

Incorporación de Nuevos Materiales en las Redes de Arrastre de Camarón en el Golfo de Morrosquillo, Mar Caribe de Colombia: Una Estrategia para Reducir Combustible

Incorporation of New Materials in Shrimp Trawl Nets in the Gulf of Morrosquillo, Colombia Caribbean Sea: A Strategy to Save Fuel

Incorporation de Nouveaux Matériaux dans les Chaluts à Crevettes dans le Golfe du Morrosquillo, Colombie Mer des Caraïbes: Une Stratégie pour la Réduction de Carburant

HARLEY ZÚÑIGA*¹ and JAIRO ALTAMAR^{1,2}

¹*Laboratorio de Investigaciones Pesqueras Tropicales – LIPET, Universidad del Magdalena, Cra. 32 # 22-08, Santa Marta-Colombia. *harleyzuca@gmail.com.*

²*Programa Doutoral em Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade de Aveiro, Portugal.*

RESUMEN

Para validar la eficiencia de nuevos materiales que han sido incorporados en otras pesquerías de arrastre del mundo, se utilizaron dos barcos, uno equipado con las redes que tradicionalmente operan en esta pesquería y otro con redes innovadas construidas con un nuevo diseño y material Ultra Cross Spectra. Los parámetros constructivos y área ficticia se obtuvieron directamente y la resistencia al avance se estimó mediante métodos teóricos. El consumo de combustible se midió utilizando flujómetros especializados y la valoración de su diferencia se efectuó mediante una prueba “t” para muestras dependientes. Los resultados de los parámetros constructivos referidos al área ficticia de los paños de red para los equipos innovado y tradicional fueron de 118,86 m² y 94,63 m², respectivamente. Las resistencias al avance a una velocidad de arrastre de 2.8 nudos fueron de 463,96 kgf y 485,91 kgf. Los resultados del consumo de combustible indicaron una disminución de 2,3 gal/hora de arrastre. En la actualidad los barcos arrastreros de camarón que operan en el área de influencia del golfo de Morrosquillo están utilizando Ultra Cross Spectra en la construcción de sus redes y para demostrar la apropiación de los beneficios de incorporar los nuevos materiales, se realizó un seguimiento de los consumos de combustible de esta flota, verificando un ahorro de combustible entre el 28 y 30%. La estrategia de utilizar nuevos materiales contribuyó a la reducción del consumo de combustibles fósiles en esta pesquería de arrastre.

PALABRAS CLAVE: Pesca de arrastre, camarón, ahorro de combustible, mar Caribe de Colombia

INTRODUCCIÓN

La pesca provee alimento de alta calidad y genera empleos e ingresos a muchas personas en el mundo, pero lamentablemente la mayoría de los métodos de captura que se utilizan dependen fuertemente del uso de combustibles fósiles (Suuronen et al. 2012). De hecho, el impacto de la pesca va más allá de los efectos directos sobre los stocks y los componentes y funciones de los ecosistemas asociados (Wildman 1993), ya que como consecuencia de los altos niveles de esfuerzo pesquero se han aumentado rápidamente los volúmenes de emisiones atmosféricas provenientes de los barcos, colocando el tema en la agenda internacional marítima en procura de la protección del ambiente (Corbett y Koehler 2003, LR 2010). La pesca de arrastre se destaca como uno de los métodos de captura que produce mayor impacto sobre los ecosistemas marinos (Kelleher 2005), al tiempo que consume altas tasas de combustible (Wileman 1984).

En Colombia, la pesca de arrastre de camarón comenzó su explotación comercial a partir de la década de los 60, debido a lo atractivo que eran sus precios en los mercados internacionales. Tres décadas atrás esta actividad se constituía en la pesquería industrial más importante de Colombia, superando en número de embarcaciones a las pesquerías de atún, caracol, langostas y peces demersales, con una flota que llegó a tener 100 embarcaciones en el Caribe colombiano (Mora 1988, Zúñiga et al. 2004).

En la actualidad la pesquería de camarón afronta dificultades como producto de los elevados costos de operación, representados principalmente por el alto precio del combustible y factores como la disminución en las capturas, la reducción de los precios internacionales por la sobreoferta del camarón de cultivo y en la década pasada la revaluación del peso colombiano frente al dólar americano, lo que ha traído como consecuencia la disminución de la flota, orientando algunas embarcaciones a otras pesquerías o en otros casos llevando a la liquidación de las principales empresas extractoras (Zúñiga et al. 2006, Altamar et al. 2014).

