

CAPÍTULO 16

Aplicación y evaluación del sistema de pesca de arrastre selectivo, por popa en embarcaciones menores, para la captura de camarón y protección a la vaquita marina en el Alto Golfo de California.

Fermín Medina Carrillo^{1*}, Sergio Paúl Padilla Galindo y José Trinidad Nieto Navarro

RESUMEN

En la reserva de la biosfera Alto Golfo de California y delta del Río Colorado, el aprovechamiento del recurso camarón con sistemas de pesca no adecuados ha impactando a especies emblemáticas y endémicas. Por ello, se evaluó un sistema de pesca de arrastre camaronero con aditamentos que mejoran la selectividad: dispositivo excluidor de tortugas marinas (DET), dispositivo excluidor de peces (DEP) y doble relinga inferior.

Se realizaron pruebas pareadas de 30 minutos en la zona de amortiguamiento de la reserva, a bordo de embarcaciones menores propulsadas por un motor fuera de borda, una red modificada y otra sin modificaciones (testigo), en profundidades de 8 a 20 m. Se efectuaron 4 cruceros con 22 lances pareados, registrándose los parámetros operacionales, comportamiento del arte de pesca y la producción. Las capturas fueron separadas e identificadas, se registraron parámetros morfométricos de cada especie. La composición en las tallas de capturas fue diferente tanto en

Palabras clave:
Sistema de arrastre,
Embarcaciones
menores,
Vaquita marina

¹Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. Bahía de Matanchén km 12, Carretera a los Cocos, C.P. 63740. San Blas, Nayarit, México.

*Autor de correspondencia: E-mail: insurgentes316@yahoo.com.mx

camarón como en la fauna íctica. El análisis estadístico con respecto a las capturas de camarón reveló diferencia con el uso de la doble relinga, DET ($P = 0.010$) y el DEP ($P = 0.044$) al utilizar la doble relinga en combinación con DET y DEP; en cuanto a peces, la prueba pareada de Wilcoxon demostró diferencias significativas en la red testigo con respecto a la modificada, al utilizar doble relinga con DET ($P = 0.001$) y la combinación de DET y DEP ($P = 0.004$). Concluyendo que las modificaciones en la red permitieron la disminución de capturas incidentales de especies no objetivo de captura.

INTRODUCCIÓN

En un principio la pesquería de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Alto Golfo de California favoreció la creación de algunos poblados pesqueros, siendo ésta la base económica en la década de los 40's; pero de pronto dejó de serlo, dado que las capturas disminuyeron drásticamente. Sin embargo, la captura de camarón pasó a ser desde 1930 la principal fuente de ingresos de la actividad pesquera, y hasta la fecha es un pilar importante de la economía no solo de esta región sino de todo el Golfo (WWF-INP-CONAPESCA 2005). Con el propósito de proteger la especie vaquita marina, se planteó la posibilidad de asignar cuotas de captura a cada una de las flotas a partir de un límite máximo, que sería establecido tomando como base la capacidad de carga del ecosistema del Alto Golfo de California y particularmente de la reserva de la biosfera (SEMARNAT 2003). SEMARNAT-SAGARPA (2004) mencionan la importancia estratégica de la pesca en el Alto Golfo de California, definiendo que es clara en términos de generación de divisas como producto de las exportaciones.

El ecosistema Alto Golfo de California y delta del Río Colorado ha sido reconocido como una de las regiones más productivas del Golfo de California en términos de producción de camarón azul. Cerca de 70 especies son aprovechadas por la flota ribereña utilizando "pangas" (embarcaciones de hasta 10.5 m de eslora, sin cubierta, con capacidad máxima de 3 toneladas y motores que van desde los 55 hasta 200 HP) que utilizan varios tipos de artes de pesca: redes agalleras y de enmalle, cimbras, buceo y colecta manual, entre otros. En la región del Alto Golfo incluida la reserva, la pesquería de camarón está integrada por camarón café y azul con una captura

promedio por parte de las flotas menores de Golfo de Santa Clara, San Felipe y Puerto Peñasco (650 pangas) de 700 t al año, más un volumen variable que captura la flota mayor (162 barcos) que sumados dan una captura promedio anual de aproximadamente 2,000 t (SAGARPA-CONAPESCA-INP 2007). En el 2002 se prohibió la operación de barcos camaroneros y el uso de redes de enmalle con tamaño de malla mayores de 6 pulgadas en la Reserva, lo que generó algunas iniciativas de solución a los diversos conflictos surgidos por la aplicación de una norma emergente, especialmente con el sector de pesca industrial (armadores), los que fueron resueltos mediante una autorización condicionada de impacto ambiental a 162 barcos camaroneros a fin de que puedan realizar operaciones dentro de la reserva por tres meses (octubre - diciembre), y se les condiciona entre otras cosas a utilizar el excluidor de peces y tortugas, a respetar un área de exclusión de pesca en un polígono que abarca parte de la zona de mayor concentración de vaquita marina. A pesar de tener estos acuerdos y prohibiciones, las flotas ribereñas en las tres comunidades del Alto Golfo han continuado con el uso de redes de enmalle, de tamaño de malla mayor a 6 pulgadas, así como el chinchorro de línea camaronero de una longitud mayor (300 m) a la establecida en la Norma Oficial Mexicana (SAGARPA-CONAPESCA-INP 2007).

En la Reserva de la biosfera mencionada anteriormente, habita la marsopa *Phocoena sinus* (vaquita marina), el único mamífero marino endémico de México que tiene el rango de distribución más restringido de todos los cetáceos (Ballenas, delfines y marsopas). La principal causa en el declive de la población de la vaquita marina es debido a la mortalidad por pesca en redes de enmalle conocidas como "chinchorro de línea", arte de pesca que se utiliza en la extracción de camarón en embarcaciones menores en dicha zona (WWF-INE 2006). Aunado a lo anterior probablemente en este sector donde se ha observado el incremento en el número de embarcaciones menores para la pesca de camarón y escama, presentándose con mayor evidencia el problema de la pesca ilegal.

La pesquería del camarón particularmente en el Alto Golfo de California representa en términos económicos la pesquería de mayor importancia en esa región. Sin embargo, por una combinación de razones naturales y sociales, la presencia de especies en peligro de extinción como la vaquita marina y la totoaba; y actualmente la

restricción de zonas para la pesca de recursos comerciales (camarón, corvina golfina, chano) dentro de la reserva de la biosfera del Alto Golfo de California y delta del Río Colorado, se ha observado una disminución de las capturas.

El enfoque dependiente al aprovechamiento de los recursos pesqueros en la zona es la actividad más importante, que a través de los años se ha ejercido de manera constante, teniendo un declive en las capturas de especies de valor comercial y ocasionando un desequilibrio en las poblaciones de organismos que no son objeto de captura. En este contexto, se hace notar que es necesaria la modificación o el cambio en los sistemas de extracción de los recursos marinos en el Alto Golfo de California, con una orientación a desarrollar estrategias de conservación y equilibrio económico para las comunidades dedicadas a la pesca, por lo que resulta pertinente la búsqueda de artes de pesca alternativos que coadyuven con una explotación racional y sustentable de los recursos pesqueros.

