



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



# INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN REDES DE ARRASTRE CAMARONERAS AL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

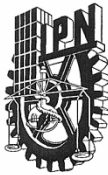
TESIS

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

PRESENTA

SERGIO PAÚL PADILLA GALINDO

LA PAZ, B. C. S., JUNIO DE 2012



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 28 del mes de Mayo del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN REDES DE ARRASTRE  
CAMARONERAS AL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

PADILLA  
Apellido paterno

GALINDO  
materno

SERGIO PAÚL  
nombre(s)

Con registro: 

A	1	0	0	0	8	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

**LA COMISION REVISORA**

Directores de Tesis

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ  
Director de Tesis

DR. JOSÉ TRINIDAD NIETO NAVARRO  
2º. Director de Tesis

DR. GERMÁN PONCE DÍAZ

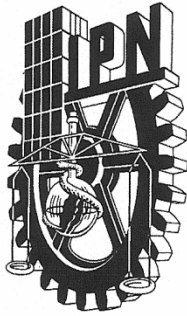
DR. PABLO DEL MONTE LUNA

DR. MANUEL JESÚS ZETINA REJÓN

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ





## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 05 del mes Junio del año 2012  
el (la) que suscribe ING. PESQ. SERGIO PAÚL PADILLA GALINDO alumno(a) del  
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS  
con número de registro A100086 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:  
DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ y DR. JOSÉ TRINIDAD NIETO NAVARRO  
y cede los derechos del trabajo titulado:

"INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN REDES DE ARRASTRE

CAMARONERAS AL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO"

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

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

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

ING. PESQ. SERGIO PAÚL PADILLA GALINDO

*nombre y firma*

## DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza para continuar en este buen camino que es la vida.

Abuela "Aida" quizás ya no te vea, pero esto va en tu memoria.

A la memoria del Ingeniero Luis Ernesto Esparza Carbajal.

A mis padres por transmitirme confianza, entusiasmo, libertad, moral y sabiduría. Lo cual, lo que soy se los debo a ustedes.

A mi numerosa familia: Tíos, Hermanos, Primos y por qué no a mis Amigos que día con día estuvieron al pendiente de mis actividades.

A todas las personas que se dedican y dependen de las pesquerías de camarón por arrastre.

A todos los alumnos de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera que participaron en la construcción de las redes, cruceros de pesca y procesamiento de las muestras.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo económico concedido a través de las becas.

A los proyectos de Investigación: SAGARPA-CONACyT 12004; SEP-CONACyT 104974; SIP-IPN 20100404, 20110742, 20110785, 20121417, 20121444.

A las instituciones educativas: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit, por colaborar en la materialización de este trabajo.

A la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Intervención Oficial y Participación Estatal de Profesores y Alumnos de la Escuela de Ingeniería Pesquera, SC. de RL. de CV.

A mis Asesores: Dr. Francisco Arreguín Sánchez, Dr. Germán Ponce Díaz, Dr. Manuel J. Zetina Rejón, Dr. Pablo del Monte Luna, Dr. José Trinidad Nieto Navarro. Y a los Profesores que durante el proceso de formación del posgrado me brindaron sus conocimientos.

Al Dr. Héctor Villalobos Ortiz por enseñarme a utilizar el programa R y brindarme el tiempo para aclarar mis dudas.

Al C.P. Humberto Ceseña Amador por su atención y ayuda en servicios escolares.

A los Ingenieros Pesqueros Fermín Medina Carrillo, Rodolfo Navarro Villalobos y José Trinidad Nieto Navarro de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera por ardua participación en la elaboración del diseño, construcción y operación de la red ENIP90NN.

Dr. Deivis Samuel Palacios Salgado gracias amigo por discutir y proporcionarme recomendaciones sobre el tema.

Dr. Sarah Jane Foster thank you very much for help me during my study.

A las tripulaciones de los barcos camareros B/M Ing. Miguel López Rivera y B/M Ing. Salvador Villaseñor Anguiano de las temporadas de pesca de camarón 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011.

A todos mis Amigos y Compañeros de CICIMAR. .... Enterados y Pendientes.

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁG.</b>
LISTA DE FIGURAS. ....	v
LISTA DE TABLAS. ....	vii
LISTA DE ANEXOS. ....	viii
<b>GLOSARIO.</b> ....	ix
<b>RESUMEN.</b> ....	xii
<b>ABSTRACT.</b> ....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b> ....	1
<b>2. ANTECEDENTES.</b> ....	4
<b>3. JUSTIFICACIÓN.</b> ....	10
<b>4. HIPÓTESIS.</b> ....	12
<b>5. OBJETIVOS.</b> ....	12
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS.</b> ....	13
6.1. Área de estudio. ....	13
6.2. Origen de los datos.....	14
6.2.1. Plan de diseño y construcción de redes. ....	15
6.2.2. Diseño experimental. ....	17
6.2.2.1. Trabajo abordado de la embarcación camaronera. ....	20
6.2.3. Proceso de muestra en laboratorio. ....	20
6.2.4. Métodos de análisis. ....	20
<b>7. RESULTADOS</b> .....	25

7.1. Generalidades. ....	25
7.2. Eficiencia relativa de pesca. ....	26
7.3. Comparación de capturas. ....	28
7.4. Especies ícticas relevantes de la captura incidental. ....	31
7.5. Selectividad. ....	33
7.5.1. Selectividad: camarón. ....	33
7.5.2. Selectividad: especies ícticas relevantes. ....	35
7.6. Tallas de primera captura y primera madurez. ....	38
<b>8. DISCUSIÓN.</b> ....	<b>43</b>
<b>9. CONCLUSIONES.</b> ....	<b>54</b>
<b>10. RECOMENDACIONES.</b> ....	<b>56</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA.</b> ....	<b>57</b>
<b>12. ANEXOS.</b> ....	<b>69</b>

## LISTAS DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
Figura 1. Localización del área de estudio. ....	13
Figura 2. Serie de los experimentos. ....	15
Figura 3. Esquema de las redes de arrastre camaroneras utilizadas en el estudio. ....	16
Figura 4. Modificación de la relinga inferior, dimensiones y colocación. ...	17
Figura 5. Forma de trabajo teórica del DEP “Fisheye”, dimensiones y colocación. ....	18
Figura 6. Forma de trabajo teórica del DEP “Ventana de Malla Falsa”, dimensiones y colocación. ....	19
Figura 7. Valores del IIIC de la fauna íctica relevante del experimento I. ....	23
Figura 8. Eficiencia de captura por grupo para cada experimento. ....	27
Figura 9. Capturas de camarón por estación de las redes testigo y prototipo. ....	28
Figura 10. Capturas de ictiofauna por estación de las redes testigo y prototipo. ....	29
Figura 11. Capturas de invertebrados por estación de las redes testigo y prototipo. ....	30
Figura 12. Curvas de selectividad de las redes Buzo y ENIP90NN para camarón. ....	34
Figura 13. Cocientes por especie relevante del experimento I. ....	40



Figura 14. Cocientes por especie relevante del experimento II. ....	41
Figura 15. Cocientes por especie relevante del experimento III. ....	42
Figura 16. Esquemas de las principales redes de arrastre camaroneras del Golfo de California. ....	69
Figura 17. Relación de las capturas de camarón por experimento. ....	70
Figura 18. Relación de las capturas de ictiofauna por experimento. ....	71
Figura 19. Relación de las capturas de invertebrados por experimento. ....	72
Figura 20. Imagen de pantalla del programa Índice de Importancia Íctica. ..	73
Figura 21. Valores del Índice de Importancia Íctica por experimento. ....	90
Figura 22a-g. Curvas de selectividad de las especies ícticas relevantes. ...	92
Figura 23. Forma del aparejamiento de la doble relinga inferior. ....	103
Figura 24. Descripción y área de instalación del dispositivo excluidor de peces “Fisheye”. ....	104
Figura 25. Descripción y área de instalación del dispositivo excluidor de peces “Ventana de Malla Falsa”. ....	105

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PÁG.</b>
Tabla 1. Capturas estandarizadas en los experimentos por grupo. ....	25
Tabla 2. Coeficientes de eficiencia en los experimentos por grupo. ....	26
Tabla 3. Valores de la prueba de Wilcoxon en los experimentos por grupo. .....	31
Tabla 4. Taxones diferenciados en diferentes jerarquías taxonómicas para los experimentos. ....	31
Tabla 5. Listado de taxones derivado del índice de importancia íctica. ....	32
Tabla 6. Longitudes de probabilidad de retención en camarón por experimento. ....	35
Tabla 7. Parámetros de selectividad de los taxones relevantes de la fauna íctica (experimento I). ....	36
Tabla 8. Parámetros de selectividad de los taxones relevantes de la fauna íctica (experimento II). ....	37
Tabla 9. Parámetros de selectividad de los taxones relevantes de la fauna íctica (experimento III). ....	38

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PÁG.</b>
Anexo 1. Esquemas de los diseños de redes de arrastre camaroneras tradicionales, utilizadas en la pesquería de camarón en el Golfo de California. ....	69
Anexo 2. Contraste de las capturas por unidad por área (CPUA) de las redes testigo (Buzo) y prototipo (ENIP90NN), para determinar la eficiencia de pesca con el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (1989). ....	70
Anexo 3. Código fuente de programa IIIC (Índice de Importancia Íctica). ...	73
Anexo 4. Valores relativos acumulados del Índice de Importancia Íctica en gráficos por experimento. Obtención del número de especies ó taxones ícticas relevantes. ....	90
Anexo 5. Descripción comparativa de las curvas logísticas derivadas del análisis de selectividad por especie ó género según sea el caso. .	91
Anexo 6. Resultados del análisis de selectividad de las especies ícticas relevantes con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Probabilidades de retención $L_{25}$ y $L_{75}$ por experimento. ....	101
Anexo 7. Tallas de primera madurez calculadas con la formula empírica de Froese & Binohlan y observadas de fuentes bibliográficas de las especies ícticas relevantes. ....	102
Anexo 8. Especificaciones generales de las alternativas tecnológicas para el uso en redes de arrastre camaroneras del Pacífico mexicano. ...	103

## GLOSARIO

**Arte de pesca.** Instrumento que sirve para pescar o equipo con el cual se realiza la captura de las especies objetivo (Arredondo-Álvarez *et al.*, 2006; RAE, 2012).

**Captura.** Conjunto de material biológico vivo retenido o capturado por el arte de pesca, incluyendo corales, medusas, tunicados, esponjas y otros organismos no comerciales, ya sea si es o no llevado a bordo de la embarcación (Kelleher, 2008).

**Captura incidental.** Parte de la captura total pescada incidentalmente cuando se pesca una o más especies objetivo. Esto incluye animales no objetivo de captura y material inerte; este término es sinónimo del anglicismo Bycatch (Eayrs, 2007).

**Descarte.** El descarte es la porción de materia orgánica total de origen animal en la captura, la cual es desaprovechada, regresada al mar muerta o viva (Kelleher, 2008).

**Dispositivo Excluidor de Peces.** Dispositivo que reduce la captura de peces de la captura incidental o cualquier modificación en la red (Eayrs, 2007).

**Dispositivo Excluidor de Tortugas.** Parilla inclinada o paneles de red que previenen que animales grandes sean capturados. No sólo excluye tortugas marinas, también tiburones, rayas, medusas, esponjas y peces de gran tamaño (Eayrs, 2007)

**Eficiencia de pesca.** Es la comparación de las capturas de un arte de pesca nuevo o experimental y arte de pesca comercial o en uso, bajo las mismas condiciones de pesca (Fridman, 1986).

**Encabalgado.** Es la abertura de una malla en sentido horizontal colocada en posición de trabajo, su valor puede ser porcentual o en fracción decimal.

**Fauna acompañante.** Conjunto de especies que se atrapan incidentalmente durante la captura de especies con mayor importancia comercial (Arredondo-Álvarez *et al.*, 2006).

**Ictiofauna.** Todas las especies de peces que habitan una región específica en un periodo determinado (Palacios-Salgado, 2011).

**Luz de malla.** Distancia interior entre dos nudos opuestos de una malla totalmente estirada en sentido vertical de construcción del paño.

**Pesca.** Acto de extraer, capturar o recolectar, por cualquier método o procedimiento, especies biológicas o elementos biogénicos, cuyo medio de vida total, parcial o temporal sea el agua (D. O. F., 2007).

**Red de arrastre.** Arte de pesca que consisten en redes de forma cónica que forman un bolso que al remolcarse deslizándolas sobre el fondo marino filtran el agua reteniendo los organismos que se encuentran a su paso (D. O. F., 1993).

**Relinga.** Cuerda, cabo o cabo combinado en la cual van colocados el peso, la fuerza de flotación y el paño en cual se ensambla para darle forma a las mallas. Se dividen en: relinga superior donde se colocan los flotadores y relinga inferior donde se apareja el lastre.

**Selectividad.** Propiedad de un arte de pesca para capturar un rango de tallas de una especie objetivo (Sparre & Venema, 1997).

**Talla de primera captura.** Longitud en la que 50% de los individuos de una población son retenidos por el arte de pesca.

**Talla de primera madurez.** Longitud en la que 50% de los individuos de una población está sexualmente madura.

**Tamaño de malla.** Distancia que hay entre dos nudos opuestos de una malla totalmente estirada en sentido vertical de construcción del paño.

## RESUMEN

A nivel mundial, la captura incidental de las pesquerías de camarón inducida por redes de arrastre, es uno de los aspectos más alarmantes de esta actividad. Particularmente en el Golfo de California, por cada kilogramo de camarón, se capturan en promedio 10 kilogramos de otras especies. De aquí la necesidad de desarrollar tecnologías que reduzcan la captura incidental de las redes de arrastre camaroneras del Pacífico mexicano. En este trabajo se probó el prototipo de red ENIP90NN, que posee una doble relinga inferior, y se comparó con una típica red comercial para determinar la eficiencia de captura de cada una. Así mismo se evaluaron dos excluidores de peces: “Fisheye” y “Ventana de Malla Falsa”. Las comparaciones se hicieron a bordo de una embarcación comercial durante la temporada de pesca 2007-2008 al sur del Golfo de California. Se realizaron 57 lances considerando la captura total y una muestra (separada en tres grupos: camarón comercial, ictiofauna e invertebrados) para evaluar los experimentos. Los resultados muestran que la red prototipo tiene la misma eficiencia que la red comercial en la captura de camarón, sin embargo, estadísticamente captura menos fauna acompañante. Las curvas de selectividad indican que las tallas de primera captura ( $L_{50}$ ) en camarón, así como para más del 50% de los 22 taxones más relevantes de la ictiofauna fueron mayores en la red prototipo; además el cociente  $L_{50}/\text{Talla de primera madurez}$ , indica que dicho porcentaje de taxones tienen mayores posibilidades de reproducirse al menos una vez. En general, se encontró que las modificaciones tecnológicas en la red prototipo ENIP90NN cumplen con el objetivo de la pesquería, reduciendo el problema notablemente de la captura incidental.

Palabras claves: Arrastre, Camarón, Excluidor, Captura Incidental.

## ABSTRACT

Globally, the bycatch of shrimp fisheries employing trawl nets is one of the most alarming aspects of this activity. In the Gulf of California in particular, 10 kilograms of other species are caught for every kilogram of shrimp. Hence there is a pressing need to develop technologies that will reduce the bycatch of shrimp trawl nets the Mexican Pacific. The aim of this study was to compare the capture efficiency of the prototype net ENIP90NN, which has a double footrope, to that of a typical trawl net (control net). Also tested were two fish excluder devices: “Fisheye” and “False Mesh Window”. The catch efficiency of the experimental gears was tested by examining the total and sample catch (separated into three groups: commercial shrimp, finfish and invertebrates) of 57 hauls of a fishing vessel during the 2007-2008 in fishing season in the southern Gulf of California. The results showed that the prototype net had the same efficiency as the control net with respect to the shrimp catch, but had statistically less bycatch. Gear selectivity, as measure by length at 50% gear retention ( $L_{50}$ ), for shrimp as well as for over 50% of the 22 most important finfish taxa, was greater for the prototype net; further the ratio of  $L_{50}$  to size at maturity indicated that at least same percent to the finfish taxa are likely to breed at least once before being caught. In general, it was found that the technological modifications of the prototype net ENIP90NN meet the objectives of the fishery, markedly reducing the problem of bycatch.

Keywords: Trawling, Shrimp, Excluder, Bycatch.



## 1. INTRODUCCIÓN

La pesca, actividad que data desde hace 90 mil años (Yellen *et al.*, 1995), es parte integral de las sociedades que habitan en zonas costeras ya que contribuye al bienestar social ofreciendo alimentación y flujo económico a estas regiones. En México se reconoce a la pesca como actividad que fortalece la soberanía alimentaria y territorial de la nación, colocándola en asuntos de seguridad nacional y prioridad para la planeación nacional del desarrollo (D. O. F., 2007).

En el Golfo de California, la pesquería del recurso camarón se consolida como una de las más importantes del país, representando más del 90% de la producción de camarón en el Pacífico mexicano (García-Caudillo & Gómez-Palafox, 2005). En el golfo se concentra la mayor parte de la flota pesquera industrial, generando aproximadamente 9 000 empleos directos y tiene la mayor tasa de ingreso de divisas por concepto de exportaciones (García-Borbón *et al.*, 1996; Galena-Villaseñor & Guevara-Rodríguez, 2003, CONAPESCA, 2008). La pesquería tiene como objeto de captura cuatro especies de camarones peneidos, *Litopenaeus stylirostris*, *L. vannamei*, *Farfantepenaeus californiensis*, *F. brevirostris* (Anónimo, 2006) y se divide en una flota artesanal (embarcaciones menores) y una flota industrial (embarcaciones mayores). La segunda utiliza como único medio extracción la red de arrastre; la cual, presumiblemente, ha tenido efectos en el ambiente marino, social y económico.

El sistema de pesca de arrastre camaronero debido a que retiene grandes volúmenes de fauna marina (peces, cangrejos, tiburones, rayas, bivalvos, algas, entre otros) nombrada en conjunto fauna de acompañante del camarón (FAC), se le considera internacionalmente un método de pesca no selectivo (Anónimo, 2004; Eayrs, 2007). En los últimos años se ha incrementado el interés de mejorar la calidad del camarón al momento de su captura, con el uso de dispositivos excluidores de fauna marina en las redes de arrastre; debido a las exigencias de los países importadores y al fomento de buenas prácticas de pesca (Eayrs, 2007). El modificar las redes de arrastre camaroneras, es una de las medidas que a nivel internacional se han adoptado para reducir la captura incidental (p. ej. Proyecto: Reduction of

Environmental Impact from Tropical Shrimp Trawling, through the introduction of By-catch Reduction Technologies and Change of Management (EP/GLO/201/GEF); FAO, 2008-2011). La modificación común es la instalación de dispositivos excluidores de peces, los cuales proveen una ventana de escape a los individuos que forman parte de la fauna acompañante del camarón (Watson, 2007).

Por otra parte, el Código de Conducta de Pesca Responsable y la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable, solicitan emplear artes, métodos y prácticas de pesca selectivas, que minimicen la captura incidental, descartes y los impactos sobre ambiente marino, a fin de conservar y mantener la disponibilidad de los recursos pesqueros. Aunque el Código es voluntario, a diferencia de la Ley, este pretende apelar la conciencia de los actores de la pesca, con el objetivo de evitar el riesgo de colapso en las pesquerías (FAO, 1995; D. O. F., 2007).

Dada la importancia que representa la pesquería del camarón del Golfo de California, los mínimos avances en la aceptación de las tecnologías de capturas evaluadas y la solicitud a nivel mundial (p. ej. Organizaciones No Gubernamentales) por reducir las capturas incidentales en las pesquerías, han motivado a instituciones educativas especialistas en investigaciones marinas y tecnología de capturas.

En ese contexto, el presente estudio se exploran alternativas tecnológicas como: la reducción (1) y simetría en el cuerpo de la red (2), la doble relinga inferior (3) y el excluidor de peces (4); los mencionados son atributos de diseño y dispositivos de exclusión que no consideran las redes tradicionales. La primera característica lo sustenta el estudio realizado en el Golfo de Tehuantepec por Sarmiento-Náfate *et al.* (2007); en el cual se demuestra que al reducir el cuerpo, la red retiene menor cantidad fauna íctica. La segunda se debe a la particularidad de que las redes camaroneras tradicionales carecen de dicha característica en las tapas superior e inferior. La tercera obedece básicamente a la modificación de forma de aparejar el lastre (cadena) y la relinga inferior; dicha modificación proviene de la experiencia de los pescadores, para evitar el exceso de sedimentos o el entierro de la parte central de la relinga inferior (a) y de lances experimentales en redes de arrastre a pequeña escala realizados frente a la costa de la Isla de Altamura, Sinaloa

(Esparza *et al.*, 2005; Padilla-Galindo, 2006), con la finalidad de excluir fauna acompañante (b). El último atributo es la exploración de dos dispositivos, el excluidor de peces “Fisheye”, el cual es un dispositivo versátil y más evaluado en las pesquerías de camarones peneidos (Watson *et al.*, 1993; Bransterter, 1997; Brewer *et al.*, 1998) y la “Ventana de Malla Falsa”, la cual es una variante de los paneles de malla cuadrada, que se caracterizan por excluir peces pequeños (Brewer *et al.*, 1998; Eaysr, 2007).

## 2. ANTECEDENTES

Los primeros asentamientos indígenas en las riberas del Pacífico Mexicano iniciaron la pesca de camarón de forma artesanal con barreras llamados “tapos” en lagunas costeras. En la tercera década del siglo XX se inicia la pesca de camarón de altamar con redes de arrastre en barcos sardineros adaptados, que fueron incorporados como arrastreros a la flota mexicana. En esos mismos años embarcaciones japoneses mediante concesión del Gobierno Mexicano exploraron intensamente el Golfo de California, localizando áreas idóneas para la pesca de arrastre. En la década de 1940 inicia la pesquería de camarón de manera formal mediante cooperativas legalmente constituidas por pescadores en Guaymas, Sonora y Topolobampo, Sinaloa, que a través de los años se expandieron en todo el Golfo de California hasta el Golfo de Tehuantepec (Medina-Neri, 1982; Magallón-Barajas, 1987; López-Martínez *et al.*, 2000).

En 1970 se iniciaron líneas de investigación sobre la dinámica poblacional del recurso camarón enfocadas a evaluar el esfuerzo pesquero, predicción de capturas y sus tendencias históricas (Rodríguez, 1981). No obstante, existen diversos estudios de la descripción y composición (p. ej. Young & Romero, 1979, van der Heiden, 1985; Hendrickx, 1985), capturas (p. ej. Rodríguez, 1981; Nava-Romo, 1994), utilización (p. ej. Grande-Vidal & Díaz-López, 1981; Amezcua-Linares, 1985) de la fauna asociada a los arrastre camaroneros para las costas del Pacífico mexicano y Golfo de California.

Las redes de arrastre utilizadas al inicio de la pesquería medían entre 12.19 m (40') y 42.67 m (140') de longitud en la relinga superior con malla de 6.35 cm (2 ½"). Durante la década de 1960 el tamaño de la malla fue reduciéndose hasta llegar a 3.16 cm (1 5/8") en cuerpo y 3.81 cm (1 ½") en el bolso con la finalidad de obtener mayores capturas de camarón (Rodríguez & Rosales, 1976; Rodríguez, 1981; Magallón-Barajas, 1987; López-Martínez, 2000). Sin embargo, un estudio de selectividad de redes de arrastre en 1975 por Lluch-Belda, dio pauta para regularizar el tamaño de malla, estableciendo como medida de manejo 5.71 cm (2 ¼") para el cuerpo y 4.44 cm (1 ¾") en el copo. En 1980 las redes cambiaron de tamaño en la

relinga superior oscilando entre 10.67 m (35') y 21.34 m (70') (Rodríguez, 1981; Magallón-Barajas, 1987; López-Martínez, 2000)

Los estudios sobre el funcionamiento de las redes de arrastre iniciaron en 1948; destacando algunas conclusiones:

a) Entre más grande se construya el chinchorro, mayor será la ineficiencia en comparación con uno pequeño (Rodríguez & Rosales, 1976).

b) A medida que aumenta el tamaño del chinchorro, es necesario suministrar más energía que la que proporciona la máquina del buque (Rodríguez & Rosales, 1976).

c) Uno de los principales defectos que se encuentran con el uso de un chinchorro grande es que, como el fondo marino no es llano, la relinga no se adapta a él y la corúa (sic) queda tensa (Rodríguez & Rosales, 1976).

En lo que respecta a innovación tecnológica de los equipos de pesca para la captura de camarón del Pacífico mexicano en 60 años de funcionamiento, se han propuesto escasos cambios aunque significativos. El primero fue cambiar la forma de arrastre de las embarcaciones que operaban una red por popa por la operación doble: una red por banda (babor y estribor; situación ocurrida en los años 50's), con la finalidad de incrementar la productividad por medio del aumento del área de barrido. Este cambio fue aceptado por la flota, por lo que se intentó introducir el sistema de doble aparejo con redes gemelas, es decir dos redes por cada banda, aunque las virtudes (p. ej. reducción de resistencia al avance) son buenas, no tuvo aceptación por los operarios de la pesca, bajo los argumentos que resulta complicado su manejo y requiere de calibración constante (Secretaría de Pesca, 1987).

Por otro lado, el perfeccionamiento de las redes de arrastre camaroneras ha sido paulatinamente. Utilizando redes "ala" provenientes de diseño japonés en los años treinta. Con el cambio de operación al sistema doble (años cincuenta), se sustituyeron las redes anteriores por redes americanas con las ventajas de manejo fácil y mayor capacidad de captura. Los diseños introducidos fueron "Fantasma", "Hawaiana" y "Portuguesa" (Covarrubias, 1994). Las redes utilizadas en los años treinta se constituían de dos tapas (superior e inferior) y fueron sustituidas por las de

cuatro tapas (superior, inferior y laterales), lo cual permitió incrementar la abertura vertical. La modificación fue basada porque en algunos periodos el camarón no se encuentra en el fondo, si no que se separa de él; este cambio también amplió la posibilidad de capturar peces demersales. Adicionalmente, se observaron otras virtudes, tales como una menor tensión sobre el paño, mejor filtración del agua, reducción de la resistencia de avance permitiendo incrementar la velocidad y reducción del consumo de combustible (Secretaría de Pesca, 1987).

En 1985, las redes utilizadas principalmente corresponden a cuatro modelos “Volador”, “Cholo”, “Portugués” y “Semiportugués” (Secretaría de Pesca, 1987) que a la fecha siguen en uso. No obstante, se han producido variaciones de estos diseños. Heredia-Quevedo (2001) analiza por el método teórico-práctico cinco diseños (Fantasma, Volador, Semiportugués, Mixto y Buzo) de redes de arrastre camaroneras mexicanas, con una propuesta de diseño de red, que mejora las cualidades de captura y operatividad, aprovechando de manera eficiente las particularidades de la embarcación, como el tamaño de los tangones, potencia del motor, por mencionar algunas.

Las investigaciones enfocadas a reducir la fauna acompañante del camarón mediante desarrollo tecnológico en redes de arrastre en el país, iniciaron en 1984 por tecnólogos pesqueros mexicanos en los litorales del Golfo de México, Mar Caribe y Océano Pacífico, realizando experimentos con dispositivos excluidores de tortugas (DET). El funcionamiento se basa en el principio de separación mecánica, al desviar a las tortugas marinas u objetos de tamaño similar hacia una abertura de escape. No sólo representa una acción de conservación si no también una alternativa para el escape de especies de peces, crustáceos y moluscos. Una de las observaciones importantes del estudio fue que los modelos de DET's (Anthony weedless, FED-INP, Saunders grid y Super shooter) del tipo rígido tienen mayor aceptación entre los pescadores, sin dejar de mencionar que esos modelos fueron los eficientes, favoreciendo la exclusión de fauna acompañante hasta 45% con pérdidas mínimas de camarón (Villaseñor-Talavera, 1997; Watson, 1993).

En el Golfo de California se evaluó el rendimiento del dispositivo excluidor de peces llamado “Túnel Extendido de malla cuadrada”. El cual consiste en un túnel de paño con malla pequeña en forma cónica rodeado de mallas cuadradas grandes. El funcionamiento considera el direccionamiento de la captura que pasa hacia el bolso, y conforme los peces salen del túnel extendido algunos nadan en dirección a las mallas cuadradas (aberturas de escape); este dispositivo se coloca entre el DET y el bolso de la red (Eayrs, 2007; Watson, 2007). Con ello, se obtuvo una reducción del 40% de captura incidental con una pérdida de camarón de 7% (García-Caudillo *et al.*, 2000; García-Caudillo & Gómez-Palafóx, 2005).

En la parte más al norte de dicho Golfo se realizaron cruceros de pesca experimental para evaluar en tres diferentes tamaños el dispositivo excluidor de peces “Fisheye” (DEPF). El dispositivo es en forma de cono con un marco elíptico de acero inoxidable al frente, el cual se coloca en la parte superior del bolso de la red, para crear una abertura por donde los peces pueden escapar (Eayrs, 2007; Watson, 2007). Los resultados indicaron que el uso DEPF no afecta la eficiencia de captura de camarón y permite excluir hasta 40% del total de la fauna acompañante y 37% de ictiofauna (Balmori *et al.*, 2003a).

Otro caso de estudio frente a las costas de los estados de Nayarit y Sinaloa, se realizaron comparaciones directas de las capturas de dos diseños de red de arrastre: Intrépido (Mixto modificado) y CRIP Moongose modificada. La red CRIP utilizó un dispositivo denominado “Mariposa” el cual apareja el portón, la relinga inferior y la cadena espantadora (permitiendo mejor ajuste). El dispositivo proporcionó mejor distribución de fuerzas que actúan sobre los portones de arrastre y una reducción de fauna acompañante de 41.3% en la red CRIP, además de aumentar las capturas de camarón en 8.8% en todo el crucero respecto a la red Intrépido (Esparza, 2003).

En el Golfo de Tehuantepec, se ha contribuido a reducir la pesca incidental de la flota local. Sarmiento-Náfate (1993) propuso una red camaronera utilizando doble paño de 11.43 cm (4 ½”), considerando que al traslapar los paños, estos formarían una malla de 5.71 cm (2 ¼”). La finalidad de la propuesta fue de favorecer el escape

de los peces bajo el supuesto que al enmallarse, se deslizarían a través de los paños hacia fuera de la red utilizando la fuerza motriz y musculatura. En la misma zona de pesca durante la temporada de pesca 1998 – 1999, se comparó simultáneamente un nuevo diseño de red de arrastre con el diseño Volador cuya principal característica es la modificación en la longitud del cuerpo (49% menor a la de diseño tradicional). Dicha modificación, se realizó con base en los patrones locomotores y el comportamiento de escape los peces; los cuales difieren significativamente del comportamiento de las especie objetivo (camarones peneidos). Las pruebas de pesca demostraron que la modificación disminuye hasta 25% la captura de fauna acompañante y un incremento de 3% en la retención de camarón con respecto a una red tradicional (Sarmiento-Náfate *et al.*, 2007).

Países como Australia, Canadá, Estados Unidos de América, entre otros, han reportado en publicaciones internacionales desde 1965, experimentos con dispositivos reductores de fauna acompañante en redes de arrastre camaroneras, obteniendo éxito en minimizar las capturas de especies no objeto de captura (Broadhurst, 2000). Los países mencionados, aun contribuyen con información sobre avances tecnológicos de los sistemas de pesca de arrastre.

Por otro lado, México es partícipe del proyecto FAO “Reduction of Environmental Impact from Tropical Shrimp Trawling, through the introduction of By-catch Reduction Technologies and Change of Management (EP/GLO/201/GEF)”. El proyecto es de carácter mundial en el que participan 12 países: seis de América Latina y el Caribe (Colombia, Costa Rica, Cuba, México, Trinidad y Tobago, Venezuela), dos de Asia (Filipinas, Indonesia), dos de África occidental (Camerún, Nigeria), dos de la Región del Golfo Pérsico (Bahrén, República Islámica de Irán) y un organismo intergubernamental de pesca (Centro para el desarrollo de las Pesquerías del Sudeste de Asia - SEAFDEC).

