

# 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



CONAPESCA



FUNDACIÓN  
PRODUCE  
SONORA A.C.



CIB



# 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. Valdez-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 19

## Distribución y abundancia de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el norte de Sinaloa, México.

Enrique Morales-Bojórquez<sup>1\*</sup>, Juan Madrid-Vera<sup>2</sup>, Juan Gabriel Díaz-Uribe<sup>3</sup>,  
Hugo Aguirre-Villaseñor<sup>2</sup>, Alejandro Liedo-Galindo<sup>4</sup>, Darío Chávez-Herrera<sup>2</sup>,  
Juan Melchor-Aragón<sup>2</sup>, Horacio Muñoz-Rubí<sup>2</sup> y Armando Hernández-López<sup>5</sup>.

## RESUMEN

Este estudio presenta las variaciones en abundancia relativa, distribución espacial y estructura de tallas del camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en la región norte de Sinaloa, México, también conocida como la zona 30, limitada desde Topolobampo hasta el sur de El Dorado, Sinaloa.

**Palabras clave:**  
Abundancia relativa  
Camarón café  
Sinaloa

Dentro de la zona 30 se analizaron los cruceros de veda de camarón dentro del periodo de 1992 a 2006, principalmente aquellos meses previos a la apertura de la temporada de pesca, por lo que se asume que la información es un buen indicador de la condición de la población antes que inicie la pesca. Espacialmente, el camarón café mostró un amplio rango de distribución, con preferencia hacia la zona norte del área de estudio, principalmente entre las áreas delimitadas por Topolobampo y La Reforma. De igual manera, la especie mostró abundancias más altas en estaciones de mayor profundidad. La estructura de tallas de camarón café dentro de la

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. Mar Bermejo 195. Col. Playa Palo de Santa Rita. CP. 23090. La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de la Pesca. CRIP Mazatlán, Av. Camarón Sábalo s/n. CP. 82100. Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de la Pesca. CRIP La Paz. Carretera a Pichilingue s/n. CP. 23020. La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de la Pesca. Oficinas centrales, Pitágoras 1320. Col. Santa Cruz Atoyac, CP. 03310. México, D.F.

<sup>5</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n. Col. Playa Palo de Santa Rita. CP. 23090. La Paz. Baja California Sur, México.

\*Autor de correspondencia: E-mail: emorales@cibnor.mx

zona 30 mostró un patrón unimodal, lo cual sugiere que dentro del periodo de estudio de 1992 a 2006, solo se encontraba una cohorte o generación de individuos. La zona 30 mostró que durante el periodo de 1992 a 1999 los rendimientos fueron menores a 10 kg/h, sin embargo, a partir del año 2000 se registró una tendencia positiva del rendimiento que fue de casi 10 kg/h en 2000, a más de 60 kg/h en 2006. Lo anterior sugiere una recuperación notable en la abundancia relativa de la especie. Los patrones de cambio mostraron una aparente sincronía con los eventos de calentamiento tipo el Niño y aunque este estudio no los relacionó para probar alguna relación, el efecto de calentamiento fue coincidente con lo observado en las caídas del indicador de abundancia relativa.

## INTRODUCCIÓN

La pesquería de alta mar de camarón en el Golfo de California incluye tres especies de importancia comercial; camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931), camarón café (*Farfantepenaeus californiensis* Holmes, 1900) y camarón azul (*Litopenaeus stylirostris* Stimpson, 1874). La pesquería inició durante los 1930's con barcos sardineros modificados, posteriormente, la flota creció hasta 800 embarcaciones durante 1971 y alcanzó las 1700 embarcaciones en la década siguiente; sin embargo, el rendimiento no aumentó y las capturas solo variaron entre las 25,000 t y 27,000 t. El indicador de abundancia relativa de la flota, es decir, la captura por unidad de esfuerzo, disminuyó de 40 t a 15 t. Dentro del Golfo de California, los estados de Sonora y Sinaloa obtienen la mayor parte de la captura, aunque los estados de Oaxaca y Chiapas también contribuyen, con menores capturas (Magallón-Barajas 1987). Las capturas anuales en el océano Pacífico mexicano son casi 25,000 t en la actualidad.

