

Reducción de la Pesca Acompañante en una Pesquería Tropical de Camarón: Resultados Experimentales del Cambio en el Material de las Redes de Arrastre

FABIÁN ESCOBAR TOLEDO y LUIS ORLANDO DUARTE
*Laboratorio de Investigaciones Pesqueras Tropicales, Universidad del Magdalena,
Carrera 32 No. 22-08 Santa Marta, Colombia*

RESUMEN

La pesca de arrastre de camarón, una de las pesquerías más importantes de Colombia, ha afrontado dificultades de índole ecológica y económica durante la última década. Como consecuencias, algunos estudios se han realizado para propiciar la sostenibilidad de la pesquería, combinando estrategias de uso responsable con tecnologías de captura más eficientes y de menor impacto ambiental. Tradicionalmente, sus redes son construidas en un material pesado (Poliamida y Polietileno - PE), aumentando el consumo de combustible. Recientemente, un material sintético (Ultra Cross Spectra - UCS), más liviano y carente de nudos que ofrece menos resistencia al avance y menor abrasión sobre el fondo, ha sido propuesto para disminuir el impacto sobre las comunidades bentónicas. El presente estudio evalúa experimentalmente los efectos ecológicos (tamaños y pesos individuales de las capturas) debidos al cambio de materiales de las redes de arrastre. Para este propósito, se analizaron las capturas de 51 lances de pesca pareados (usando ambos materiales). Como resultado, 174 especies fueron colectadas, la captura y la estructura de tamaños de las especies dominantes (*Cathorps spixii*, *Diapterus* spp., *Lepophidium* spp., *Bagre marinus*, *Eucinostomus* spp., *Syacium* spp., *Diplectrum* spp.) fueron diferentes estadísticamente ($p < 0.01$) entre la red tradicional (PE) y el nuevo material (UCS), observándose menores capturas de individuos más grandes cuando se empleó el nuevo material (UCS). En general, los resultados soportan la contribución de los avances tecnológicos como estrategias apropiadas de mitigación del impacto de las redes de arrastre en el ecosistema.

PALABRAS CLAVES: Pesca acompañante, redes de arrastre, Mar Caribe de Colombia

Bycatch Reduction in a Tropical Shrimp Fishery: Experimental Results of Changing the Material of Trawl Nets

Shrimp trawling, one of the most important fisheries in Colombia, has been rounded by ecological and economic difficulties during the last decade. As a consequence, some studies have been conducted to achieve the sustainability of the fishery, combining strategies of responsible use with more efficient and low environmental impact technologies. Traditionally, nets are built in a heavy material (Polyamide and Polyethylene - PE), increasing fuel consumption. Recently, a synthetic material (Ultra Cross Spectra - UCS), lighter and without knots offering less resistance to progress and less abrasion on the bottom, has been proposed for reducing the impact of trawling on benthic communities. An experimental assessment of the ecological effects (weight and individual sizes of catches) of changing the material of trawl nets was carried out. 51 paired hauls (using both materials) were analyzed. As a result, 174 species were collected, catches and size structure of the dominant species (*Cathorps spixii*, *Diapterus* spp., *Lepophidium* spp., *Bagre marinus*, *Eucinostomus* spp., *Syacium* spp., *Diplectrum* spp.) showed significant differences ($p < 0.01$) between traditional (PE) and new material (UCS); lower catches and bigger individuals were registered in the latter (UCS). Overall, the results support the contribution of technological advances for appropriate strategies to mitigate the ecosystem impacts of trawling.

PALABRAS CLAVES: Bycatch, trawling, Colombia Caribbean Sea

Réduction de Prise Accidentelle D'une Pêcherie de Crevette Tropicale: Les Résultats Expérimentaux du Changement de Matière des Filets de Chalut

Le chalutage de crevette, une des pêcheries les plus importantes en Colombie, a été contourné par les difficultés écologiques et économiques pendant la dernière décennie. En conséquence, quelques études ont été conduites pour accomplir la viabilité de la pêche, en combinant des stratégies d'utilisation responsable avec des technologies plus efficaces et d'un impact plus faible sur l'environnement. Traditionnellement, les filets sont construits dans une lourde matière (Polyamide et Polyéthylène), augmentant la consommation du combustible. Récemment, on a proposé une matière synthétique (Ultra Cross Spectra), plus légère et sans nœuds offrant moins de résistance pour progresser et moins d'abrasion sur le fond, pour réduire l'impact de la pêche sur les communautés benthiques. Avec le but d'évaluer les effets écologiques du changement de matière de filets de chalut, le poids et les tailles individuelles de prises de 51 saisies appariées (utilisant les deux matériaux) ont été analysés. Par conséquent, 174 espèces ont été recueillies. La prise totale et la structure de taille des espèces dominantes (*Cathorps spixii*, *Diapterus* spp., *Lepophidium* spp., *Bagre marinus*, *Eucinostomus* spp., *Syacium* spp., *Diplectrum* spp.) a montré des différences significatives ($p < 0.01$) entre la matière traditionnelle et la nouvelle; diminution de prises et de plus grands individus ont été enregistrés dans cette dernière. En général, les résultats soutiennent la contribution d'avances technologiques pour les stratégies appropriées, afin d'atténuer les impacts d'écosystème du chalutage.