El proyecto tiene como objetivo general reducir los descartes de peces capturados y las repercusiones ambientales producidas por la pesca comercial de camarón con redes de arrastre en países tropicales (FAO, 2008-2011). Los resultados para México incluyen el desarrollo de tres prototipos de sistema de pesca



de arrastre camarero para regiones seleccionadas del Pacífico mexicano (Alto Golfo de California, Boca del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec). A los prototipos se incorporaron diseños de redes, puertas de arrastre y dispositivos de exclusión. Los últimos reportes mencionan que mediante estos prototipos de redes de arrastre se obtiene una reducción entre 30% y 60% de las capturas incidentales y el ahorro de combustible entre 20% y 50%, además se logra mejorar la calidad del objeto de captura (camarón) y se reducen las labores de separación de la fauna de acompañante (FAO, 2012). Infortunadamente no existe ningún reporte técnico disponible que proporcione información detallada de los lances durante los cruceros de pesca experimental.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Las especies comerciales de camarón que captura la flota industrial son de tamaño pequeño pero de gran importancia como producto pesquero, debido a la gran demanda de los consumidores alrededor del mundo. Además, constituye una verdadera palanca para el desarrollo del país y de ella dependen miles de personas. Se conoce que el sector camaronero industrial descarta una gran cantidad de especies asociadas al fondo, la principal causa es el principio del funcionamiento de las redes de arrastre de fondo; aunque para la captura de peneidos es un sistema de pesca eficiente en términos de producción.

Los reportes sobre las pesquerías de arrastre de camarón de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de las Naciones Unidas, mencionan que las zonas tropicales tienen la mayor tasa de descartes, representando más del 27% a nivel mundial (Kelleher, 2008) y en México, se considera que los volúmenes de descarte alcanzan las 133 000 t anuales (Gillett, 2010). Se sabe que los peces llegan a representar más del 70% de los volúmenes de captura, los cuales en su mayoría son individuos jóvenes que son regresados muertos al mar (Valenzuela-Tanori *et al.*, 1988).

Las especies que componen la fauna acompañante son parcialmente aprovechadas para consumo humano, ya que son discriminadas por el tamaño, tipo y valor comercial. Aunque una parte es aprovechada por parvadas de aves marinas, peces carroñeros y mamíferos marinos. Otra parte se precipita al fondo y se descompone, convirtiéndose en materia orgánica (detritus), generando zonas de hipoxia e incluso anoxia (Brusca & Findley, 2005) potencialmente afectando de forma importante, lo cual tiene el potencial de afectar la estructura y funcionamiento de las comunidades marinas. Aunque este proceso de captura incidental es bien conocido, la pesquería no deja de caracterizarse como una actividad de gran relevancia y alta complejidad en términos ecológicos, económicos, técnicos y sociales.

Existen pocos estudios de tecnología de capturas que evidencian una reducción en los impactos de la pesca sobre las comunidades de peces demersales y bentónicas asociadas a la pesquería del camarón en México. Dar seguimiento a la

fauna acompañante en términos de su diversidad y variabilidad no es tarea fácil. Por otro lado, las modificaciones tecnológicas desarrolladas en el país no han sido adoptadas por parte del sector pesquero, debido a la incertidumbre en cuanto a la disminución de las capturas de camarón y las dificultades que implican los aditamentos en instalación, manejo y costos. Hasta el momento las acciones no han sido convincentes, lo cual hace necesario llevar a cabo más actividades en materia de tecnología pesquera.

En términos de ley, el Programa Nacional de Pesca y Acuicultura contempla: la investigación y desarrollo de tecnologías de captura, que incluyan estudios sobre selectividad, eficiencia de las artes, métodos y equipos de pesca (D. O. F., 2007). Por otro lado, el plan de manejo para la pesquería de camarón incentiva a modificar diseños de redes que contribuyan a reducir el impacto sobre el medio ambiente y la captura incidental, así como estudios para el perfeccionamiento de los dispositivos excluidores de peces (Anónimo, 2004). El presente estudio pretende atender las necesidades por parte del sector en cuanto a innovar el sistema de pesca de arrastre camaronero, así como dar seguimiento a lo estipulado en las iniciativas mexicanas para la ordenación pesquera.

#### **4. HIPÓTESIS**

El uso de alternativas tecnológicas en redes de arrastre camaroneras, permiten reducir la captura incidental de la pesquería. Por lo tanto, se espera que al modificar el sistema de pesca, exista una menor cantidad de fauna acompañante en la red, sin afectar la captura de camarón.

#### **5. OBJETIVOS**

##### General

Evaluar y proponer alternativas tecnológicas que permitan reducir los volúmenes de pesca incidental en las redes de arrastre camaroneras utilizadas por la flota mayor en el Pacífico mexicano, sin detrimento de la captura de las especies objetivo.

##### Específicos

- I. Evaluar la eficiencia relativa pesca y el efecto de la modificación de la red de arrastre (doble relinga inferior) y uso de dispositivos excluidores de peces, sobre la captura de camarón y fauna acompañante.
- II. Determinar la selectividad de las redes de arrastre en camarón.
- III. Determinar la selectividad de las redes de arrastre en las especies ícticas relevantes.
- IV. Establecer la magnitud de reducción de captura incidental al usar la red prototipo respecto a la red tradicional.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Área de estudio

El área se ubica en la costa sur del Golfo de California y se limita al sur por el estado Sinaloa (Latitud  $23^{\circ} 04' N$ , Longitud  $105^{\circ} 56' O$ ) a la altura del puerto de Mazatlán, Sinaloa, hasta la costa norte-centro del estado de Nayarit (Latitud  $21^{\circ} 13' N$ , Longitud  $105^{\circ} 13' O$ ) a la altura de Playa de Chila, Nayarit.

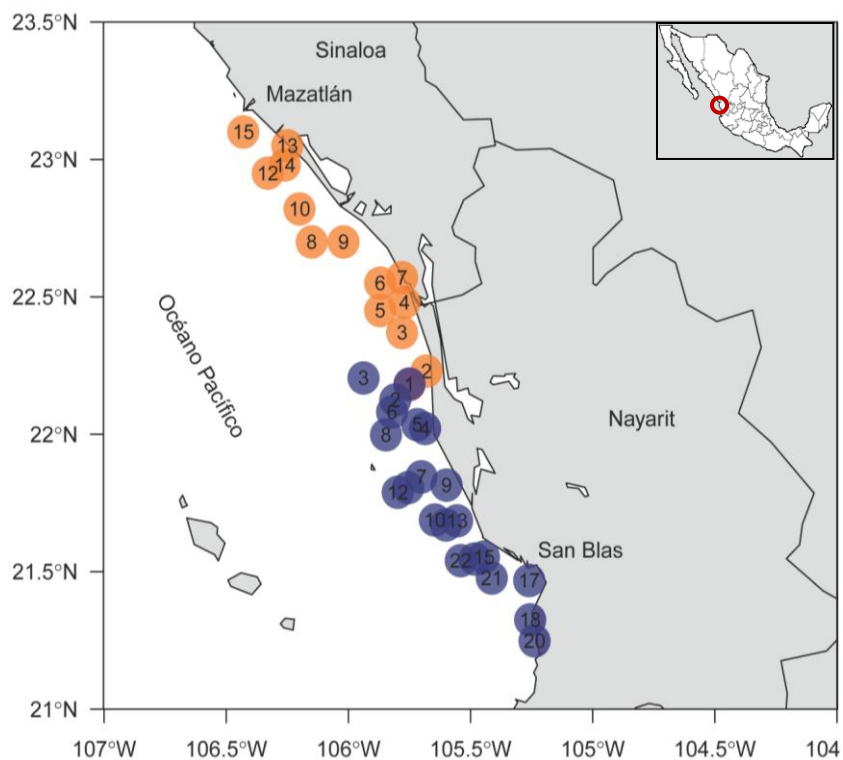


Figura 1. Localización del área de estudio.

Círculos naranja: experimento I; círculos azules: experimentos II y III.

La zona norte del área de estudio presenta una plataforma continental de pendiente pronunciada, con proporciones de profundidad-longitud de 1:260 m en las zonas más cercanas a Mazatlán, Sinaloa, mientras que en sus límites con Nayarit, la pendiente es más suave, con proporciones de profundidad-longitud de 1:290 m (López-Avilés, 1986; Apud. Nieto-Navarro, 2010). La temperatura superficial del agua

del mar en el área oscila de 28 a 30 °C, mientras que en el fondo va de 21 a 24 °C y la salinidad varía de 34 a 35 UPS en promedio anualmente (Manjarrez, 2001). La zona sur se caracteriza por presentar playas de pendiente suave y aguas más turbias, una mayor influencia de las descargas de los ríos de esta región (González & Pintado, 1998) y sistemas lagunares estuarinos (Huizache-Caimanero, Teacapan-Agua Brava, Agua Grande, Cautla, Mexcaltitán), canales de mareas, marismas, pantanos y grandes ríos que vierten sus aguas en la costa, afectando los procesos costeros con el aporte de sedimentos, materia orgánica y nutrientes (Amezcuca, 1996).

## 6.2. Origen de los datos

Los datos provienen de arrastres realizados por un barco camaronero comercial como parte del proyecto “Impacto de redes de arrastre en ecosistemas bentónicos del estado de Nayarit”, llevados a cabo en la temporada de pesca de camarón 2007-2008, por la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera (ENIP) de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) y el Centro de Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Los experimentos (Fig. 2) consistieron en comparaciones simultáneas de las capturas de dos diseños de redes de arrastre que utilizan por disposición oficial mexicana el dispositivo excluidor de tortugas del tipo rígido “Super Shooter” (D. O. F., 1993), a bordo de una embarcación comercial camaronera tipo “Banfoco” de operación doble (estribor y babor). Para ello, se utilizaron dos tipos de excluidores de peces: “Fisheye” (DEPF) y “Ventana de malla falsa” (DEPV), además de la modificación en el aparejamiento del lastre (cadena) en la relinga inferior (efecto de doble relinga - DRI). Las modificaciones se hicieron en la red prototipo. Se realizaron tres cruceros, efectuando lances de pesca experimental en 17 y 21 estaciones previamente definidas en la plataforma continental del sur de Sinaloa y centro-norte de Nayarit respectivamente (Fig. 1), entre los 9 y 80 m de profundidad, con un tiempo de arrastre aproximado de una hora y una velocidad promedio de 4.63 km/h (2.5 nudos).

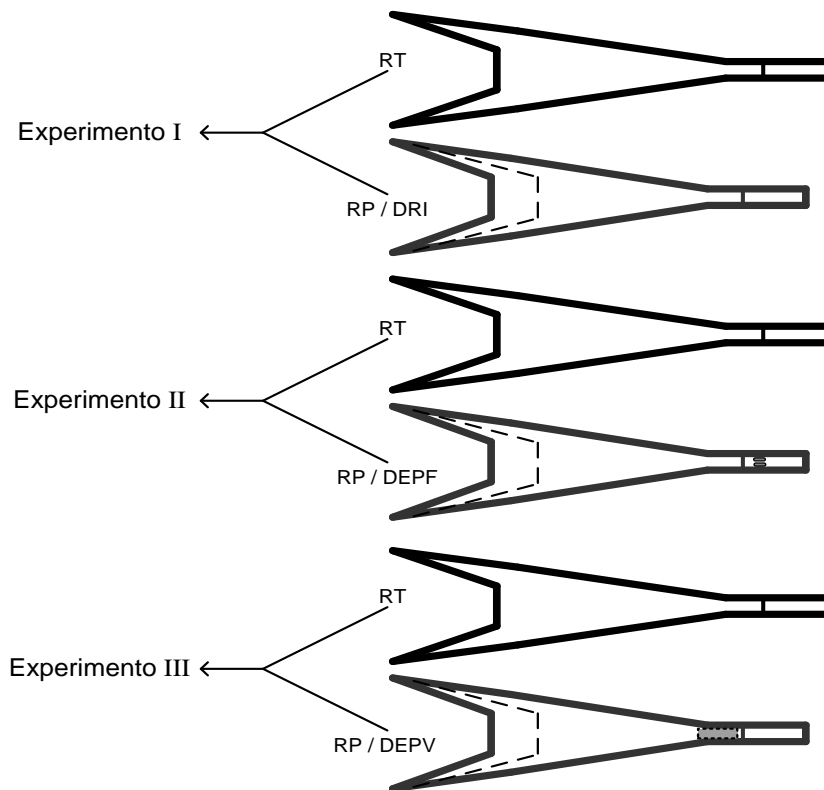


Figura 2. Serie de los experimentos. RT = red testigo y RP = red prototipo.

### 6.2.1. Plan de diseño y construcción de redes (Testigo; Prototipo)

Se realizó una caracterización de redes de arrastres de la flota industrial camaronera que arriba al Puerto de San Blas, Nayarit, durante la temporada de pesca 2006-2007. Para ello se cuantificó el número de mallas, tipo y ciclos de corte de cada una de las partes que componen la red, con el fin de obtener su plano técnico y de construcción. Posteriormente fueron elaborados en el software de dibujo técnico (AutoCAD 2006) bajo los lineamientos establecidos por FAO (1978). Adicional a esta actividad se realizó el registro de las características de la embarcación (p.ej., material y año de construcción, eslora, manga, puntal, longitud de tangones, potencia de la máquina principal y auxiliar).

La red testigo corresponde al diseño Buzo de 28.95 m (95 ft) de relinga superior (Fig. 3a), fue construida con las especificaciones técnicas tradicionales, mientras que la red prototipo ENIP90NN de 27.43 m (90 ft) de relinga superior (Fig. 3b), se construyó con nuevos esquemas de confección (unión de cuchillas y tapas superior, inferior y laterales de la red). Ambas redes de arrastre fueron fabricadas con paño de red nylon monofilamento, hilo de 0.95 mm de diámetro, tamaño de malla 5.08 cm (2"; características técnicas del paño: 0.95X2"X200X1150) y calibradas con el mismo lastre (50 kg de cadena de 7.9 mm (5/16")). Las principales características que distinguen a la red prototipo ENIP90NN son la combinación de los ciclos de cortes en las alas, la forma de la tapa lateral, el tamaño y la simetría en el cuerpo de la red, que provee la repartición homogénea de las fuerzas tensoras que actúan en la red.

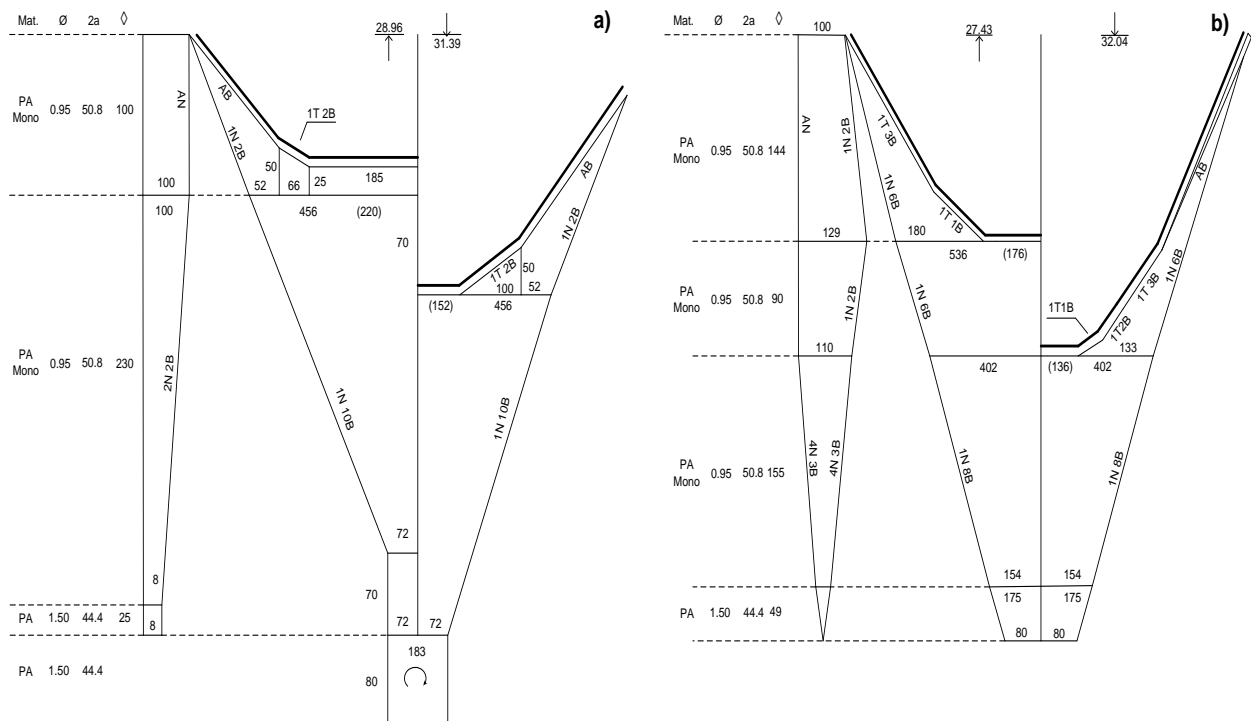


Figura 3. Esquema de las redes de arrastre camaroneras utilizadas en el estudio.  
a) Testigo: diseño Buzo; b) Prototipo: diseño ENIP90NN (patente en proceso).



El nombre de la red prototipo ENIP90NN se compone por las siglas de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, el tamaño de la relinga superior en pies, la letra inicial del nombre del lugar para la cual fue diseñada y la letra inicial del tipo de material de construcción. El prototipo proviene del análisis de diferentes características técnicas de diseños en redes de arrastres camaroneras del Pacífico mexicano (p. ej., Cholo, Volador, Mixto, Portugués, Semiportugués y Buzo; vid. Anexo 1), identificados en la caracterización de redes del Puerto de San Blas, Nayarit. La red Buzo (testigo), se eligió por ser la más utilizada por la flota camaronera de dicho Puerto.

### 6.2.2. Diseño experimental

Con la finalidad de reducir la captura incidental, los experimentos se realizaron de la manera siguiente: el experimento I fue el confrontar la red testigo con el prototipo ENIP90NN que incluye la doble relinga inferior; la cual, consiste en la separación del punto de amarre entre la relinga y la cadena utilizada como lastre (Padilla-Galindo, 2006). De esta manera, el prototipo puede excluir organismos bentónicos de lento movimiento o en contacto con el fondo. (p.ej. Jaibas, estrellas de mar, caracoles y lenguados; Fig. 4). En este mismo escenario se exploró indirectamente el funcionamiento de la reducción y simetría de cuerpo de la red prototipo.

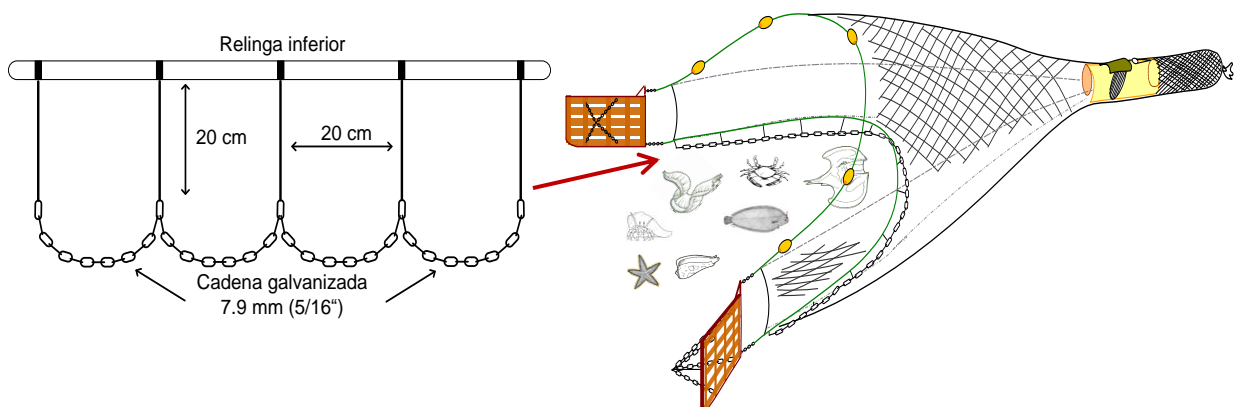


Figura 4.- Modificación de la relinga inferior, dimensiones y colocación (Experimento I).

El segundo experimento fue similar al anterior, sólo que al prototipo se le adicionaron dos dispositivos de exclusión de peces tipo “Fisheye” (DEPF; Fig. 5). Estos consisten en un marco elíptico de acero inoxidable, creando una ventana de escape, y regularmente son colocados en la parte superior del bolso (Eayrs, 2007), en esta ocasión se situaron en la extensión de paño de red por detrás del dispositivo excluidor de tortugas (DET).

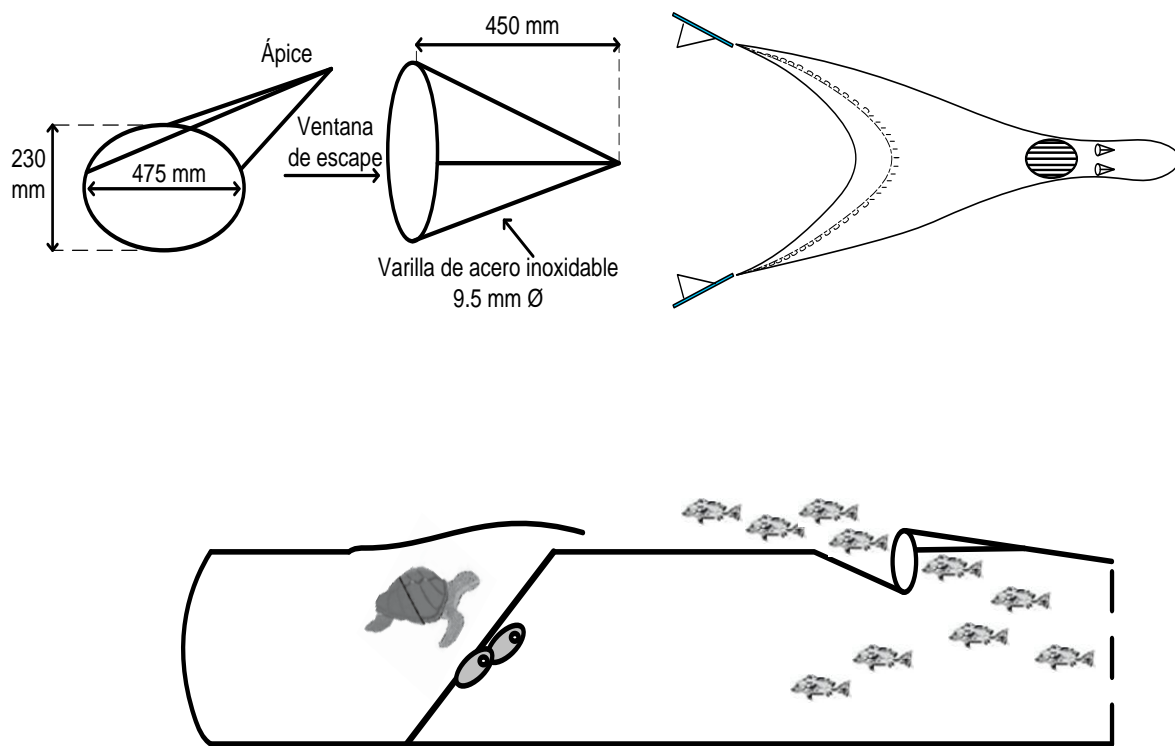


Figura 5.- Forma de trabajo teórica del DEPF “Fisheye”, dimensiones y colocación (Experimento II).

Para la tercera comparación se siguió la misma dinámica, con la variante de que al prototipo se le retiraron los DEPF y fue adaptado el dispositivo excluidor de peces “Ventana de Malla Falsa” (DEPV; Fig. 6), que se configura principalmente con la sobreposición de tres paños con tamaño de malla de 15.24 cm (6”); sus

dimensiones son adecuadas para la última sección de la tapa superior de la red, y proporciona oportunidad de escape a los peces debido a la flexión de las mallas sobrepuestas. El dispositivo se sitúa por delante del DET, en la última sección del cuerpo de la red (antecopo), denominada en la práctica como zona crítica.

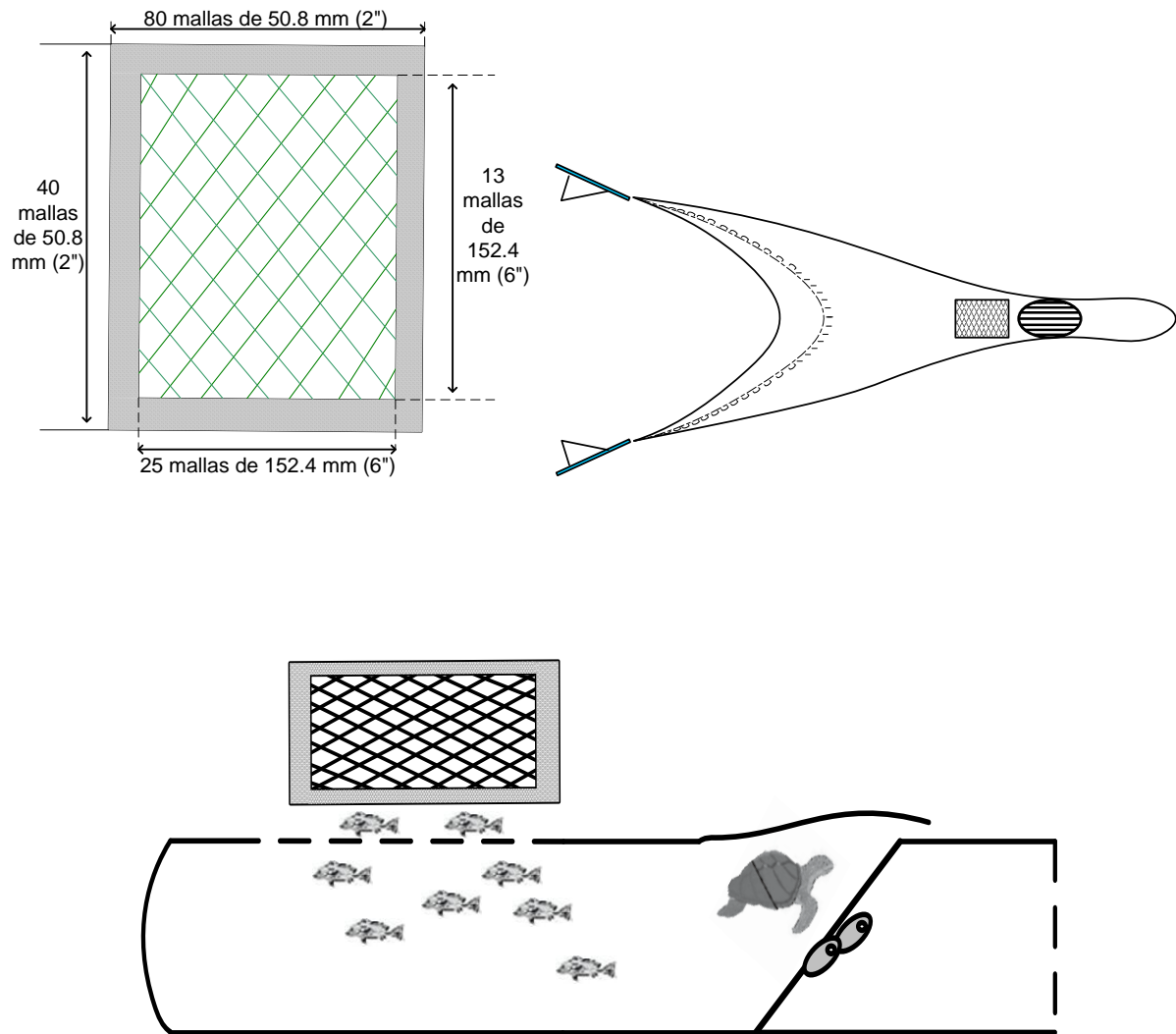


Figura 6. Forma de trabajo teórica del DEP "Ventana de Malla Falsa", dimensiones y colocación (Experimento III).

#### 6.2.2.1. Trabajo abordado de la embarcación camaronera

Para la evaluación de los experimentos se consideró la captura total de cada una de las redes, de donde se tomó una muestra aleatoria entre los 15 kg a 20 kg. A su vez se registró la posición de inicio y fin del arrastre, como también la distancia recorrida (tracking) por medio de un sistema de posicionamiento global (GPS) y la profundidad con una video sonda.

#### 6.2.3. Proceso de muestras en laboratorio

Las muestras obtenidas en los cruceros de pesca experimental se conservaron en congelación para su posterior análisis en laboratorio (área húmeda) de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera - Universidad Autónoma de Nayarit. La captura se clasificó mediante claves de identificación especializadas para peces (Bortone, 1977; Bussing & López, 1993; Fisher *et al.*, 1995; Amézcuca-Linares, 1996; Castro-Aguirre *et al.*, 1999; Robertson & Allen, 2002) y para camarones (Hendrickx, 1995). En el caso de los invertebrados, se diferencio a nivel de nombre común, registrando el número de individuos y el peso total de los mismos. Seguidamente, se separó el material biológico en tres grupos: las especies objetivo (camarones), ictiofauna e invertebrados. Por último, se obtuvo la biometría (peso y longitud total de cada individuo) de cada uno de los ejemplares de los primeros dos grupos mencionados.

#### 6.2.4. Métodos de análisis

Para el análisis, las capturas obtenidas se estandarizaron a captura por unidad de área (CPUA), con el método descrito por Sparre y Venema (1997) mediante la ecuación 1:

$$a = D * rs * X^2 \quad (\text{Ec. 1}).$$

Donde  $D$  es la distancia recorrida,  $rs$  longitud de relinga superior, y  $X2$  abertura teórica de la red o separación entre las alas de la red (calculado por el coeficiente de abertura horizontal de la red, para nuestro estudio se promedió el intervalo de 0.4 a 0.66).

Para efectos de comparación, se verificó la normalidad con el estadístico  $W$  de Shapiro & Wilk (1965) y la homoscedasticidad con la prueba de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1969), de los datos de capturas estandarizada de camarón, ictiofauna e invertebrados.

La eficiencia relativa de pesca se analizó con el coeficiente de correlación de concordancia (CCC) de Lin (1989). La particularidad del análisis es la aportación de dos coeficientes, el de concordancia y el cambio de escala. El primero se refiere a la semejanza que presentan los datos y el segundo indica hacia qué lado de la bisectriz se concentraron los datos. Este último se considera como el coeficiente de eficiencia de pesca en el presente estudio. Para ello, se utilizaron las CPUA de la red prototipo y testigo, las cuales se contrastaron en el primer cuadrante del plano cartesiano trazando una bisectriz, con la premisa de caso ideal de correlación entre las capturas de ambas redes, estas se alinearán a la recta con intercepto al origen y pendiente de uno (vid. Anexo 2). Los valores del análisis oscilan entre -1 (discordancia) a +1 (concordancia). La prueba se efectuó para las capturas de camarón, ictiofauna e invertebrados por experimento.

Se aplicó el estadístico de prueba de hipótesis no paramétrico para pruebas pareadas de Wilcoxon (Sokal & Rohlf, 1969; Zar, 1996), para determinar si existe o no diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre la captura obtenida mediante las diferentes redes de arrastre. De esta manera se demuestra el efecto de la modificación en la relinga inferior y la adaptación de los dispositivos excluidores.

Las especies ícticas relevantes de la pesca incidental se determinaron con el método de clasificación denominado "Índice de Importancia Íctica" (IIIC) creado ex profeso para este estudio, y para su estimación se desarrolló el software "IIIC" (vid. Anexo 3) que simplifica el procedimiento al resumir en un valor (promedio) la aportación de cada uno de los criterios que conforman el índice (Ec. 2).

$$IIC = \frac{(A+B+F+K+IC+EA)}{n} \quad (\text{Ec. 2}).$$

Donde *IIC* es el Índice de Importancia Íctica, *A* es la abundancia, *B* es la biomasa, *F* es la frecuencia, *K* es el valor del índice de especies clave K, *IC* es el valor comercial, *EA* es el estatus de amenaza, *n* es número de criterios en el índice.

