-Bojórquez *et al.* 2001).

## II. Antecedentes

La República mexicana posee un enorme potencial pesquero con más de 11,000 km de litoral en su parte continental (sin incluir litorales insulares), una plataforma continental de 357,795 km<sup>2</sup> y 12,500 km<sup>2</sup> de esteros y lagunas costeras (Contreras 1988), además de los 3,149,920 km<sup>2</sup> de zona económica exclusiva (Loa-Loza y Durand 1998; González de la Rocha 2003). Sinaloa y Nayarit cuentan con 945 km de litoral (656 y 289 km respectivamente) (Gobierno del estado de Sinaloa 2004; Gobierno del estado de Nayarit 2004).

En general la actividad pesquera del país está concentrada principalmente en el litoral del Pacífico mexicano. Los estudios realizados con el camarón café, que nos pueden servir como antecedentes en este trabajo, los podemos dividir en cuatro grupos: aquellos dedicados a la taxonomía y biología del recurso, a la descripción de la unidad de pesca, a las medidas administrativas y los orientados hacia los fundamentos de los modelos empleados.

### II.1 Taxonomía y biología del recurso

Los camarones de la familia Penaeidae, son organismos marinos con el tegumento poco calcificado, liso y el cuerpo de consistencia blanda. Presentan un rostro bien desarrollado, siempre armado de dientes dorsales, con o sin dientes ventrales, la espina postorbital está ausente y la espina hepática está bien marcada. La base de los pedúnculos oculares carece de una proyección estiliforme y de un tubérculo sobre el borde interno y presenta una escama en la base (ocasionalmente reducida). La prosartema es bien desarrollada. Los primeros segmentos abdominales no presentan carina o muesca dorsal y los surcos laterales no son pronunciados. Los primeros tres pares de pereiópodos terminan en pinzas; los terceros y cuartos pares de pleópodos son birrámeos.



variaciones ambientales (López-Martínez 2000; Pérez-Castañeda y Defeo 2001; Pérez-Vivar 2003) y otros con el esfuerzo (Medina y Soto 2003; Morales-Bojórquez *et al.* 2001).

## **II. Antecedentes**

La República mexicana posee un enorme potencial pesquero con más de 11,000 km de litoral en su parte continental (sin incluir litorales insulares), una plataforma continental de 357,795 km<sup>2</sup> y 12,500 km<sup>2</sup> de esteros y lagunas costeras (Contreras 1988), además de los 3,149,920 km<sup>2</sup> de zona económica exclusiva (Loa-Loza y Durand 1998; González de la Rocha 2003). Sinaloa y Nayarit cuentan con 945 km de litoral (656 y 289 km respectivamente) (Gobierno del estado de Sinaloa 2004; Gobierno del estado de Nayarit 2004).

En general la actividad pesquera del país está concentrada principalmente en el litoral del Pacífico mexicano. Los estudios realizados con el camarón café, que nos pueden servir como antecedentes en este trabajo, los podemos dividir en cuatro grupos: aquellos dedicados a la taxonomía y biología del recurso, a la descripción de la unidad de pesca, a las medidas administrativas y los orientados hacia los fundamentos de los modelos empleados.

### **II.1 Taxonomía y biología del recurso**

Los camarones de la familia Penaeidae, son organismos marinos con el tegumento poco calcificado, liso y el cuerpo de consistencia blanda. Presentan un rostro bien desarrollado, siempre armado de dientes dorsales, con o sin dientes ventrales, la espina postorbital está ausente y la espina hepática está bien marcada. La base de los pedúnculos oculares carece de una proyección estiliforme y de un tubérculo sobre el borde interno y presenta una escama en la base (ocasionalmente reducida). La prosartema es bien desarrollada. Los primeros segmentos abdominales no presentan carina o muesca dorsal y los surcos laterales no son pronunciados. Los primeros tres pares de pereiópodos terminan en pinzas; los terceros y cuartos pares de pleópodos son birrámeos.

El endopodito de los segundos pleópodos del macho porta solamente un apéndice masculino (Hendrickx 1995).

El camarón café *F. californiensis*, objeto de este estudio, presenta las siguientes características: rostro con dientes dorsales y ventrales, surco y carina adostrales largos, sobrepasando ampliamente el nivel del diente epigástrico, llegando frecuentemente cerca del borde posterior del caparazón (acanalada); carina gastro-frontal presente; carina gastro-orbital larga, cubriendo por los menos 4/5 de la distancia entre la espina hepática y el margen orbital; parte posterior del surco adostrado casi recta (Hendrickx 1995).

La mayoría de los órganos de los camarones se encuentran en la región del cefalotórax. El cerebro es trilobulado y presenta un ganglio supraesofágico. El sistema nervioso es ventral en el tórax y en el abdomen, con los ganglios metamerizados. El corazón es ventral y se conecta directamente con el hemoceloma a través de arterias abdominal, ventral y dorsal. El sistema digestivo se compone de boca, estómago y hepatopáncreas situados en el cefalotórax; un intestino en el abdomen y el ano situado ventralmente donde comienza el telson (Martínez-Córdova 1999).

Todos los camarones peneidos del Pacífico mexicano presentan un dimorfismo sexual. Las hembras presentan un órgano ventral (télico) entre el cuarto y quinto par de pereiópodos que funciona a manera de receptáculo seminal. En el género *Litopenaeus*, se presenta un télico abierto sin receptáculo espermático; a este grupo pertenecen *L. stylirostris* (Stimpson, 1871), *L. vannamei* (Boone, 1931) y *L. occidentales* (Streets, 1871). En *Farfantepenaeus*, las especies son de télico cerrado (*F. californiensis* Holmes, 1900 y *F. brevirostris* Kingsley, 1878). El macho presenta el primer par de pleópodos modificado para formar un órgano reproductivo externo (petasma) bien desarrollado, visible (en organismos maduros) y con una estructura característica de cada especie (Hendrickx 2001).

Los camarones de la familia Penaeidae se clasifican dentro de las siguientes categorías jerárquicas (Pérez-Farfante y Kensley 1997):

Phylum: Arthropoda  
Subphylum: Crustacea Brunnich, 1772  
Clase: Malacostraca Latreille, 1806  
Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892  
superorden: Eucarida Calman, 1904  
Orden: Decapoda Latreille, 1803  
Suborden: Dendobranchiata Bate, 1888  
Superfamilia: Penaeoidea Rafinesque, 1815  
Familia: Penaeidae Rafinesque, 1815

Los camarones peneidos son organismos con ciclo de vida corto, que alcanzan la edad de 1 a 2 años. Sus huevos son demersales y, después de la eclosión, tienen once estadios larvarios planctónicos (5 nauplios, 3 protozoas y 3 mysis), pasando de una fase a otra por medio de una muda. La última de estas mudas la transforma en una postlarva que ya tiene la apariencia general de un adulto, pero su fórmula rostral está incompleta (Rodríguez de la Cruz y Chávez-Ortiz 1996; INP 2000).

El camarón café es una especie que depende poco de los esteros (menos del 25% de su ciclo de vida) o, incluso, puede no ingresar a los esteros y mantenerse en zonas someras cercanas a la costa y la posición relativa de los adultos es en aguas marinas a mayores profundidades (García y Le Reste 1987). Sin embargo, Edwards (1977) y Aragón-Noriega y Alcántara-Razo (2005) señalan que el camarón café penetra en los estuarios y lagunas costeras, donde llega a formar parte importante de las capturas.

La reproducción es un aspecto importante para todos los organismos vivos. Es un proceso mediante el cual las poblaciones se perpetúan. Los camarones como estrategas *r*, están adaptados a vivir en ambientes en los que existe una elevada tasa de mortalidad independiente de la densidad; asignan gran parte de sus recursos energéticos a la reproducción y en consecuencia tienen una elevada tasa de nacimiento y una vida corta. En general son poco especializados (ej. hábitos alimenticios) y el tamaño de la población es propenso a presentar grandes fluctuaciones del número de individuos (Caddy y Sharp 1988). Los camarones peneidos se reproducen todo el año; cada mes puede encontrarse individuos de diferentes cohortes (Gracia y Soto 1990). Sin embargo, hay periodos con mayor frecuencia de reproducción dependiendo de

la especie. Tal es el caso de las especies de camarones que habitan en las costas de Sinaloa y Nayarit (Cuadro 2).

Cuadro 2. Periodos de reproducción de los camarones peneidos de importancia comercial en Sinaloa y Nayarit (INP 2004; Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1994).

Especie	Periodo de reproducción
<i>L. stylirostris</i>	Abril a julio
<i>L. vannamei</i>	Mayo a septiembre
<i>F. californiensis</i>	Todo el año
<i>F. brevisrostris</i>	Todo el año

Las especies de Penaeidae bentónicas habitan sobre la plataforma continental conformada de fondo limo-arenoso con gran contenido de partículas y materia orgánica en suspensión (García y Le Reste 1987). Algunas especies del género *Litopenaeus* (*L. stylirostris* y *L. vannamei*) viven en zonas más cercanas a la costa, son resistentes a las variaciones de salinidad y su actividad es principalmente de día. En cambio, las del género *Farfantepenaeus* (*F. californiensis* y *F. brevisrostris*) se distribuyen en zonas más profundas, aunque también se les pueden encontrar dentro de los sistemas lagunares; son sensibles a los cambios de salinidad y tienen una actividad principalmente nocturna (Rodríguez de la Cruz 1981; García-Borbón *et al.* 1996). Son organismos que presentan un régimen alimenticio planctónico en estadio de larvas y postlarvas. En estadio adulto, su dieta es típica de un omnívoro e incluye detritus, gasterópodos, poliquetos, macroalgas, entre otros (Rosales-Juárez 1976; Porchas-Cornejo *et al.* 1999).

El camarón café *F. californiensis* se distribuye desde la bahía de San Francisco, California, hasta Callao, Perú (Ruíz-Durá 1993; Hendrickx 1996), en fondos arenosos o lodosos, entre 2 y 180 m (Vargas y Cortés 1999). Se encuentra en todo el litoral del Pacífico mexicano, aunque su distribución no es muy uniforme. En el golfo de California es muy abundante en la parte central y norte, es escaso frente a las costas de Jalisco y Nayarit, y se encuentra en mayor abundancia en el golfo de Tehuantepec (INP 2000).

En la distribución y la abundancia de los camarones influyen algunos factores como la temperatura, la profundidad y la salinidad. Los camarones son organismos poiquiloterms (de sangre fría) y se caracterizan por presentar la misma temperatura del medio exterior. Los camarones azul y blanco presentan una correlación positiva con la temperatura y negativa con la profundidad. Los camarones café y cristal presentan una correlación negativa con la temperatura y positiva con la profundidad (Madrid *et al.* 2001b; Chávez-Herrera 2001).

La abundancia de las especies cambia con la latitud. En el caso del camarón azul, su abundancia se incrementa de sur a norte y la de blanco se incrementa de norte a sur (Madrid *et al.* 2001b). Estudios recientes sugieren que las mayores concentraciones de camarón café se ubican en la desembocadura del golfo de California, al norte de Sinaloa, con una tendencia a disminuir su presencia en el sur de Sinaloa y norte de Nayarit. La proporción de biomasa por especies de camarón para el Pacífico mexicano es variable y depende del lugar (INP 2000).

En Mazatlán, Rodríguez de la Cruz (1981) encontró que la especie dominante en las capturas fue *F. californiensis* (46%), en segundo lugar *L. vannamei* (29%) y por último *L. stylirostris* (24%). Para el año 1999, las proporciones por especie cambiaron a 46%, 13% y 26%, respectivamente (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). Otros trabajos que se han venido desarrollando con la finalidad de conocer las proporciones entre las especies de camarón capturadas en las costas de Sinaloa y Nayarit (Cuadro 3) son los de Chávez-Herrera (2001) y Madrid *et al.* (2001b, 2002).

Cuadro 3. Porcentaje de la captura total de las cuatro especies de camarones comerciales en las regiones de Sinaloa y Nayarit (<sup>1</sup>Madrid *et al.* 2001b; <sup>2</sup>Chávez-Herrera 2001; <sup>3</sup>Madrid *et al.* 2002).

Especie	Sin-Nay <sup>1</sup>	Sin-Nay <sup>2</sup>	Nayarit <sup>3</sup>
<i>L. stylirostris</i>	36 %	33 %	31 %
<i>L. vannamei</i>	15 %	16 %	56 %
<i>F. californiensis</i>	47 %	50 %	12 %
<i>F. brevirostris</i>	2 %	1 %	1 %

En el Pacífico Este Tropical, Wicksten y Hendrickx (1992, 2004) reconocen la presencia de 39 especies de Penaeoidea, de las cuales 35 presentan una importancia pesquera actual o potencial en la región del Pacífico Centro-Oriental (México hasta el sur de Colombia).

La pesquería de camarón en el Pacífico mexicano incluye diez especies de las cuales cinco son las principales: *Litopenaeus stylirostris*, *L. vannamei*, *L. occidentalis*, *Farfantepenaeus californiensis* y *F. brevirostris* (Chávez 1979; Rodríguez de la Cruz 1981; Macías-Regalado *et al.* 1982).

Para el sur de Sinaloa, Hendrickx (1993) observa la presencia de 19 especies que representan el 86% de la fauna de Penaeoidea conocida para el golfo de California. Este valor, según el autor podría asociarse a la presencia de fondos blandos o mixtos que favorecen la presencia de los camarones peneidos.

## II.2 Descripción de la unidad de pesca

En el Pacífico mexicano la captura de camarones se realiza en barcos con casco de acero, con una eslora aproximada de 15 m y una autonomía de más de 15 días. Estos operan entre las 10 y 60 brazas, con potencia de motor de 220 a 624 HP. Algunos cuentan con equipo de navegación (navegador por satélite, radar, compás y sonda), comunicación (radio transmisor-receptor) y con bodega hasta de 30 t con sistema de refrigeración para conservar el producto (INP 2000).

En 1946 la flota para la captura de camarón en el Pacífico estaba compuesta por 458 barcos que pescaban en promedio 26.8 t de camarón (Rodríguez de la Cruz 1981). Para el año 2002, la flota camaronera de alta mar, estaba compuesta por un total de 1,674 barcos que capturaban en promedio 8.7 t (Hernández-Carballo 2004). En Sinaloa y Nayarit, el número de barcos dedicados a la pesca del camarón es de 776 y 20 respectivamente (INP 2004).

Las embarcaciones utilizan redes de arrastre formadas por una bolsa más o menos cónica que se abre al ser remolcada gracias a una línea de

flotadores en su borde superior, otra de plomo en el inferior y un par de puertas o portalones. Existen varios tipos de redes como resultado del avance tecnológico del sistema de arrastre y las condiciones de operación. Las más usadas en el Pacífico son: balón, semibalón, fantasma, hawaiana y la voladora. Su diseño esta en función de la potencia nominal, de la eslora total y de la capacidad del barco. Los portalones que se utilizan en el arrastre camaronero son de tipo rectangular plano, contruidos de madera, solera y chapa de acero. Su diseño varía en función de la potencia del barco y del tamaño de la red y su área fluctúa entre 1.73 y 3.07 m<sup>2</sup> (INP 2000).

### II.3 Medidas administrativas

En cuanto a las medidas administrativas para el ordenamiento del recurso, la NOM-002-PESC-1993 tiene como propósito garantizar la conservación, la preservación y el óptimo aprovechamiento de las poblaciones de las distintas especies de camarón en aguas de jurisdicción federal (DOF 1993), a través de la aplicación de disposiciones administrativas. Entre estas destacan las vedas espaciales y temporales cuyo objetivo es asegurar el reclutamiento de juveniles y preadultos a la zona marina, además de mantener las poblaciones de reproductores en niveles que permitan contar con un stock de tamaño suficiente para la siguiente temporada de pesca, tanto en aguas protegidas como en la zona marina (INP 2002a; Villaseñor-Talavera 2002 ).

### II.4 Fundamentos de los modelos

Con relación a los fundamentos de los modelos empleados, empezamos por definir la dinámica poblacional, como el cambio en el número de organismos en el tiempo. Su análisis nos permite hacer predicciones sobre nacimiento, crecimiento y migración, de tal forma que una población sometida a la pesca puede tener tres tipos de comportamiento: estable, inestable o cíclico (Hilborn y Walters 1992). Con el objetivo de conocer la dinámica poblacional del camarón café en el golfo de California, diversos autores estimaron los parámetros poblacionales y las cantidades de manejo tales como K, que se define como el nivel de población que puede ser soportado por un entorno específico (Nadal-Egea 1996), r es un valor que cuantifica, el posible

crecimiento de una población entre períodos sucesivos (Nadal-Egea 1996),  $q$  es un parámetro que relaciona la CPUE con la biomasa y está definido como una medida de la interacción de la biomasa del recurso y el esfuerzo pesquero (Arreguín-Sánchez 1996),  $\delta$  es una estructura de referencia biológica que mide la salud del stock (Restrepo 2004), la producción excedente máxima ( $0.25rK$ ) y el tamaño de la población sometida a pesca ( $0.5K$ ) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores estimados para los parámetros poblacionales y las cantidades de manejo del camarón café (<sup>1</sup>Morales-Bojórquez *et al.* 2001; <sup>2</sup>Sierra-Rodríguez *et al.* 2000; <sup>3</sup>Madrid *et al.* 2003b). Donde  $a$  es error de observación y  $b$  error de proceso.

