

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DEL CAMARÓN DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

HUGO GAEL RAMÍREZ VILLALOBOS

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. siendo las 12:00 horas del día 03 del mes de Diciembre del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DEL CAMARÓN DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA"

Presentada por el alumno:

RAMÍREZ

Apellido paterno

VILLALOBOS

materno

HUGO GAEL

nombre(s)

Con registro:

A	1	7	0	8	8	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

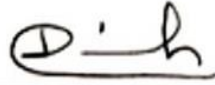
LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis


DR. ERNESTO AARÓN CHÁVEZ ORTIZ


DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ


DR. MANUEL JESÚS ZETINA REJÓN


DRA. MARÍA DINORAH HERRERO PEREZRUL


DR. LUIS SALCEDO QUEVICA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 04 del mes de Diciembre del año 2018

El (la) que suscribe BIÓL. PESQ. HUGO GAEL RAMÍREZ VILLALOBOS Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A170883 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. ERNESTO AARÓN CHÁVEZ ORTIZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

"EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DEL CAMARÓN DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ramirezvhg@gmail.com - echavez@ipn.mx -

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Hugo Ramirez V
HUGO GAEL RAMÍREZ VILLALOBOS

DEDICATORIA

Con dedicatoria especial a mis padres, por creer en mí siempre y por su apoyo durante toda mi vida.

A mis hermanos y abuelos que siempre me han brindado su apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ernesto Aaron Chávez Ortiz por la dirección de esta tesis y por todo el apoyo, tiempo brindado y por su amistad.

Le agradezco a mi comité revisor el tiempo, comentarios y sugerencias para la tesis. Dr. Francisco Arreguin Sánchez, Dra. María Dinorah Herrero Perezrul, Dr. Manuel Zetina Rejón y Dr. Luis Salcido Guevara.

A CONACYT por la beca recibida para realizar esta maestría.

A mis amigos y compañeros de casa y CICIMAR, José Vélez y Luis Salgado, por todo el apoyo, consejos y por todas las aventuras compartidas. ¡Gracias por su amistad!

Agradezco a Alejandra Chávez Hidalgo, por su apoyo incondicional desde mi llegada a La Paz y por todos sus buenos consejos. ¡Muchas gracias Ale!

A todos mis compañeros de CICIMAR, Olivia (por sus comentarios y ayuda a mis presentaciones), Edgar, Jessi, Vanessa, Manuel, Doménico, Miguel, Stephy y todos los que me apoyaron en el transcurso de mi maestría, gracias por compartir todos estos momentos.

Agradezco especialmente a toda mi familia que, aunque no estuve presente con ellos en este tiempo siempre conté con todo su apoyo incondicional.

Y un agradecimiento especial a María del Carmen Chávez Baltazar, por todo el cariño y apoyo brindado.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación mundial de las pesquerías	1
1.2. Las pesquerías mexicanas.....	2
1.3. La pesca del camarón del golfo de California.....	3
2. ANTECEDENTES	6
2.1. La pesquería en el sur del golfo de California	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. HIPÓTESIS	10
6. OBJETIVOS	10
6.1. Objetivo general	10
6.2. Objetivos específicos	10
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
7.1. Área de estudio	11
7.2. Evaluación del stock	11
7.3. Datos de entrada.....	14
7.3.1. Parámetros de crecimiento	14
7.3.2. Datos de captura	15
7.3.3. Captura por unidad de esfuerzo.....	17

7.3.4.	Número de embarcaciones.....	17
7.3.5.	Caracterización de la flota pesquera.....	18
7.3.6.	Coeficiente de capturabilidad.....	19
7.3.7.	Zonas de pesca.....	20
8.	RESULTADOS.....	21
8.1.	Datos de entrada.....	21
8.1.1.	Comportamiento de las capturas.....	21
8.1.2.	Captura por unidad de esfuerzo.....	23
8.1.3.	Coeficiente de capturabilidad.....	25
8.1.4.	Número de embarcaciones.....	26
8.1.5.	Número de embarcaciones en operación por puerto pesquero.....	27
8.1.6.	Caracterización de la flota pesquera.....	27
8.1.7.	Zonas de pesca.....	30
8.2.	Evaluación de la población.....	32
8.2.1.	Tasas de crecimiento.....	32
8.2.2.	Evaluación y diagnóstico de la población y captura.....	34
8.2.2.1.	Camarón café.....	34
8.2.2.2.	Camarón azul.....	36
8.2.2.3.	Camarón blanco.....	37
8.3.	Escenarios de manejo.....	39
8.4.	Rendimiento potencial de la pesquería.....	42
9.	DISCUSIÓN.....	45
9.1.	Captura total y proporción de la captura.....	45
9.2.	Captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	46
9.3.	Coeficiente de capturabilidad.....	46

9.4.	Número de embarcaciones	48
9.5.	Zonas de pesca	49
9.6.	Evaluación de la población.....	50
10.	CONCLUSIONES.....	53
11.	RECOMENDACIONES	55
12.	BIBLIOGRAFÍA	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Se delimitan las partes norte, centro y sur del golfo de California.	11
Figura 2. Comportamiento de la captura de camarón (1997-2014) en total y por especie en el sur del golfo de California.....	22
Figura 3. Proporción de especies en la captura de camarón en 1997 en la parte sur del golfo de California.....	22
Figura 4. Proporción de especies en la captura de camarón en 2014 en la parte sur del golfo de California.....	23
Figura 5. Captura por unidad de esfuerzo de la flota camaronera del sur del golfo de California en una temporada de pesca (2011-2012). Dividido por especie y el total (t/día/barco).	24
Figura 6. Coeficiente de capturabilidad mensual promedio de la flota pesquera de alta mar del sur del golfo de California. Temporada 2011-2012.	26
Figura 7. Número de embarcaciones de la flota industrial del camarón en la parte sur del golfo de California.....	26
Figura 8. Número de embarcaciones totales en operación por puerto en la temporada 2011-2012. Datos de monitoreo satelital.....	27
Figura 9. Capacidad de carga de la flota pesquera de alta mar en los principales estados productores en la parte sur del golfo de California.....	29
Figura 10. Longitud de eslora de la flota pesquera de alta mar en los principales estados productores en la parte sur del golfo de California.....	29
Figura 11. Antigüedad de la flota pesquera de altamar en los principales estados productores en la parte sur del golfo de California.	30
Figura 12. Zonas de pesca por mes de la flota camaronera de los puertos de Mazatlán, Guasave, Mochis y Guaymas, durante la temporada 2011-2012.....	32
Figura 13. Tasa de crecimiento en longitud del camarón (café, azul y blanco) de acuerdo con el modelo de Bertalanffy.....	33
Figura 14. Tasa de crecimiento en peso del camarón (café, azul y blanco) de acuerdo con el modelo de Bertalanffy.....	34

Figura 15. Biomasa de la población y la captura del camarón café (<i>Penaeus californiensis</i>) 2000-2014 en el sur del golfo de California.	35
Figura 16. Tendencia de la mortalidad por pesca F y la tasa de explotación E del camarón café en el período 2000-2014 en el sur del golfo de California.....	35
Figura 17. Biomasa de la población y la captura del camarón azul (<i>Penaeus stylirostris</i>) 2000-2014 en el sur del golfo de California.	36
Figura 18. Tendencia de la mortalidad por pesca F y la tasa de explotación E del camarón azul (período 2000-2014), en el Sur del golfo de California.....	37
Figura 19. Biomasa de la población y la captura del camarón blanco (<i>Penaeus vannamei</i>) 2000-2014 en el sur del golfo de California.	38
Figura 20. Tendencia de la mortalidad por pesca F y la tasa de explotación E del camarón blanco (período 2000-2014) en el Sur del golfo de California.....	38
Figura 21. Principales indicadores para cada especie bajo los diferentes escenarios de manejo. A) captura B) biomasa C) embarcaciones D) t/pescador.....	41
Figura 22. Rendimiento potencial para las tres especies que componen la pesquería en el sur del golfo de California a una edad de primera captura de 4 meses.	43
Figura 23. Rendimiento potencial para las tres especies que componen la pesquería en el sur del golfo de California a una edad de primera captura de 5 meses.	43
Figura 24. Rendimiento potencial para cada una de las tres especies de la pesquería de camarón del golfo de California en función del esfuerzo de pesca en días. Edad de primera captura $t_c = 4$	44
Figura 25. Rendimiento potencial para cada una de las tres especies de la pesquería de camarón del golfo de California en función del esfuerzo de pesca en días. Edad de primera captura $t_c = 5$	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de edad y crecimiento estimados para cada especie en el golfo de California.	15
Tabla 2. Datos de captura por especie y estados, en toneladas de peso vivo, pertenecientes a la parte sur del golfo de California. Información estadística por especie y entidad, obtenida mediante avisos de arribo de la página de CONAPESCA (http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad).	16
Tabla 3. Número de embarcaciones industriales dedicadas a la extracción de camarón registradas para los estados de Sinaloa, Sonora y Nayarit.....	17
Tabla 4. Captura por Unidad de Esfuerzo mensual de cada especie y estado productor en el sur del golfo de California. Temporada 2011-2012.	24
Tabla 5. Coeficiente de capturabilidad mensual promedio de la flota pesquera de alta mar del sur del golfo de California. Temporada 2011-2012.	25
Tabla 6. Escenarios de manejo actual y de simulación para las tres especies de camarón que componen la captura en la parte sur del golfo de California, bajo diferentes combinaciones de edad de 1era captura y mortalidad por pesca.	40
Tabla 7. Composición de la captura por zona de pesca. Tomada y editada de plan de manejo para la pesquería de camarón en el litoral del Pacífico mexicano	45
Tabla 8. Número de embarcaciones con permiso vigente en los 3 puertos pesqueros de mayor importancia en el sur del golfo de California (INAPESCA, 2012 y *CONAPESCA, 2014).....	48
Tabla 9. Peso y longitud de las tres especies de camarón que conforman el recurso, a la edad de captura actual y a la recomendada.....	55

RESUMEN

El camarón es el recurso pesquero más valioso del país. En el noroeste de México, se sostiene principalmente por tres especies: café *Penaeus californiensis*, azul *P. stylirostris* y blanco *P. vannamei*. El diagnóstico sugiere que el camarón azul y café se encuentran explotados a su máxima capacidad, pero el camarón blanco está agotado al punto de que su captura no sería redituable si no la subsidiara la explotación de las otras dos especies, además que esta pesquería se encuentra sobrecapitalizada. El objetivo del presente trabajo es evaluar las estrategias óptimas de explotación de las poblaciones de las tres especies de camarón capturado en el sur del golfo de California, para determinar el nivel de esfuerzo y edad de primera captura que produzcan los máximos volúmenes de captura, y el mayor beneficio social. La evaluación se realizó mediante el modelo de simulación de pesquerías (FISMO), el cual utiliza como datos de entrada los parámetros de crecimiento de la población, así como datos históricos de la captura. Se analizó el período de 2000 a 2014. Los resultados indican un aumento en las capturas en los últimos años y la proporción entre las especies se ha mantenido casi constante en los últimos 20 años. Las tasas de explotación rebasan ligeramente las tasas de reposición de biomasa de la población, por lo tanto el recurso ha sido temporalmente sobreexplotado, pero es estable. Se probaron dos escenarios de pesca, el rendimiento máximo sostenible (*RMS*) y el *RMS/pescador*. Se concluyó que, para el escenario de *RMS*, 1000 permisos de pesca por temporada cumplirían la mayoría de los requisitos para una pesca sostenible; en el segundo caso (*RMS/pescador*), al reducir el número actual de barcos a 425 (45% aproximadamente), se alcanzaría el objetivo requerido, pero sería necesario aumentar la edad de primera captura (*t_c*) de 4 a 5 meses para las tres especies. Bajo estas condiciones de pesca, aumentaría la biomasa de la población existente, así como las capturas de este recurso.

Palabras clave: Golfo de California – Modelo de simulación – Evaluación – Edad de primera captura – Mortalidad por pesca

ABSTRACT

Shrimp is the most valuable fish resource in the country. It is mainly supported by three species: brown *Penaeus californiensis*, blue *P. stylirostris* and white *P. vannamei*. The analysis suggests that the blue and brown shrimp are exploited to their maximum capacity, but the white shrimp is at the point that its capture is not profitable and it subsided by the exploitation of the other two species. In addition, this fishery is overcapitalized. In the present paper, the optimum exploitation strategies of the three shrimp species captured in the southern Gulf of California are evaluated to determine the level of effort and age of first catch producing the maximum catch volumes, and the highest social benefit. The evaluation was carried out using the Fisheries Simulation Model (FISMO), which uses the population parameters as well as historical catch data as input. A period of 15 years (2000-2014) was analyzed; the diagnosis shows an increase of catches in recent years and the proportion between species has remained almost constant in the last 20 years. The exploitation rates slightly exceed the replacement rates of biomass of the population; therefore, the stocks have been overexploited, but it is in a steady state. Two fishing scenarios were tested, the maximum sustainable yield (MSY) and the MSY/fisher. It is concluded that for the MSY scenario, 1000 permits per season would fulfill most of the requirements; in the second case (MSY/fisher), by reducing the current number of boats to 425, the required objective could be attained, in addition to increasing the age of first capture (t_c) from 4 to 5 months for all of the species. Under these conditions of fishing would increase the stock biomass of all of the populations, as well as the catches.

Keywords: Gulf of California – Simulation model – Evaluation – Age of first capture – Fishing mortality

1. INTRODUCCIÓN

Los camarones peneidos son crustáceos decápodos bentónicos muy importantes a nivel mundial por el valor que representa su producción. Ellos habitan los fondos blandos, son de tamaño grande a pequeño y presentan sexos separados. Su ciclo de vida es corto (1-2 años), muy fecundos (una hembra produce hasta 500,000 huevos), con tasas de crecimiento rápidas (alcanzan su madurez sexual a 4-5 meses) y su ciclo de vida está dividido por etapas que ocupan distintos hábitats.

Los adultos se encuentran en el fondo marino, donde estacionalmente se agregan para fecundar los huevos de las hembras y luego son liberados a la columna de agua. Los huevos y primeros estadios larvales son pelágicos y flotan en la columna de agua; sufre metamorfosis, el camarón azul y el blanco dependen de los sistemas estuarinos y lagunares en fases tempranas de su ciclo de vida (Lluch, 1974; Arosemena, 1976; Castro-Aguirre, 1976; Castro-Ortiz y Sánchez-Rojas, 1976). Este no es el caso estricto para el camarón café, considerado mayormente de hábitos marinos y sus juveniles raramente se encuentran dentro de las zonas lagunares (Rodríguez de la Cruz y Rosales, 1976; Holthuis, 1980). En estos lugares de crianza se desarrollan hasta pre-adultos y migran con las mareas lunares hacia alta mar donde terminan su ciclo de madurez y ocurre la reproducción.

Las especies de ciclo de vida corto son muy sensibles a los cambios ambientales y reflejan una gran plasticidad adaptativa observada en su alta variabilidad reproductiva en función del ambiente. Las principales variables ambientales que afectan el desempeño reproductivo en peneidos y reflejado en la producción total del camarón por temporada son la temperatura, precipitación, salinidad y la producción primaria (Díaz del León, 1993; Del Valle y Martín, 1995; Cervantes-Hernández *et al.*, 2008).

1.1. Situación mundial de las pesquerías

Los mares y océanos del mundo están en riesgo debido a la sobrepesca de especies de gran importancia comercial: 80 por ciento de las pesquerías están en algún grado de riesgo por la actividad humana, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas

para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés). De este porcentaje, 52 % están totalmente explotadas, 19 % sobreexplotadas, 8 % agotadas y sólo el 1% están recuperándose de la sobreexplotación (FAO, 2014).

1.2. Las pesquerías mexicanas

La CNP tuvo su primera edición en el año 2000, cuando incluyó información sobre 250 especies y mostró que el 31% de las pesquerías tenían potencial para ser desarrolladas, mientras que el 50% estaban en un grado de explotación máximo, y el 19% restante se encontraba sobreexplotados. Diez años más tarde, la CNP incluyó casi el doble de especies (477) mostrando que sólo el 16% de las pesquerías tenían potencial de desarrollo, mientras que 67% se encontraban a su máxima capacidad y 17% estaban sobreexplotadas.

Estos organismos presentan un gran interés comercial a nivel mundial debido a que puede alcanzar precios muy altos en el mercado internacional, lo que incentiva a que los países desarrollen rápidamente su pesquería. La pesquería del camarón representa la actividad pesquera más importante del país. Del total nacional representa el primer lugar en infraestructura (v.gr. embarcaciones registradas y longitud de atraque de los puertos pesqueros nacionales, siendo Mazatlán el más importante), en valor de la producción pesquera nacional y tercer lugar en volumen de producción pesquera, primer lugar en valor de exportaciones de productos pesqueros y cuarto en volumen de exportación de productos pesqueros.

La producción de camarón por pesca y acuicultura en el mundo es alrededor de 6 millones 400 mil toneladas de camarón entero y representa divisas superiores a los 20 mil millones de dólares anuales (FAO, 2014). En México, el camarón es uno de los recursos pesqueros más importantes. En el 2012 se desembarcaron 61,531 toneladas de camarón. La producción de camarón silvestre presentó una tasa media de crecimiento anual del 0.71% de 1998 al 2012; por su nivel de producción (peso vivo) destacaron Sinaloa con 19,533 toneladas y Sonora con 9,300 toneladas, (SAGARPA, CONAPESCA 2012).

1.3. La pesca del camarón del golfo de California

El aprovechamiento de la pesquería de camarón está regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SAG/PESC-2013, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Entre las medidas reglamentadas actuales se consideran la aplicación de vedas temporales y espaciales, restricción del esfuerzo y reglamentación de artes de pesca.

La producción pesquera de camarón en el Pacífico Mexicano (1990-2013) es la más importante a nivel nacional, el litoral del Pacífico representa el mayor volumen de captura nacional (86%) y dentro de esta, el golfo de California equivale al 80% del volumen total nacional (CONAPESCA, 2013). Para el 2013 la producción total de camarón para el golfo de California fue de 74,000 toneladas (sin contar la producción acuícola) donde el estado de Sinaloa representó el 56% del total de la producción seguido de Sonora con el 25% (CONAPESCA, 2014).

La pesquería de camarón en el Pacífico mexicano se sostiene principalmente en cuatro especies de camarones peneidos, denominados comúnmente: café *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900), azul *Penaeus stylirostris* (Stimpson, 1874), blanco *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) y rojo o cristal *Penaeus brevisrostris* (Kingsley, 1878). La especie más abundante es el camarón café y se distribuye en todo el Pacífico mexicano; le siguen en abundancia el camarón azul, concentrado en la costa este de la península de Baja California, Sonora y Sinaloa; del sur de Sinaloa hasta el golfo de Tehuantepec, lo sustituye en abundancia el camarón blanco; mientras que el camarón rojo aparece en menor proporción en todas las zonas al sur del Río Piaxtla en Sinaloa. La pesquería industrial de camarón llevada a cabo en el golfo de California es de las más importantes de México y por su abundancia y valor comercial destacan las especies de *P. stylirostris*, *P. vannamei* y *P. californiensis* (camarón azul, blanco y café respectivamente), generando un elevado beneficio social y económico. Esta región se caracteriza por presentar importante infraestructura pesquera, principalmente en los puertos de Guaymas en Sonora y Topolobampo y Mazatlán en Sinaloa, siendo éste último el más importante del país para la pesquería de camarón.

