

# Efectos de la Pesca de Arrastre en el Golfo de California

Editores:  
Juana López Martínez  
Enrique Morales Bojórquez



SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



CONACYT



SAGARIFA



FUNDACIÓN  
PRODUCE  
SONORA A.C.





# Efectos de la Pesca de Arrastre en el Golfo de California

Editores:

Juana López Martínez  
Enrique Morales Bojórquez



**EFFECTOS DE LA PESCA DE ARRASTRE EN  
EL GOLFO DE CALIFORNIA**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del derecho de autor.

Derechos reservados©

**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.**

Mar Bermejo No. 195 C.P. 23090

Col. Playa Palo de Santa Rita

La Paz, Baja California Sur, México

**Fundación Produce Sonora, A.C.**

Veracruz local 5, 6 y 7 entre Reyes y Escobedo Col. San Benito  
Hermosillo, Sonora.

Maquetación y Edición editorial

Arte Visual Impreso

Diseño Gráfico Editorial y portada

DG. Gerardo Hernández García

Fotografía Portada

Enrique Morales Bojórquez

Primera Edición: Febrero 2012

Impreso en:

Ediciones de la Noche

Madero Núm. 687

Guadalajara, Jalisco, México

C.P. 44100

ISBN: 978-607-7634-08-9

## **PREPARACIÓN DE ESTE DOCUMENTO**

El libro “Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California” nace como resultado del proyecto “Impacto de las actividades pesqueras en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California” apoyado por Fundación Produce Sonora, A. C. La edición estuvo a cargo de la Dra. Juana López Martínez y el Dr. Enrique Morales Bojórquez. En este documento se integra la visión y conocimiento de especialistas de diversas instituciones, así como resultados de sus proyectos de investigación.

Las referencias bibliográficas aparecen al final de cada capítulo tal y como fueron presentadas por los autores.

## **CITA DE ESTE DOCUMENTO**

### **Para citar el libro:**

López-Martínez, J. y Morales-Bojórquez, E. (Ed.) 2012. Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, p. 466

### **Ejemplo para citar capítulo:**

Villaseñor-Talavera, R. (2012). Pesca de camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema. p. 281-314. En: Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. López-Martínez, J. y Morales-Bojórquez, E. (Ed.), Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, 466 p.



## PRESENTACIÓN

Las actividades humanas, directa o indirectamente, son una de las principales causas de cambios en la diversidad y han sido referidas en el pasado como temas ambientales críticos. El conocimiento de cómo las perturbaciones humanas afectan la biodiversidad marina, puede proveer señales de los síntomas de cambio inducidos por el hombre en los ecosistemas marinos. Solas o combinadas, estas actividades humanas pueden conducir a alteraciones de los flujos de energía, perturbaciones y muchas otras alteraciones en la estructura y función de los ecosistemas. Preocupan las repercusiones de estas actividades sobre la capacidad de recuperación de los ecosistemas, es decir, la capacidad de seguir sosteniendo y mantener una comunidad biológica equilibrada, integrada y adaptable, que tiene una composición, diversidad y organización funcional de especies comparable a la de entornos naturales similares de la región. Estas preocupaciones han dado lugar a una demanda social de una ordenación pesquera basada en los ecosistemas, que supone la conservación de las estructuras, los procesos y las interacciones de los ecosistemas a través de prácticas de utilización sostenible.

En ese marco de referencia, la pesca de arrastre de fondo (entendiéndose como aquella que se ejecuta con redes que son arrastradas sobre el fondo), ha sido señalada a nivel internacional como aquella que más impactos genera en el hábitat del fondo del mar en todo el mundo. Sin embargo, también se ha encontrado que dichos impactos no son uniformes, ya que dependen de la distribución espacial y temporal de la pesca y varían con el tipo de hábitat y el medio ambiente en que se producen.

En el Golfo de California, México se lleva a cabo una de las pesquerías más importantes de México, la pesca de arrastre de camarones peneidos, misma que ha sido motivo de preocupación por los diferentes actores involucrados, y si bien se han hecho algunas investigación previas, la mayor parte de la información que se ha generado recientemente no esta disponible o se encuentra fragmentada, haciendo difícil su uso en el manejo del recurso. En este escenario, resulta urgente dedicar esfuerzo, personal y recursos al análisis de los efectos de la pesca de arrastre sobre los ecosistemas y al diseño de estrategias y métodos para incorporar

dicho conocimiento a los esquemas de administración y manejo.

Más aún, es claro que, tal como sucede para otras actividades primarias, el tema de los efectos de la pesca en los ecosistemas marinos debe formar parte de la percepción generalizada de lo que es la pesca, para ser incluido a futuro como un elemento más a considerar en los diversos ámbitos que tienen que ver con el sector pesca, incluyendo aspectos legales y normativos, la planeación pública o empresarial y las iniciativas de desarrollo sustentable. En este sentido, la importancia de la presente obra va más allá de una pieza de literatura científica o de referencia y constituye, más bien, un medio para acercar al público interesado al tema de la pesca de arrastre y sus impactos en los recursos marinos.

**Dr. Sergio Hernández Vázquez**

Director General

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, B.C.S., Febrero del 2012



## PRÓLOGO

En respuesta a las preocupaciones públicas mundiales, los países por medio de la FAO y de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo (Sudáfrica) en 2002, han promovido un enfoque de las políticas normales y la ordenación que no se centre solamente en las distintas poblaciones ícticas, sino que tenga en cuenta a los ecosistemas. Entre las metas que se declararon resaltan las siguientes: 1) *Lograr para el año 2010, la aplicación del enfoque basado en el ecosistema, observando la Declaración de Reikiavik, sobre pesca responsable en el ecosistema marino, y lo pertinente en la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB); 2) Lograr que para aquellas poblaciones agotadas, a más tardar, para el año 2015, se mantengan las poblaciones de peces, o se restablezcan a niveles que puedan producir el máximo rendimiento sostenible; 3) Lograr cumplir con el Plan de Acción Internacional para la gestión de la capacidad de pesca acordado en la FAO para el año 2005, y el Plan de Acción Internacional para prevenir, desalentar y eliminar la pesca ilegal para el año 2004; 4) Lograr para el año 2012, con base en información científica, cerrar zonas en algunas épocas del año, para proteger los períodos y lugares de cría y reproducción de la fauna marina; y 5) Lograr para el año 2012, el establecimiento de una red representativa de áreas marítimas protegidas.*

A casi 10 años de dicha cumbre, la mayor parte de las metas en el medio marino aun no se han cubierto. Lo anterior puede ser debido a una combinación de factores, incluyendo falta de voluntad política, falta de capacidades o falta de conocimiento, ya que para ello es necesario un mejor conocimiento y seguimiento de toda la serie de procesos en los que influye o ha influido la pesca, información que se caracteriza por estar desarticulada y ser escasa.

Actualmente algunos de los objetivos más importantes de la ordenación pesquera son mitigar los efectos en los hábitats, las comunidades marinas y las interacciones ecológicas (tales como las relaciones entre el depredador y la presa), así como los efectos que ejercen en la pesca las actividades humanas. En particular, la pesca de arrastre afecta a los hábitats del fondo del mar en todo el mundo. Sin embargo, esas consecuencias no son uniformes, ya que dependen de la distribución espacial y temporal de la pesca y varían con el tipo de hábitat y el medio ambiente en que se producen.

El impacto del arrastre efectuado por las redes camaroneras ha sido un tema de gran relevancia y preocupación en el ámbito internacional

y nacional, y se han hecho y se siguen haciendo diversos intentos para tratar de minimizar los impactos adversos. Prueba de ello son los diversos talleres multinacionales que se han llevado a cabo auspiciados por la FAO en 1997, 2000, 2003, 2007, 2010; encaminados a encontrar soluciones al problema de la captura incidental de camarón, comúnmente conocida como fauna acompañante de camarón (FAC). Sin embargo, los efectos pueden estar asociados también al hábitat de las especies bentónicas y sésiles en sí, esto es el fondo marino.

En la pesca de arrastre de camarón efectuada en el Océano Pacífico mexicano para que las redes de arrastre de camarón funcionen correctamente, se usan puertas de diversos materiales metálicos (acero, acero y madera), que varían entre 250 y 400 kg, además de cadenas en la relinga inferior, cuyo peso varía según el tipo de red y fondo, mismas que se entierran en el fondo y cuyas consecuencias son desconocidas. Las artes de pesca de arrastre del fondo hacen que las capas superiores del hábitat sedimentario vuelvan a quedar en suspensión y de este modo movilizan nuevamente los nutrientes, contaminantes y partículas finas dentro de la columna de agua. Todavía no se ha determinado el efecto ecológico de estos disturbios pesqueros.

El presente libro pretende concentrar y recopilar el avance del conocimiento sobre el tema de los efectos de las redes de arrastre sobre los ecosistemas marinos del Golfo de California. Este está dividido en tres secciones: la primera es una recopilación de investigaciones que se efectuaron o se están efectuando y aborda aspectos tan amplios como la relación camarón:fauna de acompañamiento, hasta análisis de variabilidad genética de las especies explotadas, dinámica poblacional de especies componentes de la FAC, efectos de los arrastres en los fondos marinos, entre otros. En la segunda sección se presentan avances en materia tecnológica sobre las artes de pesca y sobre el uso de la FAC; y en una tercera sección se abordan aspectos del manejo pesquero, propuestas de mecanismos de manejo orientadas a la preservación del recurso camarón y de la diversidad biológica, así como la visión del Sector Pesquero directamente involucrado en el uso del recurso.

**Juana López Martínez y Enrique Morales Bojórquez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Como toda obra literaria, en el desarrollo del presente trabajo intervino más de una persona. Agradecemos profundamente el apoyo de los revisores anónimos, cuya función es trascendental para el desarrollo de una buena obra. Así mismo, a los Dr. Daniel Lluch Belda y Miguel Ángel Cisneros Mata por la revisión del libro. A la Fundación Produce Sonora vía el proyecto 1413 por el apoyo recibido en la impresión del presente documento. Al Dr. Sergio Hernández Vázquez, Director General del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por la confianza depositada en sus investigadores y las facilidades otorgadas para el desarrollo de nuestro trabajo. A los autores de los diversos capítulos del libro, investigadores y actores con profundo conocimiento de la pesca de camarón en México. Agradecemos igualmente el apoyo logístico en la edición del documento de los c. Dr. Carlos Rábago Quiroz y Martha Patricia Mora Flores del CIBNOR, así como al Ing. Armando Hernández López por la edición final de las figuras de todo el libro. A DG. Gerardo Hernández García, por el apoyo gráfico editorial de este documento y salida digital para impresión.