Parámetros	Sonora <sup>1</sup>	Sonora <sup>1</sup>	Sinaloa <sup>2</sup>	Sinaloa <sup>3</sup>	Sinaloa <sup>3</sup>	Unidades
K	32,863	31,912	5,500	23,000	11,000	toneladas
r	2.50	4.06	1.64	2.70	0.73	-
q	$3.1 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$		$5.0 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-3}$	horas
$\delta$			0.978			-
$0.25rK$	20,539	32,391	2,255	15,525	2,008	toneladas
$0.5K$	16,432	15,956	2,750	11,500	5,500	toneladas
	$a$	$b$		$A$	$b$	

En cuanto a los métodos bayesianos, estos permiten hacer una interpretación diferente del concepto de probabilidad; constituyen una herramienta alternativa a la estadística tradicional basada en el contraste de hipótesis. En esencia, se diferencian en que permiten incorporar a la información anterior, otra más actualizada proveniente de una investigación, beneficiando la decisión, ya que no desecha el conocimiento previo sino que por el contrario lo amalgama con el nuevo (Hilborn y Walters 1992). En este sentido, los métodos comúnmente denominados bayesianos han sido aplicados para proponer juicios expertos y rigurosos sobre la inferencia dentro de los métodos tradicionales, sobre todo aquellos que se apoyan en análisis de tipo frecuentista (Francis y Shotton 1997).

En la estadística frecuentista, un parámetro es una magnitud propia de un sistema que se supone permanece constante en un período definido. Entre los parámetros típicos de las poblaciones pesqueras que comúnmente se



manejan se incluyen la tasa natural de sobrevivencia, la tasa de crecimiento y la fecundidad a una edad determinada (Hilborn y Walters 1992).

En pesquerías, el teorema de Bayes se utiliza para generar a partir de la información existente (probabilidad previa) y los nuevos datos, una probabilidad posterior con el fin de alcanzar un mayor conocimiento del fenómeno estudiado (Haddon 2001).

El teorema de Bayes tiene la ventaja, que permite evaluar el riesgo de incertidumbre de ciertos parámetros claves en modelos de dinámica y ecología de poblaciones. Combina datos de la pesquería con información previa, para calcular las probabilidades posteriores, dada una serie de hipótesis alternativas (Hilborn y Walters 1992).

Diversos autores han utilizado un enfoque de tipo bayesiano en la evaluación de diferentes especies sujetas a explotación. Tal es el caso de Morales-Bojórquez (2002) quien analizó el rendimiento de la sardina monterrey (*Sardinops sagax*) en bahía Magdalena B.C.S., ajustando un modelo estocástico de stock-reclutamiento. Hilborn *et al.* (1994), en Nueva Zelanda, utilizan los parámetros de capturabilidad, la tasa de mortalidad y la fecundidad del ratón de cola azul (*Macruronus novaezelandiae*) para estimar el tamaño del stock virgen; Talavera-Maya *et al.* (2000) estimaron la abundancia poblacional del caracol panocha (*Astraea spp.*) en la península de Baja California con la finalidad de determinar el estado de la pesquería; Muciño-Díaz *et al.* (2000) estimaron la abundancia del abulón (*Haliotis spp.*) a partir de los datos de captura. Estos trabajos contribuyen a determinar el estado actual de los recursos y explorar nuevas estrategias para un manejo adecuado.

### **III. Hipótesis**

#### Hipótesis nula

La biomasa de camarón café permanece constante en el tiempo y no está relacionada con el esfuerzo pesquero, lo cual le permite alcanzar sus niveles poblacionales óptimos.

#### Hipótesis alternativa

En el sureste del golfo de California la biomasa de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) es cercana a las 2,260 toneladas y el esfuerzo pesquero aplicado en las poblaciones de camarón de alta mar está por arriba del nivel óptimo.

### **IV. Objetivos**

#### IV.1 Objetivo general

- Calcular la biomasa de camarón café en el sureste del golfo de California, mediante los datos obtenidos con el modelo de biomasa de Schaefer aplicando un análisis estadístico basado en el teorema de Bayes.

#### IV.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición por especie de las capturas de camarón durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004 y los periodos de veda de 1992 al 2004.

- Calcular los parámetros poblacionales del camarón café durante las temporadas de pesca y los periodos de veda por el modelo de Schaefer, asumiendo los errores de observación (error en la toma de datos) y de proceso (factores no incluidos en el modelo).

- Determinar las probabilidades previa y posterior de los modelos de biomasa, utilizando un análisis bayesiano.

## V. Área de estudio

La pesquería de camarones peneidos en el Pacífico mexicano abarca desde el alto golfo de California, en el delta del río Colorado, hasta la frontera con Guatemala, incluyendo la costa occidental de Baja California Sur y prácticamente todos los sistemas lagunares a lo largo del Pacífico mexicano. Para fines de evaluación y de ordenamiento de las pesquerías de camarón, y con base en las diferentes poblaciones de camarón, los investigadores del INP (1996), dividieron el Pacífico mexicano en siete zonas de estudio (Figura 1) y que a su vez se dividen en subzonas.

En este estudio se analizaran solo las poblaciones de camarón café de las zonas 30, 40 y 60, que abarcan la plataforma continental de los estados de Sinaloa y Nayarit (Figuras 2 y 3). En términos generales el área de estudio abarca desde punta Ahome, Sinaloa ( $25^{\circ}47'$  N,  $109^{\circ}29'$  W) hasta boca Custodio, Nayarit ( $21^{\circ}19'$  N,  $105^{\circ}15'$  W).

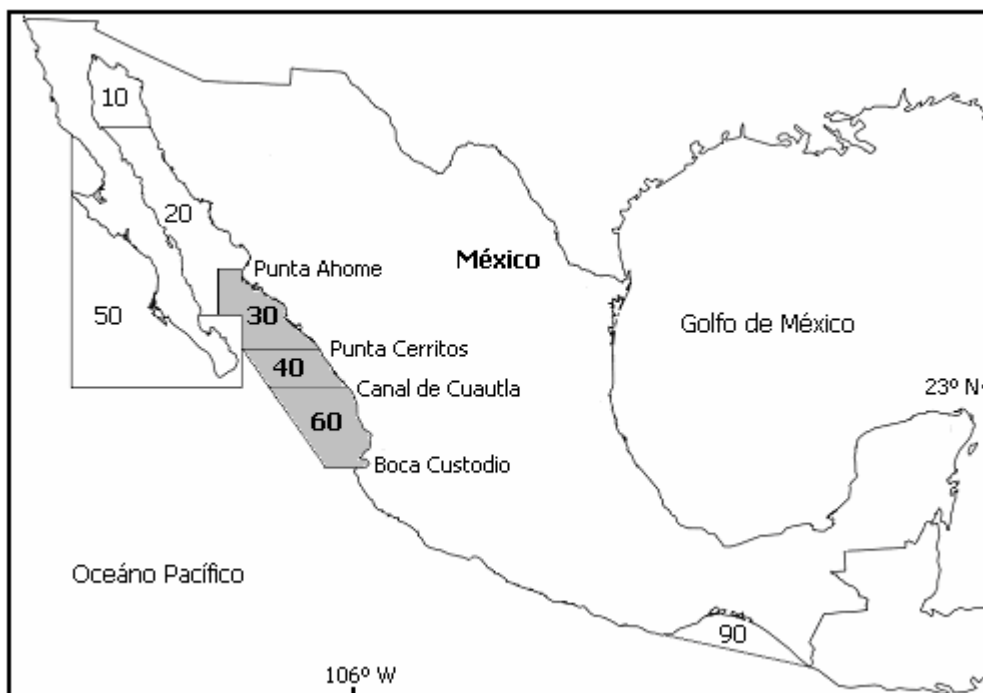


Figura 1. Área de estudio con zonas de pesca del camarón de alta mar en el Pacífico mexicano (INP 2002a; García-Borbón *et al.* 2005).

## Zona 30

Esta zona incluye desde punta Ahome hasta punta Cerritos en Mazatlán, de los 25°47' N y 109° 29' W a los 23° 32' N y 106° 54' W. A su vez para efecto del muestreo, según el INP la zona se ha subdividido en cinco subzonas (31, 32, 33, 34 y 35) con 44 estaciones de muestreo. El cálculo del área de la zona 30 hasta las 40 brazas de profundidad se encuentra alrededor de 8,630 km<sup>2</sup> aproximadamente (Figura 2).

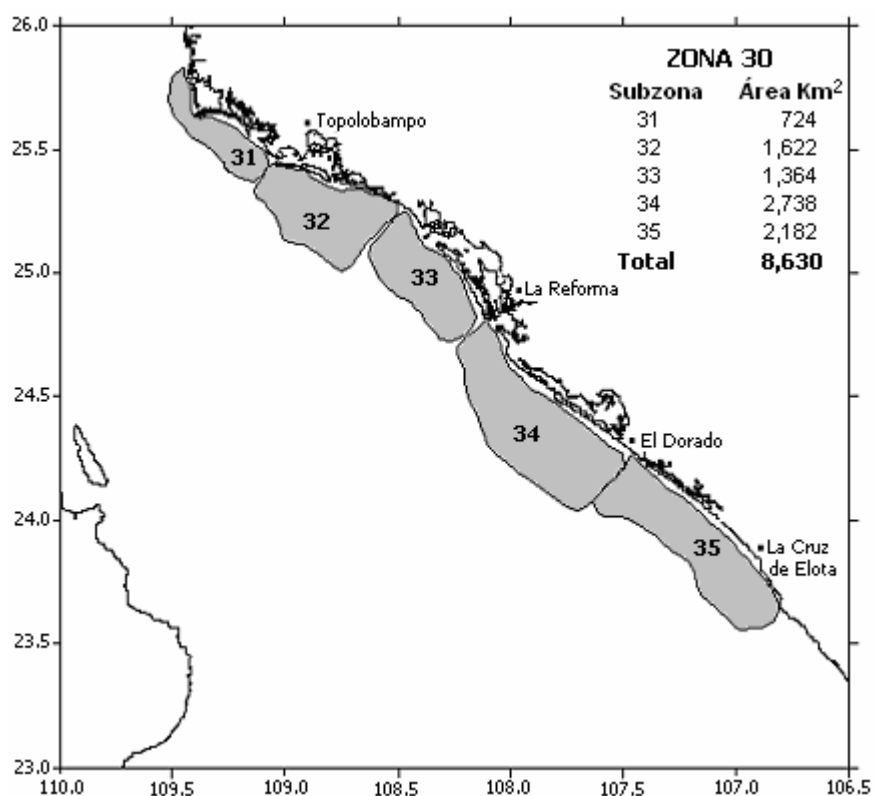


Figura 2. Área de pesca del camarón de alta mar correspondiente a la zona 30, en la costa norte de Sinaloa (INP 2002a; García-Borbón *et al.* 2005).

## Zona 40

Se encuentra situada entre punta Cerritos, Sinaloa hasta el canal de Cuautla, en Nayarit (22°11' N, 105°45' W) con dos subzonas (41 y 42) que incluyen 17 estaciones de muestreo. La plataforma continental hasta las 40 brazas de profundidad incluye un área aproximada de 2,780 Km<sup>2</sup> (Figura 3).

## Zona 60

Los límites de esta zona se encuentran entre el canal de Cuautla y boca Custodio, Nayarit (21°19' N, 105°15' W). En ella se ubican dos subzonas (61 y 62) con 18 estaciones de muestreo. La plataforma hasta las 40 brazas de profundidad es de aproximadamente 2,130 km<sup>2</sup> (Figura 3).

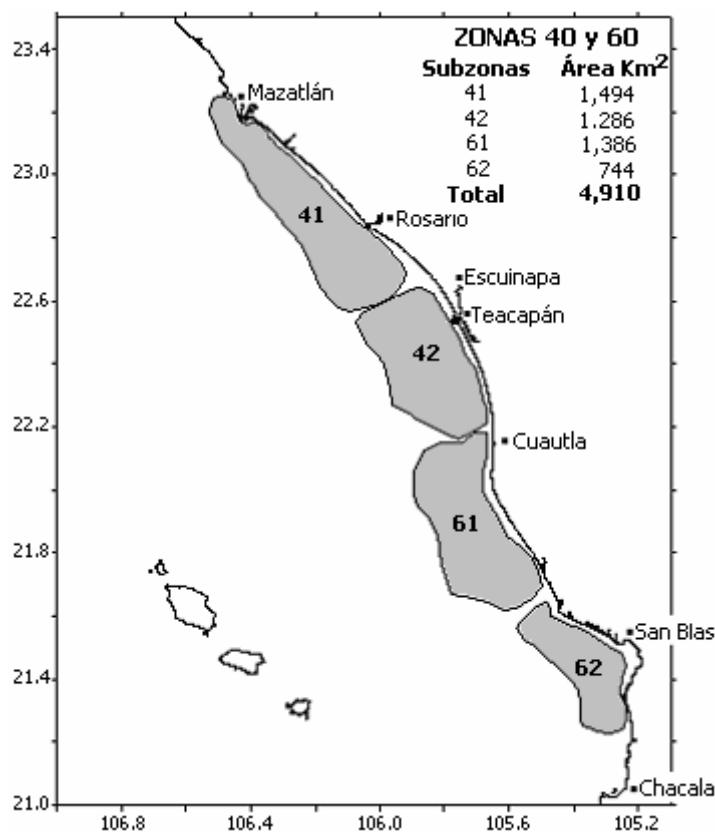


Figura 3. Áreas de pesca del camarón en alta mar correspondiente a las zonas 40 y 60, en la costa sur de Sinaloa y norte de Nayarit (INP 2002a; García-Borbón *et al.* 2005).

## VI. Material y métodos

### VI.1 Muestreo biológico

En general, el muestreo biológico está diseñado para conocer el estado en que se encuentran las poblaciones, a fin de garantizar, en primera instancia, que se completen los procesos reproductivos, de crecimiento y reclutamiento, que aseguren la sustentabilidad de la pesquería (Hilborn y Walters 1992; Hilborn y Mangel 1997; INP 2002b; García-Borbón *et al.* 2004).

La principal fuente de información para alcanzar lo anterior se sustenta en los muestreos en plantas maquiladoras, los avisos de arribo de la subdelegación de pesca de la SAGARPA en Sinaloa y los cruceros de prospección durante los meses de julio y agosto, realizados por el personal del INP (Morales-Bojórquez *et al.* 2005).

El muestreo en plantas maquiladoras consiste en seleccionar de manera aleatoria un barco en el momento de la descarga. De la captura desembarcada, se toma al azar una muestra de 5 kg para estimar la composición por especies, tallas, sexos y madurez. Los datos capturados para el caso del aviso de arribo correspondieron a los días de pesca, permisionario, embarcación y puerto base. En los cruceros de prospección, una vez efectuado el arrastre, se toma una muestra de 5 kg la cual se analiza y se obtiene la composición por especies, la abundancia relativa (kg/h y kg/km<sup>2</sup>), la estructura de tallas y de sexos, los estadios de madurez y la distribución espacial y batimétrica de la abundancia. Cuando la captura es menor de 5 kg se analiza toda la muestra. Adicionalmente, de cada arrastre se registran los datos físicos y ambientales como la profundidad, la temperatura y la salinidad de la superficie del mar, así como la información requerida para obtener los estimados anteriores (posición geográfica, características de las artes de pesca, tiempos y áreas de arrastre, entre otras) (INP 2002b, García-Borbón *et al.* 2004).

## VI.2 Trabajo de gabinete

Todos los datos fueron registrados en bitácoras, que posteriormente se vaciaron en una base de datos, administrada por el Centro Regional de Investigación Pesquera en Mazatlán (CRIP Mazatlán) de la cual fue extraída la CPUE del camarón café, la cual se estandarizó a toneladas por hora (t/h) y se utilizó como índice de abundancia relativo para análisis posteriores.