A continuación se describen cada uno de los criterios del IIC:

- ◇ Abundancia: parámetro que evalúa la comunidad de manera cuantitativa en cantidad (número total de individuos por cada especie).
- ◇ Biomasa: parámetro que evalúa la comunidad de manera cuantitativa en peso (suma total del peso de los organismos de cada especie).
- ◇ Frecuencia de aparición: medida que refleja la importancia de una determinada especie.
- ◇ Especies clave K: indicador de importancia en las interacciones de las especies en la red trófica por medio de relaciones taxonómicas; se hace referencia a lo reportado por Nieto-Navarro (2010).
- ◇ Importancia Comercial: el valor económico de las especies que componen la captura incidental de ictiofauna repercute directamente a las pesquerías artesanales. La fauna de peces se clasificó según su importancia comercial en el sur del estado de Sinaloa, México (Saucedo-Barrón & Ramírez-Rodríguez, 1994) y especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México (Espino-Barr *et al.*, 2004).
- ◇ Especies amenazadas ó sujetas a protección especial: medida de conservación para aquellas especies ícticas que se encuentren reportadas en lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Una vez determinado el IIIC para cada especie en cada experimento, se ordenan de mayor a menor y se transforman a valores relativos acumulados. Posteriormente se construye una gráfica para definir el número de taxones de importancia; en dicha gráfica, se traza una recta que divide el cuadrante en partes iguales, la cual proporcionará el corte para definir el número de especies ó taxones relevantes (Fig. 7).

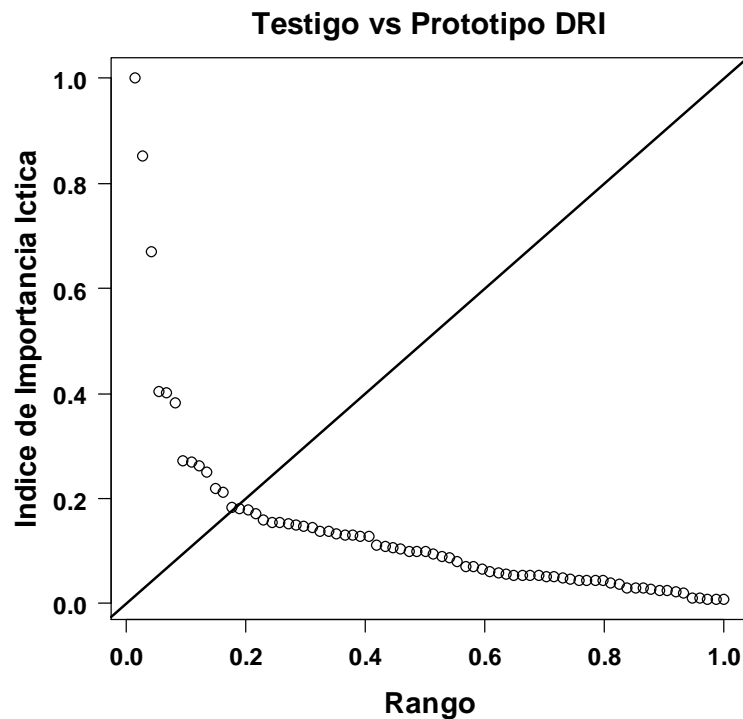


Figura 7.- Valores del IIIC de la fauna íctica relevante del experimento I.

Se consideraron como especies relevantes aquellas que se posicionan por arriba y encima de la bisectriz (vid. Anexo 4). Para el análisis, se consideró la composición de ictiofauna que corresponde a la red testigo, ya que ésta representa la captura típica de la pesquería.

La selectividad del arte de pesca para las especies de camarón comercial e ícticas relevantes, fue determinada mediante el modelo de curva logística sigmoidea llamada “*Ojiva de selección del sistema de pesca*” (Pope *et al.*, 1975, Sparre & Venema, 1997) representada por la siguiente expresión matemática (Ec. 3):

$$SL = \frac{1}{1 + \exp(S_1 - S_2 * L)} \quad (\text{Ec. 3}).$$

Donde  $SL$  es la probabilidad de retención,  $L$  es la marca de clase del intervalo de talla (punto medio del intervalo),  $S_1$  (intercepto) y  $S_2$  (pendiente) son los parámetros de regresión (Sparre & Venema, 1997).

Después de haber parametrizado la ecuación de selectividad, se calcularon las longitudes de probabilidad de retención  $L_{25}$  (Ec. 4),  $L_{50}$  (Ec. 5),  $L_{75}$  (Ec. 6), rango de selección ( $RS$ , Ec. 7) y factor de selección ( $FS$ , Ec. 8).

$$L_{25} = \frac{S_1 - \ln(3)}{S_2} \quad (\text{Ec. 4}).$$

$$L_{50} = \frac{S_1}{S_2} \quad (\text{Ec. 5}).$$

$$L_{75} = \frac{S_1 + \ln(3)}{S_2} \quad (\text{Ec. 6}).$$

$$RS = L_{75} - L_{25} \quad (\text{Ec. 7}).$$

$$FS = \frac{L_{50}}{\text{Tamaño de malla}} \quad (\text{Ec. 8}).$$

Después, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolgomorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1969) con un nivel de confianza del 95%, con el fin de comprobar si las diferencias son significativas entre las curvas de selectividad las redes.

El análisis y proceso de la información (excepto el IIC), así como la elaboración de todos gráficos fueron realizados en el lenguaje de programación para el análisis estadístico y gráfico “R” (R Development Core Team, 2012).



## 7. RESULTADOS

### 7.1.- Generalidades

Se realizaron tres cruceros, completando 57 lances de pesca experimental de los cuales sólo se consideraron los lances exitosos (capturas presentes) para cada grupo seleccionado de los ensayos. En 1 528 kg de muestra recolectada, se identificaron las cuatro especies de camarón comercial (azul, blanco, café y rojo ó cristal). Las muestras constaron de 2 082 especímenes de camarón y 31 945 de peces, agregados en 91 especies, 83 géneros, 48 familias y 17 órdenes. En el caso de los invertebrados, se cuantificaron 737 ejemplares a los que sólo se clasificó a nombre común.

De manera general, las capturas totales estandarizadas fueron diferentes en ambas redes. En cuanto al volumen de camarón capturado, los experimentos presentaron diferencias mínimas (menos del 6%) en comparación directa respecto a la red testigo. En ictiofauna, la red prototipo representó una reducción de aproximadamente 50% en las capturas de la red testigo en los tres experimentos. Para el caso de los invertebrados, se apreció una tendencia de disminución de entre 36% al 42% de las capturas en todos los experimentos (Tabla 1).

Tabla 1. Capturas estandarizadas en los experimentos por grupo.

Experimento	Grupo	Lances	Capturas en kg / km <sup>2</sup>	
			Red testigo	Red prototipo
<u>I</u>	Camarón	12	497	494
	Ictiofauna	13	11 462	5 645
	Invertebrados	10	1 828	1 356
<u>II</u>	Camarón	15	417	393
	Ictiofauna	16	26 681	13 717
	Invertebrados	17	1 003	599
<u>III</u>	Camarón	19	112	105
	Ictiofauna	18	2 184	1 156
	Invertebrados	19	154	87

## 7.2. Eficiencia relativa de pesca

El coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC) y el coeficiente de eficiencia (CE) entre las capturas de las redes testigo y prototipo en los tres experimentos, resultó según lo esperado. En camarón, los valores de CCC fueron superiores a 0.9, indicando una alta concordancia (valores cercanos a uno), lo que significa que las capturas entre ambas redes son muy semejantes. En fauna acompañante, los coeficientes de concordancia en ictiofauna fueron menores a 0.6, mostrando una nula correspondencia en las capturas de este grupo. Para el grupo de invertebrados los CCC variaron en dos niveles: intermedio y bajo, diferenciando prácticamente las capturas de la red prototipo de la testigo (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficientes de concordancia y eficiencia de los experimentos por grupo.

Experimento	Grupo	n	CCC	IC
<u>I</u>	Camarón*	12	0.95	0.90 – 1.00
	Ictiofauna****	13	0.54	0.32 – 0.76
	Invertebrados**	10	0.71	0.40 – 1.03
<u>II</u>	Camarón*	15	0.93	0.86 – 1.00
	Ictiofauna****	16	0.33	0.06 – 0.59
	Invertebrados****	17	0.58	0.30 – 0.85
<u>III</u>	Camarón*	19	0.99	0.99 – 0.99
	Ictiofauna****	18	0.20	-0.16 – 0.55
	Invertebrados****	19	0.34	0.09 – 0.58

IC: Intervalo de confianza al 95%; \*Alta concordancia 0.9 – 1; \*\*Intermedia concordancia 0.7 – 0.9; \*\*\*Baja concordancia 0.6 – 0.7; \*\*\*\*Nula concordancia < 0.6.

En cuanto, a la eficiencia de captura de la fauna ictica los valores obtenidos en los tres experimentos fueron menores a 0.6 (Fig. 8). Lo que califica al prototipo como una red ineficiente si se compara con la testigo, en cualquiera de sus combinaciones (Prototipo DRI; Prototipo DRI+DEPF; Prototipo DRI+DEPV). Por tanto, la red prototipo captura menor cantidad de peces que la red de uso comercial. En invertebrados, sólo el primer experimento (red sin dispositivos excluidores de peces)

presenta un coeficiente alto, indicando un efecto nulo de reducción. Sin embargo, para los experimentos II y III fueron ineficientes en las capturas para este grupo, obteniendo valores menores a 0.80 (Fig. 8). Por último, para las especies objeto de la captura, alcanzó valores de eficiencia de altos a regulares en los tres experimentos (Testigo vs Prototipo DRI; Testigo vs Prototipo DRI+DEPF; Testigo vs Prototipo DRI+DEPV), con una reducción de la eficiencia a medida que la red se modificó.

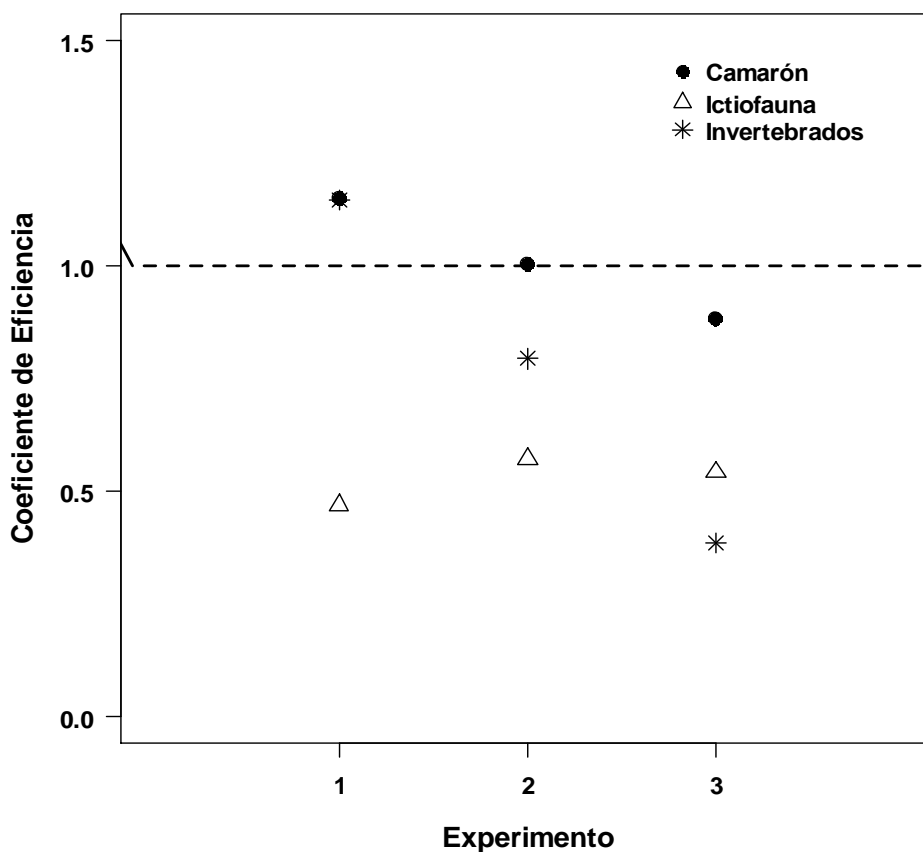


Figura 8. Eficiencia de captura por grupo para cada experimento.

Sobre la base de lo anterior, se puede destacar que la red prototipo con la modificación en la relinga inferior y con la incorporación de cualquier dispositivo excluidor de peces, no afecta las capturas de camarón y es claramente ineficiente para la captura de peces y, parcialmente, de invertebrados.

### 7.3. Comparación de las capturas

Dado que los datos de las capturas estandarizadas en ambas redes no se ajustaron a las condicionales de normalidad y homocedasticidad, se aplicó el estadístico de prueba de hipótesis de Wilcoxon. La prueba indicó que no hay diferencias significativas entre las capturas de camarón de la red prototipo en todos los experimentos, aunque en algunas estaciones las capturas fueron mayores en la red testigo. Lo que significa que los dispositivos excluidores de fauna acompañante y la modificación en la relinga inferior en la red prototipo, no representan riesgo en pérdidas en la captura de camarón (Fig. 9).

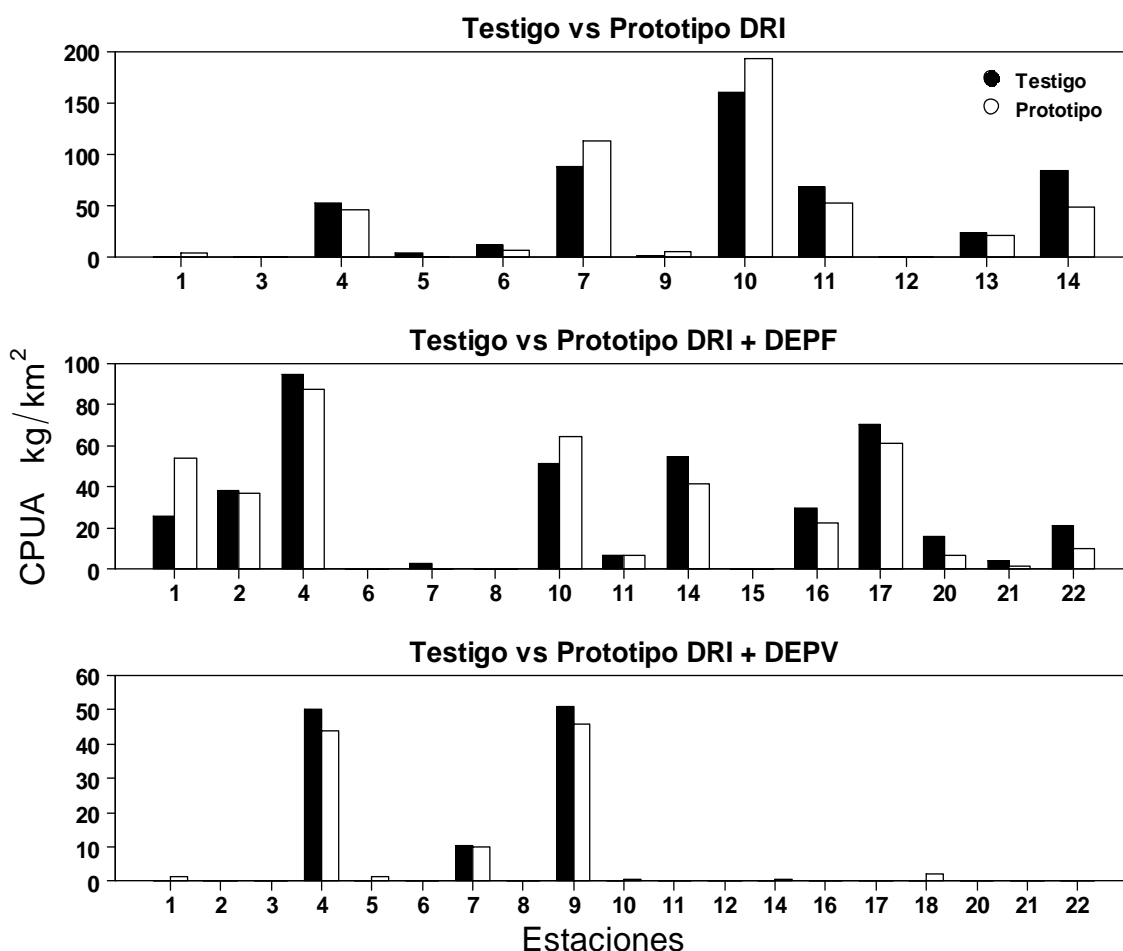


Figura 9.- Captura de camarón por estación de las redes testigo y prototipo.

En cuanto a la captura de ictiofauna las diferencias fueron significativas en los experimentos I y II, lo cual es el reflejo de la disminución de los descartes de peces mediante las modificaciones particulares en cada experimento realizadas en la red prototipo (Fig. 10). Sin embargo, pese a las diferencias que se observan en las capturas en el experimento III, éstas no fueron significativamente diferentes. Aunque el valor de la significación fue, próximo a 0.05 (Tabla 3).

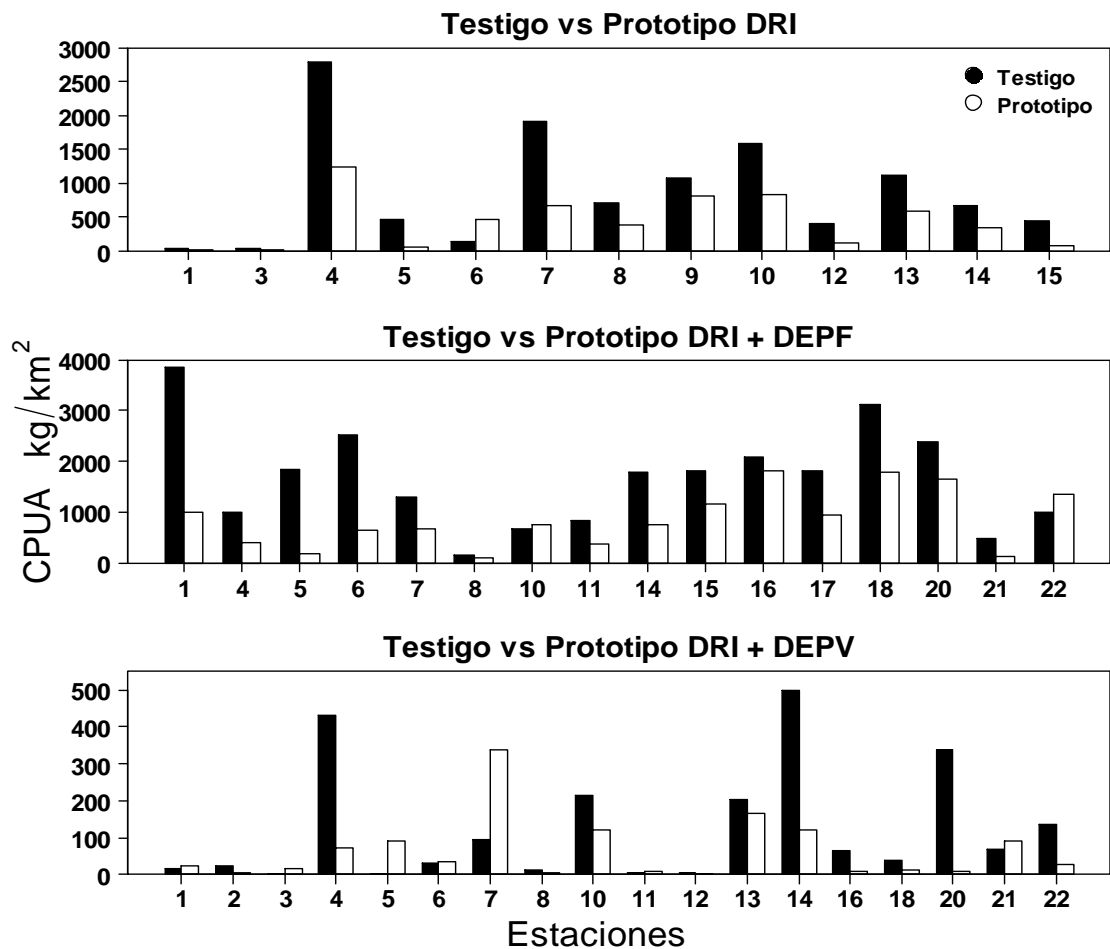


Figura 10. Captura de ictiofauna por estación de la redes testigo y prototipo.

En el grupo de los invertebrados, aunque las diferencias en las capturas fueron marcadas, sólo en el segundo experimento hubo diferencias significativas. El funcionamiento adecuado de la modificación en la relinga inferior (efecto doble relinga) induce a excluir individuos que tienen constante relación con el fondo marino, por lo que dependerá de las áreas de operación, y por el tipo de fondo donde se realicen las faenas de pesca (Fig. 11). En resumen, no hay cambios significativos en las capturas de invertebrados en las redes, siempre y cuando no se utilice la red prototipo con excluidores de peces “Fisheye”.

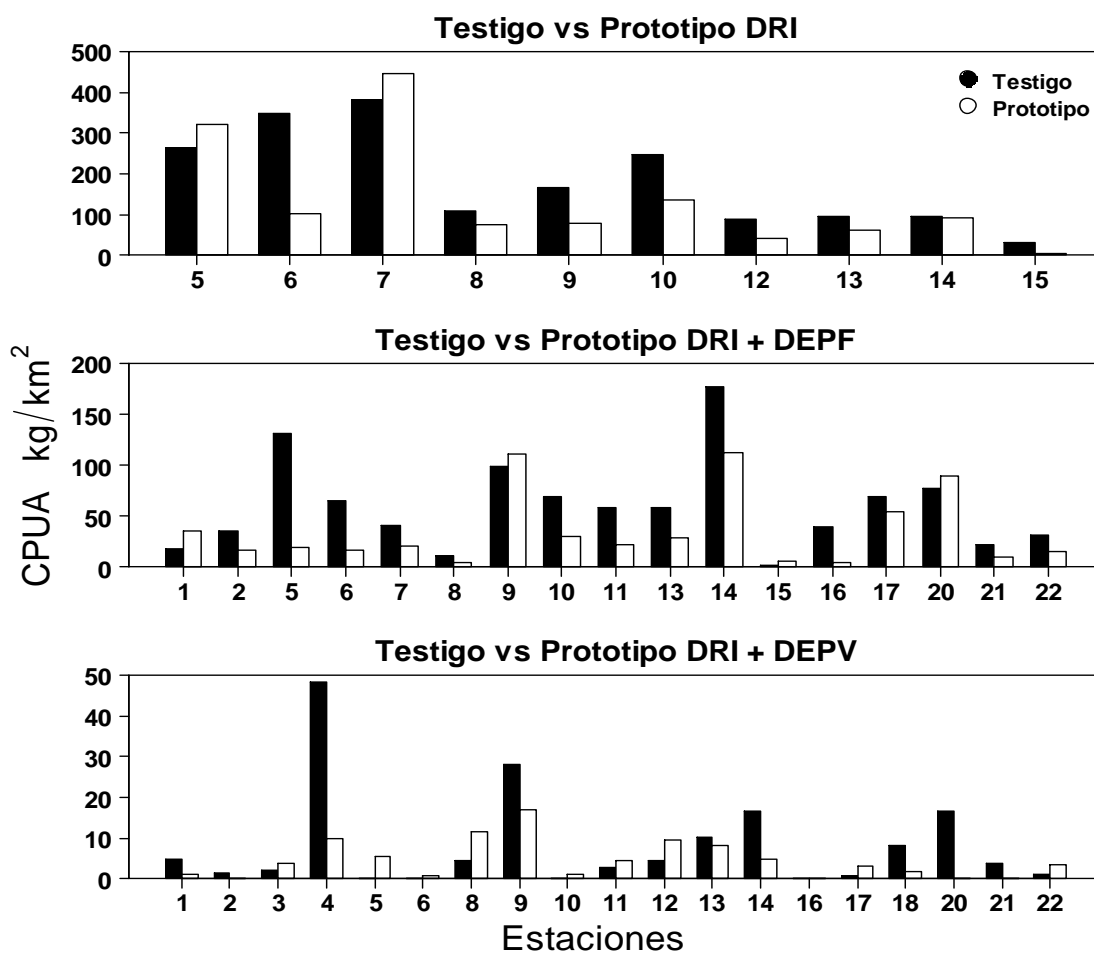


Figura 11.- Captura de invertebrados por estación de las redes testigo y prototipo.

Tabla 3.- Valores de la prueba pareada de Wilcoxon en los experimentos por grupo.

Experimento	Grupo	n	V	Valor $p$
<u>I</u>	Camarón	12	39	0.62
	Ictiofauna*	13	84	0.001
	Invertebrados	10	42	0.16
<u>II</u>	Camarón	15	65	0.18
	Ictiofauna*	16	130	0.001
	Invertebrados*	17	137	0.002
<u>III</u>	Camarón	19	26	0.92
	Ictiofauna	18	115	0.07
	Invertebrados	19	107	0.36

\* Diferencia significativa respecto a la red testigo ( $p < 0.05$ ).

#### 7.4. Especies ícticas relevantes de la captura incidental

En general, para el proceso del índice de importancia íctica (IIIC), se diferenciaron 74, 69 y 48 taxones en los experimentos I, II, y III respectivamente (Tabla 4). Cada experimento obtuvo diferente número de taxones (experimento I = 14, experimento II = 16, experimento III = 10) de acuerdo al análisis índice IIIC (vid. Anexo 4).

Tabla 4. Taxones diferenciados en diferentes jerarquías taxonómicas para los experimentos.

Experimento	Especie	Género	Familia	Total
<u>I</u>	58	11	5	74
<u>II</u>	53	11	5	69
<u>III</u>	36	9	3	48

Debido a lo mencionado anteriormente y con la finalidad de tener homogeneidad en el número de taxones entre los experimentos, se consideró el experimento II por predominar en los resultados del índice. De los 48 taxones seleccionados, tres especies y un género, estuvieron presentes en todos los experimentos; el listado de las especies ícticas relevantes que involucra a los tres experimentos se compone de 28 taxones, que corresponden a 23 especies, cuatro género y una familia (Tabla 5).

Tabla 5. Listado de taxones derivado del índice de importancia íctica.

Experimento I		Experimento II		Experimento III	
Especie ó Género	IIIC	Especie ó Género	IIIC	Especie ó Género	IIIC
<i>Diplectrum</i> spp.*	9.72	<i>Selene peruviana</i> *	8.49	Ariidae	13.78
<i>Synodus</i> spp.	8.27	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	7.61	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	7.59
<i>Citharichthys platophrys</i>	6.51	<i>Cyclopsetta panamensis</i>	4.98	<i>Selene peruviana</i> *	6.98
<i>Lutjanus guttatus</i> *	3.93	<i>Orthopristis chalceus</i>	4.40	<i>Epinephelus acanthistius</i> *	5.00
<i>Peprilus medius</i>	3.89	<i>Pomadasys panamensis</i>	4.13	<i>Cyclopsetta panamensis</i>	4.59
<i>Syacium ovale</i>	3.71	Ariidae	3.58	<i>Rhinoptera steindachneri</i> +	3.92
<i>Epinephelus acanthistius</i> *	2.65	<i>Polydactylus opercularis</i>	3.26	<i>Lutjanus guttatus</i> *	3.74
<i>Epinephelus niphobles</i>	2.63	<i>Lutjanus guttatus</i> *	3.17	<i>Diplectrum</i> spp.*	3.58
<i>Peprilus snyderi</i>	2.55	<i>Prionotus stephanophrys</i>	3.06	<i>Pomadasys panamensis</i>	3.58
<i>Cynoscion reticulatus</i>	2.44	<i>Syacium ovale</i>	2.87	<i>Prionotus stephanophrys</i>	3.20
<i>Scomberomorus sierra</i>	2.14	<i>Diplectrum</i> spp.*	2.55	<i>Porichthys</i> spp.	2.76
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	2.05	<i>Synodus scituliceps</i>	2.29	<i>Peprilus medius</i>	2.61
<i>Sphyraena ensis</i>	1.77	<i>Eucinostomus currani</i>	1.99	<i>Peprilus snyderi</i>	2.35
<i>Haemulopsis</i> spp.	1.75	<i>Epinephelus acanthistius</i> *	1.94	<i>Centropomus robalito</i>	2.26
<i>Synodus scituliceps</i>	1.73	<i>Scomberomorus sierra</i>	1.89	<i>Polydactylus approximans</i>	2.24
<i>Selene peruviana</i> *	1.66	<i>Epinephelus niphobles</i>	1.82	<i>Polydactylus opercularis</i>	2.23

\*Especies relevantes presentes en los tres experimentos; +Especie en lista roja (IUCN).

La composición íctica para cada experimento fue diferente. Para el experimento I, destacan 14 especies y dos géneros. En el experimento II sobresalen



14 especies, un género y una familia. Por último, el experimento III se compone fue de 8 especies, uno a género y una familia.

En el criterio de especies amenazas o sujetas a protección especial, sólo se registró a la especie *Rhinoptera steindachneri*, como “casi amenazada” (UICN, 2011).

## 7.5. Selectividad

La selectividad de las artes de pesca constituye una de las herramientas importantes en la administración pesquera, por establecer una talla mínima de captura y regular los tamaños de malla en las redes (Sparre & Venema, 1997). Al realizar operaciones de pesca comparativa usando artes de pesca en embarcaciones que operan en un mismo lugar, se puede apreciar hasta qué punto la pesca es selectiva (Pope, *et al.*, 1975). La retención en talla (longitud total) de las especies objeto de captura de los sistemas de pesca comparados varió a pesar de estar contruidos con el mismo paño de red, tamaño de malla en el cuerpo, alas y bolso, además de similares coeficientes de encabalgado. En este estudio, se utilizó la talla de primera captura ( $L_{50}$ ) como referencia de la selectividad, la talla a la cual aproximadamente 50% de los individuos son retenidos en la red.

### 7.5.1. Selectividad: camarón

Las curvas logísticas que representan el experimento I (Fig. 12), se puede apreciar que las tallas de primera captura son similares. El análisis comparativo de dichas curvas, indica que la distancia máxima ( $D_{\text{máx}} = 0.11$ ) entre ellas no es significativa, es decir la red prototipo captura las tallas comerciales.

Al adicionar el dispositivo excluidor de peces “Fisheye” (DEPF) a la red prototipo y confrontarla con la red testigo (experimento II), la forma de las curvas son

diferentes (Fig. 12), al igual que el factor de selección (FS), el intervalo de selección (RS) y en la  $L_{50}$  (Tabla 6).

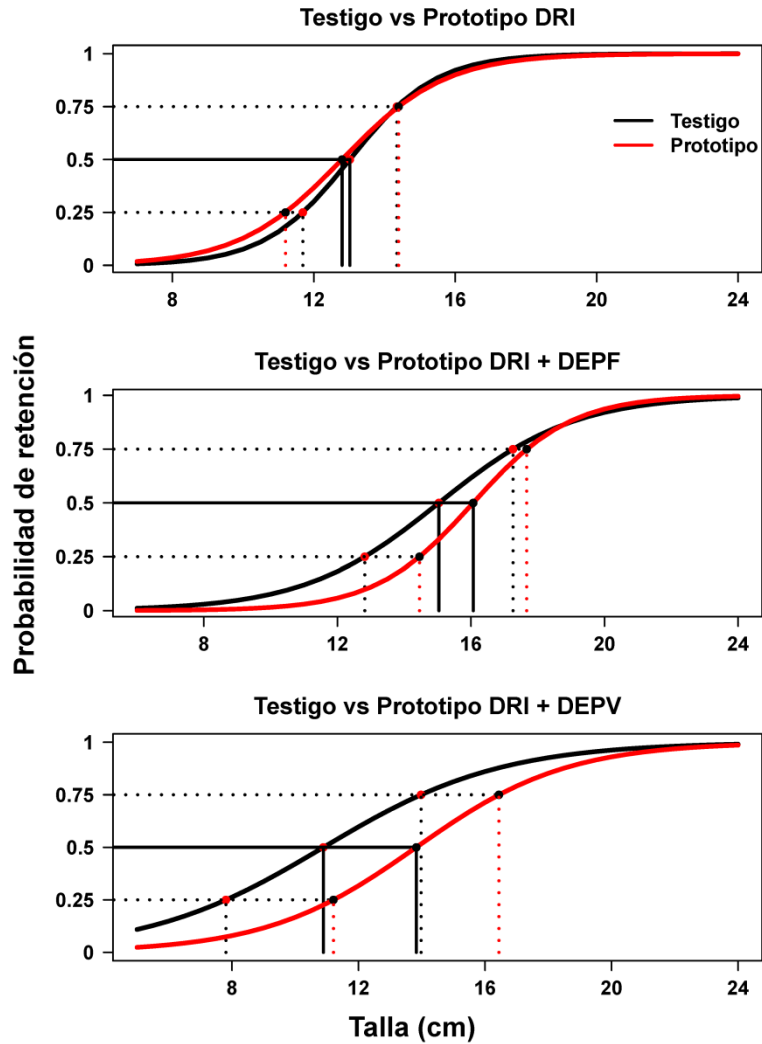


Figura 12. Curvas de selectividad de las redes Buzo y ENIP90NN para camarón.

