

## **COLOMBIA: GESTIÓN Y ORDENACIÓN DE LA CAPTURA INCIDENTAL DE LAS PESQUERÍAS DE ARRASTRE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (REBYC-II LAC)**

LOA/06/2016

### **PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LAS REDES DE ARRASTRE Y DISPOSITIVOS REDUCTORES DE FAUNA ACOMPAÑANTE EN COLOMBIA PRY-VAR-003-016**



**Santa Marta D.T.C.H., Enero de 2017**  
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras  
"José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR  
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



**PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LAS REDES DE ARRASTRE Y DISPOSITIVOS**

**CUERPO DIRECTIVO**

Director General  
Francisco A. Arias Isaza

Subdirector  
Coordinación Científica (SCI)  
Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinador  
Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)  
David Alonso Carvajal

Coordinador  
Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)  
Mario E. Rueda H.

Coordinadora  
Programa de Calidad Ambiental Marina (CAM)  
Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora  
Coordinación de investigación e información para Gestión Marina y Costera (GEZ)  
Paula Cristina Sierra Correa

Coordinadora  
Programa de Geociencias Marinas y Costeras (GEO)  
Constanza Ricaurte Villota

Coordinador  
Coordinación de Servicios Científicos (CSC)  
Julián Betancourt Portela

Subdirectora Administrativa (SRA)  
Sandra Rincón Cabal

**Santa Marta D.T.C.H., Julio de 2015**

**Cítese como:** Escobar F., Duarte, L.O., Rueda, M. 2016. Protocolo para el monitoreo y evaluación de los cambios tecnológicos en las redes de arrastre y dispositivos reductores de fauna acompañante en Colombia. Santa Marta. 21 p.

**COORDINADOR NACIONAL**

Mario Rueda Hernández, Ph.D., M.Sc., Ingeniero Pesquero

**CO-INVESTIGADORES INVEMAR**

Fabian Escobar Toledo, Ph.D. Ingeniero Pesquero.  
Jorge Viaña Tous, Especialista. Ingeniero Pesquero  
Jose Correa Daza, Ingeniero Pesquero  
Alexander Girón Montaña, Ingeniero Pesquero  
Alfredo Rodriguez, M.Sc., Ingeniero Pesquero  
Germán Angulo Angulo, Auxiliar de Investigación

**Apoyo logístico y administrativo**

Stephannie Chávez Zabaleta, Auxiliar de Investigación

**AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA**

Carlos Augusto Borda, M.Sc., Biólogo Marino

**SOCIOS COEJECUTORES**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

Luis Manjarrés Martínez, Ph.D., Ingeniero Pesquero  
Jairo Altamar López, Ph.D. (c), Ingeniero Pesquero  
Félix Cuello, Ph.D. (c), Ingeniero Pesquero  
Luis Orlando Duarte, Biólogo Marino  
Harley Zúñiga C., M. Sc., Ingeniero Pesquero

**WWF**

Luis Alonso Zapata, M.Sc. Biólogo  
Luz Stella Gómez, Bióloga

De acuerdo con la Decisión Andina 351 de 1993, Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993 y demás normas modificatorias, complementarias y concordantes la presente propuesta de carácter científico goza de protección legal, siendo el INVEMAR la única o titular de los derechos patrimoniales de autor, por lo que tiene el control sobre cualquier forma de utilización y ostenta la facultad exclusiva para autorizar o prohibir cualquier explotación que sobre la obra se realice, incluyendo la reproducción, comunicación, distribución pública, traducción, adaptación, arreglo o cualquiera otra transformación de la obra. Por todo lo anterior para su utilización se requerirá autorización previa y expresa, no requerirá autorización para el ejercicio del derecho de cita en las reproducciones parciales para lo cual se deberá indicar expresamente la fuente y la autoría de las Entidades.

## **TABLA DE CONTENIDO**

LISTA DE FIGURAS .....	4
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	5
2. OBJETIVOS .....	7
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3. CAPTURA DE CAMARÓN Y PESCA ACOMPAÑANTE.....	8
3.1 AVANCES EN LA REDUCCIÓN DE LA PESCA ACOMPAÑANTE .....	8
4. PROTOCOLO DE MONITOREO DE LAS CAPTURAS DE CAMARÓN Y DE LA PESCA ACOMPAÑANTE.....	9
4.1 ESTRUCTURA DEL MUESTREO.....	9
4.2 MUESTREO EN EL ESPACIO .....	10
4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES FLOTAS DE ARRASTRE CAMARONERO EXISTENTES EN COLOMBIA .....	10
4.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	13
5. BIBLIOGRAFIA CITADA .....	18

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Áreas de pesca de camarón en aguas someras (rosa) y profundas (violeta) en el Caribe (izquierda) y Pacífico (derecha) colombiano. ....	11
Figura 4.2. Embarcaciones convencionales de la flota camaronera de arrastre en el Pacífico colombiano.	11
Figura 4.3. Embarcaciones típicas de la flota de arrastre en el Caribe de Colombia: arriba, flota industrial de Cartagena, medio, flota industrial de Tolú; abajo, flota artesanal del golfo de Salamanca. Fotografías: INVEMAR y Universidad del Magdalena. ....	12
Figura 4.4. Área de Influencia de la flota artesanal de arrastre en el Golfo de Salamanca, Caribe de Colombia. Fuente: Duarte <i>et al.</i> , 2013. ....	12
Figura 4.5. Esquema metodológico de muestreo en el seguimiento de la flota de arrastre de camarón. ...	15
Figura 4.6. Configuración de las redes prototipo (P) y las redes tradicionales para realizar la evaluación experimental de las nuevas tecnologías en los sitios pilotos de Colombia: Caribe (arriba izquierda), Pacífico (arriba derecha) y artesanal (abajo). ....	16

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En Colombia, la Ley 13 de 1990, dio inicio al manejo integral y la explotación racional de los recursos pesqueros con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenible. Seguidamente, el Decreto Reglamentario 2256 de 1991, completó el marco administrativo de la actividad pesquera. En el Título VII, Capítulo 2, Artículo 58 de la ley, menciona que la Autoridad Nacional de Pesca se encargará del Sistema Estadístico Pesquero Colombiano, que comprenderá los procesos de recolección, ordenamiento, análisis y difusión de la información estadística, el cual estará integrado al Servicio Nacional de Información, teniendo como finalidad el ordenamiento y la planificación de la actividad pesquera nacional. En la actualidad, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca -AUNAP- es la entidad encargada en el país del sector pesquero, creada mediante el decreto 4181 de 2011 y que genera una estructura nueva y diferente a la que venía funcionando en las anteriores instituciones.