Por el modelo de Schaefer en su versión estocástica, se estimaron los siguientes parámetros poblacionales del camarón café:  $K$ ,  $r$ ,  $q$  y  $\delta$ . Este modelo considera la CPUE como un estimador de la abundancia relativa que es cercanamente proporcional a la biomasa. La expresión matemática del modelo es:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t$$

Donde  $B_{t+1}$  es la biomasa de la población al tiempo  $t+1$ ,  $B_t$  es la biomasa de la población al tiempo  $t$ ,  $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional,  $K$  es la capacidad de carga del sistema y  $C_t$  es la captura al tiempo  $t$ .

El modelo de Schaefer puede ser escrito de diversas formas, particularmente en este trabajo, se utilizó el método de Schnute el cual consiste en transformar esta ecuación como función de una variable conocida. En este caso la variable será la CPUE y se relaciona con la biomasa de la manera siguiente:

$$CPUE_t = qB_t \quad \text{ó bien} \quad B_t = CPUE_t q^{-1}$$

Donde  $CPUE_t$  es la CPUE al tiempo  $t$  y  $q$  el coeficiente de capturabilidad.

Si sustituimos los términos, el modelo se expresa de la siguiente manera:

$$\left( \frac{CPUE_{t+1}}{CPUE_t} \right) - 1 = r - \left( \frac{r}{qK} \right) CPUE_t - qE_t$$

Donde  $CPUE_{t+1}$  es la CPUE al tiempo  $t+1$  y  $E_t$  es el esfuerzo al tiempo  $t$ .

La máxima verosimilitud es un criterio para calcular los parámetros, que en general se basa en consideraciones cuidadosas de cómo crecen y se distribuyen los errores estocásticos. Dicha modalidad maximiza la superficie de respuesta en la búsqueda de los valores de los parámetros, lo cual hace más eficiente las interacciones. La idea principal es encontrar los parámetros para los que son más parecidos los datos observados. Se parte del supuesto que las diferencias entre los datos observados y los estimados, se distribuyen de forma cercana a una normal  $N(0, \sigma^2)$ ; de esta manera la máxima verosimilitud para cada valor observado se calculó de la siguiente forma:

$$L\{K, r, q, d | \text{Datos}\} = \frac{1}{s \sqrt{2p}} e^{\left( -\frac{(Obs-Y)^2}{2s^2} \right)}$$

Donde  $L$  es la máxima verosimilitud,  $K$  es la capacidad de carga del sistema,  $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional,  $q$  es el coeficiente de capturabilidad,  $\delta$  es el tamaño virgen de la población sometida a pesca,  $s$  la desviación estándar de los errores,  $Y$  son los valores esperados y  $Obs$  son los valores observados.

Así que la máxima verosimilitud para observaciones múltiples es igual al producto de la verosimilitud de cada observación individual. Para el caso del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud se calculó con la siguiente expresión:

$$-\ln L\{K, r, q, d | \text{Datos}\} = \left( \ln(s) - \frac{1}{2}(2p) + \left( \frac{(Obs-Y)^2}{2s^2} \right) \right)$$

Donde  $-\ln L$  es el negativo del logaritmo natural de la verosimilitud.

La función objetivo se estimó a partir de la suma de todos los casos del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud de cada observación, y los parámetros del modelo fueron estimados cuando la función objetivo fue maximizada (Hilborn y Mangel 1997).



Existen dos fuentes de variación de los datos: error de observación y error de proceso. La estimación de los errores de observación (V) y proceso (W) fueron calculados de la siguiente forma:

$$V = X_{\text{observada}} - X^{-1}_{\text{estimada}}$$

$$W = Y_{\text{observada}} - Y_{\text{estimada}}$$

#### Estimación del error de observación

Los errores de observación suponen que el índice de abundancia relativa que se utilizó (en este caso la CPUE) está medido con error (Hilborn y Mangel 1997). La forma de expresar el modelo de Schaefer en función del error de observación es la siguiente:

$$B_{est,t+1} = B_{est,t} + rB_{est,t} \left( 1 - \frac{B_{est,t}}{K} \right) - C_t$$

$$B_{est,0} = K, d$$

$$I_{est,t} = qB_{est,t}$$

$$q = e^{\left( \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [\ln(I_t) - \ln(B_{est,t})] \right)}$$

Donde  $B_{est,t+1}$  es la biomasa estimada al tiempo t+1,  $B_{est,t}$  es la biomasa estimada al tiempo t,  $d$  es el tamaño virgen de la población sometida a pesca,  $I_{est,t}$  es la CPUE estimada al tiempo t,  $I_t$  es la CPUE observada en un tiempo t y  $n$  es el número total de eventos.

#### Estimación del error de proceso

Los errores de proceso son aquellos factores no incluidos en el modelo que pueden provocar variabilidad en el estado de las población (variabilidad en el reclutamiento, mortalidad natural, entre otros) (Hilborn y Mangel 1997). La forma de expresar el modelo de Schaefer en función del error de proceso es la siguiente:

$$B_{est,t+1} = \frac{I_t}{q} + r \frac{I_t}{q} \left( 1 - \frac{I_t}{qK} \right) - C_t$$

$$B_{est,0} = K, d$$

$$B_{est,t} = dB_{est,0}$$

$$I_{est,t} = qB_{est,t}$$

Donde  $B_{est,0}$  es la biomasa inicial y los demás son los parámetros conocidos del modelo de Schaefer.

A partir de los parámetros poblacionales, se estimaron las cantidades de manejo, utilizando las siguientes formulas:

Concepto	Formula
Producción excedente máxima (PEM)	0.25rK
Tamaño de la población sometida a pesca expresada en biomasa	0.5K
Tasa de explotación para alcanzar la PEM	0.5r
Esfuerzo requerido para alcanzar la PEM	0.5rq <sup>-1</sup>
Tasa de explotación máxima	r
Esfuerzo máximo	rq <sup>-1</sup>

El perfil del  $-\ln L$  se construye al maximizar la función para diferentes valores de los parámetros  $K$ ,  $r$ ,  $q$  y  $\delta$ . Se parte del supuesto que la probabilidad del  $-\ln L$  sigue una distribución  $\chi^2$  con un grado de libertad, de tal manera que podemos calcular los intervalos de confianza (95%) del modelo por la siguiente relación:

$$CI = 2[L(Y | M_a) - L(Y | M_b)]$$

Donde  $L(Y | M_a)$  es  $-\ln L$  de un valor dado para un parámetro  $M$  y  $L(Y | M_b)$  es  $-\ln L$  para el mejor estimado del parámetro  $M$ .

Para seleccionar el mejor modelo se aplicó el criterio de información de Akaike (AIC) que considera el negativo de la verosimilitud y penaliza el número de parámetros (Hilborn y Mangel 1997).

$$AIC = L(Y | M_i) + 2p_i$$

Donde  $L(Y | M_i)$  es el  $-\ln L$  y  $p_i$  es el número de parámetros de cada modelo.

El primer paso en el análisis bayesiano, es hacer una lista de las hipótesis o modelos que estarán bajo consideración. Se propusieron tres modelos: el primero asumiendo el error de observación en las temporadas de pesca, el segundo con error de observación y el tercero con error de proceso durante los periodos de veda. En este trabajo se consideró que la probabilidad previa para cada uno de los modelos es la misma ( $1/A_i$ ). La suma de todas estas probabilidades debe ser igual a uno y puede ser escrita como sigue:

$$P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_k) = 1$$

Donde  $P(A_i)$  representa la probabilidad previa para cada uno de los modelos.

El siguiente paso, es mediante la función de verosimilitud ( $L$ ) calcular la probabilidad posterior de los datos de cada uno de los modelos, a través de la siguiente ecuación:

$$L = \frac{\left(-\frac{1}{2} \ln(2p)\right) - \left(\frac{1}{2} \ln(s_0)\right) - s^2}{2s_0}$$

Donde  $L$  es la verosimilitud,  $s^2$  es la diferencia en  $\ln$  entre el modelo y la probabilidad acumulada para ese modelo y  $s_0$  es la desviación estándar de  $\sigma^2$ .

Finalmente aplicamos el teorema de Bayes para calcular la probabilidad posterior de cada modelo bajo consideración. El teorema de Bayes se describe de la siguiente manera (Haddon 2001):

$$P(A_i/B_j) = \frac{P(B_j/A_i) \cdot P(A_i)}{P(B_j/A_1) \cdot P(A_1) + P(B_j/A_2) \cdot P(A_2) + \dots + P(B_j/A_k) \cdot P(A_k)}$$

Donde  $P$  es la probabilidad posterior de cada modelo,  $B_j$  son los valores observados y  $A_i$  es el conjunto de modelos que se quieren explicar.

## VII. Resultados

### VII.1 Composición de la captura total

A partir de los datos provenientes de las capturas realizadas por el CRIP Mazatlán durante las temporadas de pesca que comprenden el periodo de 1996 al 2004 a través de los avisos de arribo se registraron 36,829 t de camarón. La especie dominante fue *L. stylirostris* con 15,836 t, en segundo lugar *F. californiensis* con 14,732 t, *L. vannamei* con 5,524 t y por último *F. brevirostris* con 737 t (Cuadro 5).

Cuadro 5. Captura en toneladas (t) y en porcentaje (%) de las cuatro especies de camarones comerciales en las temporadas de pesca de 1996 al 2004.

Especie	Captura (t)	%
<i>L. stylirostris</i>	15,836	43
<i>L. vannamei</i>	5,524	15
<i>F. californiensis</i>	14,732	40
<i>F. brevirostris</i>	737	2
Total	36,829	100

Durante los periodos de veda de los años de 1992 al 2004, se registró un total de 7,448 t de las cuatro especies de camarón. Dos especies representan el 78% de la captura *F. californiensis* (3,351 t) y *L. stylirostris* (2,458 t). El 22% restante correspondió a *L. vannamei* (1,341 t) y *F. brevirostris* (298 t) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Captura en toneladas (t) y en porcentaje (%) de las cuatro especies de camarones comerciales de los muestreos realizados en los periodos de veda de 1992 al 2004.

Especie	Captura (t)	%
<i>L. stylirostris</i>	2,458	33
<i>L. vannamei</i>	1,341	18
<i>F. californiensis</i>	3,351	45
<i>F. brevirostris</i>	298	4
Total	7,448	100

## VII.2 Estimación de los parámetros poblacionales del camarón café durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004

Durante las temporadas de 1996 al 2004 la producción media de camarón café se ha mantenido en las 1,650 t. En los años de 1997 y 1998 las capturas sobrepasaron el nivel de 2,000 t y en los últimos seis años de la serie, las capturas se mantienen entre las 1,400 y 1,900 t. La CPUE, expresada en toneladas por hora, ha mostrado un incremento al pasar de alrededor de  $1.1 \times 10^{-3}$  t/h en 1996 a más de  $7.0 \times 10^{-3}$  t/h en 2004; este incremento en la CPUE ha sido particularmente marcado a partir de 2000 (Figura 4).

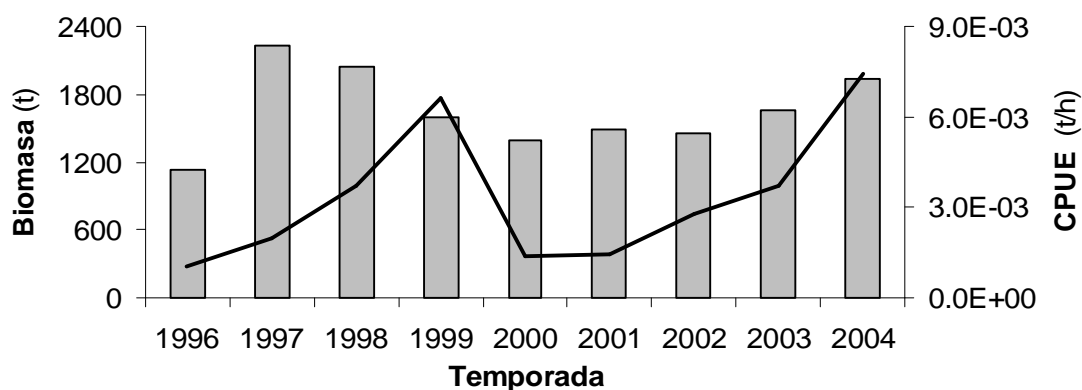


Figura 4. Biomasa (columnas) y CPUE (línea) para el camarón café durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004.

La población de camarón café evaluada por el modelo de error de observación muestra que la biomasa y la CPUE presentan una tendencia ascendente, a partir de la temporada de 1996, manteniéndose por arriba del promedio de 1,650 t y  $3.3 \times 10^{-3}$  t/h respectivamente (Figuras 5 y 6). Este incremento en la biomasa probablemente este relacionado con la sobrepesca de organismos jóvenes al finalizar la temporada, la manifestación continua del esfuerzo pesquero ilegal y furtivo, así como la presencia de la segunda flota camaronera de importancia del país (Sonora) que realiza sus actividades de pesca en las costas de Sinaloa y cuyas capturas son reportadas en sus lugares de origen. En el caso de la CPUE la mayor diferencia entre el valor observado y el estimado se produjeron en las temporadas de 1998 y 1999.

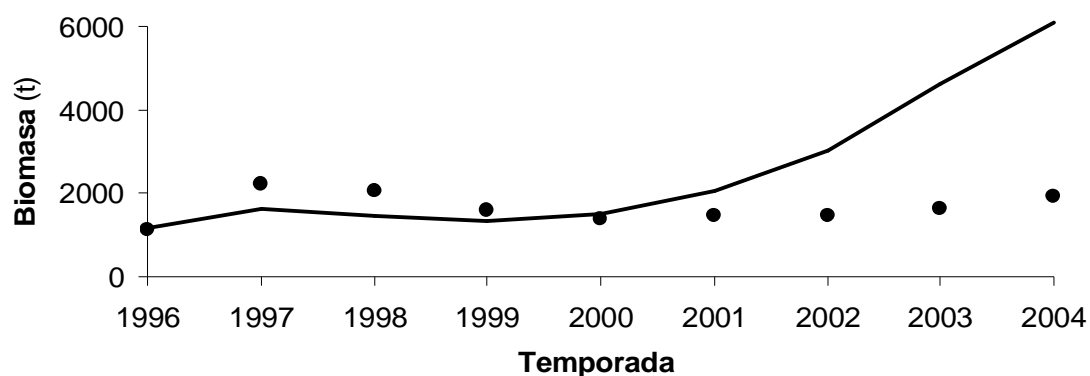


Figura 5. Estimación de la biomasa de camarón café por el modelo de error de observación (línea sólida) en las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la biomasa observada.

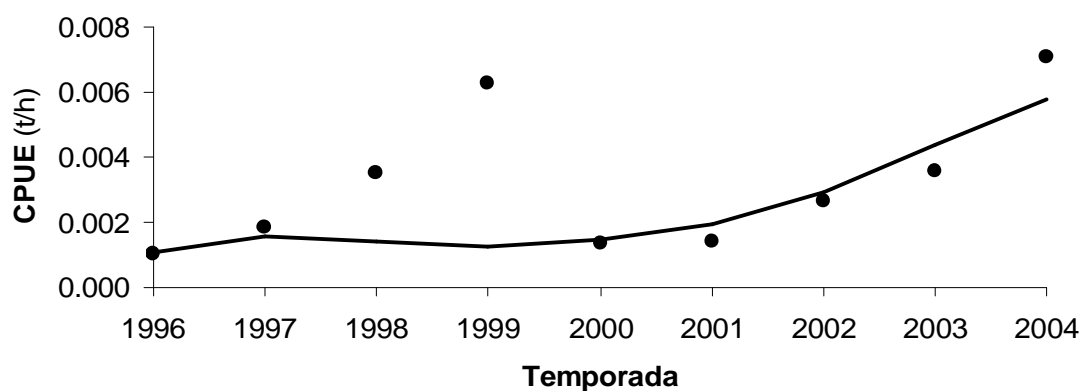


Figura 6. Estimación de la CPUE de camarón café por el modelo de error de observación (línea sólida) en las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la CPUE observada.

En cuanto a los valores de la biomasa y la CPUE estimados por el modelo de error de observación, se puede apreciar que la biomasa calculada subestima la biomasa observada en el año de 1997. En el caso del índice de abundancia relativo (CPUE) de camarón café estimado para cada temporada, fue subestimado solo en los años de 1998 y 1999; el resto de los valores observados se encuentran dentro de los intervalos de confianza del 95% (Figuras 7 y 8).

