

CAPÍTULO 15

Pesca de camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema.

Raúl Villaseñor-Talavera¹

RESUMEN

Se presenta el análisis tecnológico del sistema de pesca de arrastre camarero, incluyendo los cambios recientes de los últimos 10 años. Su relación con los cambios históricos debidos a práctica pesquera, y las mejoras en regulación implementadas en 1991, 1996 y 2007 sobre dispositivos excluidores y redes selectivas y livianas.

A partir de la evaluación de la capacidad pesquera de la flota arrastrera (2005-2006), se identificaron variables de mejora potencial del sistema de arrastre a través de métodos de programación lineal para optimizar una función, considerando como nivel de eficiencia ideal a las embarcaciones con mayor capacidad de pesca en el largo plazo. Los resultados se compararon con acciones recientes para el perfeccionamiento de redes de arrastre con nuevos diseños y modificaciones, usando materiales de construcción livianos, mismos que se sometieron a pruebas experimentales antes de su transferencia tecnológica al sector productivo a través de pesca comercial demostrativa. El éxito de este proceso se relacionó con el incremento de la eficiencia productiva, reducción de impactos en el ambiente e incremento de la rentabilidad por reducción de consumo de combustible. Mediante las acciones de mejora

Palabras clave:

Pesquería de camarón
Tecnología de arrastre
Reducción de impacto

¹Dirección General Adjunta. Dirección General de Ordenamiento Pesquero y Acuícola. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Av. Camarón Sábalo S/N, 5°. Piso. CP. 82100. Mazatlán, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia: E-mail: rvillaseñort@conapesca.sagarpa.gob.mx

del sistema de arrastre, éste puede ser “selectivo y eficiente” para su utilización como parte de la pesca responsable.

INTRODUCCIÓN

La historia reciente de las pesquerías mexicanas está relacionada con el crecimiento social en términos demográficos, su desarrollo tecnológico, inversión en infraestructura y mercado. En las pesquerías artesanales prevalecientes desde tiempos ancestrales, han ocurrido cambios derivados del uso de materiales de construcción de equipos de pesca, innovaciones en las artes de pesca y su operación, embarcaciones más modernas y motores fuera de borda ambientalmente más eficientes. Por su parte, las pesquerías marinas más tecnificadas, se han desarrollado de manera vertiginosa a partir de tecnologías que se difundieron ampliamente durante las últimas cuatro décadas del siglo XX (Nadal 1996) incluyendo la actual. Los cambios se observaron en la producción pesquera que pasó de varias centenas durante los años 50's y 60's, a alrededor de un millón y medio de toneladas anuales en la actualidad; contribuyendo la pesca de camarón con volúmenes de entre 60 y 72 mil toneladas anuales y más de 130 mil dólares de EE.UU. en divisas, siendo considerada la primera pesquería desde el punto de vista social y económico (genera más de 65,000 empleos directos temporales, alrededor de 85,000 empleos indirectos y una cantidad no cuantificable de empleos indirectos no inmediatos) cuyos efectos son de alcances intersectoriales.

La pesca de camarón es un conjunto de varias pesquerías secuenciales, que se desarrollan en ambas costas, participando tanto la flota mayor (barcos arrastreros) como la flota menor (pangas). Actualmente, hay cerca de 1,260 buques operando sobre la plataforma continental en zonas desde 9.15 m de profundidad hasta 100 m aproximadamente. Son barcos de mediano porte, arrastreros por banda, que utilizan dos redes de arrastre en el océano Pacífico mexicano, o con cuatro redes (redes gemelas) en el Golfo de México y mar Caribe (fig. 1). A partir de los años 50's estos sistemas de pesca han tenido cambios relevantes (las primeras pruebas se realizaron por buques norteamericanos en 1917 y en 1927 en el Golfo de México y océano Pacífico respectivamente, Tabla 1).

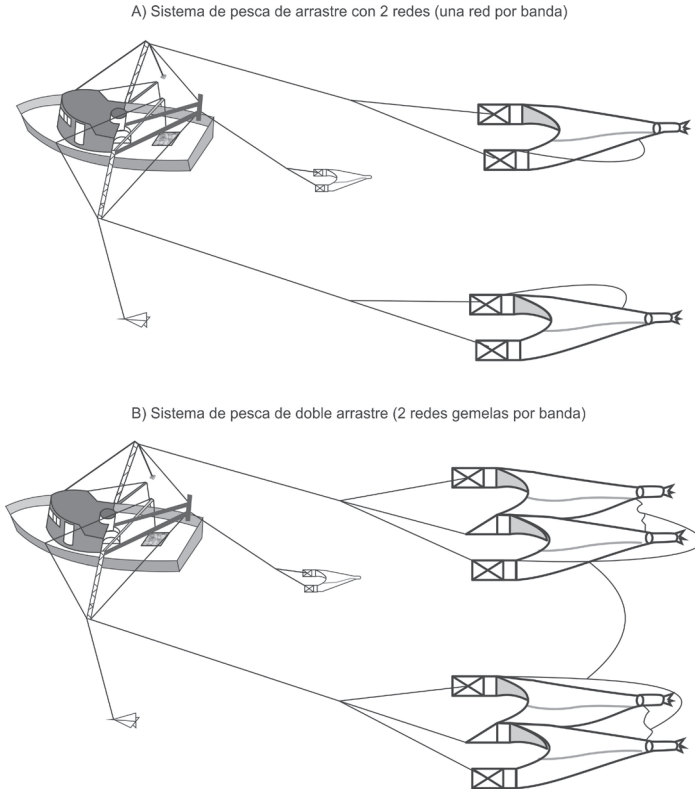


Figura 1. El sistema de pesca de arrastre camaronero usado en el litoral del océano Pacífico (dos redes, una por cada banda de la embarcación) y el de cuádruple aparejo (redes gemelas) usado en el Golfo de México.

Actualmente la pesquería está regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-002-Pesc-1993, sus modificaciones de 1997 y 2006 (CONAPESCA 2009), así como por acuerdos regulatorios de carácter regional que establecen el uso de sistemas de pesca selectivos, así como una zona de refugio para la protección de diversas especies biológicas en la franja marina de la 0 a 9.15 m de profundidad, en donde está prohibida la pesca con el sistema de arrastre. También hay otras medidas de manejo como las vedas estacionales y temporales, vedas permanentes y recientemente se ha incorporado el manejo pesquero basado en incentivos con la modalidad de un sistema de cuotas de captura en zonas de pesca del noroeste de México. En el Océano Pacífico contribuyen a disminuir la mortalidad por pesca las vedas regionales y estacionales (abarcando de marzo a septiembre) y el uso de sistemas de captura a nivel regional.

ARRASTRE Y CAMBIOS TECNOLÓGICOS

Tabla 1. Cambios relevantes en el desarrollo de redes de arrastre camaroneras desde su origen de utilización en ambos litorales de México.

OCÉANO PACÍFICO		GOLFO DE MÉXICO	
1	Primeras pruebas de barcos de EUA con red de arrastre en el océano Pacífico en 1927.	1	Expedición en el Golfo de México en 1917, con barcos arrastreros de EUA.
2	2 buques japoneses usan redes de ala y arrastre de curva en 1937. Los equipos de pesca se construyeron con fibras naturales (algodón) tratado con alquitrán	2	Entre 1940 y 1949 empezaron a operar embarcaciones estadounidenses de hasta 15 m de eslora con una red de arrastre por popa (de fibras vegetales).
3	En los años 50's se sustituyeron las redes por diseños de EUA. Se sustituye 1 red de hasta 37 m de relinga superior por 2 redes de hasta 14 m de relinga superior cada una, aumentando el área de barrido.	3	En los años 50's existían redes "tipo plano" de dos tapas.
4	En los años 50's existían tres diseños básicos de redes: fantasma, balón y semibalón.	4	Hacia 1973, se opera un nuevo sistema de dos redes por cada banda de la embarcación, desde entonces es el sistema más utilizado (redes de fibras sintéticas - poliamida-). Cada red es de hasta 14 m de relinga superior
5	Las redes camaroneras experimentaron un cambio importante a fines de los 70's y a principios de los 80's, en la construcción de equipos de cuatro tapas y el uso de la poliamida. Mayor abertura vertical y menor tensión descendente.	5	Las redes camaroneras experimentaron un cambio importante a fines de los 70's y a principios de los 80's, en la construcción de equipos de cuatro tapas, a base de poliamida y tamaño de malla de 50.8 mm.
6	Desde los años 70's prevalece el sistema de doble aparejo (una red por banda) con redes de poliamida alquitranada y tamaño de malla de 50.8 mm.	6	En 1993 se regula el tamaño de malla del cuerpo quedando en 44.5 mm.
7	En 1993 se regula el tamaño de malla del cuerpo quedando en 44.5 mm.	7	A partir de 1993 se inicia la eliminación de la sección conocida como "Cola de rata" y se usan obligatoriamente los excluidores de tortuga (DET) de tipo suave (modelos Morrison y Andrews)
8	Se perfeccionan los DET introduciéndose mejoras en los excluidores tipo rígido, siendo regulados a partir de 1996	8	Se lleva a cabo la evaluación de la captura incidental de tortugas marinas y del impacto técnico y económico del uso de excluidores. Se desarrollan DET nacionales y se reduce la pérdida de camarón a menos del 5%
9	A finales de los 90's se introduce y amplía el uso de polietileno.	9	A finales de los 90's y a partir del 2000 se introduce y amplía el uso de polietileno.
10	A principios de la década del 2000 se introduce el paño a base de nuevo polímeros (p.e. Dyneema ultra cross silver) reduciéndose la resistencia al avance de las redes. Nuevos modelos de redes son desarrolladas por tecnólogos mexicanos	10	A principios de la década del 2000 se introduce el paño a base de nuevo polímeros (p.e. Dyneema ultra cross silver) reduciéndose la resistencia al avance de las redes. Se mantienen estructuras de modelos tradicionales y el sector genera algunas innovaciones en Campeche

No obstante sus medidas regulatorias, la pesca de camarón con redes de arrastre ha sido cuestionada por la baja selectividad de dichas redes, por sus efectos en otras especies y sobre los fondos marinos. Esta situación no es privativa de México, diversos autores y organizaciones (Christian y Harrington 1987, Conner 1987, Black y Bostock 1991, Alden 1992, Alverson 1992, Jones 1992, Alverson *et al.* 1994, Andrew y Pepperell 1992, Jones 1992, Murray *et al.* 1992, NAFCDWG 2002) han argumentado que la pesca de arrastre de fondo en diversas partes del mundo, afecta negativamente a las poblaciones de algunas especies no utilizadas, altera los fondos por la remoción de sedimentos marinos, e influye negativamente en las comunidades bentónicas especialmente de pequeños crustáceos, moluscos y otros invertebrados como holotúridos, asteroideos, equinoideos y poríferos principalmente (Hall 1996, Koslow *et al.* 2001, Anderson y Clark 2003).