La investigación se basó en la introducción de innovaciones en la tecnología de captura de la pesquería industrial de arrastre del Caribe colombiano, combinando estrategias de uso responsable y al tiempo más eficientes. Para lograrlo se consideraron las ventajas de la utilización de una nueva generación de materiales y modificaciones en el diseño del arte de pesca. El propósito principal fue determinar consumo de combustible, tasas de captura de camarón y fauna acompañante a partir de información proveniente de una serie de faenas de arrastre realizadas en el sur del Caribe colombiano. Considerando como tecnología tradicional la equivalente a los equipos de pesca que se utilizan en la actualidad, mientras que la tecnología Innovada correspondió a un nuevo diseño construido con material Ultra Cross Spectra, sin nudos, con características de mayor resistencia que el Nylon, mayor durabilidad y menor resistencia al avance. Además se realizó una evaluación económica para conocer las ventajas de su implementación en la mira de poder establecer una industria sostenible y rentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 88 lances de pesca en dos campañas, 44 en agosto y 44 en noviembre, los lances se efectuaron entre los 9

y los 37 m de profundidad, en el sector comprendido entre la Isla de Barú y el Archipiélago de San Bernardo, en la Figura 1 se muestran los lances de pesca de las dos campañas. Para la recolección de información, se siguieron los protocolos establecidos por la “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA), el “National Marine Fisheries Service” (NMFS) y el “U.S. Department of Commerce” (NMFS 1991, NMFS 1992a, NMFS 1992b, NMFS 1992c) diseñados para la evaluación de innovaciones en los equipos de pesca de arrastre de camarón. Según estos protocolos, para la certificación de las pruebas de innovaciones tecnológicas, se requieren un mínimo de 30 lances exitosos.

La evaluación de los parámetros constructivos de la red de arrastre innovada, con respecto a la red de arrastre (Tipo Japonesa) utilizada por la flota, se realizó con base en la comparación de los parámetros técnicos de cada sistema de pesca (Bucki 1981), identificando ventajas y desventajas. La resistencia al avance de las redes tradicional e innovada, se calculó mediante un método indirecto, utilizando la fórmula de origen japonés, para paños de red situados con ángulos de ataque diferentes a 0° y 90° (Bucki 1981).

Durante los experimentos se registró el consumo de combustible por lance, tanto del barco equipado con las redes tradicionales, como del barco con las nuevas tecnologías, la medición se realizó mediante flujómetros digitales instalados en la entrada y salida del combustible de las máquinas de cada barco. Los motores diésel utilizan un sistema de líneas de flujo por donde se envía y retorna el combustible. Para determinar el consumo de combustible, se mide la cantidad de flujo que retorna y se resta la cantidad del flujo que se envía (Figura 2), pero en este proceso se generan ciertas inexactitudes por la expansión que sufre el combustible debido al aumento de temperatura. Para evitar errores en esta medición se utilizaron flujómetros FloScan 7000, cuyos dispositivos poseen sistemas especiales de compensación de temperatura que permiten la

medición exacta del flujo. Para establecer diferencias entre la variable de consumo de combustible se utilizó una prueba “t” para muestras dependientes (Zar 1984, Glover y Mitchell 2002).

Características Técnicas de las Embarcaciones Pesqueras

Para la evaluación de las innovaciones tecnológicas, se utilizaron dos (2) embarcaciones pesqueras pertenecientes a la flota industrial de camarón del Caribe colombiano con puerto base en Cartagena, Colombia. Las características técnicas de estas embarcaciones se presentan en la Tabla 1.

Redes Evaluadas – Red de Arrastre Prototipo (Tecnología Innovada).

La red de arrastre innovada posee como características más representativas 55 pies de longitud en la relinga superior, con tamaños de malla (sin nudos) de 1 ¾” en el copo y de 2” a 2 ¾” en el cuerpo y las alas de la red, y calibre de hilo de 1,7 mm en el copo y de 1,2 mm en las alas (Figura 3). Para la construcción de esta red de arrastre, se utilizaron materiales que inciden directamente en la disminución de la resistencia al avance del sistema de pesca (Basto 2005). Además, el resto de elementos utilizados para el armado de la red de arrastre cumplen con las propiedades especiales para la construcción (i.e. cabo utilizado para relinga superior, cabo trenzado Amsteel Spectra que posee características de flotabilidad).

Red de Arrastre tipo Japonesa (Tecnología Tradicional)

La red tradicional de esta flota, corresponde al modelo de red Japonesa de 42 pies en la relinga superior, con paños de polietileno (con nudos), tamaños de malla de 44 mm en el copo y de 50 mm en el cuerpo, cielo y alas, calibre de hilo de 2,5 mm en el copo y de 1,9 mm en el cuerpo alas (Figura 4).