El camarón en el golfo de California es la pesquería más importante en México en términos de ingresos y empleo. Representa casi el 40% del valor total de la producción pesquera nacional, con ingresos de más de US 132 millones por temporada y genera más de 30,000 empleos directos e indirectos. Hoy en día, dos flotas dependen de este recurso, una que opera botes pequeños (pangas) en lagunas costeras y aguas poco profundas, y otra, totalmente industrializada, compuesta por barcos de arrastre que trabajan sobre la plataforma continental. La pesquería de camarón comenzó en 1921 y se industrializó a fines de la década de 1930 (López-Martínez *et al.*, 2001). El golfo de California también alberga el 90% de la industria camaronera y actualmente produce alrededor del 40% del tonelaje nacional de camarón.

La pesquería del camarón es también la más controvertida y problemática del país. Existe un fuerte debate sobre el nivel de explotación y los efectos presentes y potenciales sobre el ecosistema, principalmente debido a los altos niveles de esfuerzo y sobre capitalización de la industria, detectados desde principios de la década de 1970 (Lluch-Belda, 1974). Por otro lado, esta pesquería aún representa la principal fuente de ingresos para muchas comunidades costeras en los alrededores del golfo, y ha estado estrechamente asociada con el desarrollo regional del golfo de California durante varias décadas. En esta zona el estado de la pesquería de camarón azul y café se encuentra explotado a su máxima capacidad permisible, en tanto que el camarón blanco se encuentra sobre explotado (CONAPESCA, 2014).

La pesquería del camarón del Pacífico y del golfo de California en particular, son las más importantes para México desde el punto de vista económico, por la alta cotización del camarón en el mercado internacional, a pesar de que su volumen de captura no es tan alto. Sin embargo, estas pesquerías presentan síntomas de sobre capitalización, competencia entre el sector privado y social por el recurso, así como una tendencia a la disminución en el volumen de las capturas. Esto último puede deberse a la sobrepesca de reclutas, por lo que para la administración de las pesquerías sería indispensable la obtención de Puntos de Referencia. Un Punto de Referencia es definido como un valor convencional, derivado del análisis técnico, que representa el estado de la pesquería o de la población y cuyas características se cree que puedan ser útiles para la ordenación

y manejo de la unidad poblacional (stock) y que puede ser definido con base en las características biológicas o económicas de la pesquería.

El punto de referencia objetivo (PRO) de la pesquería mexicana es el máximo rendimiento sostenible (MRS) usando como variable estado la abundancia relativa y la biomasa de la población, como variable control el esfuerzo pesquero, y bajo el supuesto de una tasa de explotación constante al 50% de la biomasa virgen. Las estrategias de manejo para conseguir el PRO que se plantean son vedas, restricción de áreas de pesca entre flotas, magnitud del esfuerzo, tasas de explotación óptimas, y usar modelos que involucren el análisis de vulnerabilidad de tallas como son los modelos rendimiento por recluta y estructurado por edades.

2. ANTECEDENTES

Las tres especies habitan en la plataforma continental asociados a sustratos blandos (Brusca y Hendrickx, 2008). El camarón azul y el blanco. El camarón azul y el blanco dependen de los sistemas estuarinos y lagunares en fases tempranas de su ciclo de vida. Este no es el caso estricto para el camarón café, considerado de hábitos mayormente marinos y sus juveniles raramente se encuentran dentro de las zonas lagunares (Rodríguez de la Cruz y Rosales, 1976).

La dominancia ecológica por especie y hábitat (Lluch, 1982) muestra que el camarón azul domina en aguas protegidas con salinidades altas o superiores al promedio marino (35 psu), pudiendo disminuir esporádicamente debido a descargas de agua dulce continentales. Este hábitat es típico de aguas marinas ligadas a climas desérticos y semidesérticos en el golfo de California, como son los estados de Baja California, Sonora y norte de Sinaloa, pero se observa que su abundancia cae drásticamente a partir del sur de Sinaloa hasta Tehuantepec, donde domina el camarón blanco. El camarón blanco es dominante en las aguas protegidas de baja salinidad permanente o estacional, que responden al ciclo de lluvias, desde el sur de Sinaloa hasta Guatemala (Hernández-Covarrubias *et al.*, 2012). En las aguas protegidas del norte y centro de Sinaloa confluyen las dos especies, dominando hacia el norte el azul y al sur el blanco. La especie marina dominante en los fondos fuera de las bocas y las lagunas costeras es el camarón café (Chapa-Saldaña, 1966; Soto, 1969; Lluch-Belda *et al.*, 1972; Soto y Bush, 1975).

Se han realizado diversos estudios en aspectos relacionados al ciclo de vida de los camarones peneidos del Pacífico mexicano, que incluyen reproducción, migración, reclutamiento y crecimiento. Entre los trabajos más destacados se encuentran estudios sobre la biología de camarones en la laguna de Huizache-Caimanero, así como en esteros y lagunas del sur de Sinaloa (Chapa-Saldaña, 1966; Soto, 1969; Lluch-Belda *et al.*, 1972; Soto y Bush, 1975); análisis poblacionales de camarón blanco en lagunas del sur de Sinaloa (Chapa-Saldaña y Soto-López, 1969; Edwards, 1978); y de migración de postlarvas en el sur de Sinaloa (López, 1967; Cabrera, 1970; Macías-Regalado, 1973; Ortega y Núñez, 1974). En los trabajos de ecología y hábitos de los camarones realizados por Loesch (1980), Grijalva-Chon y Barraza-Guardado (1992), Romero-Sedano *et al.*

(2004) y Valenzuela-Quiñones (2007) obtuvieron resultados que pusieron en evidencia la preferencia de camarones adultos y maduros al interior de las lagunas de Sonora.

Del Valle-Lucero y Martín (1995), describieron la ecología de los peneidos para las especies que requieren de los sistemas estuarinos para crecer. Aunque esta es aplicable para los sistemas estuarinos con conexión efímera al mar y circulación positiva (Kjerfve, 1986; Bernard y Froneman, 2005). En lagunas de zonas áridas, con comunicación permanente al mar y características anti-estuarinas, los camarones peneidos presentan un ciclo de vida que difiere en algunos aspectos ecológicos (Romero-Sedano *et al.*, 2004). Estos sistemas son los más comunes en la región noroeste del golfo de California (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004). Meraz-Sánchez, Ruiz-Luna y Madrid-Vera 2006, realizaron un análisis de modelación espacial para la pesca industrial de camarón en el golfo de California con aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), utilizaron como base la información oficial del sector Pesca, con el fin de contribuir con información de utilidad para programas de manejo y conservación del recurso. Obtuvieron como resultado la evidencia de que la mayor parte del golfo se encuentra dentro de la categoría de sobreexplotación. La zona con mayor frecuencia de alto riesgo se ubica al sur, donde la abundancia relativa del camarón café es más baja.

Chávez (2004), analizó datos de captura de la población de camarón del Pacífico mexicano en un contexto histórico y reconstruyó la estructura por edades a partir de un análisis de pseudo-cohortes y de un modelo de simulación que considera explícitamente la estructura por edades de la población a través del tiempo. Al comparar la tendencia histórica de la captura con los índices de cambio climático, particularmente con el de Oscilación Decadal del Pacífico y con el de la Oscilación del Sur (indicador del fenómeno de El Niño), encontró que este último tiene correlación positiva con las desviaciones normales de la captura y por lo tanto, muchos de los cambios no explicados de la sucesión de temporadas de captura buenas y malas, obedecen en gran medida a los fenómenos climáticos.

Chávez *et al.*, (2004) evaluaron la tasa de crecimiento del camarón azul con la estimación de los parámetros de crecimiento de la ecuación de Bertalanffy (L_{∞} , K y t_0), mediante la aplicación de los métodos ELEFAN I y NSLCA, con el cual determinaron el nivel de

mortalidad por pesca ($F = 1.5$, total por seis meses) y edad de primera captura ($t_c = 4$ meses) para obtener rendimientos máximos de 1200 t, en el punto de referencia límite de la pesquería.

Madrid-Vera *et al.*, (2004) analizaron 1955 lances realizados en el norte de Nayarit y la plataforma de Sinaloa del verano de 1992 al verano de 2004. Con las tendencias centrales por año los modelos de biomasa dinámica indicaron que la capacidad de carga fue cercana a las 4,200 toneladas, su máximo rendimiento de 1,700 toneladas, pero es superado por la mortalidad por pesca efectuada.

2.1. La pesquería en el sur del golfo de California

El volumen de captura nacional promedio en mar abierto es del 63% y en aguas protegidas del 27%, tendencia que se mantiene por cada litoral. Si se agrega el volumen promedio de captura por acuacultura, ésta supera a las otras dos: 43% por acuacultura, 36% de mar abierto y 21% de aguas protegidas a nivel nacional (CONAPESCA, 2013). Las series más completas (1954-2014) pertenecen a la captura de la flota industrial con un promedio histórico anual de $\approx 42,000$ toneladas, siendo superado desde el año 2000 por los volúmenes de cultivo de camarón con un promedio de $\approx 50,000$ toneladas. El volumen de captura en esteros y bahías presentó un volumen promedio menor ($\approx 25,000$ toneladas) (CONAPESCA, 2013).

La producción pesquera de camarón en el Pacífico Mexicano (1990-2013) es la más importante a nivel nacional, produciendo el 86% del volumen total nacional y dentro de este, la del golfo de California, que equivale al 80% del volumen total nacional (CONAPESCA, 2013). El promedio anual (1990-2013) de captura en el Pacífico mexicano para la flota de alta mar es de 32,200 t y para esteros de 17,900 t. Dentro del volumen de producción estatal promedio para el litoral del Pacífico la flota de alta mar del estado de Sinaloa presentó la mayor producción (15,000 t/año) seguido de Sonora (11,000 t/año).

La especie dominante en las capturas de alta mar es del camarón café en todo el golfo de California incluyendo la costa occidental de BCS. Se tienen registros que hacia el sur de Sinaloa el camarón blanco puede llegar a ser la especie dominante en las capturas

industriales (Núñez *et al.*, 1951) y en Sinaloa centro el camarón azul puede dominar las capturas industriales (INP, 2014).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayor parte de las pesquerías en México se encuentran en un grado de explotación máximo (50 %) y sobre explotadas (19 %) provocado por la actividad humana y el número de pesquerías sobreexplotadas sigue en aumento (CNP, 2010).

La pesquería del camarón en México es una de las más importantes del país, ocupando el primer lugar en cuanto a su valor y el cuarto lugar en cuanto a su volumen (CONAPESCA, 2013). Se compone principalmente de 3 especies: camarón café, camarón azul y camarón blanco, en cuanto a la situación actual de la pesquería el diagnóstico menciona que tanto el camarón azul y el camarón café se encuentran explotados a su máxima capacidad y el camarón blanco severamente sobreexplotado, esto debido a la competencia que existe entre el sector social y el sector privado. El golfo de California es una de las mayores zonas de pesca de camarón; sin embargo, la pesquería se encuentra sobrecapitalizada y la capacidad de captura de la pesquería ha rebasado las tasas de crecimiento intrínseco de las poblaciones de camarón propiciando su sobreexplotación (Plan de Manejo para la Pesquería de Camarón en el Litoral del Océano Pacífico Mexicano, CONAPESCA 2004).

4. JUSTIFICACIÓN

Los recursos vivos son limitados pero renovables, y la evaluación de los stocks puede ser descrita como la búsqueda de aquellos niveles de explotación que proporcionen a largo plazo el máximo rendimiento en peso y valor de la pesquería.

Como ya se había mencionado anteriormente, la pesquería se encuentra aprovechada a su máximo rendimiento, sustentable para el caso del camarón azul y café y severamente sobreexplotada para el caso del camarón blanco y la presión de pesca dirigida a este recurso se mantiene constante, lo que puede jugar un factor importante en el deterioro a futuro de la población de esta última especie, de gran importancia en la zona sur.

El estado de la población de este recurso está en constante cambio y es necesario actualizar la información sobre su explotación por parte de la actividad pesquera. El proponer escenarios de manejo para los recursos pesqueros implica como requisito de evaluar estrategias óptimas de pesca: determinar la edad de primera captura y determinar el esfuerzo de pesca que produzcan los más altos rendimientos en biomasa (RMS), las utilidades más altas de toda la flota o los beneficios económicos más altos por pescador.

5. HIPÓTESIS

Dado que la flota camaronera de alta mar en el sur del golfo de California se encuentra a su máxima capacidad, se considera que el recurso está aprovechado al máximo nivel, por tanto, un aumento en la presión de pesca podría provocar la sobreexplotación del recurso.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar las estrategias óptimas de explotación de las poblaciones de las 3 especies (*P. vannamei*, *P. stylirostris* y *P. californiensis*) de camarón capturado en la parte sur del golfo de California.

6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la flota pesquera de camarón de alta mar de los principales puertos en la zona sur del golfo de California.

Para cada especie:

- Determinar el nivel de esfuerzo y la edad de primera captura que permitan obtener los máximos volúmenes.
- Determinar los niveles de explotación que produzcan el mayor beneficio social (toneladas por pescador).
- Proponer escenarios de manejo para la pesquería de camarón.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Área de estudio

El golfo de California (Figura 1) es un mar marginal que establece comunicación con el Océano Pacífico a través de una boca de 220 km de ancho, tiene una longitud aproximada de 1 100 km (Roden y Emilsson, 1979). Se localiza entre los 20° y 32° de latitud norte y los 105.5° y 114.5° de longitud oeste en el Pacífico Oriental, y se encuentra orientado en una dirección Noroeste (NO) – Sureste (SE). El golfo de California está situado entre la Península de Baja California al Oeste y las costas de Sonora y Sinaloa al Este, al norte limita con la desembocadura del río Colorado y al sur con una línea imaginaria desde la península de California hasta Cabo Corrientes en Jalisco, México.

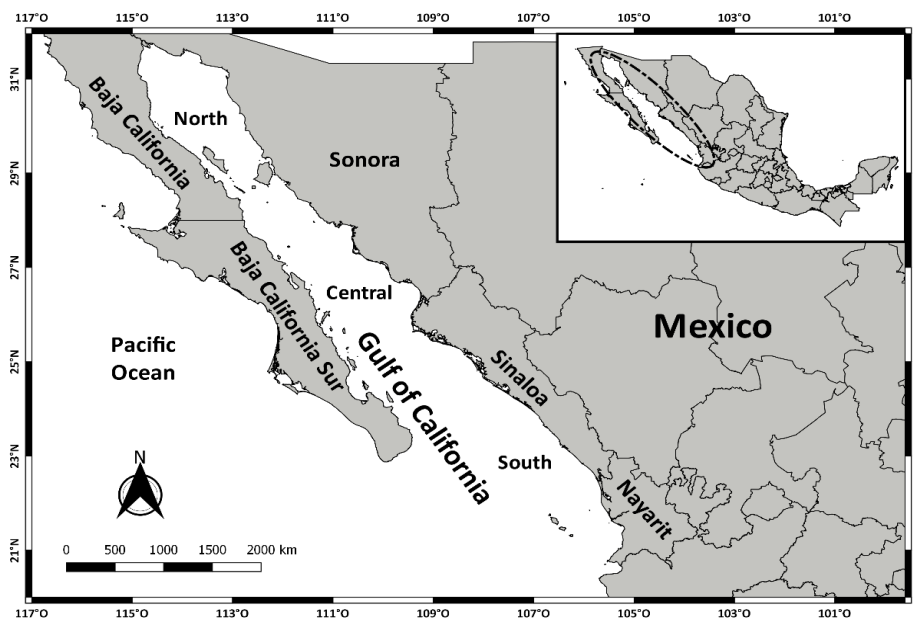


Figura 1. Área de estudio. Se delimitan las partes norte, centro y sur del golfo de California.

7.2. Evaluación del stock

La evaluación de las poblaciones explotadas se realizó utilizando datos de capturas de las 3 especies más importantes y con mayor abundancia en la zona. La mayoría de los valores de los parámetros de la población fueron tomados de trabajos publicados realizados sobre estas especies. Los cambios en la biomasa de la población a través del

tiempo se determinaron mediante el uso de los datos de captura, con base en los registros del anuario nacional de pesca 2005-2014 (CONAPESCA), la NOAA y la FAO desde 1950 a 2009 con ayuda del modelo de simulación de pesquería FISMO (Chávez, 2005, 2014). Un aspecto que debe mencionarse de estas fuentes de datos es que en muchos casos el nombre común pertenece a una sola especie, pero en muchos otros el nombre común pertenece a un gremio y por lo tanto se asignaron los nombres de las más comunes del grupo.

Las estimaciones de la tasa de crecimiento, relación peso-longitud y mortalidad natural son necesarios para transformar los datos de captura obtenidos, en número de organismos por edad, con la ayuda de los valores de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy y de la ecuación alométrica que define la relación peso-longitud; y sirvieron para alimentar el modelo de simulación.

Los parámetros de la población, junto con los datos de captura fueron analizados con la ayuda del modelo de simulación FISMO (Chávez 2005, 2014). El modelo de simulación reconstruye la estructura de edades en el tiempo, lo que permite simular escenarios de explotación bajo diferentes combinaciones de intensidades de pesca y edad de primera captura para maximizar la biomasa, la captura y las utilidades. Para este propósito, los procedimientos analíticos que se adoptan los conceptos y puntos de vista de Chávez (1996; 2005; 2014) y Grafton *et al.* (2007).

Una vez conocidos los datos de captura y número por grupo de edad, se hicieron estimaciones de la composición por edades de la captura. La mortalidad total (Z_t), fue determinada con el modelo de decaimiento exponencial como:

$$N_{a+1} = N_a \cdot e^{(-z_t)}$$

Donde N_{a+1} es el número de individuos de la edad de $a+1$ y N_a es el número de individuos de edad a en los grupos de edad y reconstruidas utilizando la regresión potencial para la estimación de los parámetros a y b como:

$$P = aL^b$$

La

edad máxima usualmente se obtiene de artículos publicados sobre estas especies y en la mayoría de los casos a través del modelo de crecimiento de von Bertalanffy mediante el uso de la longitud asintótica (L_∞) y la longitud máxima registrada (L_{max}). En los grupos de edad explotados se añade la mortalidad por pesca (F) a la M , de modo que $Z = M + F$. Para el ajuste de las variables del estado inicial, la abundancia por clase de edad ($N_{a,y}$) se define mediante el uso de la abundancia por edad N_a/N_a obtenida de la ecuación.

En los años siguientes, la estructura de edades fue definida después de la estimación de la cantidad de camarones de un mes de edad, llamados aquí reclutas, con el modelo de reclutamiento de Beverton y Holt (1957). Estos valores se utilizaron para calcular la captura por edad según lo propuesto por Sparre y Venema (1992) y que se han integrado en el modelo de simulación FISMO (Chávez 2005, 2014).

$$Y_{a,y} = N_{a,y} \cdot W_{a,y} \frac{F_t}{(F_t + M)} (1 - e^{-(F_t + M)})$$

Donde $Y_{a,y}$, es la captura de cada edad; $N_{a,y}$ es el número de camarones a la edad a en el año y ; $W_{a,y}$ es el peso de los camarones equivalente a, $N_{a,y}$; F y M se describieron en el párrafo anterior. Dadas las condiciones iniciales establecidas, los valores de $Y_{a,y}$, se ajustaron mediante la variación del número inicial de reclutas y fueron vinculadas a las ecuaciones descritas anteriormente hasta cumplir la condición de la ecuación siguiente:

$$\sum_a^{\lambda} Y_{a,y} = Y_{y(REC)}$$

Donde $Y_{y(REC)}$ es la producción registrada durante el año y , a = edad de primera captura años, y $t\lambda = 3/K$ o longevidad, donde K es la constante de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, por ejemplo, $t\lambda = 5$ años, un valor encontrado suponiendo que una esperanza de vida razonable (L_{max}) es cuando el 95% de la población alcanza 95% de

L_{∞} , la longitud asintótica. Por lo tanto, haciendo $L_{max} = 0.95 L_{\infty}$ en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y al encontrar el valor respectivo de t , se encuentra el valor de la longevidad. Sin embargo, en la simulación, el modelo considera hasta 20 grupos de edad. La ecuación de captura fue aplicada para cada año en la serie de tiempo analizado. Para la estimación de la mortalidad natural (M), se adoptó el criterio propuesto por Jensen (1996, 1997), donde $M = 1.5K$. Las estimaciones de la biomasa de la población y la tasa de explotación $E = [F / (M+F)]$ se hicieron para cada clase de edad en cada campaña de pesca con ayuda del modelo. Estos valores se compararon con el valor de E en el máximo nivel de rendimiento sostenible (F_{MSY}). A continuación, se hizo un diagnóstico de los años en que las poblaciones hayan sido sobre explotadas, proporcionando una manera para hacer recomendaciones a un nuevo aumento o disminución de la F en la pesquería.