Desde el punto de vista tecnológico, independientemente de su diseño o modelo, los sistemas de pesca de arrastre son altamente efectivos en capacidad de captura o “poder de pesca”, en comparación con trampas u otros sistemas basados en el uso de anzuelos, existiendo numerosas posibilidades de mejora, enfocadas al desarrollo de tecnologías de captura ambientalmente eficientes, algunas de las cuales se están implementando en México durante la última década y se basan en investigación y desarrollo tecnológico, así como en experiencia pesquera nacional e internacional.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se hace un análisis del problema tecnológico que representa el uso de redes de arrastre tradicionales para la captura de camarón, así como de los cambios del sistema de captura, considerando los registros oficiales de las características de la flota y sus redes entre 2003 y 2006. Comparativamente con una revisión bibliográfica sobre el tema, incluyendo las mejoras regulatorias implementadas entre 1991 y 1996, así como en 2007 sobre dispositivos excluidores de tortugas marinas (DET).

Se incluye un análisis previo de la capacidad pesquera de la flota arrastrera (2005-2006), utilizando el método de DEA (Data Envelopment Analysis; Pascoe *et al.* 2003) que es una aplicación de los métodos de programación lineal para optimizar una función,

en donde se determinan los valores óptimos de ponderación que deben tener los insumos (entradas) para producir niveles óptimos de producción (salidas), basándose en las unidades de producción (embarcaciones óptimas) que tienen un nivel de eficiencia elevado o ideal (Charnes *et al.* 1994, Fare *et al.* 1989, 1992). En este caso, los niveles de eficiencia óptimos o ideales fueron las embarcaciones con mayor capacidad de pesca registrado en el mediano y largo plazo. Se consideraron las especificaciones técnicas y económicas para identificar variables de mejora (tamaño del buque, edad del buque, capacidad de bodega, tipo y capacidad de desplazamiento, capacidad de arrastre, tipo y tamaño de redes) con independencia de la zona de pesca, profundidad de operación y época en la temporada, a efecto de identificar acciones de mejora en la eficiencia de la flota (CONAPESCA 2006). Los valores se compararon con acciones recientes para el perfeccionamiento de redes de arrastre camaroneras, considerando los métodos modificados de Okonski y Martini (1977) para redes camaroneras, y la aplicación de nuevos diseños y modificaciones usando nuevos materiales de construcción (pañes de Dyneema) en redes innovadas por Sarmiento *et al.* (2006) y Ventura Machado (Gobierno del Estado de Sonora 2006), incluyendo además dispositivos excluidores de peces (Watson y Taylor 1986, Watson *et al.* 1992, García-Caudillo *et al.* 2000)

Algunos equipos de pesca experimentales se sometieron a pruebas, comparándose su efectividad y eficiencia con redes tradicionales en "arrastres pares" utilizadas por barcos camaroneros con puertos base en Sinaloa y Sonora, efectuándose mejoramientos técnicos de calibración de los equipos, identificación de factores que influyen en la captura de camarón y fauna de acompañamiento, acciones para disminuir el impacto en el fondo marino y medidas para disminuir las capturas incidentales en los casos de utilización de redes tradicionales. En las pruebas experimentales efectuadas en litorales de Sinaloa y Sonora se registraron los datos de operación, captura, resistencia al avance real y rendimiento en el uso de combustible.

Una parte del desarrollo tecnológico y los procedimientos de transferencia de tecnología al sector productivo, se basaron en la pesca comercial demostrativa, incluyendo capacitación a pescadores para la confección de las redes, pruebas de mar para calibración de equipos, experimentación comparativa con redes tradicionales y

Tabla 2. Etapas de investigación y desarrollo tecnológico (IDT) y mecanismos de transferencia de tecnología.

Componentes	Objetivos	Forma de Operación y Modalidad de Transferencia
I. Proyectos de Ciencia y Tecnología Institucional		
LÍNEA 1A: Evaluación de impacto de Tecnología actual	Apoyar a universidades e institutos en investigación básica y aplicada	Apoyos directos a través de Convenios
LÍNEA 1B: Proyectos de investigación en universidades y centros de investigación	Apoyar a universidades e institutos en investigación aplicada y pre-competitiva	Apoyos directos a través de Convenios y planes estratégicos
LÍNEA 1C: Proyectos de investigación y Desarrollo Tecnológico en centros de investigación	Apoyar a universidades e institutos en innovaciones tecnológicas aplicables al sector	Apoyos directos condicionados a temporalidad y transferencia vía "Pesca Comercial Demostrativa"
II. Proyectos de Innovación Tecnológica Empresarial		
LÍNEA 2A: Proyectos de empresas individuales	Cofinanciar la ejecución de proyectos de I&D en empresas	Apoyos directos por selección al cumplimiento de requisitos de convocatoria + Transferencia vía Pesca Comercial Demostrativa
LÍNEA 2B: Proyectos de asociaciones de empresas	Estimular la cooperación en proyectos de I&D con resultados no apropiables	Cartera de proyectos y concurso
III. Etapas de la Transferencia de Conocimientos y Bienes		
<ol style="list-style-type: none"> 1 Promoción y sustitución de redes, coordinadamente entre autoridad estatal y federal en coordinación con INAPESCA y/o Agente Técnico 2 Promoción y divulgación del Programa a través de los medios de difusión y reuniones con representantes de las organizaciones pesqueras 3 Recepción de solicitudes de apoyo y documentos comprobatorios de parte de interesados 4 Calificación de solicitudes conforme a criterios de selección 5 Construcción de redes por tecnólogos (Agente Técnico) con participación de tripulantes de la flota 6 Capacitación directa en la construcción de los sistemas modernos con las tripulaciones de los barcos seleccionados 7 Pruebas de pesca comercial demostrativa (PCD) 8 Entrega de equipos de pesca construidos con material Dyneema a cada unidad de pesca con base en las pruebas de mar y calibrados 9 Evaluación del impacto en el bentos marino de estos subsistemas de pesca 10 Comisión de Regulación y Seguimiento (CRyS) de acuerdo a los Lineamientos Específicos de las Reglas de Operación del programa 11 Agente Técnico elabora informes de avances y final técnico y Financiero 		

transferencia de bienes (Tabla 2).

La aceptación de las nuevas tecnologías se determinó con el Índice de Adopción de Innovaciones (IDAI) por tipo de tecnología acorde a lo planteado en el kit tecnológico, calculado a partir de la suma de indicadores $INAI_k$ con base en Muñoz *et al.* (2004). El indicador $IDAI_k$ es el Índice de Adopción de Innovaciones en la tecnología “K” en este caso el uso de “redes de arrastre selectivas y livianas (K1)” y “portones hidrodinámicos (K2)”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de las redes de arrastre pueden ser positivos y negativos (fig. 2) y se clasifican en: a) efectos sobre los organismos vivos (efectos biológicos sobre especies objetivo y sobre las otras especies de la fauna acompañante) y b) efectos sobre los fondos marinos (efectos físicos y químicos). Con independencia del efecto de la pesca sobre el camarón, y particularmente el efecto combinado de la intensidad de pesca sobre determinadas fracciones poblacionales y la influencia de la selectividad de las redes, en lo que corresponde a efectos sobre otras especies de la fauna acompañante del camarón (FAC), ha prevalecido el debate sobre el efecto adverso de las redes de arrastre, ya que se captura incidentalmente FAC entre un 5 y hasta 90 % del peso total de la producción por operación de pesca. Esta captura se compone principalmente de peces, moluscos como caracoles, calamares pequeños, almejas, pulpos, otros crustáceos como las jaibas y cangrejos, y varias especies de otros invertebrados.

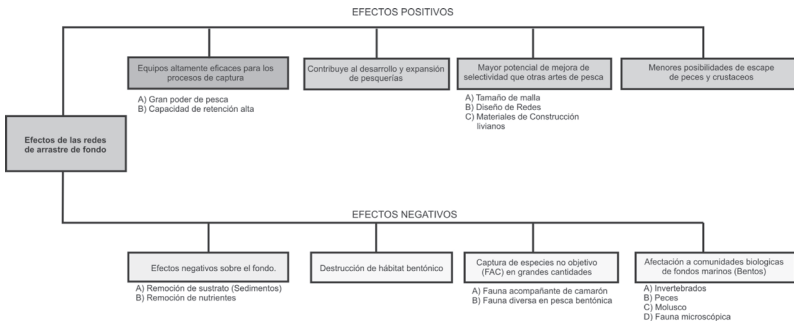


Figura 2. Clasificación de efectos de las redes de arrastre.

La proporción entre camarón: FAC es en promedio de 1:9.7 kg y ha sido documentada entre otros por Chávez y Arvizu (1972), Chapa (1976), Pérez-Mellado (1980), Pérez-Mellado y Findley (1985), Yáñez-Arancibia (1985), Villaseñor (1997), García-Caudillo *et al.* (2000) y López-Martínez *et al.* (2008), encontrándose alta variabilidad regional dependiendo de condiciones ambientales y de la biodiversidad asociada a aspectos zoogeográficos, llegando a ser en casos extremos hasta de 1:75 en el Golfo de Tehuantepec durante el verano. La parte de la FAC de mayor valor y tamaño es almacenada para su comercio, pero otra parte es desechada y regresada al mar. La captura que es desechada (descarte) generalmente es mayor que el aprovechado, removiéndose entre 90,000 t al menos en el litoral del océano Pacífico mexicano (Madrid-Vera *et al.* 2007) y 114,000 t (Bojórquez 1998) por temporada de pesca. En el largo plazo ese impacto resulta relativo, debido a que los cambios en la composición de las captura son generalmente una sustitución de especies de peces que ocupan funciones similares o equivalentes en el ecosistema.

Otros aspectos en el debate técnico, implican que la fauna de acompañamiento desechada y muerta tiene un impacto significativo en el ecosistema, cuando está asociada a una pesca intensa y hay un efecto acumulado en el tiempo. Al respecto, un conjunto de alternativas tecnológicas puede contribuir significativamente a que la pesca de camarón con redes de arrastre sea ambientalmente más eficiente y contribuya a la pesca sustentable.