La pesquería de camarón café (*F. californiensis*) es una pesquería bien desarrollada dentro del Golfo de California, que aparentemente opera sobre un solo stock dentro de todo su rango de distribución (Morales-Bojórquez y López-Martínez 1999). El ciclo de vida de la especie es de afinidad marina, aunque puede sobrevivir en aguas asociadas a bahías o esteros en estadios de postlarva (Valenzuela-Quiñonez *et al.* 2006). La evaluación del recurso normalmente se ha basado en datos de la pesquería comercial (Morales-Bojórquez *et al.* 2001). La pesquería inicia cada temporada durante los meses

de verano, usualmente septiembre, cuando el crecimiento del camarón alcanza una talla óptima que maximiza su rendimiento, esto también coincide con el periodo de reclutamiento a la zona, el cual se completa durante el mismo periodo de tiempo. El periodo de veda o restricción a la pesca sucede durante los meses de marzo a julio de cada año. La temporalidad de la época de veda puede variar dependiendo de su patrón reproductivo, o de las repentinas caídas en abundancia, rendimiento o captura por unidad de esfuerzo.

Aunque se ha logrado un manejo efectivo de la pesquería, se requiere información acerca de la variabilidad espacial y temporal de la especie, sobre todo si la información proviene de datos independientes de la pesquería, ya que pueden dar una visión de los cambios que se podrían esperar en la pesquería. La información también es útil para los administradores, contribuyendo a mejorar el manejo, es decir, planificar estrategias cuando se observa una alta abundancia, o proteger la población cuando hay efectos adversos dados por la variabilidad biológica, inestabilidad demográfica o cambio ambiental que tenga efectos negativos sobre el recurso. En este estudio se presenta la serie temporal de abundancia relativa, distribución y estructura de tallas de camarón café en la zona norte de Sinaloa.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Este estudio analizó la estructura de tallas y la abundancia relativa de la especie de camarón café en la zona norte de Sinaloa, también conocida como zona 30, que cubren la región geográfica comprendida desde Topolobampo (TOP), La Reforma (REF) y hacia el sur de El Dorado (DOR). El análisis se apoyó en la base de datos histórica del Instituto Nacional de Pesca, mismo que realiza cruceros de investigación durante la temporada de veda. Esta información es importante porque permite tener una evaluación de la condición de las poblaciones de camarón previo a la apertura de cada temporada de pesca, por consiguiente, el conocimiento de la variabilidad en la estructura de tallas y en la abundancia relativa es un indicativo de al menos dos rasgos biológicos de las poblaciones, el primero con su estructura de tallas, que indica si el reclutamiento en alta mar ha sucedido y el segundo está relacionado con su abundancia relativa, que muestra la potencial biomasa disponible a la captura de cada

especie. Los datos analizados cubren el periodo de 1992 a 2006. En cada crucero analizado, únicamente se ha considerado el mes previo a la apertura de la temporada.

#### *Muestras biológicas*

Las actividades de investigación se realizaron a bordo de las embarcaciones de investigación pesquera BIP XI y BIP XII propiedad del Instituto Nacional de Pesca, adscritas al Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas y Mazatlán respectivamente. Los cruceros tuvieron una cobertura en profundidad desde las 5 hasta las 50 brazas.

#### *Análisis de estructura de tallas*

Se obtuvo la estructura de tallas de la especie previo a la apertura de cada temporada de pesca. Este aspecto es de particular relevancia, dado que es una aproximación a la abundancia de la cohorte de individuos viejos dentro de cada población y a su vez, indicador del éxito del reclutamiento en la zona de alta mar.

La estimación de las cohortes observadas en las distribuciones de tallas de las capturas, fueron determinadas a través del análisis de frecuencias de longitud total. Se utilizó una distribución multinomial de acuerdo con la siguiente función de densidad:

$$P\{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = n! \prod_{i=1}^k \frac{p_i^{x_i}}{x_i!} \quad (1)$$

Donde  $x_i$  es el número de veces que un evento tipo  $i$  sucede en  $n$  muestras,  $n$  es el tamaño de la muestra; y  $p_i$  son las probabilidades separadas de cada uno de los eventos tipo  $k$  posibles. Para la estimación de los parámetros del modelo, es necesario transformar la ecuación en una expresión de verosimilitud, así que la nueva expresión es como sigue:

$$-\ln L\{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = \sum_{i=1}^n [x_i \ln(p_i)] \quad (2)$$