## CONTENIDO

<b>Presentación</b>	5
<b>Prólogo</b>	7
<b>1. AVANCES EN INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. ASPECTOS GENERALES	
1.1.1. Efectos de la pesca de arrastre del camarón en el Golfo de California. Síntesis de las investigaciones desarrolladas por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia, N. Hernández-Saavedra, E. Serviere-Zaragoza, J. Rodríguez-Romero, C. H. Rábago-Quiroz, G. Padilla-Arredondo, S. Burrola-Sánchez, D. Urias-Laborín, R. Morales-Azpeitia, S. Pedrín-Aviles, L. F. Enríquez-Ocaña, M. O. Nevárez-Martínez, A. Acevedo-Cervantes, E. Morales-Bojórquez, M. del R. López-Tapia, J. Padilla-Serrato	15
1.2. FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO DEL CAMARÓN	
1.2.1. Variación de la relación camarón: fauna de acompañamiento en la pesquería de camarón industrial del Golfo de California. J. López-Martínez, S. Hernández-Vázquez, R. Morales-Azpeitia, M. O. Nevárez-Martínez y C. Cervantes-Valle, J. Padilla-Serrato	27
1.3. SISTEMÁTICA	
1.3.1. Macroalgas en redes de arrastre para camarón en fondos marinos del Golfo de California. E. Serviere-Zaragoza, A. Mazariegos-Villareal, A. R. Rivera-Camacho, J. López-Martínez y A. Piñón-Gimate.	49
1.3.2. Elenco taxonómico de los peces acompañantes de la captura de camarón en la porción oriental del Golfo de California. J. Rodríguez-Romero, J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia, S. Hernández-Vázquez y A. Acevedo-Cervantes.	71

1.3.3. El papel ecológico de los peces en una zona de manglar de la costa occidental de Baja California Sur, México. J. Rodríguez-Romero, L. López-González, F. Galván-Magaña, F. J. Gutiérrez-Sánchez, J. López-Martínez, R. Inohuyé-Rivera y J. C. Pérez-Urbiola.	93
1.4. DINÁMICA POBLACIONAL	
1.4.1. Biomasa y biología reproductiva de especies clave en la fauna de acompañamiento del camarón, en las costas de Sonora, durante un periodo de veda. E. Ruiz-Villa, J. López-Martínez y A. Acevedo-Cervantes.	115
1.4.2. Estimación de abundancia de los lenguados capturados incidentalmente por embarcaciones camaroneras y su posible competencia con la flota ribereña en el Golfo de California. C. H. Rábago-Quiroz, J. López-Martínez, M. O. Nevárez-Martínez.	137
1.4.3. Crecimiento y mortalidad natural de <i>Pseudupeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863) y <i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863) en el Golfo de California. R. Morales-Azpeitia, J. López-Martínez, M. O. Nevárez-Martínez, J. T. Ponce-Palafox	153
1.4.4. Dinámica poblacional del pez guitarra ( <i>Rhinobatus</i> spp.), componente de la fauna de acompañamiento de la pesca de camarón en el Golfo de California. I. M. Abascal-Monroy, J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia, J. E. Valdéz-Holguín y C. Cervantes-Valle.	169
1.4.5. Aspectos poblacionales del camarón mantis (Stomatopoda: <i>Squilla</i> spp.) componente de la fauna de acompañamiento del camarón en el Golfo de California. E. A. Arzola-Sotelo, J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia y J. E. Valdéz-Holguín.	187
1.4.6. Aspectos poblacionales del pez cochito <i>Balistes</i> (Steindachner, 1876) como componente de la fauna de acompañamiento del camarón en el Golfo de California, México. Juana López-Martínez, Eloísa Herrera-Valdivia, Cintya Alejandra Nevárez-López y Jesús Rodríguez-Romero	205

1.5.	ESTUDIOS GENÉTICOS	
1.5.1.	Estudios genéticos de algunas especies recurrentes en la fauna de acompañamiento del camarón en el Golfo de California: el chupalodo <i>Porichthys analis</i> (Hubbs y Schultz, 1939). O. González-Ochoa, D. I. Rojas-Posadas y N. Y. Hernández-Saavedra.	217
1.6.	FONDOS MARINOS	
1.6.1.	Dispersión de sedimento por efecto de redes de arrastre en la zona marina frente a “El Choyudo”, Municipio de Hermosillo, Sonora, México. G. Padilla-Arredondo, M. S. Burrola-Sánchez, D. Urias-Laborín, S. Pedrín-Avilés y M. del R. López-Tapia.	241
1.6.2.	Granulometría y materia orgánica de áreas pesqueras rastreables y no rastreables en la costa central de Sonora, México. S. Pedrín-Avilés, J. López-Martínez, P. García-Hinostro.	261
2.	DESARROLLO TECNOLÓGICO	
2.1.	TECNOLOGÍA DE CAPTURAS	
2.1.1.	Pesca de camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema. R. Villaseñor-Talavera.	281
2.1.2.	Aplicación y evaluación del sistema de pesca de arrastre selectivo, por popa en embarcaciones menores, para la captura de camarón y protección a la vaquita marina en el Alto Golfo de California. F. Medina-Carrillo, S. P. Padilla-Galindo, J. T. Nieto-Navarro.	315
2.2.	TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
2.2.1.	Uso y aprovechamiento del camarón de profundidad de la fauna de acompañamiento. L. Ocampo.	339
3.	ASPECTOS DE MANEJO	
3.1.	CAMARÓN	

3.1.1. Propuesta de manejo para la pesquería de camarón azul ( <i>Litopenaeus stylirostris</i> ) en el alto Golfo de California. A. R. García-Juárez.	355
3.1.2. Distribución y abundancia de camarón café ( <i>Fanfantepeanaeus californiensis</i> ) en el norte de Sinaloa, México. E. Morales-Bojórquez, J. Madrid-Vera, J. G. Díaz-Uribe, H. Aguirre-Villaseñor, A. Liedo-Galindo, D. Chávez-Herrera, J. Melchor-Aragón, H. Muñoz-Rubí y A. Hernández-López.	385
3.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	
3.2.1. Áreas marinas protegidas del Golfo de California para mitigar los efectos de la pesca de arrastre en la biodiversidad: Limitaciones y propuesta de nuevo enfoque. L. Bourillón y J. Torre.	399
3.3. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS	
3.3.1. La sobrecapitalización de las pesquerías en México: El caso de la sardina y camarón de altamar. J. R. Químbar-Acosta.	413
3.3.2. Caracterización socioeconómica de la pesquería de camarón en Puerto Peñasco, Sonora. X. Vega-Amaya.	429
3.4. SECTOR PRODUCTIVO	
3.4.1. Visión de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera (CANAINPES) Delegación Sonora, en torno al tema de la afectación de la red de arrastre camaronesa en el fondo marino en el Golfo de California. S. Lizárraga-Saucedo y L. Tissot-Plant.	449
3.4.2. Mercado del Camarón. Perspectivas. J. A. Castillo-Leyva.	459



## CAPÍTULO 18

**Propuesta de manejo para la pesquería  
de camarón azul  
(*Litopenaeus stylirostris*) en el  
alto Golfo de California.**

Alma Rosa García-Juárez<sup>1,2,\*</sup>

**RESUMEN**

Partiendo de la premisa de que la estrategia de manejo del camarón en México, establece un procedimiento de evaluaciones continuas donde se estima la biomasa remanente (o escape constante), la época de reproducción y reclutamiento del camarón; y que los resultados de las investigaciones están a cargo del Instituto Nacional de Pesca y se confrontan con autoridades del ramo y del sector productivo.

El objetivo de este trabajo fue obtener la máxima captura, estimar biomasa y como punto de referencia, el rendimiento máximo sostenible, para presentar una alternativa de manejo para el camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) en el alto Golfo de California. La información analizada de abundancia, distribución, crecimiento, reclutamiento, permitieron evaluar el desarrollo del ciclo de vida del camarón azul en el alto Golfo de California y aportar puntos de referencia para un manejo adaptativo. Para esta zona del alto Golfo de California se observó la existencia de variantes del ciclo de vida que los camarones desarrollan en otros gradientes de la costa del golfo generalmente descrito para los camarones peneidos.

**Palabras clave:**  
Alto Golfo de  
California  
*Litopenaeus  
stylirostris*  
Manejo pesquero  
Estrategias de  
manejo

---

<sup>1</sup>Instituto Nacional de la Pesca/ SAGARPA, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP), Ensenada, BC. Carretera Tijuana-Ensenada Km 97.5. CP. 22780. Ensenada, Baja California, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) Campus Guaymas. Carretera a las Tinajas s/n. CP. 85465. Guaymas, Sonora, México.

\*Autor de correspondencia: E-mail: alma.garcia@inapesca.sagarpa.gob.mx

De acuerdo a los resultados obtenidos, en términos relativos no se debe aumentar el esfuerzo para permitir que la pesquería logre sustentabilidad. Sobre esa base se propone un manejo compartido por cuotas de captura, así la biomasa se mantendría al nivel de referencia del rendimiento estimado.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que enfrenta la explotación pesquera es que se tuvo por mucho tiempo la visión de que el mar y sus recursos eran una riqueza inagotable, sin tomar en cuenta que la capacidad industrial del ser humano podía alterar el ecosistema. Este problema se hace más complejo por los resultados de problemas históricos, así como por la instrumentación de derechos de propiedad y el control sobre el acceso a los recursos pesqueros. Como un claro reflejo de esta problemática generalizada, la producción pesquera en el alto Golfo de California no se ha estabilizado y se presenta un considerable aumento en la capacidad pesquera, a pesar de la existencia de programas de manejo ambiental, por lo que es necesario un ordenamiento.

Con este problema el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), en coordinación con otros sectores interesados ha propiciado estudios para fomentar la conservación en el manejo de las principales pesquerías, promoviendo intereses sociales y económicos.

Uno de los problemas centrales del ordenamiento es como establecer la relación entre aprovechamiento y capacidad de regeneración de los recursos, tema que requiere en la práctica de la determinación de la productividad biológica de cada recurso en su ecosistema, incluyendo una administración o estrategia de manejo, en asociación con tácticas de manejo, tasa de explotación permisibles y control del esfuerzo pesquero.

En este sentido para atender y proponer soluciones a los problemas actuales de ordenamiento, se requiere hacer uso de la ciencia y la información que la investigación genera para establecer estrategias de ordenamiento, como fundamento esencial en las decisiones de administración.

Bajo el supuesto del modelo de Schaeffer, la relación entre el esfuerzo de pesca, la intensidad de la misma y el rendimiento expresado en biomasa capturada, el objetivo de este trabajo fue

obtener la máxima captura, estimar biomasa y punto de referencia, el rendimiento máximo sostenible, para presentar una alternativa de manejo compartido por cuota de captura para camarón azul (*L. stylirostris*) en el alto Golfo de California, también conocida como la zona 10 (García-Juárez *et al.* 2009).

Para alcanzar los objetivos de este estudio, se parte de la premisa que la estrategia de manejo de camarón en México establece un procedimiento de evaluaciones continuas, donde se estima la biomasa remanente (o escape constante), la época de reproducción y reclutamiento del camarón. Los resultados de las investigaciones están a cargo del Instituto Nacional de Pesca y se confrontan con autoridades federales y estatales y del sector productivo. Por lo cual, las actividades se orientaron a una integración de la información del camarón azul (*L. stylirostris*), que es la especie que se explota por ambas flotas en la zona 10.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El área de estudio se localiza entre los 29° y los 31°40' latitud N y 112° 30' 114°50' longitud W. Comprende las áreas conocidas como norte del Golfo de California (NGC) y alto Golfo de California (AGC), de acuerdo al INAPESCA como zona 10 (fig. 1). Con una profundidad promedio de 200 m, el NGC está limitado al sur por la Isla Ángel de la Guarda e Isla Tiburón y se extiende al norte hasta la desembocadura del Río Colorado (Lavín *et al.* 1997).

Por sus características oceanográficas, la parte más norteña ha sido nombrada como el AGC (Lavín *et al.* 1998). Esta parte del golfo comprende desde la desembocadura del Río Colorado hasta la línea imaginaria entre San Felipe, Baja California y Punta Borrascosa, Sonora. Por las características de salinidad, el AGC se ha considerado como un enorme antiestuario (Álvarez-Borrego y Galindo-Bect 1974, Álvarez-Borrego *et al.* 1975, Lavín *et al.* 1998). En períodos de intensas lluvias y deshielos anormales en la cuenca del río Colorado (Estados Unidos) el flujo de agua dulce se incrementa, debido al desfogue de las presas construidas río arriba, cambiando las condiciones del AGC a condiciones estuarinas (Lavín y Sánchez 1999).