En general, del análisis de capacidad pesquera de la flota del océano Pacífico, se encontró que dicha capacidad está altamente determinada por el poder de pesca, definida en cuando al frente operacional de la red (teniendo como límite el tamaño de red) y la potencia de la embarcación, con independencia de los diseños de redes, la zona y época de pesca. El mayor potencial de mejora para aumentar la eficiencia de la flota está representado por la variable "captura total", lo que significa que la flota tiene capacidad para aumentar el volumen de captura para operar de manera más eficiente. Esta situación es independiente de la disponibilidad biológica del camarón por lo que la eficiencia tiene esa limitación práctica. Por otra parte, sin considerar la variable "captura total" y considerando las variables de entrada que influyen en la producción (fig. 3), el mayor potencial de mejora está representado por el área de las tablas de arrastre y el tamaño de las redes en longitud de relinga

superior (LRS). Esto significa una mayor eficiencia de pesca, que se puede lograr al reducir el tamaño de las tablas de arrastre de la red y la longitud de la relinga de sus redes, lo cual también se interpreta como la necesidad de utilizar más eficientemente redes que están sobredimensionadas. Por otra parte, para aumentar la eficiencia se debería reducir el tamaño de las embarcaciones (variable de capacidad en toneladas), las dimensiones de barcos y la potencia de los motores.

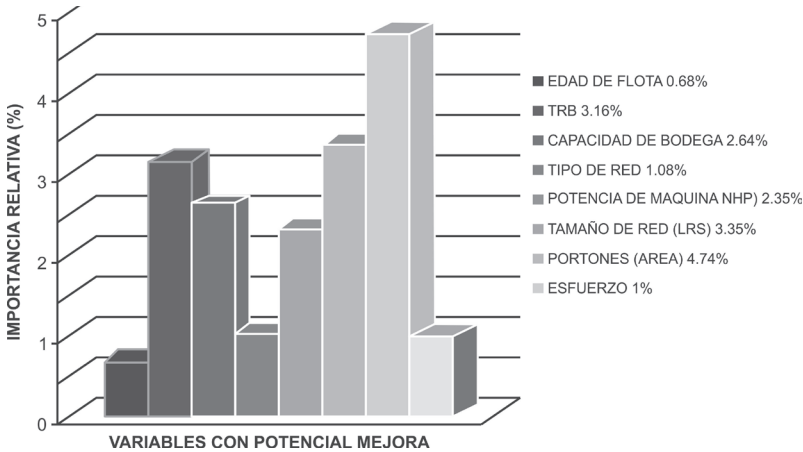


Figura 3. Variables con potencial de mejora para el sistema de arrastre a partir del análisis DEA.

Problemas tecnológicos que influyen en la operación de las redes y determinan la captura incidental

Son tres los principales factores que influyen en la captura incidental de las redes de arrastre, constituyendo retos tecnológicos y áreas de oportunidad en investigación y desarrollo: a) el tipo o diseño de la red, b) defectos del aparejamiento y calibración y c) el tipo de materiales para construir redes.

El diseño de la red debe ser acorde con la potencia del motor principal de la embarcación y las posibilidades de tracción, de tal manera, que se logre una eficiencia máxima en la operación de captura para cada barco en particular. Es decir la máxima capacidad de pesca, con el mejor rendimiento en el gasto de combustible, lo cual implica disponer de redes diseñadas para cada embarcación, con al aparejamiento adecuado al barco y zona de pesca, calibradas en cuanto al lastre requerido y al tamaño y peso de los portones o tablas. Sin embargo, la mayor parte de las redes son de fabricación

artesanal, elaboradas por “rederos” en su mayoría empíricos. En redes pequeñas los defectos de diseño no son suficientemente evidentes en la efectividad de pesca, pero en las redes que se utilizan actualmente, la construcción inadecuada de las redes provoca paño excesivo en algunas secciones, formando bolsas donde se acumula la captura en el cuerpo de la red y secciones de paño sometidos a tensión excesiva, además de una mayor resistencia al avance. Esto provoca que algunas secciones de red se dañen fácilmente, que el excluidor de tortugas pierda su ángulo de inclinación y opere inadecuadamente o se obstruya. Por otra parte, el flujo de agua dentro de la red no es uniforme, afectando su funcionamiento hidrodinámico.

Los rederos y muchas tripulaciones usan una cantidad excesiva de cadena de lastre en la relinga inferior de la red. Esto provoca que se anule la fuerza de expansión de los portones, cuyo tamaño excede con mucho lo requerido para abrir horizontalmente las redes de arrastre. Por consiguiente, portones y redes trabajan con mayor fricción sobre el fondo marino, dañando una gran cantidad de organismos. Se identifica entonces que con menos lastre, con portones o tablas de área menor, y con un contacto del equipo más suave con el fondo no se perjudica el rendimiento de la pesca de camarón.

Por otra parte, es común que se utilice excesiva “cadena espantadora”, o bien, que se use muy cerca de la relinga inferior, situación que influye en una mayor captura de fauna de acompañamiento.

Los pescadores creen que el camarón se escapa por las mallas de la red, por lo cual emplean una sola medida de malla en toda la red ($2a = 44.45 \text{ mm}$ y 101.6 mm). Esto hace que las redes tradicionales de poliamida con hilos torcidos y nudos, sean menos selectivas tanto en la captura de camarón como de otras especies de peces, contribuyendo a incrementar su captura incidental, además de ser más pesadas y ofrecer mayor resistencia al avance.

Algunas medidas técnicas adoptadas para mejorar la selectividad de los sistemas de pesca de arrastre han considerado resultados que datan de los años 70's, basándose tanto en el comportamiento de las especies objetivo, como de las especies nulas de interés pesquero. La tecnología pesquera utilizada tiene en cuenta no sólo el equipo, métodos de pesca y las características de las embarcaciones, sino

también aspectos ambientales y sus relaciones con los elementos biológicos, accesibilidad y vulnerabilidad de las poblaciones, así como la hidrodinámica y factores económicos. En países europeos, EE.UU., Canadá y Argentina (Beardsley y High 1970, FAO 1973, ICES 1985, Kendall 1990, Isaksen y Valdemarsen 1990, Isaksen *et al.* 1992, Duthie 1992, Boddeke 1992, Sarmiento *et al.* 2007) se crearon dispositivos para redes de arrastre con el fin de incrementar su selectividad y disminuir el efecto sobre las especies que no son objetivo de captura, las mejoras incluyeron paneles de red para el desvío de peces hacia aberturas de escape, doble bolso para la separación de especies por tamaño, secciones de red con mallas grandes o cuadradas para facilitar el escape de algunas especies de talla pequeña, y parrillas rígidas como aditamentos desviadores. La figura 4 resume algunas de las ideas innovadoras para incrementar la selectividad de redes de arrastre, que han sido consideradas en mayor o menor grado en la búsqueda de mejoras tecnológicas para la flota camaronera mexicana, utilizándose principios de separación mecánica de peces, moluscos y crustáceos con base en su comportamiento ante la red, las reacciones ante medios físicos y ventanas de escape.

Las redes de arrastre utilizadas en aguas marinas por barcos arrastreros, presentan diversos modelos modificados empíricamente por los pescadores y rederos mexicanos, a partir de redes originalmente pequeñas (máximo 15.4 m o 50 pies de longitud de relinga superior LRS), usadas en los Estados Unidos de América. Los modelos originales dieron lugar a modificaciones, entre ellas los modelos tipo portugués, balón, semibalón, fantasma, volador y cholo entre otros (fig. 5), todos con muchas variantes de construcción empírica (fig. 6 y 7). Son el modelo o diseño de las redes y los tamaños de malla, las que mayor efecto tiene en la selectividad y eficiencia de captura, cuando se consideran esas propiedades de manera conjunta.

En una muestra de 723 embarcaciones inspeccionadas en 2005 en los puertos de Mazatlán y Topolobampo, Sinaloa, así como en Guaymas, Sonora, las redes presentaron longitudes LRS entre 21.5 y 33.5 m, distribuidas como sigue: 35% corresponden a 27.4 m de LRS; 33% a redes de 24.4 m, el 17% a redes de 30.5 m, el 10 % corresponde a redes de 30.5 m, y el 5% a redes con LRS de 21.34 m.

Las principales deficiencias encontradas en el funcionamiento

de las redes de arrastre, confeccionadas por pescadores con paños de poliamida y polietileno, se relacionan con la ampliación del tamaño de las redes a partir de modelos originalmente pequeños, sobre cuya base de confección se amplificaron dimensiones en redes de más de 21.34 m de LRS.

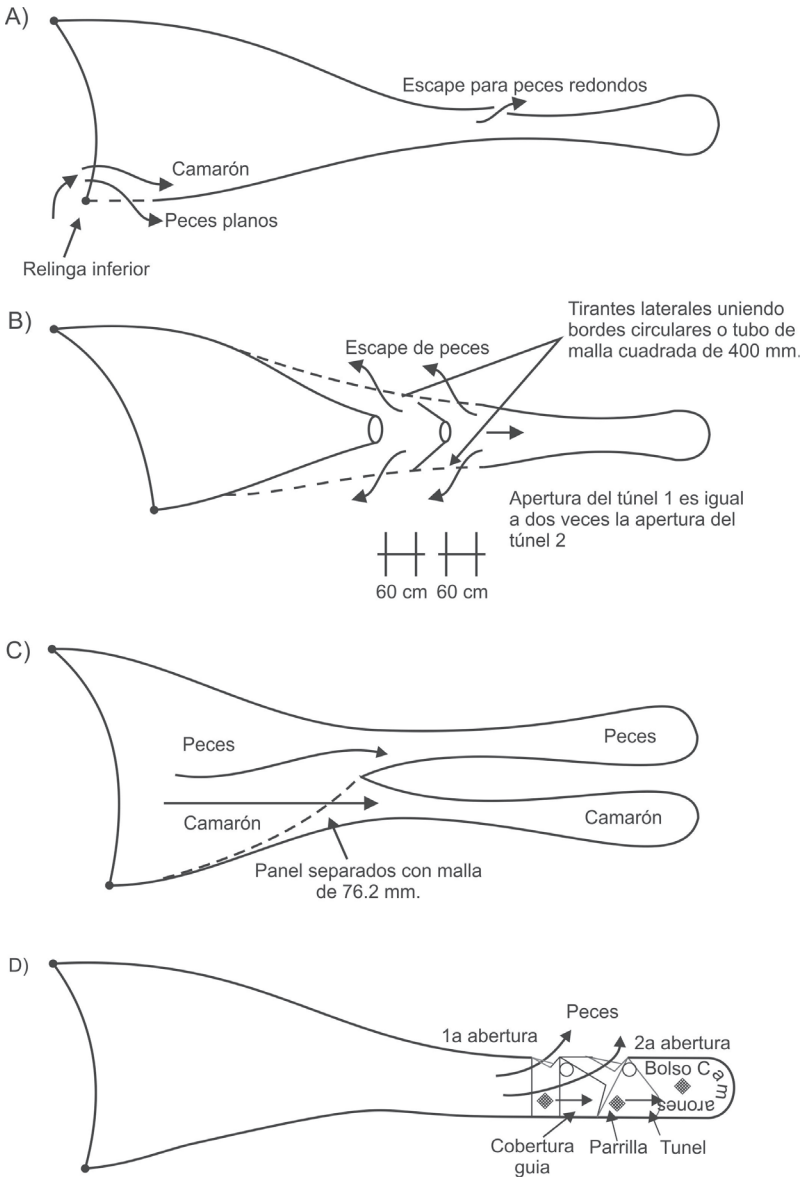


Figura 4. Alternativas de mejora tecnológica para incrementar la selectividad multiespecífica o interespecífica con base en desarrollos internacionales.