MOTS CLÉS: Prise accidentelle, chalutage, mer des Caraïbes, Colombie

INTRODUCCIÓN

Los efectos de la pesca sobre el ecosistema han sido un tema central de investigación en los últimos años (Turner *et al.* 1999, Kaiser *et al.* 2002). Estos no son solo para las especies objetivo, sino para las especies que sin ser objetivo son capturadas accidentalmente y para el hábitat. En efecto, cambios de la biomasa, de la composición de las especies y de la estructura de tamaños individuales (Dayton *et al.* 1995, Greenstreet y Hall 1996, Jennings y Kaiser 1998, Hall 1999, Collie *et al.* 2000, Kaiser y de Groot 2000, Bianchi *et al.* 2000) han sido los principales. La preocupación por estos efectos sobre la biota se debe en parte a la necesidad de asegurar la conservación de la diversidad biológica y el uso sustentable de la biosfera de acuerdo a lo estipulado en la convención de Río. En este sentido, los efectos de las pesquerías sobre el hábitat, las especies que no son el objetivo de la pesquería y la forma en que dichos efectos pueden alterar las poblaciones de las especies valiosas comercialmente son objeto de estudio en la actualidad (Kaiser *et al.* 2002).

La pesca con redes de arrastre se ha considerado como la más destructiva para el ecosistema, debido al deterioro que produce su accionar recurrente sobre el fondo marino. La FAO ha determinado que aproximadamente se descartan 7 millones de peces (Eayrs 2007). La mayor proporción de este descarte (27%) proviene de la pesquerías tropicales de arrastre de camarón (Eayrs 2007) y por lo menos un millón de t/año provienen de los buques de arrastre en el Atlántico centro occidental (Yañes-Arancibia y Sánchez-Gil 1988).

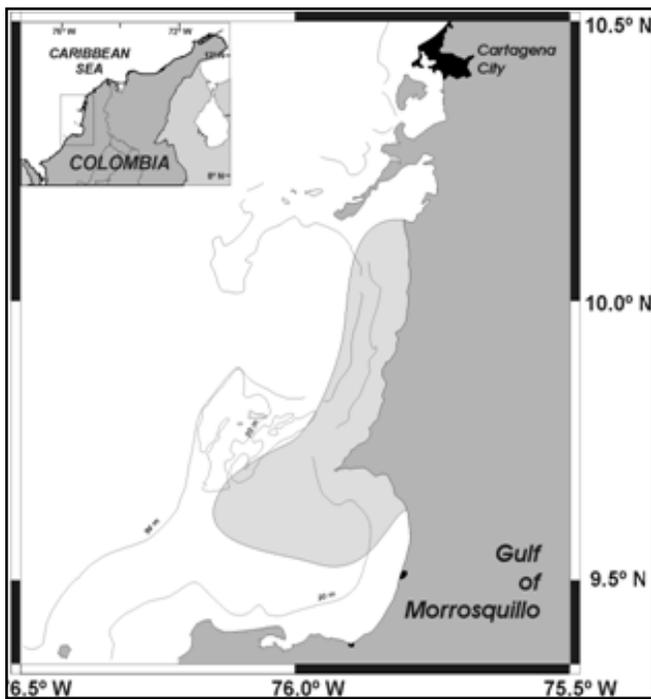


Figura 1. Área de estudio. El área sombreada representa la zona donde se realizaron los arrastres .

En Colombia la pesca de arrastre tuvo inicios en la década de los 60 (Mora 1988) y son pocos los trabajos realizados para mitigar sus efectos sobre el ecosistema. Sin embargo, se ha propuesto ampliamente la necesidad de que las pesquerías de arrastre implementen medidas tecnológicas para mitigar sus efectos destructivos (Kennelly y Broadhurst 2002). En este sentido, en varias regiones del mundo se han realizado ensayos para disminuir el efecto de la pesca de arrastre sobre el ecosistema incluyendo desde los dispositivos excluidores de tortuga (DET's), grillas rígidas de filtración (Nordmøre grid), dispositivos reductores de fauna acompañante y paneles con mallas cuadradas (Valdermarsen y Suuronen 2003).