La legislación pesquera, con fines de asegurar la conservación de la biodiversidad marina y el uso sustentable de los recursos, se ha basado en la formalización de instrumentos internacionales de la Organización de las Naciones Unidas como la Convención de Río sobre la diversidad biológica, el Código de Conducta para la pesca responsable y la Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible. Actualmente no se han implementado directrices internacionales en cuanto al manejo de las capturas incidentales y descartes, por lo que no se hace mención explícita a medidas en este sentido, salvo el uso obligatorio del DET.

En lo que se refiere a la pesca de arrastre de camarón, segunda pesquería industrial en importancia económica después de la pesquería de atún con redes de cerco, está reglamentada con la Resolución 167 del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. A pesar de sus aportes a la economía del país, esta pesquería se ha visto disminuida dado a múltiples causas como sobreexplotación del recurso, embarcaciones sobredimensionadas, alto costo de combustible, y en su momento caída de los precios internacionales y del dólar. Sumado a esto, algunas medidas de manejo han perjudicado a la pesquería con la disminución de sus zonas de influencia.

Un proyecto de base que sugirió a la institucionalidad pesquera elementos regulatorios para las pesquerías de arrastre en el Caribe y Pacífico fue REBYC I (Manjarrés *et al.*, 2006; Rueda *et al.* 2006). Este proyecto ejecutado por el INVEMAR y la Universidad del Magdalena entre 2003 y 2006, contribuyó con la evaluación de cambios en la tecnología de pesca que demostraron experimentalmente importantes reducciones de la pesca incidental y descartes. Se desarrollaron dos redes prototipo (una por costa), que incluyeron cambios en el armado, materiales, diseños e inclusión del ojo de pescado como BRD (dispositivo excluidor de fauna acompañante). El proyecto produjo versiones preliminares de resoluciones que soportaban la introducción de cambios tecnológicos en las redes de arrastre, no obstante la Autoridad Pesquera del momento no aplicó estos resultados para implementar medidas de manejo. Después de este proyecto, el INVEMAR y la Universidad del Magdalena, han trabajado el tema de reducción de la pesca incidental y descartes en la pesca artesanal de camarón en el Pacífico (Rico-Mejía y Rueda, 2011) y Caribe (Cuello, 2013), respectivamente, produciendo información científica y técnica que soporta medidas de manejo de la pesca incidental y descartes, las cuales no han sido adoptadas por la Autoridad Pesquera.

Desde hace ya varios años, el gobierno y otros socios no gubernamentales recopilan información sobre el estado del recurso camarón y el impacto de la pesca de arrastre, incluyendo la captura incidental y los descartes. Además se han realizado varias actividades incluyendo: el seguimiento de los esfuerzos de la pesca de arrastre y de capturas de camarones (anual), cruceros sobre el estado del stock y la recopilación de datos de las capturas incidentales, experimentos en la selectividad de los artes de pesca, modificaciones de las artes y los aparejos de pesca alternativos para reducir el impacto sobre el medio ambiente de la pesca de arrastre, incluidas las pruebas de diferentes tipos de dispositivos de reducción de las capturas incidentales (BRD). Actualmente, existen algunas evaluaciones en cuanto a estrategias de cogestión en algunas de las pesquerías en pequeña escala en el Mar Caribe, y hay un reconocimiento de la necesidad de cambiar la forma en la pesca, incluyendo la introducción de enfoques basados en los derechos. También existen iniciativas que trabajan para apoyar los medios de vida sostenibles, pero por lo general no se han centrado en la búsqueda de medios de vida alternativos en el contexto de la pesca de arrastre de camarón. Aun así, con respecto a la pesca en pequeña escala, se está trabajando para fortalecer los medios de vida a través de la mejora de la cadena de valor. Para los próximos cinco años, Colombia tiene previsto continuar estas iniciativas, así como la supervisión de la aplicación de los reglamentos de pesca. Por esta razón, este protocolo constituye una herramienta para la evaluación de las nuevas tecnologías que contribuyan al fortalecimiento de la gestión de la captura incidental y de las prácticas de arrastre responsables dentro de un marco del enfoque ecosistémico de la pesca, a través de la correcta cogestión de la pesquería de arrastre de camarón.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la introducción de cambios en la tecnología de las redes de arrastre de la pesquería artesanal e industrial del camarón en Colombia para mitigar el impacto de la fauna acompañante de esta pesquería.

### **2.2 Objetivos específicos**

Implementar los cambios tecnológicos sugeridos por el consultor experto internacional y representantes de los pescadores artesanales e industriales del país, para la reducción de la captura incidental en al menos el 20%, principalmente en peces juveniles.

Evaluar las ventajas técnicas y económicas de la utilización de las redes prototipos en la pesca de arrastre de camarón en Colombia.

Capacitar a los pescadores de los sitios pilotos en la construcción de las redes prototipos para su replicación en cada una de las áreas.