ARRASTRE Y CAMBIOS TECNOLÓGICOS

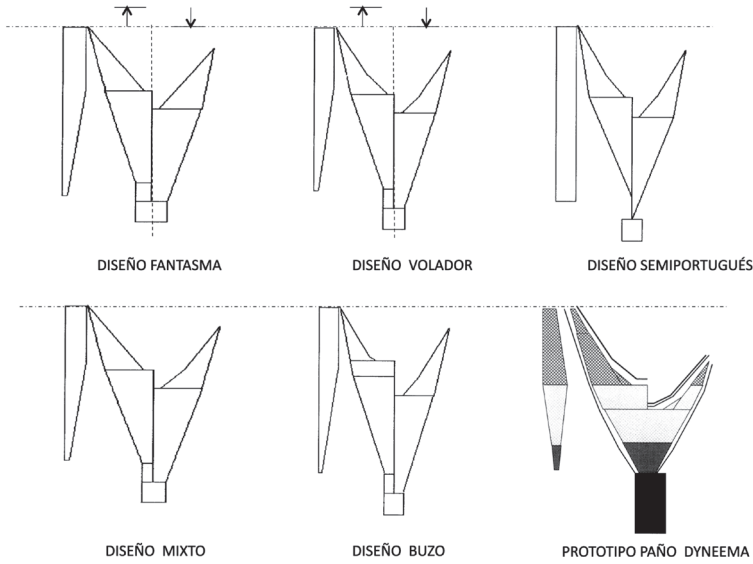


Figura 5. Modelos de redes.

Las especificaciones técnicas de tamaño, profundidad de cielo, flotabilidad unitaria, lastre, perímetro de borde superior y superficie de los paños (área teórica), ángulo de ataque de la red, resistencia y abertura vertical, se obtuvieron de los diseños Volador, Semiportugués, Portuguesa, Mixto, Fantasma, Bucito y Cholo, con longitudes de relinga superior de 21.3, 22.9, 24.4, 27.4 y 33.5 m y con tamaño de malla (2a) de 44.45 y 50.8 mm.

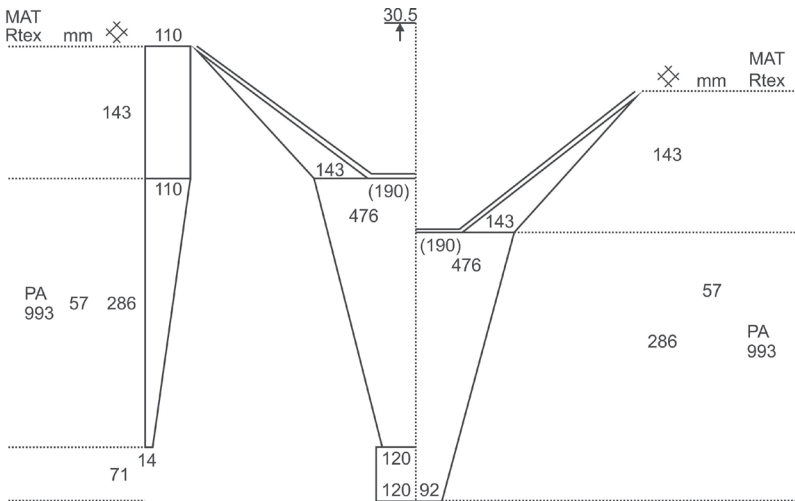


Figura 6. Esquema de secciones de una red de arrastre camaronera de 30.5 m de longitud de relinga superior.

Tabla 3. Especificaciones técnicas de algunas redes camaroneras usadas en ambos litorales.

No.	Características	Unidad	70' (21.33 m)			75' (22.86 m)			80' (24.38 m)		
			V*	SP*	CH*	V*	SP*	CH*	V*	SP*	CH*
1	Longitud de la relinga superior	m	21.44	21.82	21.46	22.92	22.85	22.81	24.44	24.44	24.38
2	Longitud de la relinga inferior	m	24.74	25.02	27.56	27.04	26.05	28.91	28.08	27.86	30.48
3	Profundidad del cielo	m	2.29	2.4	4.11	2.86	2.4	4.11	2.51	2.57	4.11
4	Flotabilidad unitaria	kgf/m	0.5	0.49	0.5	0.47	0.47	0.47	0.44	0.44	0.44
5	Lastre unitario	kgf/m	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
6	Altura del borde superior / tapa lateral)	m	4.57	4.57	5.71	5.14	4.86	5.71	5.14	5.14	5.71
7	Perímetro de la boca	m	44.58	44.81	46.86	47.32	47.21	48	50.06	49.15	499.83
8	Longitud del cuerpo	m	10.29	12.51	10.29	10.63	12.34	10.46	11.66	12.34	11.43
9	Área teórica total	m ²	496.81	483.86	520.37	592.72	607.67	562.55	618.89	653.92	624.52

De las 723 embarcaciones analizadas, la moda y mayor porcentaje de utilización de tamaños de red indistintamente del diseño, correspondió a redes de 27.4 m de LRS (90 pies). Existe una diferencia de hasta 3 m² en la superficie del paño utilizado en la construcción de las redes, situación que conjuntamente con el mayor ángulo de ataque influye en la resistencia al avance. Las redes diseño portugués presentaron el mayor ángulo de ataque, debido a la relación de corte en las secciones del cuerpo (1N 6B). El corte de los paños de las secciones de la red es muy similar en todos los diseños y redes inspeccionadas, siendo en general para el cuerpo de 1N4B, en la parte inferior de alas 2N2B, en cuchillas 1T2B y en el borde interior de las cuchillas superiores TT o TN. La mayor resistencia al avance de las redes corresponde a los diseños Portugués, Semiportugués y Volador, con excepción de las redes de más de 33.5 m de LRS de

cualquier diseño, que superan casi con el doble del valor al resto de redes pequeñas (fig. 8). Las aberturas verticales en la entrada de la red, llevada a nivel de unidad de cálculo, corresponde a un rango de 2.7 a 5.0 m en las redes analizadas (desde las de 21.3 hasta 27.4 m de LRS). Los “frentes operacionales para los diseños Mixto, Fantasma y Cholo son semejantes, con valores de 40 a 45 m².

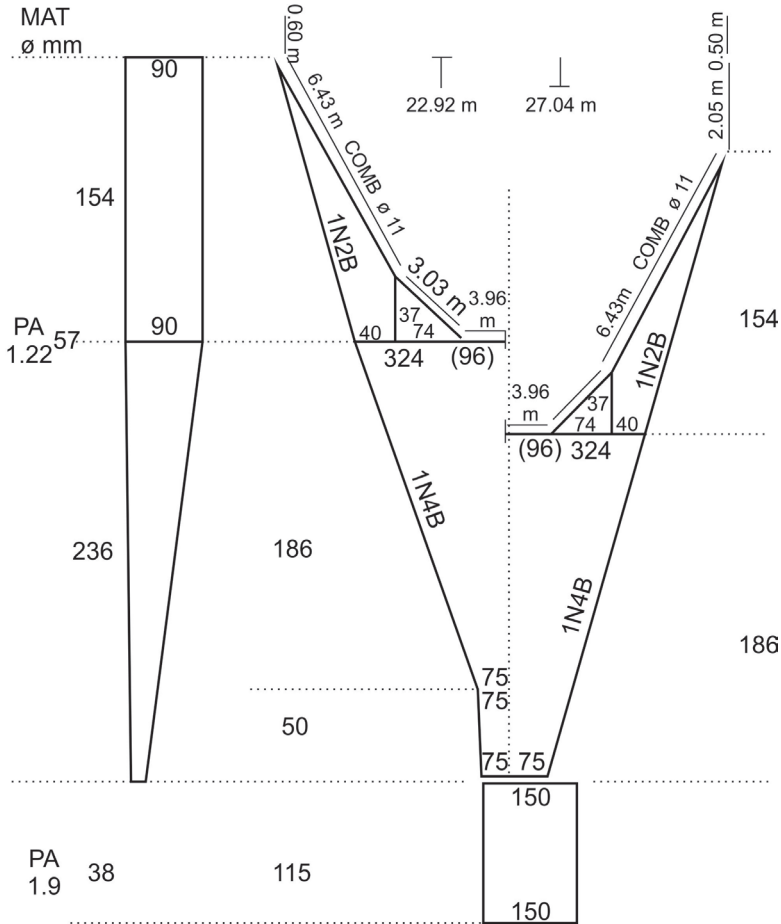


Figura 7. Esquema de secciones de una red de arrastre camaronera de 24.9 m de longitud de relinga superior.