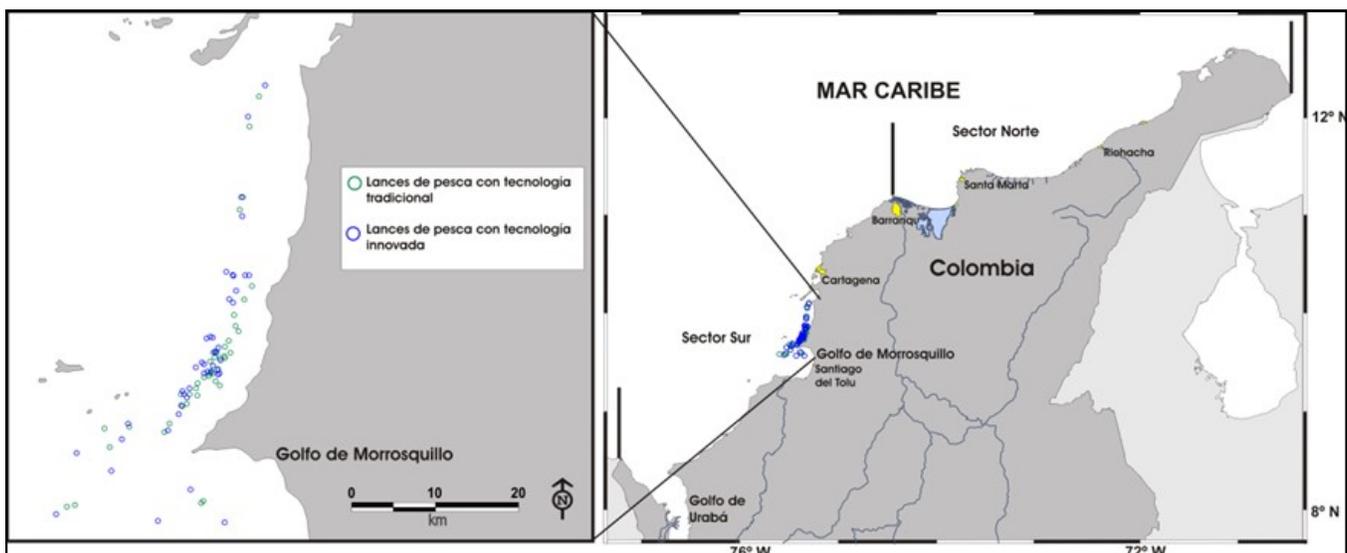


Figura 1. Ubicación de los lances en el área de pesca, efectuados durante las campañas de evaluación de las tecnologías innovada y tradicional.

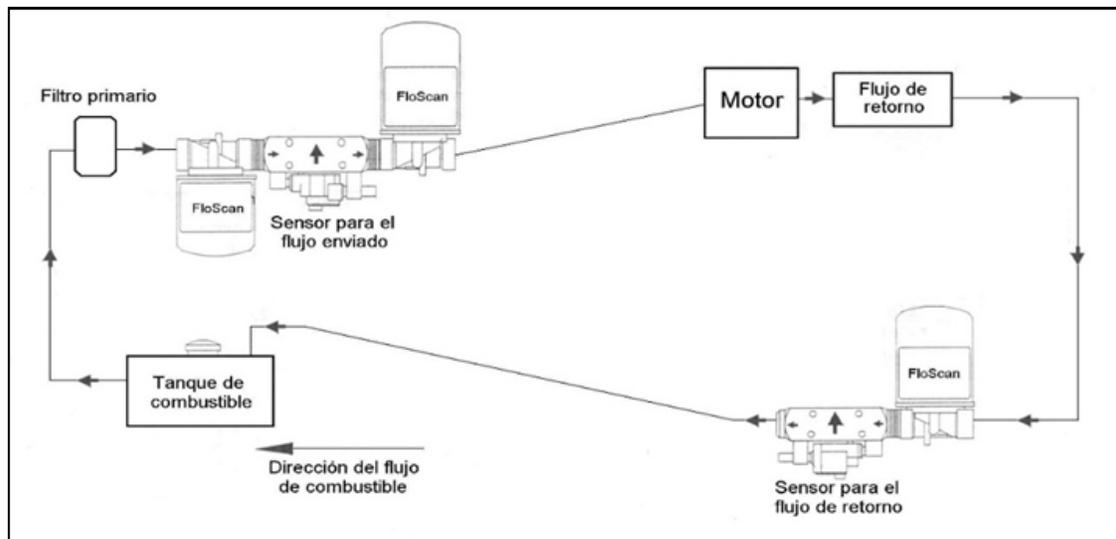


Figura 2. Disposición de los sensores del flujómetro en las líneas de flujo de combustible en los motores diésel evaluados.

Tabla 1. Características técnicas básicas de las embarcaciones pesqueras utilizadas en el ensayo.

Ítem		Don Tony	Don Víctor
Año construcción		1982	1981
Material casco		Acero	Acero
Eslora (m)		18,57	1,69
Manga (m)		6,43	6,12
Bandera		Belice	Belice
Maquinaria	Marca	Caterpillar 3408	Caterpillar 3412
	H.P.	420	420
Almacenaje		Refrigeración Mecánica	Refrigeración Mecánica
TRB		101	103
TRN		69	70

RESULTADOS

Las redes de arrastre utilizadas en los experimentos para la evaluación de las tecnologías innovada y tradicional, poseen diferencias entre sí, tanto en diseño como en construcción (Tabla 2). En términos generales, el diseño de la red innovada utiliza diferentes tamaños de malla en el cuerpo y alas, lo cual permite disminuir la resistencia al avance de la red. A diferencia de la red tradicional que utiliza el mismo tamaño de malla en las secciones del cuerpo y alas. En la Tabla 3 se comparan los principales índices técnicos de cada red. Se destaca que la red innovada posee mayor área ficticia dado que el diseño se consideró para tener una mayor área barrida.