El principal supuesto para la estimación de los parámetros, es que la distribución de tallas para cada longitud promedio o modal puede analizarse con una distribución normal, determinando que cada moda es correspondiente a una diferente cohorte en la población. Bajo esta condición, las estimaciones de las proporciones relativas

esperadas de cada categoría de longitud se describieron a partir de la siguiente función de densidad:

$$p_{L_F} = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(L_F - \mu_F)^2}{2\sigma_n^2}} \quad (3)$$

Donde  $\mu_F$  y  $\sigma_F$  son las media y la desviación estándar de la longitud total de cada cohorte. De tal forma que para estimar las frecuencias esperadas y estimar los parámetros del modelo, es necesario contrastar los valores estimados y observados a través de la siguiente función logarítmica de distribución multinomial (Haddon 2001):

$$-\ln L \{ \mu_F, \sigma_F \} = -\sum_{i=1}^n L_i \ln(\hat{p}_i) = -\sum_{i=1}^k L_i \ln \left( \frac{\hat{L}_i}{\sum \hat{L}_i} \right) \quad (4)$$

En esta expresión los parámetros  $\mu_F$  y  $\sigma_F$  corresponden a las medias y las desviaciones estándar de la longitud total que correspondieron a las  $n$  medias que están presentes en la distribución de longitudes de cada crucero. Los parámetros del modelo fueron estimados cuando la función de verosimilitud (ec. 4) fue minimizada con el algoritmo de búsqueda directa de Newton (Neter *et al.* 1996). Una vez estimadas las cohortes dentro de cada población de camarón, se presentó la variación en la talla media de captura para toda la serie de tiempo (1992 a 2006).

#### *Distribución espacial de las especies de camarón*

Los datos de captura por unidad de tiempo (kg/h) desde 1992 a 2006 se graficaron para la zona norte de Sinaloa, de tal forma, que se ubicó la variación espacial de camarón café. Las estaciones de pesca experimental fueron graficadas en el software Golden Surfer ver.8.0. Las gráficas de la zona 30 representaron el mes previo a la apertura de la temporada en todos los casos.

#### *Estimación de abundancia relativa*

Una vez descrita la abundancia espacial de la especie. Se estimó un indicador de abundancia relativa dentro de la zona de estudio. Por consiguiente, fue posible calcular el valor promedio del rendimiento, este fue expresado como kilogramos por hora de arrastre. Una vez calculado el valor respectivo, se presentó la variación a lo largo del periodo de 1992 a 2006.

Debido a que los datos de abundancia relativa obtenidos con cruceros de investigación tienen una varianza tan grande como su promedio y que por consiguiente son valores altamente desviados, es necesaria la aplicación de estimadores con distribución lognormal para el cálculo de la media y la varianza (McConnaughey y Conquest 1992, Conquest *et al.* 1996, Pennington 1996, Morales-Bojórquez *et al.* 2008). El principal problema es el grado de desviación, que es causado por la alta proporción de ceros que comúnmente se observa, donde la estimación de los intervalos de confianza es complicada por la distribución asimétrica de la información (Pennington 1986). El estimador insesgado de la varianza (denotado como  $c$  y  $d$ ) de la media,  $c$ , para la distribución  $\Delta$  son dadas por Pennington (1983, 1996):

$$c \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(\bar{y}) g_m(s^2/2), & m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, & m = 1 \\ 0, & m = 0 \end{cases} \quad (5)$$

y

$$d \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ g_m(2s^2) - \left( \frac{m-1}{n-1} \right) g_m\left( \frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, & m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, & m = 1 \\ 0, & m = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Donde  $n$  es el número de unidades muestrales,  $m$  es el número de unidades con valores diferentes de cero,  $\bar{y}$  y  $s^2$  son la media y varianza muestral de los valores  $\log_e$  diferentes de cero,  $x_i$  es un solo valor diferente de cero (no transformado) cuando  $m = 1$  y  $G_m(x)$  es una función de  $x$  y  $m$  (Pennington 1983, 1986 y 1996) mostrado como:

$$G_m(x) = 1 + \frac{m-1}{m} x + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(m-1)^{2j-1} x^j}{m^j (m+1)(m+3)\dots(m+2j-3)j!} \quad (7)$$

El estimador insesgado de la varianza de  $c$  ( $\text{var}_{\text{est}}(c)$ ) está dado por (Folmer y Pennington 2000):

$$\text{var}_{\text{est}}(c) \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ \frac{m}{n} g_m \left( \frac{s^2}{2} \right) - \left( \frac{m-1}{n-1} \right) g_m \left( \frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, & m > 1 \\ \left( \frac{x_1}{n} \right)^2, & m = 1 \\ 0, & m = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Cuando  $n = m$ , el estimador supone una distribución lognormal (McConaughy y Conquest 1992, Lo *et al.* 1992, Conquest *et al.* 1996).