En junio 10 de 1993 fue decretada la reserva de la biósfera alto golfo y delta del Río Colorado con una superficie de 934,756.25 ha

ubicadas en aguas de jurisdicción federal del Golfo de California en los municipios de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado y Puerto Peñasco, Sonora.

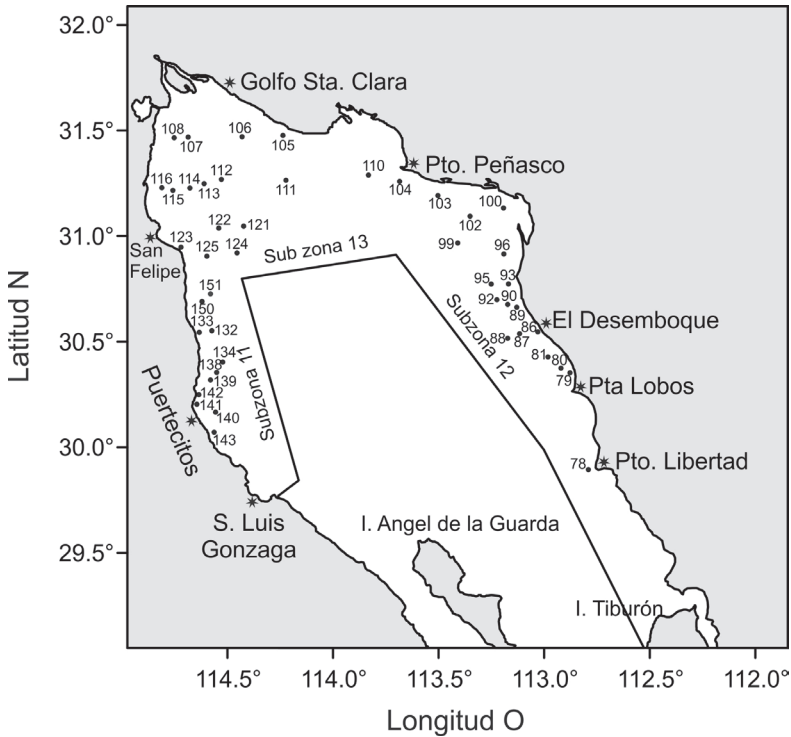
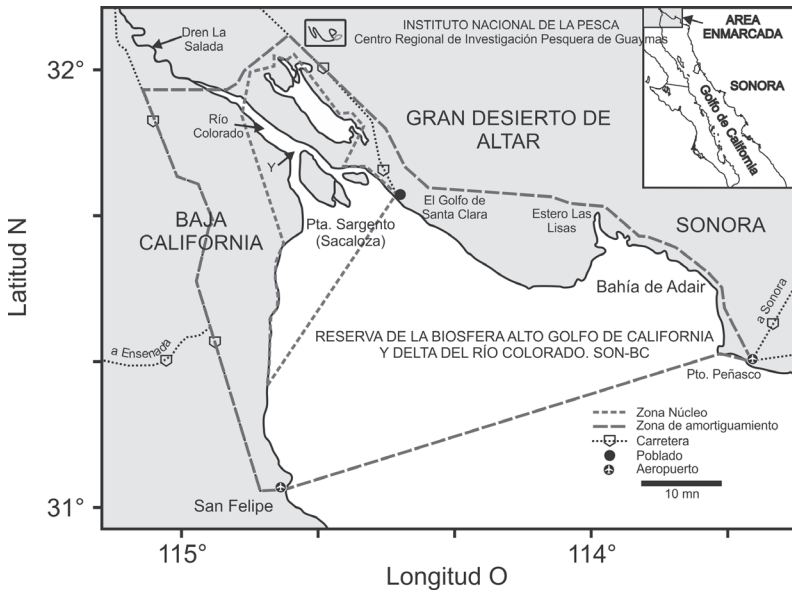


Figura 1. Zona de muestreos biológicos de camarón en el AGC (estaciones de zona 10).

Tiene una zona núcleo denominada “delta del Río Colorado” con una superficie de 164,779.75 ha y una zona de amortiguamiento con una superficie de 769,976.50 ha (fig. 2). Con este decreto, la reserva quedó incluida dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). El Programa de Manejo de la Reserva fue oficialmente presentado en 1995 e instrumentado con los Programas Operativos Anuales de 1996 y 2000, es administrada y manejada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la SEMARNAT. En 1996 se inició operación de la estación de campo del golfo de Santa Clara en coordinación con el Gobierno del Estado de Sonora. La Comisión es una instancia desconcentrada de la SEMARNAT, establecida el 5 de junio del 2000, regida bajo el Reglamento Interno de la SEMARNAT (2000). El ordenamiento

para la protección de los recursos naturales acuáticos está abordado en la Ley de Pesca, donde el objetivo es garantizar la conservación, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros y establecer las bases para su adecuado fomento y administración. El ordenamiento es importante para cumplir las expectativas de conservación de las especies y del ecosistema, sin olvidar los aspectos sociales y económicos de los pobladores del alto Golfo de California, específicamente San Felipe B.C., Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco, Sonora.



**Figura 2.** Delimitación de la reserva de la biosfera alto Golfo de California y delta del río Colorado y las tres zonas de desembarque de camarón.

### *Muestras y Análisis de datos*

Se trabajó a partir de la base de datos del INAPESCA, con información de avisos de arribo que incluyen datos sobre precio de playa, lugar de captura entre otros. Esta información los permisionarios del camarón la entregan a las autoridades de la oficina de pesca de localizadas en el alto Golfo de California. La información de las tallas comerciales y los precios de las tallas en el mercado internacional se obtuvo de las empresas maquiladoras de la zona de trabajo y de las empresas comercializadoras (Ocean Garden, Orient Fisher).

Se realizaron muestreos de camarón para las etapas de juvenil, subadultos y adultos a bordo de embarcaciones menores durante la pleamar y la bajamar, en una serie de estaciones predefinidas a las

que se les da seguimiento cada año. Las muestras se colectaron el mes de julio y agosto de 2007 y 2009. Las fechas cubren el periodo de mareas vivas por localidad de Baja California y Sonora. La colecta de información finalizó en la segunda semana del mes de agosto para ambos años. Se obtuvo la distribución y abundancia de camarón en las estaciones de la zona de San Felipe BC. y golfo de Santa Clara, Sonora. Se registró la fecha, hora de inicio y final de la pesca, con el GPS se registró la ubicación geográfica inicial y final (latitud N; longitud W), profundidad de pesca en brazas, descripción breve del tipo de fondo (arenoso, fangosos, etc.) y fauna de acompañamiento.

Las operaciones de pesca en lancha, durante los muestreos en veda se realizaron en la subzona 13 (fig. 3), con los siguientes artes y/o aparejos artesanales: Chango: El arrastre se realizó de las 6 a las 9 brazas, arte de pesca con 9 metros de longitud y una luz de malla de 1 pulgada. La operación de pesca fue de 10 a 15 minutos de duración. Chinchorro de línea: El uso de este arte de pesca de deriva es por tiempo y trabaja con la ayuda del flujo de las mareas, para ser recuperado por la proa o estribor.

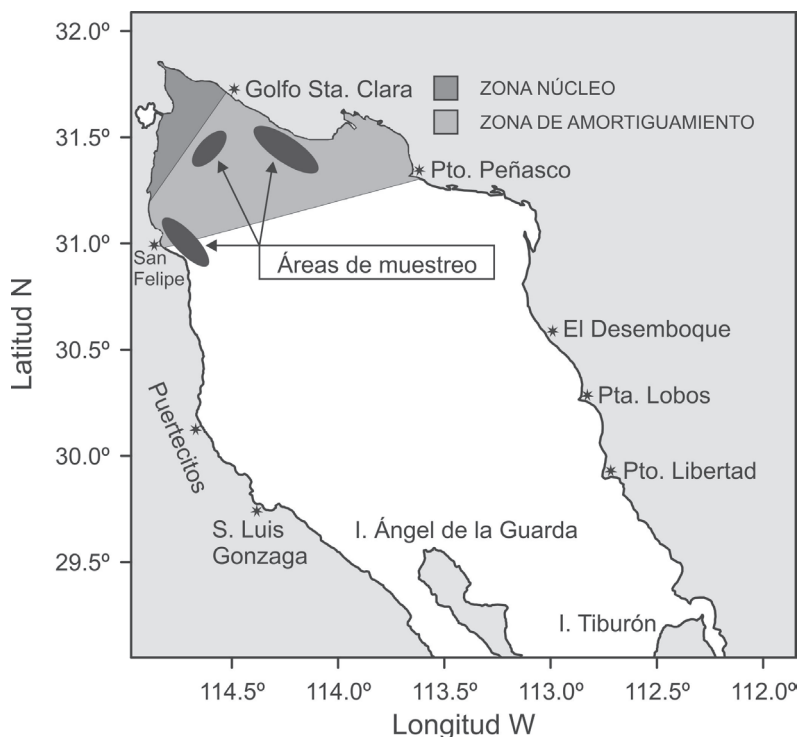


Figura 3. Zona de muestreos de camarón en ribera con embarcaciones menores.

Posterior a la captura, se separó el camarón de la fauna acompañante (FAC). Al finalizar los trabajos a bordo de la panga, las muestras se colocaron en bolsas de plástico rotuladas. En el muestreo biológico se identificó el camarón por especie y por sexo, evolución de la madurez, y se midió la longitud total.

De igual forma, se realizaron muestreo en altamar en estaciones definidas, las muestras obtenidas en cada arrastre fueron separadas de manera individual en bolsas etiquetadas. Se identificaron los organismos utilizando las claves propuestas por Pérez-Farfante (1988) y Hendrickx *et al.* (1995). Se separaron por sexos y grados de madurez. Para la biometría de los organismos se consideró la longitud total (tomada desde la parte distal del rostro a la parte distal del telson con una precisión de 1 mm), longitud abdominal (una vez removida la cabeza desde el borde y la remanente del abdomen hasta la parte distal del telson con una precisión de 1 mm). A partir de las mediciones del muestreo biológico se obtuvieron las distribuciones mensuales de frecuencia de tallas, en función de sexo y estadio de madurez. El grado de madurez gonádico de las hembras se determinó según la escala morfocromática propuesta por Barreiro-Güemes (1986) (Tabla 1). Los grados (I al IV) hacen referencia a la etapa de la madurez en que se encuentran las hembras, los machos se consideraron maduros una vez que se había formado el petasma por la unión de los endopoditos del primer par de pleópodos, cuando estaban separados se consideraron inmaduros (Pérez-Farfante 1988).

**Tabla 1.** Clasificación morfocromática de la madurez gonadal de hembras del género *Litopenaeus* (Barreiro-Güemes 1986).