### **3. Captura de camarón y pesca acompañante**

Los camarones en la plataforma continental de Colombia han sido capturados por una pesquería industrial de arrastre por más de cuarenta años, la cual colateralmente captura cantidades elevadas de especies diferentes a los camarones y que no son el objetivo previsto en la pesquería (Duarte *et al.* 2010) y pasando por todas las fases de evolución desde crecimiento, plena explotación y sobrepesca hasta llegar a su agotamiento (Rueda *et al.*, 2006; INVEMAR 2012). Adicionalmente, desde hace aproximadamente unos 20 años, se ha desarrollado una pesquería artesanal de arrastre que dirige su esfuerzo hacia la captura de camarones de tamaño pequeño, pero con una proporción importante de especies no objetivo en sus capturas (Duarte *et al.* 2013). A pesar de la trayectoria de estas pesquerías, es limitado el conocimiento sobre su impacto ecológico, no se han implementado mecanismos de mitigación de dicho impacto pues, aunque se han realizado pruebas experimentales con dispositivos reductores de pesca acompañante (Manjarrés *et al.* 2008, 2014; Rico-Mejía y Rueda, 2011), no se ha establecido un esquema de monitoreo como herramienta para retroalimentar su ordenamiento.

Se ha observado una disminución en las capturas de camarones, concomitante con disminuciones en las biomasas de otras por lo cual se ha postulado que la pesquería genera impactos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Esta problemática plantea la necesidad urgente de evaluar estrategias de reducción de la pesca acompañante y de monitorear la actividad pesquera, como pasos fundamentales para revertir tanto el deterioro de los recursos, como la estrategia insegura de explotación de una pesquería que ha operado sin entendimiento previo de su base ecológica.

El Fondo Mundial para el Medio Ambiente ha auspiciado la investigación "Gestión sostenible de la captura incidental en las pesquerías de arrastre de América Latina y Caribe (REBYC-II-LAC)" en el cual se enmarca el presente protocolo. Es una iniciativa de la gestión sostenible de la pesca acompañante de camarón en la región bajo tres ejes: (i) contribuir para que los marcos institucionales y regulatorios actúen adecuadamente; (ii) fomentar una gestión eficaz de la captura incidental mediante la mejora de la información, los enfoques participativos e incentivos apropiados y (iii) apoyar la mejora y la equidad de los medios de vida.

#### **3.1 Avances en la reducción de la pesca acompañante**

Entre 2003 y 2006, el Invemar y la Universidad del Magdalena ejecutaron investigaciones que brindaron insumos para un manejo responsable de las pesquerías de arrastre en el mar Caribe y el océano Pacífico del país (Rueda *et al.* 2006). En dichas investigaciones, se evaluaron experimentalmente (a) modificaciones en la tecnología de captura y (b) el uso de un dispositivo reductor de pesca acompañante, lo cual condujo a disminuciones en los niveles de captura de especies no objetivo. Los resultados soportaron la necesidad de introducir cambios tecnológicos en las redes de arrastre para disminuir su impacto sobre el ecosistema y permitieron la formulación de un borrador de resolución sobre este particular que está pendiente de ser evaluada y reglamentada por parte de la Autoridad Pesquera.

Más recientemente, se han ejecutado iniciativas que abordaron la problemática de la pesca acompañante en las flotas artesanales del Pacífico (Rico-Mejía y Rueda, 2011) y del Caribe (Duarte *et al.* 2013), produciendo insumos científicos para medidas de manejo que reduzcan la captura de especies y tamaños no objetivo, de manera que el eventual deterioro que la pesquería pueda ocasionar sobre la biodiversidad y ambientes naturales locales se minimice. Tales insumos también están por ser incorporados en las medidas de manejo que adopte la Autoridad Pesquera.

## **4. Protocolo de monitoreo de las capturas de camarón y de la pesca acompañante**

### **4.1 Estructura del muestreo**

La estructura de muestreo es la lista completa de las unidades de muestreo que pueden ser potencialmente seleccionadas de la población. Su determinación es el paso inicial para el diseño experimental, es decir, para definir los estratos y esfuerzo de muestreo que se requieren para un resultado representativo (Schreuder *et al.*, 2004). Considerando que la información se registrará en los sitios de desembarco y a bordo, las unidades de muestreo serán las embarcaciones que emplean redes de arrastre de camarón en Colombia en cada uno de los sitios que se realizará el monitoreo. Las características a determinar en dichas unidades de muestreo serán la biomasa capturada por especie en cada faena o lance y la duración de esta.

La estructura de muestreo debe establecerse teniendo en cuenta la siguiente información:

- Desglose del número de embarcaciones por sitios de desembarco a ser evaluado.
- Tamaño de la embarcación.
- Número de pescadores por embarcación.
- Características constructivas de las redes de arrastre
- Número de lances por faena.
- Periodicidad de las faenas.
- Duración promedio de las faenas.
- Desembarco promedio de la faena por cada unidad de pesca.
- Especies capturadas.

La información registrada debe actualizarse con alguna periodicidad (regularmente anual), en razón a que el conjunto de las unidades de muestreo existentes puede variar en número y conformación (Bazigos, 1974).

## 4.2 Muestreo en el espacio

El monitoreo se efectuará en las áreas de operación de cada una de las flotas. Dadas las características ecológicas, oceanográficas y morfológicas de cada una de las zonas, así como en la distribución de las unidades de procesamiento, la cobertura del monitoreo se constituye en un solo estrato geográfico o espacial homogéneo en términos de los factores descritos en la estructura del muestreo (Stamatopoulos, 2002). Dentro del estrato espacial, las unidades de pesca a ser muestreadas se deben seleccionar aleatoriamente. Se trata, entonces, de un muestreo aleatorio simple (Ospina-Botero, 2001).