Con el propósito de reducir la probabilidad de afectación sobre la especie *Phocoena sinus* principalmente por pesca ribereña, dirigida hacia la captura de camarón con chinchorro de línea de los campamentos pesqueros de la zona de San Felipe, Baja California, Golfo de Santa Clara, Sonora; se propone el adoptar una tecnología de captura denominada red de arrastre de fondo para la captura de camarón con aditamentos que mejoren la selectividad, como el dispositivo excluidor de tortugas marinas (DET), dispositivo excluidor de peces (DEP) y doble relinga inferior, que permite la reducción de broza y de organismos bentónicos. Parte fundamental de la investigación es la evaluación técnica, selectiva en la exclusión de fauna, mitigación de los impactos sobre los ecosistemas bentónicos y el descarte de las captura de especies endémicas de la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de operación

La región que incluye el Alto Golfo de California y delta del Río Colorado fue decretada como reserva de la biosfera en 1993, que se ubica entre los 31°00' y 32°10' latitud norte, y los 113°30' y 115°15' longitud oeste y tiene una extensión de 934,756 hectáreas (fig. 1). En ésta se han incluido dos zonas de manejo: la zona núcleo con 164,779

hectáreas, y la zona de amortiguamiento con 769,977 hectáreas. En la región existen ecosistemas representativos de gran diversidad, riqueza biológica y alta productividad (SARGARPA, 2004). El Alto Golfo de California posee características oceanográficas muy particulares, como son: su poca profundidad relativa (principalmente en su porción más noroeste), pendientes del fondo muy poco pronunciadas, rangos extremos de temperatura, alta evaporación, baja precipitación, salinidad elevada, grandes capas de sedimentos (debido a los aportes que realizaba antiguamente el Río Colorado), alta turbidez y grandes amplitudes de marea (Maluf 1983, citado por Nava-Romo 1994). La experimentación se realizó en la zona de amortiguamiento, respetando a su vez las denominadas zonas: núcleo y área de refugio de la vaquita marina (polígono).

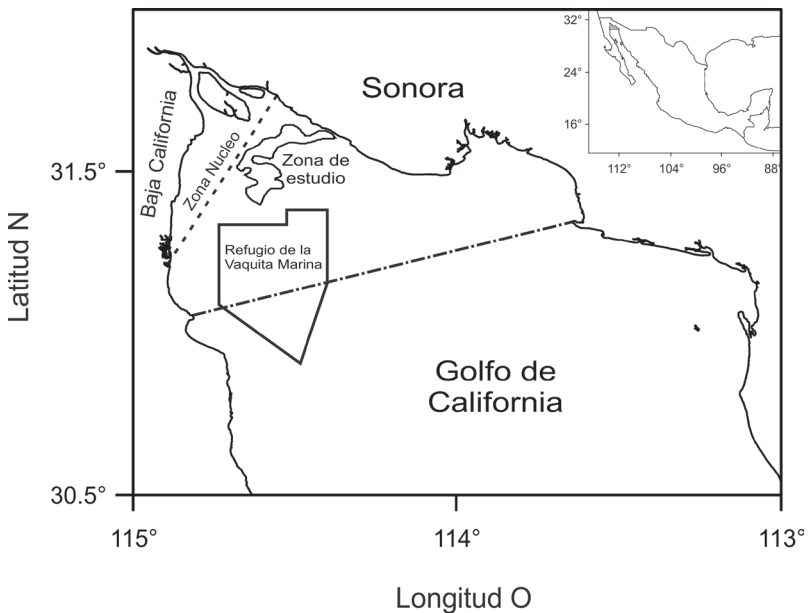


Figura 1. La Zona de estudio, representa el lugar de arrastre sobre algunos caladeros típicos de captura de camarón del Alto Golfo de California.

Bahías de Matanchén, Nayarit y Teacapán, Sinaloa

Se llevaron a cabo las primeras pruebas de entrenamiento para estandarizar el proceso de muestreo a bordo. Las actividades consistieron en la calibración y ajuste de la red de arrastre que se emplearía en los muestreos en el Alto Golfo de California. Se

efectuaron lances en la bahía de Matanchén, San Blas, Nayarit, con el fin de dominar adecuadamente el ciclo de pesca y sus variantes (maniobra del calado, arrastre y virado de la red). Durante éste proceso, se corrigió la toma de datos meteorológicos, las mediciones a bordo y recolecta de muestras. El proceso de capacitación finalizó en la bahía de Teacapán, Escuinapa, Sinaloa, con un viaje de pesca realizado en la zona de pesca donde se maniobran redes de arrastre camaroneras denominadas “changos”. El propósito de desarrollar esta última fase del entrenamiento fue el fortalecer el carácter del trabajo de campo y probar comparativamente el desempeño de las redes tradicionales del lugar y el equipo de pesca del proyecto.

Propuesta de diseño tecnológico

La red de arrastre propuesta para este proyecto, se obtuvo a partir del modelo ENIP90NN, propuesto en el marco del proyecto de investigación SAGARPA-CONACyT 2005-CO1-12004, denominado “Impacto de la pesca de arrastre en ecosistemas bentónicos del estado de Nayarit”; desarrollado por la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera (UAN), en colaboración con el Centro Interdisciplinario de Ciencia Marinas (IPN). Este modelo fue diseñado con base en el análisis de las características (tipos de corte, confección y materiales) de diferentes redes de arrastre camaroneras utilizadas por la flota del Pacífico mexicano (p. ej. volador, cholo, mixto, buzo e intrépido).

Cálculo de red

El procedimiento para el cálculo de la red de arrastre camaronera propuesta fue bajo el método propuesto por Medina-Carrillo (2007), que se basan en la proporción entre las piezas principales de ambas redes (de la red propuesta “a calcular” y la red modelo ENIP90NN “existente”).

Pruebas de pesca

Los lances fueron consecutivos en los caladeros elegidos por los propios pescadores con arrastres pareados de 30 minutos a una profundidad entre los 8 y 20 m, con una red sin modificar (testigo) y otra con modificaciones (aditamentos colocados en la red; excluidor de tortugas (DET), excluidor de peces (DEP) y doble relinga inferior; (fig. 2). A su vez se registró la distancia de arrastre recorrida mediante un sistema de posicionamiento global por satélite, con el objeto de

tener el dato para calcular el área barrida por el método descrito por Sparre y Venema (1997). Asimismo, se midió la abertura horizontal de la red, por el método de triángulos semejantes (separación entre cabos de arrastre medidos en los puntos de amarre y a una distancia de 50 centímetros).

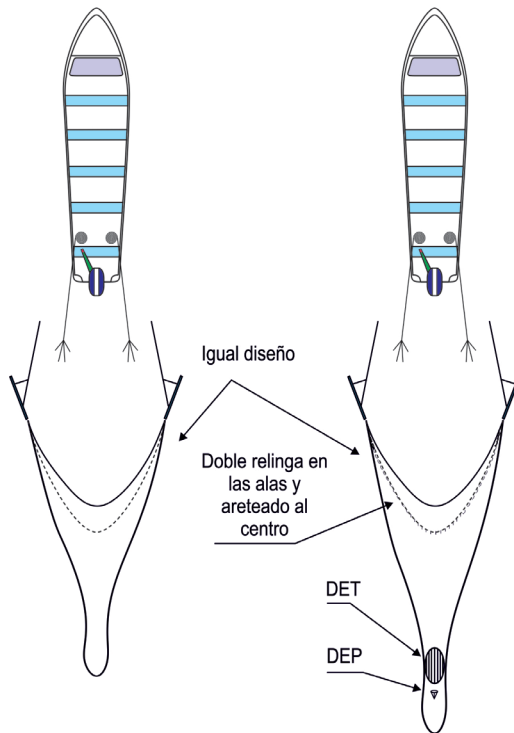


Figura 2. Arrastre pareado con las redes Testigo y Modificada aditamentos colocados en la red; excluidor de tortugas (DET), excluidor de peces (DEP) y doble relinga inferior.