Grado	Etapas	Coloración	Aspecto Macroscópico
I	Inmadurez	Transparente	Delgada confinada al abdomen
II	Madurando	Crema	Más gruesa, lóbulos cefalotorácicos incipientes
III	Maduras	Naranja	Muy gruesa y granulosa, ocupa todo el cefalotórax
IV	Desovadas	Transparente	Flácida y delgada

En la zona estudio, el índice de abundancia relativa se obtuvo con los kilos obtenidos de camarón por especie en 1 hora arrastre. Se estimó la densidad del camarón por área de acuerdo con la

distribución de Pennington (Pennington 1996), que describe a una distribución  $\Delta$  (Pennington 1986, Pennington y Stromme 1998). Los datos contienen valores de ceros y no ceros, cuando el número de muestras es igual al número de muestras con valores diferentes de cero, el estimador supone una distribución log normal. La estimación de los intervalos de confianza es complicada por la distribución asimétrica (Pennington 1986). La varianza mínima de estimaciones insesgadas de la media (denotadas como  $\tau$  y  $\upsilon$ ) y su varianza para la distribución  $\Delta$  son dadas por Pennington (1983, 1996) y Madrid-Vera *et al.* (2007) como:

$$\tau \begin{cases} \frac{\alpha}{\lambda} \exp(\bar{y}) G_{\alpha}(s^2/2), & \alpha > 1 \\ \frac{X_1}{\lambda}, & \alpha = 1 \\ 0, & \alpha = 0 \end{cases} \quad (3)$$

y

$$\upsilon \begin{cases} \frac{\alpha}{\lambda} \exp(2\bar{y}) \left\{ G_{\alpha}(2s^2) - \left( \frac{\alpha-1}{\lambda-1} \right) G_{\alpha} \left( \frac{\alpha-2}{\alpha-1} s^2 \right) \right\}, & \alpha > 1 \\ \frac{X_1}{\lambda}, & \alpha = 1 \\ 0, & \alpha = 0 \end{cases} \quad (4)$$

donde  $\lambda$  es el número de unidades de muestra,  $\alpha$  es el número de muestras con valores diferentes de cero,  $\bar{y}$  y  $s^2$  son los valores  $\log_e$  diferentes a cero de la media y la varianza de la muestra,  $X_i$  es solo el valor (no transformado) distintos a cero cuando  $\alpha = 1$  y  $G_{\alpha}(t)$  es una función de  $X$  t  $t$ , donde  $\alpha = \alpha$ , y  $t = \frac{1}{2} s_{x_i}^2$  (Pennington 1983, 1986, 1996) mostrado como:

$$G_{\alpha}(t) = 1 + \frac{\alpha-1}{\alpha} X + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(\alpha-1)^{j-1} X^j}{\alpha^j (\alpha+1)(\alpha+3) \dots (\alpha+2j-3) j!} \quad (5)$$

La varianza mínima del estimador insesgado de la varianza de la media ( $\text{var}_{\text{est}}(c)$ ) es dada por (Folmer y Pennington 2000):

$$\text{var}_{\text{est}}(c) \begin{cases} \frac{\alpha}{\lambda} \exp(2\bar{y}) \left\{ \frac{\alpha}{\lambda} G_{\alpha} \left( \frac{s^2}{2} \right) - \left( \frac{\alpha-1}{\lambda-1} \right) G_{\alpha} \left( \frac{\alpha-2}{\alpha-1} s^2 \right) \right\}, & \alpha > 1 \\ \left( \frac{X_1}{\lambda} \right)^2, & \alpha = 1 \\ 0, & \alpha = 0 \end{cases} \quad (6)$$



Cuando  $\lambda = \alpha$ , el estimador asume una distribución log normal (Folmer y Pennington 2000). En los datos de cruceros esta igualdad no fue observada.

La comparación del crecimiento se hizo con las tallas promedio para cada mes y por especie. La longitud de los camarones se comparó con las tallas encontradas en los muestreos realizados. Las longitudes promedio estimadas para cada mes se analizaron estadísticamente. El crecimiento se estimó con el modelo estacional de von Bertalanffy (Pauly 1987):

$$L_t = L_\infty \left\{ 1 - \exp \left[ -k(t - t_0) - \frac{Ck}{2\pi} \right] \text{sen}(2\pi)(t - ts) \right\} \quad (7)$$

donde:  $L_t$  es la longitud en la edad  $t$ ,  $L_\infty$  es la longitud asintótica,  $k$  es el coeficiente de crecimiento (anual),  $t_0$  es la longitud de edad hipotética  $t = 0$ ,  $ts = WP + 0.5$ ,  $WP$  el tiempo del año donde el mayor retraso del crecimiento ocurre; y  $C$  la intensidad de la oscilación del crecimiento.

Para la obtención del coeficiente de crecimiento  $k$ , se utilizó el método de New Shepherd's Length Composition Análisis NSLCA (Shepherd 1987, Pauly y Arreguín-Sánchez 1995). Una vez obtenidos los valores semilla se estimaron nuevamente  $L_\infty$  y  $k$  con el método ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis). Finalmente se realizó la comparación del crecimiento con el método de phi prima (Sparre y Venema 1995).

Se analizó por progresión modal las tallas de cada mes (García y Le Reste 1987). Los autores anteriores en términos operativos la definen como: "el seguimiento a lo largo del tiempo de las modas observadas en las distribuciones de tallas de muestras tomadas periódicamente de las capturas".

Los máximos valores de reclutamiento se calcularon como aproximaciones definidas por las modas, basados en las frecuencias de tallas de las capturas. El análisis requiere que se conozcan los valores de longitud infinita,  $L_\infty$  y el coeficiente de crecimiento  $k$  de la ecuación que relaciona la de edad-longitud de von Bertalanffy.

En el camarón azul los valores fueron ( $L_\infty = 198$  y  $232$  mm;  $k = 0.46$  y  $0.57$  año<sup>-1</sup>) tomados de Mathews (1981) y López-Martínez *et al.* (2005). La talla de reclutamiento ( $L_r$ ) se calculó de la siguiente forma (King 1995):

$$P = \frac{1}{1 + e^{(-r(L-L_r))}} \quad (8)$$

donde P es la proporción de juveniles reclutados, r es la pendiente de la curva y Lr es la talla de reclutamiento o longitud a la cual corresponde el 50% del reclutamiento.

La aplicación de un modelo para la pesquería de camarón como primera aproximación para definir puntos de referencia, asume las siguientes consideraciones: a) en la captura de camarón azul tienen acceso a los componentes del stock, los pescadores de ribera y los de altamar, de tal forma que las capturas que cada pesquería se extraen de la biomasa de la población total; b) la pesquería industrial y la pesquería con red de enmalle, ambas constituyen una pesquería paralela al aprovechar el recurso en la misma fase del ciclo de vida.

Se uso el modelo dinámico de biomasa de Schaeffer (Hilborn y Walters 1992) que relaciona la captura total y el esfuerzo de pesca (CPUE).

El ajuste de una curva parabólica de esta relación permite obtener una estimación del rendimiento máximo sostenible y el esfuerzo óptimo de la pesquería. En este modelo no se suponen condiciones de equilibrio y representa una ventaja en la evaluación de organismos de ciclo de vida corto como el camarón azul. La expresión del modelo en forma determinística es:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \quad (9)$$

donde: t = tiempo (temporada de pesca),  $B_t$  es la biomasa de la población al tiempo t,  $B_{t+1}$  es la biomasa de la población al tiempo t+1, r es la tasa intrínseca del crecimiento de la población, K es el tamaño de la biomasa virgen o capacidad de carga,  $C_t$  es la captura al tiempo t.

Se supone que el índice  $I_t$  está medido con error, en consecuencia, el índice es estimado como:  $\hat{I}_t = qB_t \exp(v_t)$ , donde  $v_t$  es el error de observación, suponiendo  $v_t \approx N(0, \sigma_v)$  y  $\hat{I}_t = qB_t$  (Punt 1992, Punt y Hilborn 1996). La estimación de  $v_t = \ln(I_t) - \ln(\hat{I}_t)$ . Cuando se usó el error de observación, se probó una hipótesis sobre la población, H1: La variabilidad en la población fue causada por la incertidumbre del verdadero valor del índice  $I_t$ .

La estimación de los parámetros  $r_0, K_0, y \delta_0$  dado el índice  $I_t$ , (subíndice O es error de observación) fue calculado usando la

siguiente función de verosimilitud ( $-\ln L$ ):

$$-\ln L(I/r_o, K_o, \delta_o) = \sum_t \left[ \frac{1}{2} \ln(2\pi) \right] - \left[ \frac{1}{2} \ln \sigma - \left( \frac{v_t^2}{2\sigma^2} \right) \right] \quad (10)$$

En esta expresión  $\delta$  es una constante llamada "deplete", que fue usada para estimar la biomasa durante la temporada de pesca con que inicia el análisis (Punt 1992) y  $\sigma$  es la desviación estándar del error de proceso, que fue estimada usando la siguiente solución analítica para  $\sigma$  definida como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left[ \ln(I_t) - \ln(\hat{I}_t) \right]^2} \quad (11)$$

En la serie de tiempo se consideró que ha habido una evolución en los sistemas de pesca, así como en la experiencia de los pescadores, lo cual influye sobre el coeficiente de capturabilidad y del poder de pesca de la flota. Por consiguiente, el valor de capturabilidad cambia a través del tiempo. Para representar ese patrón de cambio se asumieron las siguientes consideraciones: a) el indicador de abundancia relativa tiene una distribución log normal, b) el indicador de abundancia relativa estimado puede ser expresado como  $\hat{I}_t = qB_t \exp(v_t)$  donde  $v_t$  es el error de observación, c) si el indicador de abundancia relativa  $I$  es el correspondiente a cada año, entonces la capturabilidad para cada año puede ser expresada como  $q_t = I_t / B_t$ , donde el subíndice  $t$  representa el tiempo, d) el valor de capturabilidad de cada año bajo esta condición es variable, lo cual debe ser una obligada condición de las modificaciones en el esfuerzo que cambiaron la CPUE, e) el modelo no trabaja con los valores de capturabilidad de cada año, sino con un promedio dentro de toda la escala de tiempo en la cual se realizó el análisis y por consiguiente, la expresión que representa el valor esperado de capturabilidad fue estimado como:

$$q = \exp \left\{ \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left[ \ln \left( \frac{I_t}{B_t} \right) \right] \right\} \quad (12)$$

Dado que se asumió una distribución log normal del indicador de abundancia relativa, entonces el valor promedio debe ser recalculado

por su respectivo valor exponencial. La expresión muestra que la capturabilidad tiene una solución algebraica explícita, que deriva de todos los valores de capturabilidad estimados para cada temporada de pesca, lo cual es un intento por valorar su variabilidad.

De los dos estimadores, se calcularon dos importantes cantidades de manejo; el máximo rendimiento sostenido (MRS),  $MRS = rK/4$  y la biomasa en la cual se puede alcanzar el MRS, descrita como (BMRS),  $BMRS = K/2$ , mientras que la tasa óptima de explotación HR es  $HR = r/2$  (Punt y Japp 1994).

Se utilizó el perfil de verosimilitud (Venzon y Moolgavkor 1988, Hilborn y Mangel 1997), ya que estos pueden ser usados para determinar los intervalos de confianza de los parámetros de forma conjunta o individualmente. Los intervalos de confianza para  $n$  parámetros fueron estimados basados en una distribución  $\chi^2$  con  $m$  grados de libertad. Para un sólo parámetro  $p$ , el intervalo de confianza es definido como todos los valores de que satisfacen la siguiente condición (Polacheck *et al.* 1993):

$$IC = 2[L(\hat{y}/p) - L(y/p_{est})] \leq \chi_{m, 1-\alpha}^2 \quad (13)$$

Donde  $L(\hat{y}/p_{est})$  es el logaritmo de la verosimilitud del mejor valor de  $p$  y  $\chi_{m, 1-\alpha}^2$  es el valor de la distribución chi cuadrada con un grado de libertad a un nivel de confianza  $1-\alpha$ . Así, el intervalo de confianza al 95% para  $p$  abarca todos los valores de  $p$ , que es dos veces la diferencia entre el logaritmo de la verosimilitud y el logaritmo de la verosimilitud del mejor estimado de  $p$ , que es menor de 3.84 (Kimura 1981, Polacheck *et al.* 1993, Morales-Bojórquez 1999), diferencia entre el logaritmo de la verosimilitud y el logaritmo de la verosimilitud del mejor estimado de  $p$ , que es menor de 3.84 (Kimura 1981, Polacheck *et al.* 1993, Morales-Bojórquez 1999).