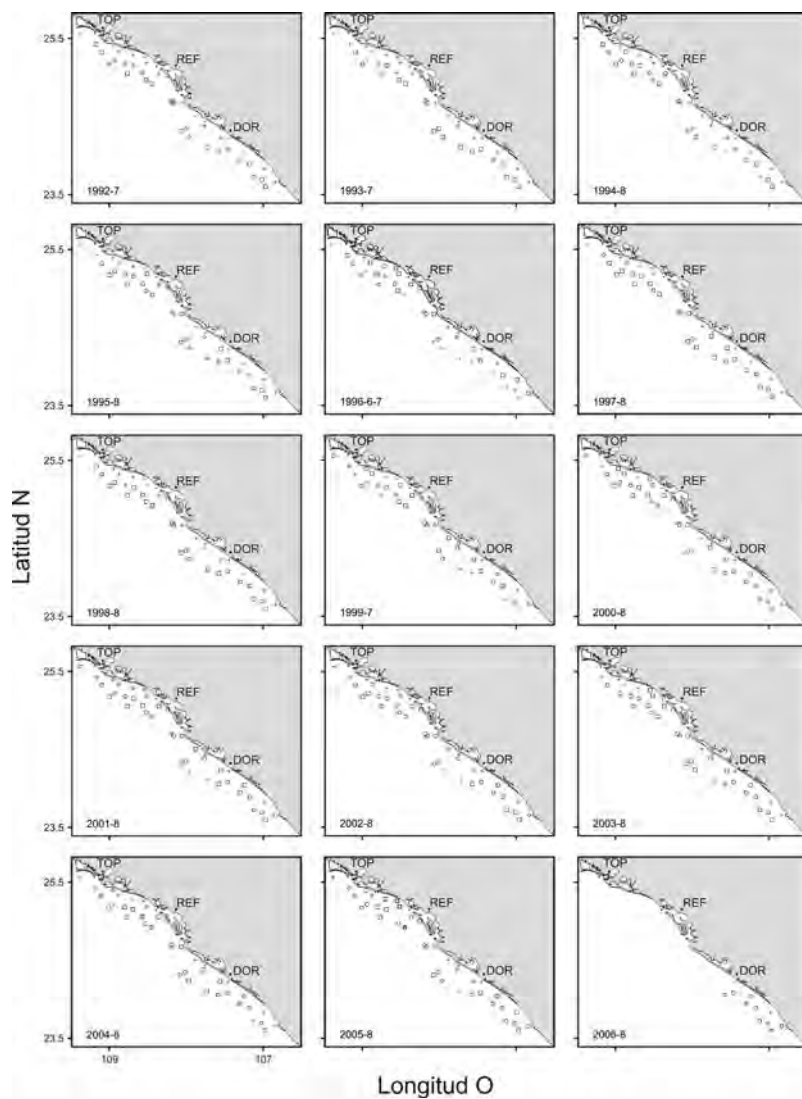
## RESULTADOS

Dentro de la zona 30 se localizó al camarón café ampliamente distribuida, tanto en zonas cercana a la costa, como alejadas de ella (fig. 1).