Un desarrollo tecnológico reciente que pretende brindar beneficios ecológicos y económicos es el material sintético "Ultra Cross Spectra" (UCS), compuesto por una aleación de Polietileno de alta tenacidad y Nylon, desarrollada y patentada por Allied Signal. Este material es tres veces más resistente y menos liviano que los materiales de Poliamida (Nylon) y Polietileno (PE) tradicionalmente empleados para la construcción de las redes de arrastre que se utilizan en esta pesquería, además su construcción sin nudos ofrece menos resistencia al avance de la embarcación, con lo cual disminuye el consumo de combustible (beneficio económico) y, debido a su superficie lisa y de baja fricción, es cuatro veces menos propenso a la abrasión sobre el fondo que el nylon, con lo cual se disminuye el impacto sobre las comunidades bentónicas (beneficio ecológico).

Como este material no ha sido aún incorporado a la pesquería industrial camaronesa de Colombia, de allí que no se tenga una visión comprehensiva sobre el impacto de su uso. El objeto de este estudio es efectuar un análisis experimental del efecto ecológico de emplear redes construidas con el material "Ultra Cross Spectra" sobre la fauna acompañante capturada por una pesquería de arrastre de camarón tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los experimentos se realizaron en la zona suroeste del Caribe de Colombia, entre la ciudad de Cartagena y el Golfo de Morrosquillo (Figura 1). Esta zona está influenciada por las desembocaduras de los ríos Sinú, Atrato y Magdalena (Canal del Dique). Su plataforma continental es bastante estrecha con fondos arenosos y lodosos de origen terrígeno arrastrados por los ríos que desembocan en la zona (IDEAM 1999)

Colecta de datos

Para los experimentos se emplearon dos embarcaciones de la flota industrial de arrastre camarónero del Caribe de Colombia. Una embarcación se equipó con redes tipo japonés de polietileno (PE), material tradicionalmente usado por la flota que es un material pesado y por ende que

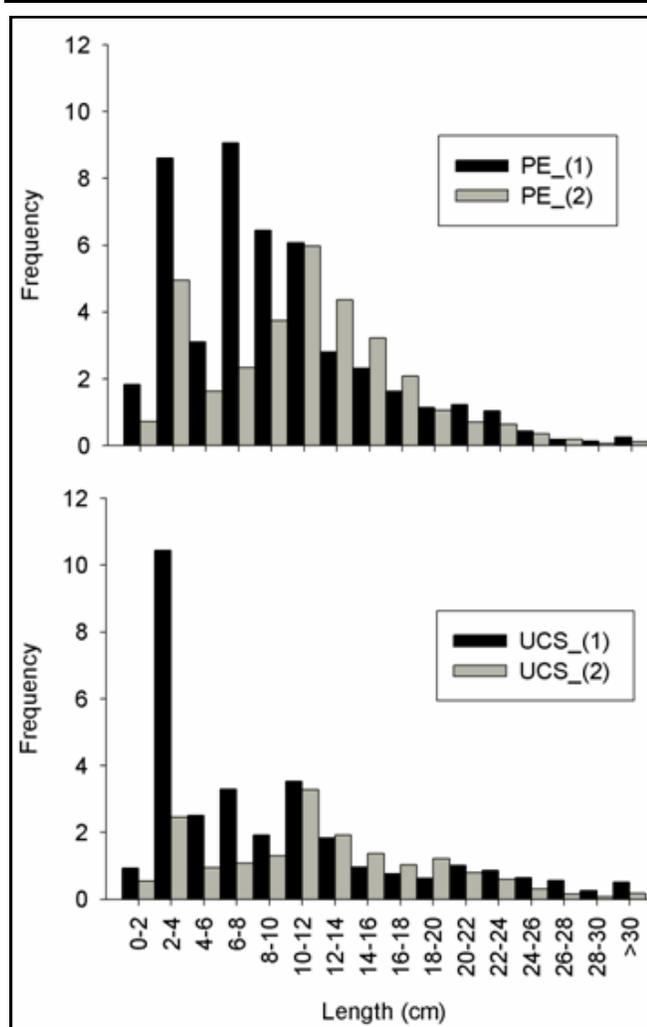


Figura 2. Estructura de tallas de la fauna acompañante por tipo de material de la red. PE: polietileno; UCS: ultra cross spectra; 1: agosto; 2: noviembre .

genera un alto consumo de combustible, con relinga superior de 42 pies (12.8 m), tamaño de malla en el copo de 44 mm y abertura horizontal óptima de 8.96 m. (Zuñiga et al. 2004). La otra embarcación se equipó con redes de material sintético “Ultra Cross Spectra” (UCS), con relinga superior de 55 pies (16.76 m), tamaño de malla en el copo de 44 mm y abertura horizontal óptima de 11,73 m (Zuñiga et al. 2006). Cada embarcación realizó un total de 51 lances de pesca en dos periodos (agosto y noviembre de 2005), en profundidades entre 9.5 m a 36.5 m, a una velocidad promedio de 2,5 nudos y con un tiempo de arrastre entre 3.5 y 5.0 horas.