## 4.3 Descripción de las diferentes flotas de arrastre camaronero existentes en Colombia

En el Pacífico colombiano, (Figura 4.1) existen dos tipos de pesquerías de camarón en función de la profundidad de pesca: la pesquería de aguas someras (CAS), cuyas embarcaciones operan hasta los 80 m, y la pesquería de aguas profundas (CAP) que explota los recursos a profundidades mayores de 90 m. El sistema de pesca utilizado para capturar camarones es el de arrastre con "doble aparejo", en el cual una embarcación tipo "tangonera" (Figura 4.2) que remolca dos redes una por cada banda. El diseño de las redes de arrastre se denomina "Flat" o "Chatas". Los tamaños de las redes, indicados por las longitudes de la relinga superior, fluctúan entre 45' y 84', siendo más común la de 75'. Por lo general utilizan tamaños de malla de 2" en el cuerpo y de 1 ¾" en el copo, empleando como material de construcción paños de polietileno (PE) o poliamida (PA) con nudos.

Las redes usadas en la pesca de aguas profundas son muy parecidas a las de aguas someras, con la diferencia de algunas características del diseño (disposición y cortes en los paños de red) y la longitud del cable de arrastre. En el aparejamiento de la red, se emplean dos puertas de arrastre tipo rectangular plana de zapata ancha construidas en madera. Las puertas de arrastre más utilizadas en la flota de aguas someras son de 8 ½' x 46", mientras que las redes utilizadas en aguas profundas utilizan puertas de arrastre de 9'x40". Los puertos de desembarco son Buenaventura para pesca industrial y artesanal, y el de Tumaco para pesca artesanal. Las artes usadas en la pesca artesanal para captura de camarón son la changa o red de arrastre pequeña (relinga superior entre 7 y 16 m, construidas en poliamida multifilamento y tamaño de malla entre 1,2 y 5,8 cm), la red de enmalle (construidas con poliamida monofilamento con tamaños de malla entre 5,8 y 7 cm armadas con hasta 40 paños de 100 m cada uno), y el chinchorro camaronero (redes de tiro construidas con poliamida multifilamento de longitud entre 300 y 900 m con tamaño de malla en el copo de 1,2 cm) (Rueda *et al.*, 2010).

En el Caribe colombiano (Figura 4.1) existen dos puertos de desembarco: Cartagena y Tolú. Las embarcaciones de arrastre son del tipo "Florida" (Figura 4.3). Para el Puerto de Cartagena, las embarcaciones operan con 4 redes, dos (2) por banda. Las redes son de tipo Coreano, construidas con relinga de 37', el aparejamiento está armado con puertas pequeñas de 8'x36". Para el Puerto de Tolú, las embarcaciones operan con dos equipos (uno por cada banda), utilizan redes tipo Japonesa, construida con relinga de 42' y su aparejamiento está armado con puertas grandes de 9'x36" (Zúñiga *et al.*, 2004). Referente a la pesca artesanal, en el Caribe colombiano, se viene desarrollando una pesquería de arrastre de camarón desde el año 2000, conformada por 26 embarcaciones propulsadas con motor fuera de borda, generalmente de 40 h, que arrastran por

popa una red de 6,5 m de longitud de relinga superior en promedio y tamaño de malla que oscila entre 1/2" y 7/8". El material de construcción es poliamida multifilamento. Esta pesquería desarrolla sus actividades en la zona del Golfo de Salamanca (Figura 4.4) (Ciénaga -Pueblo Viejo) (Cuello, 2013; Duarte *et al.*, 2013). Adicionalmente, en la región operan 12 redes de tiro (chinchorros) que tienen como objetivo camarones (Tarazona, 2012).



**Figura 4.1. Áreas de pesca de camarón en aguas someras (rosa) y profundas (violeta) en el Caribe (izquierda) y Pacífico (derecha) colombiano.**



**Figura 4.2. Embarcaciones convencionales de la flota camaronera de arrastre en el Pacífico colombiano.**



Figura 4.3. Embarcaciones típicas de la flota de arrastre en el Caribe de Colombia: arriba, flota industrial de Cartagena, medio, flota industrial de Tolú; abajo, flota artesanal del golfo de Salamanca. Fotografías: INVEMAR y Universidad del Magdalena.

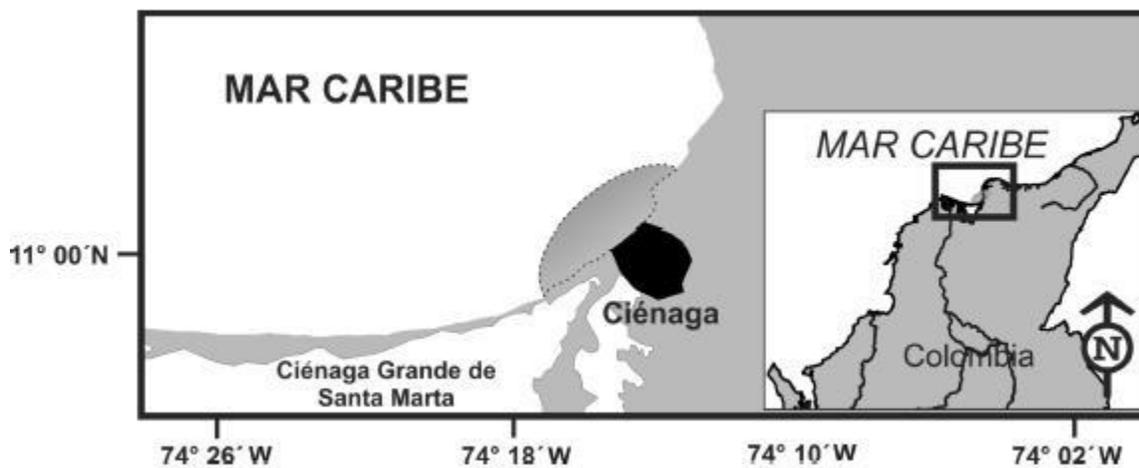


Figura 4.4. Área de Influencia de la flota artesanal de arrastre en el Golfo de Salamanca, Caribe de Colombia. Fuente: Duarte *et al.*, 2013.