El análisis mostró que en las redes tradicionales la cantidad de paños requeridos depende principalmente de la LRS y diseño aplicado. El paño presenta al momento de arrastre, la resistencia en función del área que proyecta y el efecto de las fuerzas hidrodinámicas que actúan por dm². En términos de su configuración hidrodinámica, a

mayor tamaño de LRS, mayor cantidad de paños, mayor área, mayor resistencia y mayor fuerza en términos de tracción. En las redes tradicionales con base en poliamida, se encontraron deficiencias de construcción y sobredimensionamiento de algunas secciones de paño, con el consecuente inadecuado trabajo hidrodinámico, mayor resistencia al avance (entre 12 y 23%) y menor eficiencia, respecto a diseños basados en cálculo dinámico y análisis geométrico.

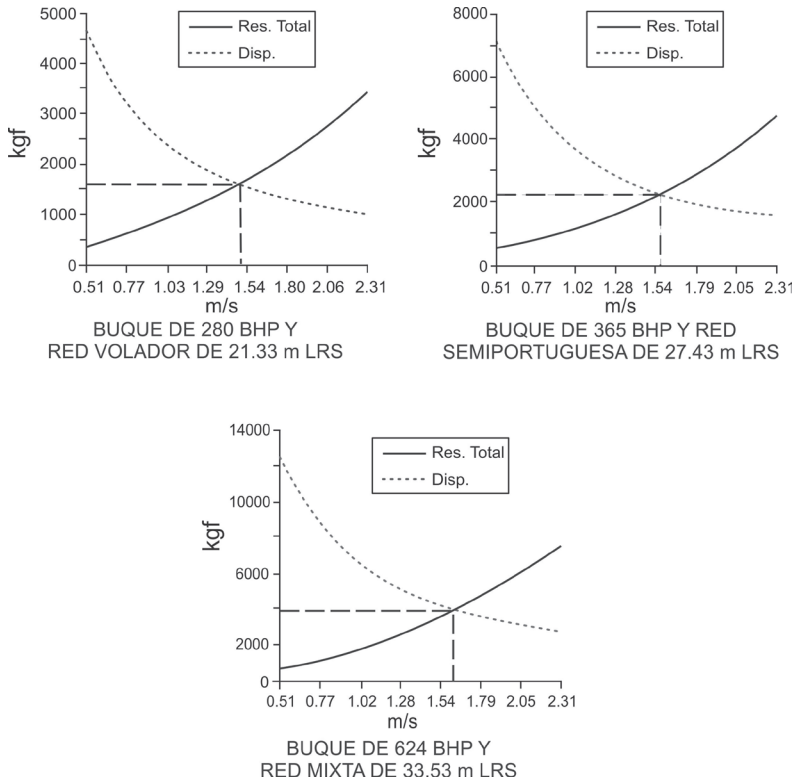


Figura 8. Relación entre la disponibilidad de potencia y la resistencia total para varios tipos y tamaños de redes respecto a la capacidad de propulsión (BHP) y velocidad de arrastre en m/s.

Alternativas sobre el uso de la Fauna Acompañante del Camarón

Las acciones de mejoramiento de la tecnología se han realizado independientemente de la posición de las autoridades pesqueras en cuanto al efecto de las redes de arrastre, ya que también se ha creído que dicho efecto no es de tal magnitud como para establecer acciones regulatorias más estrictas que las actuales. Ahora algunas investigaciones apuntan hacia que esa posición no ha estado alejada

de la verdad, ya que si bien se ha fomentado la investigación y el desarrollo tecnológico para tener artes y métodos de pesca más amigables con el ambiente, también se ha defendido la posición de que los argumentos de ciertos “grupos ambientalistas” son exagerados y persiguen otros intereses. También ha influido la información técnica generada por tecnólogos y otros evaluadores, así como especialistas en recursos pesqueros de varias instituciones académicas.

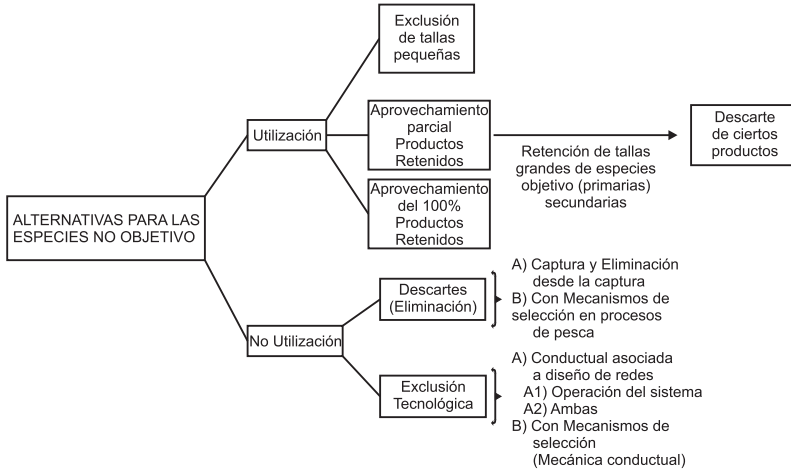


Figura 9. Alternativas de uso y efecto tecnológico de la fauna acompañante del camarón.

Sobre el uso de la fauna acompañante del camarón, existen recomendaciones para aplicar todos los medios posibles para evitar su captura y retención. Por otra parte algunos especialistas y la misma FAO han recomendado inducir al aprovechamiento integral de dichas capturas, evitando su descarte y desperdicio (Petersen 1981, Slavin 1982, Suwanrangi 1986, 1988, Feidi 1989, Gordon y Blake 1991, Martin 1992, Pikitch 1992, García-Rodríguez 1995). En ambos casos, una posición equilibrada parece ser más conveniente (fig. 9), por un lado el uso de la fauna de mayor tamaño debe evitar el descarte innecesario, y el desperdicio de producto de valor nutricional, asimismo la exclusión rápida y oportuna de fauna pequeña como las jaibas, cangrejos, caracoles y algunos peces, en buenas condiciones de sobrevivencia, resulta positiva para las comunidades biológicas y para los mismos pescadores ribereños que capturan esos ejemplares en forma artesanal. Con el uso de aditamentos como los DET y DEP se contribuye a la pesca selectiva.

Entonces el uso de la FAC debe ser diferenciado (Klima 1992, Hendrickson y Griffin 1993), ya que la utilización integral podría ser poco sustentable, por ejemplo para la fabricación de harina de pescado no resulta conveniente, considerando que se dejaría de regresar al ambiente acuático tanto organismos vivos con posibilidades de sobrevivencia y que pueden seguir contribuyendo con biomasa en el ecosistema, así como especímenes que pasan a ser materia orgánica, cuando se regresan muertos al agua.

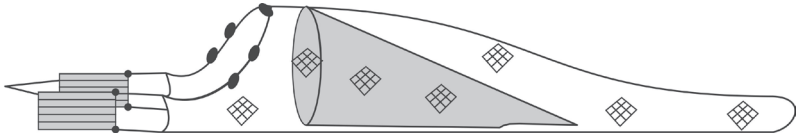


Figura 10. Diagrama de configuración operativa de un dispositivo de tortugas marinas (DET) tipo suave usado en el Golfo de México a principios de los 90's.

Mejoramiento Tecnológico

Las adaptaciones de las tecnologías de pesca para mejorar la selectividad de las redes de arrastre y eficiencia son en general las siguientes:

Uso de elementos adicionales para mejorar la selectividad de las redes, tales como los dispositivos excluidores de tortugas marinas (DET), los dispositivos excluidores de fauna acompañante y los dispositivos excluidores de peces (DEP).

Uso de redes más livianas diseñadas por tecnólogos pesqueros para operar sobre los fondos ofreciendo menor resistencia al avance.

Puertas o portones más pequeños y livianos que ejercen la misma función de abrir las redes, pero sin moverse descansando sobre el fondo marino.

Dispositivos Excluidores de Tortugas Marinas (DET) y de Peces (DEP)

Los DET y DEP tiene su origen en los años 70's cuando se diseñaron artefactos que se incorporan en las redes para facilitar la liberación de peces grandes y tortugas marinas (Seidel 1975, Watson y Taylor 1986, Kenny *et al.* 1990, Schick 1991, Watson *et al.* 1992), pero en su origen la idea era eliminar la fauna acompañante, esponjas y todo tipo de desechos que son innecesarios para la pesca (rocas, restos vegetales, caracoles, conchas, etc). Los dispositivos excluidores de la tortuga marina (DET) se originaron a partir de los diversos aditamentos que se empezaron a usar experimentalmente en las décadas de

los 60's y 70's. Entre 1978 y 1983 se adaptaron algunos modelos de aditamentos excluidores a las redes de arrastre camaroneras para probar su eficiencia en la exclusión de tortugas marinas.

En México los excluidores de tortuga se usan desde 1993 en el Golfo de México y desde 1996 en el océano Pacífico, dando muy buenos resultados en cuanto a su contribución en la conservación de la tortuga marina. También permiten el escape de peces grandes. Inicialmente se usaron DET suaves (fig. 10) pero en la actualidad el uso de dispositivos excluidores de tortuga de tipo rígido es obligatorio en las redes de ambos litorales (NOM-061-PESC-2006, especificaciones técnicas de los excluidores de tortugas marinas utilizados por la flota de arrastre camaronera en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, DOF 22 enero de 2007). El uso de DET rígidos (fig. 11) por sí mismos, implica una reducción promedio de 40% de la captura incidental de peces, moluscos, crustáceos diferentes al camarón y equinodermos, dependiendo de las temporadas y zonas de pesca, llegando en algunos casos a más del 65% como se ha referido para el Golfo de Tehuantepec (Villaseñor 1997). Entre 1992 y 1995, se registraron valores de reducción de FAC por efecto del uso de DET, de 8.5% a 42.0 %.

En las zonas del mar Caribe y la costa de Veracruz se presentó mayor abundancia y por lo tanto exclusión de peces de familias Sciaenidae, Carangidae, Scombridae, Serranidae, Gerreidae, Balistidae, Polynemidae y peces bentónicos (rayas y otros elasmobranquios. En el Golfo de México se habían utilizado hasta 1998 preferentemente los excluidores con abertura en la parte inferior, lo cual favoreció la eliminación especies de rayas (*Raja texana* y *Raja* sp), lenguados (*Syacium gunteri*, *Ancylopsetta dillecta*, *A. qudrocellata*, *Dasyatis sabina* y *Rhinobatos* sp), jaibas (*Callinectes* sp) y estrellas de mar.

De los resultados obtenidos más recientemente en cuanto a exclusión de FAC con uso de DEP, han sido más exitosos dos modelos de dispositivos excluidores de peces (DEP) tipo "ojo de pescado" al compararlos con otros 8 diseños (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de eficiencia de dispositivos excluidores de peces en México.