Para evaluar la composición de la captura, se seleccionó aleatoriamente una de las cuatro redes. Los camarones, la pesca incidental y la pesca de gran tamaño que era descartada fueron identificados, contados, medidos y pesados a bordo. El descarte fue homogenizado, y una

fracción correspondiente al 20% se trasladó al laboratorio, donde fue analizada (Pauly 1983). Los individuos fueron identificados con la mayor resolución taxonómica posible, contados, medidos y pesados individualmente.

Análisis de los Datos

Se estimó la captura total de cada especie usando factores elevadores que involucraron el peso de la submuestra de descartes y la captura total de la red. Para hacer comparables las estimaciones entre redes, las capturas fueron expresadas como abundancia por área barrida (kg/m^2). Se realizó un análisis de varianza a dos vías para probar la hipótesis nula de que no hay diferencias estadísticas entre los materiales de construcción de las redes, ni entre los periodos muestreados, evaluando en primera instancia los supuestos de normalidad y homocedasticidad que exige la prueba (Sokal y Rohlf 1995).

Para comparar la distribución de tallas capturadas por las redes de cada tipo de material en las diez especies más capturadas en términos de biomasa (kg) se empleó una prueba de independencia G (Sokal y Rohlf 1995), que corresponde al doble de la proporción de verosimilitud, se aproxima a una distribución χ^2 con $(r-1)*(c-1)$ grados de libertad y se calcula como sigue:

$$G = 2 * [\sum_i \sum_j f_{ij} * \ln(f_{ij}) - \sum_i R_i * \ln(R_i) - \sum_j C_j * \ln(C_j) + n * \ln(n)]$$

donde f_{ij} representa la frecuencia observada para el rango de talla i en cada tipo de material j , R_i representa la frecuencia total para el rango de talla i , C_j la frecuencia total para el tipo de material j , es decir, el tamaño de la muestra para la combinación y n el tamaño de la muestra. Adicionalmente, se realizaron curvas de captura para observar la fracción de tallas explotadas por las redes de cada tipo de material.

RESULTADOS

Un total de 174 especies fueron colectadas en los experimentos, más cinco grupos que fueron identificados a una menor resolución taxonómica ya que resultaron poco abundantes en las capturas: Algae, Fanerogamas, Octocorallia, Polychaeta, Porifera. Un total de 167 especies fueron capturadas con las redes de PE y 146 con las redes de UCS. *Lupella forceps* y *Syacium* spp. fueron comunes en todos los lances para ambas redes en ambas época de muestreo. *Lupella forceps* y *Cathorops spixii* fueron la especie más capturadas por ambos materiales en la primera época (vientos). *Diapterus* spp. fue la especie más capturada en la segunda época (lluvias).

La densidad evidenció diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) tanto entre épocas como entre los tipos de material de la red. Se encontraron diferencias significativas ($G_{15,3} = 1066,33$; $p < 0,01$) en la estructura de tallas comunitaria entre los tipos de material y las épocas de muestreo. La distribución de tallas de la comunidad capturada resultó ser multimodal para ambos tipos de redes

en ambas épocas. La red de PE presentó un número mayor de número de individuos capturados que la red de UCS (Figura 2). La talla media de captura fue mayor en la época de lluvias en ambas redes (Figura 3). De las diez especies más capturadas (*Cathorps spixii*, *Diapterus* spp., *Lepophidium* spp., *Bagre marinus*, *Lutjanus synagris*, *Eucinostomus* spp., *Syacium* spp., *Diplectrum* spp., *Sphoeroides testudineus* y *Prionotus punctatus*), tres no evidenciaron diferencias significativas (*Lutjanus synagris*, *Sphoeroides testudineus*, *Prionotus punctatus*;) entre la estructura de tallas. La restantes siete especies evidenciaron diferencias altamente significativas en la estructura de tallas (Figura 4).

DISCUSIÓN

En las costas tropicales, múltiples especies coexisten y aunque tradicionalmente solo se capturan unas cuantas con fines comerciales, la mayoría de ellas tienen perspectivas potenciales de explotación (Yañes-Arancibia y Sánchez-Gil 1988), y el Caribe de Colombia no es la excepción. De las 174 especies capturadas, *Cathorops spixii* y *Diapterus* spp. fueron las especies, con algún valor económico, más capturadas en términos de biomasa. Esto se debe probablemente a que estas especies poseen espinas fuertes en sus aletas, provocando enredo en el arte, aminorándoles la probabilidad de escape.