Las capturas obtenidas en los lances de pesca experimental fueron separadas en peces, invertebrados (crustáceos, equinodermos, moluscos y poliquetos) y basura. Sólo los peces fueron identificados con claves taxonómicas de Robertson y Allen (2006) y Fisher *et al.* (1995). También se obtuvo la biometría de peces y camarón; para las especies de importancia comercial de camarón presentes en el área de estudio (azul *Litopenaeus stylirostris* y café *Farfantepenaeus californiensis*), la talla fue medida desde el rostro hasta el extremo de los urópodos; además se identificó el estado de madurez de cada individuo. Las mediciones de talla, tanto en peces como en camarones fue obtenida con un ictiómetro, mientras que el peso fue obtenido

con una balanza digital de 0.1 g de precisión, la biometría se efectuó después de cada viaje de pesca realizado por las embarcaciones.

El experimento se efectuó con varias series de lances, en dos etapas; en la primera se comparó una red sin modificaciones (testigo), con lastre uniforme y tenso sobre la relinga inferior y la red modificada identificada por la colocación del excluidor para tortugas (DET) y de doble relinga inferior. En la segunda etapa se agregó el excluidor de peces a la red modificada. Aunado a la instalación de los dispositivos excluidores se hicieron los ajustes sobre la doble relinga (areteado al centro) en la red modificada.

Análisis de datos

La captura por unidad de tiempo invertido y la eficiencia o captura relativa de camarón y fauna acompañante de los sistemas de pesca, se calculó mediante el método propuesto por Fridman (1986), para la comparación de redes operadas en la misma zona, con el mismo tiempo de arrastre.

El coeficiente de abertura horizontal de las puertas de arrastre correspondiente a la abertura horizontal de la relinga superior, se calculó por la propiedad de triángulos, para una longitud de cabo de arrastre determinada (método empírico). La selectividad se determinó mediante el modelo de curva logística (Sparre y Venema 1997). Para el análisis estadístico, se aplicó la prueba de normalidad de Kolgomorov-Smirnov, con el fin de conocer el comportamiento de los datos y aplicar el estadístico de prueba de hipótesis pareado pertinente, para evidenciar si existe diferencias significativas entre las capturas totales, camarón y peces de las redes a comparar.

Con el fin de identificar las especies responsables de la semejanza y diferencia entre las muestras a comparar, fue necesario utilizar la subrutina de porcentaje de similaridad (SIMPER, Clarke y Gorley 2006). A partir de la matriz de similitud calculada con el coeficiente de Bray-Curtis, con base en la matriz de abundancia de peces transformada con $\log(x+1)$. Este análisis, es un complemento del análisis multivariados no paramétricos, utilizado para describir cambios en la estructura de la comunidad. No obstante, esta metodología puede ser aplicada en nuestro caso de estudio; para ello fue necesario considerar la captura de la fauna íctica acompañante como muestra a comparar.

RESULTADOS

Red de arrastre

La red prototipo en lo general considera los atributos de diseño y confección de la red modelo ENIP55AGN; sin embargo debido a la necesidad de aprovechar al máximo el paño de red, el plano técnico fue adaptado a las dimensiones del fardo; proceso que dió origen a simplificaciones técnicas de construcción, tales como la obtención de las cuchillas y tapa superior en una sola pieza y algunas modificaciones en cortes de paño de red, sin perder la estructura base que hace posible la captura de *Litopenaeus stylirostris*. Cada parte fue colocada sobre la forma geométrica del fardo, construida a la misma escala y coeficientes de aberturas u_1/u_2 de la red, obteniendo el plano de distribución, con la finalidad del aprovechamiento máximo del material de paño de red y como consecuencia un ahorro del mismo. Se construyeron redes de arrastre del modelo ENIP55AGN (fig. 3), de longitud en la relinga superior de 16.73 m (55 pies), de paño monofilamento de 0.55 mm, de tamaño de malla de 44.45 mm ($1\frac{3}{4}$ de pulgada) en el cuerpo y alas; para el bolso de ($1\frac{1}{2}$ de pulgada) de paño multifilamento teñido y tratado de 1.43 mm (N° 18).

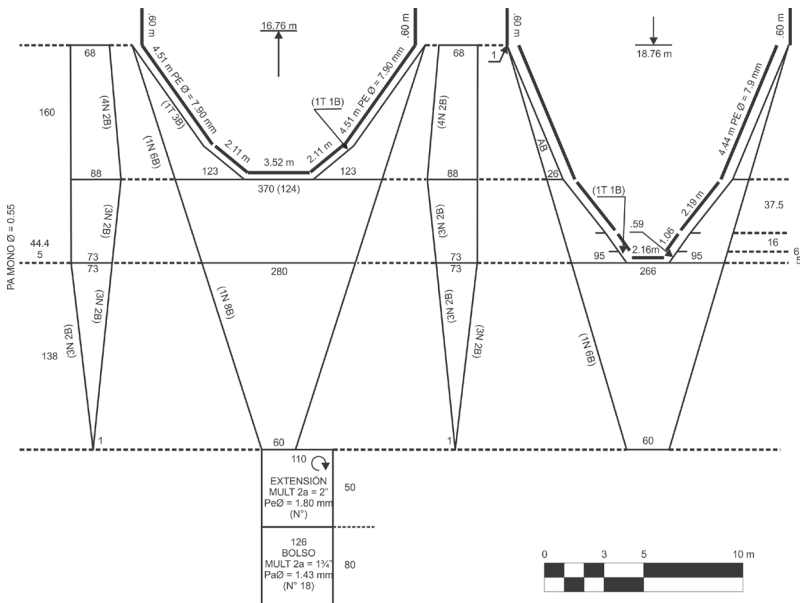


Figura 3. Red de arrastre camaronera ENIP55AGN para embarcaciones menores (pangas), con motor fuera de borda de 75 a 115 hp.

La red de arrastre a experimentar fue modificada en la relinga inferior y se adaptaron dispositivos excluidores. La red testigo fue el mismo prototipo sin modificaciones.

Las puertas de arrastre

Construidas de un marco de acero, laminas fibra de vidrio de una salida de agua original, con la opción de aumentar a dos más; un peso máximo de 18.2 kg cada una, diseño hidrodinámico con dimensiones de 1.23 m de longitud por 0.64 m de altura (0.78 m²), con quilla semicircular (Padilla-Galindo 2006)(fig. 4).

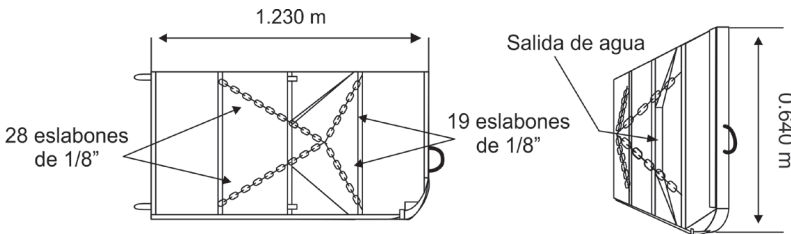


Figura 4. Puertas de arrastre de acero y fibra de vidrio, de una salida de agua, tipo “Tiberiades” de 0.78m².

Dispositivo Excluidor de Tortugas (DET)

La construcción del marco (DET), es de estructura rígida conformada por un marco oval con dimensiones de 115 cm de alto por 90 cm de ancho, barras verticales fijadas firmemente al marco y distribuidas equidistantemente con una separación máxima de 10 centímetros medidos de borde a borde de las barras.

Con respecto al marco el material de construcción es de varilla de aluminio de 16 mm (5/8”) de diámetro para el marco y 12.7 mm (1/2 pulgadas) para las barras verticales (fig. 5a, Padilla-Galindo, 2006).