La resistencia al avance de las redes fue calculada para diferentes velocidades de arrastre. Como un caso particular, se tomó la velocidad de 2,8 nudos como el promedio a la cual trabajan los barcos en las condiciones de mar en el área de trabajo, en ese caso la resistencia al avance calculada correspondió a 465,96 kgf para la red innovada y 485,9 kgf para la japonesa, resultando menor la de la innovada, a pesar de tener mayor tamaño de religa superior (55') que la tradicional (42') (Tabla 4).

El área barrida total en los experimentos de evaluación fue de 35,36 km², de los cuales el 57,28% fue área barrida por la tecnología innovada y el 42,72% área barrida por la

tecnología tradicional (Tabla 5), observándose que en la mayoría de los lances de pesca realizados tanto en el experimento agosto como en el experimento noviembre, la tecnología innovada obtuvo en la práctica un área barrida mayor que la tecnología tradicional.

El consumo de combustible entre las tecnologías evaluadas presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), encontrándose que la tecnología innovada redujo el consumo de combustible a razón de 2,32 gal/h con respecto a la tecnología tradicional (Figura 5).

Los costos de las redes de arrastre evaluadas en los experimentos se presentan en la Tabla 6. Las unidades de pesca operan con cuatro equipos, dos por cada banda (Zúñiga et al. 2004), encontrándose que para el sistema total de pesca, la diferencia de inversión entre las dos tecnologías es de \$ 8.569.476 (US 3,647), mientras que el valor del ingreso por capturas durante una faena de 45 días para cada barco en comparación se presenta en la Tabla 7.

Un análisis de la rentabilidad proyectado a cinco años, examinó la inversión tanto de las redes tradicionales como de las innovadas, teniendo en consideración la vida útil que corresponde a cinco años para las tradicionales y a diez para las innovadas, incluyendo en el flujo los ingresos por año, tomando como promedio 7 faenas. El valor de los costos fijos se asumió como el promedio de la base de

datos correspondiente a la operación de un año de los barcos de la Empresa Pesbocol de Cartagena, al igual que el factor correspondiente a los costos variables, sin incluir el gasto de combustible.

Al analizar la diferencia en los beneficios económicos anuales (beneficio = ingreso – costos), se observa la generación de ingresos incrementales estimados en \$ 38.353.732, lo que influye en el valor presente neto (VPN)

calculado en \$ 327.133.914, para la red innovada, con una tasa interna de retorno (TIR) de 451%, es decir, que la inversión en la red innovada de \$ 16.564.476, se recupera 4,5 veces durante un periodo anual. En términos relativos, (analizando las diferencias en las TIR), no se perciben diferencias significativas, mientras que en términos absolutos (diferencias en el VPN de cada red), se aprecia una diferencia superior al 100% en los beneficios netos (Tabla 8).