Con la participación de pescadores de cada una de las áreas pilotos previamente seleccionadas, se construirán redes prototipo que apoyarán a la mitigación de la fauna acompañante del camarón y a la disminución del consumo de combustible como parte del mejoramiento tecnológico de las redes de arrastre tanto industriales como artesanales. Una vez construidas las redes, se realizará una evaluación experimental de la redes para valorar su funcionamiento en contraste con las redes que normalmente utiliza la flota.

#### **4.4 Tamaño de la muestra**

El número de muestras ( $n$ ) que deben tomarse en el monitoreo se define por la siguiente expresión que aplica para poblaciones finitas (Banerji, 1980):

$$n = \frac{N\theta^2}{N + \theta^2}$$

Donde  $N$  es el número de faenas de captura que se espera durante el estrato temporal (mes). Puede calcularse del producto entre el número de unidades de procesamiento registrado en el censo, la proporción promedio de unidades de procesamiento activas y el número promedio de días de actividad en el mes.

$$\theta = \frac{CV_c}{CV_e}$$

Donde  $CV_c$  es el coeficiente de variación de las capturas muestreadas en las unidades de procesamiento durante una evaluación previa cuando se inicia el monitoreo y del mes anterior cuando el monitoreo está en marcha;  $CV_e$  es el coeficiente de variación que se espera obtener en la estimación y se establece como un compromiso entre el error de estimación que se está dispuesto a aceptar y el presupuesto disponible para el muestreo.

Para la evaluación experimental se realizarán lances aproximadamente 30 minutos en el caso de las redes industriales y de 15 minutos en artesanales, y obtener un mínimo de 30 lances experimentales pareados para realizar la evaluación siguiendo los protocolos empleados internacionalmente (Branstetter 1997; Scott-Denton 2004; Eayrs 2012).

Para cada lance, se registra la información a bordo del lance como hora, coordenadas y profundidades (iniciales y finales), duración, velocidad de arrastre entre otras características. La captura en cubierta se clasifica en camarón o captura objetivo (CO) y fauna acompañante (FA). Para esta última categoría la captura se separa en especies de peces e invertebrados con valor económico (captura incidental; CI) y en la captura devuelta al mar (descarte; D). Se cuantifica la CO total y de una muestra, se determina su composición específica y se miden las longitudes totales. De la CI, se determina su composición específica y pesos por especie sobre toda la captura obtenida. El descarte se pesa en su totalidad, se separan por grupos taxonómicos las especies de mayor talla, las cuales son medidas, contadas y pesadas a bordo. Se separan los animales peligrosos y venenosos y se miden y pesan cuando estén muertos. Se separan los restos vegetales de mayor tamaño y se pesan. El resto de la captura descartada se homogeniza con palas y se toma una fracción del total de por lo menos el 20% (Pauly, 1983; Sparre y Venema, 1997), llegando hasta tasas del 40% para disminuir el error de muestreo (Heales *et al.*, 2003). Esta

fracción es empacada, rotulada y almacenada para su posterior análisis en laboratorio. La identificación de las especies se realiza a nivel taxonómico mínimo posible con claves de identificación especializadas (Figura 4.5).

La captura global (C) en un muestreo sin estratificación espacial corresponde a la suma de las capturas estimadas en los estratos temporales (t):

$$C = \sum C_t$$

Una fórmula genérica para estimar la captura (C) de un determinado periodo de tiempo (t) es el producto de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y el esfuerzo (E) expresado como el número total de faenas de actividad en el mismo tiempo (Stamatopoulus, 2002):

$$C_t = CPUE_t * E_t$$

La CPUE es la razón entre la captura (en biomasa o número de individuos) obtenida por las unidades (u) y el esfuerzo (medido en faenas u horas) ejercido por esas unidades en un periodo de tiempo:

$$CPUE_t = \frac{\sum C_{ut}}{\sum E_{ut}}$$

La aproximación más común para estimar E en un diseño de muestreo estratificado en el tiempo es (Stamatopoulus, 2002):

$$E_t = A_t * U_t * D_t$$

Donde,  $A_t$  es el coeficiente de actividad que resulta del cociente entre las unidades que están activas y el total de unidades que están potencialmente habilitadas para actuar;  $U_t$  es el censo de unidades y  $D_t$  es el número de días en que se observa actividad regular de las unidades. Todos los factores referidos a la unidad de tiempo en que se realiza la estimación.

La precisión de las estimaciones de captura puede calcularse mediante intervalos de confianza de la CPUE por el método estudentizado de Bootstrap (Efron, 1982; Shiue et al., 1993).

Los análisis se realizan a partir de las densidades de biomasa y abundancia calculada a partir del método del área barrida ( $a$ ) (Sparre y Venema, 1997)

Este método de estimación de la densidad de biomasa y abundancia se calcular:

$$a = V * t * A_R$$

Donde  $A_R$  es la abertura óptima de la red (se asume que en condiciones normales la red tiene una abertura horizontal correspondiente al 60% de la longitud de la relinga superior) (Okonsky y Martini, 1976),  $V$  es la velocidad de desplazamiento de la red sobre el fondo, y  $t$  es el tiempo de duración del arrastre. Normalmente, el cálculo de área barrida por unidad de muestreo se realiza en kilómetros cuadrados multiplicando la abertura horizontal promedio de la boca de la red (distancia entre alas) por la distancia recorrida del lance.

La densidad se estima:

$$D = \frac{Y_i}{a}$$

Donde  $Y_i$  es el número o peso de la especie  $i$ .