La instalación del marco oval en la extensión de paño de red, fue en una pieza de paño de polietileno (PE) multifilamento, $\varnothing = 1.80$ mm, tamaño de malla de 2 pulgadas de 50 por 110 mallas (fig. 5b), unida por los bordes de 50 mallas (formándose un cilindro). Para la obtención del ángulo deseable de 48°, se colocó un aro en cada extremo de la extensión para estirla y asegurar que la costura de dicha extensión quede en la parte inferior.

Iniciando en la parte delantera de la extensión se cuentan 8 mallas a lo largo de la costura (la unión de los bordes de la extensión). Para fijar la parte superior central se siguió contando sobre la costura hasta las 23 mallas; desde ese punto se cuenta al costado 55 mallas

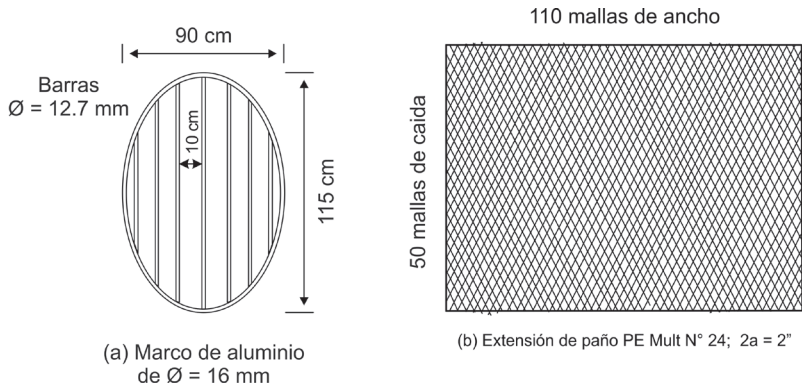


Figura 5. DET de aluminio (a), cubierto de paño polietileno PE de dos pulgadas de tamaño de malla (b).

encontrándose el punto de fijación de la parte superior del marco; se acomodó el marco en la extensión fijando los lados a la misma, iniciando la costura en el centro superior y terminando en la parte inferior (fig. 6).

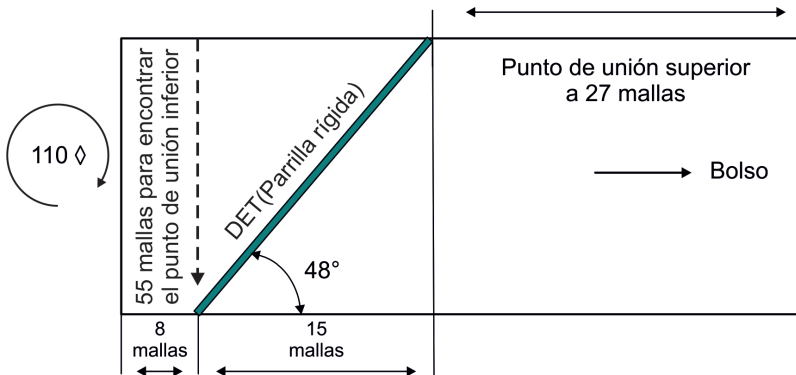


Figura 6. Posición de la parilla DET en la extensión.

El corte para la salida de escape (fig. 7a), se inició media malla al frente de la parte superior del marco. Se continuó con el corte bordeando el marco, siempre manteniendo la media malla hasta que la distancia entre los extremos uno al otro del corte en relación al marco fue de 28 pulgadas (71.12 centímetros), se cortó hacia el frente 10 mallas a cada lado, cuadrando el borde de los cortes de un extremo al otro. La construcción y fijación de la cobertura del hueco de salida, se formó de una pieza de 55 por 26 mallas de paño de polietileno (PE) de tamaño

de malla de 2 pulgadas (fig. 7b).

Se colocó sobre la abertura que conforma la salida de escape, uniendo el borde anterior parte del costado, dejando libre el resto que cubrirá de manera sobrepuesta en dicha salida. Se instalaron dos flotadores a un costado en la parte superior por fuera del TED con el propósito de evitar el desgaste por fricción con el fondo de la red, además de contrarrestar el peso y proveer estabilidad (fig. 7c).

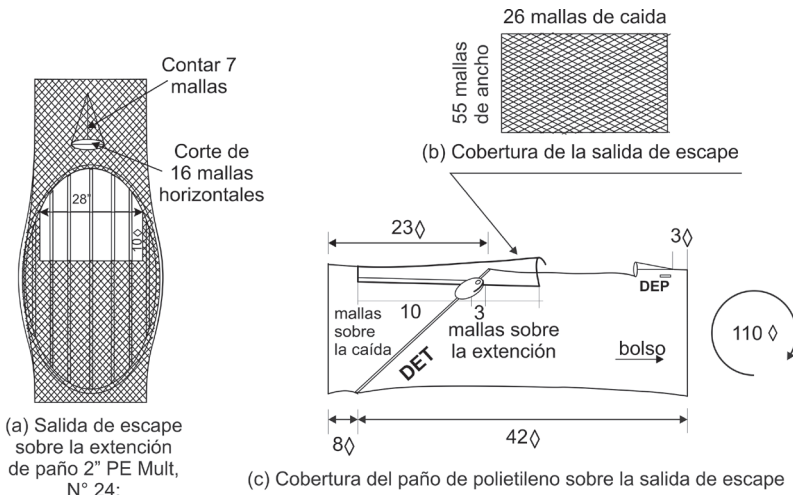


Figura 7. Componentes del DET. (a) Salida de escape, (b) Cobertura de salida y (c) Cobertura de paño de polietileno, sobre salida de escape de fauna.

La salida de escape se orientó hacia arriba obedeciendo a una tendencia generalizada por la flota camaronera comercial, misma que coincide con la recomendación emitida en el documento técnico de FAO No. 372, mencionando que su localización es indistinta arriba o abajo (Villaseñor 1997).

Dispositivo Excluidor de Peces "Ojo de Pescado" (DEP)

La construcción del marco del ojo de pecada se compone de acero inoxidable, consistió en un pequeño marco y tres barras formando un ápice que sirve de orientación hacia la salida. El marco puede ser de varias formas, pero en este caso, el diámetro menor fue de 14 cm y un área de total de 476 cm² (fig. 8). Se instaló detrás del DET con el ápice hacia el bolso de la red. Instalación del dispositivo ojo de pescado (DEP), se inició en el final de la extensión, contando 3 mallas desde la parte posterior de la misma. Se cortó la apertura

de salida perpendicular a la costura de 13 mallas (6.5 mallas a cada lado de la costura). El dispositivo se orientó de modo que el ápice quedara hacia la parte trasera de la red y la barra central contra el paño de red. El DEP se aseguró tejiendo entre las mallas de la extensión, tanto en las barras del ápice y del marco.

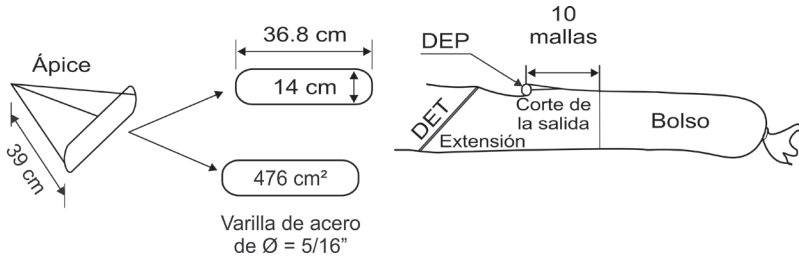


Figura 8. Descripción e instalación del DEP

Modificación en la relinga inferior "doble relinga inferior"

- En este estudio se consideró doble relinga inferior, a la distancia entre el punto de amarre del lastre de la red constituido por cadena y la relinga inferior de la red (Padilla-Galindo 2006), misma que partiendo de los extremos de la relinga, se disponen puntos de amarre que la separan 5 cm, incrementando gradualmente la distancia hasta los 20 cm al término de la base de las alas; en la parte central solo cuelgan tramos cortos de cadena de una forma particular conocida como "areteado" (fig. 9).