Entre TOP, REF y DOR se registró el mayor rendimiento para los años de 1992 y 1993, sin embargo, para 1994 el rendimiento disminuyó hacia el sur de DOR con valores entre 5 y 10 kg/h (fig. 1). Para 1995, se pudieron obtener rendimientos entre 30 y 35 kg/h, localizados entre REF y DOR, aunque el patrón de distribución espacial fue mayormente favorecido en la región norte de la zona 30, es decir, entre TOP y REF (fig. 1). Durante 1996 y 1997, la mayor cantidad de estaciones positivas (con captura) se observaron en la parte norte y posteriormente durante el periodo de 1998 a 2000 el patrón de distribución de camarón café se observó más homogéneo, inclusive con altos rendimientos (30 y 35 kg/h) al sur de DOR (fig. 1). El mismo patrón de distribución fue observado hacia los siguientes años, mostrando bajo número de estaciones negativas (sin captura) dentro del periodo de 2001 a 2006. La zona 30, de acuerdo a las estimaciones, es zona de amplia distribución de camarón café; básicamente la especie se puede localizar en zonas lejanas y cercanas a la costa, aunque los rendimientos más altos (30 y 35 kg/h) se localizaron en sitios lejanos a la costa (fig. 1).

Los valores del rendimiento promedio para cada zona donde se localizó camarón café se muestran en la figura 2. Durante el periodo de 1992 a 1999 los rendimientos fueron menores a 10 kg/h (fig. 2), sin embargo, a partir del año 2000 se registró una tendencia positiva

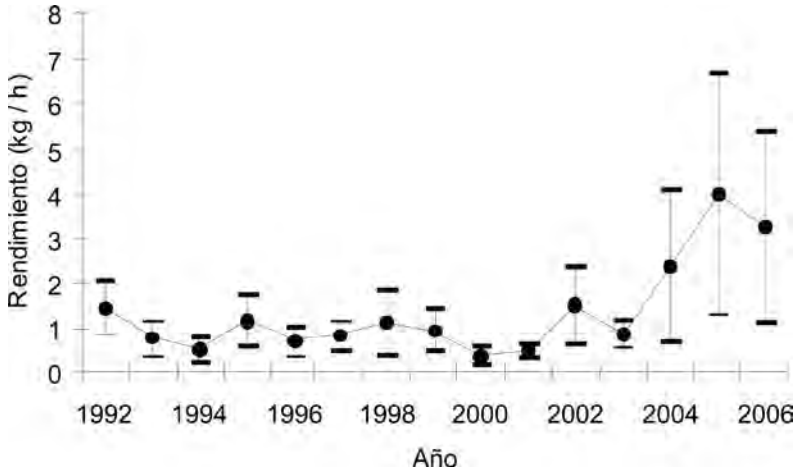
del rendimiento que fue de casi 10 kg/h en 2000, a más de 60 kg/h en 2006, lo anterior sugiere una recuperación notable en la abundancia relativa de la especie.



**Figura 1.** Distribucion espacial de *Farfantepenaeus californiensis* en la zona 30. Los intervalos de abundancia relativa por hora de arrastre son: + 0 kg/h; ◇ 0.1 - 5 kg/h; □ 5.1 - 10 kg/h; ○ 10.1 - 15 kg/h; △ 15.1 - 20 kg/h; ⊠ 20.1 - 25 kg/h; 25.1 - 30 kg/h; ✱ 30.1 - 35 kg/h.



La estructura de tallas de camarón café dentro de la zona 30 mostró un patrón unimodal (fig. 3). Lo cual sugiere que dentro del periodo de estudio de 1992 a 2006, solo se encontraba una cohorte o generación de individuos.



**Figura 2.** Tendencia del índice de abundancia relativa de *Farfantepenaeus californiensis* en la zona 30.

La figura 4 muestra como se presentaron las variaciones en la talla promedio de camarón café, en general se observó un patrón irregular en la variación anual de la talla promedio, desde 1993 hasta 1998 la talla decreció, pasando de 157 mm de longitud total a casi 145 mm de longitud total (fig. 4). También se observó una fase de incremento en la talla de captura de la temporada de 2001 a 2005 (fig. 4).

## DISCUSIÓN

En términos generales se pudo observar que el camarón café *Farfantepenaeus californiensis* mostró un amplio rango de distribución, con preferencia hacia la zona norte del área de estudio, principalmente entre las áreas delimitadas por Topolobampo y La Reforma. De igual manera, la especie mostró abundancias más altas en estaciones de mayor profundidad, de tal manera que las capturas en estaciones más profundas fueron las más exitosas en comparación con estaciones costeras. La abundancia relativa de la especie, representada a través de su valor promedio dentro de la zona de estudio, se observó con valores bajos dentro del periodo de