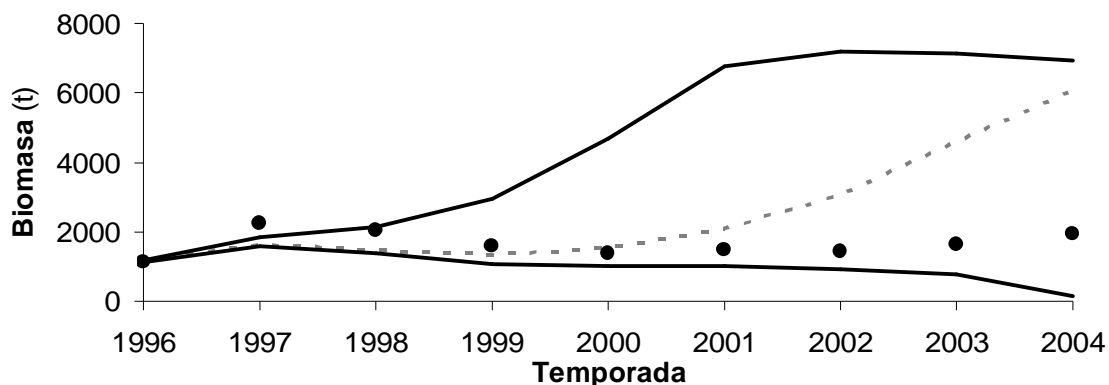


Figura 7. Biomasa de camarón café obtenida por el modelo de error de observación durante las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95%.

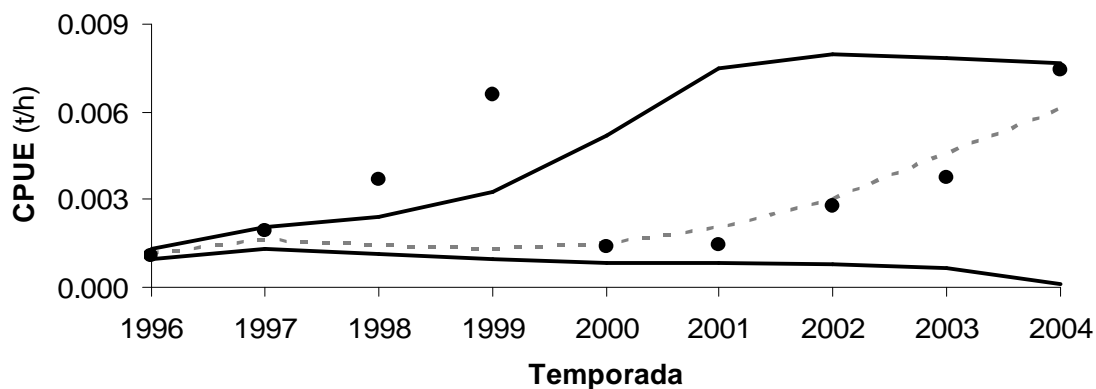


Figura 8. CPUE de camarón café obtenida por el modelo de error de observación durante las temporadas de pesca. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los Intervalos de confianza del 95%.

Para demostrar la eficiencia del modelo de error de observación se construyen los perfiles de verosimilitud y la probabilidad  $1-\chi^2$  para los diferentes valores de los parámetros  $K$ ,  $r$ ,  $q$  y  $\delta$  del camarón café durante las temporadas de pesca (Figura 9). Los intervalos de confianza (CIs) para los parámetros del modelo se observan en la Figura 10. La estimación de los parámetros fue precisa debido a la presencia de CIs estrechos, resultando  $K= 8,000$  t, con intervalos de confianza entre las 7,933 y 8,054 t. La tasa intrínseca de crecimiento  $r= 1.6$  con CIs entre 1.59 y 1.79, el coeficiente de capturabilidad  $q= 1.0 \times 10^{-6}$  con CIs entre  $8.6 \times 10^{-7}$  y  $1.1 \times 10^{-6}$  y el tamaño virgen de la población sometida a pesca  $\delta= 0.145$  con CIs entre 0.143 y 0.146, respectivamente.

El AIC para el modelo de error de observación en las temporadas de pesca fue de 12.65.

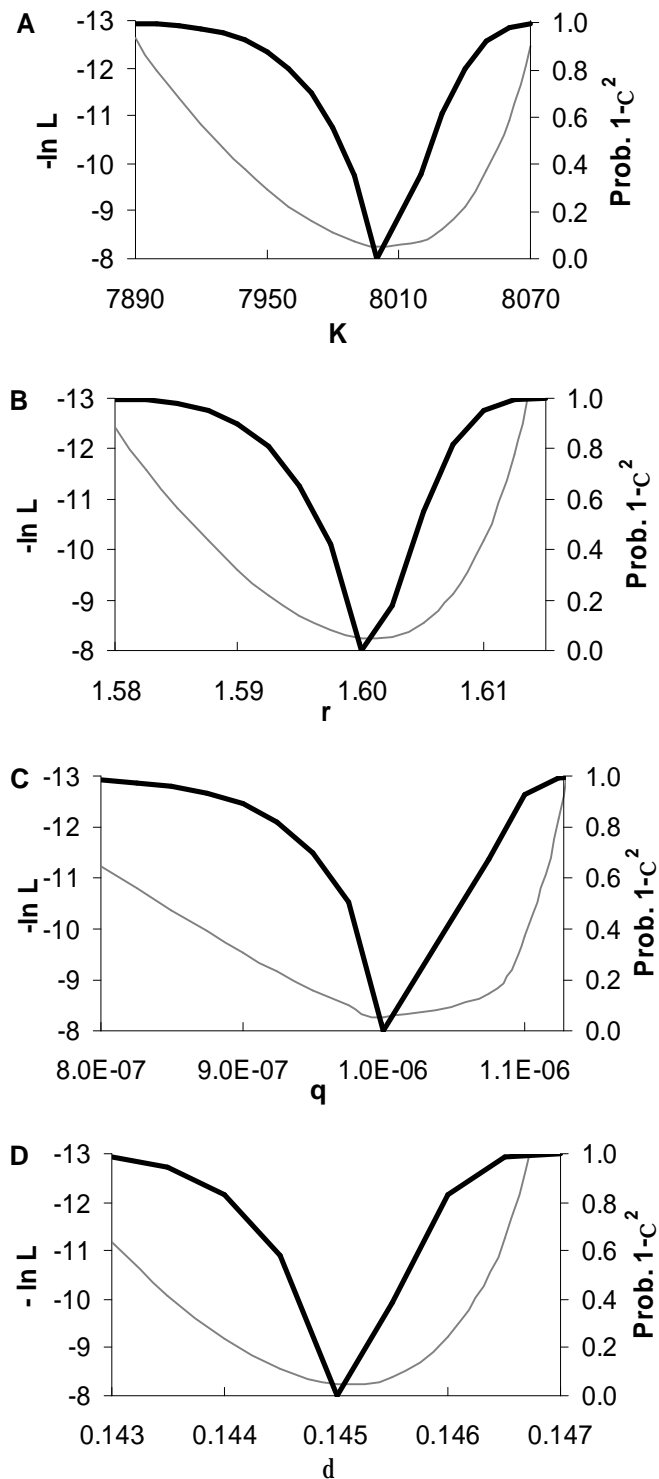


Figura 9. Perfiles de verosimilitud para los diferentes parámetros  $K$  (A),  $r$  (B),  $q$  (C) y  $\delta$  (D) del camarón café durante las temporadas de pesca con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el  $-\ln L$  y la gruesa la probabilidad de una distribución  $1-\chi^2$ .



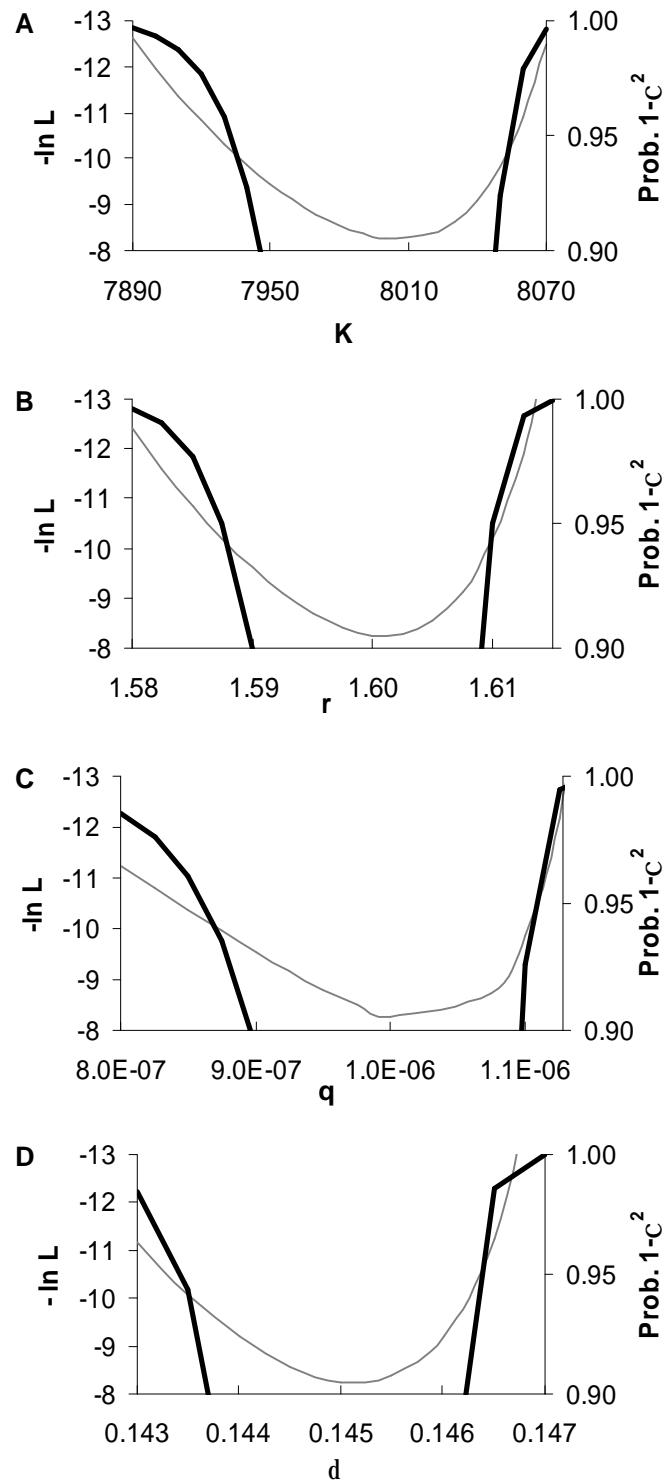


Figura 10. Estimación de los intervalos de confianza para los diferentes parámetros  $K$  (A),  $r$  (B),  $q$  (C) y  $\delta$  (D) del camarón café durante las temporadas de pesca con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el  $-\ln L$  y la gruesa la probabilidad de una distribución  $1-\chi^2$ .

Por otro lado, el valor obtenido para la producción excedente máxima por el modelo de error de observación se ubica en las 3,200 t (Figura 11) y el tamaño de la población sometida a pesca se encuentra alrededor de las 4,000 t. La tasa de explotación para alcanzar la PEM fue de 0.80 y el esfuerzo requerido para alcanzar dicha producción es de 800,000 horas, la tasa de explotación máxima con un valor estimado de 1.60 y, finalmente, el esfuerzo máximo fue de 1,600,00 horas (Cuadro 8).

Cuadro 7. Cantidades de manejo estimadas para el camarón café durante las temporadas de pesca.

Concepto	Error de observación	Unidad
Producción excedente máxima (PEM)	3,200	tonelada
Tamaño de la población sometida a pesca	4,000	tonelada
Tasa de explotación para alcanzar la PEM	0.80	-
Esfuerzo requerido para alcanzar la PEM	800,000	hora
Tasa de explotación máxima	1.6	-
Esfuerzo máximo	1,600,000	hora

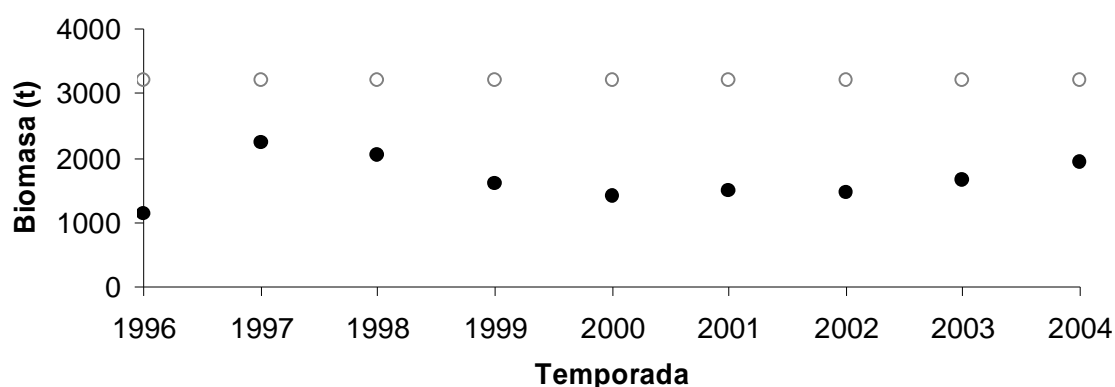


Figura 11. Biomasa de camarón café observada en cada temporada de pesca (círculos negros) y producción excedente máxima  $0.25rK$  estimada por el modelo de error de observación (círculos blancos).

### VII.3 Estimación de los parámetros poblacionales del camarón café durante periodos de veda de 1992 al 2004

Durante el periodo comprendido entre 1992 y 2004, la captura mínima (1,300 t) se registró en el año de 1992. En los años sucesivos, la captura se incrementa gradualmente hasta llegar a la máxima (5,000 t) en el 2001 y disminuye en los siguientes años hasta llegar a las 4,500 t. El comportamiento de la CPUE es muy similar al de la captura; presenta el mínimo en el periodo de 1997 con  $2.5 \times 10^{-4}$  t/h y se incrementa hasta llegar al máximo ( $8.0 \times 10^{-4}$  t/h) en el 2001, a partir de esta temporada la CPUE muestra una tendencia a la baja hasta llegar a  $6.0 \times 10^{-4}$  t/h (Figura 12).

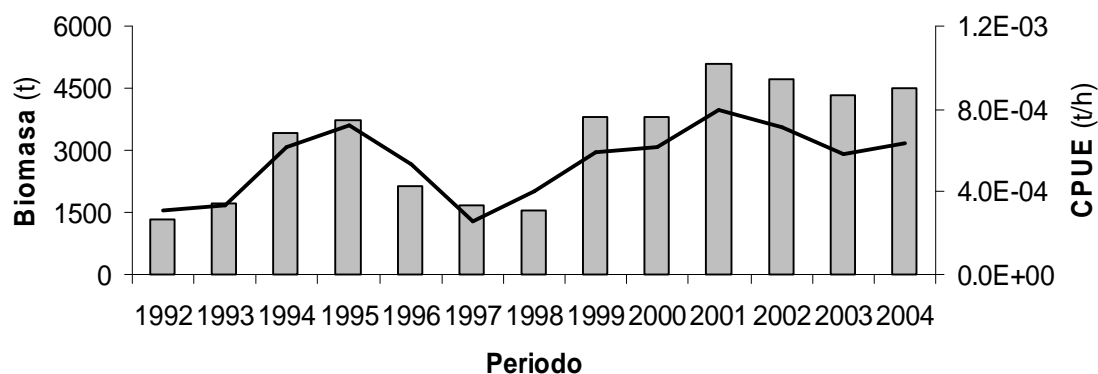


Figura 12. Captura (Columnas) y CPUE (línea) para el camarón café en los periodos de veda de 1992 al 2004.

La población de camarón café ha sido evaluada utilizando los modelos de error de observación y proceso. La biomasa y la CPUE durante los periodos de veda muestran una tendencia a la baja a partir del año 2001, pero se mantienen por arriba del promedio del periodo de 3,200 t y  $5.5 \times 10^{-4}$  t/h respectivamente (Figuras 13 y 14).

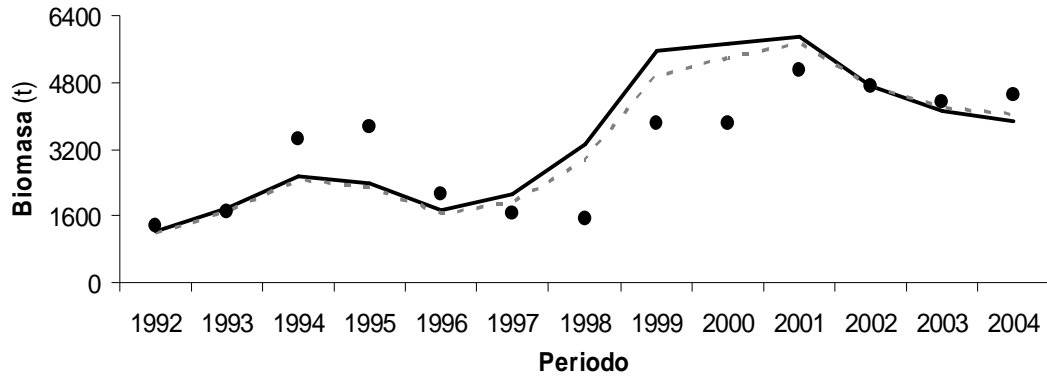


Figura 13. Estimación de la biomasa de camarón café por el modelo de error de observación (línea punteada) y el modelo de error de proceso (línea sólida) en los periodos de veda. Los círculos negros representan la biomasa observada.