Se observó el cambio en la distribución de frecuencia de longitudes de la pesquería de ribera, esto se interpretó como un pulso de baja intensidad saliendo del área, el cual se mezcla con organismos adultos encontrados en las zonas adyacentes y más profundas

La talla de migración se calculó comparando las proporciones de tallas de individuos en dos localidades diferentes, caracterizadas por los atributos físicos del área en la zona de estudio, en este caso

se realizó para ribera y altamar.

La distribución de frecuencia de longitudes se agrupó por mes y por especie, para estimar la longitud promedio en la que los individuos cambian de hábitat. La longitud media de la migración ( $M$ ) se calculó con el siguiente modelo logístico:

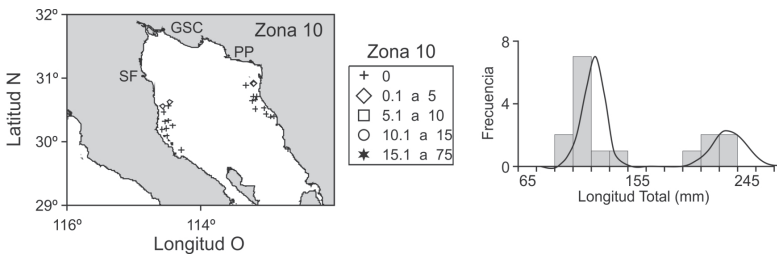
$$M = \frac{1}{1 + (e^{-(a+bx)})} \quad (14)$$

donde  $M$  es el porcentaje de la talla;  $a$  y  $b$  son las constantes de ajuste y la razón  $a/b$  es el valor de  $L_{50'}$ , el cual indica la talla de migración.

## RESULTADOS

### *Distribución y abundancia*

En el alto Golfo de California o zona 10, las capturas de camarón azul fueron de 0.1 a 8 kg/h desde San Felipe, Baja California y Puerto Peñasco. Se estimaron dos cohortes en la zona 10, la primera con valores promedio de 108 mm de longitud total y una desviación estándar  $s = 8.4$  y la segunda cohorte con valores promedio de 220 mm de longitud total y  $s = 13.3$  mm. La primera cohorte fue más abundante que la segunda en la zona 10 (fig. 4).

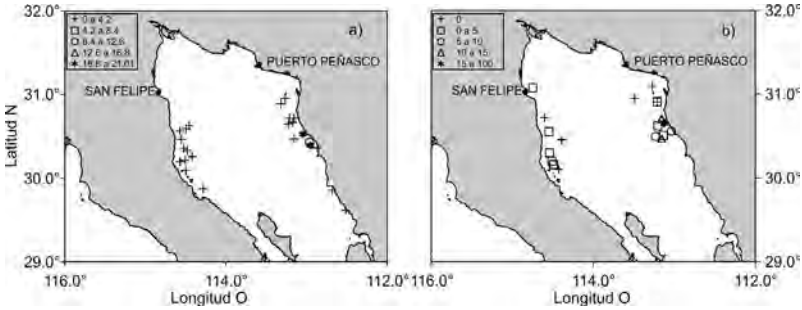


**Figura 4.** Distribución espacial y estructura de tallas, observada (barras) y estimada (línea), de camarón azul *L. stylirostris* en el Golfo de California.

Durante 2009 se encontró que en el mes de julio el camarón azul se concentró en la costa de Sonora, se obtuvieron capturas de 1 a 21 kg/h los mejores registros fueron en el sitio conocido como El Desemboque, al sur de Puerto Peñasco, Sonora y en menor cantidad al sur de San Felipe la costa de Baja California (fig. 5a).

En el mes de agosto con el mismo recorrido se obtuvieron lances para obtener estimaciones de abundancia relativa (kg/h) para agosto de 2009.

Las capturas fueron de 1 a 180 kg/h, los mejores registros con las mayores concentraciones del camarón fueron en la costa de Sonora fueron al sur de Puerto Peñasco (fig. 5b), con relación a lo obtenido en la costa de Baja California, al sur de San Felipe.



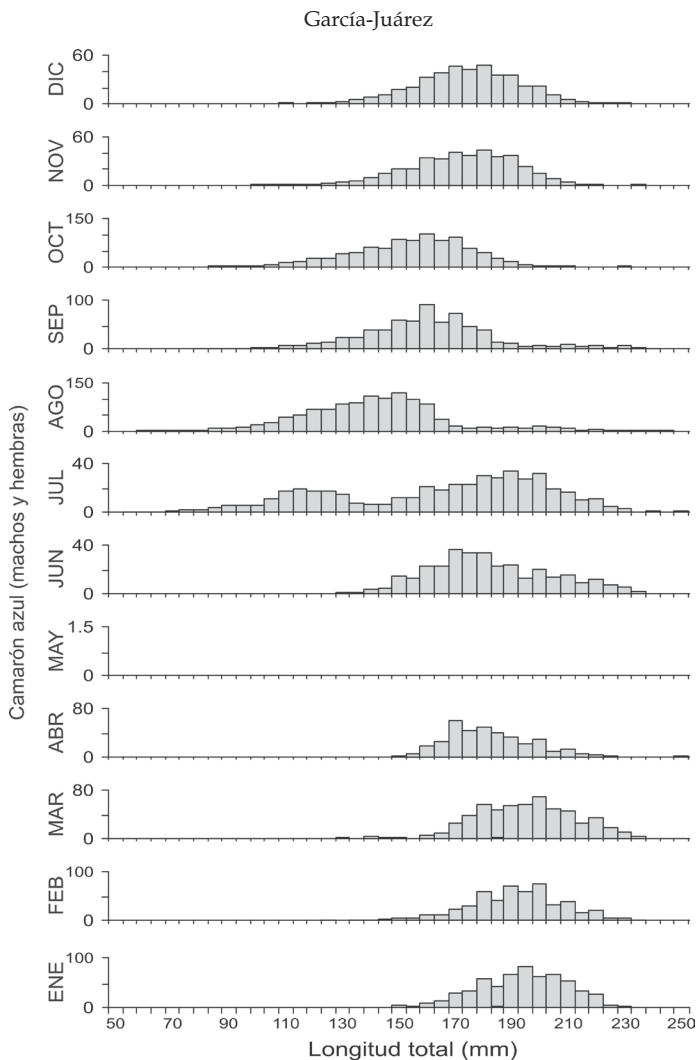
**Figura 5.** Distribución espacial de camarón azul en aguas marinas, durante julio (a) y agosto (b) de 2009.

#### Estructura de tallas

La distribución de frecuencias para el camarón azul (*L. stylirostris*), presentó una variabilidad anual con tallas menores en los meses de julio y agosto cuando se presentan organismos de menor talla o reclutas. Los valores máximos de longitud total se observaron de julio, noviembre y de febrero a marzo (fig. 6).

De acuerdo a resultados obtenidos en muestreos durante la temporada de pesca, en la captura por una embarcación mayor (barco) y embarcación menor (panga), el camarón azul (*L. stylirostris*) es la especie que se capturan por ambas flotas en el alto Golfo de California.

Con estos resultados se puede afirmar que la red de enmalle o chinchorro de línea es un equipo de pesca selectivo, la especie de camarón que se capturan por pangas es el camarón azul. La estructura de tallas se representa como una curva estrecha alrededor de los organismos más grandes de 120 a 180 mm de longitud total. La estructura de tallas obtenida por arrastre en embarcación mayor o barco fue una curva más amplia, de 80 a 180 mm de longitud total, con un sesgo hacia los organismos más pequeños, lo cual indica que en la captura obtenida por un barco se incluyen organismos más jóvenes que los capturados por las pangas (fig. 7).

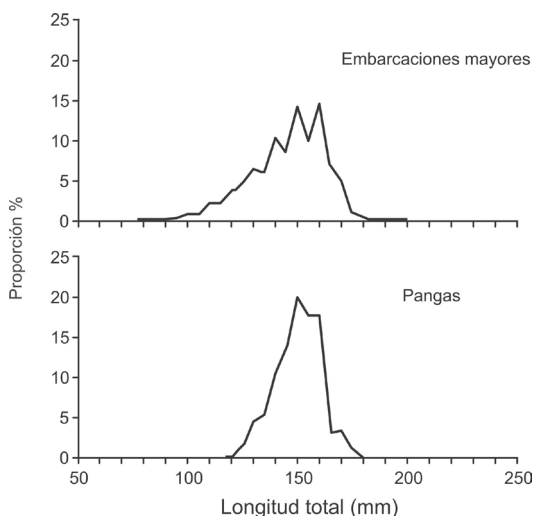


**Figura 6.** Estructura de tallas del camarón azul (*L. stylirostris*) del alto Golfo de California.

### Crecimiento

Los valores de los parámetros de la curva de crecimiento del camarón azul con el modelo de von Bertalanffy para tres grupos de camarones muestran mínimas diferencias en las curvas de la relación longitud-edad, se encontraron los valores del coeficiente de crecimiento ( $k$ ) para el camarón azul la  $k$  fue de 2.20 a 2.29 anual,  $L_{\infty}$  de 236.10 a 243.51 mm (Tabla 2).

MANEJO DE CAMARÓN AZUL



**Figura 7.-** Longitud de tallas en muestreo en altamar (barco) y zona ribereña (panga), durante la temporada de pesca en el AGC.

**Tabla 2.** Parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (k = coeficiente de crecimiento (anual),  $L_{\infty}$  = longitud asintótica).

Camarón Azul	Grupo de Datos	$L_{\infty}$	Z/K	K	M	F	Z
L. <i>stylirostris</i> (Machos	Promedio mensual anualizado	241.8	2.66	4.21	4.34	6.2	10.57
	Grupo 1	243.5	2.20	2.81	3.32	3.3	6.67
y Hembras )	Grupo 2	238.2	2.36	1.61	2.32	1.4	3.79
	Grupo 3	236.1	2.29	1.81	2.51	1.8	4.40
	Todos los Datos	239.7	2.22	3.01	3.71	3.2	6.94

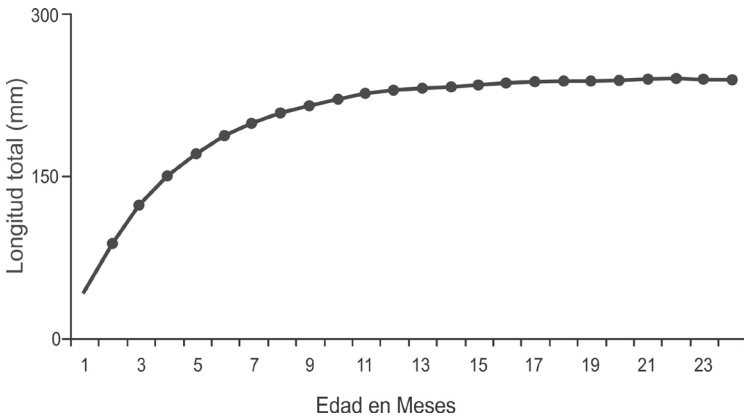
Para determinar la variación interanual, se utilizó el índice de funcionamiento del crecimiento del camarón azul en ambos sexos, se muestra la distribución de tallas y curva calculada para obtener la edad en meses de camarón el alto Golfo de California (fig. 8).