CAMARÓN CAFÉ DEL NORTE DE SINALOA

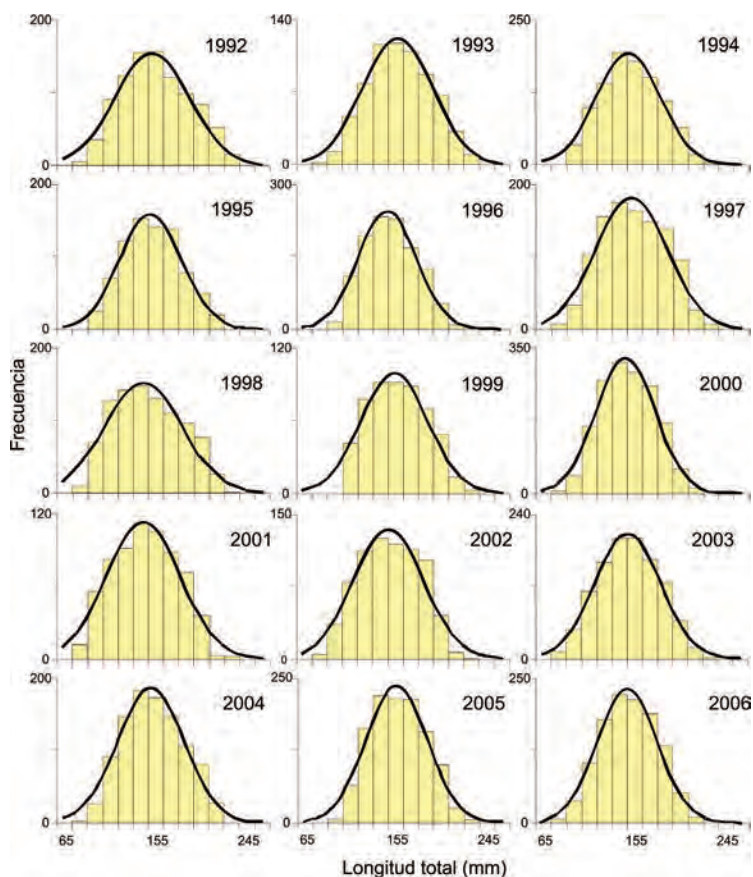


Figura 3. Estimación de las modas presentes para *Farfantepenaeus californiensis* en la distribución de tallas (mm) de cada crucero y año dentro de la zona 30.

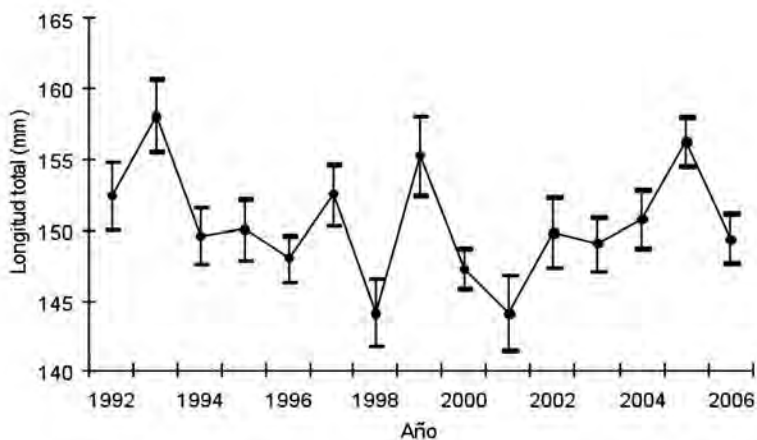


Figura 4. Tendencia de la talla promedio de *Farfantepenaeus californiensis* en la zona 30.

1992 a 2004. Dentro de este periodo se presentaron varios eventos cálidos en la corriente de California.

Los años de 1992, 1993, 1997 y 2004 presentaron caídas en los índices de abundancia relativa. Los años previamente mencionados fueron identificados como añosel Niño (Hamman *et al.* 1995, Lynn *et al.* 1995, Mullin 1995, Murphree y Reynolds 1995, Hayward 1993, Hayward 2000, Lea y Rosenblatt 2000, Goericke *et al.* 2005). Está es una razonable hipótesis para la caída del índice de abundancia relativa de *Farfantepenaeus californiensis*, ya que es notable como el rendimiento promedio de toda la zona de estudio estuvo abatido con rendimientos menores a los 10 kg/h, en algunos años a casi 2 kg/h.