7.3. Datos de entrada

7.3.1. Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento se obtuvieron de una revisión bibliográfica sobre trabajos realizados en relación a edad y crecimiento de las especies que componen la pesquería de camarón en la parte sur del golfo de California.

Los camarones peneidos son altamente estudiados por su gran importancia tanto ecológica como económica, por lo tanto el número de trabajos realizados sobre su edad y crecimiento en la zona de estudio es considerable por lo que nos dimos a la tarea de elegir los variables de acuerdo a varios criterios, entre ellos se encuentran considerar los trabajos más recientes así como los que han tenido mayor impacto en la comunidad científica de esta manera podemos tener una mayor precisión sobre el comportamiento en cuanto a su crecimiento.

Los parámetros de edad y crecimiento fueron obtenidos en el golfo de California (Tabla 1). Para el caso del camarón blanco únicamente se cuenta con los trabajos publicados por Chávez (1973) Romero-Moreno (2009) y Aranceta (2016) que incluye a todas las edades del camarón; otros trabajos abarcan únicamente el crecimiento en lagunas o en alta mar.

Tabla 1. Parámetros de edad y crecimiento estimados para cada especie en el golfo de California.

Especies	W (g)	L (mm)	K	t ₀	a	b	M(meses) *	Reference
<i>P. vannamei</i>	107	230	2.76	0.29	2.47E-07	3.65	0.3456	Chávez, 1973, Aranceta, 2016 Castro-Ortiz y Sánchez-Rojas, 1976 López Martínez <i>et al.</i> , 2005
<i>P. stylirostris</i>	190	242	2.56	0.3	6.99E-07	3.46	0.29875	
<i>P. californiensis</i>	220	242	2.23	0.14	3.27E-06	3.18	0.3125	Chávez y Rodríguez, 1971 López-Martínez, 2000

*calculado usando el modelo FISMO

La edad de primera captura y edad de madurez sexual para las tres especies es de cuatro meses.

7.3.2. Datos de captura

Los datos de captura anual para las especies que componen el recurso camarón fueron obtenidos de los registros de las estadísticas de pesca (avisos de arribo) los cuales se encuentran disponibles en la página oficial de CONAPESCA en el apartado información estadística por especie y entidad. Cabe mencionar que en ésta solo se cuenta con información a partir del año 2006 hasta 2014, por lo cual para obtener la información anterior faltante (2000-2005) se utilizaron los datos de la captura total del recurso camarón para estos estados disponible en el anuario estadístico de pesca y acuacultura (1997-2013); en el caso de los años en que coincidían los valores, se obtuvo la proporción que ocupaba cada especie de la captura total, se tomó el promedio de esa proporción y se estimó la captura para los años faltantes. De esta manera se obtuvo la base de datos necesaria para ajustar el modelo (2000-2014), esto se realizó en una hoja de cálculo Excel (Tabla 2). Cabe destacar los datos obtenidos son exclusivamente para la zona del sur del golfo de California, que incluye los estados de Nayarit, Sinaloa y la parte sur de Sonora.

Tabla 2. Datos de captura por especie y estados, en toneladas de peso vivo, pertenecientes a la parte sur del golfo de California. Información estadística por especie y entidad, obtenida mediante avisos de arribo de la página de CONAPESCA (http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad).

Estado	Año	Camarón blanco	Camarón azul	Camarón café	Total
Nayarit	2006	63.2	37.3	34.2	134.7
	2007	34.7	13.1	41.1	88.9
	2008	59.9	9.3	10	79.2
	2009	24.3	11.4	10.7	46.4
	2010	42.6	15.9	34.4	92.9
	2011	18.9	15.9	13.1	47.9
	2012	18.4	10.5	11.3	40.2
	2013	4526.3	37.3	589.1	5152.7
	2014	4526.5	26.3	497.8	5050.6
Sonora	2006	0	2618.4	4994.6	7613
	2007	0	1307.7	4102	5409.7
	2008	5.1	2302	2329.5	4636.6
	2009	0	3315.1	4746.9	8062
	2010	0.3	3111.2	4666.9	7778.4
	2011	3.3	4216.6	3602.1	7822
	2012	14.1	5311	2973.2	8298.3
	2013	2.9	3798.1	3513	7314
	2014	5.3	3673.1	3986	7664.4
Sinaloa	2006	7.8	1840	279.9	2127.7
	2007	207.1	1675.9	1543.4	3426.4
	2008	15.2	6299.3	1388.4	7702.9
	2009	155.6	5812.8	1388.4	7356.8
	2010	151.4	6401.4	7457.5	14010.3
	2011	1998.5	17520.6	4253.6	23772.7
	2012	452.9	7999.8	5032.9	13485.6
	2013	1873	14772.5	11911.4	28556.9

2014	1566.6	11912.5	11482.8	24961.9
------	--------	---------	---------	---------

7.3.3. Captura por unidad de esfuerzo

De acuerdo a los datos de monitoreo satelital de la temporada de pesca 2011-2012 se pudo obtener el número real de embarcaciones que realizan arrastre mes a mes (con el supuesto de que cada embarcación opera en promedio 20 días mensuales), además del número de días totales de pesca mensual durante toda la temporada. Y gracias a los datos obtenidos de avisos de arribo mensual de estas embarcaciones en la misma temporada, se calculó la captura por unidad de esfuerzo mensualmente para cada una de las especies que componen la captura de este recurso. Al tomar en cuenta que se trata de una pesquería multi-específica, donde el mismo número de embarcaciones se dedica a la extracción de las tres especies que son objetivo de análisis en este estudio, se tomó la proporción en la captura, ya calculada anteriormente para saber con mayor certeza el número de días correspondiente a cada especie.

7.3.4. Número de embarcaciones

La flota industrial, flota de altura o flota de alta mar (Tabla 3), explota el componente de pre-adultos y adultos en aguas abiertas, emplean embarcaciones mayores con más de 10 m de eslora, con autonomía de hasta 40 días en el mar y usan como arte de pesca las redes de arrastre que emplean sobre el fondo marino extrayendo el camarón y otras especies no objetivo denominadas colectivamente fauna de acompañamiento (FAC).

Tabla 3. Número de embarcaciones industriales dedicadas a la extracción de camarón registradas para los estados de Sinaloa, Sonora y Nayarit.

AÑO	SONORA	SINALOA	NAYARIT	TOTAL
2000	615	761	18	1394
2001	622	775	18	1415
2002	625	776	20	1421
2003	613	788	21	1422
2004	616	785	21	1422

2005	568	764	20	1352
2006	521	767	20	1308
2007	511	752	20	1283
2008	511	752	20	1283
2009	484	718	18	1220
2010	454	682	16	1152
2011	441	672	16	1129
2012	441	668	16	1125
2013	281	469	5	755

7.3.5. Caracterización de la flota pesquera

Con el fin de apoyar la construcción de cada unidad representativa para cada puerto, basada en la identificación de barcos camaroneros con características similares, se usó la información oficial publicada por la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA 2004, 2014), específicamente de los anuarios estadísticos de acuicultura y pesca. Además, se utilizó información más detallada y específica de la flota (Raúl Villaseñor, CONAPESCA) como por ejemplo el año de construcción de la embarcación, eslora, potencia, capacidad de bodega, tonelaje bruto y neto, entre otras.

Para poder determinar con mayor precisión las zonas de pesca de la flota y con el objetivo de saber el número real de embarcaciones operando en cada mes de una temporada de pesca (septiembre-marzo), se utilizaron datos de monitoreo satelital de la flota pesquera industrial (CONAPESCA).

Para analizar esta información se utilizó la hoja de cálculo de Excel donde se realizaron tablas dinámicas de los datos de monitoreo satelital, con la finalidad de lograr su depuración mediante diversos criterios: puertos pesqueros, velocidad de arrastre de las embarcaciones y profundidad.

7.3.6. Coeficiente de capturabilidad

En este apartado se calculó el coeficiente de capturabilidad anual por especie de la flota pesquera de alta mar de la parte sur del golfo de California. Al tener registro de capturas desde el año 2000 al 2014, las estimaciones se realizaron durante este periodo. Así mismo, mediante datos de monitoreo satelital de la flota pesquera de alta mar de la temporada 2011-2012, y datos de captura mensual, se realizó el cálculo mensualmente para este periodo.

La capturabilidad q es una variable que refleja la eficiencia de una pesquería cualquiera y su magnitud cuantitativa, relaciona a la abundancia de la biomasa con la eficiencia de la captura (Arreguín-Sánchez, 1996). La q se ha considerado en las ciencias pesqueras como un parámetro en la ecuación de la captura que relaciona el esfuerzo de pesca con la abundancia de la población:

$$C = FN \therefore C = qsEN \therefore U = C/E = qsN$$

Donde C – captura, s – selectividad, q – capturabilidad, E – esfuerzo, N – tamaño de población o biomasa.

La capturabilidad se define como una medida de interacción entre el esfuerzo pesquero y la abundancia del recurso (Arreguín-Sánchez, 1996). Otros autores la definen como la fracción promedio de la población total que es capturada por unidad de esfuerzo pesquero (Lluch, 1977); también la definen como la proporción de individuos en el área de pesca “A” removidos por el arte de pesca en un área “a” con una eficiencia “c”, siendo:

$$q = c(a/A)$$

Esta relación no toma en cuenta el comportamiento de la población o la estrategia de pesca, de tal modo que la capturabilidad se definiría mejor como la mortalidad por pesca por unidad de esfuerzo o unidad de intensidad de pesca:

$$F = q * E \therefore q = F/E$$

Donde F : mortalidad por pesca; q : capturabilidad, E : esfuerzo pesquero.

7.3.7. Zonas de pesca

Los datos de monitoreo satelital de las embarcaciones pesqueras permitieron determinar con mayor precisión las zonas de pesca. Los datos se obtuvieron de los registros del programa de monitoreo satelital de las embarcaciones camaroneras realizados por la comisión nacional de acuacultura y pesca (CONAPESCA) de la temporada 2011-2012, que inicia al concluir la veda en el mes de septiembre del 2011 y finaliza en el mes de marzo de 2012. Estos datos se depuraron inicialmente por puerto pesquero para de esa forma poder obtener únicamente los de la parte sur del golfo de California. La siguiente depuración se realizó por velocidad de arrastre, ya que, de acuerdo a la literatura, las embarcaciones realizan arrastres con una velocidad de 2-3.5 nudo. Posteriormente con ayuda del programa Surfer, se crearon los mapas mensuales.

8. RESULTADOS

8.1. Datos de entrada

8.1.1. Comportamiento de las capturas

En la figura 2 se observa el comportamiento de la captura por especie en el sur del golfo de California, estos datos fueron obtenidos mediante los avisos de arribo de CONAPESCA.

Las especies con mayor abundancia son el camarón café y azul, las cuales tienen capturas muy similares que entre los años 1997-2005, oscilaron entre 4000-8000 toneladas anuales, mientras que la del camarón blanco no rebasó las 2000 toneladas anuales. En el año 2006 la captura de camarón disminuyó tanto para el azul como para el café sin embargo, la de camarón blanco tuvo un ligero aumento. En el siguiente periodo hasta el 2009, las capturas se mantuvieron estables; a partir del 2010 aumentan de nuevo el camarón café y azul, mientras el blanco es insignificante en la captura. A partir de este año la captura de este recurso comienza a aumentar hasta llegar a su punto máximo en el 2013 con alrededor de 36,000 toneladas, mientras que el año 1997 solo se registraron alrededor de 7,000 toneladas en total. De manera general, se observa que cuando hay un decremento en la captura de una especie, aumenta la captura de las otras. Esto podría reflejar ser el resultado de aumentos en el esfuerzo pesquero, ya que no es una pesca dirigida a una sola especie y las mismas embarcaciones se dedican a la extracción en general del recurso que al ser especies con hábitat muy similares tiene la misma respuesta ante las artes de pesca.

En las figuras 3 y 4 se observa la proporción que ocupa cada especie de camarón en la captura total en el sur del golfo de California en los años 1997 y 2014 respectivamente. En ellas se observa un comportamiento similar, donde el camarón café es el que ocupa la mayor proporción durante este periodo con 47% en 1997 y 48% en 2014, seguido por el camarón azul con 44% en 1997 y 34% en 2014; esto indica una disminución del 10 %. Finalmente, el camarón blanco sigue teniendo menor representatividad en ambos periodos, aunque sus proporciones se duplicaron en el tiempo. Por estas tendencias, se

considera que en general, la captura de estas especies en cuanto a su proporción no ha sufrido grandes cambios en los últimos 17 años.

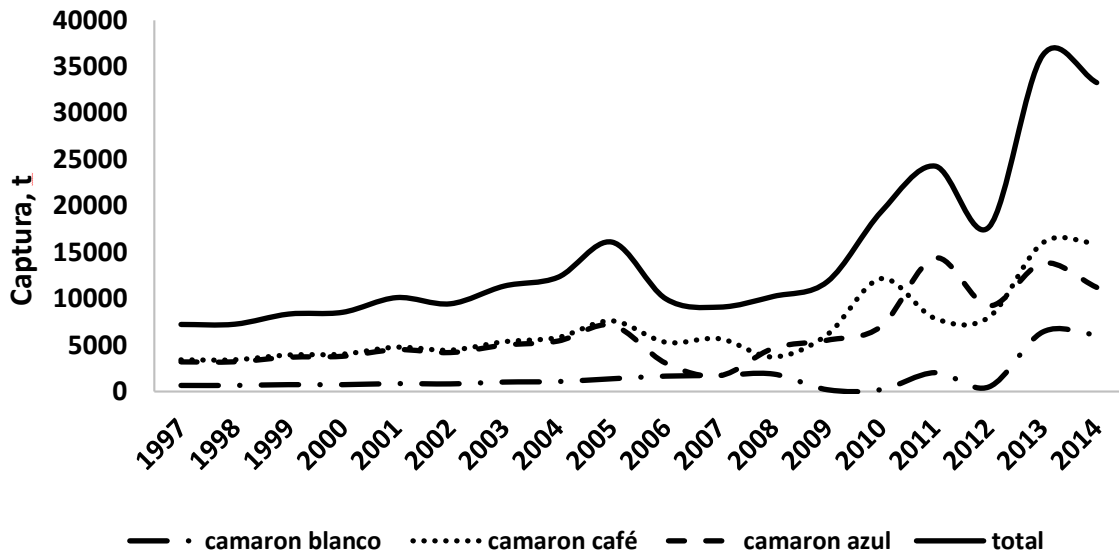


Figura 2. Comportamiento de la captura de camarón (1997-2014) en total y por especie en el sur del golfo de California.

PROPORCION DE LA CAPTURA 1997

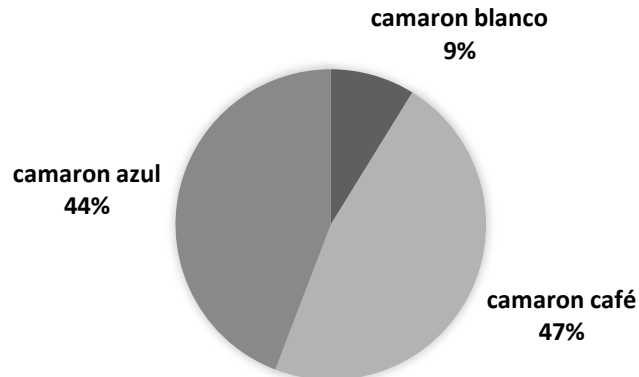


Figura 3. Proporción de especies en la captura de camarón en 1997 en la parte sur del golfo de California.

PROPORCION DE LA CAPTURA 2014

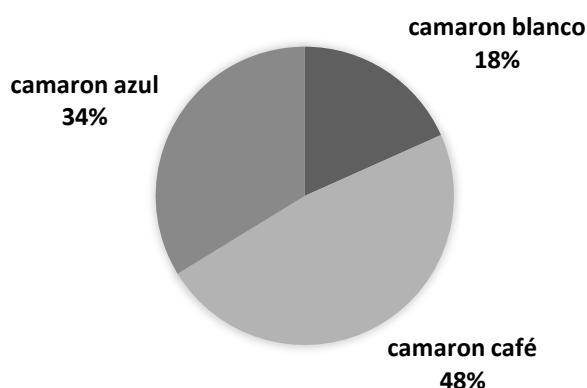


Figura 4. Proporción de especies en la captura de camarón en 2014 en la parte sur del golfo de California.

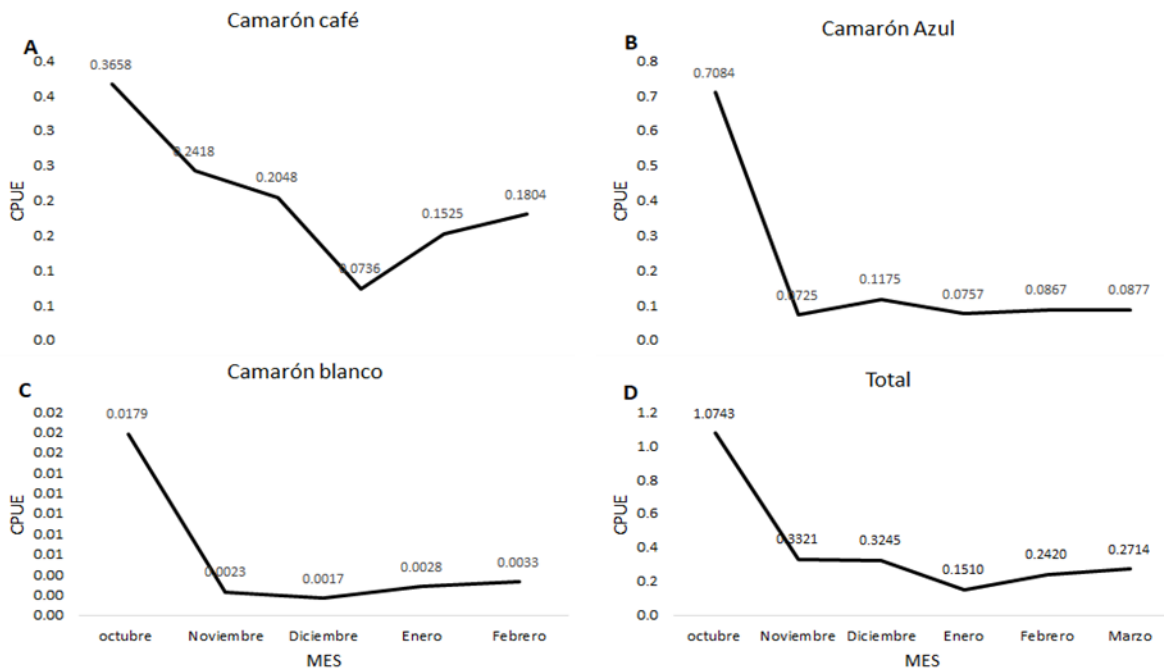
8.1.2. Captura por unidad de esfuerzo

La CPUE más elevada se observó en el mes de octubre de 2011 para el camarón azul (0.708 t/día/barco), seguido por el café con 0.36 t/día/barco y el blanco con 0.0179 t/día/barco (Fig. 5). En cuanto al total se obtuvo 1.074 t/día/barco; estos valores son los más elevados y se observa como disminuyen conforme avanza la temporada. Para el caso de los camarones azul y blanco, esta disminución es muy marcada en el primer mes (octubre), esto se debe a que al inicio de la temporada (como se explicará más adelante), las embarcaciones pescan muy cerca de la costa, donde estas especies son más abundantes y conforme la temporada avanza las embarcaciones se alejan de la misma. El camarón café disminuye en menor cantidad que las otras dos especies ya que es la más oceánica de las tres; sin embargo, no se distribuye a más de 100 m de profundidad. De acuerdo a la gráfica del total (Fig. 6), en enero es cuando la CPUE es menor con 0.15 t/día/barco, y en febrero y marzo aumenta de nuevo hasta alcanzar las 0.27 t/día, este aumento no se debe al incremento de la población de estas especies, sino que disminuye drásticamente el número de embarcaciones en operación, lo que provoca que la CPUE aumente.