*Reclutamiento*

Para determinar las tallas en que los camarones se reclutan en las zonas de pesca del alto Golfo de California, se presentan los resultados con un reclutamiento a partir de 160 mm de longitud total del camarón azul (*L. stylirostris*). Los datos de distribuciones

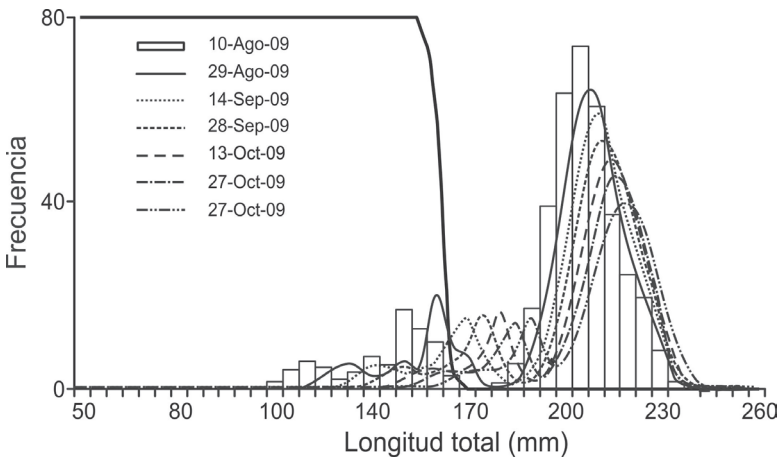


de frecuencia de tallas (longitud total) de camarón azul a lo largo del año mostraron un máximo reclutamiento, el cual varía entre los meses de julio a septiembre (fig. 9).



**Figura 8.** Curva de crecimiento del camarón azul (*L. stylirostris*) en el alto Golfo de California.

Los nuevos reclutas en la plataforma aparecen en el mes de julio, un segundo grupo en el mes de agosto, organismo con tallas desde 110 mm de longitud total. Se observa que la talla calculada para este modelo de 165 mm de longitud total para el reclutamiento (fig. 9).

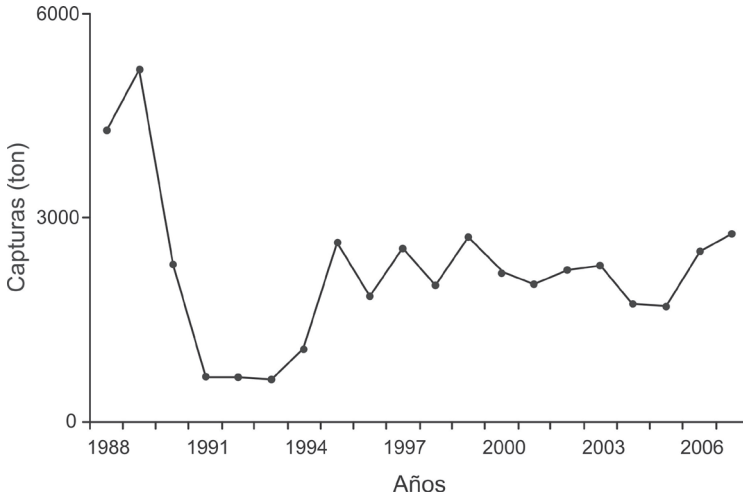


**Figura 9.** Estimación de talla de reclutamiento de camarón azul AGC zona 10 (agosto 2009).

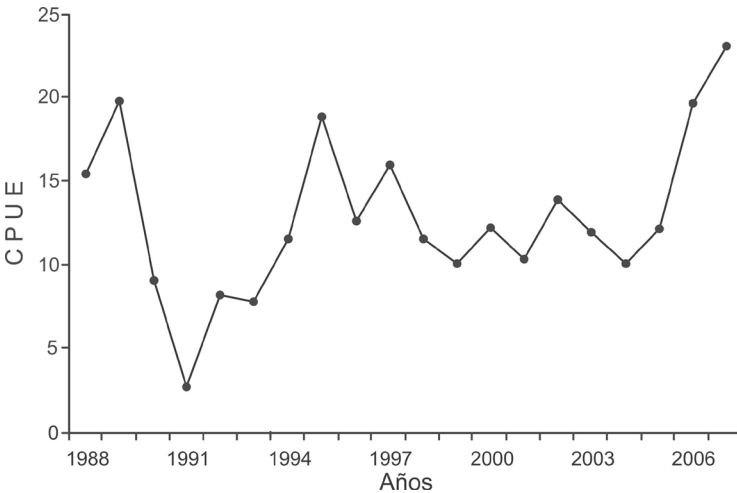
*Modelo Dinámico de Biomasa de Schaeffer*

Las capturas mayores se obtuvieron en la temporada 1989-90 (fig. 10). Después éstas cayeron y permanecieron bajas durante casi

cuatro temporadas de pesca y aunque se observó una recuperación de la captura, ya no se recuperaron los niveles de 1989-90, que fueron del orden de las 5,000 toneladas. En el periodo más reciente, las capturas han oscilado entre 2,000 y 3,000 toneladas.



**Figura 10.** Captura de camarón azul (peso vivo) en la zona de amortiguamiento de la zona de reserva del alto Golfo de California, México.



**Figura 11.** CPUE de camarón azul (peso vivo) en la zona de amortiguamiento de la zona de reserva del alto Golfo de California, México.

Sin embargo, al analizar la tendencia de la captura por unidad de esfuerzo se observó que este índice se ha recuperado positivamente, lo cual permite suponer una recuperación en la abundancia si se considera que la CPUE es proporcional a la abundancia. Los valores

extremos de la temporada 1999-2000 provocan que la información presente un aparente patrón de ciclos, el cual debiera comprarse posteriormente (fig. 11).

El ajuste del modelo dinámico de biomasa a los datos de CPUE mostró que es posible identificar dos periodos: el primero de 1988-89 a 1993-94 con un ajuste adecuado; y el segundo de 1994-95 a 2006-07, que no fue descrito de forma adecuada por el modelo mostrando gran variabilidad de la CPUE (fig. 12).

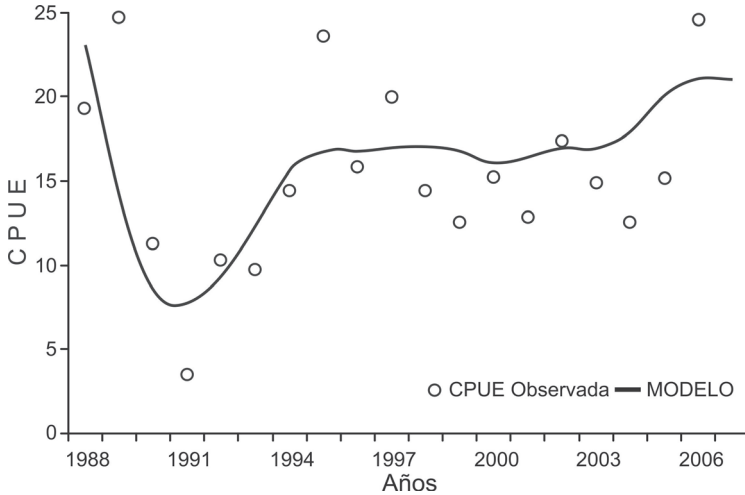


Figura 12. Ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaeffer para los datos de captura por unidad de esfuerzo de camarón azul (*L. stylirostris*).

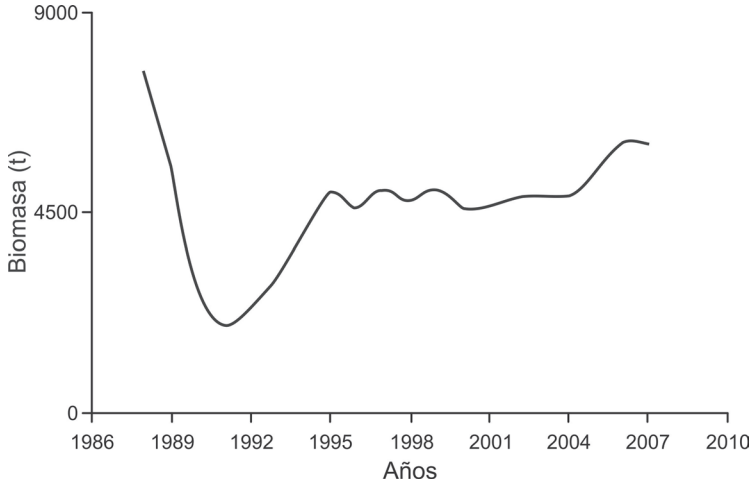
#### Estimación de biomasa

A lo largo de un año la población de camarón azul estuvo integrada por diferentes cohortes, cuya biomasa fue determinada por la magnitud del reclutamiento, que varió en función del tamaño del stock reproductor, considerando la duración e intensidad de la reproducción. Un componente importante es la biomasa máxima alcanzada en cada cohorte, que depende de la mortalidad natural y por pesca en las diferentes fases del ciclo de vida.

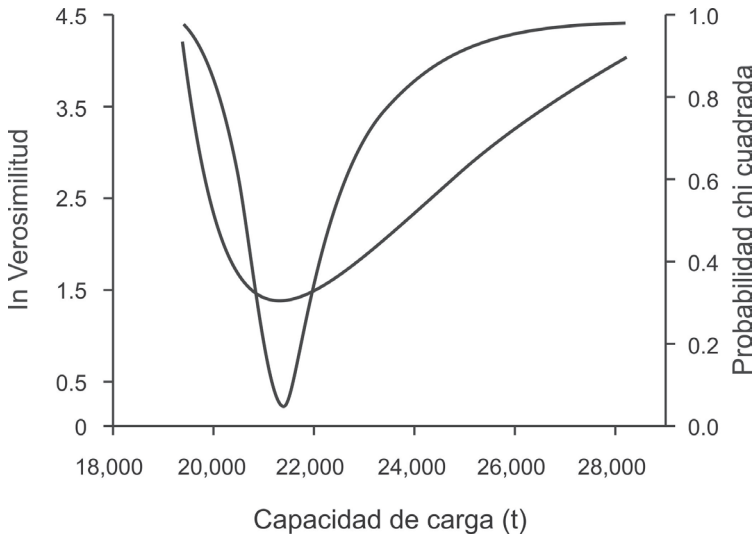
Para el modelo se usó como parámetros  $K = 21,323$  t, con intervalo de confianza de  $\pm 700$  t ( $P < 0.05$ ), y  $r = 1.18$  con intervalo de confianza de  $\pm 0.1$  ( $P < 0.05$ ). Con el ajuste a los datos de captura por unidad de esfuerzo, las estimaciones del máximo rendimiento sostenido (MRS) fueron de 6,325 t, mientras que la biomasa que permitiría obtener el máximo rendimiento (BMRS) sostenido debe permanecer cercana a las 10,662 t (fig. 13).

La tasa de explotación óptima correspondió a un valor del 0.59 de la biomasa disponible, de acuerdo con los datos históricos de captura de camarón azul, el valor de rendimiento máximo (MRS) es posible alcanzarlo.

El resultado mostró que la capacidad de carga del sistema, para soportar la especie de camarón azul es  $K = 21,323$  t con intervalo de confianza de  $\pm 700$  t ( $P < 0.05$ ) (fig. 14).