Sin embargo, la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov–Smirnov (K-S) demostró que las curvas no son estadísticamente diferentes. Pese a lo anterior, la talla de primera captura fue mayor (1 cm) en la red prototipo ENIP90NN. Por lo que el prototipo aun con la adaptación del DEPF presenta cualidades favorables para la pesca de camarón.

En el experimento III debido al lugar en el que fue colocado (zona crítica) el dispositivo excluidor de peces “Ventana de Malla Falsa” (DEPV), se esperaría que la talla de primera captura de camarón en la red prototipo ENIP90NN fuera menor. Sin embargo, sucedió lo contrario, la  $L_{50}$  de la red prototipo fue mayor por más de dos centímetros que la red de uso comercial (Testigo; Tabla 6). Pese a que, la forma de las curvas de selectividad es distinta y a la diferencia en la  $L_{50}$ , el análisis comparativo de dichas curvas indicó que éstas no son estadísticamente diferentes (Fig. 12). Tanto el DEPV, como el prototipo ENIP90NN demuestran ser competitivos, por presentar buenas cualidades selectivas en la captura de camarón.

Tabla 6. Longitudes de probabilidad de retención en camarón.

Experimento	Red	n	$L_{25}$ (cm)	$L_{50}$ (cm)	$L_{75}$ (cm)	RS (cm)	FS	$D_{m\acute{a}x}$	$\rho$
<u>I</u>	Testigo	666	11.69	13.02	14.35	2.66	2.56	0.11	0.95
	Prototipo	752	11.20	12.80	14.4	3.20	2.52		
<u>II</u>	Testigo	193	12.82	15.04	17.26	4.44	2.96	0.22	0.39
	Prototipo	233	14.46	16.07	17.67	3.21	3.16		
<u>III</u>	Testigo	188	7.81	10.89	13.98	6.16	2.14	0.21	0.39
	Prototipo	85	11.21	13.83	16.44	5.23	2.72		

### 7.5.2. Selectividad: especies ícticas relevantes

Acorde a la clasificación del Índice de Importancia Íctica (Tabla 5), se realizó el análisis de selectividad por especie en cada experimento. La perspectiva de análisis en las tallas de la fauna íctica, es entorno al efecto de las modificaciones en la red prototipo ENIP90NN. Cabe mencionar que en algunos casos no fue posible obtener las curvas de selectividad debido al reducido número de individuos capturados durante las faenas de pesca o porque la máxima resolución taxonómica posible en algunos especímenes fue a nivel familia.

La tabla 7 muestra los datos de talla de primera captura ( $L_{50}$ ), rango de selección (RS) y factor de selección (FS) de las especies relevantes del experimento I. Se puede observar más del 60% (seis de las nueve posibles comparaciones) de la  $L_{50}$  corresponden a tallas mayores en la red prototipo, al igual que el factor de selección (retención de tallas mayores). Sólo se encontró diferencia significativa para *Lutjanus guttatus* entre las curvas de selectividad de las redes testigo y prototipo (vid. Anexo 5; vid. Anexo 6).

Tabla 7. Parámetros de selectividad de los taxones relevantes de la fauna íctica (Experimento I).

Especie ó Género	Testigo				Prototipo			
	n	$L_{50}$ (cm)	RS (cm)	FS	n	$L_{50}$ (cm)	RS (cm)	FS
<i>Diplectrum</i> spp.	1715	12.98	2.77	2.56	895	12.96	2.70	2.55
<i>Synodus</i> spp	1780	<b>13.42</b>	1.79	2.64	297	<b>14.23</b>	1.88	2.80
<i>Citharichthys platophrys</i>	1925	<b>8.69</b>	1.41	1.71	1322	<b>9.03</b>	0.85	1.78
<i>Lutjanus guttatus</i> *	24	<b>11.45</b>	9.12	2.25	10	<b>16.51</b>	12.04	3.25
<i>Peprilus medius</i>	252	<b>16.04</b>	6.45	3.16	85	<b>17.28</b>	5.12	3.40
<i>Syacium ovale</i>	570	<b>11.88</b>	3.18	2.34	472	<b>12.26</b>	2.95	2.41
<i>Epinephelus acanthistius</i>	2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Epinephelus niphobles</i>	2	-	-	-	0	-	-	-
<i>Peprilus snyderi</i>	137	17.40	8.63	3.43	0	-	-	-
<i>Cynoscion reticulatus</i>	1	-	-	-	0	-	-	-
<i>Scomberomorus sierra</i>	5	-	-	-	1	-	-	-
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	71	15.89	2.11	3.13	43	15.17	2.35	2.99
<i>Sphyraena ensis</i>	18	<b>20.87</b>	4.49	4.11	30	<b>22.88</b>	3.25	4.50
<i>Haemulopsis</i> spp.	44	10.68	3.89	2.10	3	-	-	-
<i>Synodus scituliceps</i>	48	12.95	7.34	2.55	4	-	-	-
<i>Selene peruviana</i>	17	15.55	5.96	3.06	26	15.05	3.72	2.96

\*Diferencia significativa respecto a la red testigo ( $p < 0.05$ ). En negritas diferencias de  $L_{50}$  en relación a la red testigo.

En el experimento II más del 70% de las tallas de primera captura y factor de selección de las especies ícticas relevantes son mayores en la red prototipo

ENIP90NN (diez casos de trece posible comparaciones con la red testigo; Tabla 8). En este experimento sólo se encontró diferencia significativa en las curvas de selectividad a favor de la red prototipo para *Diplectrum* spp. y *Polydactylus opercularis* (vid. Anexo 5; vid. Anexo 6). Cabe señalar que en la L<sub>50</sub> de *P. opercularis* la diferencia supera los 5 cm en relación a la L<sub>50</sub> obtenida en la red testigo.

Tabla 8. Parámetros de selectividad de los taxones relevantes de la fauna íctica (Experimento II).

Especie ó Género	Testigo				Prototipo			
	n	L <sub>50</sub> (cm)	RS (cm)	FS	n	L <sub>50</sub> (cm)	RS (cm)	FS
<i>Selene peruviana</i>	1642	13.68	3.48	2.69	1458	13.61	3.60	2.68
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	1455	<b>17.96</b>	1.89	3.54	461	<b>18.24</b>	1.72	3.59
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	518	<b>8.80</b>	8.27	1.73	326	<b>11.78</b>	6.37	2.32
<i>Orthopristis chalceus</i>	325	20.86	3.18	4.11	224	18.85	1.43	3.71
<i>Pomadasys panamensis</i>	673	<b>11.77</b>	4.94	2.32	559	<b>13.43</b>	3.73	2.64
Ariidae	449	-	-	-	221	-	-	-
<i>Polydactylus opercularis</i> *	498	<b>15.66</b>	3.82	3.08	53	<b>21.35</b>	3.18	4.2
<i>Lutjanus guttatus</i>	60	<b>15.62</b>	4.14	3.07	38	<b>16.55</b>	3.24	3.26
<i>Prionotus stephanophrys</i>	656	12.61	2.77	2.48	375	12.23	2.73	2.41
<i>Syacium ovale</i>	678	<b>11.54</b>	4.97	2.27	555	<b>12.32</b>	3.86	2.43
<i>Diplectrum</i> spp.*	400	<b>13.30</b>	2.03	2.62	200	<b>14.29</b>	3.52	2.81
<i>Synodus scituliceps</i>	173	<b>18.67</b>	6.65	3.68	37	<b>22.83</b>	6.36	4.49
<i>Eucinostomus currani</i>	73	<b>15.62</b>	1.90	3.07	46	<b>15.88</b>	2.54	3.13
<i>Epinephelus acanthistius</i>	3	-	-	-	2	-	-	-
<i>Scomberomorus sierra</i>	24	<b>28.65</b>	4.41	5.64	12	<b>29.78</b>	6.22	5.86
<i>Epinephelus niphobles</i>	3	-	-	-	0	-	-	-

\*Diferencia significativa respecto a la red testigo ( $p < 0.05$ ). En negritas diferencias de L<sub>50</sub> en relación a la red testigo.

Las tallas de primera captura y el factor de selección de las especies ícticas relevantes en el experimento III fueron mayores en la red prototipo ENIP90NN en seis casos (representa 60% respecto a las diez posible comparaciones con la red

testigo; Tabla 9). La especie *Polydactylus opercularis* presentó una diferencia significativa a favor de la red prototipo entre las curvas de selectividad (vid. Anexo 5; vid. Anexo 6).

Tabla 9. Parámetros de selectividad de los taxones relevantes de la fauna íctica (Experimento III).

Especie ó Género	Testigo				Prototipo			
	n	L <sub>50</sub> (cm)	RS (cm)	FS	n	L <sub>50</sub> (cm)	RS (cm)	FS
Ariidae	334	-	-	-	444	-	-	-
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	251	17.48	0.96	3.44	256	17.16	1.89	3.38
<i>Selene peruviana</i>	189	<b>14.31</b>	4.37	2.82	79	<b>15.68</b>	4.65	3.09
<i>Epinephelus acanthistius</i>	5	-	-	-	2	-	-	-
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	7	<b>8.80</b>	8.27	1.73	7	<b>10.26</b>	6.20	2.02
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	8	-	-	-	2	-	-	-
<i>Lutjanus guttatus</i>	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Diplectrum</i> spp.	84	<b>13.40</b>	3.65	2.64	78	<b>13.95</b>	3.70	2.75
<i>Pomadasys panamensis</i>	60	<b>11.25</b>	3.33	2.21	61	<b>11.38</b>	2.37	2.24
<i>Prionotus stephanophrys</i>	53	11.17	5.21	2.20	48	10.30	4.07	2.03
<i>Porichthys</i> spp.	39	10.59	3.98	2.08	36	9.92	1.93	1.95
<i>Peprilus medius</i>	34	20.64	2.29	4.06	15	19.29	6.97	3.80
<i>Peprilus snyderi</i>	13	<b>16.15</b>	8.86	3.18	58	<b>18.54</b>	4.1	3.65
<i>Centropomus robalito</i>	2	-	-	-	2	-	-	-
<i>Polydactylus approximans</i>	5	-	-	-	3	-	-	-
<i>Polydactylus opercularis</i> *	11	<b>13.52</b>	13.92	2.66	13	<b>19.96</b>	7.75	3.93

\*Diferencia significativa respecto a la red testigo ( $p < 0.05$ ). En negritas diferencias de L<sub>50</sub> en relación a la red testigo.

## 7.6. Tallas de primera captura y primera madurez: especies ícticas relevantes

Una medida común de manejo pesquero es que la talla comercial de captura sea igual o mayor que la talla de primera madurez, lo que aumentaría las probabilidades de que los individuos capturados se hayan reproducido al menos una vez, fortaleciendo así el reclutamiento de los individuos a la pesquería (Aguirre,

1987). Coordinar la talla de primera captura ( $L_{50}$ ) y talla de primera madurez ( $L_m$ ) en las capturas del sistema de pesca de arrastre camaronero es un gran reto. La regulaciones pesqueras (Normas) se basan principalmente en función de las especies objetivo de pesca (p. ej. camarones peneidos), y como criterio secundario a las especies de la captura incidental. Este último es uno de los grandes problemas de un arte de pesca no selectivo como las redes de arrastre camaroneras, la cuales pueden ocasionar situaciones de sobrepesca en especies no objetivo, por lo que es necesario atenuar dicha situación.

Por ello, se calculó el cociente entre la talla de primera captura y la de primera madurez ( $L_{50} / L_m$ ) para las especies ícticas relevantes en cada experimento. Cuando el cociente es igual a uno significa que la talla de primera captura es igual a la talla de primera madurez. Un valor mayor a la unidad quiere decir que la  $L_{50}$  es mayor a la  $L_m$ , lo cual favorece a la población específica. Y cuando el cociente es menor a la unidad indica que la  $L_{50}$  es menor que la  $L_m$  lo que representa un potencial problema en términos de sobrepesca.

Los datos de las tallas de primera madurez provienen de dos fuentes (vid. Anexo 7): 1) ensayos, tesis e informes de proyectos; y 2) derivados de la información contenida en la página electrónica de FishBase (<http://www.fishbase.org>) y de la “Herramienta ciclo de vida” de las especies del mismo sitio web, la cual utiliza la ecuación empírica propuesta por Froese & Binohlan (2000; Binohlan & Froese, 2009). La ausencia de datos de algunas especies (Figs. 13, 14 y 15) se debe a que no fue posible calcular el cociente ( $L_{50} / L_m$ ) y no se encontró información adicional en la literatura.

En cuanto a la relación de la talla de primera captura ( $L_{50}$ ) y talla de primera madurez ( $L_m$ ), en el experimento I, ninguna especie alcanzó el valor de la unidad en ambas redes de arrastre, es decir igualdad entre  $L_{50}$  y  $L_m$  (Fig. 13b). Pese a que los cocientes de la red prototipo no alcanzan el valor de la unidad, estos son mayores a los cocientes de la red testigo. Por otro lado, con los datos de bibliografía la mayoría son proporcionales en las dos redes. No obstante, el cociente en la red prototipo para *Lutjanus guttatus* (recurso objetivo en la pesquería artesanal) y el de las especies del

género *Diplectrum* spp., se aproximan a la línea que marca la unidad (Fig. 13a). Por lo visto, en la red prototipo ENIP90NN la mayoría de las especies ícticas, tienen más posibilidad de reproducirse al menos una vez.

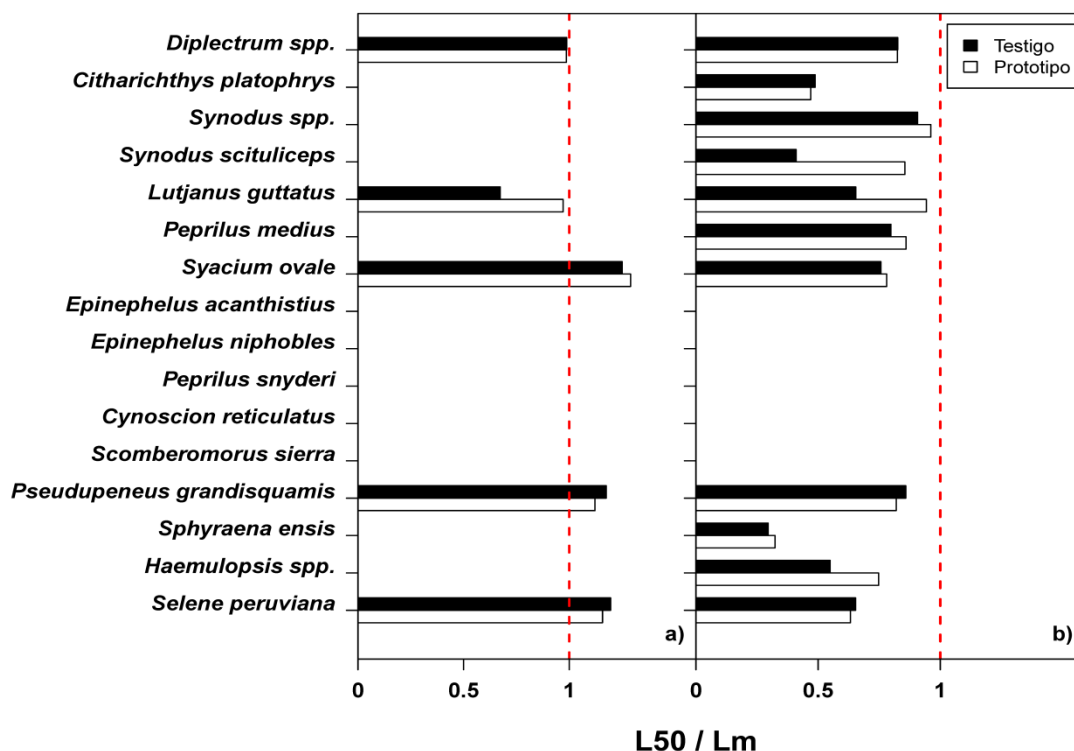


Figura 13. Cocientes por especie relevante del experimento I.  
a) Datos de bibliografía; b) Datos calculados.

Para el experimento II, los cocientes determinados con fuentes bibliográficas, la mayor parte de las especies ícticas relevantes alcanzan la unidad de la relación  $L_{50} / L_m$ . Aunque, para la especie *Lutjanus guttatus*, el cociente de la red prototipo se encuentra próxima a la línea que marca la unidad (Fig. 14a). Por otro lado, los cocientes la red prototipo con valores de  $L_m$  calculados, fueron superiores en la mayoría de las especies ícticas relevantes respecto a los de la red testigo (Fig. 14b). Es notable que los individuos que fueron retenidos en la red prototipo ENIP90NN son beneficiadas, por lo menos aumentando la posibilidad de poder reproducirse al



menos una vez, destacando para aquellas especies que son de importancia para la pesca artesanal.

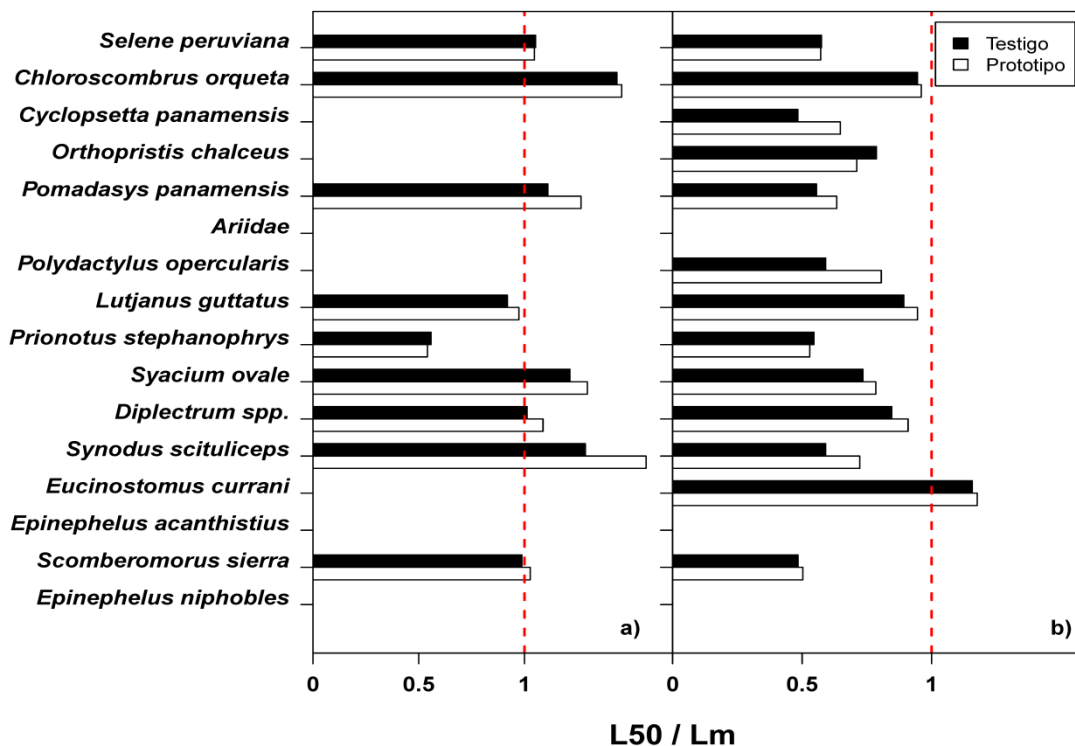


Figura 14. Cocientes por especie relevante del experimento II.

a) Datos de bibliografía; b) Datos calculados.

En el experimento III, excepto *Prionotus stephanophrys*, todos los cocientes de las especies analizadas sobrepasan la unidad en ambas redes, lo que significa que aseguran su reproducción al menos una vez (Fig. 15a). Por otra parte, los cocientes con datos calculados de  $L_m$ , *Peprilus medius* sobrepasa la unidad en la red testigo. Pese a que los cocientes de la red prototipo no alcanzan la unidad (Fig. 15b), la mayoría se encuentran próximos a esta (p. ej. *Peprilus snyderi* y *Polydactylus opercularis*, dos especies de importancia para pesca artesanal ribereña).

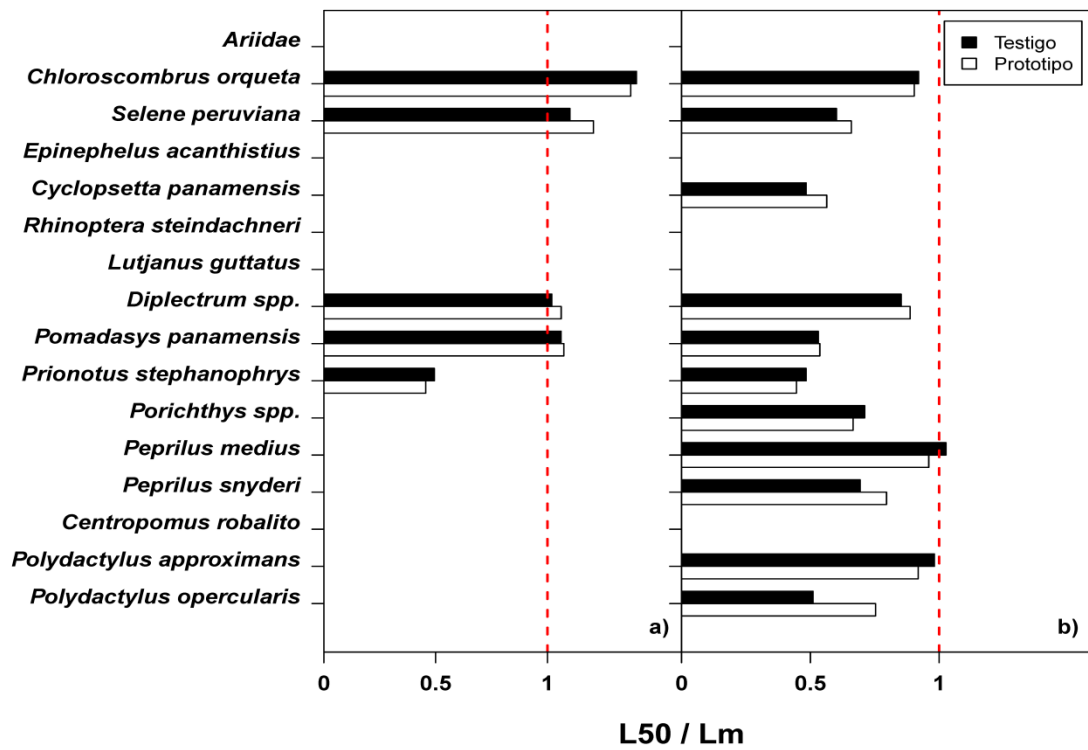


Figura 15. Cocientes por especie relevante del experimento III.  
 a) Datos de bibliografía; b) Datos calculados.

## 8. DISCUSIÓN

La administración pesquera tiene como principal tarea asegurar el aprovechamiento sostenido de los recursos mediante la regulación del esfuerzo de pesca, establecimiento de vedas espaciales y temporales, tallas de captura, artes y métodos de pesca, etc. (Cochrane, 2005). Sin embargo, dentro de la ordenación pesquera, las artes de pesca es uno de los aspectos que más esfuerzo de investigación requiere, ya que la mayoría de ellas presentan escasas propiedades selectivas, capturando tallas de menor tamaño de la especie objetivo e incidiendo sobre especies asociadas, siendo este uno de los grandes desafíos que enfrenta la tecnología de captura.

En distintas conferencias y convenciones a nivel mundial se han establecido políticas pesqueras fundamentadas en los principios del enfoque de ecosistémico (p.ej. Código de Conducta para la Pesca Responsable, 1995; Declaración de Reyjavik, 2001; Cumbre mundial sobre el Desarrollo Sostenible, 2002). Sin embargo, la ejecución práctica de dichas políticas ha sido una tarea complicada. Pese a que han habido esfuerzos, para tomar medidas de ordenación orientadas a minimizar los volúmenes de pesca incidental y especies sujetas a protección especial mediante la modificación en las artes de pesca (FAO, 2003), el desarrollo tecnológico del sector pesquero nacional aun tiene un rezago que refleja niveles bajos de eficiencia y altos costos ambientales (Lluch-Cota *et al.*, 2006). Es por ello que los estudios enfocados a innovar las artes de pesca son de gran relevancia. La industria camaronera mexicana necesita una respuesta rápida que traslade al sector prácticas sustentables, es decir, que los costos ambientales se reduzcan (p. ej. fauna acompañante), sin perder la eficiencia operativa de pesca (p. ej. objetivo de captura). En este contexto la investigación orientada a la innovación tecnológica puede jugar un papel importante.

Los sistemas de pesca de arrastre son los más utilizados para la captura de peneidos, dada su versatilidad operacional y avanzado desarrollo tecnológico (Bucki, 1984a). Los diseños de las redes de arrastre utilizadas en la pesquería de camarón del Pacífico mexicano han tenido cambios, la mayoría realizados por los actores de

la pesquería (patrones de pesca, marineros y rederos), a través de la experiencia adquirida en la construcción y operatividad por décadas. Sin embargo, muchas de estas modificaciones carecen de la formalidad teórico-científica establecidas en los lineamientos de diseños en redes de arrastre (Okonski & Martini, 1987). Si bien en la última década se han propuesto diseños de redes camarónicas (Mexican, Mongoose modificada, Magdalena I-RS-INP, Volador modificada) estos han tratado de atenuar inconvenientes relacionados con las capturas incidentales (Heredia-Quevedo, 2001; Esparza, 2003; ICES, 2005; Sarmiento-Náfate *et al.*, 2007), sin tener éxito en la aceptación para su uso por los operarios de la pesquería de camarón.

El diseño de la red arrastre ENIP90NN y sus modificaciones en el tamaño del cuerpo, demostró tener el mismo desempeño en la operación de pesca y eficiencia en la captura de camarón, a pesar de ser 1.53 metros menor en la relinga superior con relación al diseño de uso comercial (Buzo). Adicionalmente, este diseño de red compite con las propuestas de diseño anteriormente descritas, al disminuir la retención de fauna acompañante. En este contexto, Sarmiento-Náfate *et al.* (2007) mencionan que al reducirse el tamaño del cuerpo de la red, se utiliza una menor cantidad de material en la construcción, se reduce el peso y con ello la resistencia al avance. Por lo tanto, el consumo de combustible y la emisión de contaminantes a la atmósfera es menor, además de obtener un beneficio económico con esta alternativa.

Es de importancia conocer el tipo de suelo de la zona de pesca cuando se diseña un sistema de pesca de arrastre, ya que es el punto de partida para la elección del tipo de aparejo en la relinga inferior de la red (Bucki, 1984). Esta es una de las partes de la red que tiene contacto directo con el fondo marino, por jugar un papel importante en la eficiencia de pesca; pese a que se ha mencionado que impacta severamente por la remoción del sedimento. No obstante, esta perturbación se puede mitigar al modificar el lastre y los puntos de fricción de la relinga, con el uso de discos, rodillos o bobinas (Valdemarsen *et al.*, 2007).

Se ha encontrado que la adaptación de un tren de arrastre de rodillos de caucho, en la relinga inferior en redes camarónicas de 13.50 m (44.3') de relinga

superior disminuye el disturbio y evita el levantamiento de sustrato en el fondo marino (ICES, 2005). Si bien, la aplicación de estas modificaciones tienen como finalidad aminorar los impactos en el fondo marino, el grado relativo de afectación se desconoce.

Las modificaciones realizadas en la relinga inferior, también contribuye a disminuir las capturas incidentales y a mitigar el impacto sobre el ecosistema bentónico. En este contexto, estudios realizados en el Pacífico mexicano señalan que la exclusión de volúmenes significativos de fauna acompañante no afecta la eficiencia en las capturas de camarón (Balmorí-Ramírez *et al.*, 2003b; Esparza *et al.*, 2005; ICES, 2005; Padilla-Galindo, 2006).

Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos, al implementar la modificación en la relinga inferior en la red camaronera ENIP90NN, por presentar diferencias en las capturas de invertebrados en los lances experimentales. Pese a ello, sólo uno de los tres experimentos resultó con diferencias significativas; debido a que la composición de este estrato de la captura, son organismos que habitan en el fondo con escasa capacidad de desplazamiento, por lo cual son el reflejo directo del funcionamiento de dicha modificación.

Los invertebrados marinos, se pueden considerar un grupo monitor para evaluar la modificación en la relinga inferior. El experimento I presenta alto nivel de eficiencia estimado para la red prototipo ENIP90NN en la captura de invertebrados, resultado inesperado debido a la modificación en la relinga inferior. Lo anterior conlleva a inferir que la utilización de la cadena espantadora ó espantador durante el experimento, deja sin efecto de exclusión a la prototipo. Esto se valida en los experimentos II y III en los que no se utilizó el espantador, por obtener diferencias significativas y niveles de eficiencia bajos en las capturas. Queda entonces demostrado que la modificación de la relinga inferior reduce la captura de especies asociadas al fondo marino, donde el nivel de exclusión dependerá de la zona y la temporalidad en el periodo de pesca.

Las evaluaciones realizadas al dispositivo excluidor de peces “Fisheye” (DEPF) en redes de arrastre camaroneras, demuestran que reduce hasta 44% de la

captura de ictiofauna (Watson *et al.*, 1993; Manjarres *et al.*, 2008). El “Fisheye” es uno de los dispositivos más evaluados que existen como alternativa para disminuir las capturas incidentales en las pesquerías de camarón por arrastre. Comparaciones simultáneas de redes camaroneras en aguas del Pacífico mexicano, reportan que el uso del DEPF no afecta la eficiencia de captura de camarón y disminuye significativamente los volúmenes de fauna íctica (Balmori-Ramírez, *et al.*, 2003a; Sarmiento-Náfate *et al.*, 2006). Lo anterior se ha demostrado por medio de video grabaciones submarinas, observando el comportamiento del camarón al utilizar el DEPF colocado en la parte anterior del bolso, en donde se observó que las mayores pérdidas de camarón se producen al momento de recoger (cobrar) la red; caso contrario a lo que sucede cuando el DEPF es instalado en la parte superior del bolso (Watson, 2007).

Se ha notificado que al incorporar el DEPF a una red camaronera de diseño “Mixto” en el Golfo de California, reduce 37% de ictiofauna (Balmori-Ramírez, *et al.*, 2003a). Por lo que, tomas submarinas demuestran que gran parte de los peces que son capturados con redes de arrastre escapan a través de DEPF cuando la red se encuentra en operación (Watson, 2007). De hecho, el dispositivo “Fisheye” incorporado a la red ENIP90NN redujo 49% la captura de ictiofauna con respecto a la red testigo (experimento II). A pesar de que hubo una pérdida de camarón del 5.7%, ésta no fue significativa; además este representa un porcentaje menor a la pérdida de captura reportada por Balmori-Ramírez, *et al.* (2003a; 7.3%) en el Golfo de California utilizando una red tradicional “Mixto”. Los resultados de eficiencia de pesca respaldan el funcionamiento del DEPF, ya que las capturas de camarón se encuentran en el nivel óptimo de eficiencia (1) y los de fauna acompañante por debajo del nivel mencionado (0.57 ictiofauna; 0.79 invertebrados).

Diversos diseños de excluidores de peces tipo *ventana de malla cuadrada*, han sido considerados como una medida para disminuir la captura incidental de peces pequeños en redes de arrastre. Su funcionamiento considera el comportamiento de individuos pequeños que consiste en el desplazamiento del organismo hacia la parte superior donde se encuentra la ventana de escape, mientras que la mayoría de los nadadores de menor fuerza (p. ej. camarones

peneidos) pasan al bolso de la red (Brewer, *et al.*, 1998). El dispositivo excluidor de “Ventana de Malla Falsa” (DEPV) constituye una variante de la idea original. En el cual, los paneles de malla cuadrada son efectivos para excluir grandes cantidades de captura incidental y el éxito de su utilización ha sido limitado por la pérdida de camarón (Eayrs, 2007).