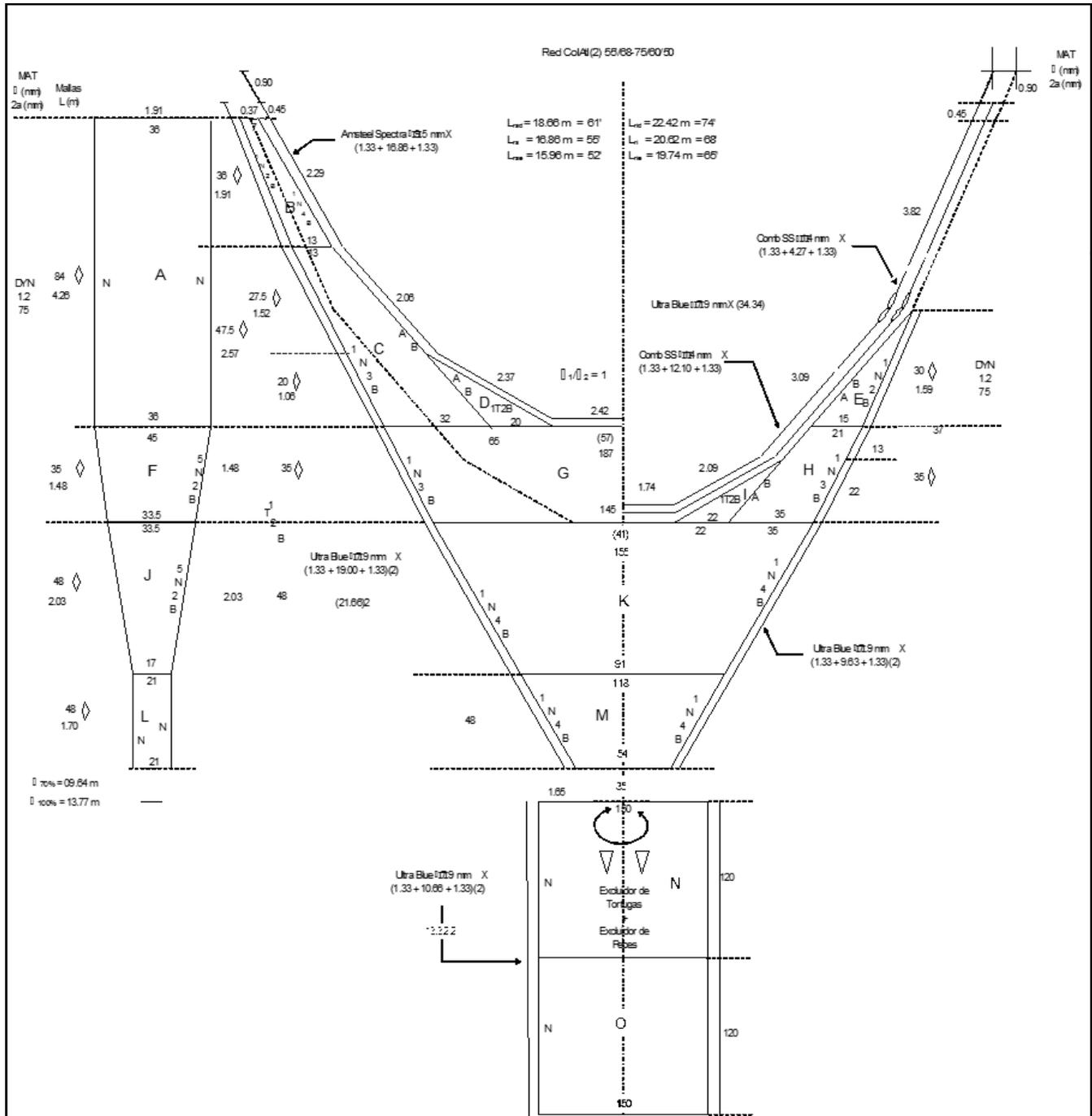


Figura 3. Plano técnico de la red de arrastre innovada.

Tabla 2. Principales características de diseño de los dos tipos de redes de arrastre comparados.

Concepto	Red tradicional tipo "Japonesa"	Red innovada de "Ultra cross spectra"
Material de construcción	Polietileno	Spectra (Silver Dynema)
Construcción del material	Torsionado - con nudos	Ultra cross -Sin nudos
Longitud de relinga superior	42'	55'
Configuración y material de relinga superior	Cabo combinado de Ø12 mm	Cabo trenzado Amsteel Spectra Ø9.5 mm
Configuración y material de relinga inferior	Cabo combinado de Ø12 mm	Cabo Combinado (tralla) SS Ø14,3 mm
Sobrerelinga inferior	-	Cabo CWWC Ultra Blue Ø8 mm
Tamaño de malla en el copo	44 mm	44 mm
Tamaño de malla en zona crítica	50 mm	50 mm
Tamaño de malla en cuerpo y cielo	50 mm	60 mm
Tamaño de malla en alas	50 mm	75 mm
Calibre de hilo en el copo	2,5 mm	1,9mm
Calibre de hilo en cuerpo y alas	1,9 mm	1,2 mm
Abertura vertical de la red	2,8 m	3,79 m
Abertura horizontal de la red	9,6 m	12,65 m
Área de la boca de la red	28,6 m	37,67 m
Rendimiento de filtración	55,09 m ³	72,56 m ³
Área ficticia de la red	94,63 m ²	118,86 m ²

Tabla 3. Principales índices técnicos de las redes comparadas.

Índice	Unidad	Red Innovada	Red tradicional
Abertura vertical de la red (Hr)	m	9,60	12,65
Abertura horizontal de la red (Brs)	m	3,79	2,88
Area de la boca de la red (Abr)	m ²	37,67	28,60
Rendimiento de filtración (Qf)	m ³ /h	7,56	55,09
Area ficticia de los paños de las redes	m ²	118,86	9,63

Tabla 4. Resistencia al avance de las redes evaluadas para diferentes velocidades de arrastre.

Velocidad de arrastre (nudos)	Resistencia al avance de la red (kgf)	
	Red prototipo (innovada) 55'	Red japonesa (tradicional) 42'
1.0	125,11	132,63
1.5	187,03	197,19
2.0	273,73	287,58
2.5	385,19	403,79
2.8	463,96	48,91
3.0	521,43	545,82

Tabla 5. Área barrida en los experimentos de evaluación por cada tecnología utilizada.

Tecnología	Experimento agosto		Experimento noviembre	
	Área barrida (km ²)	Tecnología	Área barrida (km ²)	Tecnología
Innovada	9,91	Innovada	10,35	Innovada
Tradicional	7,53	Tradicional	7,58	Tradicional

Tabla 6. Costo de las redes de arrastre evaluadas en pesos colombianos (\$) y dólares americanos (US).

Tecnología	Valor unitario		Valor 4 redes	
	\$	US	\$	US
Red innovada	4.142.369	1.762.71	16.569.476	7.050.84
Red tradicional	2.000.000	851.06	8.000.000	3.404.25

Tabla 7. Ingresos por capturas de las embarcaciones comparadas (faena de 45 días), en pesos colombianos (\$) y dólares americanos (US).