Desde inicios de la década de 1990 se han desarrollado modificaciones de la red de arrastre para disminuir su impacto en términos de fauna acompañante (Hannah y Jones 2000). Desde la implementación de grillas rígidas en las artes (i.e. Nordmøre grid, DET), modificaciones en el copo de la red (i.e. Conos de red) (Valdermarsen y Suuronen 2003, Graham 2003), hasta modificaciones en las relingas inferiores (Hannah y Jones 2000). Los resultados aquí obtenidos evidencian la utilidad potencial, en términos de la disminución de pesca acompañante, que emplear un material alternativo en la construcción de las redes de arrastre de camarón puede significar en esta pesquería considerada a nivel mundial como la de mayores cantidades de descarte (Cook 2003, Alverson *et al.* 1994). Adicionalmente, las redes construidas con UCS otorgan menor resistencia al avance de la embarcación, respecto a las redes tradicionalmente empleadas en la región, lo cual significó una disminución en promedio de 25.4% en el consumo de combustible por lance de pesca (Zúñiga *et al.* 2006).

Los altos niveles de pesca acompañante detectados en el área de explotación de la flota de arrastre de camarón conducen a implementar medidas de manejo que contribuyan a reducir el deterioro que las redes de arrastre ocasionan al ecosistema (Duarte *et al.* 2007). *Lupella forceps* fue el invertebrado más importante en términos de biomasa, probablemente debido a este tipo de invertebrados presentan un alto porcentaje de supervivencia al ser devueltos al mar (Hill y Wassenberg 1990). 145 especies

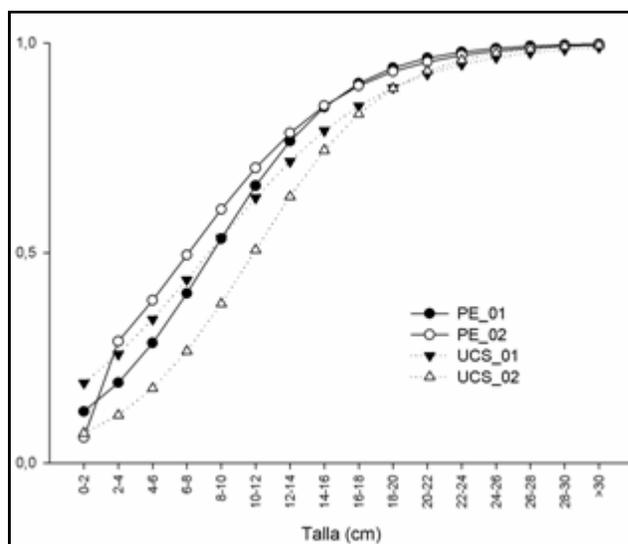


Figure 3. Curva de captura para ambos tipos de material y época de muestreo. Convenciones como en la figura 2.

capturadas con las redes de PE y 125 de las especies capturadas con las redes de UCS presentaron baja abundancia (<1% de la biomasa total). A pesar de esto, cada material afectó una determinada asociación comunitaria.

En cuanto a las densidades de pesca de cada una de las redes utilizadas en el presente estudio, se muestran una evidente diferencia entre las obtenidas con UCS y las obtenidas con las de PE. La densidad de pesca acompañante capturada con las redes de PE siempre estuvieron por encima de la capturada con las redes de UCS en ambos épocas de muestreo, a pesar de que en la época de lluvias estas densidades fueron más altas en ambos tipos de redes. En cuanto a tallas, tanto las redes de PE como las redes de UCS capturaron tallas promedio muy cercanas en ambas épocas (Figura 4) pero siendo mayor la talla media de captura en la época de más lluvias en ambos casos. Cabe mencionar que en las diez especies evaluadas, se observa como las redes de PE capturan individuos de menor tamaño que las de UCS (i.e. *Lepophidium* spp., *Bagre marinus*, *Cathorops spixii*). Las capturas de especies comerciales por debajo de la longitud óptima de captura (Stern-Pirlot 2005) significa una pérdida económica, en términos de permitirseles llegar a mayores tamaños y por ende obtener mayores dividendos. En términos de selectividad, no se evidenció una tendencia por parte de ninguna de las redes, capturaron la misma fracción de tamaños en ambos casos.

Dado que los pescadores del área de estudio han observado una reducción drástica de las tallas en las capturas en tiempos recientes (Duarte *et al.* 2006b), se hace necesario tomar medidas que protejan los individuos de menor tamaño. La tendencia mundial es la utilización de Dispositivos reductores de fauna acompañante, pero ha encontrado un sin número de obstáculos para ser imple-