Tabla 4. Captura por Unidad de Esfuerzo mensual de cada especie y estado productor en el sur del golfo de California. Temporada 2011-2012.

Captura por unidad de esfuerzo(t/día/barco)							
Mes	Camarón azul		Camarón café		Camarón blanco		total
	Sinaloa	Sonora	Sinaloa	Sonora	Sinaloa	Sonora	
Octubre	0.5589	0.1496	0.0585	0.3073			1.0743
Noviembre	0.0248	0.0477	0.0729	0.1689	0.0179		0.3321
Diciembre	0.0699	0.0475	0.0713	0.1335	0.0023		0.3245
Enero	0.0694	0.0063	0.0469	0.0267	0.0017		0.1510
Febrero	0.0638	0.0229	0.0530	0.0994	0.0028		0.2420
Marzo	0.0720	0.0157	0.0721	0.1083	0.0033		0.2714
Promedio	0.1431	0.0483	0.0625	0.1407	0.0056		0.3992
Promedio spp	0.0957		0.1016		0.0056		

Figura 5. Captura por unidad de esfuerzo de la flota camaronesa del sur del golfo de California en una temporada de pesca (2011-2012). Dividido por especie y el total (t/día/barco).



8.1.3. Coeficiente de capturabilidad

La importancia de la capturabilidad viene implícita dentro de los objetivos del manejo en cualquier pesquería, los cuales generalmente pretenden la regulación de la mortalidad de pesca (F) o la captura, comúnmente sobre el componente de adultos o a veces sobre otras etapas del ciclo de vida de cada recurso, como sucede en las pesquerías secuenciales.

En la Tabla 5 y Figura 6 se muestra el coeficiente de capturabilidad mensual de la temporada 2011-2012, el camarón blanco es el que representa un valor menor, también se observa como en los primeros meses (inicio de la temporada de pesca) se tienen los mayores valores y conforme avanza la temporada este valor va disminuyendo gradualmente. El camarón azul presenta la mayor vulnerabilidad en el mes de octubre, presentando una drástica disminución en el siguiente mes, y presentó valores constantes en los siguientes meses de la temporada; en el camarón café, la disminución es menos marcada que en el camarón azul, conforme avanza la temporada, llegando a presentar su valor mínimo en enero.

Tabla 5. Coeficiente de capturabilidad mensual promedio de la flota pesquera de alta mar del sur del golfo de California. Temporada 2011-2012.

Mes	Coeficiente de capturabilidad (q)		
	Camarón azul	Camarón café	Camarón blanco
Octubre	9.3708E-05	4.8392E-05	
Noviembre	9.7955E-06	3.2674E-05	2.4141E-06
Diciembre	1.6018E-05	2.7924E-05	3.0994E-07
Enero	1.0818E-05	1.0515E-05	2.3663E-07
Febrero	1.3724E-05	2.4124E-05	4.4358E-07
Marzo	2.2518E-05	4.6338E-05	8.4159E-07

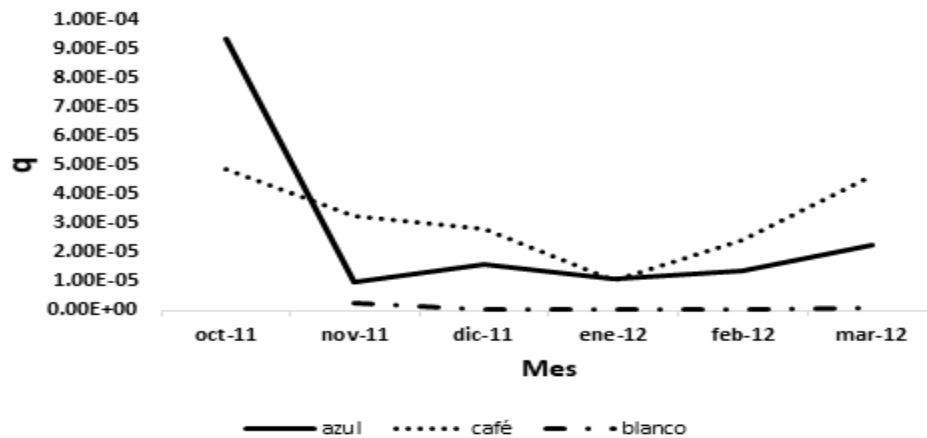


Figura 6. Coeficiente de capturabilidad mensual promedio de la flota pesquera de alta mar del sur del golfo de California. Temporada 2011-2012.

8.1.4. Número de embarcaciones

En la Figura 7 se muestra el número total de embarcaciones industriales dedicadas a la extracción de camarón registradas para cada uno de los estados de la parte sur del golfo de California, desde el año 1974 hasta el 2013. Se observa que en el año 1983 se registró el mayor número de embarcaciones con un total de 1550, de las cuales 826 pertenecen a Sinaloa y 723 a Sonora. Sin embargo, el año siguiente muestra una gran disminución a las 1200 en total, y es hasta el año 2000 cuando vuelve a aumentar a cerca de 1400; cabe mencionar que esto estuvo relacionado con un incremento de la flota de Mazatlán, Sin. El menor número de embarcaciones registradas en el periodo analizado fue 2013, con alrededor de 755 (Fig. 7).

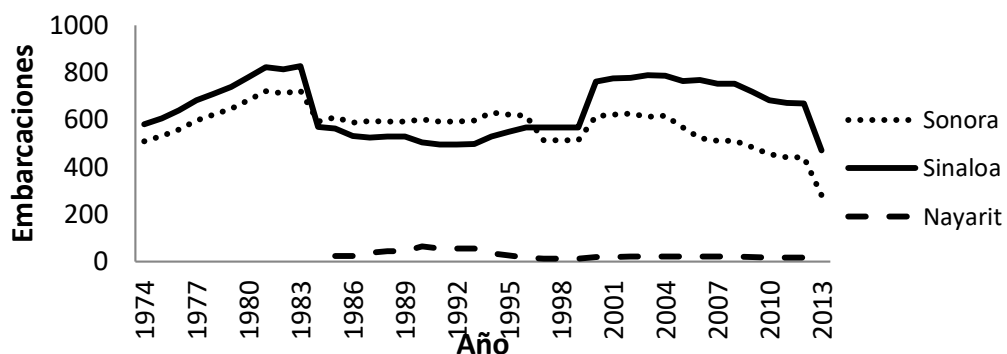


Figura 7. Número de embarcaciones de la flota industrial del camarón en la parte sur del golfo de California.

8.1.5. Número de embarcaciones en operación por puerto pesquero

En el mes de septiembre de 2011 solo se reportaron 3 embarcaciones en operación, las cuales pertenecen al puerto de Mazatlán, esto se debe que a finales de este mes se inicia la pesca de camarón. En octubre el número de embarcaciones aumentó a 557, de las cuales 371 pertenecen a Mazatlán, 141 a Guaymas, 30 a Topolobampo, 6 a Guasave y solamente 9 a Mochis. En este mes es cuando se registra mayor número de embarcaciones en operación en toda la temporada. En noviembre el número disminuye, sin embargo, se registra un total de 555, de las cuales la proporción para cada puerto es muy similar, con forme avanza la temporada de pesca se observa como sigue disminuyendo, teniendo en marzo un total de 292, pero con pocos días en operación (Fig. 8).

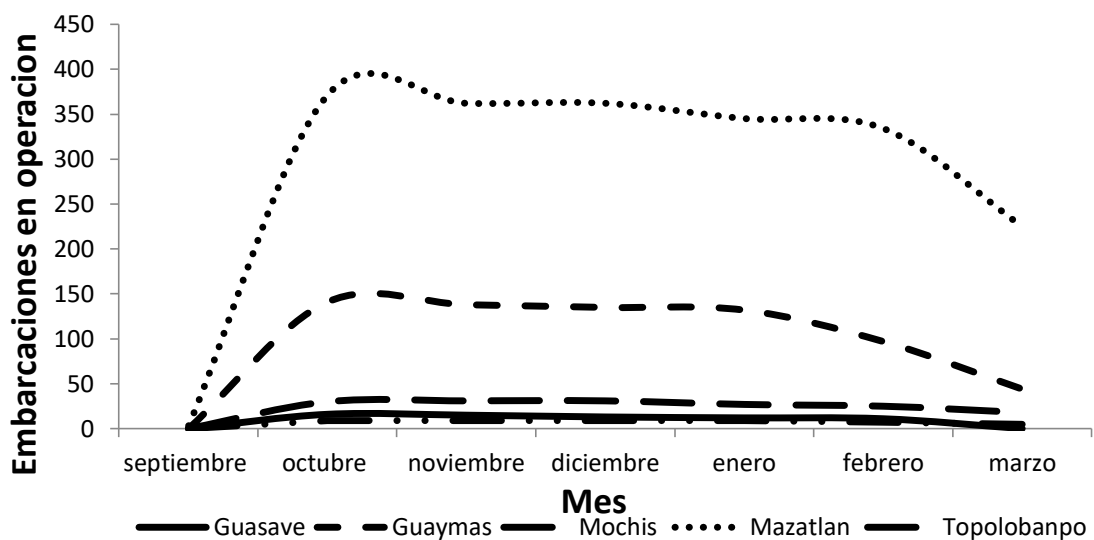


Figura 8. Número de embarcaciones totales en operación por puerto en la temporada 2011-2012. Datos de monitoreo satelital.

8.1.6. Caracterización de la flota pesquera

El total de embarcaciones en estos 3 estados es de 755, de las cuales 724 pertenecen a la parte sur del golfo de California (Sonora, Sinaloa y Nayarit). Sinaloa es el estado con mayor número de embarcaciones (93% pertenecen al puerto de Mazatlán), mientras que para el puerto de Guaymas se registraron 250 y solo 5 embarcaciones activas en el estado de Nayarit (puerto de San Blas).

Para el puerto de Guaymas, el tonelaje neto mínimo de las embarcaciones fue de 20 t donde la mayoría de las embarcaciones tienen entre 40-80 t y solo se registraron 24 embarcaciones con capacidad de más de 100 t.

Para el puerto de Mazatlán se tiene registro de 5 embarcaciones, cuya capacidad está por debajo de las 20 t, mientras que al igual que en Guaymas, la mayoría se encuentra entre las 40-80 t de capacidad de carga y se cuenta con 23 embarcaciones con más de 100 t de capacidad. Y para el estado de Nayarit, las 5 embarcaciones registradas tienen una capacidad de 20 a 100 t.

Por lo tanto, ya generalizando, más del 85 % de las embarcaciones tienen una capacidad de carga entre 40 y 100 t, y tan solo el 6% supera las 100 t de capacidad de carga.

Tanto en Sonora, como en Sinaloa y Nayarit, la mayoría de las embarcaciones está entre los 10 y 25 metros de eslora, son solo 3 las que se encuentran por debajo de esa medida; hay 38 que están por encima de ella. En cuanto a la antigüedad, la mayoría de las embarcaciones cuenta con más de 30 años.

La máquina principal del barco típico de Mazatlán tiene una potencia aproximada de 450 HP generando un consumo de combustible (Diesel marino) de aproximadamente 53 l/hora. Los productores de Mazatlán mencionaron que el barco "tipo" opera en las costas de Sinaloa, Sonora y Baja California, realiza cuatro viajes de pesca de camarón en la temporada (septiembre a febrero), con una duración de 30 días en alta mar y cinco días de estadía en puerto para descargar el producto. El barco, en promedio, captura una proporción del 40% de camarón café, 17% de azul y 43% de camarón chico; la proporción de camarón blanco es aún más baja y se ubica dentro de la categoría de camarón chico. La producción de camarón grande (azul y café) es destinada a la exportación y el camarón chico tiene como destino el mercado nacional.

La embarcación caracterizada para Guaymas cuenta con 24 m de eslora, con casco de acero, una manga de 6.3 m, tiene un tonelaje bruto alrededor de 100 t y con un tonelaje neto aproximado a 60 t (Fig. 9, 10 y 11). La embarcación tiene una máquina principal con potencia de 425 HP, con un consumo de 53 l/hora, lo cual equivale a un consumo diario

aproximado de 1,280 l; el barco cuenta con una capacidad de bodega (m³) de 50 t netas y con una antigüedad del barco de más de 30 años (Fig. 11, 12 y 13).

El rango de operación del barco de Guaymas es en las costas de Sonora, Sinaloa y Baja California, realizando cinco viajes de pesca de camarón en la temporada (septiembre a marzo), con una duración de 30 días en alta mar y cinco días de estadía en puerto para descargar el producto. El barco, en promedio, pesca una proporción del 59% de camarón azul, 26% de café y 15% de camarón chico. Al igual que el caso anterior, la producción de camarón grande (azul y café) son destinados a la exportación y el camarón chico tiene como destino el mercado nacional.

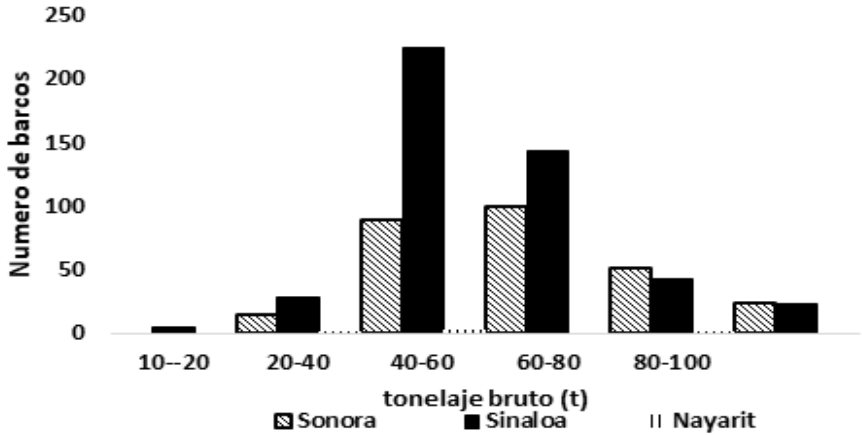


Figura 9. Capacidad de carga de la flota pesquera de alta mar en los principales estados productores en la parte sur del golfo de California.

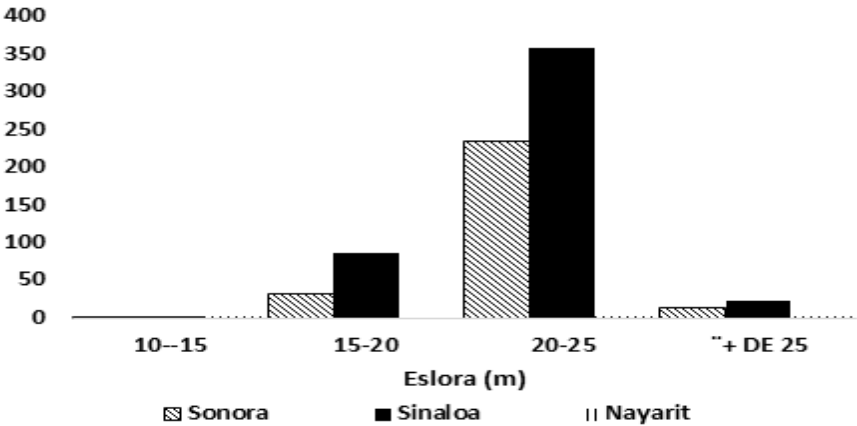


Figura 10. Longitud de eslora de la flota pesquera de alta mar en los principales estados productores en la parte sur del golfo de California.

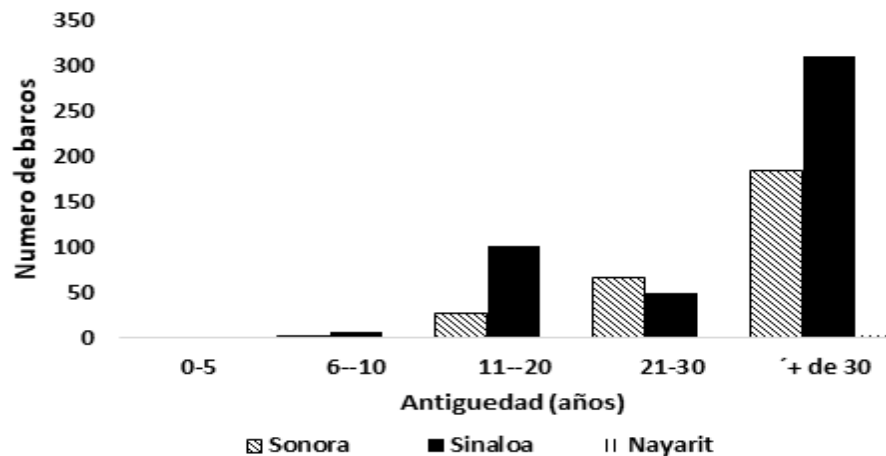


Figura 11. Antigüedad de la flota pesquera de altamar en los principales estados productores en la parte sur del golfo de California.

8.1.7. Zonas de pesca

La flota camaronera localizada en los estados de Sinaloa y Sonora es la más grande del país con más de 700 embarcaciones registradas. Esta flota tiene influencia en toda la plataforma continental desde el golfo de Tehuantepec hasta el alto golfo de California y frente las costas de Ensenada. Gracias a los datos de monitoreo satelital de las embarcaciones pesqueras, se pudo determinar con mayor precisión las zonas de pesca de cada una. Estos datos se depuraron inicialmente por puerto pesquero para de esa forma poder obtener únicamente los de la parte sur del golfo de California.

La siguiente depuración se realizó por velocidad de arrastre, ya que, de acuerdo a la literatura, las embarcaciones realizan arrastres con velocidades de 2 a 3.5 nudos. En la Figura 12, se muestra como en los primeros meses de pesca la mayoría de las embarcaciones realizaron arrastres de pesca con mucha cercanía a la costa; para el mes de septiembre, solo se encuentran en las costas de Sinaloa y Sonora; sin embargo, ya para los meses de octubre y noviembre, tienen mayor movilidad al sur hasta el golfo de California y al norte hasta el alto golfo y por la parte del Pacífico occidental en Baja California. Pero se observa como en diciembre las embarcaciones se comienzan a alejar de la costa.

Sin embargo, las artes de pesca utilizadas solo pueden realizar arrastres a una profundidad máxima a 80 metros; por lo tanto, es imposible que se encuentren realizando

arrastres más allá de esa profundidad, lo que permite suponer que conforme la temporada avanza comienza a agotarse el recurso camarón en la costa, por lo cual estas embarcaciones tal vez sean acondicionadas para realizar otro tipo de actividad pesquera dirigida a otras especies de interés comercial como podría ser tiburón y escama. Por esto se hizo una tercera depuración de los datos, ahora respecto a la profundidad donde se encuentran operando, para de esta forma tener una idea más precisa sobre el número de embarcaciones que realmente opera con el objetivo de extraer este recurso cada mes. Para el mes de marzo ya el registro de embarcaciones disminuye considerablemente, esto se debe a que está próximo el inicio de la veda.