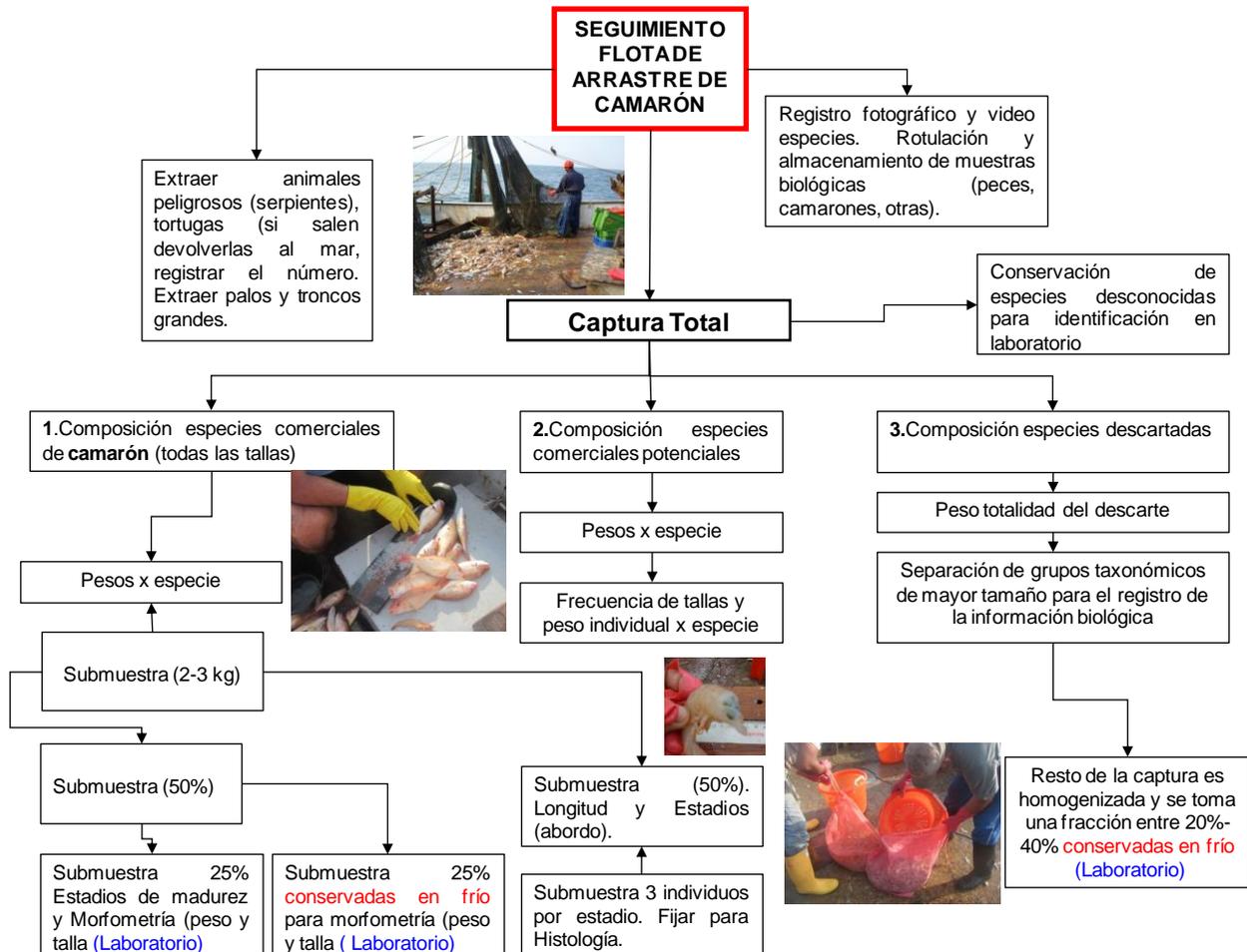
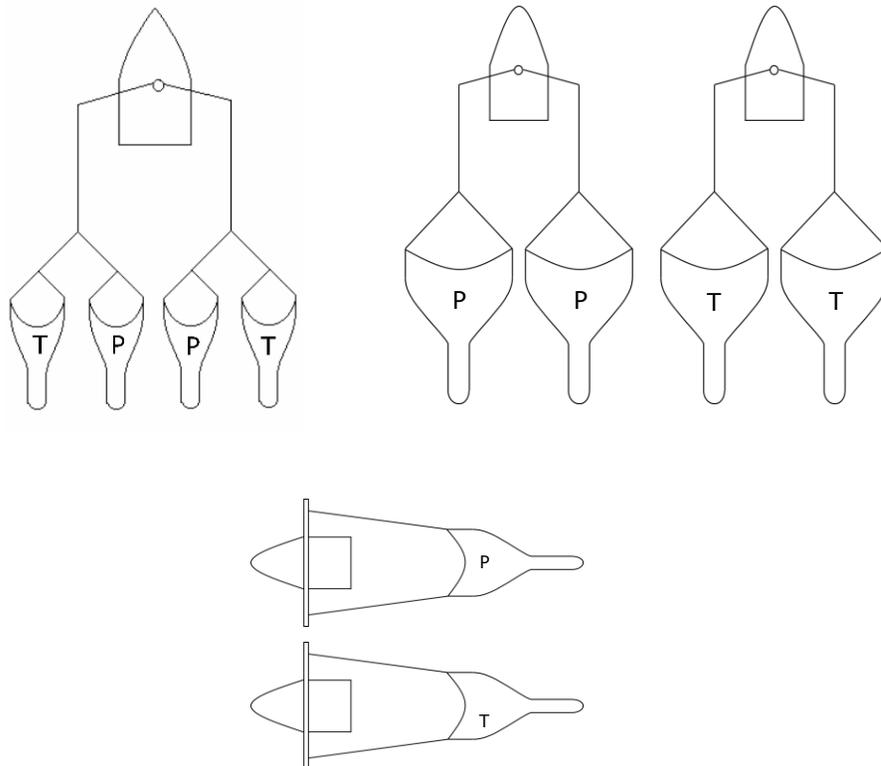


Figura 4.5. Esquema metodológico de muestreo en el seguimiento de la flota de arrastre de camarón.