Tecnología	Ingresos faena 45 días		
	Captura (kg)	\$	US
Red innovada	3,453.75	76.738.871	32,654.84
Red tradicional	3,729.60	82.867.982	35,262.97

Tabla 8. Análisis de sensibilidad aplicado al uso de las diferentes tecnologías evaluadas.

Tecnología	TIR	VPN	Beneficio anual
Red tradicional	455%	\$ 159.183.622	\$ 36.380.001
Red innovada	451%	\$ 327.133.914	\$ 74.733.733

DISCUSIÓN

Observaciones realizadas con videocámaras realizadas por Morse (2004), confirman que el empleo de materiales sin nudo utilizados en las redes de arrastre, permiten mayor abertura en la boca de la red. De igual manera, Wray (1990) había observado que estos materiales ahorran combustible por la disminución de la fricción contra el fondo marino, lo cual se corrobora en el presente trabajo, cuyo ahorro de combustible fue de 2,23 gal/hora (25 % menos), en concordancia al trabajo realizado por Rico (2006) en el Pacífico colombiano, que evaluó este mismo tipo de material con resultados que alcanzaron un ahorro del 23 %. De igual manera, Pérez (2003) referencia que en el empleo de Ultra cross spectra en las pesquerías de México, Perú, Chile, Argentina y algunos países de Europa, se han logrado mejoras en la calidad del recurso capturado y ahorros de combustible en el orden del 10 al 35 %.

La selectividad de las artes de pesca está íntimamente relacionada con la composición real de tallas, así que la ampliación de los tamaños de mallas en el diseño de las redes de arrastre, aumenta la selectividad de estas (Sparre y Venema 1995) y dado que los tamaños de mallas de las secciones de la red de arrastre prototipo fueron mayores que las secciones de la red de arrastre tradicional, provocaron diferencias significativas de captura entre las tecnologías evaluadas (Escobar y Duarte 2010) previa estandarización por el método del área barrida (CPUA), en concordancia al estudio realizado por Rico (2006) que referencia impactos benéficos sobre la estructura de tallas y por ende en la captura de camarón.

Las diferencias de tecnología tradicional se obtuvo una captura de 24,93 % más que la pturas totales por campaña, evidencian que en la tecnología innovada, la diferen-