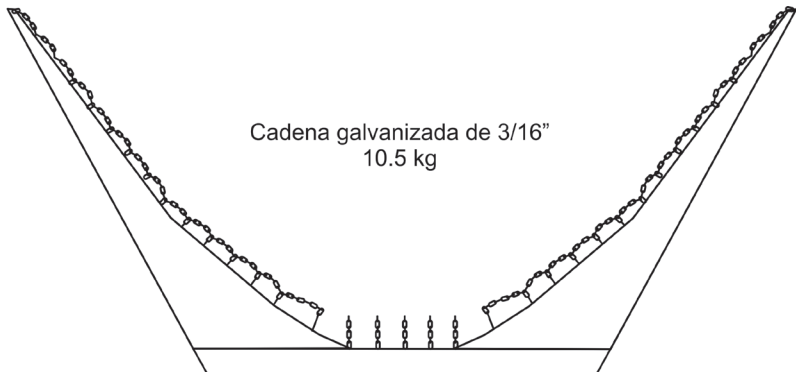


Figura 9. Representación del apareamiento de la doble relinga inferior.

Evaluación de alternativas tecnológicas

En la etapa de evaluación del desempeño del prototipo y sistema excluidor de endofauna y peces, se efectuaron 22 lances pareados,

durante cuatro cruceros en la zona marina de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Alto Golfo de California y delta del Río Colorado. Se analizaron 952 camarones y 2,119 de peces obtenidos en 38.49 y 832.19 kg de captura respectivamente. Adicionalmente se realizó el registro de 733.83 kg de invertebrados y 94.76 kg de basura.

La proporción de hembras (H) y machos (M) durante el estudio para *Litopenaeus stylirostris* se encontró que para una hembra existen de 1.055 a 1.379 machos; no obstante la proporción para *Farfantepenaeus californiensis* se presentó un dominio de hembras, con proporción de machos menor a uno (Tabla 1). Las capturas por unidad de esfuerzo (kg/h) en ambos experimentos mostraron diferencias en peces, invertebrados y basura en las redes a comparar (fig. 10).

Tabla 1. Proporción de hembras y machos observada durante el estudio.

Experimento	Tipo de red	Proporción	
		<i>L. stylirostris</i>	<i>F. californiensis</i>
1	Testigo	1 _H :1.205 _M	1 _H : 0.72 _M
	Modificada (DR y DET)	1 _H :1.076 _M	1 _H : 0.68 _M
2	Testigo	1 _H : 1.055 _M	1 _H : 0.20 _M
	Modificada (DR, DET y DEP)	1 _H : 1.379 _M	1 _H : 0.71 _M

Sin embargo las capturas de camarón fueron similares. Durante el segundo experimento donde se agregó el excluidor de peces y se contó con un mejor ajuste en la doble relinga, y el excluidor de tortugas.

Prueba de hipótesis

En las capturas (kg) por lance se observó diferencia entre ambas redes (fig. 11). Por ello, la prueba de hipótesis se realizó con estas capturas, debido a que se tuvo la estandarización en el tiempo, zona de arrastre y prototipo de red. Los datos de capturas de camarón pasaron la prueba de normalidad ($P > 0.05$). El contraste de hipótesis (prueba *t* pareada) de capturas de camarón, mostró diferencia con el uso de la doble relinga, DET ($P = 0.010$) y el DEP ($P = 0.044$), con valor de *P* muy cercano al límite de la significancia al 95%, al utilizar la doble relinga en combinación con DET y el DEP;

esta diferencia puede ser por el escape de camarones, al momento de hacer la maniobra de cobrado de la red. En cuanto a peces, las capturas no pasaron la prueba de normalidad ($P < 0.05$); la prueba pareada de Wilcoxon demostró diferencias significativas en la red testigo con respecto a la modificada, al utilizar doble relinga con DET ($P = 0.001$) y la combinación de DET y DEP ($P = 0.004$). El análisis de frecuencia de tallas de peces mostró que la captura de algunas especies fue menor en la red modificada que la testigo (p. ej. *Sciades platypogon*, *Isopisthus remife*, *Etropus crossotus*, *Symphurus elongatus*, *Urobatis concentricus* y *Gymnura marmorata*).

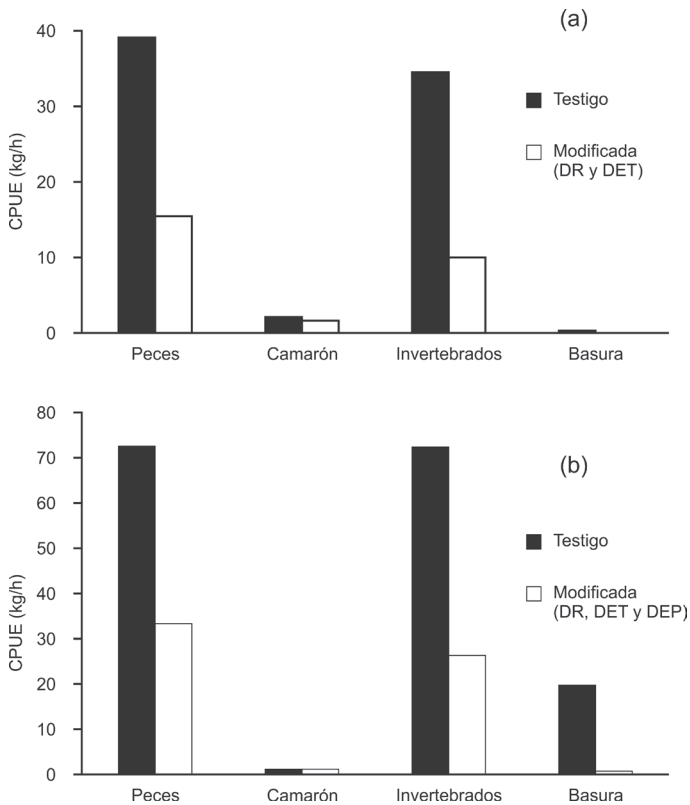


Figura 10. Capturas por unidad de esfuerzo de las redes durante el experimento. a) Red modificada con doble relinga y DET; b) Red modificada con doble relinga, DET y DEP.

Proporción de capturas

En términos generales, la proporción de captura por comparación fue mayor en la red testigo que en la red modificada (Tabla 2). Probablemente los valores altos de fauna en la proporción, se deban

a que el estudio se realizó al final de la temporada de pesca, donde el camarón es menos abundante por la extracción del recurso por parte de la pesca artesanal realizada en la zona de estudio.