En el experimento III la red prototipo ENIP90NN utilizó DEPV, mostró ineficiencia para capturar peces. Sin embargo, las diferencias en las capturas de ictiofauna no fueron significativas al nivel de confianza del 95%, pero sí para al 93%, por lo que el efecto de exclusión para este grupo se puede considerar como aceptable con una significación de 0.07. Es posible que dicho efecto no se produzca, debido a que este tipo dispositivo están orientados hacia la exclusión de peces pequeños, que en términos de biomasa un individuo de cierta especie puede representar a diez de una especie pequeña. Por otro lado, la comparación directa de las capturas de camarón reflejan pérdidas en 5.8% sin ser significativas, además el nivel de eficiencia aceptable (0.89). En el Golfo de Carpentaria, Australia, se han realizado experimentos con DEP-Malla cuadrada en redes de arrastre camaroneras, reportando obtener los mismos rendimientos de captura de camarón que las redes que no utilizan el dispositivo, además de reducir de manera significativa la captura incidental de peces pequeños (Brewer *et al.* 1998). Lo anterior ubica al DEPV como un excluidor con potencial para su utilización en la pesquería de camarón del Golfo de California.

Determinar las especies relevantes de peces de la fauna acompañante del camarón es una tarea difícil, debido a la los diferentes estilos de vida que presentan las especies, además de la limitación en la información biológica. Algunos estudios de evaluación tecnológica en redes de arrastre han seleccionado un cierto número de especies de manera directa tomando en cuenta la abundancia, endemismo, importancia comercial y posición trófica (García-Caudillo *et al.*, 2000; Balmori-Ramírez *et al.*, 2003a; Manjarrés *et al.*, 2008). Pero no considerar a todas las especies de la FAC, es correr el riesgo de no evaluar aquellas que tienen un rol potencialmente importante en su entorno (p. ej. Ecológico-Social). Por lo tanto, definir criterios que integren las cualidades básicas de las especies es lo más adecuado. El

Índice de Importancia Íctica (IIIC) resultó ser una herramienta que asocia aspectos cuantitativos, ecológicos, sociales y de conservación. Los resultados por experimento demuestran que las especies ícticas relevantes representan 85% de la captura total, además concuerda con dieciocho especies con valor comercial entre primera, segunda y tercera clase (Espino-Barr *et al.*, 2004), seis de las diez especies consideradas dominantes (Manjarrez-Acosta, 2001) y nueve de las quince especies más abundantes para el Golfo de California (López-Martínez *et al.*, 2010) que se extraen en los arrastre camaroneiros.

La selectividad de la redes de arrastre es una de las principales preocupaciones de los administradores de pesquerías, grupos ambientalistas e investigadores. Para los tecnólogos, es un desafío a gran escala, por lo que no se deja de pensar en el arte de pesca ideal: altamente selectivo en tallas y especie objetivo de pesca; grandes capturas con costos mínimos de producción y; menor impacto sobre hábitats y especies asociadas al objeto de captura (Bjordal, 2005). No obstante, los intentos por mejorar las propiedades en redes de arrastre destinadas a la captura de peneidos aunque pocos, han sido acertados: la creación e implementación de dispositivos exclusión (p. ej. Dispositivo Excluidor de Tortugas) de especies protegidas, emblemáticas y asociadas a los objetivos de captura (Watson *et al.*, 1993; García-Caudillo *et al.*, 2000; Steele *et al.*, 2002; Balmori-Ramírez *et al.*, 2003b; Esparza, 2003; Sarmiento-Náfate *et al.*, 2007; Manjarrés *et al.*, 2008).

Sin embargo, la actividad pesquera es muy diversa y variable, por ello es necesario que los equipos de pesca se adapten a las condiciones particulares (regionales) y no hacer generalizaciones en un sentido dogmático. El reducir el tamaño de la malla para elevar la producción por selectividad, es una medida errónea; las redes de arrastre camaroneiras mexicanas han cambiado de tamaño de malla en sus diferentes secciones desde sus inicios como pesquería formal, con base en la mayoría de las ocasiones en consideraciones prácticas de la pesca.

Aunque en la década de 1970, con base en un estudio de selectividad, la luz de malla en el cuerpo de la red era de 5.71 cm y de 4.44 cm en el copo (Lluch-Belda, 1975), lo que permitía dejar escapar a los camarones más pequeños. Y en la década



de 1990, la luz de malla se redujo a 4.44 cm para el cuerpo y 3.81 cm en el bolso (D. O. F., 1993; D.O.F., 1997; D.O.F., 2006). Es decir, se realizó una modificación que opera en contra del objetivo de liberar tallas pequeñas.

El tamaño de la malla en el copo o bolso es importante, ya que en la mayoría de las ocasiones es ahí donde se determina la selectividad de las redes de arrastre (Sparre & Venema, 1997). Por otro lado, la selectividad de las redes de arrastre puede evaluarse en el funcionamiento de toda la red. Grande-Vidal y Arias-Uscanga (1991) señalan que la talla de primera captura de camarón depende del tipo o diseño de red de arrastre y del tamaño de la malla en el bolso. En el caso de las especies de camarón (azul, blanco, café, cristal) que captura la flota mayor en el Golfo de California, pese haber construido las redes ENIP90NN y Buzo con las mismas características técnicas, coeficientes de encabalgado similares y con copos iguales, la diferencia en las tallas de primera captura de esas especies fue mínima durante la comparación de la red prototipo sin dispositivos excluidores de peces (experimento I).

Al adicionar los excluidores de peces (DEP) en la red prototipo ENIP90NN (experimentos II y III), las tallas de primera captura se incrementan, lo cual se puede atribuir a dos factores: 1) a la ventana de escape que se crea con los DEP's; y 2) la poca acumulación de fauna acompañante en el bolso por el efecto de los DEP's. Se ha comprobado que la selectividad en redes de arrastre camaroneras mexicanas se da por el tamaño de la malla en cuerpo de la red y no en el bolso (Sarmiento-Náfate & Gil-López, 2001). De igual forma existe la evidencia de que el camarón evade la última parte del cuerpo de la red y las tallas de los individuos que escapan son semejantes a los organismos que se encuentran en el copo (García-Zavala & Heredia-Quevedo, 2003). El obtener tallas mayores de camarón aumenta su valor comercial y se aumenta la probabilidad de que los individuos capturados, se reproduzcan al menos una vez.

Los peces además de ser animales acuáticos vertebrados e importantes en los ecosistemas de agua dulce y marino, tienen un valor alimenticio en la dieta del humano y son la economía de pueblos costeros (Nelson, 2006). Por otro lado, los

efectos colaterales de la pesca de camarón por arrastre son inevitables en la mayoría de las ocasiones. Provoca el deceso incidental de peces jóvenes de diversas especies, lo que hace importante de promover artes de pesca que oferten en sus capturas por lo menos tallas mayores de retención.

La probabilidad de que un pez escape a través de una malla depende de su forma y en particular, de la altura del cuerpo (Sparre & Venema, 1997). En redes de arrastre camaroneras no es posible aplicar este criterio, ya que la red está diseñada en función al objetivo de captura que es de menor tamaño que la mayoría de los peces. Por tanto, la luz de malla será acorde a la tallas de camarón. Sin embargo, las comparaciones de los modelos de selectividad referente a las especies ícticas relevantes de los experimentos de este estudio, muestran que más del 65% de ellas, las tallas de primera captura ( $L_{50}$ ) fueron mayores en la red prototipo. Esto demuestra que las modificaciones y aditamentos colocados en la red permiten el escape de individuos de talla inferior a los que se pescan de manera común en pesquerías en las que estas especies son las objetivo.

De acuerdo a su adaptación locomotora, los peces se clasifican en generalistas, que son aquellas especies cuya forma del cuerpo les ofrece rendimientos básicos en sus actividades funcionales, y los especialistas que son especies cuya forma los hace excepcionalmente hábiles (Videler & He, 2010). Así mismo, la aleta caudal es importante en el nado brindando propulsión y aceleración, dos elementos importantes en la supervivencia (Palacios-Salgado, 2011). Considerando lo anterior, se desprende el concepto de que las ventanas de escape creadas como los dispositivos excluidores de peces y el acortamiento de la red, aumentan las posibilidades de salida de las especies de ictiofauna más robustas y especializadas que están asociadas en la pesca de camarón.

A medida que los peces crecen en talla, su edad aumenta (Sparre & Venema, 1997). Esta proporcionalidad impulsa a los resultados de talla de primera captura ( $L_{50}$ ) de las especies ícticas relevantes obtenidos en la red prototipo ENIP90NN. Las  $L_{50}$  fueron mayores a las resultantes para la red testigo (Buzo), lo que posiblemente

signifique que los individuos eran adultos (maduros). Si bien es cierto esto, las coincidencias con las tallas de primera madurez ( $L_m$ ) serán un acierto.

Del análisis realizado (datos de  $L_m$  de fuentes bibliográficas) se debe resaltar que en la mayoría de las especies el cociente  $L_{50} / L_m$  fue mayor o igual que uno. Esto implica que los individuos capturados, incrementan la probabilidad de reproducirse al menos una vez o realizarlo de nuevo, y en el segundo caso (datos de  $L_m$  calculados), aunque prácticamente más del 90% de los cocientes fueron menores a la unidad ( $L_{50} / L_m < 1$ ), estos se aproximan a la unidad, lo cual representa una fuerte ventaja a favor de la red prototipo. Por otro lado, las especies que resultaron ser de alto valor comercial (*Lutjanus guttatus* y *Scomberomorus sierra*) y que fueron capturadas con la red prototipo, poseen una talla de primera captura muy similar a la talla de primera madurez.

En el presente trabajo, se realizó una innovación alternativa a las redes de arrastre camarónicas que actualmente utiliza la flota mayor en el Golfo de California. El nuevo diseño (ENIP90NN) es simétrico en las tapas superior e inferior y reúne las mejores características técnicas de las redes predecesoras, incluyendo dispositivos excluidores, pero con modificaciones en el tamaño del cuerpo de la red y en la relinga inferior. Esto tiene diversos beneficios. Hay una menor resistencia al avance, mayor eficiencia operacional, reducción de los volúmenes de pesca incidental (peces e invertebrados) y tallas de captura de mayor tamaño en la especie objetivo.

La red prototipo ENIP90NN, es un nuevo diseño de red de arrastre camarónica, que desde su construcción presenta rentabilidad debido al ahorro de paño de red, repercutiendo directamente en su peso y en consecuencia un menor consumo de combustible al remolcar la red. Tan sólo con modificar el apareamiento de la relinga inferior de manera sencilla (experimento I), su eficiencia en la captura de la especie objetivo (camarones peneidos) no cambia y mantiene los rendimientos de una red de uso comercial. Adicionalmente, disminuye la captura de peces de forma significativa.

Estas particularidades hacen de la red prototipo ENIP90NN como una alternativa viable para su utilización inmediata. Los costos de construcción de la red

prototipo son los mismos que los de una red tradicional, por lo que los operarios no invertirían más de lo usual, además se sabe que la mayoría de las embarcaciones al iniciar la temporada de pesca por lo menos invierten en un par de redes. No existe inconveniente en establecer un programa piloto para la operación de la red ENIP90NN.

Cualquier modificación al sistema de pesca puede alterar su eficiencia. Sin embargo, la red prototipo con la doble relinga inferior y la adaptación de dispositivos excluidores de peces del tipo “Fisheye” (experimento II), disminuyen significativamente los volúmenes de capturas de ictiofauna y especies asociadas al fondo marino, sin cambios sustanciales en la captura objetivo, como en el sistema de pesca.

El proponer un tipo de excluidor de peces para redes de arrastre camaroneras es un reto y el dispositivo excluidor de peces “Ventana de Malla Falsa” no es la excepción, por ser el primer dispositivo de este tipo analizado en la pesquería industrial de camarón del Pacífico mexicano, con mayor incertidumbre en su desempeño en relación al del tipo “Fisheye”. La incorporación de dicho dispositivo en la red prototipo ENIP90NN (experimento III), no presentó irregularidades en la eficiencia captura de camarón como en operativa, y pese a que fue diseñado con la finalidad de reducir la captura incidental de peces, la diferencias no fueron significativas al mismo nivel de confianza aplicado para el DEPF, pero tiene tendencias favorables en su exclusión por los resultados de eficiencia.

Por otro lado, a pesar de que los excluidores proveen de una alternativa de escape para cualquier individuo capturado, las tallas de primera captura fueron mayores en camarón y fauna íctica en la red ENIP90NN, con los diferentes tipos de excluidores de peces. El beneficio de retener tallas grandes, aumenta la probabilidad de que esta coincida con la talla de primera madurez; lo que significa que por lo menos se reproduzcan una vez, caso obtenido en algunos de los resultados de este estudio.

Las alternativas tecnológicas propuestas responden a uno de los problemas que agrava a la pesquería de camarón del Pacífico mexicano, a los gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG's), organismos internacionales (FAO), empresas importadoras de camarón y el sector pesquero, dejando en claro que estudios de carácter tecnológicos, pueden dar una respuesta rápida para contrarrestar los efectos negativos que a través del tiempo han sido señalados en la pesca de camarón por arrastre.

## 9. CONCLUSIONES

El diseño de la red prototipo ENIP90NN, se caracterizó por tener simetría y menor tamaño en cuerpo, diferente forma de unión de cuchillas y tapas en relación al esquema tradicional, presentar mayor longitud en la sección del cielo, combinación de los ciclos de cortes en las alas, tapas laterales con incremento vertical en la base de las alas superiores y disminución hacia ante copo.

La red prototipo captura en promedio 53% menos fauna íctica y 40% menos invertebrados, que una red de uso comercial.

La eficiencia de captura de camarón no es afectada por la red ENIP90NN en ninguno de los experimentos, obteniendo rendimientos similares a una red de arrastre de uso comercial.

La forma en que se apareja la relinga inferior con el lastre (denominada en el estudio doble relinga inferior) es factible de utilizar, debido a que las capturas de especies objetivo se mantienen y reduce especies asociadas al fondo marino.

La doble relinga inferior y el dispositivo excluidor “Fisheye” en la red prototipo reducen el riesgo de captura sobre las especies asociadas al arrastre camaronero.

De acuerdo a los modelos de selectividad, la red prototipo permite obtener tallas de primera captura de camarón semejantes o mayores a la red testigo (de uso comercial).

La red prototipo obtiene mayores tallas de primera captura al menos del 50% de las especies relevantes de la fauna acompañante en relación a la red testigo.

El cociente talla de primera captura, talla de primera madurez representa una mejora sustantiva sobre especies de importancia comercial que se capturaron en la red prototipo ENIP90NN.

La combinación en la red de arrastre camaronera ENIP90NN doble relinga inferior y dispositivo excluidor de peces tipo “Fisheye”, es la alternativa tecnológica que reduce significativamente (48.3%) los volúmenes de captura incidental, y no sólo eso sino que la talla de primera captura de camarón (16.07 cm) y 76% de las especies ícticas relevantes que aparecen en la captura incidental aumentan, acercándose al principio de dejar que las especies se reproduzcan al menos una vez en su vida, lo cual se confirmó para dos de las especies comercialmente importantes de la pesca artesanal ribereña.

## 10. RECOMENDACIONES

Impulsar la utilización de las propuestas tecnológicas propuestas productos de este estudio, ya que favorecen al desarrollo de la pesquería de camarón en un entorno de equilibrio entre la pesca y medio marino.

Fomentar el uso de dispositivos excluidores de peces sin el perjuicio monetario por de pérdidas significativas de camarón.

Involucrar la participación de operarios de la pesca de camarón en investigaciones enfocadas al desarrollo tecnológico pesquero, como es el caso de este estudio.

Desde el punto de vista de tecnología de capturas, es necesario seguir con la investigación orientada a mitigar los efectos colaterales de las pesquerías que utilizan el sistema de pesca de arrastre, ya que toda innovación vendrá a bien de adaptarse a condiciones particulares.

Utilizar nuevas aportaciones en materiales pesqueros, como paños de red sin nudo, de alta resistencia, baja elongación o estiramiento y larga durabilidad.

Aprovechar los instrumentos de alta tecnología para el diseño de sistemas de pesca (p. ej. software), equipo electrónico (p. ej. sensores), cámaras submarinas, por mencionar algunas.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, E. M. P. 1987. Biología pesquera para capitán de pesca. Primera edición. Instituto Politécnico Marítimo Pesquero del Atlántico. Vigo, España. 169 p.
- Anónimo. 2004. Plan de Manejo para la pesquería de camarón en el Litoral del Océano Pacífico. Instituto Nacional de la Pesca. México. 76 p.
- Amezcu-Linares, F. 1985. Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México. Cap. 2:39-94. En: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Ciencia del Mar y Limnol., I.N.P., UNAM, México D.F. 748 p.
- Amezcu-Linares, F. 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México. UNAM, ICMYL, CONABIO. México. 184 p.
- Arredondo-Álvarez, A., L. E. Igartúa-Calderón, J. L. del Ángel-Lemus. 2006. Glosario de términos relacionados con la pesca. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados LIX Legislatura / Congreso de la Unión. México DF. 538 p.
- Balmori-Ramírez, A., J. M. García-Caudillo, D. Aguilar-Ramírez, J. R. Torres-Jiménez, E. Miranda-Mier. 2003a. Evaluación de dispositivos excluidores de peces en redes de arrastre camaroneras en el Golfo de California, México. Dictamen Técnico. Instituto Nacional de la Pesca. 21 p.
- Balmori-Ramírez, A., J. M. García-Caudillo, J. R. Torres-Jiménez. 2003b. Evaluación de modificaciones a las redes de arrastre camaroneras orientadas a incrementar la selectividad. 64:73. En: CONAPESCA (Ed.). Taller Nacional sobre Selectividad de Sistemas de Pesca de Arrastre para Camarón, Implicaciones para el Ordenamiento Pesquero. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, Sinaloa, México. 83 p.
- Binohlan, C. & R. Froese. 2009. Empirical equations for estimating maximum length from length at first maturity. J. Appl. Ichthyol. 25: 611-613.

- Bjordal, A. 2005. Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. Cap. 2:19-44. En: Cocharane, K. L. (ed.). Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación. Documento Técnico de Pesca No. 424. FAO, Roma, Italia. 231 p.
- Blancarte, E. S. 1979. Los recursos Pesqueros en el desarrollo nacional. El caso del camarón en México. Primera edición, Dirección General de Publicaciones, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 174 p.
- Bohórquez, H. J. 2009. Ecomorfología alimentaria de algunas especies de peces asociados a fondos blandos. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 100 p.
- Bortone, S. A. 1977. Revision of the sea basses of genus *Diplectrum* (Pisces: Serranidae). Source: NOAA Tech. Rept., National Marine Fisheries Service Circ., 404: 1-49.
- Branstetter, S. 1997. Bycatch and its Reduction in the Gulf and South Atlantic Fisheries Development Foundation. Inc., Tampa, Florida. 27 p.
- Brewer, D., N. Rawlinson, S. Eayrs & C. Burridge. 1998. An assessment of Bycatch Reduction Devices in a tropical Australian prawn trawl fishery. Fisheries Research. 36: 195-125 p.
- Broadhurst, M. K. 2000. Modifications to reduce bycatch in prawn trawls: A review and framework for development. Fish Biology and Fisheries, 10: 27-60.
- Broadhurst, M. K. McShane P. E., Larsen R. B. 2000. Effects of twine diameter and mesh size in the body of prawn trawls on bycatch in Gulf St. Vincent, Australia. Fish. Bull. 98: 463-473.
- Brusca, R. C. & L. T. Findley. 2005. El Mar de Cortés. Part. 1: 1-32. En: Hendrickx, M. E., R. C. Brusca & L. T. Findley (Eds.). Listado y Distribución de la Macrofauna del Golfo de California, México. Parte I, Invertebrados. Arizona-Sonora Desert Museum. 429 p.
- Bucki, F. 1984a. Diseño de las artes de pesca y arrastre. 1ra parte. Serie de textos didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar. México, D.F. 182 p.
- Bucki, F. 1984b. Diseño de las artes de pesca y arrastre. 2da parte. Serie de textos didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar. México, D.F. 109 p.

- Bussing, W. A. & M. I. López. 1993. Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centro América meridional. Guía ilustrada (Span/English) Special Pub. Revista de Biología Tropical. 164 p.
- Castro-Aguirre, J. L., H. S. Espinosa-Pérez & J. J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Ed. Limusa-Noriega, Serie Biotecnologías-Instituto Politécnico Nacional. México D.F. 711 p.
- CITES. 2010. Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre: Apéndices I, II y III. UNEP. Ginebra, Suiza. 42 p.
- Covarrubias, S. O. 1994. Manual para el cálculo y construcción de las redes de arrastre camaroneras. Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, SEP-SEIT. La Paz, Baja California Sur, México. 96 p.
- Cocharane, K. L. 2005. La ordenación pesquera. Cap. 1:18. En: Cocharane, K. L. (ed.). Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación. Documento Técnico de Pesca No. 424. FAO, Roma, Italia. 231 p.
- CONAPESCA. 2008. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Mazatlán, Sinaloa, México. 193 p.
- Diario Oficial de la Federación. 1993. Norma Oficial Mexicana 002-PESC-1993. Publicada el 31 de diciembre de 1993.
- Diario Oficial de la Federación. 1997. Modificación a la Norma Oficial Mexicana 002-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Publicada el 30 de junio de 1997.
- Diario Oficial de la Federación. 2006. Modificación a la Norma Oficial Mexicana 002-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Publicada el 31 de diciembre de 1993, para establecer la potencia nominal máxima de los motores fuera de borda utilizados por embarcaciones menores. Publicada el 28 de noviembre de 2006.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Publicada el 24 de julio de 2007.

- Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010.
- Eayrs, S. 2007. Guía para reducir la captura de fauna incidental (by-catch) en las pesquerías por arrastre de camarón tropical. FAO. Roma, Italia, 108 p.
- Esparza, C. L. E. 2003. Reducción del impacto ambiental al utilizar el sistema de pesca de arrastre de fondo en la captura del recurso camarón. Instituto Nacional de la Pesca, México D. F. 23 p.
- Esparza, C. L. E., Macias S. V., Aviléz B. A., Márquez-Farías J. F. 2005. Actualización tecnológica de equipos de pesca para embarcaciones menores que operan en la pesquería del camarón de aguas marinas del estado de Sinaloa. Informe final de proyecto. Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte, CRIP-INP. Mazatlán, Sinaloa, México. 43 p.
- Espino-Barr, E., S. E. G. Cabral, B. A. García & G. M. Puente. 2004. Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México. SAGARPA – INP - CRIP, Manzanillo, Colima, México. 145 p.
- Espino-Barr, E., B. A. García, S. E. G. Cabral & G. M. Puente. 2008. Pesca artesanal multiespecífica en la costa de Colima: Criterios biológicos para su administración. Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo – IPN, primera edición. México, D.F. 102 p.
- FAO. 1978. Catálogo de la FAO de Planos de Aparejos de Pesca. (Scharfe, J.) 2da. Edición Revisada. FAO/Fishing News Books.
- FAO. 1995. Código de conducta para la pesca responsable. ONU. Roma, Italia. 46 p.
- FAO. 2003. La ordenación pesquera 2. El enfoque de ecosistemas en la pesca. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No. 4, Supl. 2. FAO, Roma, Italia. 133 p.
- FAO. 2008-2011. Reducción de las repercusiones ambientales de la pesca tropical del camarón al arrastre, mediante la introducción de técnicas para disminuir las capturas incidentales y cambios de gestión. En: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.  
Disponible en línea: <http://www.fao.org/fishery/gefshrimp/es> [Con acceso el 2/Febrero/2011]

- FAO. 2012. EP/GLO/201/GEF Reducción del impacto ambiental de la pesca por arrastre de camarón tropical, mediante la introducción de dispositivos para reducir la pesca secundaria y cambios de gestión. En: Representación FAO, Proyectos en México. Disponible en línea:  
[http://coin.fao.org/cms/world/mexico/Proyectos/proyectos\\_anteriores/ep\\_glo\\_201.html](http://coin.fao.org/cms/world/mexico/Proyectos/proyectos_anteriores/ep_glo_201.html) [Con acceso el 24/Febrero/2012]
- Fernández-Galicia, S. & M. Tapia-García. 1995. Caracterización de la familia Carangidae y aspectos reproductivos de las especies dominantes, en el Golfo de Tehuantepec. 63-85. En: Tapía-García M. (Ed.). Diversidad, dinámica y patrones reproductivos de la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec. Informe final de proyecto. UAM-IICONABIO. FB151/B094/94. México, DF. 155 p.
- Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, K. Sommer, E. Carpenter & V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro Oriental. FAO, Vol. I, II & III. 1:646; 648:1200; 1201:1813 p.
- Foster, S. J. 2009. Is bycatch a big problem for small fish? Assessing and addressing the impacts of tropical shrimp trawling on small fish species. Thesis of Doctor of Philosophy. University of British Columbia. Vancouver, Canada. 162 p.
- Fridman, A. L. 1986. Calculations for fishing gear designs. Fishing news books Ltd. Great Britain. 241 p.
- Froese, R. & C. Binohlan. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. J. Fish Biol. 56: 758-773.
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2011. FishBase. World Wide Web electronic publication. URL <http://www.fishbase.org>, versión (04/2011)
- Galeana-Villaseñor, I. & O. Guevara-Rodríguez. 2003. Estudio de la Selectividad en la Bolsa de Arrastre Camaroneras del Pacífico Mexicano, 2-13. En: CONAPESCA (Ed.). Selectividad del sistema de pesca de arrastre para camarón, implicaciones para el ordenamiento pesquero. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, Sinaloa, Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D.F. 83 p.

- García-Borbón, J. A., E. F. Balart, J. J. Gallo, & P. A. Loreto-Campos. 1996. Pesquería de camarón, 187-206. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. Edo. Baja California Sur, FAO, CRIP-La Paz, CETMAR-La Paz, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, La Paz, Baja California Sur, México. 648 p.
- García-Caudillo, J. M., M. A. Cisneros & A. Balmori-Ramirez. 2000. Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, México. *Biological Conservation*, 92: 199-205.
- García-Caudillo, J. M. & J. V. Gómez-Palafóx. 2005. La pesca industrial de camarón en el Golfo de California: Situación económico-financiera e impactos socio-ambientales. Conservación Internacional-Región Golfo de California. Guaymas, Sonora, México. 104 p.
- García-Zavala, A. & J. A. Heredia-Quevedo. 2003. Estudio de la selectividad en las redes de arrastre camarónicas en el Pacífico mexicano (sección del cuerpo). 22-29. En: CONAPESCA (Ed.). Taller Nacional sobre Selectividad de Sistemas de Pesca de Arrastre para Camarón, Implicaciones para el Ordenamiento Pesquero. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, SAGARPA. Mazatlán, Sinaloa, México. 83 p.
- Gillett, R. 2010. Estudio Mundial sobre pesquerías del camarón. Documento Técnico de Pesca No. 475, FAO. Roma, Italia. 386 p.
- González, V. A. & L. A. Pintado. 1998. Aspectos biológicos de camarón blanco *Pennaeus vannamei* en zonas costeras del estado de Nayarit. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. 110 p.
- Grande-Vidal, J. M. & M. L. Díaz-López. 1981. Situación actual y perspectivas de utilización de la fauna de acompañante del camarón en México. *Ciencia Pesquera*. Instituto Nacional de la Pesca, Depto. Pesca. México. 1(2):43-55.
- Grande-Vidal, J. M. & A. Arias-Uscanga. 1991. Selectividad de los principales tipo de redes de arrastre camarónicas utilizadas por la flota comercial de Mazatlán, Sinaloa. *Ciencia Pesquera*. Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca. México. 8: 83-106.

- Hendrickx, M. E. 1985. Diversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. Cap. 3:95-147. En: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Ciencia del Mar y Limnol., I.N.P., UNAM, México D.F. 748 p.
- Hendrickx, M. E. 1995. Camarones. 417-537. En: Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, K. Sommer, E. Carpenter & V. H. Niem (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro Oriental. FAO, Vol. I. 1:646p.
- Hendrickx, M. E., R. C. Brusca & L. T. Findley. 2005. Listado y Distribución de la Macrofauna del Golfo de California, México. Arizona-Sonora Desert Museum. 429 p.
- Hernández, R. 2004. Distribución espacial de la pesquería del camarón en las costas de Nayarit usando sistemas de información geográfica. Tesis de licenciatura. ENIP-UAN. San Blas Nayarit, México. 60 p.
- Heredia-Quevedo, J. A. 2001. Shrimp trawl design improvements suggested for Mexican fisheries. Final Project. Fisheries Training Programme, The United National University. Reykjavik, Iceland. 56 p.
- ICES. 2005. Report of the ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour (WGETEB). International Council for the Exploration of the Sea. Roma, Italia. B:04. 283 p.
- Kelleher, K. 2008. Descartes en la pesca de captura marina mundial. Una actualización. Documento Técnico de Pesca. No. 470. Roma, FAO. 147 p.
- Lin, L. I. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. Biometrics. 45: 255-268.
- López-Martínez, J., E. Morales-Bojórquez, F. Paredes-Mallón, D. Lluch-Belda, C. Cervantes-Valle. 2000. La pesquería de camarón de altamar en Sonora, Cap.20:301-312. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota, G. Ponce-Díaz.(Eds.).BAC, Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano. CIBNOR, S.C., CICIMAR-IPN, CONACyT. La Paz, BCS, México. 367 p.

- López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, J. Rodríguez-Romero, S. Hernández-Vázquez. 2010. Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. *Revista Biología Tropical*. 58(3): 925-942.
- Lluch-Belda, D. 1975. Selectividad de las redes de arrastre camaroneras en el pacífico Mexicano. Instituto Nacional de Pesca. México. INP/SC: 6. 24 p.
- Lluch-Cota, D. B., S. Hernández-Vázquez, E. F. Balart-Páez, L. F. Beltrán-Morales, P. del Monte-Luna, A. González-Becerril, S. E. Lluch-Cota, A. F. Navarrete del Proó, G. Ponce-Díaz, C. A. Salinas-Zavala, J. López-Martínez, S. Ortega-García. 2006. Desarrollo Sustentable de la Pesca en México: Orientaciones Estratégicas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste/Senado de la Republica.436p.
- Magallón-Barajas, F. J. 1987. The pacific shrimp fisheries of Mexico. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Reports*. 28: 43-52.
- Manjarrés, L., L. O. Duarte, J. Altamar, F. Escobar, C. García & F. Cuello. 2008. Efectos del uso de dispositivos reductores de pesca acompañante en la pesquería de camarón del Mar Caribe de Colombia. *Ciencias Marinas*. 34(2): 223-238.
- Manjarrez, A.C. 2001. Variación estacional de la comunidad de peces de fondos blandos del área costera del sur de Sinaloa. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 145 p.
- Medina, N. H. 1982. México en la pesca. Primera edición. acHe-eMe-eNe editorial. Estado de México, México. 381 p.
- 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, México. 84 p.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. Fourth edition, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 601 p.



- Nieto-Navarro, J. T. 2010. Estructura y organización de la ictiofauna de fondos blandos del sur de Sinaloa: análisis ecológico y topología de taxa. Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 177 p.
- Nomura, M. & T. Yamazaki. 1975. Fishing Techniques. Japan International Cooperation Agency. Tokyo, Japón. 210 p.
- Okonski, S. L. & L. W. Martini. 1987. Artes y Métodos de Pesca. Materiales Didácticos para la Capacitación Técnica. Primera edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 339 p.
- Padilla-Galindo, S. P. 2006. Evaluación de Alternativas Tecnológicas en el Sistema de Arrastre Para la Captura de Camarón por la Flota de Pequeña Escala del Estado de Sinaloa. Tesis de Licenciatura. ENIP-UAN. San Blas Nayarit, México. 46 p.
- Palacios-Salgado, D. S. 2011. Patrones latitudinales de composición y diversidad funcional de peces asociados a la pesca de camarón del Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 168 p.
- Pérez-Gonzalez, R. 1995. Crecimiento, alimentación y desarrollo gonadal de dos especies de peces demersales dominantes en la plataforma continental del sur de Sinaloa, México: *Prionotus stephanophrys* (TRIGLIDAE) y *Pomadasys panamensis* (HAEMULIDAE). Tesis de Maestría. ICMYL-UNAM. Mazatlán, Sinaloa, México. 438 p.
- Pérez-Mellado, J.L. & L.T. Findley. 1985. Evaluación de la ictiofauna del camarón capturado en las costas de Sonora y norte de Sinaloa, México, Cap.5:201-254. En: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Ciencia del Mar y Limnol., I.N.P., UNAM, México D.F. 748 p.
- Pope, j. A., A. R. Margetts, J. M. Hamley & E. F. Akyüz. 1975. Manual of methods for fish stock assessment. Part III. Selectivity of fishing gear. FAO Fish. Tech. Pap. (41). Rev. 1. Roma, Italia. 65 p.