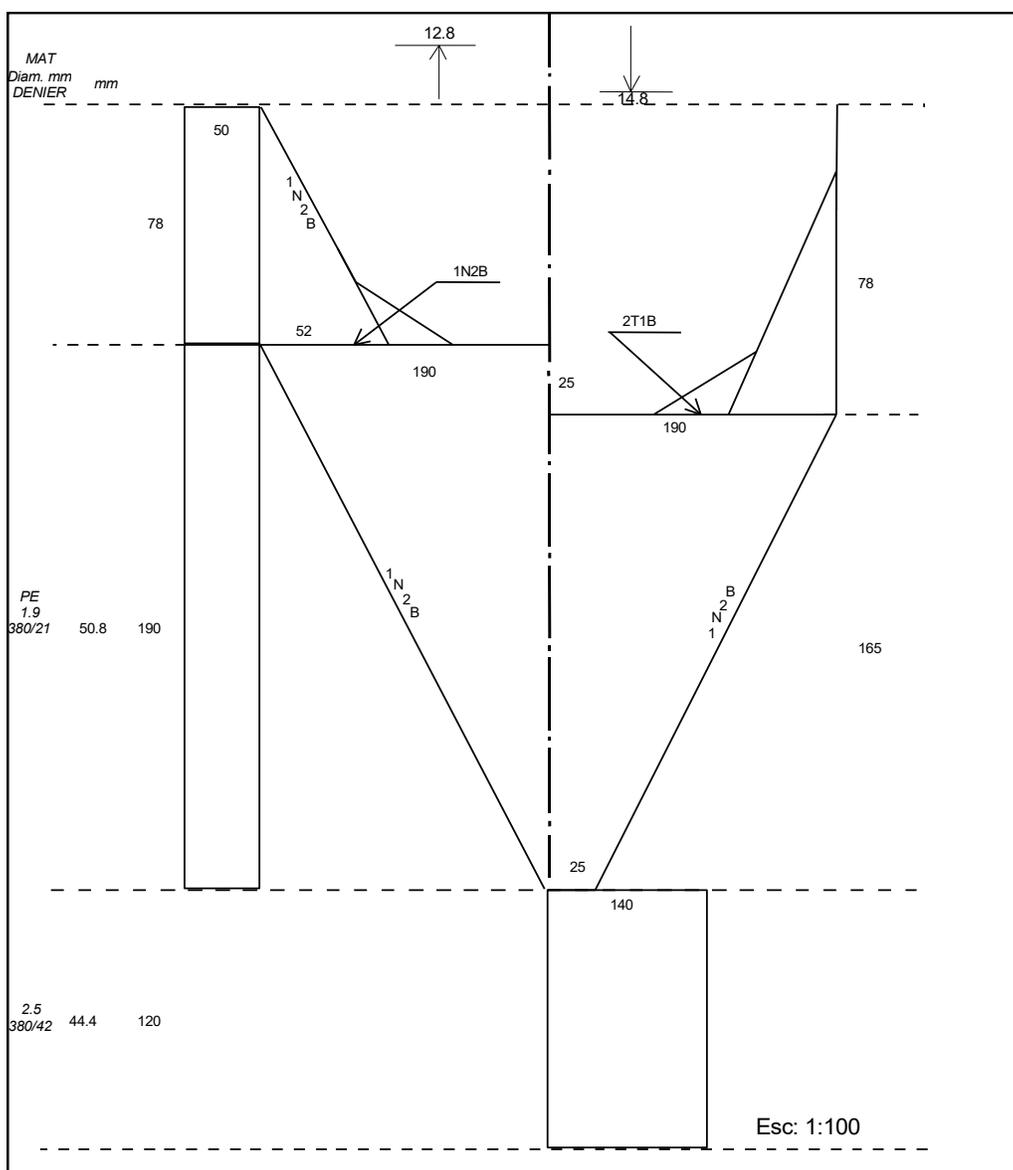


Figura 4. Plano técnico de la red de arrastre tradicional tipo Japonesa.

cia de capturas entre los experimentos se debe no solo a las diferencias de selectividad de los artes y diferencias de área barrida, también influyen la correcta calibración de los equipos de pesca innovados, los cuales después de la campaña de evaluación siguieron operando en faenas comerciales acortando la diferencia a solo el 12 %. Al hacer más selectivos los artes de pesca, ocasionan la disminución en la captura de pesca acompañante del camarón, mejorando el funcionamiento del equipo (Valentinsson 2003, Escobar y Duarte 2010), obteniendo una disminución en la captura de la pesca acompañante para este estudio de 15,72 % experimento agosto y 23,46 %, experimento noviembre.

En los casos de los barcos que utilizan redes construidas con Dyneema se ha logrado que un barco de 400 HP con estas redes pueda competir con otros de 600 - 700 HP que utilizan redes de Nylon estándar, puesto que con estos materiales se reduce la resistencia al avance y en consecuencia se puede incrementar el tamaño de la red (Pérez 2003). Siguiendo esta orientación, la red innovada del experimento se construyó con un tamaño de relinga de 55', mayor que el de la tradicional de 42', cuya área ficticia de (94,63 m²) es inferior a la innovada (118,86 m²). Sin embargo, opuso mayor resistencia al avance (545,82 kgf) que la innovada que solo fue de (521,43 kgf).

Un aspecto central en la reducción del consumo de combustible en las redes de arrastre ha sido el estudio en los cambios en los materiales (Caruso et al. 1989, Linnane et al. 2000), los cuales han disminuido los costos de operación de este tipo de pesquerías. En virtud a que el ahorro de combustible utilizando las redes de la nueva tecnología, correspondió a un 25% menos, que en dinero representa un monto aproximado de \$ 6.288.045 (US 2,2675.76) por faena, y que la inversión del montaje de las redes innovadas es de \$ 16.568.476 excediendo en \$ 8.569.476 el costo de las redes tradicionales. El análisis de rentabilidad, incluyendo los ingresos menores para la red innovada por los factores de selectividad, muestran que este excedente de la inversión se recupera en un cuarto de año, como lo indica el valor de la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) de la red innovada, demostrando que la inversión en las nuevas tecnologías tiene un doble de rentabilidad frente a las redes tradicionales, en una proyección a cinco años.

Este tipo de estrategias que combinan ahorro de combustibles fósiles y disminución de impactos sobre el by-catch, han sido incorporadas por la empresa privada demostrando éxito en la apropiación de los beneficios de incorporar los nuevos materiales, lo que se traduce en un ahorro de combustible entre el 28 y 30 %, que pueden hacer de la pesca de arrastre una actividad ecológica y económicamente sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto "Evaluación de innovaciones en la tecnología de captura de la pesquería industrial de arrastre camarónero del Caribe colombiano, con fines ecológicos y de productividad" cofinanciado por Colciencias, Universidad del Magdalena, Universidad Nacional de Colombia y el Instituto Colombiano de Desarrollo rural. Esta iniciativa hizo parte del proyecto mundial, GEF-FAO "Reduction of environmental impact from tropical shrimp trawling through the introduction of by-catch reduction technologies and change of management", Coordinado en Colombia por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, del Ministerio de Medio Ambiente.

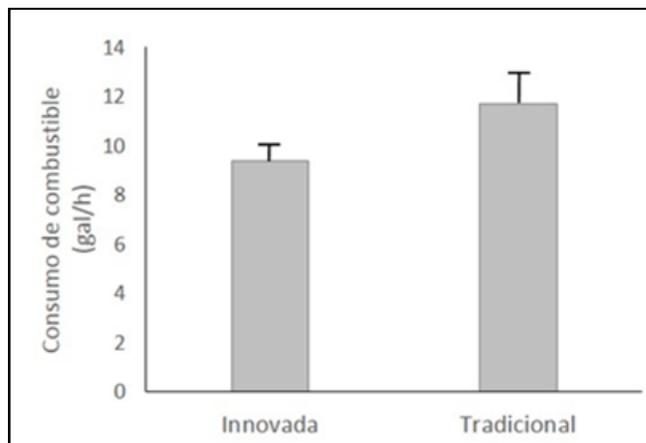


Figura 5. Comparación de la media de las tasas de consumo de combustible entre las tecnologías evaluadas. Las barras representan el error estándar.