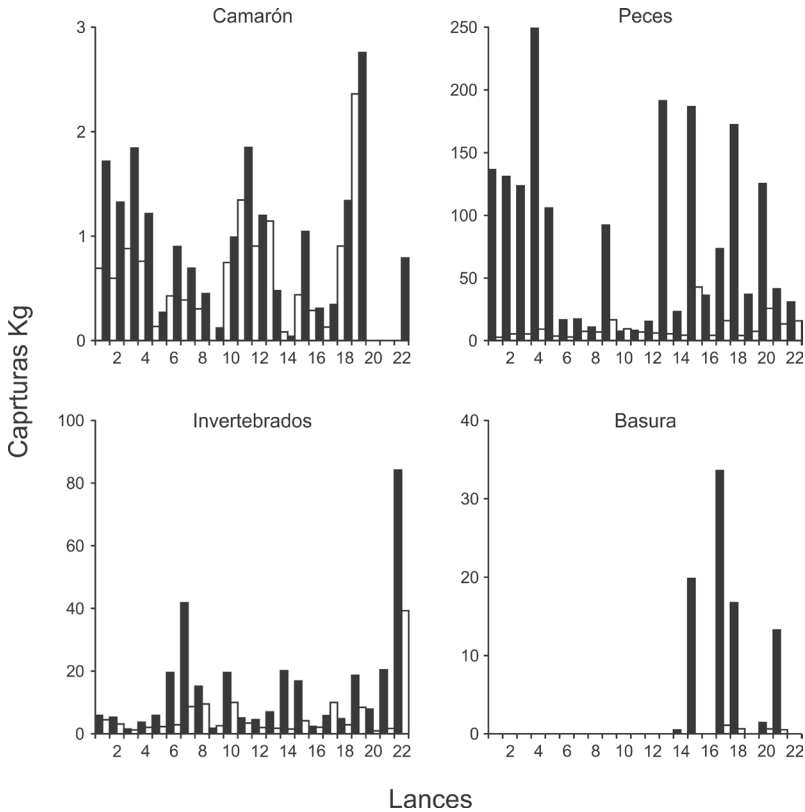


Figura 11. Capturas de las redes por lance, representadas en cuatro grupos de la composición FAC. (Blanco - Red Modificada; Negro - Red Testigo).

Tabla 2. Fauna acompañante (FAC) por un kilo de camarón (proporción de capturas).

FAC	Testigo	Modificada (DR y DET)	Testigo	Modificada (DR, DET y DEP)
Peces	18.42	9.61	45.07	21.64
Invertebrados	16.25	6.19	44.95	17.09
Basura	0.09	0.00	12.30	0.63

Puertas de arrastre

Los resultados de la operación de las puertas de arrastre, correspondiente a la abertura horizontal de la relinga superior (Lrs = 16.76 me), se obtuvo el coeficiente (λ_{rs}) de abertura horizontal igual

a 0.65 para las puertas tipo tiberiades utilizadas en ambas redes, debido a las mediciones de separación de los cabos de arrastre por cada 50 cm medidos a partir de los puntos de amarre, dieron por cálculo de la propiedad de triángulos semejantes una separación promedio de abertura horizontal (Brs) de 10.89 m, para una longitud de cabo de arrastre (Lca) de 54.6 m.

Eficiencia Pesquera

Al aplicar el coeficiente de captura relativa o eficiencia pesquera, se encontró que los valores en la captura de fauna íctica, invertebrados y basura estuvieron menores de 0.5, mientras que el camarón, alcanzó el valor de 0.76 a 0.95 (fig. 12), probablemente por la diferencia de capturas en las tallas de 15.5 a 20.5 cm (fig. 13). De ésta manera podemos afirmar que la red modificada captura menor cantidad de fauna íctica.

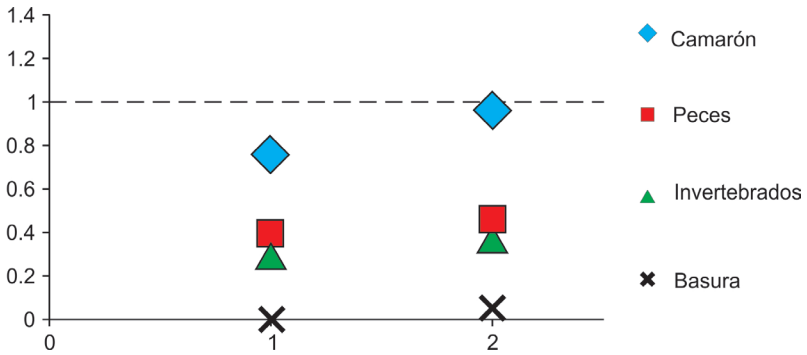


Figura 12. Eficiencia Pesquera de los diferentes grupos que forman la fauna acompañante.

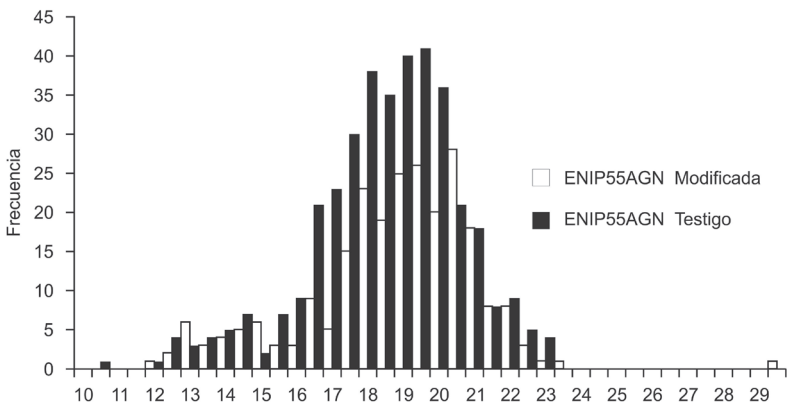


Figura 13. Frecuencia de tallas de camarón.

Selectividad

A pesar de que los sistemas a comparar, fueron construidos con el mismo tamaño de malla en el cuerpo y alas, el modelo de curva logística evidenció que la red con aditamentos y dispositivos excluidores considerada como red modificada, presentó tallas mayores de captura de camarón *L. stylirostris* al 50% de retención, que la red testigo (fig. 14), este mismo patrón se observó al separar la especie por género, sin embargo las hembras mostraron tener una mayor talla al 50% de retención que los machos (Tabla 3). Para *F. californiensis* el L50% durante el primer experimento fue similar con una diferencia de 0.04cm, mientras que en el segundo experimento la red testigo mostró 1.41cm más en la talla de L50% que la red modificada (fig. 15).

Tabla 3. Talla de retención al 50% de *L. stylirostris*.

Experimento	Red de arrastre	L 50%	
		Hembras	Machos
1	Testigo	18.89	18.60
	Modificada (DR y DET)	19.59	19.22
2	Testigo	18.97	18.55
	Modificada (DR, DET y DEP)	19.05	18.90

Fauna íctica acompañante

En total se identificaron 34 especies de peces (Tabla 4); 3 fueron de la clase *Chondrichthyes* y 31 de *Actinopterygii*. Las especies se agruparon en 30 géneros, 21 familias y 10 órdenes; de los cuales el orden perciformes fue representado por 36.36% del total de las especies de peces. En la figura 16 se observaron las especies con mayor abundancia numérica en la zona durante el estudio fueron *Urobatis halleri* (21.63%), *Micropogonias megalops* (21.63%), *Isopisthus remifer* (10.30%), *Cynoscion phoxocephalus* (6.05%), *Orthopristis reddingi* (4.98%); en su conjunto estas especies aportan 64.09% del total de la abundancia obtenida en el estudio.

En la primer etapa del experimento, la composición de especies de peces obtenidas en la red testigo y modificada (con doble relinga y excluidor de tortuga), mostró 72.41 % de similitud.