- Real Academia Española. 2012. Diccionario de la Lengua Española, vigésima segunda edición. Madrid. Recuperado el día 27 de mayo del 2012 en: [http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=arte](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=arte)
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Roberson, D. R. & G. R. Allen. 2006. Shorefishes of the tropical eastern Pacific: an information system Ver. 2.0. CD-ROM. Smithsonian Tropical Research Institute. Balboa, Panamá.
- Rodríguez de la Cruz M. C. & F. J. Rosales-Juárez. 1976. El camarón del Noroeste de México. Instituto Nacional de Pesca – Secretaría de Pesca. México D.F. INP/SI: 148. 36 p.
- Rodríguez de la Cruz, M. C. 1981. Estado actual de la pesquería de camarón en el pacífico Mexicano. Ciencia Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca, Depto. Pesca. México. 1(1): 53-60.
- Sarmiento-Náfate, S. 1993. Análisis de la flota camaronera del Golfo de Tehuantepec y propuesta de una red prototipo. Tesis de licenciatura. ENIP-UAN. San Blas, Nayarit, México. 75 p.
- Sarmiento-Náfate, S. & H. A. Gil-López. 2001. Selectividad de la red de arrastre camaronera, utilizada en la pesca de camarón en el Golfo de Tehuantepec, México. Informe anual de investigación. SAGARPA-INP, Centro Regional de Investigación Pesquera, Salina Cruz, Oaxaca. 32 p.
- Sarmiento-Náfate, S., J. Villalobos-Toledo, O. Casique-Santos & M. O. Cruz-Pérez. 2006. Sustitución de redes de arrastre tradicionales por redes de arrastre construidas con paños “Dyneema”, excluidor de Tortugas de tipo rígido y excluidor de peces ojo de pescado tipo Florida. Informe Técnico de Proyecto. Gobierno del estado de Oaxaca, Instituto Nacional de Pesca. Salina Cruz, Oaxaca, México. 65 p.
- Sarmiento-Náfate, S., H. A. Gil-López & D. Arroyo. 2007. Shrimp by-catch reduction using a short funnel net, in the Gulf of Tehuantepec, South Pacific, México. Revista Biología Tropical. 55(3-4):889-897.

- Sarmiento-Náfate, S. 2008. Alternativas para reducir la captura incidental en la pesca de arrastre del camarón, en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Maestría. ENIP-UAN. San Blas, Nayarit, México. 75 p.
- Saucedo-Barrón, C. J. & M. Ramírez-Rodríguez. 1994. Peces de importancia comercial en el sur del estado de Sinaloa, México (Pesca Artesanal). *Inv. Mar. CICIMAR*. 9(1): 51-54.
- Secretaría de Pesca. 1987. Pesquerías mexicanas: Estrategias para su administración. Dirección de publicaciones de la Secretaría de Pesca, primera edición. México D.F. 593 p.
- Shapiro, S. S. & M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52(3/4): 591-611.
- Sokal, R. & J. Rohlf. 1969. *Biometry*. W. H. Freeman and Company. San Francisco, United States of America. 776 p.
- Sparre, P. & C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales Parte I Manual. Documento Técnico de Pesca No. 306/1, FAO. Roma Italia 560 p.
- Steele, P. Bert T. M., Johnston K. H., Levett S. 2002. Efficiency of bycatch reduction devices in small otter trawls used in the Florida shrimp fishery. *Fish. Bull.* 100: 338-350.
- Tapia-García, M. Macuitl-Montes M. C., Cerdaneres-Ladrón de Guevara G. & García-Abab M. C. 1995. Estrategias ecológicas y reproductivas de las especies dominantes en la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec. 148-155. En: Tapía-García M. (Ed.). *Diversidad, dinámica y patrones reproductivos de la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec*. Informe final proyecto: UAM-IICONABIO No.FB151/B094/94. México, DF. 155 p.
- IUCN. 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. Cambridge, United Kingdom. URL <http://www.iucnredlist.org>
- Valdemarsen, J. W., Jorgensen T. & Engas A. 2007. Options to mitigate bottom habitat impact of dragged gears. Fisheries Technical Paper No. 506, FAO. Rome, Italy. 29 p.

- Valenzuela-Tanorí, M., Herrera-Valdivia, E. & Salazar-Gracia, N. 1998. Evaluación de la fauna que acompaña al camarón en arrastres comerciales de las costas de Sonora y Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias del Mar, UAS. Mazatlán, Sinaloa. 38 p.
- van der Heiden, A.M. 1985. Taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California, Cap. 4: 149-200. En: Yanez-Arancibia, A. (Ed.). Recursos Pesqueros Potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Ciencia del Mar y Limnol., I.N.P., UNAM, México D.F. 748 p.
- Videler, J. J. & P. He. 2010. Swimming in Marine Fish. Part one, Chapter 1: 5-24. In: He, P. (Ed.). Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges. Edition first, Blackwell Publishing Ltd. Singapore. 375 p.
- Villaseñor, T. R. 1997. Dispositivos excluidores de tortugas marinas. Documento Técnico de Pesca No. 372, FAO. Roma, Italia. 116 p.
- Watson, J., I. Workman, D. Foster, C. Taylor, A. Shah, J. Barbour & D. Hataway. 1993. Status report on the potential of gear modifications to reduce finfish bycatch in shrimp trawls in the Southeastern United States. NOAA, Technical Memorandum NMFS-SEFSC-327. 131 p.
- Watson, J. 2007. Reconciling fisheries with conservation through programs to develop improved fishing technologies in the United States. Chapter 2: 23-36. In: Kennelly, S. J. (Ed.). By-catch Reduction in the World's Fisheries. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 288 p.
- Yellen, J. E., A. S. Brooks, E. Cornelissen, M. J. Mehlman & K. Stewart. 1995. A middle stone age worked bone industry from Katana, Upper Semliki Valley, Zaire. Science. 268(5210): 553-556.
- Young, R. & J. Romero. 1979. Variability in the yield and composition of by-catch recovered from Gulf of California shrimping vessels. Tropical science. 21(4): 249-264.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. Third edition, Prentice Hall. New Jersey, United State of America. 662p.

## 12. ANEXOS

Anexo 1. Esquemas de los diseños de redes de arrastre camaroneras tradicionales utilizadas en la pesquería de camarón en el Golfo de California.

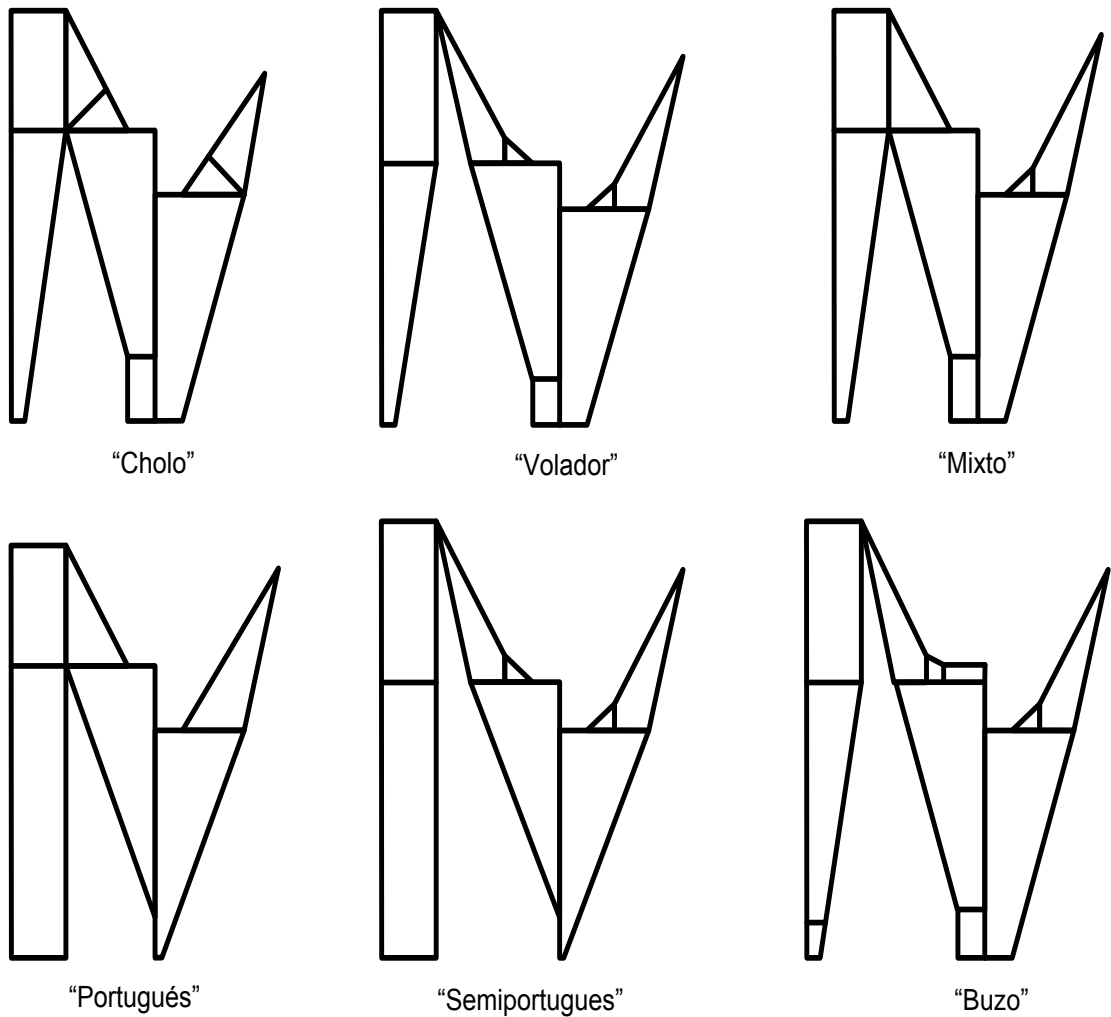


Figura 16.- Esquemas de las principales redes de arrastre camaroneras del Golfo de California.

Anexo 2. Contraste de las capturas por unidad por área (CPUA) de las redes testigo (Buzo) y prototipo (ENIP90NN), para determinar la concordancia de las captura y la eficiencia de pesca con el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (1989).

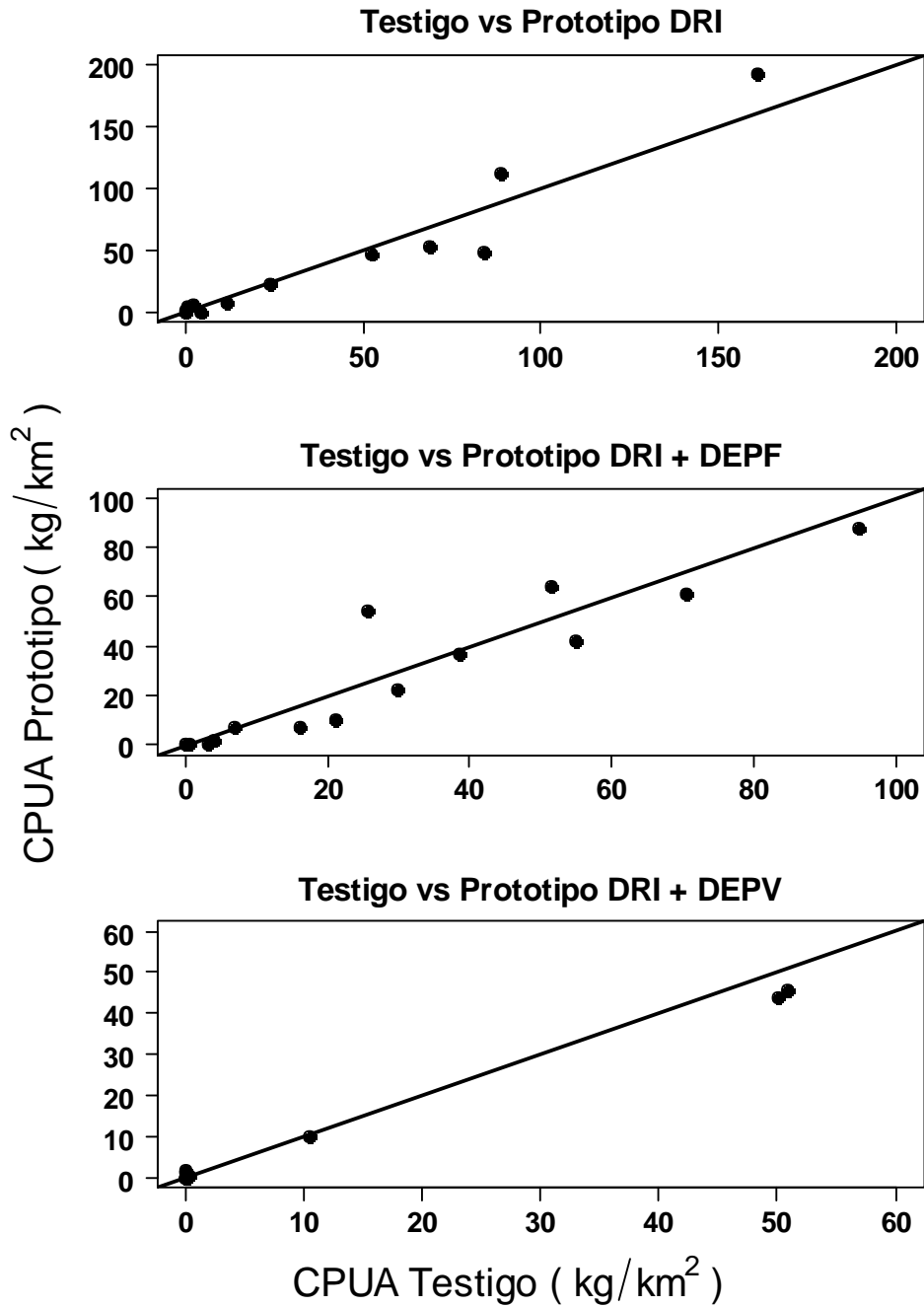


Figura 17.- Relación de las capturas de camarón por experimento.

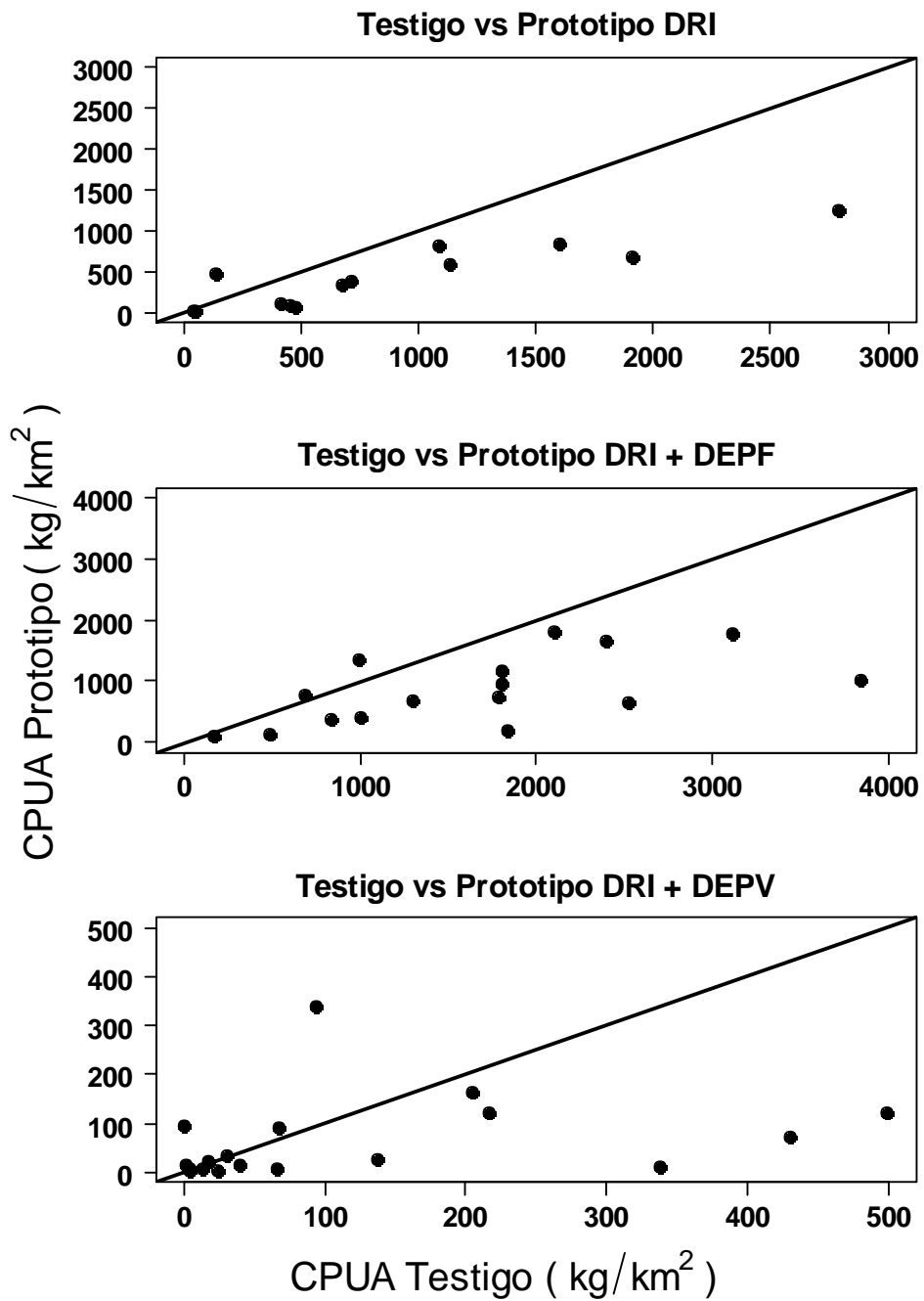


Figura 18.- Relación de las capturas de ictiofauna por experimento.

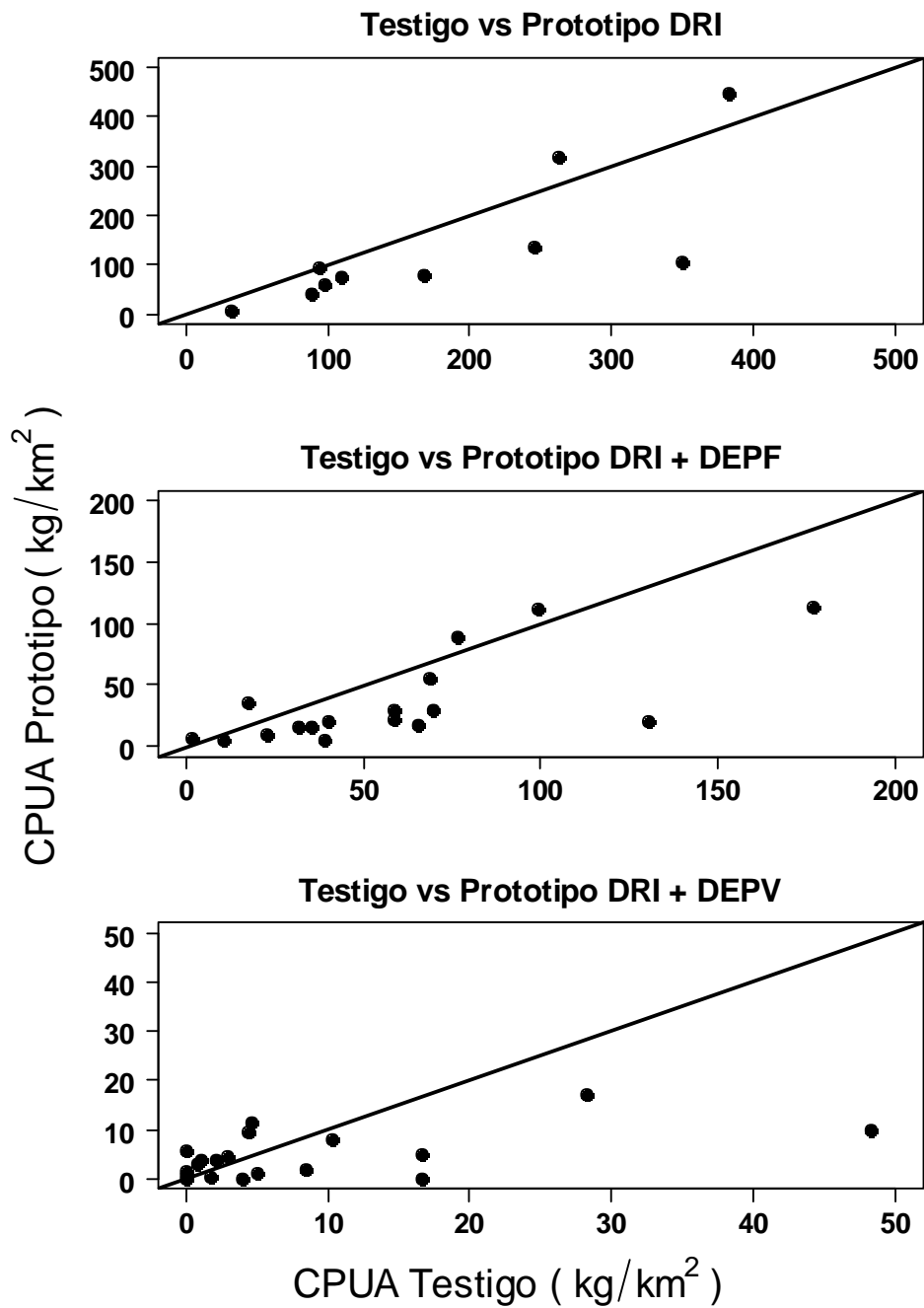


Figura 19.- Relación de las capturas de invertebrados por experimento.



### Anexo 3. Código fuente de programa IIC (Índice de Importancia Íctica).

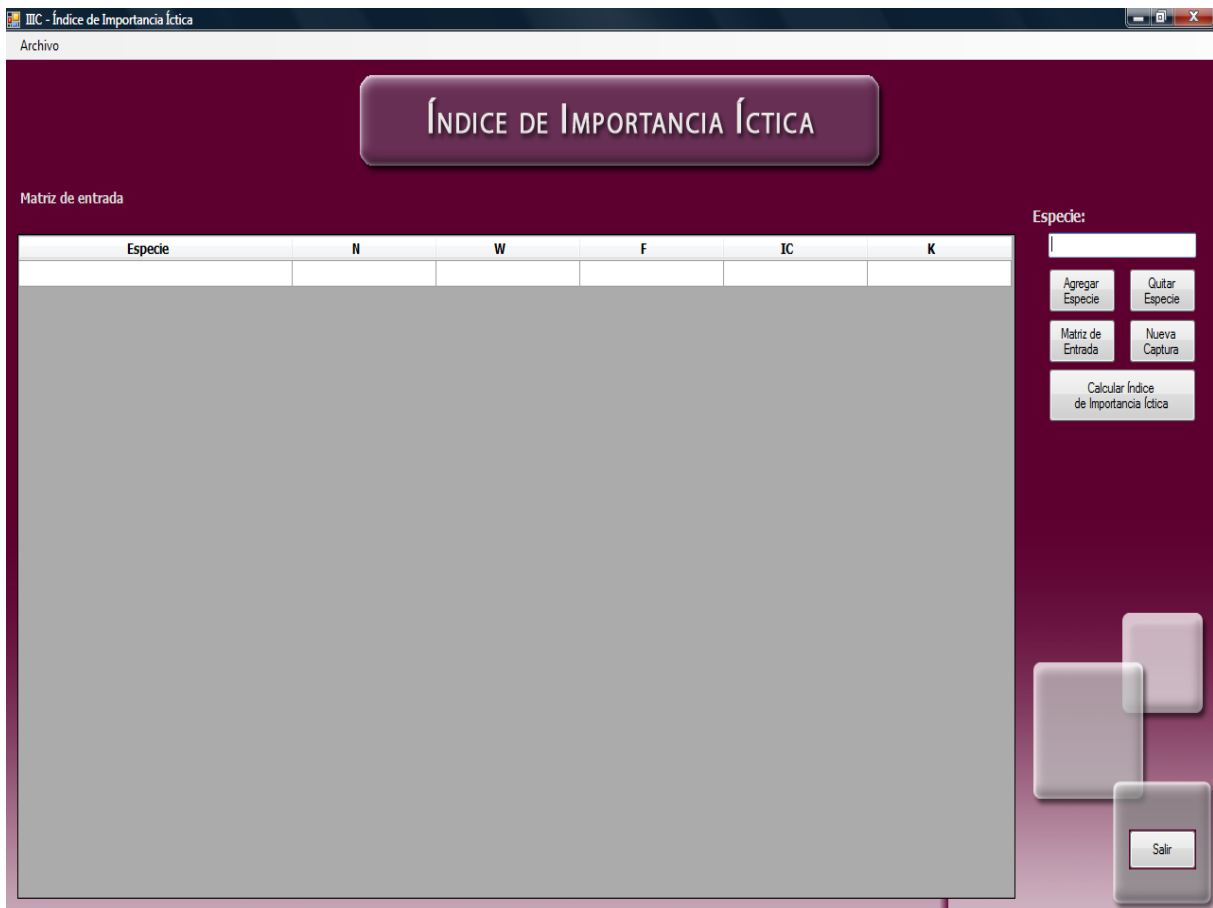


Figura 20.- Imagen de pantalla del software Índice de Importancia Íctica.

```
Public Class frmPrincipal
```

```
Private Sub frmPrincipal_Resize(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Resize
```

```
picTitulo.Location = New Point(Me.Width / 2 - picTitulo.Width / 2, picTitulo.Location.Y)
```

```
picCuadros.Location = New Point(Me.Width - 315, Me.Height - 537)
```

```

picFondo.Location = New Point(0, picCuadros.Location.Y)
picFondo.Width = Me.Width - 300
dgvCaptura.Size = New Size(Me.Width - 241, Me.Height - 221)
dgvResultados.Size = dgvCaptura.Size

lblEspecie.Location = New Point(dgvCaptura.Location.X + dgvCaptura.Width +
15, lblEspecie.Location.Y)

txtEspecie.Location = New Point(dgvCaptura.Location.X + dgvCaptura.Width +
35, txtEspecie.Location.Y)

btnAgregar.Location = New Point(dgvCaptura.Location.X + dgvCaptura.Width +
35, btnAgregar.Location.Y)

btnQuitar.Location = New Point(btnAgregar.Location.X + 85,
btnQuitar.Location.Y)

btnVerEntrada.Location = New Point(btnAgregar.Location.X,
btnAgregar.Location.Y + 43)

btnNuevo.Location = New Point(btnQuitar.Location.X, btnQuitar.Location.Y + 43)

btnCalcular.Location = New Point(btnAgregar.Location.X, btnAgregar.Location.Y
+ 85)

btnSalir.Location = New Point(Me.Width - 109, Me.Height - 108)

End Sub

Private Sub txtEspecie_KeyDown(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles txtEspecie.KeyDown

    If e.KeyCode = Keys.Enter Then

        AgregarEspecie()

    End If

End Sub

Private Sub btnLimpiar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNuevo.Click

```

```
dgvCaptura.Rows.Clear()
```

```
dgvResultados.Visible = False
```

```
dgvCaptura.Visible = True
```

```
lblTitulo.Text = "Matriz de entrada"
```

```
lblTitulo.Location = New Point(12, 152)
```

```
chkPonderados.Visible = False
```

```
txtEspecie.Focus()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub btnVerEntrada_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnVerEntrada.Click
```

```
dgvResultados.Visible = False
```

```
dgvCaptura.Visible = True
```

```
lblTitulo.Text = "Matriz de entrada"
```

```
lblTitulo.Location = New Point(12, 152)
```

```
chkPonderados.Visible = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub btnAgregar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnAgregar.Click
```

```
AgregarEspecie()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub btnSalir_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnSalir.Click
```

```
Application.Exit()
```

End Sub

Private Sub dgvCaptura\_Resize(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles dgvCaptura.Resize

dgvCaptura.Columns(0).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.275

dgvCaptura.Columns(1).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.145

dgvCaptura.Columns(2).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.145

dgvCaptura.Columns(3).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.145

dgvCaptura.Columns(4).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.145

dgvCaptura.Columns(5).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.145

End Sub

Private Sub dgvResultados\_Resize(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles dgvResultados.Resize

dgvResultados.Columns(0).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.275

dgvResultados.Columns(1).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.095

dgvResultados.Columns(2).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.095

dgvResultados.Columns(3).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.095

dgvResultados.Columns(4).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.095

dgvResultados.Columns(5).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.095

dgvResultados.Columns(6).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.125

dgvResultados.Columns(7).Width = (dgvCaptura.Width - 5) \* 0.125

End Sub

Private Sub AgregarEspecie()

Dim Especie As String = txtEspecie.Text.Trim()

```

Dim Existe As Boolean = False
For Each fila As DataGridViewRow In dgvCaptura.Rows
    If Not dgvCaptura.Item(0, fila.Index).Value = Nothing Then
        If dgvCaptura.Item(0, fila.Index).Value.ToString().ToUpper() =
Especie.ToUpper() Then
            Existe = True
            Exit For
        End If
    End If
End If
Next

```

```

If Not Existe Then

```

```

    dgvCaptura.Rows.Add()

```

```

    dgvCaptura.Item(0, dgvCaptura.Rows.Count - 2).Value = Especie

```

```

    txtEspecie.Clear()

```

```

End Sub

```

```

Private Sub btnQuitar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnQuitar.Click

```

```

    Dim Especie As String = txtEspecie.Text.Trim()

```

```

If Especie <> "" Then

```

```

    Dim Existe As Integer = -1

```

```

For Each fila As DataGridViewRow In dgvCaptura.Rows

```

```

    If Not dgvCaptura.Item(0, fila.Index).Value = Nothing Then

```

```

        If dgvCaptura.Item(0, fila.Index).Value.ToString().ToUpper() =

```

```

Especie.ToUpper() Then
    Existe = fila.Index
    Exit For
End If
End If
Next
If Existe >= 0 Then
    dgvCaptura.Rows.RemoveAt(Existe)
    txtEspecie.Clear()

    txtEspecie.Focus()
End Sub

Private Sub LimpiarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles LimpiarToolStripMenuItem.Click,
tsLimpiar.Click

    If MessageBox.Show("Está seguro que desea borrar el contenido de la matriz
de entrada?", "Limpiar matriz de entrada", MessageBoxButtons.YesNo,
MessageBoxIcon.Question) = Windows.Forms.DialogResult.Yes Then

        dgvCaptura.Rows.Clear()

        dgvResultados.Visible = False

        dgvCaptura.Visible = True

        lblTitulo.Text = "Matriz de entrada"

        lblTitulo.Location = New Point(12, 152)

        chkPonderados.Visible = False

        txtEspecie.Focus()
    End If

```

End Sub

```
Private Sub EliminarEspecieToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles EliminarEspecieToolStripMenuItem.Click
```

```
    If dgvCaptura.SelectedCells(0).RowIndex <> dgvCaptura.Rows.Count - 1 Then
```

```
        If MessageBox.Show("Está seguro que desea eliminar la especie " + dgvCaptura.Rows(dgvCaptura.SelectedCells(0).RowIndex).Cells(0).Value + " de la matriz de entrada?", "Eliminar especie", MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Question) = Windows.Forms.DialogResult.Yes Then
```

```
            dgvCaptura.Rows.RemoveAt(dgvCaptura.SelectedCells(0).RowIndex)
```

```
        End If
```

```
    End If
```