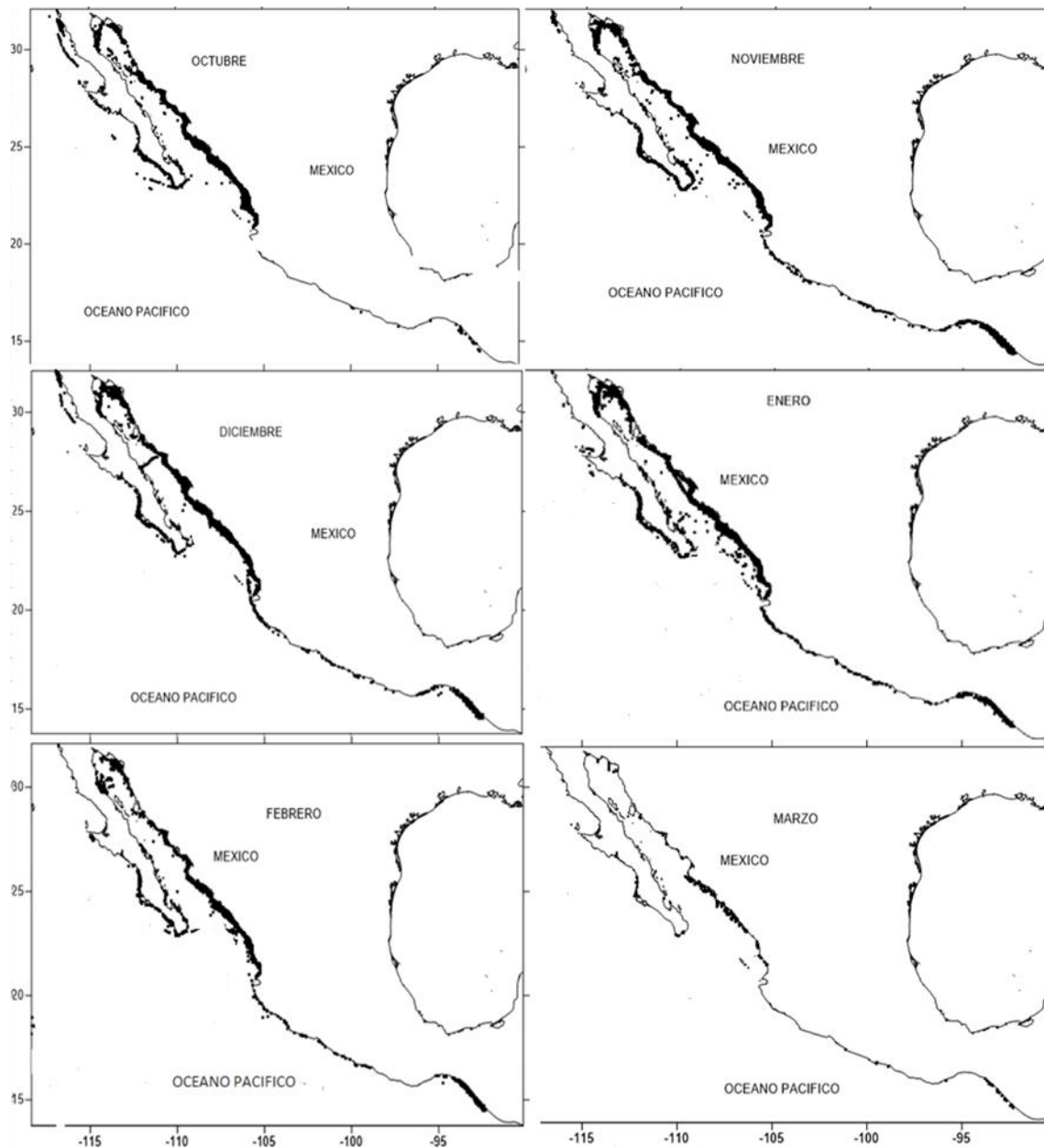


Figura 12. Zonas de pesca por mes de la flota camaronera de los puertos de Mazatlán, Guasave, Mochis y Guaymas, durante la temporada 2011-2012.

8.2. Evaluación de la población

8.2.1. Tasas de crecimiento

En las figuras 13 y 14 se muestra la tasa de crecimiento en peso y longitud con relación a la edad del camarón café. Los camarones tienen una tasa de crecimiento elevada, para el caso del camarón café la constante de crecimiento k es de 2.23 alcanzando una

longitud máxima de 24 cm y un peso de 264 g con una edad máxima de 1.2 años. La edad de madurez sexual y de primera captura (t_c) reportada para esta especie es de 4 meses con alrededor de 13 cm de longitud total y un peso de 40 g.

El camarón azul es la segunda especie más importante en la composición del recurso camarón en el sur del golfo de california. Tiene un crecimiento muy similar al camarón café con una tasa de crecimiento mensual de $k = 2.57$ con un crecimiento acelerado, y alcanza la madurez a una edad de 4 meses la cual también es la talla de primera captura, con peso aproximado de 40 g y una longitud total de 12 cm.

El camarón blanco cuenta con una constante de crecimiento $k = 2.76$, mayor a los de las otras dos especies. La edad de primera captura para esta especie también es de 4 meses donde cuenta con una longitud aproximada de 8 cm y un peso de alrededor de 20 g; alcanza su longitud máxima de 20 cm y peso máximo de 120 g a la edad de 1.2 años.

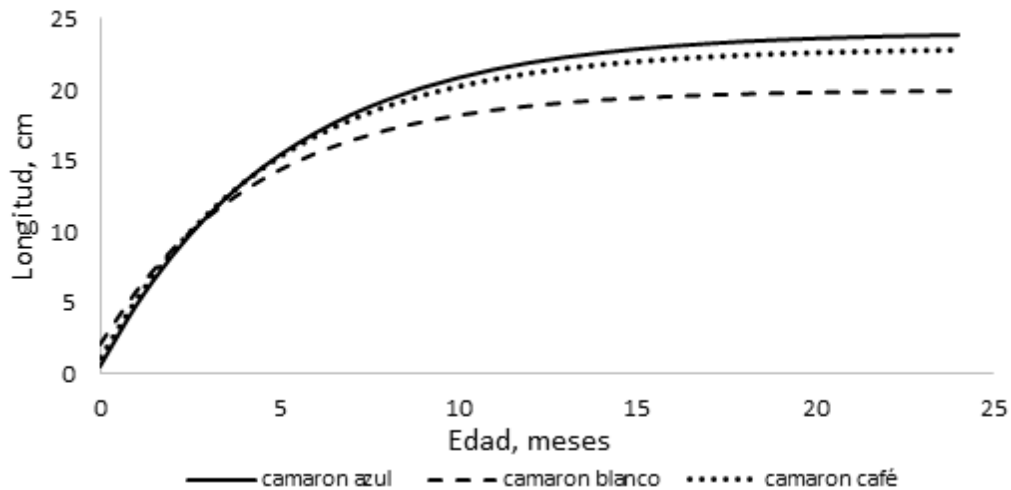


Figura 13. Tasa de crecimiento en longitud del camarón (café, azul y blanco) de acuerdo con el modelo de Bertalanffy.

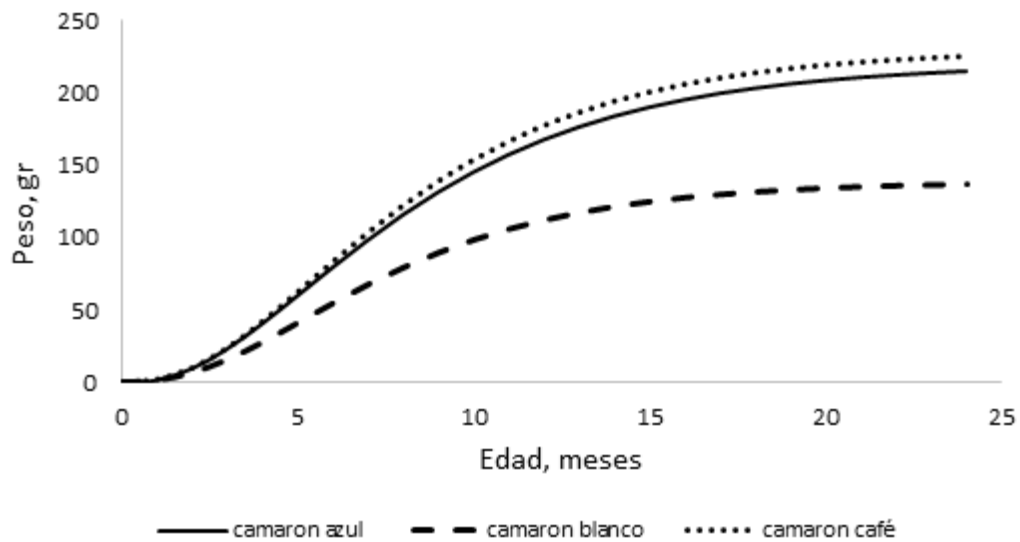


Figura 14. Tasa de crecimiento en peso del camarón (café, azul y blanco) de acuerdo con el modelo de Bertalanffy.

8.2.2. Evaluación y diagnóstico de la población y captura

8.2.2.1. Camarón café

En la Figura 15 se muestra el comportamiento de la biomasa estimada de la población y la captura anual desde el año 2000-2014. El análisis de 15 años (2000-2014), muestra una captura en constante en todos los años teniendo como máximo en el año 2013 con 16,013 t de peso vivo en el Sur del golfo de California y un mínimo de captura de 3,728 t en el año 2008 con promedio alrededor de 7,500 t anual. La biomasa se mantiene constante hasta el 2010 cuando se registraron capturas muy elevadas, lo cual provocó una disminución de esta población. Para el 2011 y 2012 las capturas disminuyeron provocando una recuperación en la biomasa, sin embargo, en los años 2013 y 2014 es cuando se obtuvieron mayores capturas, lo que provoca que una nueva disminución de la biomasa. Se observa un comportamiento inversamente proporcional entre la biomasa y la captura (Figura 15), debido a que esta especie tiene una tasa de recuperación anual por lo tanto en los años en que es afectada la biomasa por medio de la extracción excesiva se notan grandes cambios y la biomasa de la población se reduce.

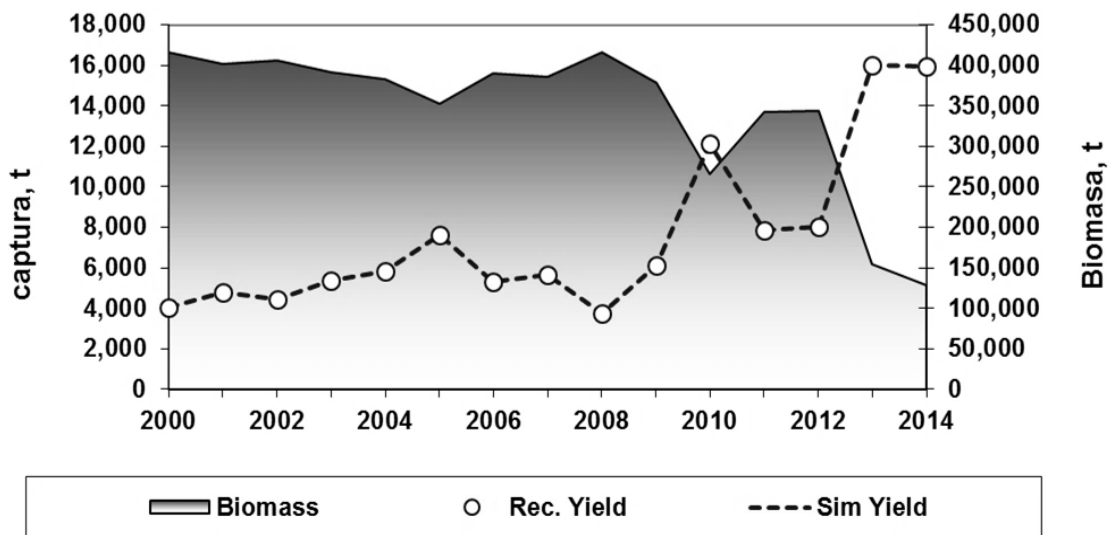


Figura 15. Biomasa de la población y la captura del camarón café (*Penaeus californiensis*) 2000-2014 en el sur del golfo de California.

En la figura 16 se muestra el diagnóstico de la pesquería mediante el examen de la tendencia de la F y la E ; el valor calculado de F_{MSY} es de 0.2 promedio mensual ; por lo tanto, esta pesquería muestra síntomas de sobreexplotación únicamente en los dos últimos años, cuando $F = 0.22$ (promedio mensual) la cual se encuentra por encima de la F_{MSY} , en los demás años el esfuerzo aplicado a la extracción de este recurso es bajo, por lo tanto la pesquería e encuentra en niveles aceptables de explotación.

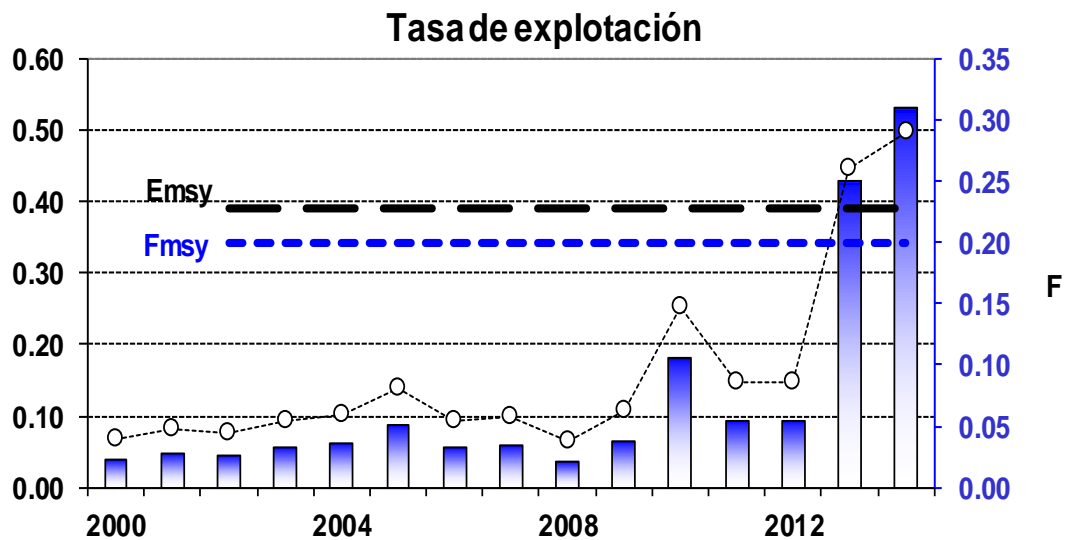


Figura 16. Tendencia de la mortalidad por pesca F y la tasa de explotación E del camarón café en el período 2000-2014 en el sur del golfo de California.

8.2.2.2. Camarón azul

En la figura 17 se muestra el comportamiento de la biomasa estimada de la población y la captura anual durante el período 2000-2014. En el año 2000 se observó una captura de 3813 t, en los años siguientes aumento alcanzando 7150 t en 2005, para después disminuir alrededor de 2000 t en el 2007, la cual es la captura más baja observada durante todos los años que se tiene registros, a partir del 2008 aumento, la captura llegando al máximo registrado en el año 2011 con 14418 el promedio en este periodo es de 7542 t. En cuanto a la biomasa estimada para la población, se observa un comportamiento inversamente proporcional la captura, donde en los primeros años, se mantiene constante con una pequeña disminución provocada por el aumento en la captura en el año 2005, en el 2007 la biomasa alcanza su valor máximo (550 000 t), a partir de este año disminuye, alcanzando su valor mínimo estimado en el año 2011 (alrededor de 120 000 t), en los siguientes años la capturas se mantienen altas llegando a provocar que la biomasa no se recupere, esto puede ser un síntoma que indique sobreexplotación de la población.

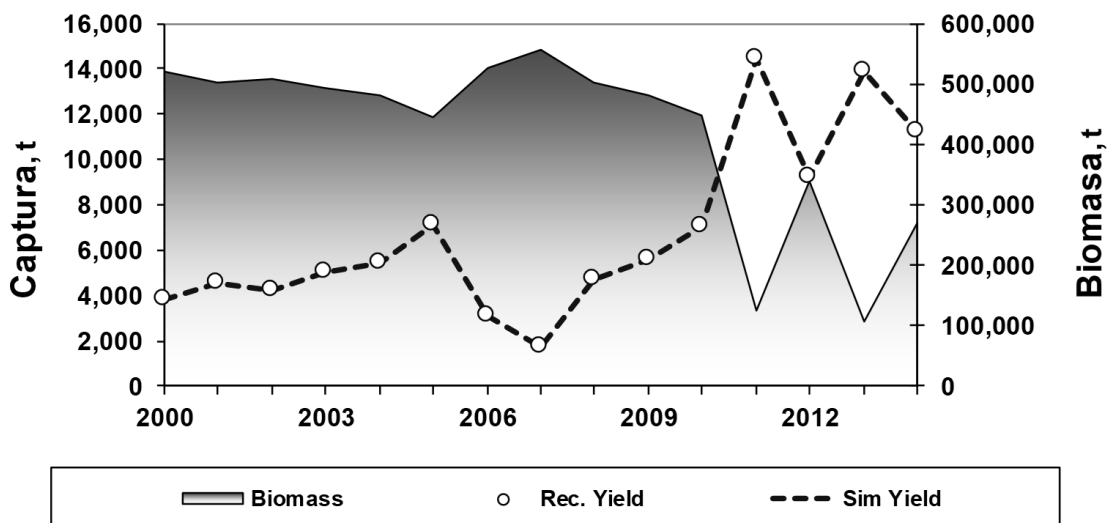


Figura 17. Biomasa de la población y la captura del camarón azul (*Penaeus stylirostris*) 2000-2014 en el sur del golfo de California.

En la Figura 18 se muestra el diagnóstico de la pesquería del camarón azul mediante el examen de la tendencia de la F y E ; el valor promedio mensual de F_{MSY} es de 0.2, por lo tanto esta pesquería muestra síntomas de sobreexplotación en los años 2011 y 2013,

siendo más evidente en este último cuando la mortalidad por pesca aplicada a la extracción de este recurso rebasa la mortalidad por pesca a nivel del máximo rendimiento sostenible, esto provoca una disminución en el esfuerzo en el año 2014, que se refleja en capturas más bajas que las existentes en el año anterior.