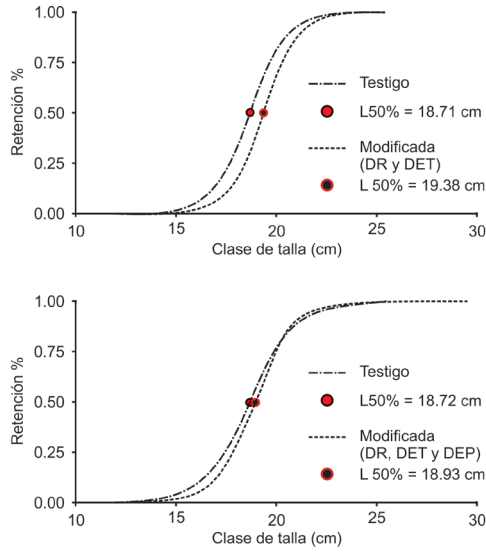


Figura 14. Curvas de selectividad de *Litopenaeus stylirostris*.

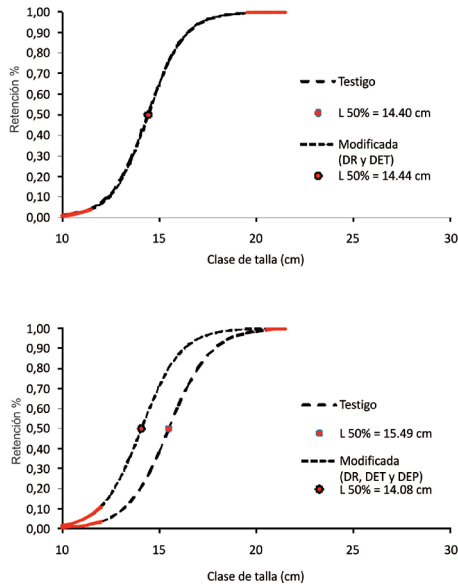


Figura 15. Curvas de selectividad de *Farfantepenaeus californiensis*.

Las especies discriminantes responsables de 27.59% de disimilitud promedio, los porcentajes altos en el aporte individual, los presentó *Isopisthus remifer* (7.21%), *Menticirrhus nasus* (7.17%), *Etropus ciadi* (6.97%), *Sciades platypogon* (6.76%) y *Urobatis halleri* (6.37%). En cuanto a la segunda etapa, ambas redes fueron semejantes en

SISTEMA DE ARRASTRE SELECTIVO

66.40%; las principales especies de peces causantes de 33.60% de la disimilitud promedio fueron *Etropus ciadi* (8.53%), *Orthopristis reddingi* (7.68%), *Urobatis halleri* (7.59%), *Scorpaena sonorae* (7.06%) y *Menticirrhus nasus* (5.55%)(Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia relativa y disimilitud de la composición de especies de peces registrados en las capturas en el Alto Golfo de California.

Especie	ABR% por experimento				Disimilitud %	ABR% por experimento				Disimilitud %
	ABR %T	RM E1	RT E1	TE1		RM E2	RT E2	TE2		
<i>Acylosetta dentrica</i>	0.04	0.00	0.11	0.11	1.94	0.00	0.00	0.00		
<i>Anchovia macrolepidota</i>	0.04	0.00	0.11	0.11	1.94	0.00	0.00	0.00		
<i>Archirus mazatlanus</i>	0.80	0.32	0.76	1.08	2.98	0.03	0.62	0.66	4.81	
<i>Cyclosetta querna</i>	1.27	0.37	0.97	1.34	3.58	0.20	1.04	1.24	3.96	
<i>Cynoponticus coniceps</i>	0.08	0.00	0.22	0.22	3.34	0.00	0.00	0.00		
<i>Cynoscion phoxocephalus</i>	6.05	5.80	10.47	16.27	2.94	0.10	0.41	0.51	2.71	
<i>Cynoscion reticulatus</i>	0.08	0.00	0.22	0.22	3.34	0.00	0.00	0.00		
<i>Diplectrum pacificum</i>	0.59	0.00	0.22	0.22	3.34	0.17	0.62	0.79	2.91	
<i>Etropus ciadi</i>	4.82	0.55	2.81	3.35	6.97	0.23	5.39	5.62	<u>8.53</u>	
<i>Eucinostomus gracilis</i>	3.05	0.00	0.00	0.00		2.01	2.69	4.71		
<i>Gymnura marmorata</i>	0.44	0.18	1.08	1.26	5.89	0.00	0.00	0.00		
<i>Haemulopsis nitidus</i>	0.65	0.46	0.00	0.46	5.54	0.13	0.62	0.76	3.29	
<i>Isopisthus remifer</i>	10.31	2.74	11.87	14.61	<u>7.21</u>	1.14	6.84	7.98	5.34	
<i>Menticirrhus nasus</i>	4.53	0.41	2.37	2.79	7.17	0.70	4.77	5.47	5.55	
<i>Micropogonias megalops</i>	21.46	<u>7.27</u>	<u>19.75</u>	<u>27.01</u>	5.04	<u>3.12</u>	15.33	18.45	4.89	
<i>Opisthonema libertate</i>	0.42	0.00	0.00	0.00		0.03	0.62	0.66	4.81	
<i>Orthopristis reddingi</i>	4.99	0.78	0.76	1.53		0.44	6.42	6.86	7.68	
<i>Paralichthys sp.</i>	0.04	0.00	0.00	0.00		0.07	0.00	0.07		
<i>Peprilus snyderi</i>	1.07	0.09	0.32	0.42	2.76	0.80	0.62	1.43		
<i>Pleuronichthys ocellatus</i>	1.83	0.46	0.32	0.78		0.54	1.86	2.40	3.44	
<i>Pomadasys panamensis</i>	0.31	0.00	0.11	0.11		0.00	0.41	0.41	4.53	
<i>Porichthys analis</i>	0.16	0.14	0.32	0.46	2.09	0.00	0.00	0.00		
<i>Prionotus horrens</i>	0.32	0.14	0.22	0.35		0.10	0.21	0.31		
<i>Prionotus stephanophrys</i>	0.86	0.73	0.76	1.49		0.10	0.41	0.51	2.71	
<i>Rizhoprionodon longurio</i>	0.02	0.00	0.00	0.00		0.03	0.00	0.03		
<i>Sciades platypogon</i>	1.18	0.32	1.83	2.15	6.76	0.03	0.62	0.66	4.81	

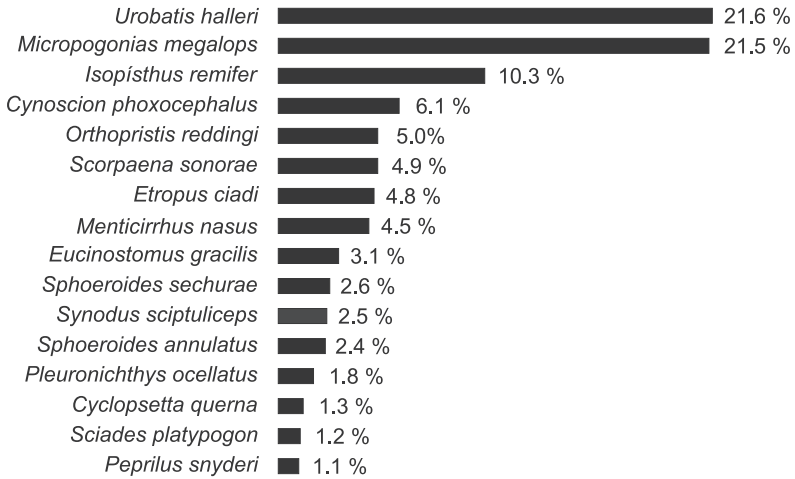


Figura 16. Abundancia relativa de peces durante el estudio.