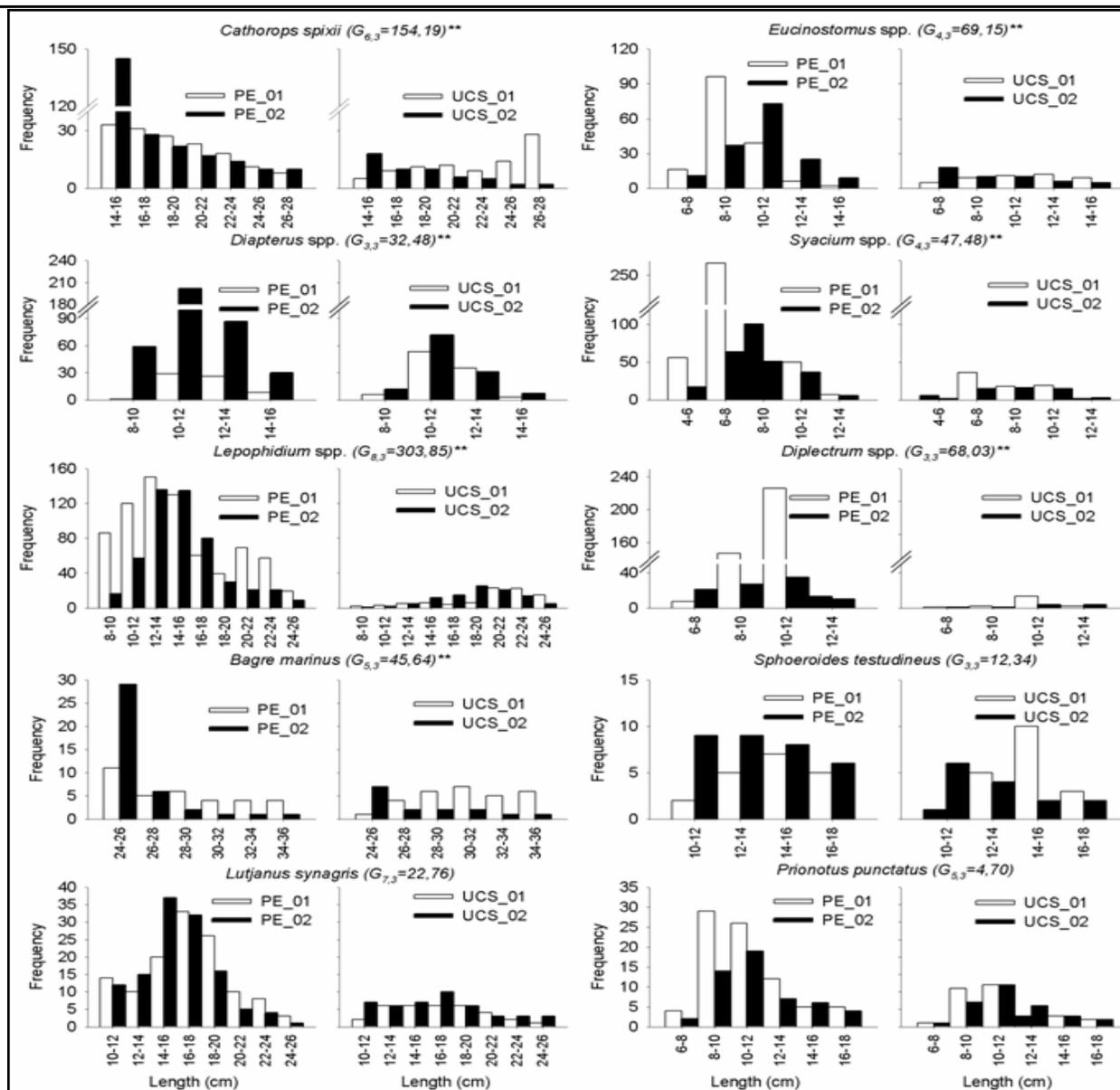


Figura 4. Tamaños de peces de las diez especies más capturadas como fauna acompañante de camarón en la zona sur del mar Caribe de Colombia. **Prueba significativa. Convenciones como en la figura 2.

mentados, siendo estos materiales en las redes una alternativa para lograrlo. También es evidente la mayor proporción de individuos capturados con las redes de PE y como algunas especies (i.e. *Lepophidium* spp.) estos individuos fueron de menor tamaño que en el otro material.

En las comunidades demersales, el conocimiento de la diversidad específica es un punto de partida para comprender la complejidad (Yañes-Arancibia y Sánchez-Gil 1988). Las plataformas continentales se caracterizan por alta riqueza y diversidad de especies (Labropoulou y Papaconstantinou 2004). El Caribe de Colombia presenta una alta biodiversidad (Duarte *et al.* 2005) afectada por pesquerías poco selectivas como la de arrastre. Esta pesca afecta una

gran cantidad de especies demersales (Duarte *et al.* 2006a) y afectando sus estadios más vulnerables tomándole más tiempo en recuperarse (Hutchings 2000) por lo que se requieren medidas urgentes de mitigación. Las modificaciones tecnológicas de las artes deben ser incluidas en las recomendaciones científicas de los tomadores de decisiones (Kenelly y Broadhurst 2002). Por lo que en esta evaluación se observó con el nuevo material (UCS) de construcción de las artes de arrastre, una menor diversidad afectada por la pesca de arrastre, les hace más recomendables que las redes de PE. Generalmente el concepto de diversidad implica el número de especies, el número de individuos proporcional de cada especie o el número total

de individuos de todas las especies, de tal forma que en la estimación de este parámetro se utilizan diversas expresiones numéricas que tienen en cuenta la interacción y variación de estos factores (Yañes-Arancibia y Sánchez-Gil 1988).