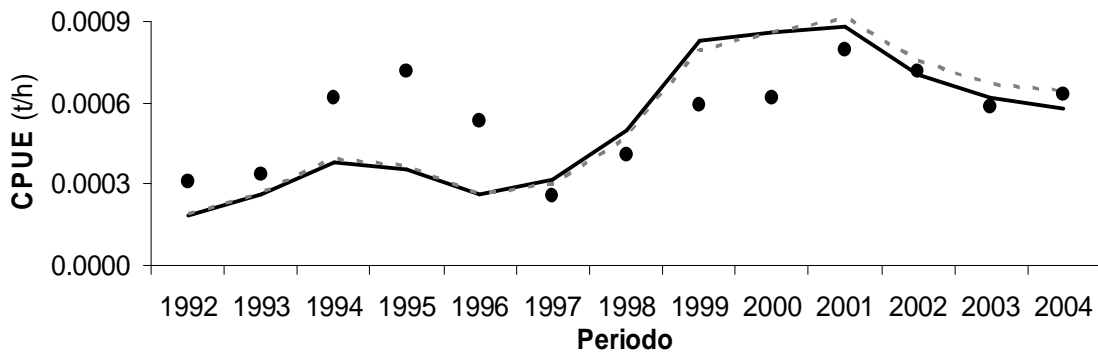


Figura 14. Estimación de la CPUE de camarón café por el modelo de error de observación (línea punteada) y el modelo de error de proceso (línea sólida) en los periodos de veda. Los círculos negros representan la CPUE observada.

Los intervalos de confianza del 95% para la biomasa de camarón café, asumiendo el modelo de error de observación fueron subestimadas para los años de 1994 a 1996 y 1998 (Figura 15) y, por error de proceso se subestimaron los valores de la biomasa de los años de 1994, 1995 y 1998 (Figura 16).

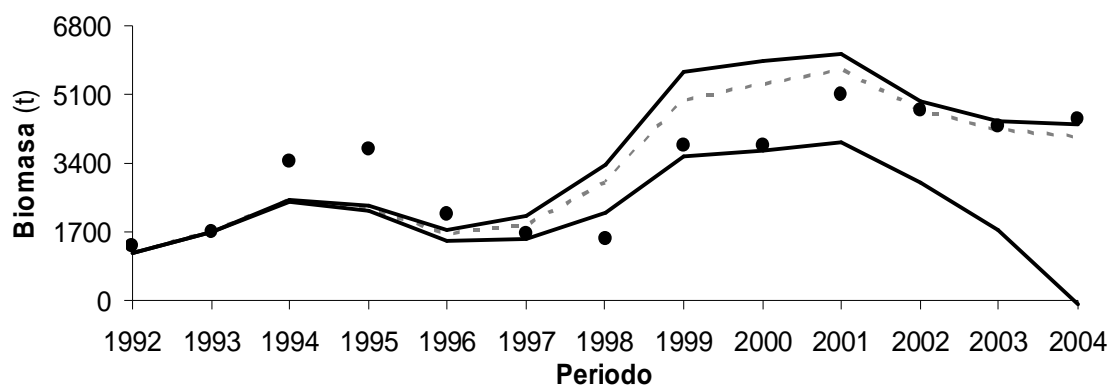


Figura 15. Biomasa de camarón café calculada por el modelo de error de observación durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la captura observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95%.

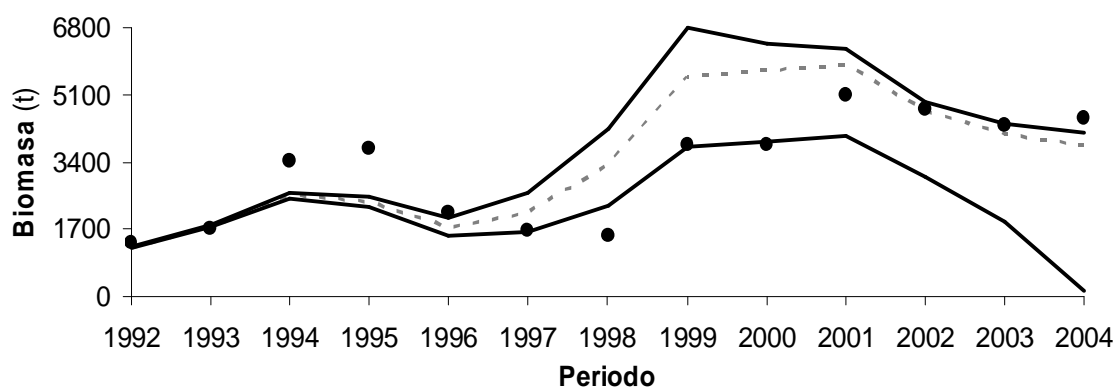


Figura 16. Biomasa de camarón café obtenida por el modelo de error de proceso durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la captura observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95%.

Los intervalos de confianza del 95% de la CPUE de camarón café, asumiendo los errores de observación y proceso muestran que los valores calculados fueron subestimados en los años de 1992 a 1996 (Figuras 17 y 18). El resto de los valores se encuentran satisfactoriamente dentro de las bandas de confianza.

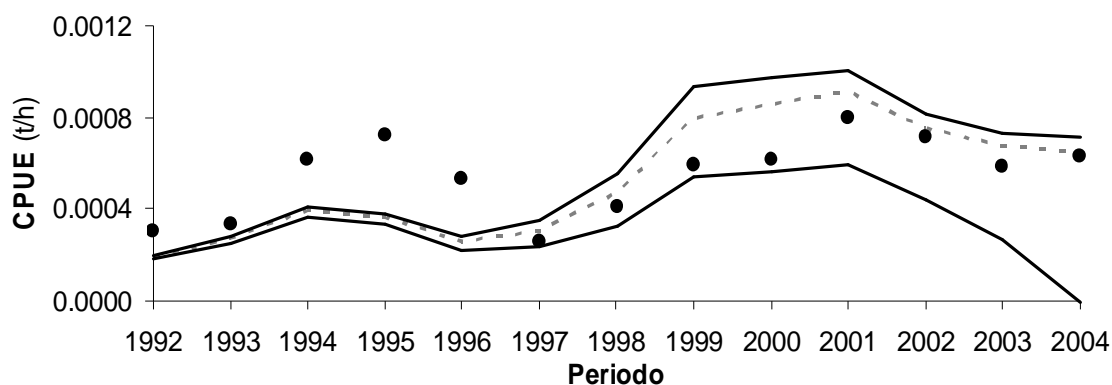


Figura 17. CPUE de camarón café estimada por el modelo de error de observación durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los Intervalos de confianza del 95%.

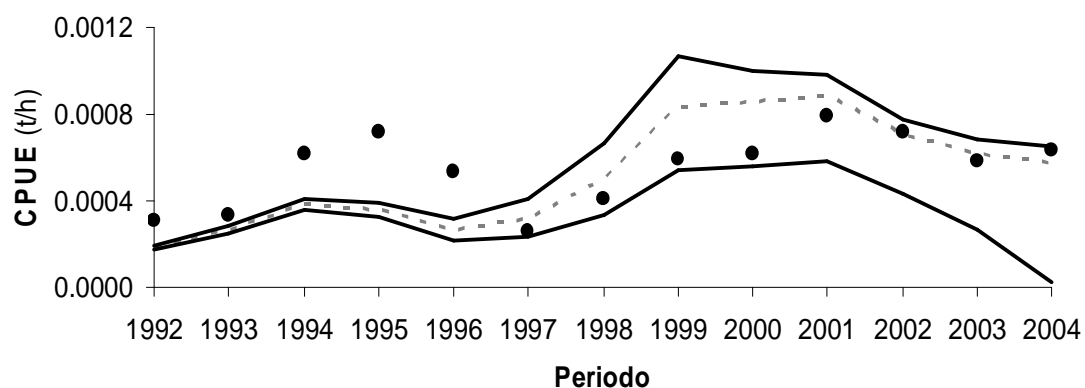


Figura 18. CPUE de camarón café calculada por el modelo de error de proceso durante los periodos de veda. Los círculos negros representan la CPUE observada, la línea punteada representa los valores estimados y las líneas gruesas son los intervalos del intervalo de confianza del 95%.

Para demostrar la eficiencia de los modelos se construyeron las superficies de respuesta del  $-\ln L$  para los parámetros del camarón café:  $K$ ,  $r$ ,  $q$  y  $\delta$  durante los periodos de veda (Figuras 19 y 21). Los intervalos de confianza (CIs) para los parámetros del modelo de Schaefer con error de observación, muestran la capacidad de carga  $K= 9,560$  t, con CIs entre 9,539 y 9,574 t (Figura 21). La tasa intrínseca de crecimiento  $r= 1.770$  con CIs entre 1.767 y 1.772, el coeficiente de capturabilidad  $q= 1.60 \times 10^{-7}$  con CIs entre  $1.51 \times 10^{-7}$  y  $1.64 \times 10^{-7}$  y el tamaño virgen de la población sometida a pesca  $\delta= 0.1250$  con CIs entre 0.1246 y 0.1252. Por el modelo de Schaefer asumiendo el error de proceso,  $K= 9,510$  t con CIs entre 9,484 y 9,536 t,  $r= 1.740$  con CIs entre 1.736 y 1.744,  $q= 1.50 \times 10^{-7}$  con CIs entre  $1.43 \times 10^{-7}$  y  $1.57 \times 10^{-7}$  y  $\delta= 0.130$  con CIs

entre 0.129 y 0.130 (Figuras 20 y 22). El criterio de Información de Akaike (AIC) indica que los modelos de error de observación y error de proceso presentan valores de 12.54 y 13.06 respectivamente.

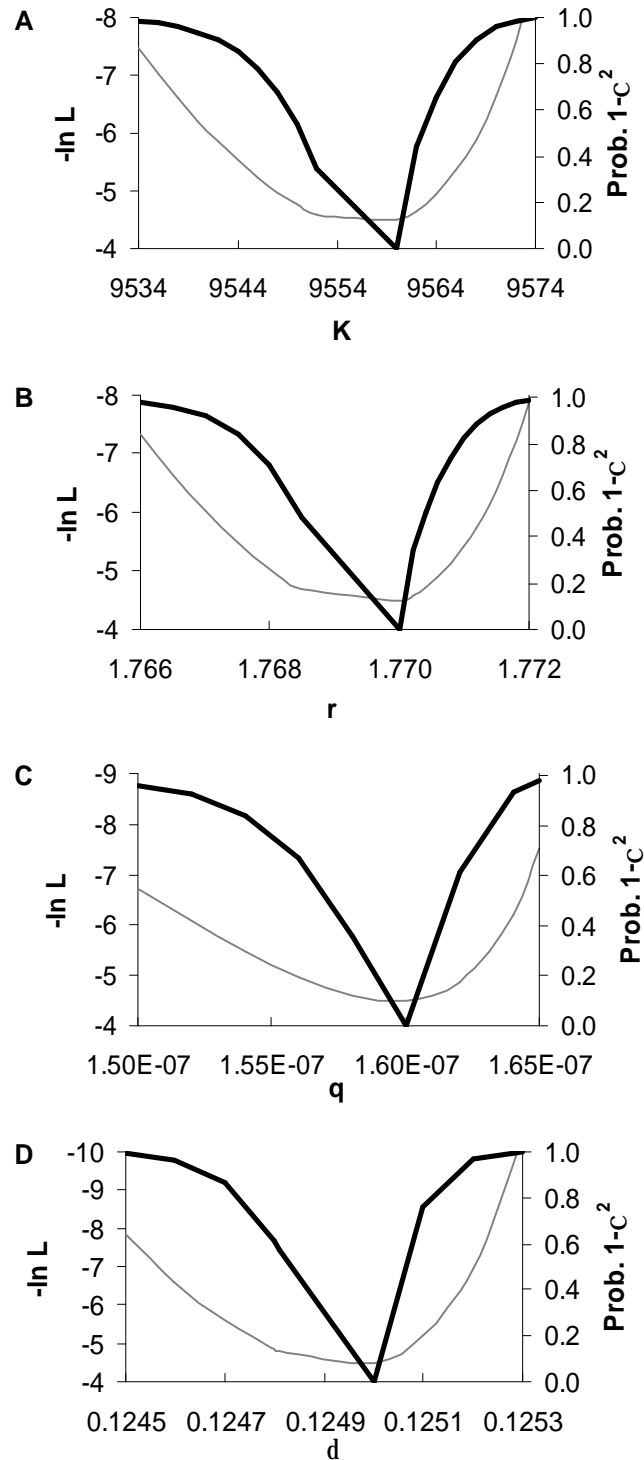


Figura 19. Perfiles de verosimilitud para los diferentes parámetros  $K$  (A),  $r$  (B),  $q$  (C) y  $\delta$  (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el  $-\ln L$  y la gruesa la probabilidad de una distribución  $1-\chi^2$ .

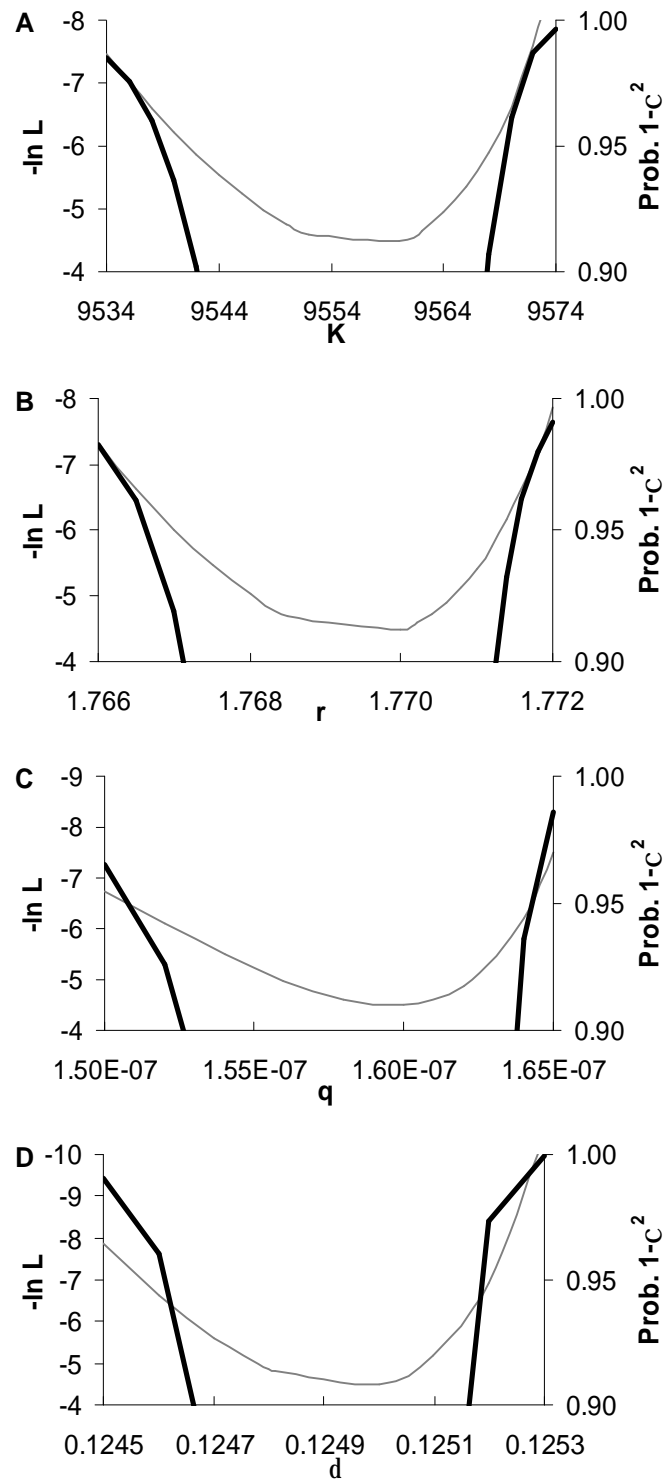


Figura 20. Estimación de los intervalos de confianza para los diferentes parámetros  $K$  (A),  $r$  (B),  $q$  (C) y  $\delta$  (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de observación. La línea delgada representa el  $-\ln L$  y la gruesa la probabilidad de una distribución  $1-\chi^2$ .