End Sub

```
Private Sub PegarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles PegarToolStripMenuItem.Click
```

```
    Try
```

```
        Dim s As String = Clipboard.GetText()
```

```
        Dim lines As String() = s.Split(vbCr)
```

```
        Dim iFail As Integer = 0
```

```
        Dim iRow As Integer = dgvCaptura.CurrentCell.RowIndex
```

```
        Dim iCol As Integer = dgvCaptura.CurrentCell.ColumnIndex
```

```
        Dim oCell As DataGridViewCell
```

```
        If lines.Length > dgvCaptura.Rows.Count Then
```

```
            dgvCaptura.Rows.Add(lines.Length - dgvCaptura.Rows.Count)
```

```
        End If
```

```
        For Each line As String In lines
```

```

If iRow < dgvCaptura.RowCount And line.Length > 0 Then
    Dim sCells As String() = line.Split(vbTab)
    For i As Integer = 0 To sCells.GetLength(0) - 1
        If iCol + i < dgvCaptura.ColumnCount Then
            oCell = dgvCaptura(iCol + i, iRow)
            If Not oCell.ReadOnly Then
                oCell.Value = Convert.ChangeType(sCells(i), oCell.ValueType)
            End If
        Else
            Exit For
        End If
    Next
    iRow += 1
Else
    Exit For
End If
If iFail > 0 Then
    MessageBox.Show("Ha ocurrido un error al intentar pegar los datos",
"Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
End If
Next
Catch ex As FormatException
    MessageBox.Show("La información que ha intentado pegar tiene un formato
diferente a la tabla", "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
Exit Sub
End Try

```



End Sub

Private Sub CopiarToolStripMenuItem\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CopiarToolStripMenuItem.Click

Dim dataObj As DataObject = dgvCaptura.GetClipboardContent()

If Not dataObj Is Nothing Then

Clipboard.SetDataObject(dataObj)

End If

End Sub

Private Sub tsCopiar\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles tsCopiar.Click

Dim dataObj As DataObject = dgvResultados.GetClipboardContent()

If Not dataObj Is Nothing Then

Clipboard.SetDataObject(dataObj)

End If

End Sub

Private Sub btnCalcular\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnCalcular.Click

dgvCaptura.Visible = False

dgvResultados.Visible = True

lblTitulo.Text = "Índice de Importancia Íctica"

lblTitulo.Location = New Point(12, 134)

chkPonderados.Visible = True

dgvResultados.Rows.Clear()

Dim x As Integer

Dim totalN, totalW, totalF, totalIC, totalK As Double

totalN = totalW = totalF = totalIC = totalK = 0

For x = 0 To dgvCaptura.RowCount - 2

totalN += Convert.ToDouble(dgvCaptura.Item(1, x).Value)

totalW += Convert.ToDouble(dgvCaptura.Item(2, x).Value)

totalF += Convert.ToDouble(dgvCaptura.Item(3, x).Value)

totalIC += Convert.ToDouble(dgvCaptura.Item(4, x).Value)

totalK += Convert.ToDouble(dgvCaptura.Item(5, x).Value)

Next

dgvResultados.Rows.Add(dgvCaptura.RowCount - 1)

dgvResultados.Item(0, x).Value = dgvCaptura.Item(0, x).Value

dgvResultados.Item(1, x).Value = dgvCaptura.Item(1, x).Value / totalN \* 100

total += dgvCaptura.Item(1, x).Value / totalN \* 100

tN += dgvCaptura.Item(1, x).Value / totalN \* 100

dgvResultados.Item(2, x).Value = dgvCaptura.Item(2, x).Value / totalW \* 100

total += dgvCaptura.Item(2, x).Value / totalW \* 100

tW += dgvCaptura.Item(2, x).Value / totalW \* 100

dgvResultados.Item(3, x).Value = dgvCaptura.Item(3, x).Value / totalF \* 100

total += dgvCaptura.Item(3, x).Value / totalF \* 100

tF += dgvCaptura.Item(3, x).Value / totalF \* 100

dgvResultados.Item(4, x).Value = dgvCaptura.Item(4, x).Value / totalIC \* 100

total += dgvCaptura.Item(4, x).Value / totalIC \* 100

tIC += dgvCaptura.Item(4, x).Value / totalIC \* 100

dgvResultados.Item(5, x).Value = dgvCaptura.Item(5, x).Value / totalK \* 100

```
total += dgvCaptura.Item(5, x).Value / totalK * 100
```

```
tK += dgvCaptura.Item(5, x).Value / totalK * 100
```

```
dgvResultados.Item(6, x).Value = total / 5
```

```
tPromedio += total / 5
```

```
dgvResultados.Item(7, x).Value = total
```

```
tGeneral += total
```

```
Nex
```

```
dgvResultados.Rows.Add()
```

```
dgvResultados.Item(0, x).Value = "Total General"
```

```
dgvResultados.Item(1, x).Value = tN
```

```
dgvResultados.Item(2, x).Value = tW
```

```
dgvResultados.Item(3, x).Value = tF
```

```
dgvResultados.Item(4, x).Value = tC
```

```
dgvResultados.Item(5, x).Value = tK
```

```
dgvResultados.Item(6, x).Value = tPromedio
```

```
dgvResultados.Item(7, x).Value = tGeneral
```

```
dgvResultados.Rows(x).DefaultCellStyle.BackColor = Color.LightGray
```

```
End Sub
```

```
Private Sub chkPonderados_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles chkPonderados.CheckedChanged
```

```
If chkPonderados.Checked = False Then
```

```
    dgvResultados.Columns(1).Visible = False
```

```
    dgvResultados.Columns(2).Visible = False
```

```
    dgvResultados.Columns(3).Visible = False
```

```
    dgvResultados.Columns(4).Visible = False
```

```

        dgvResultados.Columns(5).Visible = False
Else
    dgvResultados.Columns(1).Visible = True
    dgvResultados.Columns(2).Visible = True
    dgvResultados.Columns(3).Visible = True
    dgvResultados.Columns(4).Visible = True
    dgvResultados.Columns(5).Visible = True
End If
End Sub

Private Sub SalirToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles SalirToolStripMenuItem.Click
    If dgvCaptura.RowCount > 1 Then
        If MessageBox.Show("Está seguro que desea salir?. Los datos no guardados se perderán.", "Salir", MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Question) = Windows.Forms.DialogResult.Yes Then
            Application.Exit()
        End If
    Else
        Application.Exit()
    End If
End Sub

Private Sub NuevoToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles NuevoToolStripMenuItem.Click
    If dgvCaptura.RowCount > 1 Then
        If MessageBox.Show("Está seguro que desea crear un nuevo documento?. Los datos no guardados se perderán.", "Salir", MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Question) = Windows.Forms.DialogResult.Yes Then

```

```

    dgvCaptura.Rows.Clear()
    dgvResultados.Visible = False
    dgvCaptura.Visible = True
    lblTitulo.Text = "Matriz de entrada"
    lblTitulo.Location = New Point(12, 152)
    chkPonderados.Visible = False
    txtEspecie.Focus()
End If

Else
    dgvCaptura.Rows.Clear()
    dgvResultados.Visible = False
    dgvCaptura.Visible = True
    lblTitulo.Text = "Matriz de entrada"
    lblTitulo.Location = New Point(12, 152)
    chkPonderados.Visible = False
    txtEspecie.Focus()
End If

End Sub

Private Sub GuardarToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles GuardarToolStripMenuItem.Click
    If dgvCaptura.RowCount > 1 Then
        dlgGuardar.ShowDialog()
    Else
        MessageBox.Show("No hay información capturada.", "Guardar",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
    End If

```

End Sub

Private Sub dlgGuardar\_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles dlgGuardar.FileOk

Try

Dim Matriz As String = ""

Dim Archivo As System.IO.FileStream

Archivo = System.IO.File.Create(dlgGuardar.FileName)

Archivo.Close()

Dim x As Integer

For x = 0 To dgvCaptura.RowCount - 2

If x = 0 Then

Matriz = dgvCaptura.Item(0, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(1, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(2, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(3, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(4, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(5, x).Value.ToString

Else

Matriz += vbCrLf + dgvCaptura.Item(0, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(1, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(2, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(3, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(4, x).Value.ToString

Matriz += "," + dgvCaptura.Item(5, x).Value.ToString

End If

```

Next

My.Computer.FileSystem.WriteAllText(dlgGuardar.FileName, Matriz, False)

Catch ex As Exception

    MsgBox("No se ha podido guardar el archivo, por favor intentelo de nuevo",
    MsgBoxStyle.Information, "Error al Guardar")

End Try

End Sub

Private Sub AbrirToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles AbrirToolStripMenuItem.Click

    dlgAbrir.ShowDialog()

End Sub

Private Sub dlgAbrir_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles dlgAbrir.FileOk

Try

    If dlgAbrir.FileName.EndsWith(".ic") Then

        dgvCaptura.Rows.Clear()

        dgvResultados.Visible = False

        dgvCaptura.Visible = True

        lblTitulo.Text = "Matriz de entrada"

        lblTitulo.Location = New Point(12, 152)

        chkPonderados.Visible = False

        Using Lector As New
Microsoft.VisualBasic.FileIO.TextFieldParser(dlgAbrir.FileName)

            Lector.TextFieldType = FileIO.FieldType.Delimited

            Lector.SetDelimiters(",")

            Dim Fila As String()

            Dim indice As Integer = 0

```

```

Dim x As Integer = 0
Dim encabezados As Boolean = True
While Not Lector.EndOfData
    Try
        Dim y As Integer
        Fila = Lector.ReadFields()
        Dim Campo As String
        For Each Campo In Fila
            If encabezados Then
                dgvCaptura.Rows.Add()
                encabezados = False
            End If
            dgvCaptura.Item(x, dgvCaptura.RowCount - 2).Value = Campo
            x += 1
        Next
        encabezados = True
        x = 0
        Catch ex As Microsoft.VisualBasic.FileIO.MalformedLineException
            MsgBox("La linea" & ex.Message & "no es válida y será omitida.",
                MsgBoxStyle.Information, "Error en archivo")
        End Try
    End While
End Using
Else
    MsgBox("Formato de archivo no identificado", MsgBoxStyle.Information,
        "Error en archivo")

```



```
End If

Catch ex As Exception

    MsgBox("No se puede abrir el archivo especificado",
MsgBoxStyle.Information, "Error al abrir el archivo")

End Try

End Sub

Private Sub cmsMatriz_Opening(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles cmsMatriz.Opening

End Sub

Private Sub picTitulo_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles picTitulo.Click

End Sub

End Class
```

Anexo 4. Valores relativos acumulados del Índice de Importancia Íctica en gráficos por experimento. Obtención del número de especies ó taxones ícticas relevantes.

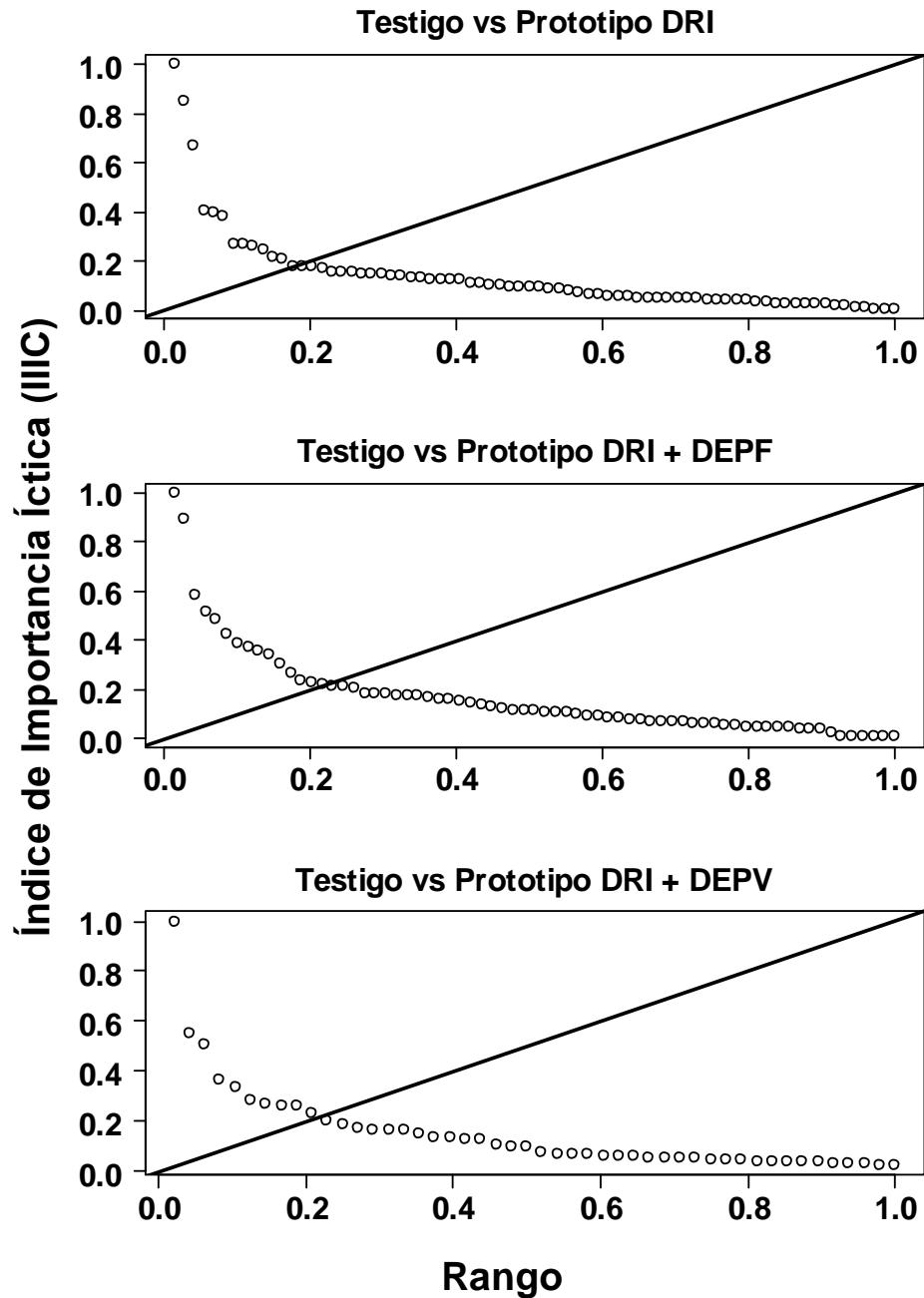


Figura 21.- Valores del Índice de Importancia Íctica por experimento.

Anexo 5. Descripción comparativa de las curvas logísticas derivadas del análisis de selectividad por especie ó género según sea el caso.

- *Chloroscombrus orqueta*: Se distingue por su forma ovalada y comprimida, es de hábitat pelágico formando cardúmenes en ambientes costeros de poca profundidad (Robertson & Allen, 2006); esta especie es relevante en los dos últimos experimentos para ambas redes. La talla de primera captura ( $L_{50}$ ) en la red prototipo fue ligeramente mayor en la segunda y menor en el tercera comparación; la comparación de las curvas con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, indica no existir diferencias significativas entre las curvas ( $p > 0.05$ ), en ambos casos.
- *Citharichthys platophrys*: Tiene los ojos situados en el lado izquierdo de la cabeza y se observa una línea semi-recta, dientes bien desarrollados sin caninos, habita fondos blandos (Robertson & Allen, 2006); esta especie fue representativa para la parte norte del muestreo, ya que no estuvo presente para el sur. La talla de primera captura para la red prototipo fue de 9.03 cm y 8.69 cm para la red testigo, la diferencia entre las  $L_{50}$  es mínima; las formas de las curvas son diferentes y existe una separación entre ambas, pero esta no es significativa ( $p > 0.05$ ).
- *Cyclopsetta panamensis*: Los ojos están situados en el lado izquierdo de la cabeza, tiene una línea lateral recta sin arco y dientes en una sola fila con caninos grandes en la mandíbula superior, vive sobre fondos suaves (Robertson & Allen, 2006); esta especie es relevante en los dos últimos experimentos para ambas redes. La retención de los individuos inicia a tallas menores en la red testigo para ambos eventos, la diferencia entre la  $L_{50}$  son 1.46 cm y 2.98 cm; la prueba de Kolmogorov-Smirnov no encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

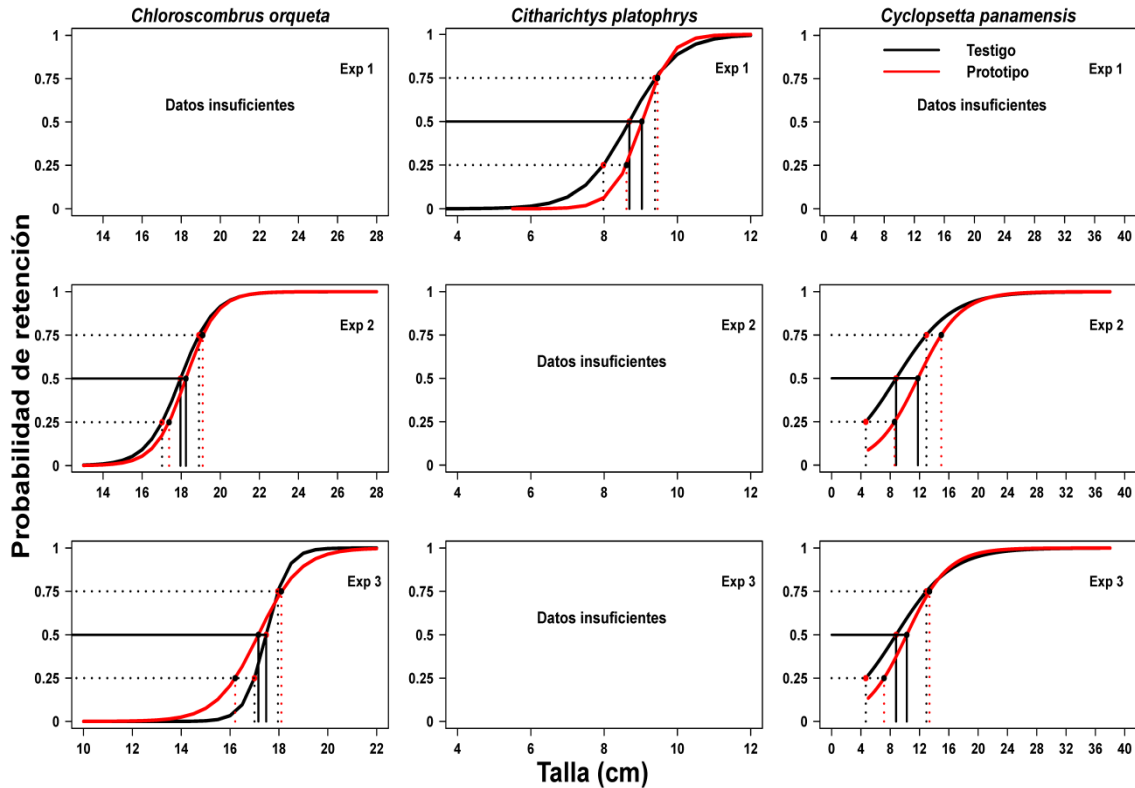


Figura 22a.- Curvas de selectividad de las especies Ícticas relevantes.

- *Diplectrum* spp.: Género neotropical, en la zona de muestreo comparte a siete especies que son de cuerpo alargado y modernamente comprimido (Robertson & Allen, 2006); este género fue notable en los tres experimentos. Las curvas de selectividad muestran como variaron las tallas de primera captura durante los experimentos, en la primera (Testigo Vs Prototipo DRI) y tercera confrontación (Testigo Vs Prototipo DRI+DEPV) las  $L_{50}$  son semejantes, mientras que al utilizar el dispositivo excluidor de peces “Fisheye”, las  $L_{50}$  difieren por un centímetro, la prueba de bondad de ajuste señala diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), quizás se deba a un efecto de escape de las especies de menor tamaño de este género.
- *Eucinostomus currani*: Es de cuerpo ovalado, alargado; se distingue por una mancha negra prominente en la parte superior de la aleta dorsal, es omnívoro habita en sustratos blandos (Robertson & Allen, 2006); esta especie fue

relevante sólo en la comparación Testigo Vs Prototipo DRI+DEPF. La talla de primera captura es análoga en ambas redes.

- *Haemulopsis* spp.: Género de cuatro especies endémicas para el Pacífico Oriental Tropical, de cuerpo moderadamente alargado, ovalado, que habitan fondos blandos de arena ó lodo (Robertson & Allen, 2006); relevante para el primer experimento. La comparación fue inviable, debido a la limitación del número de datos en la red prototipo.

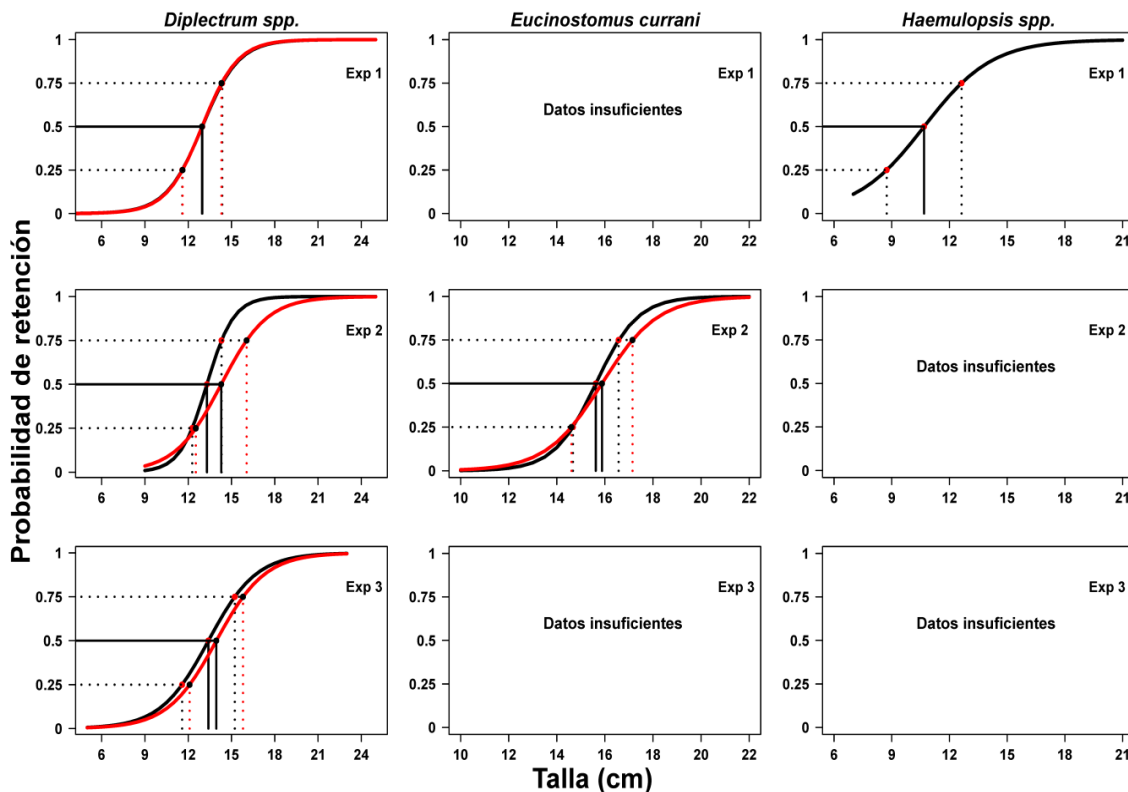


Figura 22b.- Curvas de selectividad de las especies ícticas relevantes.

- *Lutjanus guttatus*: Se caracteriza por presentar una mancha negra muy distintiva debajo de la mitad de la aleta dorsal, cuerpo de color rojizo con líneas de escamas amarillas, vive en bahía de fondo de arena (Robertson & Allen, 2006); es una de las especies de peces atractiva de la pesca comercial, y fue relevante en las tres confortaciones. La red ENIP90NN presenta tallas de primera captura mayores que la red Buzo (Testigo); la prueba de Kolmogorov-

Smirnov sólo encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las curvas del primer experimento.

- *Orthopristis chalceus*: Es gris plateado con bandas anaranjadas, cuerpo relativamente alto, usualmente se encuentra sobre fondos de arena ó de rocas (Robertson & Allen, 2006); relevante para el segundo experimento. Las curvas del modelo logístico son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ), la diferencia entre las  $L_{50}$  es 2 cm, en este caso la red testigo representa las tallas de mayor longitud.
- *Peprilus medius*: De cuerpo relativamente alto, la aleta dorsal y anal son largas y falcadas, su hábitat es fondos blandos (Robertson & Allen, 2006). Las tallas de primera captura fue mayor para la red ENIP90NN en la primera comparación (Testigo Vs Prototipo DRI) y menor en la tercera (Testigo Vs Prototipo DRI+DEPV), en esta última las curvas mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a favor de la red testigo.

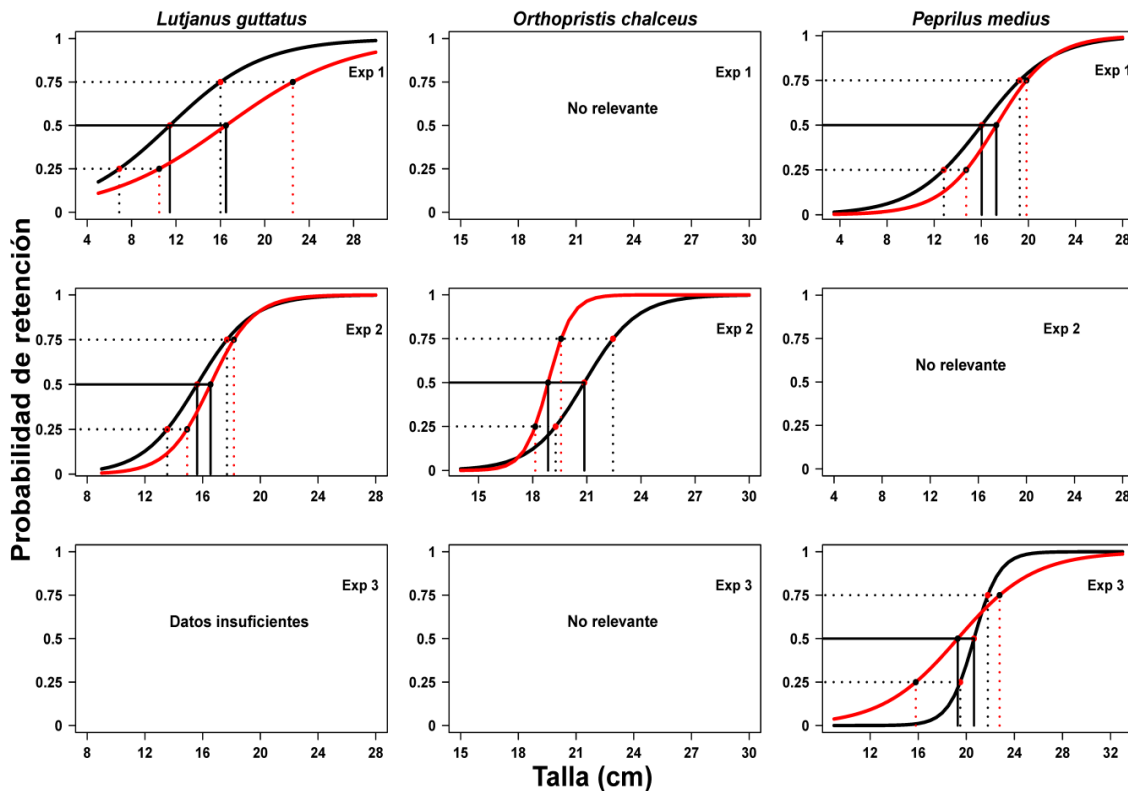


Figura 22c.- Curvas de selectividad de las especies ícticas relevantes.

- *Peprilus snyderi*: De cuerpo ovalado, aletas dorsal y anal moderadamente falcadas y cortas, vive sobre fondo suaves de áreas costeras (Robertson & Allen, 2006); relevante para las comparaciones: Testigo Vs Prototipo DRI y Testigo Vs Prototipo DRI+DEPV. En la última las curvas tienen formas diferentes, pero no mostraron estadísticamente serlo ( $p > 0.05$ ), sin embargo, la  $L_{50}$  fue mayor en la red prototipo.
- *Polydactylus approximans*: De color azulado en el dorso, blanquizco plateado en los costados, aletas pectorales oscuras, bentónico de aguas someras, habita en fondos de arena y lodo (Robertson & Allen, 2006); esta especie fue relevante sólo en el tercer experimento, pero los datos fueron insuficientes para el análisis comparativo.
- *Polydactylus opercularis*: Cuerpo amarillento cafesusco en el dorso, aletas pectorales y pélvicas amarillas, demersal sobre fondos de arena y lodo (Robertson & Allen, 2006). Las tallas de primera captura son muy evidentes para la red ENIP90NN, tal es el caso, que las diferencias  $L_{50}$  están por arriba de 5 cm respecto a la red Buzo, en los últimos dos experimentos; la prueba de Kolmogorov-Smirnov revela diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las curvas para ambos casos.
- *Pomadasys panamensis*: Plateado con una mancha oscura detrás del borde superior de opérculo, cuerpo oblongo moderadamente comprimido, su hábitat es de fondos arenosos en aguas costeras (Robertson & Allen, 2006). La talla de retención al 50% es superior en la red prototipo en la segunda confrontación (Testigo Vs Prototipo DRI+DEPF), mientras que en la tercera (Testigo Vs Prototipo DRI+DEPV), dicha talla es similar en ambas redes. Los resultados del análisis comparativo de las curvas no encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

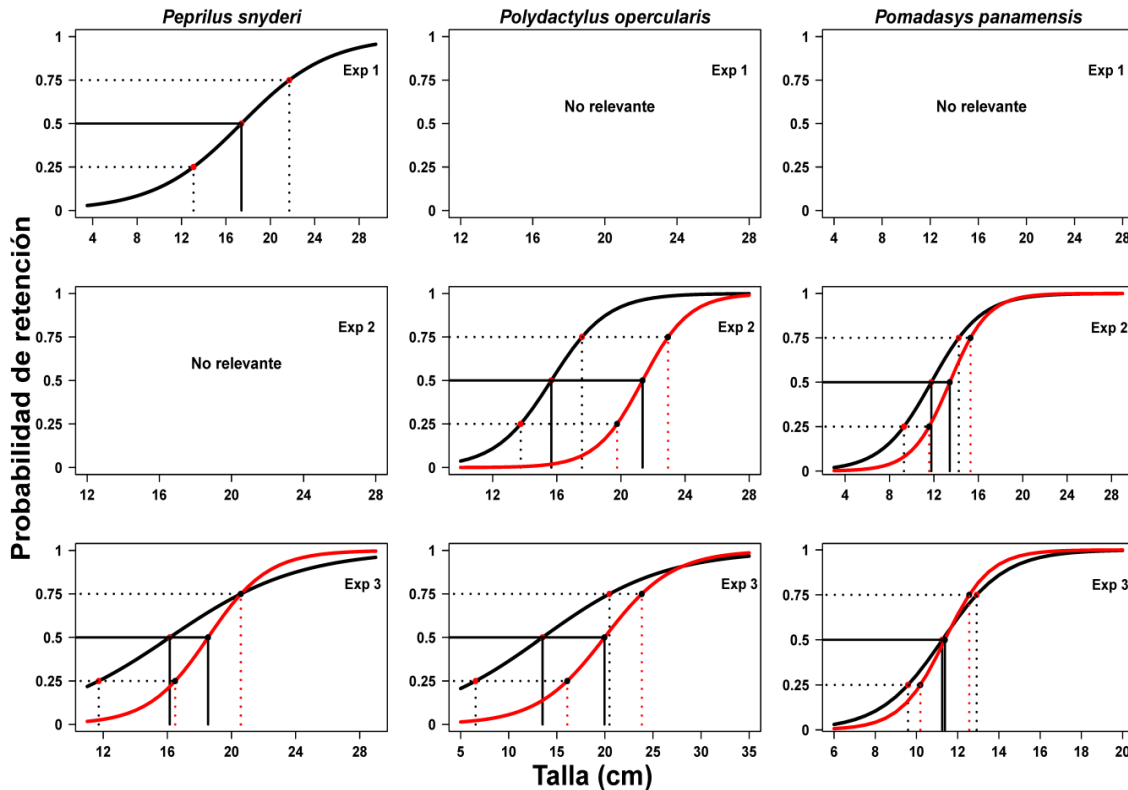


Figura 22d.- Curvas de selectividad de las especies ícticas relevantes.