Para medir el efecto de las redes prototipo, se realizarán evaluaciones usando, a nivel industrial en el caso del Caribe, una embarcación que opera con dos redes por banda, para lo cual, por cada banda se utilizará una red prototipo y una red tradicional que serán alternadas para minimizar el sesgo (Figura 4.6). En el caso de la pesquería industrial de arrastre del Pacífico colombiano, cuyas embarcaciones están dotadas de una sola red por banda, se hace necesario el uso de dos embarcaciones similares para efectos de comparación (Figura 4.6). Esto último aplica para la pesquería artesanal tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano (Figura 4.6). Cabe mencionar que cada una de las redes será dotada con un dispositivo reductor de fauna

acompañante, una ventana de malla cuadrada que ha brindado mejores resultados en las tasas de exclusión (Manjarrés *et al.* 2014). Para la evaluación de las capturas provenientes de la pesca de arrastre realizadas por la flota de arrastre de camarón, se analizarán lances comerciales (3 a 6 horas, en el caso de las industriales y de 30 minutos en el caso de la artesanal el área) en las embarcaciones con las que se ha logrado un acuerdo para el uso de la redes prototipos y en embarcaciones que aún estén equipadas con redes tradicionales, esto con el objeto de lograr evaluar el efecto de las redes en condiciones reales de funcionamiento.



**Figura 4.6. Configuración de las redes prototipo (P) y las redes tradicionales para realizar la evaluación experimental de las nuevas tecnologías en los sitios pilotos de Colombia: Caribe (arriba izquierda), Pacífico (arriba derecha) y artesanal (abajo).**

La proporción (P) entre la biomasa de pesca acompañante y de camarón de cada embarcación será estimada mediante la razón de proporción (Scheaffer *et al.* 1990):

$$P = \sum a_i / \sum c_i$$

Donde  $a_i$  es el peso (g) de la pesca acompañante en el lance  $i$  y  $c_i$  es el peso del camarón en el lance  $i$ , evaluado para todo los lances muestreados en cada estrato de tiempo y espacio que se definan en el diseño experimental. Los intervalos de confianza para P se calcularán mediante el método t de Bootstrap (Efron, 1982).

Las diferencias estadísticas en la CPUE de camarón y de las categorías mayores entre la embarcación con la red propuesta equipada con ventana de malla cuadrada y la que emplea el

arte convencional se mediante pruebas t para muestras pareadas si los supuestos de normalidad y homocedasticidad se cumplen o pruebas Mann-Whitney o Wilcoxon en caso contrario (Eays 2012). Se estimará el porcentaje de reducción de pesca acompañante, pesca incidental y descarte a partir de:

$$\%r = [1 - (W_{cd} \times W_{control}^{-1})] \times 100$$

donde  $W_{cd}$  es el peso de la respectiva categoría de captura en cada configuración, y  $W_{control}$  es el peso de la categoría de captura en la red sin dispositivos (control) (Rogers *et al.* 1997, García-Caudillo *et al.* 2000).

Se empleará una generalización del índice porcentual de Importancia Relativa - IR% (Vogler *et al.* 2009) para determinar las categorías que significan una mayor contribución a la pesca acompañante:

$$IR\% = 100 \left( \frac{\sum_{r=1}^n I_{rs}}{\sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^p I_{rs}} \right)$$

Donde  $I_{rs}$  es el valor de la r contribución relativa (en el presente estudio se emplearon el porcentaje en peso, el porcentaje en número y el porcentaje de ocurrencia) de la especie s.

Se calcularán los promedios de las reducciones de cada categoría y los intervalos de confianza no paramétricos del 95% de las reducciones en peso a través de bootstrap (Efron, 1987). Se contrastará la independencia de la estructura de tallas entre las redes con una prueba G de razón de verosimilitud (Sokal y Rohlf, 2003). Para la determinación del efecto de exclusión en los peces de cada red, se construirán curvas de frecuencias absolutas acumuladas, ajustadas a la curva logística (Graham 2003, Rochet y Trenkel 2005).

## 5. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Agudelo E., Ajiaco RE, Álvarez LE, Barreto CG, Borda CA, Bustamante CC, Caldas JP, De la Hoz J, Diazgranados MC, Melo G, Perucho E, Puentes V, Ramírez A, Ramírez AJ, Rueda M, Salinas JC y Zapata LA. 2011. Protocolo de captura de información pesquera, biológica y socio-económica en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Dirección de Pesca y Acuicultura – Subgerencia de Pesca y Acuicultura INCODER – Conservación Internacional. 80 p.
- Bazigos GP. 1974. The design of fisheries statistical surveys - Inland waters - FAO Fisheries Technical Paper 133: 1-122.
- Banerji SK. 1980. The collection of catch and effort statistics. FAO Fisheries Circular C730:1-63.
- Branstetter S. 1997. Bycatch and its reduction in the Gulf of Mexico and South Atlantic Shrimp Fisheries. Gulf and South Atlantic Fisheries Development Foundation, Inc., Tampa, EE. UU. 27 p.
- Cuello F (Ed). 2013. Evaluación del efecto ecológico de la pesca artesanal de camarón en el ecosistema del golfo de salamanca y experimentación de medidas de mitigación. Informe Técnico Final. Universidad del Magdalena, Colciencias, Santa Marta, 507 p.
- Duarte LO, Manjarres L, Escobar F. 2010. Bottom Trawl Bycatch Assessment of the Shrimp Fishery in the Caribbean Sea off Colombia. Proceedings Gulf Caribbean Fisheries Institute, 62(1): 114-119.
- Duarte LO, Díaz-Vesga R, Cuello F, Manjarrés L. 2013. Cambio estacional en la fauna acompañante de la pesquería artesanal de arrastre de camarón del golfo de Salamanca, mar Caribe de Colombia. Acta Biol. Colomb. 18 (2): 319-328.
- Eayrs S. 2012. Comparative testing of bycatch reduction devices in tropical shrimp-trawl fisheries – A practical guide. Rome, FAO. 122 pp.
- Efron B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans, SIAM CMNS-National Science Foundation Monographs, 38.
- Efron B. 1987. Better bootstrap confidence intervals (with discussion). J. Am. Stat. Assoc. 82: 171–200.
- García-Caudillo JM, Cisneros-Mata MA, Balmori-Ramírez A. 2000. Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, Mexico. Biol. Conserv. 92: 199–205.
- Graham N. 2003. By-catch reduction in the brown shrimp, Crangon crangon, fisheries using a rigid separation Nordmøre grid (grate). Fish. Res. 59: 393–407.
- Heales D, Brewer D, Wang Y, Jones P. 2003. Does the size of subsamples taken from multispecies trawl catches affect estimates of catch composition and abundance? Fisheries Bulletin 101: 790-799.
- INVEMAR. 2012. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2012. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 169 p.
- Manjarrés L, Duarte LO, García C, Altamar J, Cuello F, Escobar F, Gómez P, Zúñiga H, Páramo J, Viaña J, Pérez D, Tejada K, Sánchez J, Correa N, Egurrola E. 2006. Informe final proyecto "Valoración biológico-pesquera y ecológica de la pesca industrial de arrastre camarero e impacto de la introducción de dispositivos reductores de fauna acompañante en el Mar Caribe Colombiano". Código Colciencias 1117-09-13723. EP-GLO-201-GEF. Universidad del Magdalena, Universidad Nacional, INCODER. Santa Marta, 363 p.