En los países tropicales como Colombia, las investigaciones sobre recursos demersales costeros tropicales son prioritarias, desarrollando estrategias de investigación y optimizando el avance tecnológico para tener fundamentos para el manejo y administración de los recursos (Yañes-Arancibia y Sánchez-Gil 1988). Para el año 2004-2005 la estimación de fauna acompañante de camarón en la zona suroccidental del Caribe de Colombia fue de 2486 t (Duarte *et al.* 2006a) con redes de PE. Una estimación para el mismo año utilizando la redes de UCS, reduciría un 23,43% (582,5 t) de esta fauna. Este trabajo es el primer trabajo experimental para evaluar la efectividad de este material como estrategia de mitigación. Los resultados que aquí se presentan indican la urgencia de establecer medidas de manejo para mitigar el impacto de la pesca de arrastre para la protección de las comunidades afectadas en las zonas de pesca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología COLCIENCIAS y la Universidad del Magdalena mediante el Programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores (2006). Los datos fueron colectados en marco del proyecto "Evaluación de innovaciones en la tecnología de captura de la pesquería Industrial de Arrastre Camaronero del Caribe colombiano, con fines ecológicos y de productividad" financiado por el Instituto de Desarrollo Rural (INCODER), la Universidad del Magdalena, Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y GEF/UNEP/FAO (Proyecto EP/GLO/201/GEF). Los autores extienden sus agradecimientos a las personas que colaboraron durante el análisis de las muestras en el laboratorio.