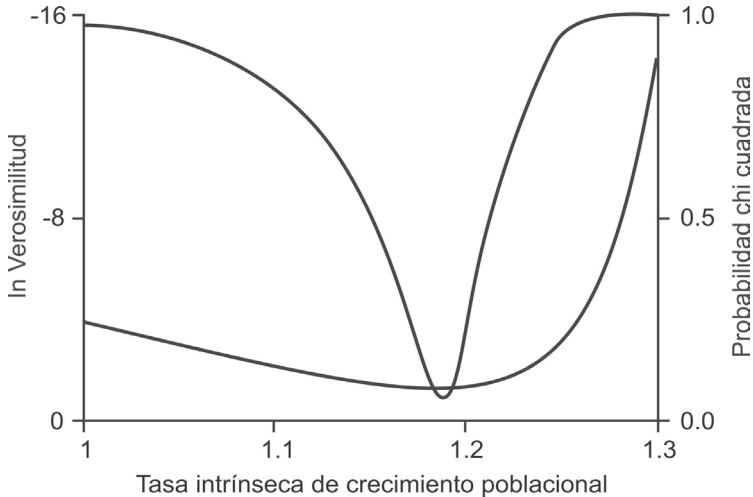


**Figura 13.** Modelo dinámico de biomasa de Schaeffer para camarón azul (*L. stylirostris*).



**Figura 14.** Estimación de la capacidad de carga para de camarón azul (*L. stylirostris*).

Mientras que para la tasa intrínseca de crecimiento de la población el resultado fue de  $r = 1.18$  con intervalo de confianza de  $\pm 0.1$  ( $P < 0.05$ ). Con la estimación de ambos parámetros se pudo calcular que el máximo rendimiento sostenido que puede ser de 6,325 t. Para obtener este rendimiento es necesario mantener una biomasa mínima de 10,662 t. de camarón azul en el alto Golfo de California (fig. 15). De esta manera la tasa de explotación óptima correspondió a un valor del 0.59 de la biomasa disponible.

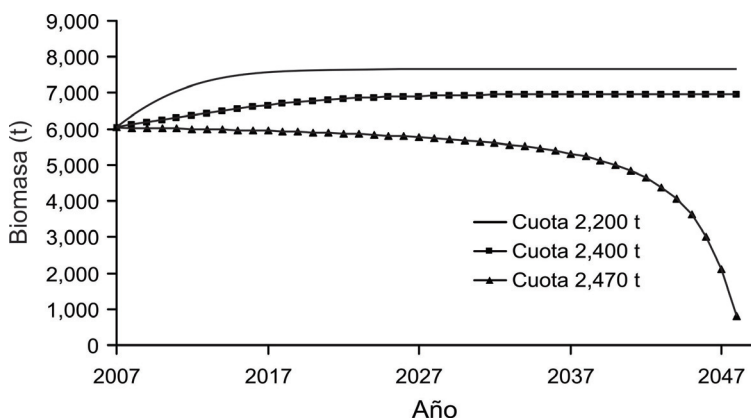


**Figura 15.** Estimación de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional para camarón azul.

Con los resultados obtenidos en el modelo, se probaron tres escenarios para la estimación de una cuota de captura, estos mostraron que al utilizar una cuota de 2,220 t se mantendrían los niveles de biomasa por encima de las 6,000 t, mientras que cuotas de 2,400 t por temporada de pesca mantendrían la biomasa cercana a las 6,000 t (fig. 16).

Bajo estos dos escenarios de cuotas de captura, la biomasa se mantendría por debajo del nivel de referencia del rendimiento estimado de 6,325 t. Sin embargo, la biomasa también se encontraría por debajo de su nivel de referencia que es de 10,662 t. Se pudo observar que estos valores de cuota no permiten que la biomasa se incremente a lo largo del tiempo. Incluso una cuota de captura de 2,470 t provocaría una caída de la biomasa de la población (fig. 16). Las cuotas analizadas se basan en las capturas históricas registradas, pero el análisis hace evidente que existe un riesgo al mantener el

nivel óptimo de la biomasa. Ante estos resultados la cuota de captura no debe ser superior a las 2,400 t y debiese disminuir este valor para que exista un incremento en la biomasa total de la especie.



**Figura 16.** Estimación de la proyección de biomasa de camarón azul (*L. stylirostris*) con tres escenarios de cuota de captura en la zona de amortiguamiento de la zona de reserva del alto Golfo de California, México.

### Migración

La migración se interpreta como el cambio de hábitat que realizan los camarones para completar su ciclo de vida. Comúnmente se acepta que sólo el camarón azul realiza la migración desde zonas estuarinas a marinas. Se ajustó un modelo logístico con la finalidad de estimar la talla de migración. Se compararon las proporciones de individuos capturados en la zona de influencia del río Colorado y la zona marina del alto Golfo de California, y se observó que existe un intercambio cuando los camarones tienen una longitud total de 152 mm (fig. 17). La distribución de frecuencia de longitudes en el área del delta del río Colorado y se interpreta como un pulso de intensidad baja saliendo del sistema, el cual se mezcla con organismos adultos encontrados en las zonas adyacentes en aguas más profundas.

### Madurez

El periodo de madurez de camarón azul es evidente a partir del mes de mayo, donde se presenta aproximadamente el 30 % de las hembras maduras. Con mayor abundancia en el mes de junio de hembras desovadas (más del 90 %). En julio y agosto el porcentaje disminuye (fig. 18). En estos meses ocurre también la aparición de los primeros juveniles.

La época reproductiva de *L. stylirostris* presenta un mismo patrón, la especie madura de sur a norte, en cuanto al tiempo de duración del desove, este es diferente en el alto Golfo de California, donde el desove de camarón azul sucede hasta el mes de agosto.

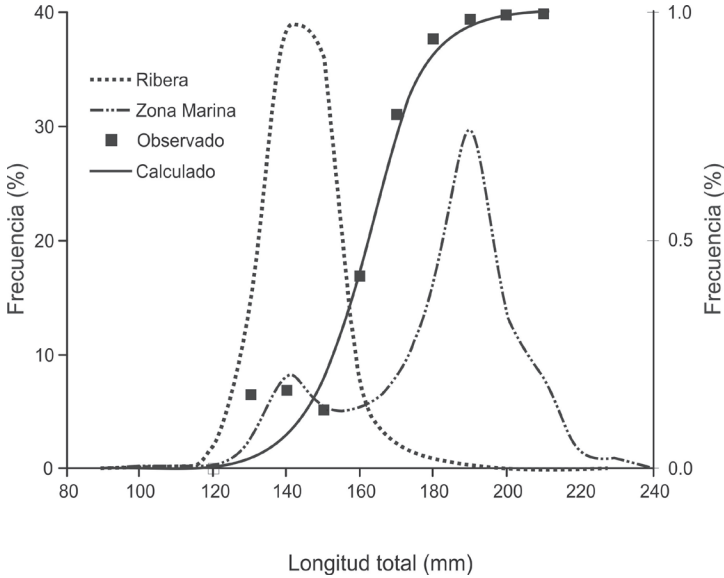


Figura 17. Talla de migración del camarón azul en el alto Golfo de California

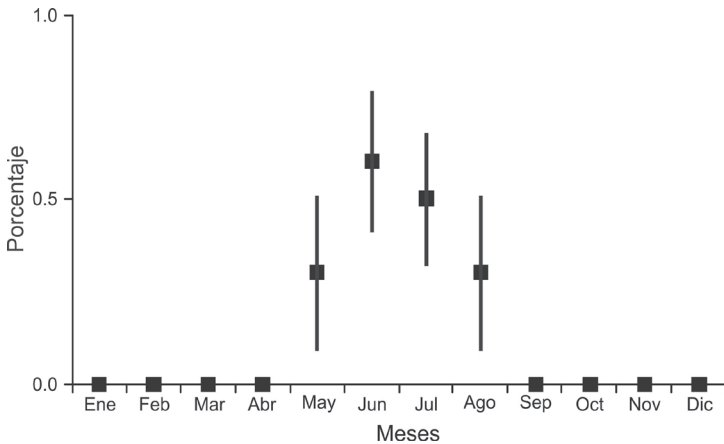


Figura 18.- Promedios del porcentaje de maduración del camarón azul *L. stylirostris* en el AGC.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La información analizada de abundancia, distribución, crecimiento y reclutamiento permiten evaluar el desarrollo del ciclo de vida

del camarón azul en el alto Golfo de California y aportar puntos de referencia para un manejo adaptativo. El ciclo de vida de los camarones peneidos, tradicionalmente descrito para el Pacífico mexicano, inicia cuando estos ingresan para crecer en las lagunas y retornan al mar como juveniles para reproducirse (Lluch-Belda *et al.* 1972, Soto y Bush 1975, Chapa-Saldaña y Soto-López 1969, Ortega y Nuñez 1974, Edwards 1978).

Se permite suponer en esta zona del alto Golfo California, la existencia de variantes del ciclo de vida que los camarones desarrollan en otros sitios de la costa del Golfo de California. Permitiendo analizar si las tácticas de manejo actual están en función de la biología y ecología de las poblaciones de camarón que habitan en la región del AGC es adecuado para el aprovechamiento y conservación de las especies.

El espacio ocupado para pescar en el AGC es grande y abarca aproximadamente el 75 % de la superficie acuática, la zona núcleo y el área de refugio de la vaquita marina no son zonas altamente explotadas, deben funcionar como área de reclutamiento y de recuperación de las poblaciones de especies marinas afectadas por la pesca (Gell y Roberts 2003, Hilborn *et al.* 2004). La recuperación de las comunidades de peces y mamíferos marinos debe estar acompañada de una regulación para la pesca de cada una de las especies explotadas en la zona y manejada de forma independientes de organismos de su especie en el Golfo de California.

Un ejemplo es el manejo en el tiempo en que se levanta la veda del camarón, no es igual para toda la región que cubre el estado de Sonora, se trata de diferenciar las condiciones ambientales de cada lugar, el estatus o clasificación del área, por ser un área natural protegida y a su vez los decretos establecidos para la reserva no tipifican un tipo de arte de pesca que se deba utilizar y no impacte el ecosistema marino (ver DOF 1993, 1996, 2005).

El caso de la reserva del AGC es complicado y requiere de trabajo de investigación pesquera y social. El buen funcionamiento precisa de un manejo distinto, donde se establezca un número adecuado de embarcaciones menores que operen en el lugar, modernización de la flota pesquera, proponer alternativas a las embarcaciones mayores de la zona. Además, de cambios en artes y técnicas de pesca, adecuar las vedas a las épocas que se presentan los desoves por especie en el año y que estos sean monitoreados y evaluados por el INAPESCA



para verificar si han tenido éxito en su aplicación, a través de programas a mediano plazo para incrementar el conocimiento del manejo de la pesca, sus beneficios y los niveles de protección hacia el ecosistema (Hilborn *et al.* 2005).

Otra alternativa posible de manejo es involucrar de manera directa a los pescadores en el cuidado y manejo de la pesca, reduciendo costos de operación y se vuelve una responsabilidad directa de la comunidad el cuidado de su área de manejo (King y Faasili 1999). Esta opción puede ser aplicada, significa la concesión territorial de la pesca en áreas contiguas a las comunidades pesqueras, como los pescadores ribereños de San Felipe que son los que pueden incidir directamente sobre el refugio de la vaquita, ellos podrían mantener un control sobre el número de embarcaciones que van a pescar en el refugio y el tipo de captura adecuado para no impactar sobre las poblaciones de vaquita dentro del polígono.

El manejo compartido de la reserva con los pescadores puede ser importante para disminuir el impacto sobre las áreas más críticas para la conservación y reproducción de los organismos marinos como lo es la zona núcleo y el refugio de la vaquita, permitiendo vedas temporales en estos lugares sobre todo en las etapas críticas de la reproducción de las especies como la vaquita y totoaba (King y Faasili 1999, Gell y Roberts 2003).

Los mayores volúmenes de producción de camarón por temporada de pesca en el AGC, por el sector de altamar y ribereño, reporta que la captura de ambas flotas de camarón azul puede representar del 60-80 % de la producción, el resto corresponde a camarón café.