Manjarrés L, Duarte LO, Altamar J, Escobar F, Garcia C. Cuello F. 2008. Effects of using bycatch reduction devices on the Colombian Caribbean Sea shrimp fishery. *Ciencias Marinas* 34(2): 223 – 238.

Manjarrés L, Cuello F, Duarte LO, Acevedo R. 2014. Evaluación experimental del efecto de dispositivos reductores de pesca acompañante en una pesquería artesanal de arrastre camaronero del golfo de Salamanca, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 43(2): 323-343.

Okonsky SI, Martini LW. 1976. Materiales didácticos para la capacitación y tecnología de artes y métodos de pesca. Partes I y II. México/PNUD/FAO. Contribución al estudio de las pesquerías de México. CEPM. 606 p.

Ospina-Botero D. 2001. Introducción al Muestreo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas y Estadística. 262 p

Pauly D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca, 234: 1-49.

Rico-Mejía F, Rueda M. 2011. Manual para la pesca artesanal responsable de camarón en Colombia: adaptación de la red suripera. INVEMAR, COLCIENCIAS, INCODER. Serie de publicaciones generales del INVEMAR No. 51. Santa Marta, Colombia. 25p.

Rochet MJ, Trenkel VM. 2005. Factors for the variability of discards: Assumptions and field evidence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 224–235.

Rogers DR, Rogers BD, de Silva JA, Right VL, Watson JW. 1997. Evaluation of shrimp trawl equipped with bycatch reduction devices in inshore waters of Louisiana. *Fish. Res.* 33: 55–72.

Rueda M, Angulo JA, Madrid N, Rico F, Girón A. 2006. La pesca industrial de arrastre de camarón en aguas someras del Pacífico colombiano: su evolución, problemática y perspectivas hacia una pesca responsable. Contribución del INVEMAR No. 952. Santa Marta, Colombia. 60p.

Rueda M, Marmol D, Vilorio E, Doncel O, Rico-Mejía F, García L, Giron A. 2010. Identificación, ubicación y extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia. INVEMAR, INCODER, AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS-ANH. Santa Marta, Colombia. 147 p.

Scheaffer RL, Mendenhall W, Ott L. 1990. *Elementary Survey Sampling*, Fourth Edition. Duxbury Press, Pacific Grove, California USA.

Schreuder HT, Richard E, Ramirez-Maldonado H. 2004. Statistical techniques for sampling and monitoring natural resources. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-126. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 111 p.

Scott-Denton, E. 2004. Observer coverage of the US Gulf of Mexico and southeastern Atlantic shrimp fishery, February 1992-December 2003: methods. *Nat. Mar. Fish. Serv.*. SEDAR7-DW-5, Miami. [http://www.sefsc.noaa.gov/sedar/download/SEDAR7\\_DW38.pdf?id=DOCUMENT](http://www.sefsc.noaa.gov/sedar/download/SEDAR7_DW38.pdf?id=DOCUMENT). 20/01/2014.

Shiue WK, Xu CW, Rea CB. 1993. Bootstrap confidence intervals for simulation outputs. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 45, 249–255.

Sokal RR, Rohlf FJ. 2003. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd ed. WH Freeman and Co., 887 pp.

Sparre P, Venema SC. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual. Documento Técnico de Pesca No. 306. Roma, 420 p.

Stamatopoulos C. 2002. Sample-based fishery surveys: A technical handbook. FAO Fish. Techn. Pap. (425). Rome, 132 p.

Tarazona D. 2012. Evaluación de la pesca acompañante en dos tipos de chinchorro playero (dirigido a camarones y a peces) en el área marina del departamento del Magdalena, Caribe de Colombia. Tesis biólogo marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 70 p.

Vogler R, Milessi AC, Duarte LO. 2009. Changes in trophic level of *Squatina Guggenheim* with increasing body length: relationships with type, size and trophic level of its prey. Environ. Biol. Fish., 84:41–52.

Zúñiga H, Altamar J, Manjarrés L. 2004. Caracterización tecnológica de la flota de arrastre camaronero del mar Caribe de Colombia. Informe Técnico. Reduction of Environmental Impact from Tropical Shrimp Trawling, through the introduction of By-catch Reduction Technologies and Change of Management. En: [ftp://ftp.fao.org/Fi/DOCUMENT/rebyc/colombia/Fishing\\_Technology\\_Atlantic\\_Coast\\_PPR\\_1.pdf](ftp://ftp.fao.org/Fi/DOCUMENT/rebyc/colombia/Fishing_Technology_Atlantic_Coast_PPR_1.pdf). 20 p.