No.	Tipo de Dispositivo	Zona Geográfica	Cantidad de Lances de Pesca	Reducción de captura incidental (%)	Disminución de especies objetivo (%)	Principales recursos excluidos o separados
DEP con paño de red						
1	Horizontal con doble bolso	Litoral de Sinaloa	48	34	16	Peces planos, lutjanidos y carangidos
2	Vertical con abertura de escape superior	Litoral de Sinaloa y Nayarit	57	37	25	Peces planos, lutjanidos y carangidos
DET modificados						
3	Anthony weedless	Litoral de Sinaloa	35	27.2	4.3	Peces demersales de más de 35 cm, caracoles y cangrejos
4	Parrilla de fibra de vidrio modelo "Mazatlán"	Litoral de Sinaloa	119	23.9	11	Peces demersales de menos de 30 cm, caracoles, cangrejos y equinodermos
5	Saunders grid con túnel	Litoral de Sinaloa y Nayarit	215	30.5	3.2	Peces demersales de más de 30 cm, caracoles y cangrejos
6	Saunders grid sin túnel	Litoral de Sinaloa y Nayarit	173	35.8	4.3	Peces demersales de más de 30 cm, caracoles y cangrejos
7	Andrew de 2a= 76.2 mm	Golfo de México (Tamaulipas)	24	17	7.5	Lutjanidos, serranidos y carángidos
8	Andrew de 2a= 101.6 mm	Golfo de México (Tamaulipas)	18	13.5	4	Lutjanidos, serranidos y carángidos
DEP para peces peq.						
9	DEP "ojo de pescado" simple	Golfo de California	113	23	3.1	Todos los peces demersales < 23 cm de longitud total
10	DEP "ojo de pescado" con laminillas desviadoras	Golfo de California	124	27	2	Todos los peces demersales < 20 cm de longitud total

Redes Selectivas y Livianas

Las nuevas tecnologías permiten utilizar redes más grandes con el mismo tamaño de sistemas hidráulicos. Se empieza a capturar más con barcos más pequeños, con notable ahorro de combustible, al utilizar fibras sintéticas de nueva tecnología como el Dyneema (el cual tiene las mismas o mejores características de trabajo que el acero en diámetros similares). La incorporación de las redes Ultra Cross, las cuales se lanzan más fácilmente y se hunden más rápido, hacen la operación de pesca más rápida.

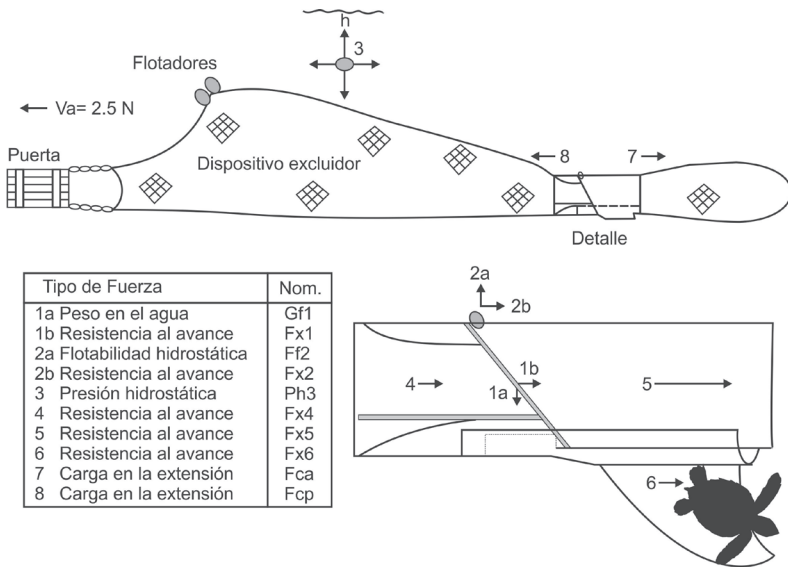


Figura 11. Dispositivo excluidor de tortugas marinas (DET) de tipo rígido y fuerzas que actúan en su configuración e hidrodinámica.

Con estas redes se disminuyen los costos de producción debido a las características del material, pues toma como base el polietileno y en la alineación de sus moléculas (permite que sea liviano), no absorbe agua y es muy resistente, por eso el aparejamiento requiere accesorios con menor peso (como el lastre y portones más pequeños); el arrastre del sistema requiere menor esfuerzo de la maquina principal que a corto plazo disminuye el consumo de combustible, en el largo plazo contribuye a un mantenimiento preventivo del maquina principal. Estas redes, con un diseño adecuado, permiten ahorrar entre un 25 y hasta un 50% en combustible al ofrecer menor resistencia al avance (fig. 12). Son redes con una RLS de alrededor

de 30.6 m (100.4 pies) y relinga inferior de 37.5 m (123 pies), aunque hay redes de hasta de 38.1 m (125 pies) de RLS, presentando una cantidad de secciones de paño de red de 10 a 13 m, con tamaños de malla de 50 hasta 90 mm (en su parte más anterior) y diámetros de hilo de 1.2 a 2.3 mm.

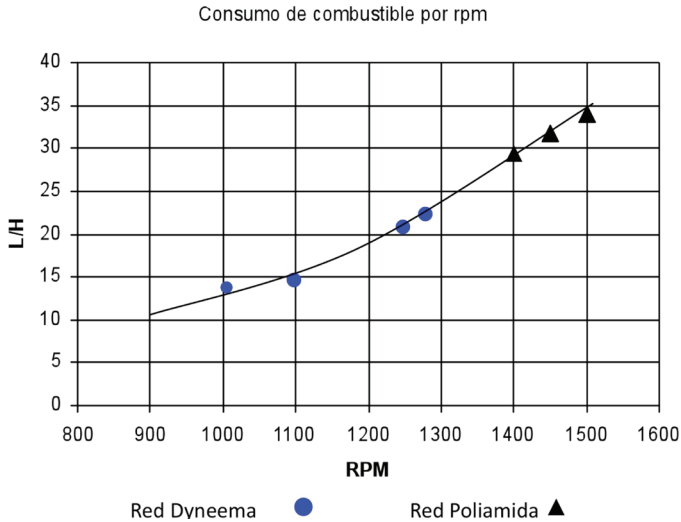


Figura 12. Comparación de consumo de combustible entre redes confeccionadas con poliamida y Dyneema. (modificada de la figura original proporcionada por Sarmiento y Gil -López, 1997)

Los tecnólogos del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) de Salina Cruz, Oaxaca perfeccionaron diseños obteniendo varios prototipos altamente eficientes (fig. 13). Por su parte tecnólogos del sector productivo en Guaymas, Sonora han desarrollado varios modelos igualmente eficientes y selectivos, con fines comerciales y amplia aceptación entre los pescadores.

Lo anterior planteó al gobierno federal la ampliación del programa de sustitución de redes tradicionales de poliamida por redes de Dyneema ultra cross silver iniciado en 2004, continuándolo hasta 2006, dentro del Plan de Acciones para el Ordenamiento de la Actividad Acuícola y Pesquero en su componente de Modernización Pesquera, siendo los Estados beneficiados: Sonora con 110 redes, Sinaloa 49 redes y Oaxaca 12 redes, para contribuir al mantenimiento de la pesca responsable en el Golfo de California y Golfo de Tehuantepec por el litoral del océano Pacífico y en la sonda de Campeche en el litoral del Golfo de México (con 20 redes),

ya que además de livianas, estas redes promueven la selectividad específica por la incorporación de mallas de 50 mm en la 3ª sección de las tapas superior e inferior de la red. Las mallas grandes (2ª = 90 mm) que se utilizan en la parte delantera de la red y en el cuerpo, contribuyen al mejor filtrado del agua y como el material no absorbe agua, es ligero y con menor resistencia al avance. También se propició la sustitución de “portones tradicionales” o puertas de las redes de arrastre por portones hidrodinámicos mediante un proyecto en el Golfo de California para sustituir 20 pares de portones (40 ejemplares) para igual número de embarcaciones entre 2004 y 2005, con la finalidad de contribuir al uso de nuevas tecnologías, su adopción por los productores y la dispersión de la tecnología bajo los principios de pesca comercial demostrativa (PCD).

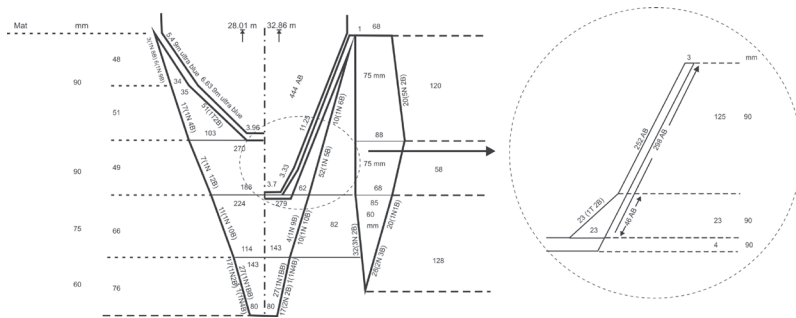


Figura 13. Plano de red de paño Dyneema ultra cross silver diseñada por tecnólogos del INAPESCA Salina Cruz, Oaxaca, para la flota camaronera del océano Pacífico sur (cortesía de Saúl Sarmiento).

Las redes construidas con materiales más livianos han permitido que sean menos resistentes al movimiento en el agua y trabajen más ligeras, permitiendo ahorro de combustible en las operaciones de pesca. En años recientes las autoridades pesqueras han invertido recursos para apoyar la investigación y desarrollo tecnológico para el mejoramiento de las redes con base en materiales más livianos y diseños de redes selectivas. Estas dos combinaciones de material liviano y perfeccionamiento de diseño, han permitido que más de 90 embarcaciones mayores de la flota camaronera del océano Pacífico tengan mejores rendimientos y contribuyan a la pesca responsable. Los resultados de la transferencia de la innovación tecnológica han sido positivos (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de la evaluación de la transferencia de tecnología mediante el Índice de Adopción de Innovaciones en la tecnología "K" (INAIK) del proyecto de sustitución de redes de arrastre tradicionales por redes livianas y selectivas en Sonora.