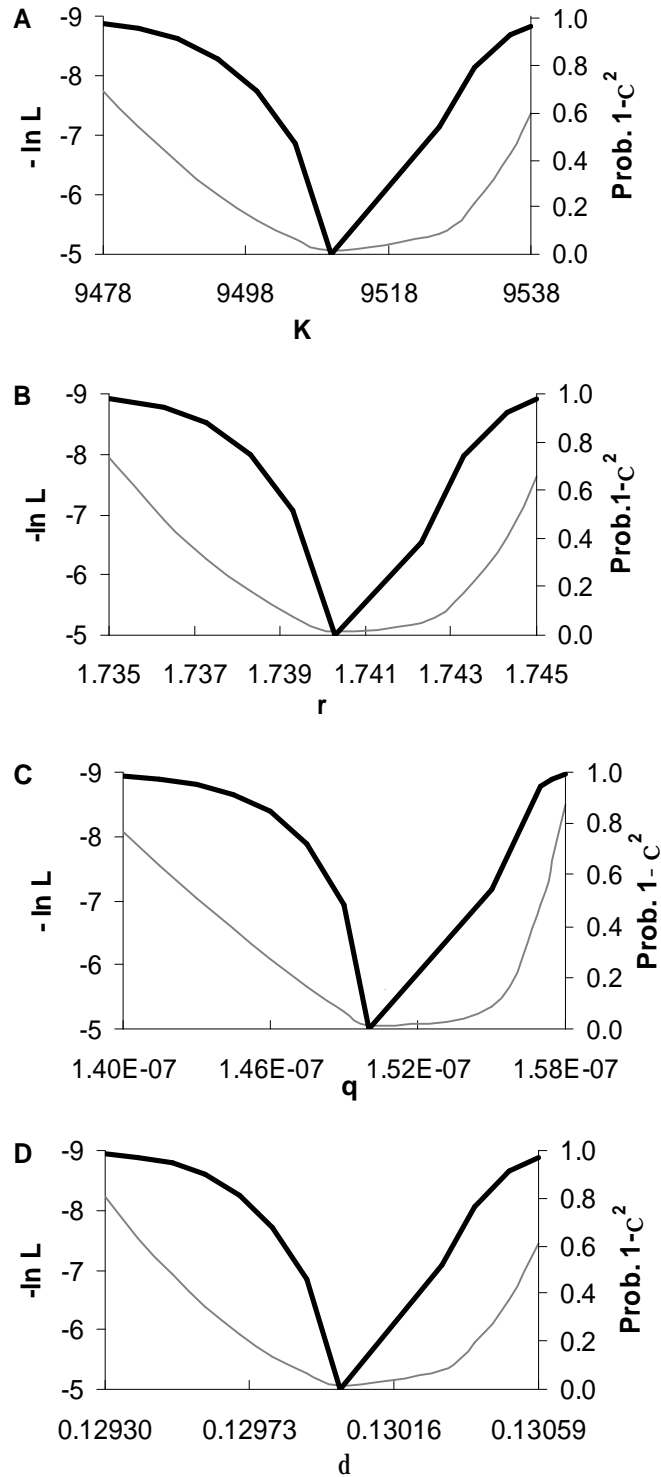


Figura 21. Perfiles de verosimilitud y probabilidad  $1-\chi^2$  para los diferentes parámetros  $K$  (A),  $r$  (B),  $q$  (C) y  $\delta$  (D) del camarón café durante las temporadas de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de proceso. La línea delgada representa el  $-\ln L$  y la gruesa la probabilidad de una distribución  $1-\chi^2$ .

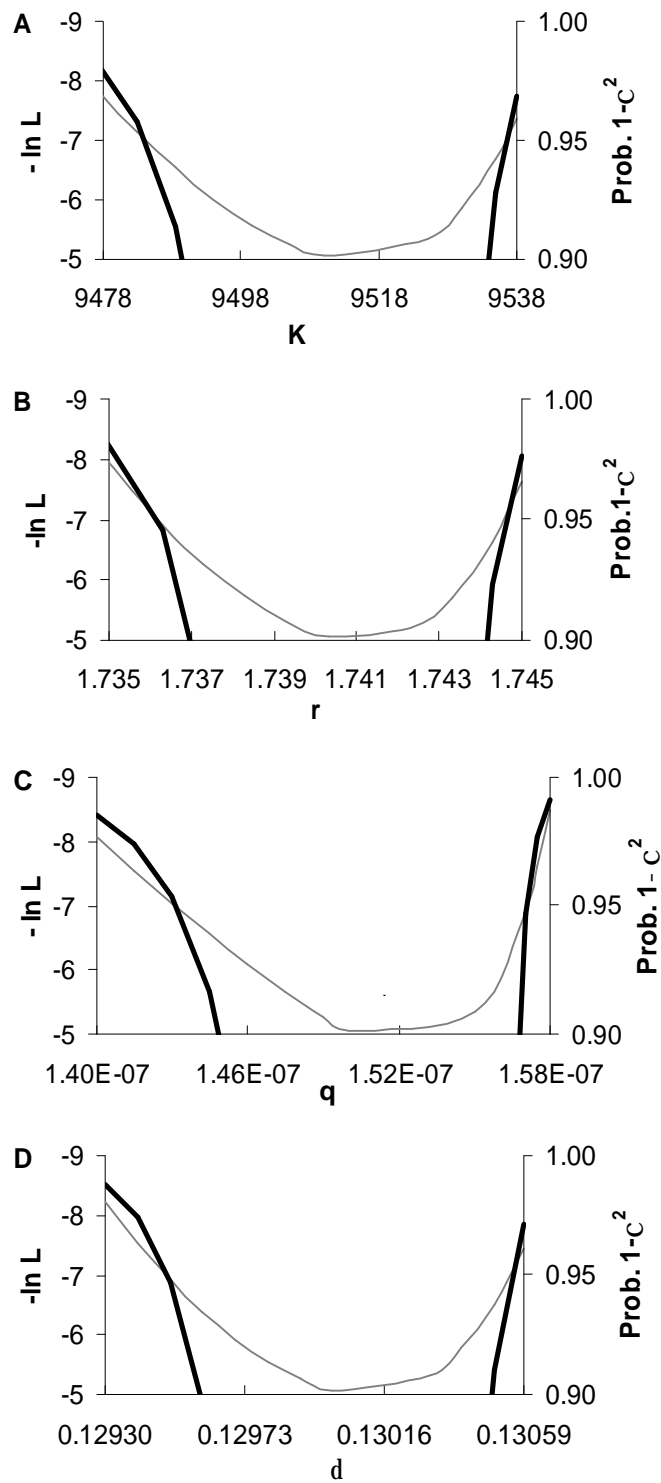


Figura 22. Estimación de los intervalos de confianza para los diferentes parámetros  $K$  (A),  $r$  (B),  $q$  (C) y  $\delta$  (D) del camarón café durante los periodos de veda con el modelo de Schaefer asumiendo el error de proceso. La línea delgada representa el  $-\ln L$  y la gruesa la probabilidad de una distribución  $1-\chi^2$ .

Los valores obtenidos de la producción excedente máxima para ambos modelos fluctúan entre las 4,137 y 4.230 t (Figura 23), el tamaño de la población sometida a pesca con valores calculados entre las 4,755 y 4,780 t. La tasa de explotación para alcanzar la PEM fue de 0.87 y 0.89, el esfuerzo requerido para alcanzar la PEM fue de 5,800,000 y 5,531,250 horas, la tasa de explotación máxima presenta valores de 1.74 y 1.77 y, finalmente, el esfuerzo máximo fue de 11,600,000 y 11,062,500 horas (Cuadro 9).

Cuadro 8. Cantidades de manejo estimados para el camarón café durante los periodos de veda.

Concepto	Error de observación	Error de proceso	Unidad
Producción excedente máxima (PEM)	4,137	4,230	tonelada
Tamaño de la población sometida a pesca	4,755	4,780	tonelada
Tasa de explotación para alcanzar la PEM	0.87	0.89	-
Esfuerzo requerido para alcanzar la PEM	5,800,000	5,531,250	hora
Tasa de explotación máxima	1.74	1.77	-
Esfuerzo máximo	11,600,000	11,062,500	hora

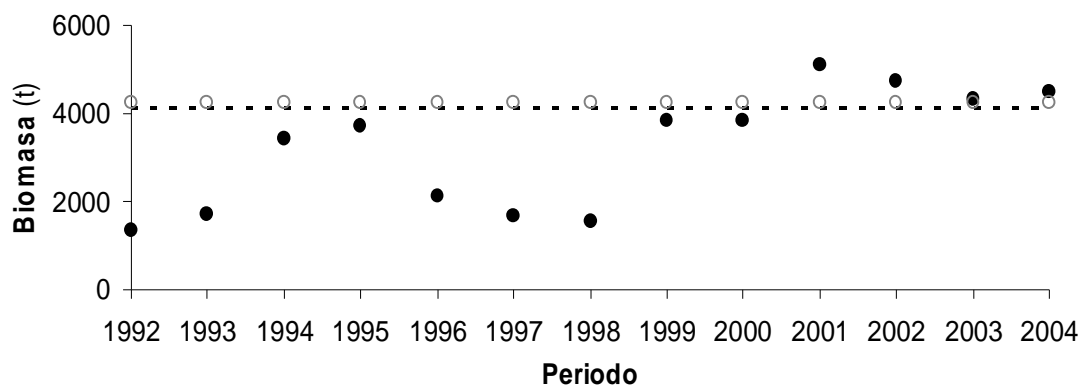


Figura 23. Biomasa de camarón café observada durante los periodos de veda (círculos negros) y la producción excedente máxima  $0.25rK$  estimada por los modelos de error de observación (círculos blancos) y error de proceso (línea punteada).

#### VII.4 Estimación de la probabilidad previa y posterior de los modelos de máxima verosimilitud para las temporadas de pesca y los periodos de veda

A partir de los modelos de máxima verosimilitud, se estimó la probabilidad previa para la biomasa de camarón café con el teorema de Bayes. Durante las temporadas de pesca la biomasa fue de 2,500 t por error de observación; en el caso de los periodos de veda, la biomasa disponible se encuentra entre las 3,000 t asumiendo el error de observación y las 3,500 t con el error de proceso (Figuras 24 y 25).

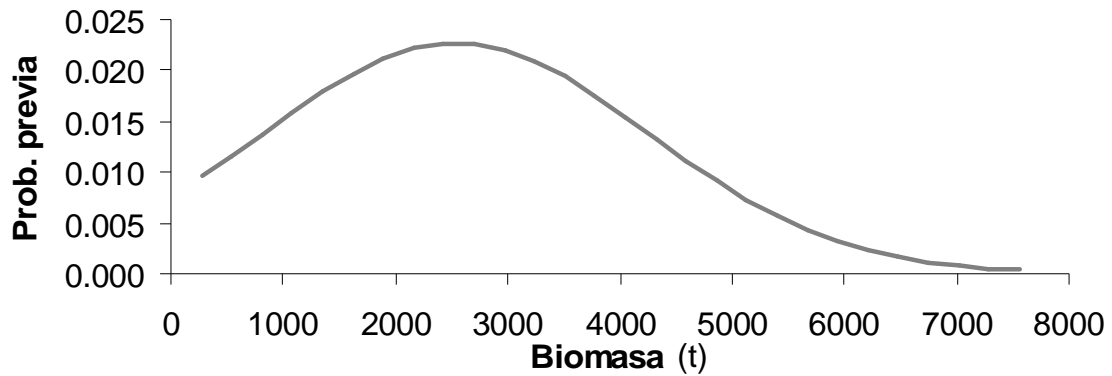


Figura 24. Probabilidad previa estimada con el teorema de Bayes para la biomasa de camarón café, durante las temporadas de pesca por el modelo de error de observación (línea sólida).

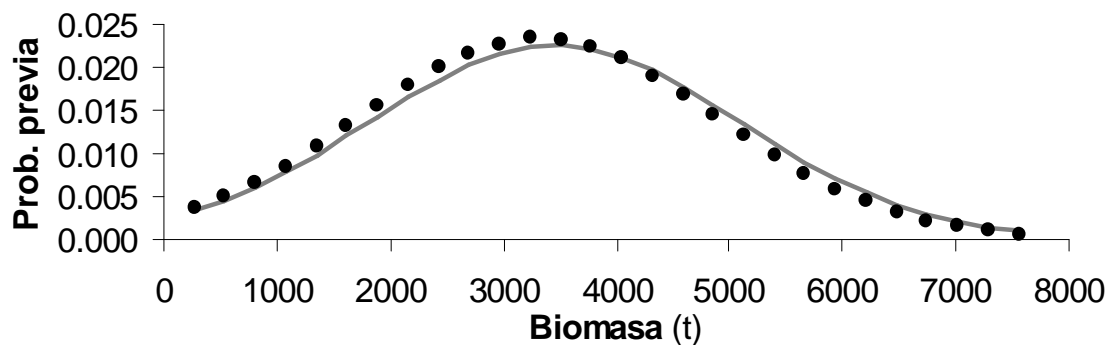


Figura 25. Probabilidad previa estimada con el teorema de Bayes para la biomasa de camarón café, durante los periodos de veda por los modelos de error de observación (línea sólida) y error de proceso (círculos negros).

La probabilidad posterior para la biomasa de camarón café estimada con el teorema de Bayes, es la suma de la información procedente del modelo de error de observación de las temporadas de pesca y los modelos de errores de observación y proceso de los periodos de veda, y muestran que la biomasa de camarón café en la región en cada temporada es de alrededor de las 3,000 t (Figura 26).

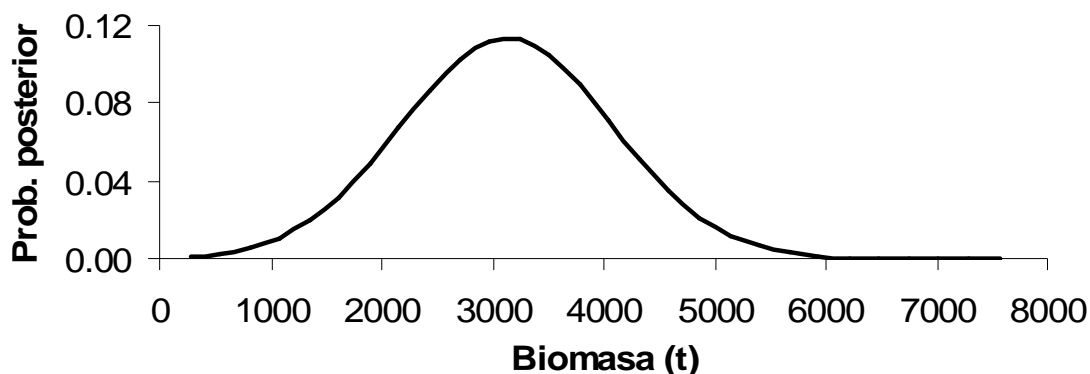


Figura 26. Probabilidad posterior estimada con el teorema de Bayes para la biomasa de camarón café utilizando los modelos de errores de observación y proceso.

La probabilidad calculada para cada uno de los modelos de máxima verosimilitud aplicando el teorema de Bayes, muestra que la probabilidad durante las temporadas de pesca por el error de observación es de 37%, durante los periodos de veda, las probabilidades para los errores de proceso y observación son de 39 y 41% (Figura 27).

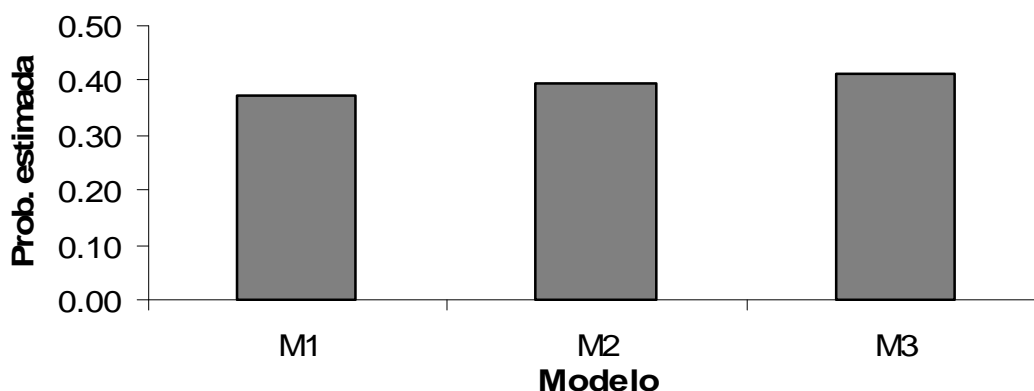


Figura 27. Probabilidad estimada por el teorema de Bayes para cada uno de los modelos de máxima verosimilitud. M1 representa la probabilidad del modelo de error de observación durante las temporadas de pesca; M2 y M3 son los modelos de error de observación y error de proceso durante los periodos de veda.