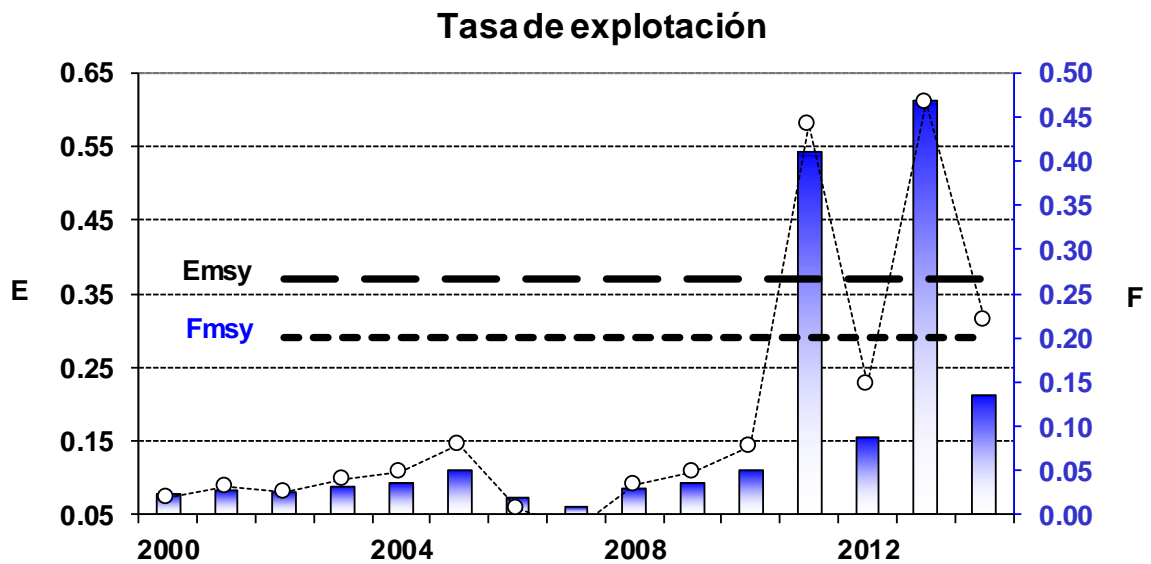


Figura 18. Tendencia de la mortalidad por pesca F y la tasa de explotación E del camarón azul (período 2000-2014), en el Sur del golfo de California.

8.2.2.3. Camarón blanco

En la Figura 19 se muestra el comportamiento de la captura de camarón blanco, reportada mediante avisos de arribo por la flota industrial de la pesca de camarón realizada en la parte sur del golfo de California, en la cual se observan capturas muy similares hasta el año 2008 con menos de 2000 toneladas anuales. En los dos años siguientes se muestran capturas muy bajas, con 180 y 194 toneladas en los años 2009 y 2010 respectivamente. En el 2011 la captura aumenta de nuevo superando las 2000 toneladas para disminuir de nuevo en el 2012 a 485. En el 2013 se presenta la mayor captura registrada para esta especie en esta serie de tiempo, alcanzando un total de 6402 t, captura muy similar a la del 2014.

La biomasa se mantiene casi constante desde el 2000 hasta el 2012, esto debido a las bajas capturas que se tienen registradas, como ya se había mencionado en el párrafo

anterior en el 2013 la captura tiene un aumento, esto provoca grandes cambios en la biomasa de la población, disminuyendo alrededor del 50% en los dos años siguientes.

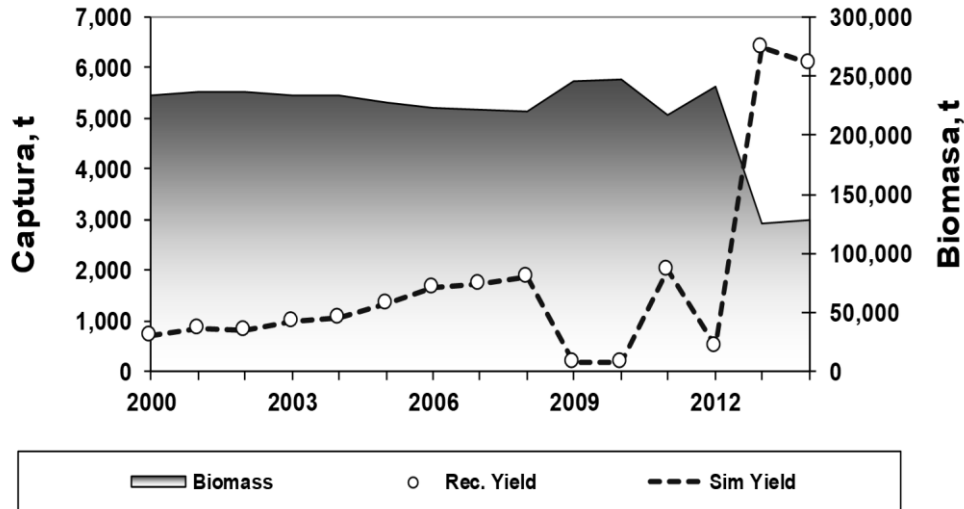


Figura 19. Biomasa de la población y la captura del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) 2000-2014 en el sur del golfo de California.

En la Figura 20 se muestra la tendencia de la mortalidad por pesca aplicada a la extracción de esa especie en cada año donde se tiene registro (2000-2014), en la cual se observa que desde el año 2000 hasta el 2012 la mortalidad por pesca fue baja, sin embargo tanto en 2013 y 2014 la F aumenta provocando que en estos años la especie presente síntomas de sobreexplotación causados por el incremento en este indicador.

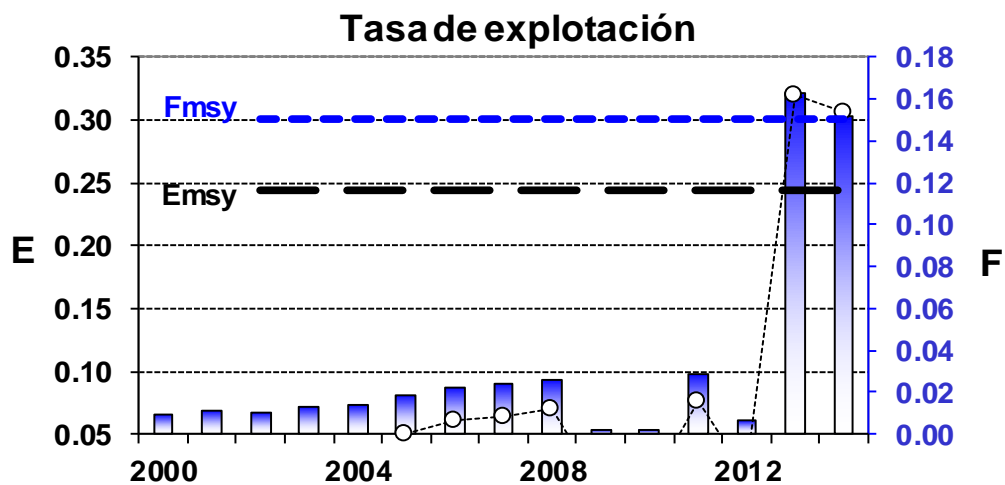


Figura 20. Tendencia de la mortalidad por pesca F y la tasa de explotación E del camarón blanco (período 2000-2014) en el Sur del golfo de California.

8.3. Escenarios de manejo

La intensidad del esfuerzo de pesca que da el rendimiento máximo a largo plazo, tradicionalmente conocido como rendimiento máximo sostenible, corresponde a un valor de mortalidad por pesca que se representa como F_{MSY} (Sparre y Venema, 1992).

Se propusieron dos escenarios de manejo para cada una de las especies que componen la captura del camarón en el sur del golfo de California; en el primero se refiere al rendimiento máximo sostenible (F_{MSY}) y F_{MSY}/pesc . Estos se compararon con el escenario actual; para este caso, el último año en el que se tiene registro de la captura fue 2014 para las tres especies. Los principales indicadores que muestran la eficiencia de cada escenario son la captura, la biomasa, número de embarcaciones y toneladas por pescador, los cuales se indican en la Figura 21.

Para el camarón café para el año 2014 bajo una edad de captura de 4 meses y $F = 0.37$ con el que se obtuvo una captura de 15,967 toneladas (Tabla 6). El primer escenario considera un F_{MSY} con un promedio mensual de $F = 0.20$, y se aumenta la edad de primera captura a 5 meses; en este se busca maximizar las capturas de modo que no afecten la biomasa de la población. En este caso se observa que al aumentar la edad de primera captura se tendría una captura cercana a las 5000 toneladas y la biomasa de la población también aumentaría. Lo anterior dará a la especie la oportunidad de reproducirse al menos una vez, lo que provocaría aumentos en la biomasa en los años siguientes. El siguiente escenario propuesto es el máximo rendimiento sostenible por pescador. En este caso se tiene que disminuir el esfuerzo a la mitad (0.1) que el requerido para el máximo rendimiento sostenible y dejar la edad de primera captura en 5 meses. Con esto se lograría aumentar de 3 a 5 toneladas anuales por pescador.

Para el caso del camarón azul, en el escenario actual se captura con una mortalidad por pesca de 0.14 y una edad de primera captura de 4 meses obteniendo capturas de 11,237 toneladas anuales (Tabla 6). El primer escenario para el camarón azul corresponde al máximo rendimiento sostenible con un valor promedio mensual de $F = 0.20$. Para maximizar la captura se aumentó la edad de primera captura a 5 meses. Bajo este escenario se lograría un aumento en la captura a 15,472 con una disminución poco significativa en la biomasa de la población. El segundo escenario (máximo rendimiento

sostenible por pescador), implica una disminución de la mortalidad por pesca a 0.11 y una edad de primera captura de 5 meses. Los beneficios incluyen un aumento de 2 a 3 toneladas por pescador. El disminuir el esfuerzo significa reducir el número de embarcaciones, pero se lograría aumentar la biomasa de la población un 30 % y la captura sería muy similar a la del escenario de referencia (2014).

En el caso del camarón blanco, se parte de un escenario actual para 2014 considerando una mortalidad por pesca (F) de 0.15 (promedio mensual) y una edad de primera captura de 4 meses, que dieron como rendimiento capturas de 6098 toneladas (Tabla 6). El primer escenario de simulación consideró un máximo rendimiento sostenible de $F = 0.15$. Con este valor, al aumentar únicamente la edad de primera captura de 4 a 5 meses, podrían lograrse más de 1,000 toneladas anuales sin comprometer la biomasa de la población. Este es posiblemente el escenario más adecuado para la explotación de esta especie. Para el siguiente escenario (máximo rendimiento sostenible por pescador), se contempló reducir la mortalidad por pesca a $F = 0.12$ y mantener la edad de primera captura en 5 meses.

Tabla 6. Escenarios de manejo actual y de simulación para las tres especies de camarón que componen la captura en la parte sur del golfo de California, bajo diferentes combinaciones de edad de 1era captura y mortalidad por pesca.

Escenarios de manejo									
Indicadores	Escenario actual (2014)			F_{MSY}			$F_{MSY}/\text{pescador}$		
	Café	Azul	Blanco	Café	Azul	Blanco	Café	Azul	Blanco
F (/yr)									
(promedio mensual)	0.377	0.136	0.15	0.2	0.2	0.15	0.2	0.13	0.1
Edad 1 ^{era} captura (meses)	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Biomasa (t)	148,167	270,582	98,901	403,575	256,671	149,385	403,575	332,652	177,218
Captura(t)	15,967	11,237	6,098	24,302	15,375	7,016	24,302	13,229	5,637

Empleos directos	3,456	3,463	3,463	2,786	6,610	4,583	2,786	3,183	2,960
Embarcaciones	493	494	494	397	944	654	397	454	422
Ton/pescador	4.6	3.2	1.8	8.7	2.3	1.5	8.7	4.2	1.9

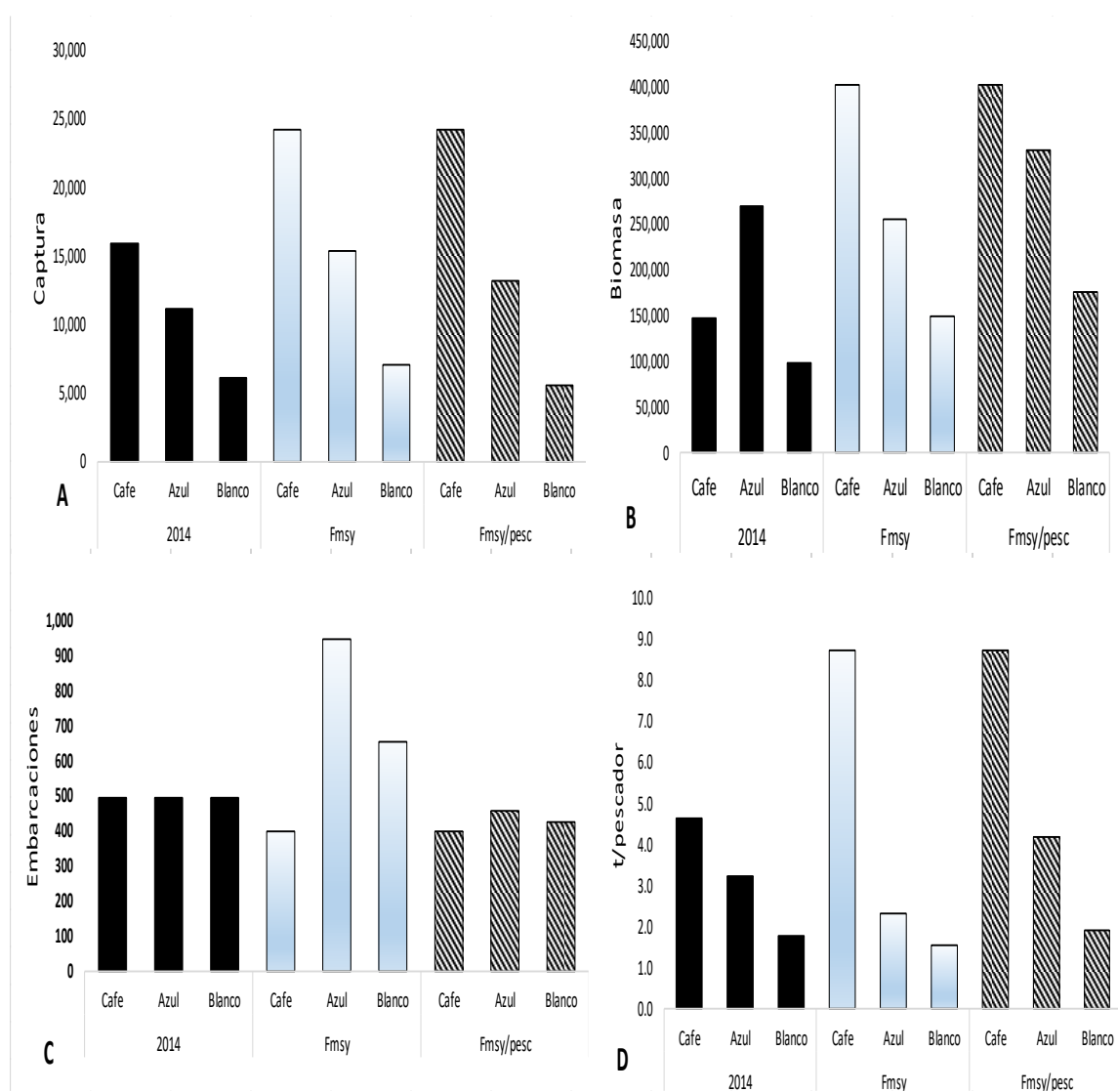


Figura 21. Principales indicadores para cada especie bajo los diferentes escenarios de manejo. A) captura B) biomasa C) embarcaciones D) t/pescador.

8.4. Rendimiento potencial de la pesquería

Al tratarse de una pesquería multi-específica, es decir, que las mismas embarcaciones capturan a las tres especies con el mismo arte de pesca en al mismo tiempo, es necesario proponer un escenario de manejo óptimo de captura para este recurso. Por lo tanto, la recomendación que se hace será aumentar la edad de primera captura de 4 a 5 meses (Figuras 22 y 23); esto sería extraer el camarón con una longitud total aproximada para el camarón café de 13 cm, para el azul de 15 cm y para el blanco de 12 cm, y aplicar una mortalidad por pesca mensual que en conjunto sería de $F = 0.29$. En La carta nacional pesquera (SAGARPA, 2012), indica que el esfuerzo de pesca está en el límite de sustentabilidad, por lo que recomiendan no incrementar el esfuerzo pesquero actual, estandarizar el poder de pesca de las embarcaciones y disminuir la mortalidad por pesca para incrementar la rentabilidad.

Por lo tanto, además del aumento en el valor de t_c , se propone disminuir el valor de la F para las tres especies, con $F = 0.29$ para las tres especies (con un total de 755 embarcaciones). Esta combinación de valores de t_c y de F son el mejor escenario para el máximo rendimiento sostenible (F_{MSY}) Con esta combinación de variables habría aumentos significativos en la biomasa de la población y la captura sería muy similar a la del escenario actual. En la Fig. 23 se observa como al aumentar la edad de primera captura de 4 a 5 meses, la F podría aumentarse de 0.2 a 0.29 sin reducir las capturas y por lo tanto, tampoco afectaría la biomasa de la población, esto se debe principalmente al aumento en el número de reproductores de las 3 especies objetivo.

La recomendación es de disminuir la mortalidad por pesca como en el escenario de $F_{MSY}/pesc$ proporciona menores capturas que el de F_{MSY} pero lograría aumentar la biomasa, pues provocaría que aumentara el número de organismos en la población con capacidad de reproducirse y de esa forma aumentar el reclutamiento.

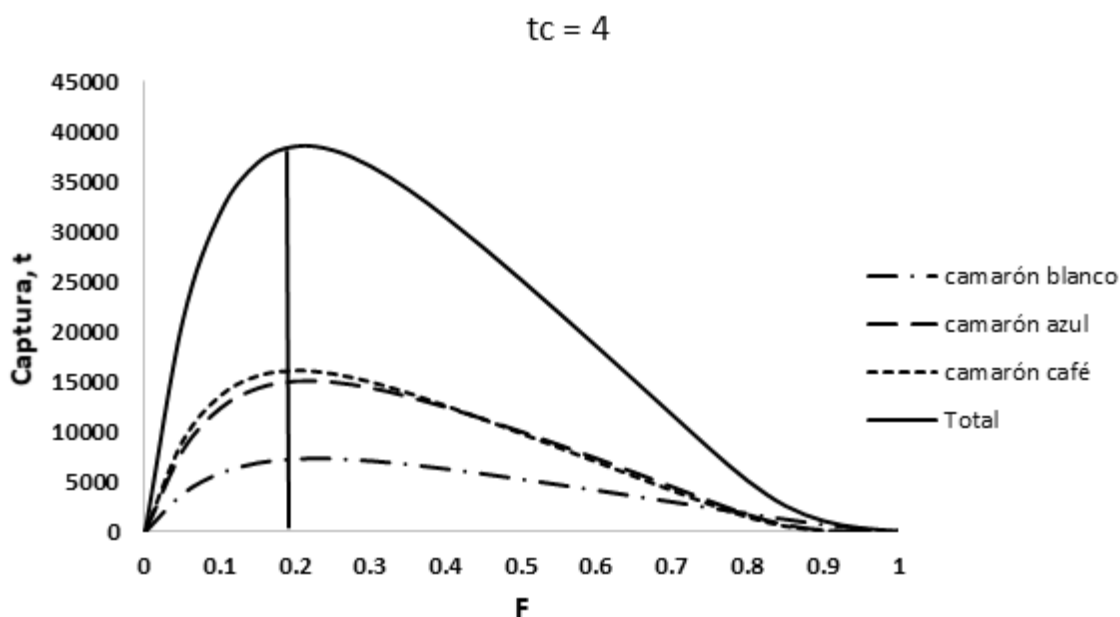


Figura 22. Rendimiento potencial para las tres especies que componen la pesquería en el sur del golfo de California a una edad de primera captura de 4 meses.