CEDULA DE EVALUACION SUSTITUCION DE REDES CAMARONERAS Y PORTONES TRADICIONALES POR 40 HIDRODINAMICOS			Cumplimiento de requisitos	Potencia nominal de Máquina Principal (HP)	INAI de Producto	INAI de Proceso	INAI de Operación	Adopción de la Tecnología
Cantidad Buques	Tipo de organización	Puerto						
1	Unión alto Golfo California	Guaymas	√	365	100	85	65	√
2	Unión alto Golfo California	Guaymas	√	402- 403	100	80	65	√
1	Unión alto Golfo California	Guaymas	√	420	95	85	70	√
5	Unión alto Golfo California	Guaymas	√	450	90	76	76	√
1	Asoc. de Armadores	Guaymas	√	240	100	80	70	√
8	Asoc. de Armadores	Guaymas	√	365	88	68	60	√
1	Asoc. de Armadores	Guaymas	√	402	100	80	65	√
1	Asoc. de Armadores	Guaymas	√	425	100	85	60	√
1	Asoc. de Armadores	Guaymas	√	450	100	85	60	√
2	Asoc. de Armadores	Guaymas	√	470	100	80	60	√
2	CANAINPESCA	Guaymas	√	420	100	80	60	√
1	CANAINPESCA	Guaymas	√	425	100	80	70	√
1	CANAINPESCA	Guaymas	√	450	90	67	65	√
1	CANAINPESCA	Guaymas	√	470	90	67	65	√
2	CANAINPESCA	Guaymas	√	480	97	70	60	√
1	CANAINPESCA	Guaymas	√	500	100	70	55	√
1	Independiente	Guaymas	√	365	100	80	68	√
1	Independiente	Guaymas	√	402	100	85	70	√

Continúa...

CEDULA DE EVALUACION SUSTITUCION DE REDES CAMARONERAS Y PORTONES TRADICIONALES POR 40 HIDRODINAMICOS			Cumplimiento de requisitos	Potencia nominal de Máquina Principal (HP)	INAI de Producto	INAI de Proceso	INAI de Operación	Adopción de la Tecnología
Cantidad Buques	Tipo de organización	Puerto						
1	Independiente	Guaymas	√	470	100	85	65	√
1	CANAINPESCA	Pto. Peñasco	√	470	100	63	88	√
1	CANAINPESCA	Pto. Peñasco	√	503	100	75	70	√
1	CANAINPESCA	Pto. Peñasco	√	520	100	70	75	√
2	CANAINPESCA	Pto. Peñasco	√	540	100	68	65	√
4	Independiente	Yavaros	√	365	97	84	85	√

N tecnología redes = 110, N Tecnología portones = 40

Los valores del Índice de Adopción de Innovaciones (IDAI) por tipo de tecnología resultaron elevados si se les compara con otras innovaciones tecnológicas, y resultan de valores igualmente elevados (mayores al 70) del indicador INAIK para el caso del uso de “redes de arrastre selectivas y livianas”. La aceptación del producto (redes) mostró valores de 88 a 100, el proceso de transferencia de tecnología fue aceptado con valores entre 63 y 85.

En el caso de la operación mediante pesca comercial demostrativa, el indicador parcial $INAI_k$ resultó ser el más bajo (55 a 76), debido a dos de tres factores considerados, las barreras organizativas y personales (quedando las barreras tecnológicas sin identificarse como causa del menor desempeño), siendo en este caso el proceso de transferencia de tecnología poco o escasamente controlado, y el rechazo de la nueva tecnología por parte del pescador de la flota.

Recientemente otros trabajos de evaluación para el desarrollo tecnológico, han recomendado el uso de puertas o portones más pequeños y livianos, que combinados con redes selectivas y livianas permiten disminuir el contacto con el fondo marino.

Estas tecnologías están mejorando la forma de pescar camarón y facilitando la liberación de otras especies de peces, moluscos y crustáceos, o bien evitando su captura y retención. Asimismo se está reduciendo el efecto directo sobre los fondos, buscando que haya un menor impacto sobre ellos y las comunidades biológicas asociadas.

CONCLUSIONES

No existe diferencia significativa entre la eficiencia tecnológica de los diseños de redes tradicionales con base en poliamida, por lo que en general presentan el mismo poder de pesca teórico y las mismas deficiencias operacionales, con independencia del diseño de la red. Su capacidad de pesca depende de otros factores tanto tecnológicos, incluidos los de la embarcación y el conocimiento de la tripulación, como las disponibilidades biológicas, zona y temporada de pesca.

Entre los aspectos de deficiencia tecnológica que influyen en la disminución del impacto de las redes con el fondo y la fauna de acompañamiento, destacan los diseños tecnológicos deficientes y el aparejamiento. Diseños adecuados de red evitan la deformación y la pérdida de eficiencia de la red y de los DET y DEP.

Existen secciones en todos los diseños de redes que requieren ser modificadas para disminuir la cantidad de paños, como es el caso de las alas (parte lateral) y la parte inferior del cuerpo.

Las redes construidas con material Dyneema ultra cross silver, conformada con diversos mallas grandes superiores a los 50 mm proveen selectividad específica, mejorando las capturas de camarones grandes. El uso de mallas más grandes en la parte delantera de la red logra que juveniles de peces y otros organismos escapen de la red.

La calibración y aparejamiento usando menos cadena y calibre más bajos de la misma (de 5/16" o menos), con bajo peso de lastre (50 kg máximo) evita el contacto rudo con el fondo, y reduce el impacto sobre otros organismos (caracoles, almejas, esponjas). Asimismo, no es recomendable usar cadena doble o triple.

Se obtiene hasta 20% menos de FAC con las siguientes medidas técnicas: cadena espantadora de calibre menor (3/8" o menos), evitar el uso de cadena espantadora doble, y ampliar la diferencia de longitud de la cadena espantadora y la relinga inferior (arrastre) de 1.8 m a 2.5 m de diferencia.

Al usar menos lastre y redes livianas se pueden usar tablas más pequeñas. El tamaño máximo de tablas de madera y patín metálico debe ser inferior a 3.35 m de largo, por 1.5 de altura para las embarcaciones con máquinas principales de mayor potencia.

El uso de excluidores de peces, reduce considerablemente la captura de aquellos que están ya en la bolsa de la red, hasta en un 45%.

Regulando las velocidades de arrastre a 1.13 m/s (2.2 nudos) máximo, se logra que una gran parte de los peces puedan escapar, ya que su velocidad de natación es mayor que la velocidad de arrastre.

La transferencia de la tecnología de sistema de pesca con redes livianas (Dyneema ultra cross silver) a los sectores productivos de Sonora, Sinaloa, Oaxaca y Campeche a través de la modalidad de "pesca comercial demostrativa" fue exitosa, permitiendo incrementar la eficiencia productiva, reducir impactos en el ambiente e incrementando la rentabilidad económica. Esto despierta interés por su dispersión y contribuye a consolidar las actividades de pesca responsable.

Lo anterior ha favorecido el reconocimiento de que el sistema de arrastre puede resultar "selectivo y eficiente" para seguir siendo utilizado responsablemente.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la facilitación de material técnico por parte del Ing. Saúl Sarmiento Náfate (INAPESCA Salina Cruz, Oaxaca), así como la colaboración del siguiente personal que apoyó en la elaboración de figuras y revisión documental: Mario Arturo Sarmiento Ibarra, Rodolfo Mendoza Bernal y Francisco Velasco Nuñez.

REFERENCIAS

- Alden, R. (1992). A perspective on bycatch: public opinion, environmentalists, and politicians. In: Schoning, R.W., Jacobson, R.W., Alverson, D.L., Gentle, T.G., Auyong, J. (eds.), *Proceedings of the National Industry Bycatch Workshop*, February 4-6, 1992, Newport, Oregon. Natural Resources Consultants, Inc., Seattle, Washington. pp. 29-34.
- Alverson, D. L. (1992a). An industry perspective on addressing the bycatch problem. In: Schoning, R.W., Jacobson, R.W., Alverson, D.L., Gentle, T.G., Auyong, J. (eds.), *Proceedings of the National Industry Bycatch Workshop*, February 4-6, 1992, Newport, Oregon. Natural Resources Consultants, Inc., Seattle, Washington. pp. 191-196.

- Alverson, D. L., Freeberg, M. K., Murawski, S. A., Pope, J. G. (1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fisheries Technical Paper 339 Rome.
- Anderson, O. F., Clark, M. R. (2003). Analysis of the bycatch in the fishery for orange roughy *Hoplostethus atlanticus*, on the South Tasman rise. Mar. Freshw. Res. 54: 643-652.
- Andrew, N. L., Pepperell, J. G. (1992). The by-catch of shrimp trawl fisheries. In: Barnes, M., Ansell, A. D., Gibson, R.N. (eds.), Oceanography and Marine Biology Annual Review. Vol. 30. UCL Press, United Kingdom. pp. 527-565.
- Beardsley, A. J., High, W. L. (1970). Shrimp sorting trawls in the Pacific Northwest. Natl. Fisherman.
- Blake, B., Bostock, T. (1991). Shrimp bycatch: a problem in the Bay that has as yet found no viable solution. Bay of Bengal News. Issue No. 44. Bay of Bengal Programme. pp. 5-11.
- Boddeke, R. (1992). Bycatch reduction of penaeid shrimp trawlers on the basis of European experiences. In: Proceedings of the International Conference on Shrimp Bycatch, May 24-27, 1992, Lake Buena Vista, Florida. Sponsored by the Southeastern Fisheries Association, Tallahassee, Florida. NOAA/NMFS, Tallahassee, Florida. pp. 229-239.
- Bojórquez, L. F. (1998). Bycatch utilization in Mexico. In Report and Proceedings of the FAO/DFID Expert Consultation on Bycatch Utilization in Tropical Fisheries. Beijing, China, 21-28 September. Natural Resources Institute (NRI)/Department for International Development (DFID)/FAO.
- Burke, W. T. (1992). An international legal perspective on bycatch. In: Schoning, R.W., R.W. Jacobson, D.L. Alverson, T.G. Gentle, Auyong, J. (eds.), Proceedings of the National Industry Bycatch Workshop, Newport, Oregon. Natural Resources Consultants, Inc., Seattle, Washington. pp. 23-28.
- Chapa-Saldaña, H. (1976). La Fauna acompañante del camarón como un índice de monopesca. Memorias del Symposium sobre Biología y Dinámica Poblacional del Camarón. Guaymas, Sonora, agosto de 1976. México D.F.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A., Seiford, L. (eds.). (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Chávez, H., Arvizu, M. J. (1972). Estudios de los recursos pesqueros demersales del Golfo de California 1968-1969. III Fauna de Acompañamiento del Camarón (peces finos y basura). In: J. Carranza, (ed.), Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía, México noviembre de 1969. México DF. pp. 361-378.
- Christian, P., Harrington, D. (1987). Loggerhead turtle, finfish and shrimp retention studies on four turtle excluder devices (TEDs). In: Proceedings of the Non-Game and Endangered Wildlife Symposium, Georgia, DNR. pp. 114-127.
- CONAPESCA. (2006). Evaluación de la capacidad pesquera de la flota arrastrera en la pesquería de camarón del litoral del Océano Pacífico 2005-2006. Informe de ejecución, Programa Alianza, Mazatlán, Sinaloa, México.
- CONAPESCA. (2009). Normatividad pesquera In: www.conapesca.sagarpa.gob.mx/ordenamiento/programas