Considerando la probabilidad acumulada; durante las temporadas de veda se puede notar que la biomasa de camarón café al 50% (0.5) está por debajo de las 2,500 t y durante las temporadas de pesca la biomasa al 50% se alcanza alrededor de las 3,500 t (Figura 28).

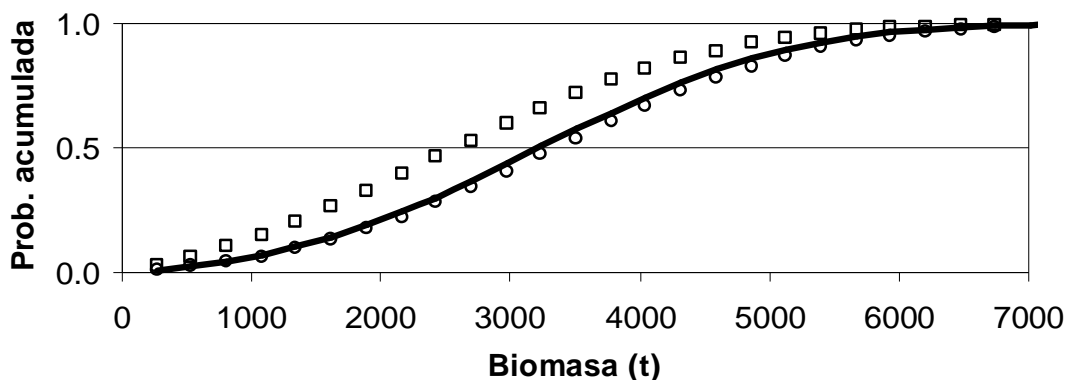


Figura 28. Probabilidad acumulada de la biomasa de camarón café al 50% durante las temporadas de pesca por error de observación (cuadros blancos); y durante los periodos de veda asumiendo error de observación (línea sólida) y proceso (círculos blancos).

## VIII. Discusión

### VIII.1 Composición de la captura total

Como se ha mencionado anteriormente, las cuatro especies que componen la pesquería del camarón en el Pacífico mexicano son el camarón azul (*L. stylirostris*), el camarón blanco (*L. vannamei*), el camarón café (*F. californienis*) y el camarón cristal o rojo (*F. brevirostris*). Chávez-Herrera (2001) en las regiones de Sinaloa y Nayarit, encontró que en la captura comercial la especie más abundante es *F. californiensis* con el 50%; *L. stylirostris* representa el 33%, *L. vannamei* el 16% y *F. brevirostris* el 1%. Estos porcentajes son muy parecidos a los encontrados en nuestro estudio durante los periodos de veda. En las temporadas de pesca se alternó la dominancia y la especie más abundante fue *L. stylirostris*. Esto se puede explicar debido a que un gran número de embarcaciones aplican un mayor esfuerzo sobre esta especie, debido a que alcanza mayor valor en el mercado internacional que el camarón café; es por eso que en los avisos de arribo esta especie presenta mayores volúmenes en las capturas. Los valores estimados por Madrid-Vera *et*

*al.* (2003a) en Nayarit son diferentes a los encontrados en este trabajo debido a que esta área presenta un gran número de sistemas lagunares que favorecen la presencia de especies eurihalinas como los camarones azul y blanco, además de que la abundancia de camarón café disminuye de norte a sur en Sinaloa. Hernández-Carballo y Macías (1998) encontraron que de las cuatro especies comerciales, el éxito de las poblaciones de los camarones azul y blanco depende de la existencia de las lagunas costeras y de que éstas presenten condiciones ambientales aceptables, lo cual se refleja en las capturas. En el Pacífico mexicano se presenta un comportamiento peculiar de la temperatura superficial del agua en la zona costera marina, cuyo punto de referencia es el Trópico de Cáncer. De ahí hacia el norte se mantienen temperaturas ligeramente más altas que las que se registran del Trópico de Cáncer hacia el sur. Por características orográficas, la precipitación pluvial, asociada al clima, es menor hacia al norte que hacia el sur, por lo que los sistemas lagunares presentan menor salinidad que los que se ubican el norte de ese punto de referencia. Las afinidades ecológicas para el camarón azul permiten el desarrollo de la especie en el norte de Sinaloa y Sonora, en tanto que en el sur de Sinaloa y Nayarit esas condiciones son aptas para el desarrollo del camarón blanco. Valenzuela-Quiñones (1998) y García-Borbón (2007) encontraron que la proporción en la composición específica y la abundancia varían entre temporadas, los que pueden explicar parte de la variación en las capturas.

#### VIII.2 Estimación de los parámetros poblacionales del camarón café durante las temporadas de pesca de 1996 al 2004 y los periodos de veda de 1992 al 2004

En el sureste del golfo de California, en las temporadas de pesca, el valor de K fue estimado en 8,000 t por error de observación. Para los periodos de veda el valor de K fue de 9,560 t por error de observación y 9,510 t por error de proceso, lo que sugiere que la capacidad de carga se encuentra alrededor de las 9,500 t. Los valores de K son mayores a los calculados por Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) y menores a los encontrados por Morales-Bojórquez *et al.* (2001) y Madrid *et al.* (2003b) para Sonora y Sinaloa, posiblemente debido a

que en este trabajo se cuenta con al menos cuatro años más de información y los datos abarcan hasta el 2004. Eso nos permitió hacer un buen ajuste del modelo el cual refleja la gran variabilidad en los resultados. Con la finalidad de explicar las diferencias en los valores de  $K$  respecto a otros trabajos, Belovsky *et al.* (1999) y Madrid *et al.* (2001a) encontraron que la variabilidad de este parámetro se relacionaba positivamente con las variaciones ambientales y el deterioro del hábitat, que juegan un papel importante en la dinámica de extinción de las poblaciones.

La tasa de crecimiento estimada para el camarón café de alta mar en las temporadas de pesca por error de observación fue de 1.60, y en los periodos de veda de 1.77 y 1.74. Los valores de  $r > 2.7$  generan oscilaciones muy complejas según la teoría básica de la logística (May 1974). En general, si se mide el tiempo en generaciones, la población puede ser estable si  $0 < r < 2$ . Aparentemente, en el presente trabajo se observó que estos valores generan oscilaciones con retornos relativamente estables. Para valores entre 2 y 2.7 aparecen ciclos límites, el primero con periodo 2; para  $r > 2.5$  aparece un ciclo de periodo 4 y para valores mayores de  $r$  aparecen ciclos de periodos 8, 16, 32, etc. Los valores encontrados en este trabajo por errores de observación y proceso durante las temporadas de pesca y los periodos de veda son similares a los encontrados por Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) y menores a los reportados por Madrid *et al.* (2003b; 2.7 por error de observación), lo que indica que la población puede estar estable. Con una  $r$  de 2.7 aparecen ciclos límites, lo que provoca que la población se vuelva inestable y sus valores puedan caer a cero; esto provoca una extinción local de la especie, o genera variaciones estocásticas que no pueden ser explicadas con este tipo de modelos.

El valor estimado de  $q$  en este trabajo para el camarón café de alta mar fue de  $1.0 \times 10^{-6}$  por error de observación en las temporadas de pesca y de  $1.6 \times 10^{-7}$  y  $1.5 \times 10^{-7}$  en los periodos de veda, por errores de observación y proceso respectivamente; estos valores son menores a los reportados por Madrid *et al.* (2003b) para Sinaloa. Estudios realizados recientemente sobre el camarón *Pandalus jordani* en Vancouver, Canadá, han demostrado que  $q$  no debe ser considerada como una constante que depende no solo de la



abundancia y el esfuerzo, sino también de otros factores tales como el comportamiento de las poblaciones de camarón, la temperatura del mar, la salinidad del mar, la velocidad del viento, las corrientes originadas por la marea y la nubosidad (Perry *et al.* 2000). Estos argumentos podrían ayudar a explicar las diferencias entre los valores de  $q$  reportadas para el camarón café.

Por otro parte, Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) calcularon una proporción de biomasa para camarón café de  $\delta = 0.978$ , lo cual indica que la población ha disminuido solamente el 2.2%. En este trabajo encontramos que los valores del parámetro  $\delta$  en las temporadas de pesca y los periodos de veda parecen indicar que la biomasa residente de camarón café de alta mar ha disminuido un 87% con respecto al tamaño de la biomasa inicial histórica (antes de ser sometida a pesca). Los valores de  $\delta$  obtenidos por incertidumbres de proceso y observación son  $\delta < 0.5$ , lo que significa que el tamaño de la biomasa total esta por debajo del nivel optimo  $\delta \geq 0.5$ . Gracia (2002) basado en estudios de especies del golfo de México como referencias básicas, sugiere que el stock reproductor de una población de camarón se debe mantener a niveles superiores al 17-20% de la biomasa virgen. Al iniciar y durante la temporada de pesca, hay una disminución de la biomasa reproductora, que debe de ser compensada por los organismos restantes, pero si no se dejan suficientes organismos al término de la temporada de pesca para remplazar los que fueron capturados, entonces habrá una disminución de la biomasa. El valor de  $\delta$  se puede utilizar como un indicador del estado en que se encuentra la pesquería; sin embargo es un parámetro en el que es necesario profundizar más.

Para seleccionar el mejor modelo se aplicó el criterio de información de Akaike (AIC). El modelo con menor AIC fue el modelo de error de observación y el segundo mejor modelo fue el de error de proceso en los periodos de veda, por lo que se recomienda utilizar la información procedente de los cruceros de prospección, debido a que nos permiten reducir la incertidumbre en la estimación de los parámetros del modelo de biomasa de Schaefer.

Durante las temporadas de pesca, la producción excedente máxima (PEM) por error de observación, fue de 3,200 t y el tamaño de la población sometida a pesca de 4,000 t, respectivamente. Para los periodos de veda la PEM por errores de observación y proceso estuvo entre las 4,137 y 4,230 t y el tamaño de la población sometida a pesca estuvo entre 4,755 y 4,780 t, respectivamente. Mediante estos modelos podemos observar que el tamaño de la población sometida a pesca es mayor que la PEM, lo cual coincide con lo reportado por Morales-Bojórquez *et al.* (2001), Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) y Madrid *et al.* (2003b).

### VIII.3 Estimación de las probabilidades previa y posterior de los modelos de máxima verosimilitud para las temporadas de pesca y los periodos de veda

Los resultados de la probabilidad previa obtenida sobre la biomasa del camarón café en el sureste del golfo de California mediante el análisis bayesiano, muestran que la biomasa de camarón durante las temporadas de pesca por error de observación es de 2,500 t; estos valores son mayores a los encontrados por Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) y ligeramente menores al encontrado por Madrid *et al.* (2002) por error de proceso. Durante las periodos de veda los valores encontrados en este trabajo son de 3,000 t por error de observación y 3,500 t por error de proceso, estos valores son similares a los encontrados por Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) y menores a los reportados por Madrid *et al.* en el 2002. La biomasa calculada a través de la probabilidad posterior muestra que la biomasa de camarón café en el sureste del golfo de California es de alrededor de 3,000 t, un valor mayor al encontrado por Sierra-Rodríguez *et al.* (2000) y menor al encontrado por Madrid *et al.* (2002). Este valor es similar a las cifras oficiales reportadas por la SAGARPA en el anuario estadístico de pesca del 2002.

Entre los rasgos claves de toda modelación bayesiana hay que subrayar que no parte de un presunto vacío informacional sino que permite incorporar evidencias de las experiencias, de los experimentos y datos previos dentro de las conclusiones y dentro, incluso, del planteamiento inicial. Este enfoque, por otra parte, permite de manera natural y directa calcular probabilidades de

eventos relacionados con observaciones futuras, algo que no puede hacer el frecuentismo; tal posibilidad es obviamente atractiva a la hora de tomar decisiones (Silva-Aycaguer y Muñoz-Villegas 2000).

Sin embargo, los métodos bayesianos han sido cuestionados argumentando, que al incorporar las creencias o expectativas personales del investigador, pueden dar motivo a cualquier arbitrariedad o manipulación. Se puede argumentar, por una parte, que el enfoque frecuentista no está exento de decisiones subjetivas (nivel de significación, usar una o dos colas, etc.), de hecho la subjetividad (algo muy diferente de la arbitrariedad o el capricho) es un fenómeno inevitable, especialmente en un marco de incertidumbre como en el que operan las ciencias biológicas. Por otra parte, las “manipulaciones” son actos de deshonestidad, que pueden producirse en cualquier caso (incluyendo la posibilidad de inventar los datos) y que no dependen de la metodología empleada sino de la honradez de los investigadores (Silva-Aycaguer y Suárez-Gil 2000).

## **IX. Conclusiones**

- Al finalizar la temporada de pesca se observa una disminución de la biomasa de un 87%.
- El tamaño virgen de la población sometida a pesca ( $\delta$ ) no fue un buen punto de referencia biológica para evaluar la población de camarón café, por lo que es un parámetro en el que es necesario profundizar más.
- Se puede notar que la población sometida a pesca durante las temporadas de pesca y los periodos de veda, se encuentra ligeramente por encima de la producción excedente máxima.
- La capacidad de captura de la pesquería ha superado las tasas de crecimiento de la población de camarón, propiciando una explotación inadecuada del recurso.

eventos relacionados con observaciones futuras, algo que no puede hacer el frecuentismo; tal posibilidad es obviamente atractiva a la hora de tomar decisiones (Silva-Aycaguer y Muñoz-Villegas 2000).

Sin embargo, los métodos bayesianos han sido cuestionados argumentando, que al incorporar las creencias o expectativas personales del investigador, pueden dar motivo a cualquier arbitrariedad o manipulación. Se puede argumentar, por una parte, que el enfoque frecuentista no está exento de decisiones subjetivas (nivel de significación, usar una o dos colas, etc.), de hecho la subjetividad (algo muy diferente de la arbitrariedad o el capricho) es un fenómeno inevitable, especialmente en un marco de incertidumbre como en el que operan las ciencias biológicas. Por otra parte, las “manipulaciones” son actos de deshonestidad, que pueden producirse en cualquier caso (incluyendo la posibilidad de inventar los datos) y que no dependen de la metodología empleada sino de la honradez de los investigadores (Silva-Aycaguer y Suárez-Gil 2000).

## **IX. Conclusiones**

- Al finalizar la temporada de pesca se observa una disminución de la biomasa de un 87%.
- El tamaño virgen de la población sometida a pesca ( $\delta$ ) no fue un buen punto de referencia biológica para evaluar la población de camarón café, por lo que es un parámetro en el que es necesario profundizar más.
- Se puede notar que la población sometida a pesca durante las temporadas de pesca y los periodos de veda, se encuentra ligeramente por encima de la producción excedente máxima.
- La capacidad de captura de la pesquería ha superado las tasas de crecimiento de la población de camarón, propiciando una explotación inadecuada del recurso.

- La biomasa de camarón café estimada durante las temporadas de pesca y los periodos de veda se encuentra alrededor de las 2,500 y 3,500 t respectivamente.
- El análisis estadístico bayesiano indica que la biomasa de camarón café disponible anualmente en el golfo de California es cercana a las 3,000 t.
- El análisis bayesiano explico el 78% de la variabilidad de la biomasa.

## X. Bibliografía

- Aragón-Noriega, E.A. y Alcántara-Razo, E. 2005. Influence of sea surface temperature on reproductive period and size at maturity of brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the Gulf of California. *Mar. Biol.* 146:373-379.
- Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. *Rev. Biol. Fish.* 6:221-242.
- Belovsky, G.E., Mellison, C. y Van Zandt, P.A. 1999. Experimental Studies of extinction dynamics. *Sci. Rep.* 286:1175-1177.
- Caddy, J.E. y Sharp, G.D. 1988. *Un marco ecológico para la investigación pesquera*. FAO Documento técnico de pesca 283, Roma. 155 p.
- Chávez, E.A. 1979. Diagnósis de la pesquería de camarón del golfo de Tehuantepec, Pacífico sur de México. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nac. Autón. Méx.* 6(2):7-14.
- Chávez-Herrera, D. 2001. Aspectos sobre la abundancia y la distribución de los camarones Penaeidos de la costa de Sinaloa y el norte de Nayarit, México de 1992 a 2000. *Tesis de Maestría*, UAS. 52 p.
- Contreras, F. 1988. *Las lagunas costeras mexicanas*. 2da. edición. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México, D.F. 263 p.
- Costello, T.J y Allen, D.M. 1970. Synopsis of biological data on the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. FAO. *Fish. Rep.* 57(4):1499-1537.
- De la Rosa-Vélez, J., Escobar-Fernández, R., Correa, F., Maqueda-Cornejo, M. y De la Torre-Cueto, J. 2000. Genetic structure of two commercial penaeids (*P. californiensis* and *P. stylirostris*) from the gulf of California, as revealed by allozyme variation. *Fish. Bull.* 98:674-683.
- Diario Oficial de la Federación. 1993. Norma oficial mexicana 002-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. 16 p.
- Edwards, R.R.C. 1977. Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a Mexican coastal lagoon complex. *Est. Coast. Mar. Sci.* 5:107-121.
- Francis, R.I.C.C. y Shotton, R. 1997. "Risk" in fisheries management: a review. *Can. Jour. Fish. Aqua. Sci.* 54:1699-1715.
- García-Borbón, J.A. 2007. Análisis de población virtual en la pesquería del camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*, Holmes) del complejo lagunar de bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Tesis doctoral*, UNAM. 78 p.