- *Porichthys* spp.: Género de catorce especies, ocho endémicas del Pacífico Oriental, de las cuales cuatro se distribuyen en la zona estudio, son especies sin escamas, con dientes parecidos a los caninos y tienen líneas laterales y ventrales de fotóforos (Robertson & Allen, 2006). Para este género, la red testigo obtiene una talla de primera captura ligeramente mayor a la de la red prototipo; sin embargo, las curvas son estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), teniendo mejor representación de tallas la red testigo.
- *Prionotus stephanophrys*: De aletas pectorales largas de color negro, con una mancha negra en la parte externa de la aleta dorsal y una espina lisa atrás del préoperculo, habita en fondos de arena y roca (Robertson & Allen, 2006). Relevante para los dos últimos experimentos, la diferencia entre las tallas  $L_{50}$  fueron mínimas entre las redes comparadas, teniendo la ventaja la red testigo; a pesar de ello, las curvas no son estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).
- *Pseudupeneus grandisquamis*: Cuerpo relativamente alto de color rojizo, presenta una mancha oscura en la línea lateral debajo de la aleta dorsal



espinosa, tiene un par de barbillones anteriores en el mentón, es bentónico y vive en los fondos de arena y fango (Robertson & Allen, 2006). Para esta especie la única comparación fue en el primer experimento, presentado ventaja en la talla de retención ( $L_{50}$ ) la red testigo. Los resultados del análisis comparativo de las curvas, no encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

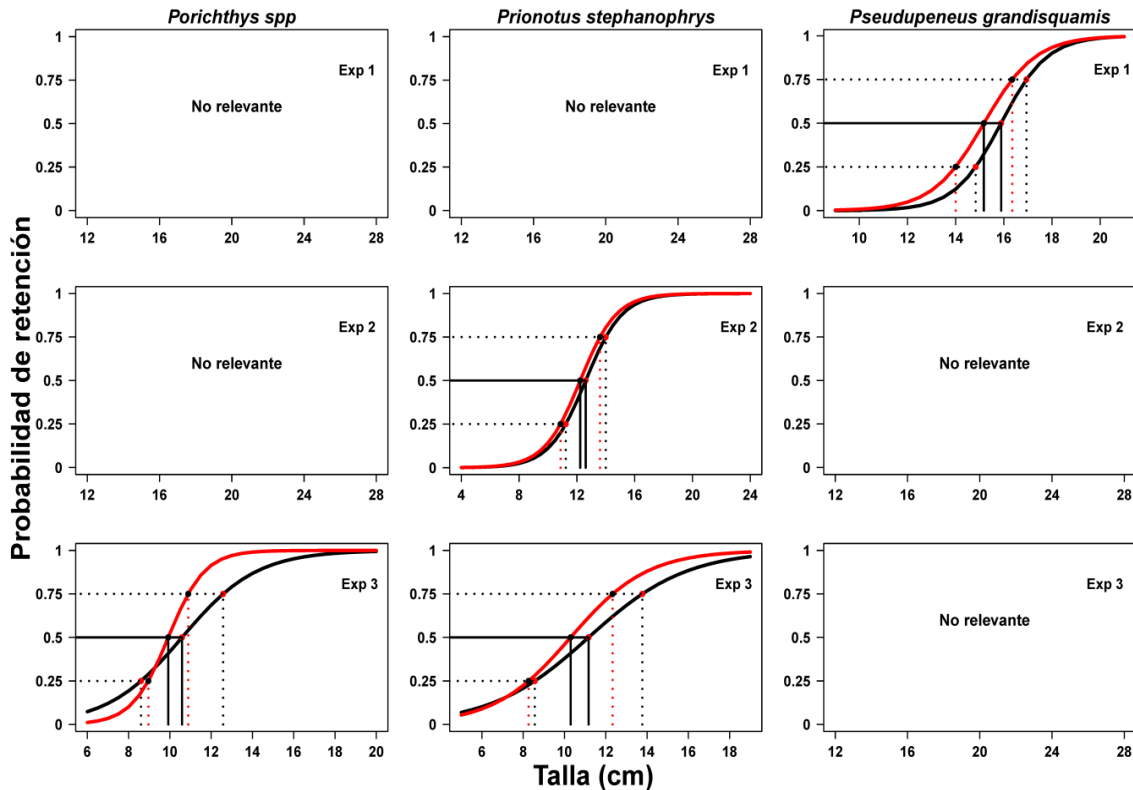


Figura 22e.- Curvas de selectividad de las especies Ícticas relevantes.

- *Scomberomorus sierra*: Alargado, muy comprimido, con una serie de manchas café amarillo en los costados, la primera aleta dorsal negra distalmente y la segunda amarillenta con borde negro, epipelágica nerítica, forma cardúmenes en aguas costeras y es de importancia para el consumo humano (Robertson & Allen, 2006; Fisher *et al.*, 1995). Relevante en dos experimento, en el primero, los datos fueron escasos para realizar los modelos logísticos; para el segundo, la talla de primera captura es mayor en la red prototipo, se observa que la

forma de las curvas son distintas, sin embargo no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre ellas.

- *Selene peruviana*: La forma del cuerpo es algo rectangular y muy comprimido, nuca redondeada, perfil empinado poco cóncavo, aletas pélvicas diminutas, es demersal y habita en fondos arenosos (Robertson & Allen, 2006); presente en todos los experimentos. Las tallas de retención  $L_{50}$  variaron al igual que las formas de las curvas; el tercer experimento se observan diferencias 1.37 cm en  $L_{50}$ ; para ningún evento las curvas presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).
- *Sphyraena ensis*: Generalmente de color plateado con una serie de barras en forma de punta de lanza en los dos tercios superiores del costado, de cuerpo alargado con dientes caninos en la mandíbula inferior, es una especie pelágica costera de importancia como consumo humano (Robertson & Allen, 2006); relevante únicamente para la confrontación Testigo Vs Prototipo DRI. La diferencia en la talla de primera captura es de 2 cm, donde dicha talla es mayor en la red ENIP90NN. La prueba de Kolmogorov-Smirnov no encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las curvas.

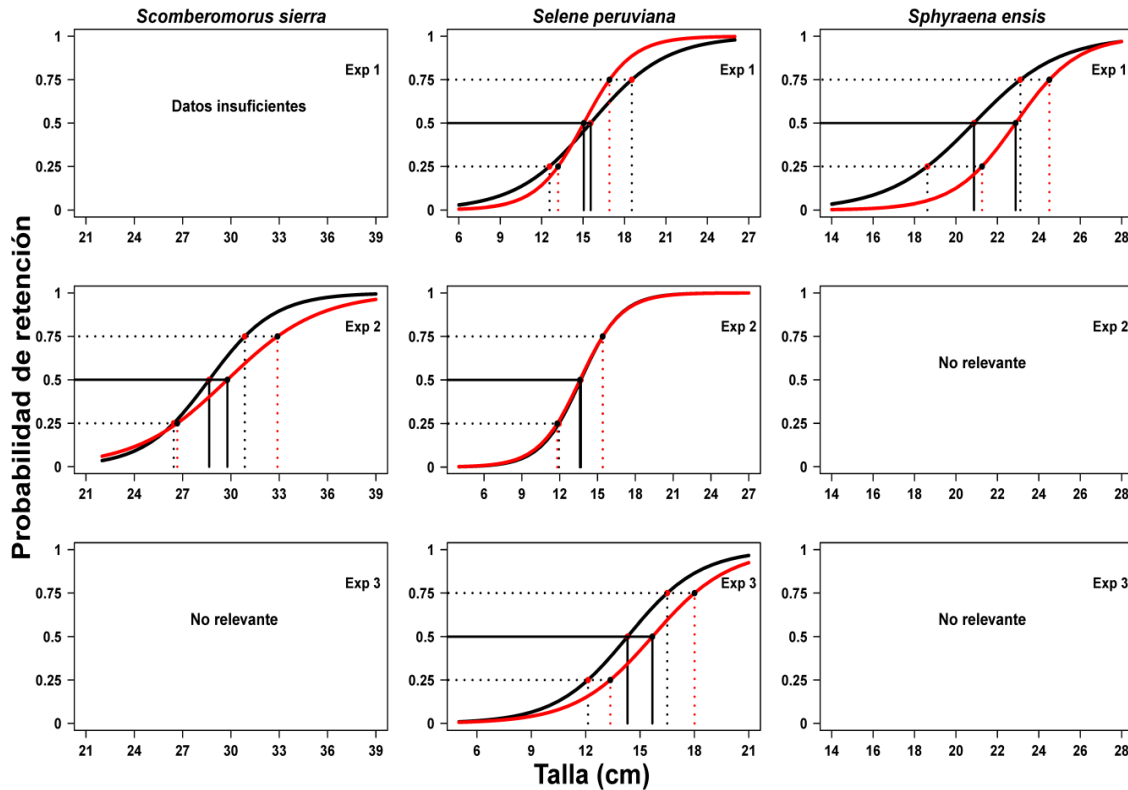


Figura 22f.- Curvas de selectividad de las especies Ícticas relevantes.

- *Syacium ovale*: Presenta un color café con numerosas manchas oscuras en las aletas medias, escamas ásperas en el lado de los ojos y lisas en el lado ciego, tiene una línea lateral recta sin arco arriba de la aleta pectoral, vive en fondos blandos planos de arena (Robertson & Allen, 2006); relevante para primeros dos experimentos. Las talla de retención al 50% y las formas de las curvas son muy similares; la prueba de Kolmogorov-Smirnov no encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las curvas.
- *Synodus scituliceps*: Luce un dorso gris oscuro acalorándose hacia los costados y blanco en el vientre, la mandíbula inferior termina en una protuberancia carnosa, las aletas pectorales no alcanzan el origen de las aletas pélvicas, habita sobre fondos blandos (Robertson & Allen, 2006); relevante para primeros dos experimentos. Para el primer caso, las curvas no son comparables, debido al reducido número de datos de la red prototipo; por otro lado, la talla de primera captura que presenta la red prototipo es superior

(4 cm) en relación a la red testigo, por lo que existe una probabilidad de escape por la utilización del dispositivo excluidor de peces “Fisheye”; sin embargo, las curvas no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

- *Synodus* spp.: Para caso particular de estudio, este género involucra a tres especies (*S. evermanni*, *S. lacertinus*, *S. sechurae*) de las cinco que se encuentran en el Pacífico Oriental Tropical, endémicas de esta región. Son de cuerpo delgado, cilíndrico, de cabeza puntiaguda, boca grande ligeramente oblicua al frente, aletas sin espinas, una aleta dorsal a medio cuerpo y viven sobre fondos de fango o arena (Robertson & Allen, 2006; Fisher *et al.*, 1995); estas especies fueron relevantes para el primer experimento. La red prototipo presenta mayor talla de retención al 50%, que la red testigo; curvas no son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

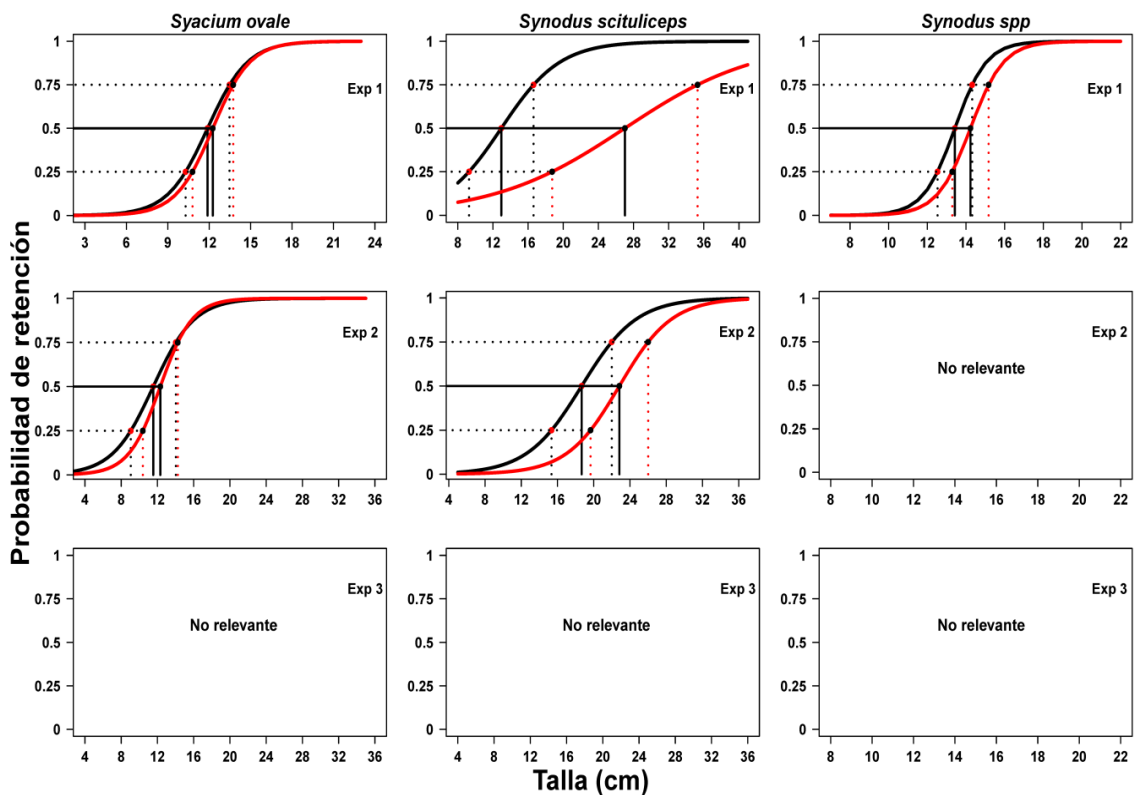


Figura 22g.- Curvas de selectividad de las especies ícticas relevantes.

Anexo 6. Resultados del análisis de selectividad de las especies ícticas relevantes con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Probabilidades de retención  $L_{25}$  y  $L_{75}$  por experimento.

Especie ó Género	Red Testigo (Buzo)						Red Prototipo (ENIP90NN)						Estadístico Kolmogorov - Smirnov					
	$L_{25EI}$	$L_{75I}$	$L_{25EII}$	$L_{75II}$	$L_{25EIII}$	$L_{75EIII}$	$L_{25EI}$	$L_{75EI}$	$L_{25EII}$	$L_{75EII}$	$L_{25EIII}$	$L_{75EIII}$	$D_{maxEI}$	$P_{EI}$	$D_{maxEII}$	$P_{EII}$	$D_{maxEIII}$	$P_{EIII}$
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	-	17.02	18.9	17	17.96	-	17.38	19.1	16.21	18.1	-	-	0.06	1	0.32	0.15	-	-
<i>Citharichthys plathophrys</i>	7.98	9.39	-	-	-	8.61	9.46	-	-	-	-	-	0.18	0.88	-	-	-	-
<i>Cyclosetta panamensis</i>	-	4.67	12.9	4.67	12.94	-	12.4	8.6	15	7.16	13.36	0.14	0.87	0.11	0.73	0.17	0.23	-
<i>Diplectrum spp.</i>	11.6	14.4	12.28	14.3	11.58	15.23	11.6	14.3	12.53	16.1	12.1	15.8	0.02	1	0.36	0.02	0.05	1
<i>Euclinostomus currani</i>	-	14.67	16.6	-	-	-	16.8	14.61	17.2	-	-	-	0.05	1	0.16	0.91	-	-
<i>Haemulopsis spp.</i>	8.74	12.6	8.43	15.1	-	-	11.4	17.7	9.18	14.9	-	-	0.52	0.002	0.11	0.98	-	-
<i>Lutjanus guttatus</i>	6.89	16	13.55	17.7	-	-	10.5	22.5	14.93	18.2	-	-	0.39	0.003	0.12	0.91	-	-
<i>Orthopristis chakeus</i>	-	19.27	22.5	-	-	-	16.7	18.14	19.6	-	-	-	0.09	1	0.45	0.001	-	-
<i>Peprilus medius</i>	12.8	19.3	17.72	23.2	19.5	21.79	14.7	19.8	18.3	20.6	15.8	22.77	0.16	0.54	0.37	0.002	0.34	0.01
<i>Peprilus snyderi</i>	13.1	21.7	23.48	26.1	11.72	20.58	-	21.18	27.8	16.49	20.59	-	-	0.42	0.004	0.29	0.08	-
<i>Polydactylus approximans</i>	-	16.09	22.8	18.83	23.77	-	22.31	25.4	15.73	24.12	-	-	-	0.43	0.01	0.31	0.31	-
<i>Polydactylus opercularis</i>	-	13.75	17.6	6.56	20.48	-	19.76	22.9	16.09	23.84	-	-	-	0.37	0.01	0.42	0.002	-
<i>Pomadasys panamensis</i>	-	9.3	14.2	9.59	12.92	-	14.8	11.57	15.3	10.19	12.56	0.04	1	0.15	0.58	0.17	0.79	-
<i>Porichthys spp.</i>	-	9.02	12.9	8.6	12.58	-	5.55	16.3	8.96	10.89	-	-	-	0.5	0.001	0.41	0.01	-
<i>Prionotus stephanophrys</i>	-	11.23	14	8.56	13.77	-	12.4	10.87	13.6	8.26	12.33	0.46	0.001	0.04	1	0.21	0.21	0.57
<i>Pseudoperues grandisquamis</i>	14.8	16.9	7.77	13	-	-	14	16.4	8.96	15	-	-	0.12	0.99	0.21	0.57	-	-
<i>Scomberomorus sierra</i>	-	26.45	30.9	-	-	-	26.67	32.9	-	-	-	-	-	0.22	0.32	-	-	-
<i>Selene peruviana</i>	12.6	18.5	11.94	15.4	12.13	16.5	13.2	16.9	11.81	15.4	13.36	18.01	0.21	0.27	0.02	1	0.12	0.97
<i>Sphyaena ensis</i>	18.6	23.1	17.68	26.4	-	-	21.3	24.5	-	-	-	-	0.27	0.22	-	-	-	-
<i>Syacium ovale</i>	10.3	13.5	9.06	14	-	-	10.8	13.7	10.39	14.3	-	-	0.06	1	0.13	0.58	-	-
<i>Synodus scituliiceps</i>	9.28	16.6	15.34	22	13.28	15.73	18.7	35.3	19.65	26	13.2	15.74	0.65	0.001	0.15	0.42	0.04	1
<i>Synodus spp.</i>	12.5	14.3	-	-	-	-	13.3	15.2	-	-	-	-	0.09	0.99	-	-	-	-

Anexo 7. Tallas de primera madurez calculadas con la formula empírica de Froese & Binohlan y observadas de fuentes bibliográficas de las especies ícticas relevantes.

Espece o Género	L <sub>m</sub> calculado (cm)	L <sub>m</sub> observado (cm)	Fuente Bibliográfica
<i>Centropomus robalito</i>	21.2	-	
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	19.0	12.5	Fernández-Galicia & Tapia-García, 1995
<i>Citharichthys platophrys</i>	18.5	-	
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	18.2	-	
<i>Cynoscion reticulatus</i>	48.8	-	
<i>Diplectrum spp.</i>	15.7	13.1	Foster, 2009
<i>Epinephelus acanthistius</i>	53.5	-	
<i>Epinephelus niphobles</i>	57.8	-	
<i>Eucinostomus currani</i>	13.5	-	
<i>Haemulopsis spp.</i>	19.4	-	
<i>Lutjanus guttatus</i>	17.5	17.0	<a href="http://www.fishbase.org/Reproduction/MaturityList.php?ID=152">http://www.fishbase.org/Reproduction/MaturityList.php?ID=152</a>
<i>Orthopristis chalceus</i>	26.5	-	
<i>Peprilus medius</i>	20.1	-	
<i>Peprilus snyderi</i>	23.3	-	
<i>Polydactylus approximans</i>	21.7	-	
<i>Polydactylus opercularis</i>	26.5	-	
<i>Pomadasyd panamensis</i>	21.2	10.6	Peréz-Gonzalez, 1995
<i>Porichthys spp.</i>	14.9	-	
<i>Prionotus stephanophrys</i>	23.1	22.6	Foster, 2009
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	18.5	13.5	Foster, 2009
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	55.5	-	
<i>Scomberomorus sierra</i>	59.2	29.0	<a href="http://www.fishbase.org/Reproduction/MaturityList.php?ID=136">http://www.fishbase.org/Reproduction/MaturityList.php?ID=136</a>
<i>Selene peruviana</i>	23.8	13.0	Fernández-Galicia & Tapia-García, 1995
<i>Sphyaena ensis</i>	66.1	-	
<i>Syacium ovale</i>	15.7	9.5	<a href="http://www.fishbase.org/Reproduction/MaturityList.php?ID=13978">http://www.fishbase.org/Reproduction/MaturityList.php?ID=13978</a>
<i>Synodus scituliceps</i>	31.6	14.5	Tapia-García et al., 1995
<i>Synodus spp.</i>	14.8	-	

L<sub>m</sub> calculado por especie (p. ej.) en:

[http://www.fishbase.org/PopDyn/KeyfactsSummary\\_1.php?ID=152&GenusName=Lutjanus&SpeciesName=guttatus&vStockCode=166&fc=323](http://www.fishbase.org/PopDyn/KeyfactsSummary_1.php?ID=152&GenusName=Lutjanus&SpeciesName=guttatus&vStockCode=166&fc=323)

Anexo 8. Especificaciones generales de las alternativas tecnológicas para el uso en redes de arrastre camaroneras del Pacífico mexicano.

- El objetivo de aparejar la relinga inferior diferente a la forma tradicional, es evitar el exceso de sedimentos y la captura de organismos bentónicos de lento movimiento o que se encuentran en contacto con el fondo en la red. En este estudio se consideró como doble relinga inferior (DRI) a la separación del punto de amarre entre la relinga y la cadena utilizada como lastre. El aparejamiento se realiza con tirantes de 20 cm de longitud (el material es a criterio del operario, aunque se recomienda piola Trenzada Br.PA #54(210/10x16)TT), que inician desde la punta de las alas hacia el centro de la relinga a una distancia equidistante de 20 cm. Opcionalmente se puede dejar de colocar tirantes hasta la base de las alas y en la parte central sólo se colocan tramos cortos de cadena que en la práctica se conoce como “areteado” (Fig. 23).

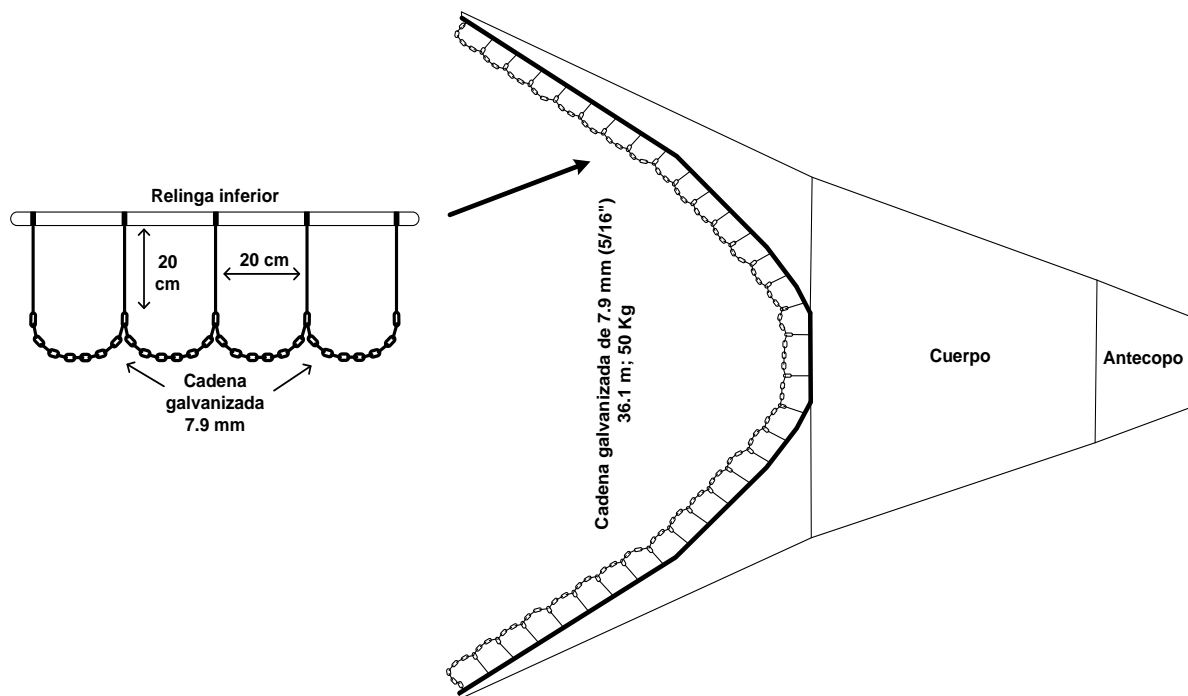


Figura 23.- Forma del aparejamiento de la doble relinga inferior.

- El dispositivo excluidor de peces “Fisheye” (DEPF) es un aditamento que se añade a las redes de arrastre para reducir la captura incidental de peces asociados a la pesca de camarón. Este consiste en un marco oval de 475 x 230 mm y tres barras de 450 mm que se unen formando un ápice. El dispositivo se construye el dispositivo con varillas de acero inoxidable de 9.5 mm (3/8”) de diámetro. En el caso de utilizar un dispositivo, se recomienda colocarse en la parte central superior entre la extensión y el bolso (Fig. 24a). En este estudio se utilizaron dos dispositivos “Fisheye”, lo cuales se instalaron al final de la extensión. Los dispositivos se orientaron con la ventana de escape que se forma con el marco oval hacia la red y el ápice que sirve de orientación hacia el bolso. Para ello, se cuentan 22 mallas desde el centro del dispositivo excluidor de tortugas (DET) hacia el bolso, que al llegar a ese punto se cuentan 7.5 mallas a cada lado para iniciar un corte transversal de 12 mallas (12AT) para la inserción del DEPF (Fig. 24b).

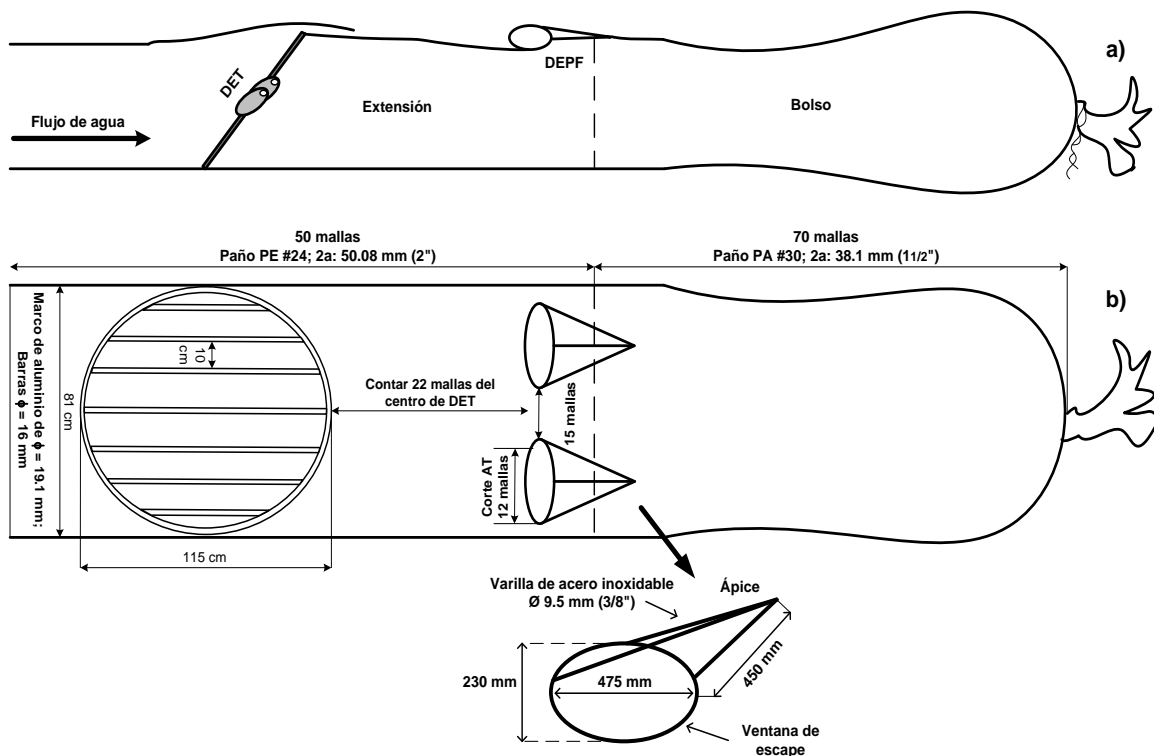


Figura 24.- Descripción y área de instalación del dispositivo excluidor de peces “Fisheye”.

a) Vista lateral; b) Vista



- El dispositivo excluidor de peces “Ventana de Malla Falsa” (DEPV) es una alternativa para disminuir la captura incidental de peces pequeños asociados a la pesca de camarón. Este dispositivo se configura con la sobreposición de tres paños de tamaño de malla de 152.4 mm (6”), adecuando los paños en la última sección de la tapa superior de la red (sección denominada antecopo). Su construcción se inicia contando 10 mallas del borde superior y 5 del borde lateral de la sección, a partir de ahí se realiza un corte transversal de 75 mallas (75AT), que al termino se sigue un corte vertical de 39 mallas (39AN). De la misma manera se realiza para los bordes faltantes inferior y lateral con el tipo de corte correspondiente. Una vez realizado los cortes se prosigue a unir los paños de tamaño de malla de 152.4 mm ajustándose en relación al número de mallas de tamaño 50.8 mm.

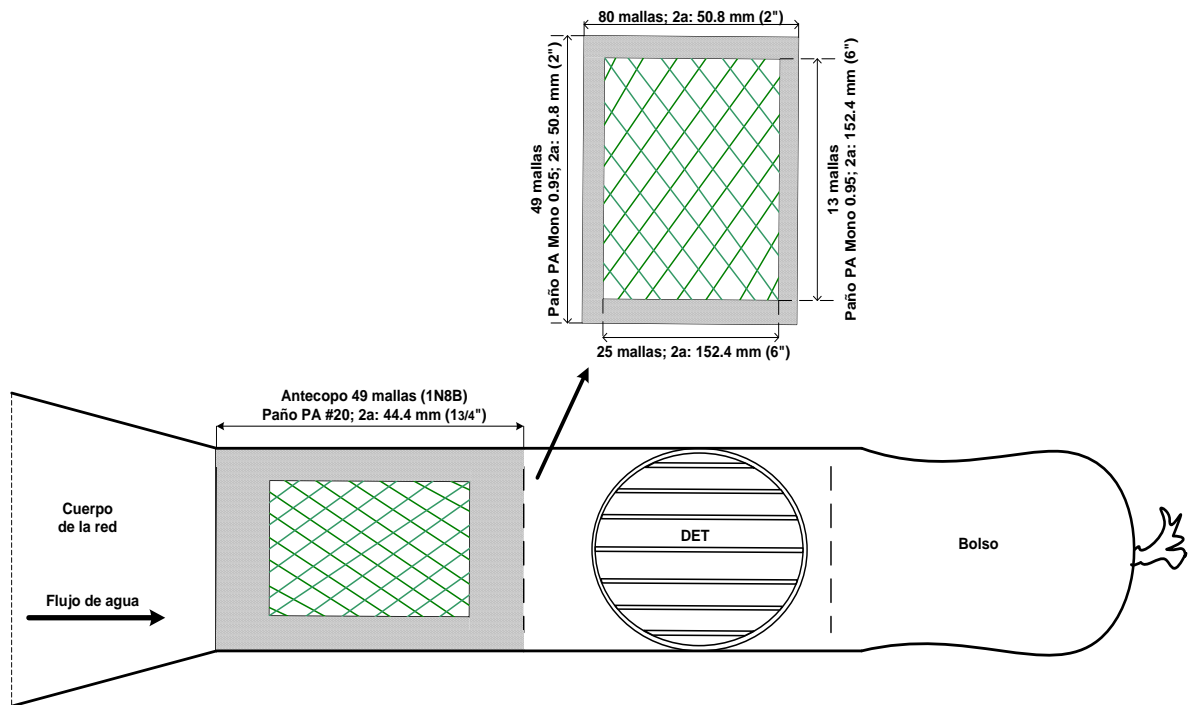


Figura 25.- Descripción y área de instalación del dispositivo excluidor de peces “Ventana de Malla Falsa”.