Es necesario continuar las investigaciones que incorporen nuevas medidas de manejo, estrategias que permitan generar valor agregado en los recursos pesqueros capturados y minimizar los efectos económicos adversos de la actividad pesquera, o bien identificar cuáles deben de ser las medidas que han de tomarse para evitar daños que pudieran poner en peligro el ecosistema. La realidad actual, es que la pesca del camarón ha reducido sus cifras y ganancias en cierta medida y que el incremento del esfuerzo pesquero sigue siendo un problema.

En términos relativos no se debe aumentar el esfuerzo para permitir mejores rendimientos, ya que se tendría acceso a mejorar la población de camarón, sobre esa base se propone un manejo

compartido por cuotas de captura, la biomasa se mantendría al nivel de referencia del rendimiento estimado. En este trabajo se obtuvo valores de cuota de captura que permiten que la biomasa se mantenga y se incrementó a lo largo del tiempo, se podría considerar que si se opta una estrategia de cuota de captura para el camarón azul del AGC que no sea superior a las 2,400 t. Si se desea un incremento en la biomasa de la especie, entonces la cuota debe disminuir aun más, las cuotas analizadas están estimadas sobre la base histórica de las capturas, en el estudio se hace evidente que hay un riesgo en el mantenimiento del nivel óptimo de la biomasa.

Se recomienda proponer y establecer comité de evaluación, que una de sus funciones sea el de proponer un sistema de cuota de captura de camarón en el período inicial de la temporada de captura (septiembre-diciembre), donde predomina el camarón azul con alto valor comercial, se daría el inicio con las fechas del actual sistema de captura en ambas flotas.

En un segundo periodo la captura podría ser dirigida a la captura del camarón café *Farfantepenaeus californiensis*, durante los meses de noviembre a febrero. La captura se realizaría únicamente por barcos o embarcaciones mayores, se recomienda capturar hasta una semana antes de que se decreta la veda de camarón en el Pacífico mexicano.

La estimación de biomasa para camarón azul en el AGC mostró que la capacidad de carga del sistema para la especie camarón azul y el máximo rendimiento sostenido puede ser de 6,325 t, para obtener este rendimiento el cual es entendido como la biomasa que nos llevaría a alcanzar el valor del rendimiento esperado (BMRS). Se calculó la tasa óptima de explotación, como punto de referencia. Sin embargo, se consideran valores precautorios de captura sobre una base histórica de datos, de tal forma que la propuesta muestra como se puede mantener el volumen de las capturas en el largo plazo.

La cuota de captura permisible de 2,200 t de camarón azul se podría monitorear en los puntos de descarga únicos y con seguimiento de los avisos de arribo. Si la cuota no se alcanza el comité de evaluación puede proponer transferir las cuotas entre las entidades económicas y ampliar en tiempo de extracción, estrategia que se debería adoptar al menos por un periodo para evaluar su efectividad.

Se propone una captura alternativa en dos tiempos distinta a la que ahora se aplica en la pesquería de camarones, el objetivo

es mejorar la biomasa remanente del camarón azul para obtener mejores reclutamientos, y potencialmente puedan incrementar los rendimientos orientado a la propuesta de capturar camarones silvestres adultos, que son los que alcanzan un mayor valor en el mercado internacional.

Es importante que en la estrategias de manejo coparticipen por igual el gobierno, organizaciones no gubernamentales y los pescadores, ya que estos últimos son los que más conocen de la problemática que vive la pesca y de las soluciones que se pueden dar para mejorar su actividad económica, apoyados de la asesoría científica y económica que pueden dar las instituciones educativas a los usuarios. Un buen manejo de la reserva puede llevar a la sustentabilidad de la actividad pesquera y a la recuperación de las especies en peligro de extinción.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parte de la tesis de Doctorado de ARGJ. Se agradece el apoyo del Instituto Nacional de Pesca, el cual aportó el financiamiento para la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Alvarez-Borrego, S., Flores-Báez, B. P., Galindo-Bect, L. A. (1975). Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Cien. Mar.* 2: 21-36.
- Álvarez-Borrego, S., Galindo-Bect, M. S. (1974). Hidrología del alto Golfo de California I. Condiciones durante otoño. *Cienc. Mar.* 1: 46-64.
- Barreiro-Güemez, T. (1986). Estudio sobre la madurez y desove de *Penaeus vannamei* y *P. californiensis* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae) en la costa sur de Sinaloa. In: Memorias del Primer Intercambio Académico sobre Investigaciones en el Mar de Cortés. Hermosillo, Sonora, México. pp. 1-29.
- Chapa-Saldaña, H., Soto-López, R. (1969). Relaciones de algunos factores ecológicos con la producción camaronera de las lagunas litorales de sur de Sinaloa, México. (Relationship of some ecological factors and shrimp production of the littoral lagoons in the south of Sinaloa, México) In: Ayala-Castañares, A., Phleger, F. B. (eds.), Coastal lagoons a symposium. UNAM-UNESCO. México. pp. 653-662.
- DOF. (1993). Diario Oficial de la Federación. 10 de junio de 1993. Secretaría de Gobernación. México.
- Edwards, R. C. (1978). The fishery and fisheries biology of the penaeid shrimp on the Pacific Coast of Mexico. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 145-180.

## MANEJO DE CAMARÓN AZUL

- Folmer, O., Pennington, M. (2000). A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland. *Fish. Res.* 49: 165-178.
- García, S., Le Reste, L. (1987). Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO Doc. Téc. Pesca.* 203 p.
- García-Juárez, A. R., Rodríguez-Domínguez, G., Lluch-Cota, D. B. (2009). La cuota de captura de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* como instrumento de gestión. *Cienc. Mar.* 35(3): 297-306.
- Gell, F. R., Roberts, C. M. (2003). Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends. Ecol. Evol.* 18: 448-455.
- Hendrickx, M., Salgado-Barragán, E. J., Maeda-Martínez, M. A. (1995). Abundance and diversity of macrofauna (fish and decapod crustaceans) in *Penaeus vannamei* culture ponds in Western Mexico. *Aquaculture.* 143: 61-73.
- Hilborn, R., Stokes, K., Maguire, J. J., Smith, T., Botsford, L. W., Mangel, M., Orensanz, J., Parma, A., Rice, J., Bell, J., Cochrane, K. L., Garcia, S., Hall, S. J., Kirkwood, G. P., Sainsbury, K., Stefansson, G., Walters, C. (2004). When can marine reserves improve fisheries management?. *Ocean Coast. Manag.* 47: 197-205.
- Hilborn, R., Parrish, J. K., Litle, K. (2005). Fishing rights or fishing wrongs?. *Rev. Fish Biol. Fish.* 15:191-199.
- Hilborn, R., Walters, C. J. (1992). Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York.
- Hilborn, R., Mangel, M. (1997). The ecological detective. Confronting models with data. *Monographs in population biology.* Princeton Academic Press.
- Kimura, D. K. (1981). Standardized measures of relative abundance based on modeling log (CPUE), and the application to Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 39: 211-218.
- King, M., Faasili, U. (1999). Community-based management of subsistence fisheries in Samoa. *Fish. Manag. Ecol.* 6: 133-4.
- King, M. (1995). Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Australia.
- Lavín, M. F., Durazo, R., Palacios, E., Argote, M. L., Carrillo, L. (1997). Lagrangian observations of the circulation in the northern Gulf of California. *J. Geophys. Res.* 27: 2298-2305.
- Lavín, M. F., Godínez, V. M., Álvarez, L. G. (1998) Inverse-estuarine features of the Upper Gulf of California. *Est. Coast. Shelf Sci.* 47: 769-795.
- Lavín, M. F., Sánchez, S. (1999). On how the Colorado river affected the hydrography of the upper Gulf of California: *Cont. Shelf Res.* 19: 1545-1560.
- Lavín, M. F., Palacios-Hernández, E., Cabrera, C. (2003). Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internal.* 42: 363-375.
- Lluch-Belda, D., Guzman, S., Soto, R. L. (1972). Programa camarón del Pacífico. Resultados parciales de muestreos en lagunas costeras del Noroeste. (Pacific shrimp programme. Partial results of Surveys in Coastal lagoons of the Northwest). *Informe Tecnico INP/S1: 14*, Instituto Nacional de la Pesca, México: 1-3.
- López-Martínez, J., Rabago-Quiroz, C., Nevárez-Martínez, M. O., García-Juárez, A. R., Rivera-Parra, G., Chávez-Villalba, J. (2005). Growth, reproduction, and

- size at first maturity of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 71: 93-102.
- Madrid-Vera, J., Amezcua, F., Morales-Bojórquez, E. (2007). An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. *Fish. Res.* 83: 81-89.
- Mathews, C. P. (1981). A review of the North American penaeid fisheries, with particular reference to Mexico. Kuwait. *Bull. Mar. Sci.* 2: 325-409.
- Morales-Bojórquez, E., López-Martínez, J. (1999). The brown shrimp fishery in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Reports.* 40: 28.
- Ortega, S. A., Nuñez, P. A. (1974). Migración de postlarvas de camarón *Penaeus* spp. entre Mazatlán, Sinaloa y San Blas, Nayarit, México. (Migration of postlarvae of *Penaeus* spp. between Mazatlán, Sinaloa and San Blas, Nayarit, Mexico) V. Congreso Nacional de Oceanografía, Guaymas, Mexico, octubre 1974.
- Pauly, D., Arreguín-Sánchez, F. (1995). Improving Shepherd's length composition analysis (SLCA) method for growth parameter estimation. *NAGA ICLARM Q.* 18(4): 31-33.
- Pauly, D. (1987). A review of the ELEFAN system for the analysis of length frequency data in fish and aquatic invertebrates. *ICLARM Conf. Proc.* 13:7-34.
- Pennington, M., Stromme, T. (1998). Surveys as a research tool for managing dynamics stocks. *Fish. Res.* 37: 97-106.
- Pennington, M. (1983). Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics.* 39: 281-286.
- Pennington, M. (1986). Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. *Fish. Bull.* 84: 519-525.
- Pennington, M. (1996). Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. *Fish. Bull.* 94: 498-505.
- Pérez-Farfante, I. (1988). Illustrated key to penaeid shrimps of commerce in the Americas. NAOO Technical Report NMFS 64. Abril 1988.
- Polacheck, T., Hilborn, R., Punt, A. (1993). Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 2597-2607.
- Punt, A., Hilborn, R. (1996). Biomass dynamic models. User's manual. FAO computerized information series (Fisheries). Rome. 62 p.
- Punt, A., Japp, D. W. (1994). Stock Assessment of the Kingklip (*Genypterus capensis*) resource off South Africa. *S. African J. Mar. Sci.* 14: 133-149.
- Punt, A. (1992). Selecting management methodologies for marine resources, with an illustration for southern African hake. *S. African J. Mar. Sci.* 12: 943- 958.
- SEMARNAT. (2002). Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México.
- Shepherd, J. G. (1987). A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data p. 113-119. In: D. Pauly y G. R. Morgan, (eds.), Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conf. Proc.* 468 p.
- Soto, L. R., Bush, R. (1975). Análisis de los muestreos de camarón en los esteros del sur de Sinaloa. Temporada 1973. Programa camarón del Pacífico. Instituto Nacional de la Pesca México. INP/S1: 15 p.

## MANEJO DE CAMARÓN AZUL

- Sparre, P., Venema, S. C. (1995). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca no. 306.1Rev., 440 pp.
- Venzon, D. J., Moolgavkar, S. H. (1988). A Method for computing profile likelihood-based confidence intervals. *Appl. Stat.* 37: 87-94.

---

### CITA DE CAPÍTULO 18

García-Juárez, A. R. 2012. Propuesta de manejo para la pesquería de camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) en el alto Golfo de California. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 355-384.