- Duthie, A. (1992). Canadian fish capture selectivity program. In: Proceedings of the Newfoundland Mobile Gear Selectivity Workshop, St. John's, Newfoundland. Can. DFO Tech. Rep. pp. 3-19.
- FAO. (1973). Informe de la consulta de expertos sobre redes de arrastre selectivas para la pesca del camarón. Ijmuiden, Países Bajos 12-14 de junio de 1973. FAO Informe de Pesca 139.
- Feidi, I. (1989). Economic utilization of fish by-catch and by-products in the Arab Gulf region. Paper prepared for Seminar on Economic Utilization of Waste. INFOSAMAK/FAO.
- García-Caudillo, J. M., Cisneros-Mata, M. A., Balmori-Ramírez, A. (2000). Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, Mexico. *Biol. Cons.* 92(2): 199-205.
- García-Rodríguez, E. (1995). Utilization of shrimp by-catch in Cuba. In: Report and Proceedings of TCDC Workshop - Utilization of by-catch from Shrimp Trawlers, 6 - 8 June 1995. Nose Bé, Madagascar. Govt of Madagascar/UNDO/FAO 1995
- Gobierno del Estado de Sonora. (2006). Informe del Plan de Acciones para el Ordenamiento de la Actividad Acuícola y Pesquero: Componente de Modernización Pesquera, Hermosillo, Sonora.
- Gordon, A., Blake, B. (1991). Utilization of shrimp bycatch: report on a visit to India. Bay of Bengal Project, Natural Resources Institute, Overseas Development Administration, Madras, India. Tech. Rep.
- Hendrickson, H. M., Griffin, W. L. (1993). An analysis of management policies for reducing shrimp by-catch in the Gulf of Mexico. *North Amer. J. Fish. Manag.* 13(4): 686-697.
- ICES. (1985). Commercial applications of separator panels in Nephrops trawls. ICES C.M.
- Isaksen, B., Valdemarsen, J. W. (1990). Selectivity in codends with short lastridge ropes. ICES Fishing Technology and Fish Behavior Working Group Meeting.
- Isaksen, B., Valdemarsen, J. W., Larsen, R.B., Karlsen, L. (1992). Reduction of fish bycatch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. *Fish. Res.* 13: 335-352.
- Jones, J. B. (1992). Environmental impact of trawling on the seabed: a review. *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.* 26: 59-67.
- Kendall, D. (1990). Shrimp separating panels in shrimp trawls: status of the implementation in the commercial fleet and ongoing research projects. Working Group Meeting, Ostende, May 18-22, 1990. ICES, Copenhagen, Denmark.
- Kenny, J., Blott, A., DeAlteris, J. T. (1990). Shrimp separator trawl experiments in the Gulf of Maine shrimp fishery. In: Proceedings of the Fisheries Conservation Engineering Workshop, Rhode Island.
- Klima, E. F. (1992). Shrimp bycatch: hopes and fears. In: Proceedings of the International Conference on Shrimp Bycatch, Lake Buena Vista, Florida. Sponsored by the Southeastern Fisheries Association, Tallahassee, Florida. NOAA/NMFS, Tallahassee, Florida. pp. 5-12.

- Koslow, J. A., Gowlett-Holmes, K., Lowry, J. K., Poore, G. C. B., Williams, A. (2001). Seamount benthic macrofauna off southern Tasmania: community structure and impacts of trawling. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 213: 111-125.
- López-Martínez, J., Herrera-Valdivia, E., Hernandez-Saavedra, N. Y., Serviere-Zaragoza, E., Balart-Páez, E., Rodríguez-Romero, J., Rábago-Quiroz, C. H., Padilla-Arredondo, G., Burrola-Sánchez, M. S., Morales-Azpeitia, R., Enríquez-Ocaña, L. F., Nevárez-Martínez, M., Acevedo-Cervantes, A. (2008). Evaluación de la afectación de las redes de arrastre de camarón en los fondos marinos del litoral Sonorense. Ponencia presentada en el Taller del Proyecto "Efecto de la pesquería de arrastre de camarón en las comunidades asociadas al sedimento marino en el centro y norte del Golfo de California" 28-29 febrero de 2008, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz B.C.S., México.
- Madrid-Vera, J., Amezcua-Linares, F., Morales-Bojorquez, E. (2007). An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. *Fish. Res.* 83: 81-89.
- Martin, J. T. (1992). Conservation and bycatch: can they co-exist? In: Schoning, R.W., Jacobson, R.W., Alverson, D.L., Gentle, T.G., Auyong, J. (eds.), *Proceedings of the National Industry Bycatch Workshop*, Newport, Oregon. Natural Resources Consultants, Inc., Seattle, Washington. pp. 163-168.
- Muñoz, M., Rendón, R., Aguilar, J., García, J. G., Altamirano, J. R. (2004). Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural. Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo y Fundación Produce Michoacán A. C.
- Murray, J. D., Bahen, J. J., Rulifson, R. A. (1992). Management considerations for bycatch in the North Carolina and Southeast shrimp fishery. *Fisheries.* 17(1): 21-26.
- Nadal, E. A. (1996). Esfuerzo y captura: tecnología y sobreexplotación de recursos marinos vivos. Colegio de México, Programa sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 1996. México.
- Okonski, S. L., Martini, L.W. (1977). Materiales didácticos para la capacitación en Tecnología de artes y métodos de pesca. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. Proyecto PNUD/FAO. Contribución al Estudio de las Pesquerías de México CEPM.
- Pascoe, S., Kirkley, J. E., Gréboval, D., Morrison-Paul, C. J. (2003). Measuring and assessing capacity in fisheries. 2. Issues and methods. *FAO Fish. Tech. Pap.* 433/2. Rome, FAO. 2003.
- Pérez-Mellado, J. (1980). Análisis de la fauna de acompañamiento del camarón capturado en las costas de Sonora y Sinaloa, México. Tesis de maestría, Escuela de Ciencias Marinas. Inst. Tec. Est. Sup. De Monterrey, Guaymas, Sonora, México.
- Pérez-Mellado, J., Findley, L. T. (1985). Evaluación de la ictiofauna acompañante del Camarón capturado en las Costas de Sonora y Norte de Sinaloa, México. In: A. Yanez-Arancibia, (ed.), *Programa Universitario de Alimentos*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Instituto Nacional de la Pesca, México, pp. 201-254.

- Petersen, E. E. (1981). The Guyana project: industrial use of by-catch. In: Fish By-catch, bonus from the Sea: report on a technical consultation on shrimp by-catch utilisation held in Georgetown.
- Pikitch, E. K. (1992). Potential for gear solutions to bycatch problems. In: R.W., R.W. Jacobson, D.L. Alverson, Gentle, T. G., Auyong, J. (eds.), Proceedings of the National Industry Bycatch Workshop. Newport, Oregon. Natural Resources Consultants, Inc., Seattle, Washington. pp. 128-138.
- Sarmiento, S., Gil-López, H. A. (1997a). Efecto de la modificación de una red camarонера para la reducción de fauna acompañante del camarón en el Golfo de Tehuantepec. México. Documento anual de investigación, Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz, Oaxaca. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, México.
- Sarmiento, S., Gil-López, H. A. (1997b). Efecto del dispositivo excluidor de tortugas marinas de estructura rígida, sobre la talla de los peces capturados en una red camarонера. Documento anual de investigación, Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz, Oaxaca. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, México.
- Sarmiento-Náfate S., Gil-López, H. A., Arroyo, D. (2007). Shrimp by-catch reduction using a short funnel net in the Gulf of Tehuantepec, South Pacific, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 55 (3-4): 889-897.
- Schick, D. (1991). Maine shrimpers experiment with separator panels. *National Fisherman*. 72(2): 34-35.
- Seidel, W. R. (1975). A shrimp separator trawl for the southeast fisheries. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 27: 66-76.
- Slavin, J. W. (1982). Utilization of the shrimp bycatch. In: Fish Bycatch--Bonus from the Sea. Report of a Technical Consultation on Shrimp Bycatch Utilization held in Georgetown, Guyana. IDRC, Ottawa, Canada. pp. 21-28.
- Suwanrangi, S. (1986). Improved bycatch utilization in Thailand. In: Proceedings of the First Asian Fisheries Forum. pp. 467-469.
- Suwanrangi, S. (1988). By-catch utilization in Thailand. *INFOFISH Int.* Vol. 5/88:40-42.
- Villaseñor, T. R. (1997). Dispositivos excluidores de tortugas marinas. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 372. Roma, FAO.
- Watson, J. W., Mitchel, J., Shah, A. K. (1986). Trawling efficiency device: A new concept for selective shrimp trawling gear. *Mar. Fish. Rev.* 48(1): 1-9
- Watson, J. W., Sendel, W. R. (1980). Evaluation of techniques to decrease sea turtles mortalities in the Southeastern United States shrimp fishery. *I.C.E.S. CM.* 1976/B:31.
- Watson, J. W., Taylor C. W. (1986). Research on selective shrimp trawl designs for penaeid shrimp in the United States: a review of selective shrimp trawl research in the United States since 1973. NOAA/NMFS/SEFSC, Mississippi Laboratories, Pascagoula, Mississippi.
- Watson, J. W., Foster, D., Taylor, C., Shah, A., Barbour, J., Hataway, D. (1992). Status report on the development of gear modifications to reduce finfish bycatch in shrimp trawls in the South-eastern United States 1990-1992. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-327.

Yáñez-Arancibia, A. (1985). Recursos pesqueros potenciales de México: la pesca acompañante del camarón. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

CITA DE CAPÍTULO 15

Villaseñor-Talavera, T. 2012. Pesca de camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema. 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. 281-313.