LITERATURA CITADA

- Basto, R. 2005. Enfoque sobre el diseño, construcción y operación de redes usando nuevas tecnologías. Memorias del taller realizado en el marco del proyecto mundial "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 – UNIMAGDALENA – COLCIENCIAS – SENA – INCODER. Cartagena, Colombia.
- Bucki, F. 1981. Diseño de artes de pesca de arrastre I parte. Serie de materiales didácticos en Ciencia y Tecnología del mar. Secretaría de Educación Pública. México. 83 pp.
- Bucki, F. 1981. Principios generales de cálculo en las artes de pesca II parte. Serie de materiales didácticos en Ciencia y Tecnología del mar. Secretaría de Educación Pública. México. 77 pp.
- Bucki, F. 1981. Diseño de artes de pesca de arrastre III parte. Serie de materiales didácticos en Ciencia y Tecnología del mar. Secretaría de Educación Pública. México. 108 pp.
- Caruso, N., C. Toole., L. Massey, and C. Dewees. 1989. Test of an expanded-mesh trawl net to reduce fuel consumption in the California pink shrimp fishery. California fishing vessel fuel conservation project. Sea Grant Extension. University of California, Davis, California USA. 7 pp.
- Corbett, J.J., and H.W. Koehler. 2003. Updated emissions from oceans shipping. *Journal of Geophysical Research. Atmospheres*, **108**:197-211.
- Escobar-T., y L.O. Duarte. 2010. Reducción de la pesca acompañante en una pesquería tropical de camarón: resultados experimentales del cambio en el material de las redes de arrastre. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. **62**:83-89.
- Glover, T., and K. Mitchell. 2002. *An Introduction to Biostatistics*. McGraw-Hill, New York, New York USA. 416 pp.
- Kelleher, K., 2005. Discarding in the world's marine fisheries: an update. FAO Fisheries Technical Paper No. 470. Rome, 131 pp.
- Lloyds Register of Shipping (LR). 2010. Developing tomorrow's sustainable, shipping and the environment Lloyds. Register Engineering Service.
- 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.
- NMFS. 1991. Shrimp trawl bycatch research requirements. Southeast Fisheries Science Center, Miami, and Southeast Regional Office, St. Petersburg, Florida USA. U.S.DOC/NOAA/NMFS.
- NMFS. 1992a. Shrimp trawl bycatch characterization sampling protocol manual for data collection. Southeast Fisheries Science Center, Galveston, Texas USA. U.S.DOC/NOAA/NMFS.
- NMFS. 1992b. Evaluation of bycatch reduction devices sampling protocol manual for data collection. Southeast Fisheries Science Center, Galveston, Texas USA. U.S.DOC/NOAA/NMFS.

- NMFS. 1992c. A research plan addressing finfish bycatch in the Gulf of Mexico and South Atlantic Shrimp fisheries. Gulf and South Atlantic Fisheries Development Foundation, Inc. NOAA/NMFS Cooperative Agreements NA17FF0233-01, NA17FDO103-01.
- Pérez, M., 2003. Las redes sin nudos Ultra Cross una alternativa en la pesca de atún con redes de cerco. Estados Unidos. Panorama Acuicola online. http://www.panoramaacuicola.com/noticia.php?art_clave=17.
- Rico, F. 2006. Evaluación ecológica y económica de cambios en la tecnología de captura de camarón con redes de arrastre en aguas someras del Pacífico colombiano. Tesis de grado. Ingeniera Pesquera. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia.
- Suuronen, P., F. Chopin, C. Glass, S. Løkkeborg, Y. Matsushita, D. Queirolo, and D. Rihan. 2012. Low impact and fuel efficient fishing—Looking beyond the horizon. *Fisheries Research* **119–120**:135-146.
- Sparre, P., y S. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO. Doc. Téc. Pesca (306). Roma, Italy. 420 pp.
- Wildman, R. 1993. World fishing fleets: An analysis of distant water fleets operations, past-present-future. Vol III. National Marine Fisheries Service, Asia.
- Wileman, D. 1984. Project “Oilfish”. Investigation of the Resistance of Trawl Gear. The Danish Institute of Fisheries Technology. 42 pp.
- Wray, T. 1990. Knotless trawls reduce fuel costs and improve fish quality. *National Fisheries* **71**(3):40-42.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International. Princeton, New Jersey USA. 718 pp.
- Zúñiga, H., J. Altamar y L. Manjarrés. 2004. Caracterización tecnológica de la flota de arrastre camaronero del Mar Caribe de Colombia. Informe Técnico Proyecto EP/GLO/201/GEF. FAO-GEF-UNEP, 21 pp.
- 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. In: Zúñiga et al. (Eds.), 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, Universidad del Magdalena-INCODER-DISTA-GEF/FAO-INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 182 pp.