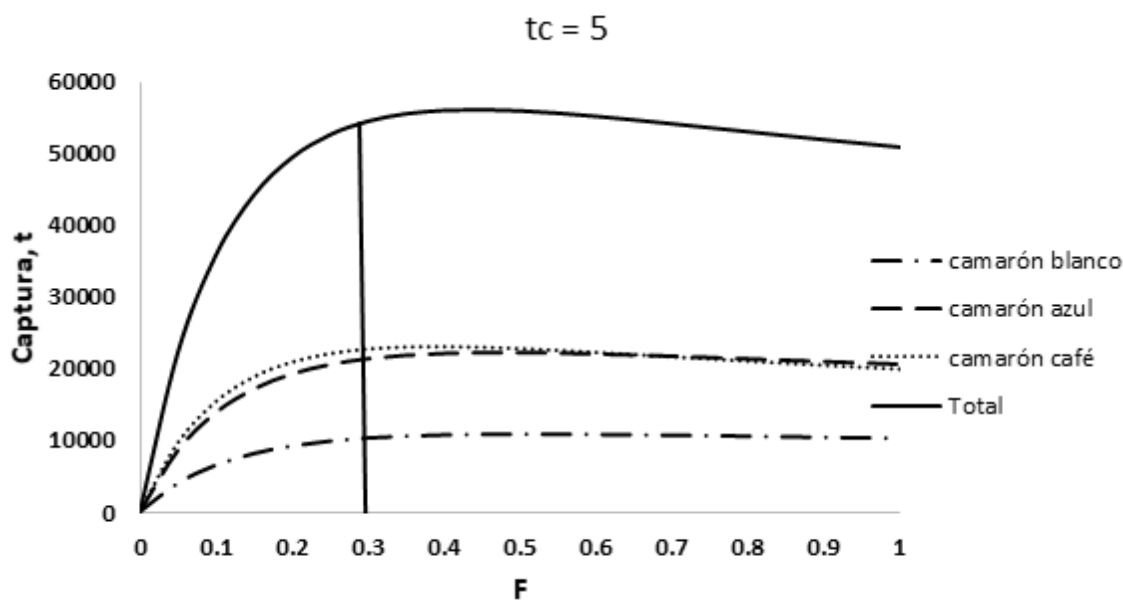


Figura 23. Rendimiento potencial para las tres especies que componen la pesquería en el sur del golfo de California a una edad de primera captura de 5 meses.

En las Figuras 24 y 25 se transformó la mortalidad por pesca a días de pesca, considerando la edad de primera captura de 4 y 5 meses. Al utilizar una edad de $t_c = 4$ meses, el mejor escenario se obtiene con 11,000 días de pesca que daría un rendimiento

máximo de 25,000 t. Al aumentar los días de pesca, la captura disminuye hasta llegar al punto donde no sería redituable. Por otra parte, al incrementar la edad a $t_c = 5$ meses, se podría aplicar un esfuerzo mucho mayor de hasta 40,000 días de pesca, y el rendimiento podría ser superior a 50,000 toneladas y con un gran potencial de crecimiento.

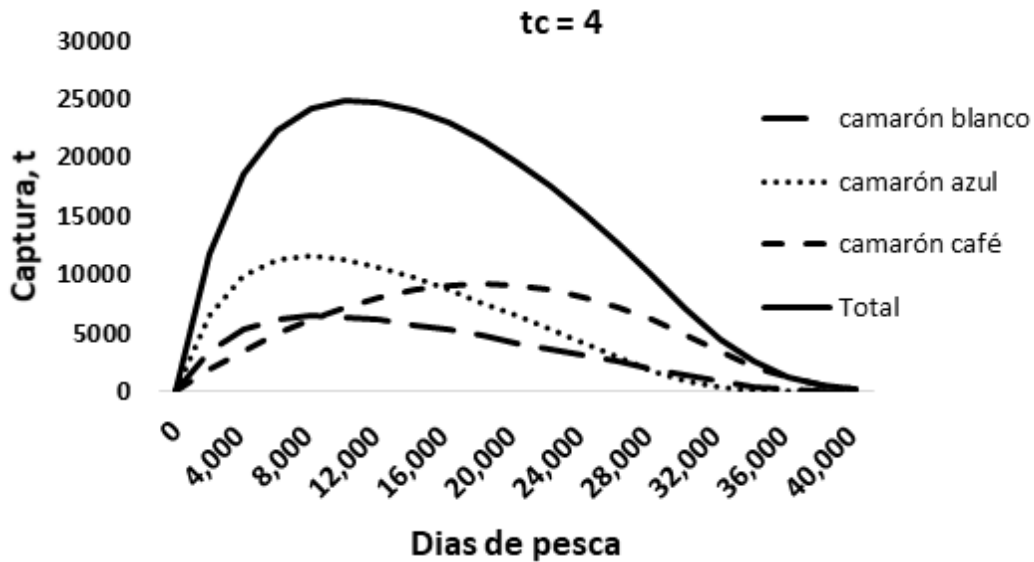


Figura 24. Rendimiento potencial para cada una de las tres especies de la pesquería de camarón del golfo de California en función del esfuerzo de pesca en días. Edad de primera captura $t_c = 4$.

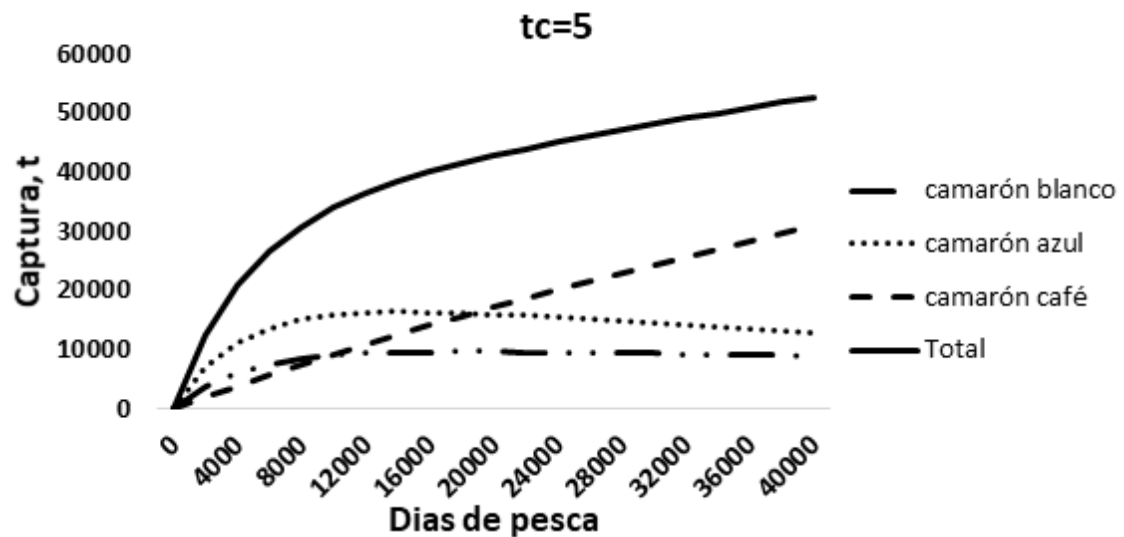


Figura 25. Rendimiento potencial para cada una de las tres especies de la pesquería de camarón del golfo de California en función del esfuerzo de pesca en días. Edad de primera captura $t_c = 5$.

9. DISCUSIÓN

9.1. Captura total y proporción de la captura

Los datos de captura obtenidos muestran un aumento anual en los últimos años para las tres especies, mientras que la CNP (carta nacional pesquera) y CONAPESCA (Anuario estadístico de acuacultura y pesca), mencionan que las capturas tanto de alta mar como las de pesca ribereña disminuyeron en la última década, lo que deja al sector pesquero vulnerable a una crisis en los próximos años. El pasar de tener alrededor de 20,000 t de captura en el año 2012 a superar las 36,000 t para el 2013, es contradictorio a lo mencionado por las instituciones que indican un decremento en la captura total, que es un indicador del mal manejo de la información disponible, esto abre pauta a realizar un análisis más completo sobre esta pesquería, la cual es una de las más importantes del país.

La proporción en la captura coincide en gran parte con lo reportado en el año 2009 en la Carta Nacional Pesquera, donde el camarón café ocupa el primer lugar con 51% seguido por el camarón azul con un 29% y por último el camarón blanco con 20% lo cual indica que la proporción ha variado muy poco a través de los años y el café se mantiene como el más abundante en esta zona (Tabla 7). Sin embargo, el plan de manejo para la pesquería del camarón en el litoral del Pacífico realiza una división de las zonas de pesca y se estima la composición de la captura en cada zona, llegando a la misma conclusión de que el camarón café es la especie más importante de la pesquería de altura y está presente a todo lo largo del Pacífico mexicano.

Tabla 7. Composición de la captura por zona de pesca. Tomada y editada de plan de manejo para la pesquería de camarón en el litoral del Pacífico mexicano

Zona de pesca	Composición de las capturas (%)
Alto Golfo	Azul 80, Café 20
Costa Occidental Baja California	Café 53, Azul 47
Sonora Centro - Sur	Café 57, Azul 43
Sinaloa-Nayarit	Café 58, Azul 26, Blanco 12, Cristal 4
Golfo de Tehuantepec	Café 47, Blanco 41, Azul y Cristal resto

9.2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La captura por unidad de esfuerzo calculada para cada especie, indica que el mayor rendimiento es el camarón café y el de menor rendimiento fue el blanco a lo largo de toda la temporada de pesca. En el mes de octubre se obtuvo el mayor rendimiento con 1.07 t/día/barco y conforme fue avanzando la temporada, este rendimiento fue disminuyendo. Aranceta (2016) menciona que, para el sur de Sinaloa, la tendencia general por cada especie es a la disminución en la captura conforme avanza la temporada. Particularmente en el camarón café, cuando se presentaron incrementos en los meses de diciembre y febrero, reportando un total de 0.33 t/día/barco para el mes de octubre siendo el más alto en toda la temporada y un promedio de toda la temporada de 0.2 t/día/barco, menor al reportado en este estudio, que es de 0.399 t/día.

9.3. Coeficiente de capturabilidad

El problema de aplicar una capturabilidad (q) constante en los modelos pesqueros generalmente es una respuesta a la falta de información pesquera y biológica disminuyendo la resolución del modelo (Arreguín-Sánchez, 1996). También se observa que el camarón es un recurso muy dependiente de las condiciones ambientales que desfazan o alteran la magnitud de su época reproductiva (López-Martínez *et al.*, 2010). Para el caso de la pesquería de camarón, el problema de usar una q constante es que existe mucha variabilidad asociada a su estimación. Dentro de los factores detectados que generan variabilidad a q : 1) la naturaleza de la pesquería: esta es una pesquería secuencial donde se explota distintos componentes del ciclo de vida; 2) el poder de pesca

de cada flota es distinto; 3) el recurso se comporta de manera diferencial en el tiempo; 4) el ambiente ocasiona cambios en la abundancia de los camarones; y 5) el mismo comportamiento del pescador o la estrategia de pesca. Arreguín-Sánchez (1996) define estas mismas fuentes de variabilidad y las asocia con la selectividad (v.gr. artes de pesca empleados por flota: poder de pesca); la accesibilidad (v.gr. no hay permiso de pesca para la flota de pequeña escala en mar abierto y viceversa); la disponibilidad (v.gr. patrón de abundancia en el espacio y tiempo de la población de camarón: hábitats por etapa de ciclo de vida) y la vulnerabilidad del recurso (aumenta la probabilidad de captura hacia algunas edades o tallas por características del arte de pesca o de la biología del recurso: agregaciones reproductivas de adultos; agrupaciones de juveniles y preadultos en los tapos en aguas protegidas).

En el Instituto de Pesca (INP, 2002) calculan la capturabilidad mensual para las artes de red de arrastre tipo “chango” y redes suriperas con q_i variables. Sin embargo indican q constantes para las redes de arrastre de los barcos y las redes de enmalle. Esto genera un modelo sesgado en su componente marino al suponer una misma capturabilidad en todas las tallas marinas, por otra parte, Aranceta (2016) realizó el cálculo de la capturabilidad a la longitud de la flota industrial, para cada especie en la pesquería del camarón en el sur de Sinaloa, en cuanto a la vulnerabilidad general, se observó para las tres especies un aumento a partir de la edad de primera. Para el camarón blanco observó un aumento en la vulnerabilidad de reproductores de octubre a enero, mostrando su valor más alto en octubre ($q_{L,t} = 0.00036$), el camarón café mostró señales de reclutamiento a la pesquería en todos los meses siendo más claros en noviembre y febrero con edades de 5 a 7 meses, mostrando sus valores más altos en el mes de diciembre ($q_{L,t} = 0.00028$), la vulnerabilidad de los reclutas a la pesquería en la especie de azul fue en noviembre, diciembre y marzo y la de los reproductores fue en los meses de octubre, enero y febrero, presentando el promedio mensual más alto en octubre ($q_{L,t} = 0.00020$). En el presente estudio q se estimó mensualmente donde podemos observar un comportamiento similar al detectado por Aranceta (2016), para el caso del camarón blanco el valor más alto detectado fue en el mes de noviembre ($q = 0.000024$) a diferencia de Aranceta (2006), en esta temporada (2011-2012) no se muestran datos de captura por parte de la flota industrial para el camarón blanco, por lo que no se calculó q para este mes. En el caso

del camarón café y azul los valores más altos se reportaron para el mes de octubre ($q=0.00048$, $q=0.00093$ respectivamente), poniendo en evidencia como los valores más altos de q para las 3 especies son al inicio de la temporada de pesca y como, al ir avanzando la temporada, este valor disminuye.

9.4. Número de embarcaciones

El número de embarcaciones en los últimos años ha disminuido, debido al programa “proyecto estratégico de retiro voluntario de embarcaciones camaroneras” (PERVEC), el cual tiene como objetivo contribuir a la conservación y uso sustentable de los recursos pesqueros mediante el retiro voluntario de embarcaciones que integran la flota mayor, a través de la acción voluntaria del Beneficiario de entregar a la CONAPESCA para su cancelación, las concesiones o permisos de pesca comercial, vigentes a cambio del otorgamiento de un Subsidio y proceder al desguace de la embarcación a retirar.

En cuanto al número efectivo de embarcaciones pescando durante la temporada 2011-2012, el mes de octubre es cuando se registra mayor número de embarcaciones y se tiene una disminución conforme avanza la temporada. El promedio mensual de embarcaciones por puerto es: Mazatlán 333 embarcaciones, Guaymas 114 y Topolobampo 27 (Tabla 8). De acuerdo al INAPESCA (2012), para la temporada 2009-2010 se tiene el mismo comportamiento registrado en este estudio, sin embargo, el número promedio mensual de embarcaciones es mayor, teniendo para Mazatlán 393, Guaymas 166 y Topolobampo 63 embarcaciones en operación mensual.

Tabla 8. Número de embarcaciones con permiso vigente en los 3 puertos pesqueros de mayor importancia en el sur del golfo de california (INAPESCA, 2012 y *CONAPESCA, 2014).

Puerto	2004	2007	2008	2012*
Guaymas	335	249	166	114
Mazatlán	435	580	393	333
Topolobampo	75	75	66	27

9.5. Zonas de pesca

La flota pesquera de camarón de altamar realiza viajes de pesca con un promedio de duración de 20 días; la temporada inicia en septiembre y culmina en marzo, durante este periodo esta flota presenta alta movilidad a lo largo de todo el Pacífico mexicano. INAPESCA realiza un análisis del esfuerzo mediante el programa de observadores a bordo para la temporada 2009-2010 con un total de 159 viajes de pesca con una duración de 7-51 días, donde puso en evidencia que la flota de Mazatlán y Guaymas es la que presenta mayor movilidad en toda la temporada y su dispersión es mayor conforme avanza la temporada, el 85 % de los lances se realiza a una profundidad entre 5-25 brazas (), el 13% entre 25 a 45 brazas() y el resto mayor a 45 brazas con un promedio de 16 brazas (). La profundidad de arrastre tiene influencia directa con la captura de las especies de camarón, de acuerdo al plan de manejo para la pesquería del camarón en el Pacífico mexicano (INAPESCA, 2004), para el camarón café las mayores capturas se obtienen entre las 11 y 40 brazas de profundidad, para el camarón azul a menos de 25 brazas y para el camarón blanco la mayor abundancia y captura se obtiene entre las 5 y 15 brazas de profundidad. Para la temporada 2011-2012 (este estudio), se observó un patrón similar de movilidad donde la flota de Mazatlán y Guaymas presenta mayor dispersión conforme avanza la temporada de pesca, también se observa como a partir del mes de diciembre del 2011 las embarcaciones se alejan de la costa, este comportamiento no se reporta en la temporada 2009-2010; sin embargo, los usuarios del recurso (pescadores), mencionan que conforme la temporada avanza la disponibilidad del recurso es menor, hasta alcanzar el punto donde ya no es redituable la captura de camarón, por lo que van en busca de otros recursos de importancia comercial (ej. escama y tiburón) con diferentes artes de pesca, por ejemplo cimbra y redes de enmalle, en el caso del estudio del esfuerzo pesquero realizado por el INAPESCA (mencionado anteriormente), solo se registran lances efectivos de pesca, por tanto no observan ellos este patrón de dispersión latitudinal de la flota observado en este estudio (Figura 12).

9.6. Evaluación de la población

El parámetro esencial dentro de la dinámica de poblaciones son los modelos de crecimiento porque de ellos depende el correcto análisis posterior en los modelos estructurados por edades (Tian *et al.*, 1993).

Con respecto a los parámetros de edad y crecimiento, se eligieron para ajustar el modelo los que se consideraron más adecuados; para el camarón café los propuestos por Chávez y Rodríguez (1971), para el camarón azul los propuestos por Rodríguez de la Cruz (1972) y para el blanco los propuestos por Chávez (1973).

Donde se asume que el crecimiento alcanza un máximo teórico de longitud o peso, y la tasa de crecimiento se reduce al mínimo o ≈ 0 conforme se aproxime al valor máximo (von Bertalanffy, 1951; Pauly, 1981).

De manera general las tres especies de peneidos presentaron variabilidad en las estimaciones de los parámetros para la ecuación de von Bertalanffy. Esto era de esperarse debido a que el crecimiento en peneidos depende de factores intrínsecos como el sexo (las hembras alcanzan mayores tamaños después de la madurez; Chávez, 1973) y la etapa de vida (en la fase de aguas interiores el crecimiento es más rápido que en aguas marinas; Lluch, 1977).

Las ecuaciones de crecimiento seleccionadas han sido empleadas y validadas en otros estudios sobre la dinámica pesquera (Lluch, 1977; Saenz y Lluch, 1990) y a falta de un muestreo sistemático para determinar los parámetros, se hace la suposición que la tasa de crecimiento en cada especie de camarón no ha variado considerablemente y es aplicable en la actualidad.

De acuerdo con las gráficas de captura y biomasa estimada y la mortalidad por pesca y tasa de explotación se observa que, para las tres especies analizadas en este estudio, las mayores capturas se realizaron en los últimos años provocando que este recurso de gran importancia en el país se encuentre en un estatus de sobre explotación moderada. De acuerdo al plan de manejo para la pesquería del camarón en el litoral del océano Pacífico mexicano (INAPESCA 2004), los principales factores que causan que este recurso se encuentre sobreexplotado son: la sobrecapitalización de la pesquería, la

capacidad de captura de la pesquería, la competencia entre el sector social y privado, falta de control del esfuerzo y el fuerte impacto de la actividad pesquera sobre el fondo marino, por estos factores las pesquerías de arrastre de camarón en las zonas tropicales son consideradas como insostenibles en términos económicos, sociales y ambientales (Guillet, 2008).

Al inicio de la explotación se tendrán resultados económicamente favorables, por la alta abundancia del recurso, pero a medida que la demanda del producto aumenta y la tecnología reduce los costos totales, las pesquerías sufren una creciente presión del esfuerzo pesquero que es insostenible y lejos de su nivel óptimo (Emery *et al.*, 2014). Foster y Vincent (2010) en un estudio realizado en el sureste del golfo de California, plantean que para mejorar el éxito de las estrategias de manejo de estas pesquerías se deberían integrar a los planes de manejo el conocimiento y actitud de los pescadores.