LITERATURE CITADA

- Alverson, D., H. Freeberg, and S. Murawsky, J.G. Pope. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fisheries Technical Paper* 339. Rome, Italy. 233 pp.
- Bianchi, G., H. Gislason, K. Graham, L. Hill, X. Jin, K. Koranteng, S. Manickchand-Heileman, I. Payá, K. Sainsbury, F. Sánchez, and K. Zwanenburg. 2000. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. *ICES Journal of Marine Science* 57:558-571.
- Cook, R. 2003. The magnitude and impact of by-catch mortality by fishing gear. Chapter 13 in: Sinclair M. y G. Valdimarsson (Eds.) *Responsible Fisheries in the Marine Ecosystems*. FAO, Rome Italy.
- Collie, J.S., S.J. Hall, M.J. Kaiser, and I.R. Poiner. 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf sea benthos. *Journal of Animal Ecology* 69:785-798.
- Dayton, P.K., S.F. Thrush, M.T. Agardy, and R.J. Hofman. 1995. Environmental effects of marine fishing. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 5:205-232.
- Duarte, L.O., L. Manjarrés, P. Gómez-Canchong, J. Altamar, J. Viaña, F. Escobar, J. Sánchez, K. Tejada, F. Cuello, and C. García. 2005. Estructura comunitaria de la fauna acompañante de camarón en el mar Caribe de Colombia. Implicaciones para estrategias de manejo basadas en el ecosistema. XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Viña del Mar (Chile). Programa y Resúmenes: 88 pp.
- Duarte, L.O., F. Escobar, P. Gómez-Canchong, L. Manjarrés, J. Altamar, C. García, and J. Viaña. 2006a. Bycatch estimation of the shrimp trawl fishery in the southern Colombian Caribbean Sea. En: Manjarrés, L. L.O. Duarte, C. García, J. Altamar, F. Cuello, F. Escobar, P. Gómez, H. Zúñiga, J. Páramo, J. Viaña, D. Pérez, K. Tejada, J. Sánchez, N. Correa y E. Egurrola. 2006. Valoración biológico-pesquera y ecológica de la pesca industrial de arrastre camarón e impacto de la introducción de dispositivos reductores de fauna acompañante, en el mar Caribe colombiano. Informe Técnico Final. UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA -COLCIENCIAS - INCODER, Santa Marta, 363 pp. + 2 cd-rom.
- Duarte L.O., P. Gómez-Canchong, L. Manjarrés, C. García, F. Escobar, J. Altamar, J. Viaña, K. Tejada, J. Sánchez, and F. Cuello. 2006b. Variabilidad circadiana de la tasa de captura y la estructura de tallas en camarones e ictiofauna acompañante en la pesquería de arrastre del Mar Caribe de Colombia. *Investigaciones Marinas* 34(1):23-42.
- Duarte, L.O. L. Manjarrés, J. Altamar, F. Escobar, C. García, P. Gómez, J. Viaña, and F. Cuello. 2007. Ictiofauna acompañante de la pesquería de arrastre de camarón en el Mar Caribe de Colombia. Estado actual e indicios históricos. IX Simposio colombiano de ictiología.
- Eayrs, S. 2007. *Guía para reducir la captura de fauna incidental (Bycatch) en las pesquerías por arrastre de camarón tropical*. FAO, Rome, Italy. 110 pp.
- Graham N. 2003. By-catch reduction in the brown shrimp, *Crangon crangon*, fisheries using a rigid separation Nordmore grid (grate). *Fisheries Research* 59:393-407.
- Greenstreet, S.P.R., and S.J. Hall. 1996. Fishing and groundfish assemblage structure in the north-western North Sea: an analysis of long-term and spatial trends. *Journal of Animal Ecology* 65:577-598.
- Hall, S.J. 1999. *The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities*. Blackwell Science, Oxford, England. 274 pp.
- Hannah, R.W., and S.A. Jones. 2000. By-catch reduction in an Ocean Shrimp Trawl from a Simple Modification to the Trawl Footrope. *Journal of Northwest Atlantic Fish Science* 27:227-233.
- Hill, B.J., and T.J. Wassenberg. 1990. Fate of discards from prawn trawlers in Torres Strait. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 41: 53-64.
- Hutchings, J. 2000. Collapse and recovery of marine fishes. *Nature* 406: 882-885.
- IDEAM. 1999. Pronóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Caribe Colombiana Año 2000. Santafé de Bogotá, Colombia. 105 pp.
- Jennings, S. and M.J. Kaiser. 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology* 34:201-352.
- Kaiser, M.J., and de Groot. 2000. *The Effects of Fishing on Non-target Species and Habitats. Biological, Conservation, and Socio-Economic Issues*. Blackwell, Oxford, England.
- Kaiser, M.J., J.S. Collie, S.J. Hall, S. Jennings, and I.R. Poiner. 2002. Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish and Fisheries* 3:114-136.
- Kennelly, S.J. and M.K. Broadhurst. 2002. Bycatch begone: changes in the philosophy of fishing technology. *Fish and Fisheries* 3:340-355.
- Mora, J. 1988. Análisis de la pesca de camarón de aguas someras (*Penaeus F. notialis* y *Penaeus brasiliensis*) efectuada por la flota camarónera del Caribe colombiano. INDERENA CIP. MS.
- Pauly, D. 1983. A selection of a simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Circular* 729. Rome, Italy. 54 pp.
- Sokal, R.R., and F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research, 3rd Edition*. WH Freeman and Co, New York, New York USA. 887 pp.
- Stern-Pirlot, A. 2005. Using simple indicators in fisheries: review and applications for INCOFISH WP7. Work Package 7, "Simple Indicators for Sustainable Fisheries" of the INCOFISH Project (Integrating Demands on Coastal Zones with Emphasis on Aquatic Ecosystems and Fisheries), Contract INCO 003739. 13 pp.
- Turner, S.J., S.F. Thrush, J.E. Hewitt, J. Cummings, and G. Funnell. 1999. Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology* 6:401-420.
- Valdemarsen J.W. and P. Suuronen. 2003. Modifying fishing gear to achieve ecosystem objectives. Pages 321-341 in: M. Sinclair, M and G. Valdimarsson (Eds.) *Responsible Fisheries in Marine Ecosystems*. FAO, Roma, Italy.

-
- Yañes-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. 1988. *Ecología de los Recursos Demersales Marinos. Fundamentos en Costas Tropicales*. AGT, México, México. 228 pp.
- Zúñiga, H., J. Altamar, J. y L.M. Manjarrés. 2004. Caracterización tecnológica de la flota de arrastre camaronero del mar Caribe de Colombia. Disponible en línea: ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/rebyc/colombia/Fishing_Technology_Atlantic_Coast_PPR_1.pdf. Diciembre de 2007.
- Zúñiga, H., J. Sánchez, J. Altamar y L. Manjarrés. 2006. Evaluación técnica y económica de innovaciones en el sistema de arrastre de la flota industrial camaronera del Caribe colombiano. En: H. Zúñiga, L. Manjarrés, L.O. Duarte, J. Altamar, F. Cuello, F. Escobar, J. Viaña, H. González, D. De los Ríos, J. Sánchez. 2006. Evaluación de innovaciones en la tecnología de captura de la pesquería industrial de arrastre camaronero del Caribe colombiano, con fines ecológicos y de productividad. Informe Técnico Final. UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA-INCODER-DISTA-GEF/FAO-INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 182 pp