Poder de pesca

Una forma sencilla de evaluar la calidad de un arte de pesca de manera aceptable y suficientemente representativa es a través del poder de pesca. Que consiste en determinar algunos parámetros de trabajo del sistema de pesca a evaluar mediante mediciones directas y aprovechando la documentación técnica de éste, como los resultados de las mediciones, determinar ciertas características del equipo de pesca evaluado que en su conjunto representan el “poder de captura” (Tabla 5).

Tabla 5. Características del poder de captura de los sistemas de pesca de arrastre camaroneros ENIP55AGN.

Característica	Unidad	Red modificada	Red testigo
Longitud de relinga superior (Lrs)	m	16.76	16.76
Longitud de relinga inferior (Lri)	m	18.72	18.72
Coefficiente (λ_{rs})	-	0.65	0.65
Coefficiente (λ_{ri})	-	0.58	0.58
Abertura vertical (Hr)	m	4.62	4.62
Abertura horizontal (Brs)	m	10.89	10.89
Velocidad de arrastre (Va)	m/hr	3,700	3,700
Característica geométrica (Cg)	m ²	30.64	30.64
Característica geométrica móvil (Cgm)	m ³ /hr	90,142	90,142

Tomando en consideración que las mediciones se tomaron en la misma zona, y que el aparejamiento de las redes fue prácticamente igual. Los aditamentos que se instalaron en la sección localizada entre el cuerpo de la red y el bolso sólo afectaron a uno de los factores de la eficacia de pesca, y no el poder de pesca que está más relacionado a los parámetros de trabajo del arte de pesca y el volumen de agua filtrada por el frente operacional.

CONCLUSIONES

Las modificaciones realizadas a la red permitieron mitigar el impacto al reducir las capturas incidentales de especies que no son el objetivo de captura. Las modificaciones experimentadas a la relinga inferior evitan la captura de endofauna (p. ej. conchas caracoles) y basura no deseable durante la pesca.

La red modificada es eficaz en la exclusión de fauna acompañante, pues la captura relativa de fauna íctica, invertebrados y basura se mantuvo favorablemente por debajo de la red testigo, con valores de la eficiencia relativa menores al 50%. Al mismo tiempo las capturas de camarón aunque descendieron ligeramente, alcanzaron resultados estrechamente similares al utilizar simultáneamente la doble relinga, el excluidor de tortugas y el ojo de pescado.

El dispositivo excluidor de peces “ojo de pescado” permite liberar peces del interior de la red, dejando como evidencia la presencia de tallas mayores de camarón *L. stylirostris* como lo muestran las tallas de L50% de retención en la red con este y otros aditamentos, en contraste con la red testigo la cual no los presenta.

Es viable utilizar la combinación de la doble relinga, el excluidor ojo de pescado y el excluidor de tortugas, destacándose este último por la capacidad de liberar organismos grandes tales como mantas y aguamala, los cuales mitigan el impacto sobre especies de dos estratos de la comunidad vulnerables al sistema de pesca.

De 34 especies de la fauna íctica identificadas, el primer experimento mostró 72.41 % de similitud, y en el segundo 66.40% de similitud en las capturas, por lo que en la red modificada habrá pocas especies en la captura o la ausencia de ellas.

Las especies de peces *Menticirrhus nasus* y *Etropus cadi* son consideradas endémicas del Alto Golfo de California forman parte de las especies responsables de la diferencia entre las capturas de

las redes modificada y testigo; la reducción en sus capturas en la red modificada mitiga el impacto sobre estas especies.

La ausencia en las capturas de la especie de pez *Totoaba macdonaldii*, indica que el sistema de pesca modificado no tuvo efecto sobre la especie.

No se capturó ningún espécimen de vaquita marina (*Phocoena sinus*) durante los lances experimentales; por lo tanto se descarta alguna probabilidad de su captura en la zona de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las siguientes organizaciones e instituciones que tuvieron participación en la planeación, logística, apoyos y éxito del proyecto que dio lugar a este trabajo: Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), Administración de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera (ENIP), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, Oficinas Federales de Pesca - SAGARPA, Golfo de Santa Clara, San Luis Río Colorado, Sonora y San Felipe, Mexicali, Baja California. Por su consentimiento y apoyo práctico, a las seis Federaciones pesqueras de la localidad del Golfo de Santa Clara, San Luis Río Colorado, Sonora y a la Federación Pesquera de San Felipe, Mexicali, Baja California. A las siguientes Cooperativas: Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera y Prestaciones de Servicios Turísticos, "Don José Garay" S. de R.L. de C.V., Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera, "Estero del Güero Veta" S.C. de R.L., Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera y Acuícola, "Isla Pelicano" S.C. de R.L., Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera, "Los Pérez Haro" S.C. de R.L. de C.V., Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera, "Puesta del Sur" S.C. de R.L. de C.V., Sociedad de Producción R. "El Faro García" S.P.R. de R.L. En general a todas las personas que participaron de manera directa e indirecta en las labores, administrativas, de campo, logística, así como en la materialización del presente documento.

REFERENCIAS

Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: Users Manual/Tutorial PRIMER-E: Plymouth, England.

SISTEMA DE ARRASTRE SELECTIVO

- Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, K., Carpenter, E., Niem, V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro Oriental. FAO. Vol. II y III, pp. 648-1813.
- Fridman A. (1986). Calculations for fishing gear designs. Fishing News Books Ltd. Great Britain. 241 pp.
- INP-SAGARPA-WWF. (2006). Evaluación de sistemas de captura para la pesca artesanal de camarón eficiente y amigable con el medio ambiente en el Alto Golfo de California. 7 pp.
- Medina-Carrillo F. (2007). Construcción y operación de sistemas de pesca de arrastre. Manual de prácticas de la unidad de aprendizaje diseño. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. San Blas, Nayarit, México. 50 pp.
- Nava-Romo J. M. (1994). Impactos, a corto y largo plazo, en la diversidad y otras características ecológicas de la comunidad béntico-demersal capturada por la pesquería de camarón en el norte del Alto Golfo de California, México. Tesis de Maestría, ITESM-campus Guaymas, Guaymas, Sonora. 86 pp.
- Padilla-Galindo S. P. (2006). Evaluación alternativas tecnológicas en el sistema de arrastre para la captura de camarón por la flota a pequeña escala del estado de Sinaloa. Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. San Blas, Nayarit, México. 51 pp.
- Roberson D. R., Allen G. R. (2006). Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: un sistema de información. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- SARGARPA. (2004). Carta Nacional Pesquera 2004. Publicada en el Diario Oficial de la Federación. 15 de Marzo de 2004, 439 pp.
- Sparre P. y Venema S.C. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1 Rev. 2. Valparaíso, Chile. 420 pp.
- Villaseñor T., R. (1997). Dispositivos excluidores de tortugas marinas, FAO Documento Técnico de Pesca No. 372, Roma, Italia. 116 pp.
- WWF-INP-CONAPESCA. (2005). Evaluación del impacto del establecimiento de un área de refugio para vaquita marina sobre la pesca artesanal de San Felipe B. C., El Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco, Son. 14 pp. [Publicado en línea] Disponible desde Internet en: <http://www.vaquitamarina.org/portal/wp-content/uploads/2007/03/wwf-inp-conapesca-impacto-poligono-vaquita.pdf>.

CITA DE CAPÍTULO 16

Medina Carrillo, F., S. Paúl Padilla Galindo y J. T. Nieto Navarro. 2012. Aplicación y evaluación del sistema de pesca de arrastre selectivo, por popa en embarcaciones menores, para la captura de camarón y protección a la vaquita marina en el Alto Golfo de California. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 315-338.