La relación entre la temperatura del agua y la dinámica de las poblaciones de camarón ha sido documentada previamente. Los regímenes oceanográficos tiene un papel relevante, por ejemplo en el camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* de la sonda de Campeche, los factores de mayor impacto sobre esta especie son las temporadas de lluvia y de tormentas asociadas con los fuertes vientos del norte (Ramírez-Rodríguez y Arreguín-Sánchez 2003). Para *Farfantepenaeus californiensis*, López-Martínez *et al.* (2003) analizaron el efecto de la temperatura sobre el crecimiento individual de la especie. El estudio demostró que la temperatura óptima para su crecimiento es de 25 °C y la tasa de crecimiento disminuye al incrementarse este valor. Estudios adicionales de laboratorio mostraron que la especie reduce su alimentación y se muestra aletargado a los 19 °C o incluso a menor temperatura. A temperaturas superiores a 27 °C la especie incrementa su consumo alimenticio, pero su muda es incompleta y se vuelven vulnerables y mueren.

Castro-Ortiz y Lluch-Belda (2008) analizaron la relación entre la captura de camarón de alta mar y algunos factores ambientales en el Golfo de California. Utilizaron datos de Guaymas, Sonora y de Mazatlán, Sinaloa; y encontrón una relación empírica entre las capturas de camarón y el índice de oscilación decenal del Pacífico. El impacto de este índice sucede principalmente en el periodo de enero a junio, cuando la temperatura superficial del mar decrece y la actividad reproductiva de las poblaciones de camarón declina. Como consecuencia de lo anterior las temporadas de reproducción de acortan y se pueden observar fallas en el reclutamiento. El mismo efecto ha sido reportado en la región del Pacífico norte

cuando un evento el Niño se ha presentado en aquella región. Por ejemplo *Sicyonia penicillata* es afectado en su crecimiento individual y reclutamiento (López-Martínez *et al.* 2002). Para *Farfantepenaeus californiensis* López-Martínez *et al.* (2003) encontraron una relación entre la temperatura superficial del mar y el coeficiente de crecimiento individual. Mientras que para aguas de Kuwait la distribución de las especies de camarón están asociadas con la salinidad, la temperatura y la profundidad (Ye *et al.* 1999). Aunque este estudio no muestra la relación entre la temperatura y la variación de la abundancia relativa, se observaron patrones de coincidencia entre un periodo de caída en el indicador y la presencia de eventos de calentamiento. Se asume que el índice de abundancia relativa puede estar respondiendo al efecto de la temperatura y que a su vez indique el potencial rendimiento dentro de la región.

En este estudio se analizó la variabilidad espacial y del indicador de abundancia relativa de camarón café. El análisis se realizó usando datos previos a la apertura de la temporada de pesca. Se considera que la población de camarón depende para su recuperación de su tasa intrínseca de crecimiento poblacional y de la abundancia de la biomasa reproductora, sin embargo, estos dos rasgos demográficos todavía son desconocidos. Se asume que el indicador de abundancia relativa puede funcionar como un índice temprano de la captura potencial de la temporada de pesca. Su calidad como predictor puede ser incrementado, si se asocia al efecto de la temperatura, de tal forma que se pueda identificar la zona de distribución más abundante y los rendimientos promedios esperados.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del personal científico y técnico del Instituto Nacional de Pesca, principalmente al Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán.

## REFERENCIAS

- Castro-Ortiz, J. L., Lluch-Belda, D. (2008). Impacts of interannual environmental on the shrimp fishery off the Gulf of California. CalCOFI Reports. 49: 183-190.
- Conquest, L., Burr, R., Donnelly, J., Chavarria J., Gallucci, V. (1996). Sampling methods for stock assessment for small-scale fisheries in developing countries. In: Gallucci, V., Saila, S., Gustafson, D. J., Rothschild, B. J. (eds.),