De acuerdo con el plan de manejo del camarón para el litoral del Pacífico Mexicano se establece como objetivo de manejo el conducir la pesquería de camarón a niveles sustentables usando como herramienta de manejo el punto de referencia objetivo o sea el máximo rendimiento sostenible.

En este trabajo se proponen dos escenarios posibles que haría más eficientes las capturas con respecto al escenario más reciente analizado (2014), se pone en evidencia que la reducción del impacto y el aumento de las capturas no son objetivos mutuamente excluyentes si el tamaño en la primera captura se ajusta correctamente (Froese *et al.*, 2016).

Los modelos de estructura por edades permiten observar consecuencias en la aplicación de regulaciones como el establecimiento de una edad de primera captura y/o escenarios de variabilidad en las relaciones reclutamiento y stock parental variando el esfuerzo pesquero. Se puede estimar el tamaño del stock y los niveles de captura usando diferentes niveles de pesca, llamado proyección del stock. Así mismo el modelo se puede emplear para calcular las tasas de F para alcanzar un objetivo de recuperación de stocks (Seijo *et al.*, 1997; Anderson y Seijo, 2010).

La incertidumbre asociada a la gestión de las poblaciones explotadas impone la necesidad de aplicar los principios de precaución para evitar el riesgo de agotamiento de las poblaciones y el colapso de las pesquerías, si ese punto de referencia se adopta como objetivo. Para un diagnóstico completo de una población explotada, la estimación de la *FMSY*, como aquí se propone, se necesita hacer referencia a las estimaciones del tamaño del stock, como la captura o la densidad, y podría complementarse con otros indicadores de pesca, como lo sugiere Froese (2004). Para este caso se utiliza como punto de referencia el esfuerzo pesquero (f) y la edad de primera captura (t_c), para de esta forma cumplir con los objetivos propuestos y encaminar la pesquería a niveles sostenibles.

Se han propuesto otros dos métodos basados en los parámetros del ciclo de vida (Zheng *et al.*, 1993); sin embargo, también requieren estimaciones previas de la biomasa del stock. Por el contrario, las ecuaciones encontradas y descritas en este documento no necesitan un valor previo de la biomasa de la población, se basan exclusivamente en los parámetros de crecimiento y la biomasa es un producto intermedio del proceso, y tienen la ventaja de que se pueden aplicar a cualquier stock explotado.

10. CONCLUSIONES

- a) La aplicación de un modelo estructurado por edades (FISMO) es muy útil para realizar un diagnóstico de la pesquería del camarón en la parte sur del golfo de California, ya que se realiza mediante información biológica de la especie (parámetros de crecimiento) e información de estadísticas de la flota pesquera con el fin de cuantificar el esfuerzo de pesca.
- b) Se observó que las capturas presentan un aumento en la última década y la proporción de especies ha tenido ligeros cambios en los últimos 20 años; sin embargo, el camarón café ha sido el más abundante en estas dos décadas con alrededor del 50%.
- c) Se observó una disminución en el número de embarcaciones en los últimos años pasando de 1,394 en el año 2000 a 755 en el año 2014.
- d) Se logró estimar el coeficiente de capturabilidad mensual de la flota camaronera industrial, en una temporada de pesca para cada especie, presentando variabilidad mensual y el cual fue integrado al modelo de simulación.
- e) En términos generales la flota pesquera de alta mar de los principales puertos pesqueros del sur del golfo de California, tiene una antigüedad mayor a 30 años en operación, sin embargo se ha estado modernizando y adquiriendo tecnología para trabajar con mayor eficiencia, esta tecnología ha permitido aumentar su autonomía realizando viajes con una duración promedio de 20 días y un máximo de 51 días.
- f) Se observó que las tres especies presentan un crecimiento similar, siendo el camarón café el de mayor peso y el camarón azul el de mayor tamaño, alcanzando su madurez sexual a una edad de 4 meses en las tres especies.
- g) Se observó como las altas capturas en los últimos años provocan una disminución en la biomasa de la población explotada y al tratarse de especies con un ciclo de vida corto, este comportamiento se refleja como disminución en las capturas de las temporadas siguientes.
- h) Se logró proponer dos escenarios de manejo para cada especie y estos fueron comparados con el escenario actual el cual mostró cómo el recurso se encuentra explotado cerca de su máximo rendimiento sostenible.

- i) Se concluyó que para cada escenario de manejo es necesario aumentar la edad de primera captura, ya que con esto se le daría la oportunidad a la especie de reproducirse por lo menos una vez.
- j) El escenario que permite obtener los máximos volúmenes de captura es F_{MSY} en el que se estandarizó la mortalidad por pesca a 0.2 (con un total de 494 embarcaciones) y a una $t_c = 5$ meses; sin embargo, para alcanzar el mayor beneficio social (toneladas por pescador), es necesario disminuir la mortalidad por pesca.

11. RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se utilizan como puntos de referencia la edad de primera captura y la mortalidad por pesca para poder optimizar las capturas y así lograr que el recurso no entre en un estatus de sobrexplotación y de esta manera lograr una pesquería sostenible:

- Edad de primera captura. El camarón se pesca a una edad de 4 meses, la cual coincide con la edad de madurez sexual (para las tres especies que conforman el recurso en el golfo de California); de acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda aumentar la edad de captura a 5 meses (Tabla 9), con la finalidad de dar oportunidad de que los camarones se puedan reproducir por lo menos una vez antes de ser capturados y de esta forma aumentar la biomasa de la población. Para implementar esta medida será necesario aumentar la luz de malla de las artes de pesca utilizados por la flota camaronera.

Tabla 9. Peso y longitud de las tres especies de camarón que conforman el recurso, a la edad de captura actual y a la recomendada.

		Longitud (cm)	
Edad (meses)	Camarón azul	Camarón blanco	Camarón café
4	13.3	12.8	13.4
5	15.3	14.3	15.2
		Peso (g)	
	Camarón azul	Camarón blanco	Camarón café
4	40.8	27.7	42.3
5	60.07	41.14	62.86

- Mortalidad por pesca. Actualmente este recurso se pesca a su nivel de rendimiento máximo sostenible, por lo que se recomienda no aumentar la F , sino al contrario, sería recomendable disminuir F a un punto en el que factores externos como cambios en el ambiente o una presión de pesca mayor provocara la sobre explotación del recurso.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, L.G. y J.C. Seijo. 2010. Bioeconomics of fisheries management. Wiley- Blackwell. Iowa. 305 pp.
- Aranceta-Garza, F. 2016. Análisis bioeconómico de la pesquería del camarón en el golfo de California. Ph. D. Thesis, CICIMAR, IPN. México. 243 pp.
- Arosemena, M. 1976. Influencia de la salinidad y temperatura en el comportamiento de camarones juveniles. In: Castro-Aguirre J.L. (ed), Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. Instituto Nacional de Pesca, 1: 375-378.
- Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. Rev. Fish Biol. Fisher. 6(2), 221-242.
- Arreola-Lizárraga, J. A., E. A. Aragón-Noriega, L. G. Hernández-Moreno, S. Hernández-Vázquez, y A. Ortega-Rubio. 2004. Co-occurrence, habitat use and abundance of shrimps *Farfantepenaeus californiensis* and *Litopenaeus stylirostris* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in a coastal lagoon on the Gulf of California. Pp. 417-537, in: M. E. Hendrickx (Ed.). Contribuciones al estudio de los Crustáceos del Pacífico Este [Contributions to the study of east Pacific Crustaceans 3]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 245 pp.
- Bernard, A. T. F. y P.W. Froneman. 2005. Population dynamics of the caridean shrimp *Palaemon peringueyi* in a temperate temporarily open/closed southern African estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 63:73-81.
- Brusca, R.C. y M.E. Hendrickx. 2008. The Gulf of California Invertebrate Database: The Invertebrate Portion of the Macrofauna Gulf Database. <http://www.desertmuseum.org/center/seaofcortez/databasephp>
- Cabrera, J. J. 1970. Informe sobre los programas de biología de camarón en los planes piloto Escuinapa y Yavaros (Report of the programmes of Shrimp Biology in the pilot study of Escuinapa and Yavaros). Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México. 12 pp.

- Castro-Aguirre, J. L. 1976. Efecto de la temperatura y precipitación pluvial sobre la producción camaronesa. In: Castro-Aguirre J.L. (ed), Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. Instituto Nacional de Pesca. (1) pp. 8-13.
- Castro-Ortiz J., y M. Sánchez-Rojas. 1976. Notas Preliminares del comportamiento y dinámica poblacional de *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1871), en los sistemas lagunarios del centro de Sinaloa. In: Castro-Aguirre J.L. (ed). In: Memorias del simposio sobre biología y dinámica poblacional de los camarones. Guaymas, Sonora, México del 8-13 agosto 1996. México DF. Subsecretaría de pesca, Instituto Nacional de Pesca, Tomo 2:213-53.
- Cervantes-Hernández, P., B. Sánchez-Meraz, J. J. Serrano-Guzmán, A. Frías-Velasco, S. Ramos-Cruz y A. Gracia. 2008. Variación interanual de la abundancia de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) en el golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica*. 18(3): 215-226.
- Chapa, S. G. 1966. La laguna de Caimanero, su producción camaronesa y proyecto para la realización de obras encaminadas a su incremento Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas-Pesqueras, México, D. F. Serie de Trabajos de Divulgación No. 103, II: 1-37.
- Chapa-Saldaña, H. y R. Soto-López. 1969. Relaciones de algunos factores ecológicos con la producción camaronesa 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. and Phleger, F. B. (Eds) Coastal lagoons A symposium. UNAM-UNESCO. Mexico, D. F. 28-30 Nov 1967: 653-662.
- Chávez E.A. 1973. Estudio sobre la tasa de crecimiento del camarón blanco (*Penaeus vannamei* Boone) de la región Sur del golfo de California. *Ciencia Mex.* 28 (2): 79-85.
- Chávez, E. A. 2004. Perspectivas de la pesquería de camarón del Pacífico mexicano. Tercer Foro de Camarón del Pacífico. Resumen.
- Chávez, E. A. 2005. FISMO: A Generalized Fisheries Simulation Model. pp: 659-681. *in*: Kruse, G.H., V.F. Gallucci, D.E. Hay, R.I. Perry, R.M. Peterman, T.C. Shirley, P.D. Spencer, B. Wilson, and D. Woodby (eds.), Fisheries assessment and management in data-limited situations. Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks.

- Chávez, E.A. y M.C. Rodríguez de la Cruz. 1971. Estudio sobre el crecimiento del camarón café (*Penaeus californiensis* Holmes) del golfo de California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 32: 111-127.
- CONAPESCA, A. E. D. A. 2013. Pesca 2013. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Mazatlán, Sinaloa, México, 2008b. De: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-deacuacultura-y-pesca>.
- CONAPESCA. 2004. Plan de Manejo para la Pesquería de Camarón en el Litoral del Océano Pacífico Mexicano. SAGARPA-CONAPESCA-INP. <http://www.inapesca.gob.mx/portal/>
- CONAPESCA 2014. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad
- Del Valle-Lucero, I. 1989. Estrategia de producción y explotación en una laguna costera de México. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 266 pp.
- Del Valle, I. y P. Martin, P. 1995. Interannual variation in the catch and mean length of penaeid shrimp in the lagoons and coastal waters of Sinaloa, NW Mexico, and their possible link with environmental factors. In: ICES Mar. Sci. Symp. Vol (199): 370-378.
- Díaz de Leon, A.J.C. 1993. Exploitation and management of the Sinaloa shrimp fishery, Mexico. Ph D dissertation, University of London.
- Emery, T.J., K. Hartmann, B.S. Green, C. Gardner y J. Tisdell. 2014. Does 'race to fish' behaviour emerge in an individual transferable quota fishery when the total allowable catch becomes non-binding? *Fish and Fisheries*, 15(1): 151-169.
- FAO. 2014. Anuarios de Estadísticas de pesca. Cuadros resumidos 2012. Producción pesquera: estimación del valor por grupos de especies.
- Foster, S.J. y A.C.J. Vincent. 2010. Tropical shrimp trawl fisheries: fishers' knowledge of and attitudes about a doomed fishery. *Marine Policy*, 34(3): 437-446.
- Froese, R. 2004. Keep it simple: tree indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries* 5(1):86–91.

- Froese, R., H. Winker, D. Gascuel, R. Sumaila y D. Pauly. 2016. Minimizing the impact of fishing. *Fish and Fisheries*, 17:785–802.
- Galicia, R. 1976. Crecimiento del camarón azul (*Penaeus stylirostris*) y camarón café (*Penaeus californiensis*) en la zona de Puerto Peñasco, Son. En: Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica de Poblaciones de Camarones. (2):189.
- Grijalva-Chon, J.M. y R.H. Barraza-Guardado. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del género *Penaeus* en Bahía Kino y laguna de La Cruz, Sonora, México. *Ciencias Marinas* 18: 153-169.
- Guillet, R. 2008. Global study of shrimp fisheries, FAO Fisheries Technical Paper. No. 475. Rome, FAO. 331 pp.
- Hernández-Covarrubias, V., H.A. Muñoz-Rubí, J. Madrid-Vera y D. Chávez-Herrera. 2012. Fecundidad del camarón blanco *Litopenaeus stylirostris* de la plataforma continental de Sinaloa, México. *Cienc. Pesq.* 20: 17-21.
- Holthuis, L.B. 1980. FAO species catalogue. Volume 1-Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. (No 125).
- INP. 2014. Dictamen de fin de veda: evaluación biológica de las poblaciones de camarón durante la veda 2014 en el litoral del Pacífico Mexicano. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. CRIP Mazatlán. México, 96 pp.
- INP. 2016. Evaluación y Manejo de la Pesquería de camarón del Pacífico mexicano. Instituto Nacional de Pesca. 42 pp.
- Jones, J.B. 1992. Environmental impact of trawling on the seabed: a review. *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.* 26: 59–67.
- Lluch, B.D. 1974. La pesquería de camarón de Altamar en el noroeste. Un análisis biológico pesquero. Serie Informativa INP/S1: 116 pp.
- Lluch-Belda, D. 1982. La pesquería del camarón del Pacífico (Diagnosis monográfica de los conocimientos existentes). IPN-CICIMAR, DGINP-EPES, CICTUS-UAS. Cocoyoc, Morelos.

- Lluch, B.D. 1977. Diagnóstico, modelo y régimen óptimo de la pesquería de camarón en altamar en el noroeste de México. Tesis doctoral. IPN-CICIMAR.
- López, G.L. 1967. Estudio sobre las migraciones de postmisis de *Penaeus vannamei* Boone. (Preliminary study of migrations of postmysis of *Penaeus vannamei* Boone). Proceedings of the World Science conference on the Biology and Culture de Shrimp and Prawns. FAO Fish. Rep. 57(2):405-415.
- López-Martínez, J., S.H. Vázquez, E.H. Valdivia, J.R. Romero, y E.A. Chávez. 2008. Influencia ambiental en la pesquería de camarón. pp: 115-127. En: López-Martínez. J. (Ed.). Variabilidad Ambiental y Pesquerías de México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
- López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, N. Hernández-Saavedra, E. Serviere-Zaragoza, J. Rodríguez-Romero, C. H. Rábago-Quiroz, G. Padilla-Arredondo, S. Burrola-Sánchez, R. Morales-Azpeitia, S. Pedrín-Aviles, L. F. Enríquez-Ocaña, M. O. Nevárez-Martínez, A. Acevedo-Cervantes, E. Morales-Bojórquez, M. R. López-Tapia, y J. Padilla-Serrato. 2012. 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 S. C. pp. 15-25. 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,
- López-Martínez, J., S., Hernández-Vázquez, C. H., Rábago-Quiroz, E., Herrera-Valdivia y R. Morales-Azpeitia .2008. Efectos ecológicos de la pesca de arrastre de camarón en el golfo de California. Estado del arte del desarrollo tecnológico de las artes de pesca.13-47 pp. En: Santinelli J. (Ed.) La situación del sector pesquero en México. CEDRSSA. Palacio Legislativo de San Lázaro. México, D.F.
- Loesch, H. C. 1980. Some ecological observations on show-swimming nekton with emphasis on Penaeidae shrimp in a small Mexican west coast estuary. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 7: 15-26.

- Macias-Regalado, E. 1973. Estudio sobre patrones de distribución de postlarvas de camarón del género *Penaeus* durante sus movimientos entre el mar y las lagunas costeras Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 1-62.
- Meraz-Sánchez. 2006. Modelación espacial de la pesca industrial de camarón en el sureste del golfo de California, utilizando SIG. Instituto Nacional de la Pesca. CRIP Mazatlán, Sinaloa, México.
- Morales-Bojórquez, E., J. Madrid-Vera, J. G. Díaz-Urbe, 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., 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.
- Morales-Bojórquez E., J. López-Martínez, L. Francisco y J. Beléndez-Moreno. 2013. Estimating Biomass, Recruitment, and Harvest Rate for the Pacific Yellowleg Shrimp *Farfantepenaeus californiensis* from a Size-Based Model. Journal of Shellfish Research, 32(3): 815-823.
- Núñez, R., H. Chapa y E. Chimal de Nuñez. 1951. La pesca del camarón por artes fijas en los estados de Sinaloa y Nayarit: III. Datos sobre la producción – Estudio comparativo de especies y tamaños de camarón que integran la producción de aguas interiores y oceánicas. Contribuciones técnicas. Instituto de Pesca del Pacífico A.C. México.
- Ortega, S.A. y P.A. Nuñez. 1974. Migración de postlarvas de camarón *Penaeus spp.* entre Mazatlán, Sinaloa y San Blas, Nayarit, México. V. Congreso Nacional de Oceanografía, Guaymas, Mexico, octubre 1974.
- Rodríguez de la Cruz, M.C., y J.F. Rosales 1976. El camarón del noroeste de México. *INP Serie información*. INP/SI: i48.
- Romero-Sedano, C, E.A. Aragón-Noriega, M. Manzano-Sarabia, C. A. Salinas-Zavala y A.R. García-Juárez. 2004. Reproductive period of brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) in the Agiabampo coastal lagoon System, Sonora/Sinaloa, México. *Ciencias Marinas* 30(3): 465-475.

- Roden G.I. y I. Emilson I. 1979. Physical oceanography of the Gulf of California. En: Ayala-Castañares A., F.B. Phleger, R. Schwartzlose y A. Laguarda (Eds.) El golfo de California: 1-46. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Sáenz-Martínez, P.G. y D. Lluch-Belda. 1990. Análisis de una temporada de pesca de camarón azul en alta mar. Serie documentos de trabajo año II, No. 28, Instituto Nacional de la Pesca. 19 pp.
- SAGARPA. 2012. Anuario Estadístico de Pesca. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.
- Seijo, J. C., O., Defeo, y S. Salas. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. *FAO: Documento Técnico de Pesca*, (368). Roma, FAO, 1997.176p
- Soto, L. R. y R. Bush. 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/S115 p.
- Sparre, P. y S. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I - Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306/1.
- Tian, X., P., Leung y E. Hoochman. 1993. Shrimp growth functions and their economic implications. *Aquac. Eng.* 12(2): 81-96.
- Valenzuela-Quiñónez, W., E.A. Aragón-Noriega, J.A. Arreola-Lizárraga, H.M. Esparza-Leal y C.A. Salinas-Zavala. 2008. The Pacific yellowleg shrimp, *Farfantepenaeus californiensis*, on the continental shelf and in adjacent lagoons: is there a response to differences in depth. *Crustaceana* 81(2):129-141.
- Zheng, J., T. J. Quinn, I. I. y G. Kruse. 1993. Comparison and evaluation of threshold estimation methods for exploited populations. University of Alaska, Sea Grant College Program, Rep. No. 93(02):267–289.