- García-Borbón, J.A., Balart, E.F., Gallo, J.J. y Loreto-Campos, P.A. 1996. Pesquería del camarón: 187-206. *In: Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur.* (Eds) Casas-Valdez, M. y Ponce-Díaz, G.
- García-Borbón, A., Morales-Bojorquez, E., Díaz-Uribe, J.G., Beléndez-Moreno, L., Zárate-Becerra, M.E., Liedo-Galindo, A., Monreal-Prado, A., Chávez-Herrera, D., Melchor-Aragón, J.M., Madrid-Vera, J., Muñoz-Rubí, H., Castro-Castro, D., Pérez-Navarro, M., Hernández, S., Ramos-Cruz, S., Loreto-Campos, P., García-Juárez, A.R., Ramos-Montiel, A.R., García-Tirado, V., González, J.R., Espinosa-Partida, M.A. y Martínez-García, J.F. 2004. Resultados del análisis de las poblaciones de camarón durante la veda del 2004 en el litoral del Pacífico. *Informe de investigación*, INP. 43 p.
- García-Borbón, A., Morales-Bojorquez, E., Gómez-Rojo, C., Beléndez-Moreno, L., Zárate-Becerra, M.E., Chávez-Herrera, D., Melchor-Aragón, J.M., Díaz-Uribe, J.G., Madrid-Vera, J., Muñoz-Rubí, H., Castro-Castro, D., Pérez-Navarro, M., Hernández, S., Ramos-Cruz, S., Loreto-Campos, P., García-Juárez, A.R., Ramos-Montiel, A., García-Tirado, V., González, J.R., Espinosa-Partida, M.A., Martínez-García, F., Ramos-Santiago, E. y Morales-Pacheco, O. 2005. Análisis de las poblaciones de camarón durante la veda del 2005 en el litoral del Pacífico mexicano. *Informe de investigación*, INP. 69 p.
- García, S. y Le Reste, L. 1987. *Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros.* Documento técnico de pesca 203. FAO, Roma. 180 p.
- Garduño-Argueta, H. y Calderón-Pérez, J.A. 1994. Abundancia y maduración sexual de hembras de camarón (*Penaeus spp.*) en la costa sur de Sinaloa, México. *Rev. Inv. Cient. UABCS* 1:27-34.
- Gobierno del estado de Nayarit. 2004. Descripción general del estado de Nayarit. [www.nayarit.gob.mx/Descripcion](http://www.nayarit.gob.mx/Descripcion) (Accesada en Diciembre del 2004).
- Gobierno del estado de Sinaloa. 2004. Localización geográfica y extensión territorial. [www.sinaloa.gob.mx/Localizacion](http://www.sinaloa.gob.mx/Localizacion) (Accesada en Diciembre del 2004).
- González de la Rocha, J. 2003. La industria camaronera mexicana. Oficina regional de la FAO para América latina y el Caribe. Documentos sobre recursos naturales. 17p.
- Gracia, A. 2002. La relación stock-reclutamiento en el manejo de las pesquerías de camarón: 4. *In: Foro de investigación de camarón del Pacífico: Evaluación y manejo.* (Ed.) INP. 19 p.

- Gracia, G.A. y Soto, L.A. 1990. Populations study of the penaeid shrimp of Terminos lagoon, Campeche, Mexico. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nac. Autón. Méx.* 17(2):241-255.
- Haddon, M. 2001. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman&Hall/CRC. Boca Raton, Florida. 406 p.
- Hernández-Carballo, E.A. 2004. Historia de la pesquería de camarón en el Pacífico mexicano. INP. 24 p.
- Hernández-Carballo, A. y Macias, E. 1996. La pesquería de camarón en aguas protegidas Pacífico mexicano: 65-94. *In: Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del INP*. Tomo 1. México, D.F. 555 p.
- Hendrickx, M.E. 1993. Crustáceos decápodos bentónicos del sur de Sinaloa, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx., Ser. Zool.* 64(1):1-16.
- Hendrickx, M.E. 1995. Camarones: 417-537. *In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental*. Vol. 1: Plantas e invertebrados. (Eds) Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. y Niem, V.H. FAO, Roma. 646 p.
- Hendrickx, M.E. 1996. Los camarones *Penaeoidea* bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendobranchiata) del Pacífico mexicano. CONABIO-UNAM. 147 p.
- Hendrickx, M.E. 2001. Taxonomía, biología y zoogeografía de los peneidos de importancia comercial del Pacífico mexicano. Cap. 2: 25-39. *In: Camaronicultura y medio ambiente*. (Ed) Páez-Osuna, F. 450 p.
- Hilborn, R. y Mangel, M. 1997. *The ecological detective. Confrontating models with data*. Princeton University Press. 315 p.
- Hilborn, R., Pikitch, E.K. y Mcallister, M.K 1994. A Bayesian estimation and decision analysis for an age-structured model using biomass survey data *Fish. Res.*19:17-30.
- Hilborn, R. y Walters, C. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman-Hall, New York. 570 p.
- Instituto Nacional de la Pesca. 1996. *Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del INP*. Tomo 1. México, D.F. 555 p.
- Instituto Nacional de la Pesca. 2002a. Pesquería del camarón en el Pacífico mexicano durante la temporada 2001- 2002 y criterios para el inicio de la temporada de pesca y marinas. *Doc. Técnico*. 27 p.
- Instituto Nacional de la Pesca. 2002b. Informe técnico de inicio de temporada de la pesca de camarón en el golfo de México y mar Caribe (2002). *Doc. Técnico*. 26 p.



- Instituto Nacional de la Pesca. 2004. Resultado del análisis de las poblaciones de camarón de bahías durante la veda de 2004 en el litoral del Pacífico. *Doc. Técnico*. 35 p.
- Instituto Nacional de la Pesca y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2000. *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo*. 1111 p.
- Kee-Cha, H., Chul-Woong, O., Yung-Hong, S. y Kyung-Yang, P. 2002. Reproduction and population of *Penaeus chinensis* (Decapoda: Penaeidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. *Fish. Res.* 56:25-36.
- Loa-Loza, E. y Durand, S.L. 1998. Hacia la estrategia mexicana de Biodiversidad. 287 -292. *In: La diversidad biológica de México: Estudio del país*. (Eds) Peña-Jiménez, A., Neyra-González, L., Loa-Loza, L. y Durand-Smith, L. CONABIO.
- López-Martínez, J. 2000. Dinámica de la pesquería del camarón café (*Penaeus californiensis*) en el litoral sonorenses y su relación con algunos parámetros océano-atmosféricos. *Tesis doctoral*, IPN-CICIMAR. 161 p.
- Lluch, D. 1977. Diagnóstico, modelo y régimen óptimo de la pesquería de camarón de alta mar en el noroeste de México *Tesis doctoral*, IPN. 430 p.
- Macias-Regalado, E., Fernández-Pérez, H y Calderón-Pérez, A. 1982. Variación diurna de la densidad de postlarvas de camarón en la boca del sistema lagunar Huizache-Caimanero Sin., México, (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nac. Autón. Méx.* 9(1):381-386.
- Madrid-Vera, J., Aguirre, H. y González, A.E. 2003a. Abundance and distribution patterns of commercial shrimp (Penaeoidea) during close seasons in the Nayarit Coast, México. *Doc. Técnico*, INP. 13 p.
- Madrid-Vera, J., Chávez-Herrera, D. y Melchor, J.M. 2001a. Situación actual de las poblaciones de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), en las costas de Sinaloa y norte de Nayarit, México. *Doc. Técnico*, INP. 13 p.
- Madrid-Vera, J., Melchor, J.M., Castro-Castro, D. y Chávez-Herrera, D. 2001b. Áreas de pesca restringidas y protegidas al camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en las costas del norte de Nayarit y Sinaloa. *Doc. Técnico*, INP. 16 p.
- Madrid-Vera, J., Melchor, J.M. y Chávez-Herrera, D. 2002. Relaciones entre las abundancias de los camarones comerciales de la costa de Sinaloa y las variaciones climáticas. *In: Foro de investigación de camarón del Pacífico: Evaluación y manejo*. (Ed.) INP. 19 p.

- Madrid-Vera, J., Melchor-Aragón, J.M., Chávez-Herrera, D. y Pérez-Vivar, T.L. 2003b. La pesquería del camarón en las costas de Sinaloa en los últimos 50 años. *In: 2do. Foro de camarón del Pacífico mexicano: Evaluación y manejo.* (Ed.) INP. 59p.
- Márquez-Tiburcio, M.A. 1976. Captura y esfuerzo en pesquerías de camarón de aguas interiores (Bahías Guásima y Lobos, Sonora). *In: Memorias del simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones.* Guaymas, Sonora, México del 8 al 13 de agosto de 1976. INP, Vol. 1:47-57.
- Martínez-Córdova, L.R. 1999. *Cultivo de camarones peneidos: Principios y prácticas.* AGT editor, México. 283 p.
- Medina, A.S. y Soto, L.A. 2003. Assessment of the fishing effort level in the shrimp fisheries of the central and southern gulf of California. *NAGA, Worldfish center quarterly.* 26(4): 16-20.
- Morales-Bojorquez, E. 2002. Bayes theorem applied to the yield estimate of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caetuleus* Girard) from Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. *Rev. Cienc. Mar.* 28(2):167-179.
- Morales-Bojorquez, E., García-Borbón, J.A., Madrid-Vera, J., Chávez-Herrera, D., Melchor-Aragón, J.M., Muñoz-Rubí, H., Castro-Castro, D., Moreno-Borrego, V., Ramos-Cruz, S., García-Juárez, A., Beléndez-Moreno, L., Loreto-Campos, P., García, T.V. y Hernández, S. 2005. Inicio de la temporada de veda para las pesquerías de camarón del Pacífico mexicano. Informe de investigación, INP. 22 p.
- Morales-Bojórquez, E., López-Martínez, J. y Hernández-Vázquez, S. 2001. Dynamic match-effort model for brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes) from the gulf of California, Mexico. *Rev. Cienc. Mar.* 27(1):105-124.
- Muciño-Díaz, M.O., Sierra-Rodríguez, P., Vélez-Barajas, J.A., Zarate-Becerra, E., Talavera-Maya, J., Turrubiates-Morales, J.E, Caballero-Alegría, F. y Reinecke-Reyes, M.A. 2000. Abulón: 119-158. *In: Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo.* INP. 1111 p.
- Nadal-Egea, A. 1996. *Esfuerzo y Captura, tecnología y sobreexplotación de recursos marinos vivos.* El colegio de México. 476 p.
- Pérez-Castañeda, R. y Defeo, O. 2001. Population variability of four sympatric penaeid shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in a tropical coastal lagoon of Mexico. *Est. Coast. Mar. Sci.* 52:631-641.
- Pérez-Farfante, I. y Kensley, B. 1997. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and Diagnoses for the Families and Genera. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.* Paris, Francia. 233 p.

- Pérez-Velázquez, M. y Gracia, A. 2000. Fecundity of *Litopenaeus setiferus*, *Farfantepenaeus aztecus* y *F. duorarum*, in the southwestern Gulf of Mexico. *Gulf Res. Rep.* 12:1-12.
- Pérez-Vivar, T.L. 2003. Dinámica poblacional del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. *Tesis de maestría*, UNAM. 82 p.
- Perry, R.I., Boutiller, J.A. y Foreman, M.G. 2000. Environmental influences on the availability of smooth pink shrimp, *Pandalus jordani*, to commercial fishing gear off Vancouver island, Canada. *Fish. Ocean.* 9:50-61.
- Porchas-Cornejo, M.A., Martínez-Córdova, L., Magallón-Barajas, F., Naranjo-Páramo, J. y Portillo-Clark, G. 1999. Efecto de la microalga *Caulerpa sertularioides* en el desarrollo del camarón *Penaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae). *Rev. Biol. Trop.* 47(3):1-9.
- Restrepo, V. 2004. Glosario de términos pesqueros. ICCAT. 27 p. [www.iccat.es/Documents/SCRS/Other/glosario.pdf](http://www.iccat.es/Documents/SCRS/Other/glosario.pdf) (Disponible en red).
- Rodríguez de la Cruz, M.C. 1981. Aspectos pesqueros del camarón de alta mar en el Pacífico mexicano. INP. *Cienc. Pesq.* 1(2):1-19.
- Rodríguez de la Cruz, M.C y Chávez-Ortiz, E.A. 1996. La pesquería del camarón en alta mar. Pacífico mexicano. Crustáceos: 3-28. *In: Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del INP.* Tomo 1. INP. 555 p.
- Rosales-Juárez, F. 1976. Alimento y alimentación de algunas especies del género *Penaeus*: 251-274. *In: Memorias del Simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones.* INP. Vol. 1. 535 p.
- Ruiz-Durá, M.A. 1993. *Recursos pesqueros de la costa de México: Su conservación y manejo socioeconómico.* Noriega editores. México, D.F. 283 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2002. Anuario estadístico de Pesca 2001. 255 p.
- Sierra-Rodríguez, P., Acosta-Castañeda, C., García-Borbón, J.A., García-Juárez, A.R., Liedo-Galindo, A., Melchor-Aragón, J.M., Ramos-Cruz, S., Rosas-Cota, A., Toledo Díaz-Rubín, M.P. y Zarate-Becerra, E. 2000. Camarón del océano Pacífico: 3-50. *In: Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo.* INP. 1111 p.
- Silva-Aycaguer, L.C. y Muñoz-Villegas, A. 2000. Debate on frequentist vs. Bayesian methods. *Gac. Sanit.* 14(6):482-494.
- Silva-Aycaguer, L.C. y Suárez-Gil, P. 2000. ¿Qué es la inferencia bayesiana?. *JANO* 58:65-66.

- Solana-Sansores, R. y Arreguín-Sánchez, F. 1993. Seasonal changes of brown shrimp (*Penaeus aztecus*) abundance in the northwestern Gulf of Mexico related to environmental factors. *Rev. Cienc. Mar.* 19(2):155- 168.
- Sparre, P. y Venema, S.C. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1: Manual. Documento técnico de pesca 306/1, FAO. 420 p.
- Talavera-Maya, P., Sierra-Rodríguez, P, Gluyas-Millán, M.G., Hernández-Valenzuela, R.G., Fajardo-León, M.C., Morales-Bojorquez, E., Massó-Rojas, J.A., Muciño-Díaz, M.O., Vélez-Barajas, J.A. y Carballo-Alegría, F. 2000. Caracol Panocha: 367-388. *In: Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo.* INP. 1111 p.
- Valenzuela-Quiñones, W. 1998. Variación y composición específica de las capturas de camarón en el noroeste del Pacífico mexicano: temporadas de pesca de 1989-90 a 1994-95. *Tesis de Maestría*, CICESE. 47p.
- Vargas, R. y Cortés, J. 1999. Biodiversidad marina de Costa Rica: Crustacea: Decapoda (Penaeoidea, Sergestoidea, Caridea, Astacidea, Thalassinidea, Palinura) del Pacífico. *Rev. Biol. Trop.* 47: 887-911.
- Villaseñor-Talavera, R. 2002. Mecanismos para la regulación y control de la pesca. 431-450. *In: Manejo de recursos pesqueros: Reunión temática nacional.* (Eds) Morán-Angulo, R.E., Bravo-Mercado, M.T., Santos-Guzmán, S. y Ramírez-Zavala, J.R. 463 p.
- Wicksten, M.K. y Hendrickx, M.E. 1992. Checklist of Penaeid and Caridean Shrimps (Decapoda: Penaeoidea, Caridea) from the eastern tropical Pacific. *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.* 9:1-11.
- Wicksten, M.K. y Hendrickx, M.E. 2004. Additional records of benthic and pelagic shrimps from the eastern tropical Pacific. *Contributions to the study of East Pacific Crustaceans.* (3):139-141.