- Stock Assessment: Quantitative Methods and Applications for Small Scale Fisheries. New York: CRC Press. pp. 179-225.
- Folmer, O., Pennington, M. (2000). A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland. *Fis. Res.* 49: 165-178.
- Goericke, R., Venrick, E., Mantyla, A., Bograd, S., Schwing, F., Huyer, A., Smith, R., Wheeler, P., Hoof, R., Peterson, W., Chávez, F., Curtis, C., Marinovic, B., Lo, N., Gaxiola-Castro, G., Durazo, R., Hyrenbach, K. D., Sydeman, W. (2005). State of the California Current, 2004-2005: Still Cool?. *CalCOFI Reports.* 46: 32-71.
- Haddon, M. (2001). Modeling and quantitative methods in fisheries. Chapman and Hall/CRC, New York.
- Hammann, M. G., Palleiro, J. S., Sosa, O. (1995). The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. *CalCOFI Reports.* 36:127-133.
- Hayward, T. L. (1993). Preliminary observations of the 1991-1992 El Niño in the California Current. *CalCOFI Reports.* 34: 21-29.
- Hayward, T. L. (2000). El Niño 1997-98 in the coastal waters of southern California: a timeline of events. *CalCOFI Reports.* 41:98-116.
- Lea, R. N. y Rosenblatt, R. H. (2000). Observations on fishes associated with the 1997-98 El Niño off California. *CalCOFI Reports.* 41: 117-129.
- Lo, C. H., Jacobson, L. D., Squire, J. L. (1992). Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2515-2526.
- López-Martínez, Morales-Azpeitia, J. R., Arreguín-Sánchez, F., Salinas-Zavala, C. (2002). Stock assessment and potential yield of the rock shrimp, *Sicyonia penicillata*, fishery of Bahía Kino, Sonora, México. *Fish. Res.* 59:71-81.
- López-Martínez, J., Arreguín-Sánchez, F., Hernández-Vázquez, S., García-Juárez, A. R., Valenzuela-Quiñonez, W. (2003). Interannual variation of growth of the brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* and its relation to temperature. *Fish. Res.* 61: 95-105.
- Lynn, R. J., Schwing, F. B., Hayward, T. L. (1995). The effect of the 1991-1993 ENSO on the California Current System. *CalCOFI Reports.* 36: 57-71.
- McConnaughey, R. A., Conquest, L. L. (1992). Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. *Fish. Bull.* 91: 107-118.
- Magallón-Barajas, F. (1987). The Pacific shrimp fishery of Mexico. *CalCOFI Reports.* 28: 43-52.
- Morales-Bojórquez, E., López-Martínez, J. (1999). Brown shrimp fishery in the Gulf of California. In: *CalCOFI. Review of some fisheries from 1998.* *CalCOFI Reports.* 40:28.
- Morales-Bojórquez, E., López-Martínez, J., Hernández-Vázquez, S. (2001). Dynamic catch-effort model for the brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) from the Gulf of California, Mexico. *Cienc. Mar.* 27(1): 105-124.
- Morales-Bojórquez, E., Muciño, M., Vélez, A. (2008). Analysis of the decline of the abalone fishery (*Haliotis fulgens* and *H. corrugata*) along the central west coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *J. Shellfish Res.* 27(4): 865-870.
- Mullin, M. M. (1995). The California El Niño of 1992 and the fall of *Calanus*. *CalCOFI Reports.* 36: 175-178.

- Murphree, T., Reynolds, C. (1995). El Niño and La Niña effects on the northeast pacific: The 1991-1993 and 1988-1989 events. CalCOFI Reports. 36: 45-56.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim C. J., Wasserman, W. (1996). Applied linear statistical models. McGraw-Hill, New York.
- Ramírez-Rodríguez, M., Arreguín-Sánchez, F. (2003). Spawning stock-recruitment relationship of pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in the Southern Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 72(1): 123-133.
- 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.
- Valenzuela-Quiñonez, W., Aragón-Noriega, E., Arreola, J., Salinas-Zavala, C., Lluch-Cota, S., Hernández-Vázquez, S. (2006). Habitat use for growth and recruitment of the Pacific yellowleg shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (Decapoda, Penaeidae) on the continental shelf and adjacent Laguna Agiabampo, Mexico. Crustaceana. 79(8): 933-948.
- Ye, Y., Mohammed, H. M. A., Bishop, J. M. (1999). Depth, temperature and salinity preferences of newly recruited penaeid shrimps in Kuwait waters. Fish. Oceanogr. 8(2): 128-138.

---

#### CITA DE CAPÍTULO 19

Morales-Bojórquez, E., 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. 2012. Distribución y abundancia de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el norte de Sinaloa, México. 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. 385-398.