



**PDT - SUBPROGRAMA II – COMPONENTE A
PROYECTOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

PROYECTO S/C/OP/ 36 / 05

**"DISEÑO Y ENSAYO DE REDES ADECUADAS PARA EL ESCAPE DE
JUVENILES"**

Montevideo, Julio 2008

Resumen	5
Abstract	5
1. Introducción	6
1.1. Ordenamiento pesquero	6
1.2. La Investigación Pesquera como soporte de políticas sectoriales.....	6
1.3. Objetivos científico – técnicos.....	7
2. Situación de las pesquerías en el Río De La Plata y su Frente Marítimo	8
2.1. La pesquería de merluza y fauna acompañante	8
2.2. La pesquería de corvina y pescadilla	8
2.3. Perspectivas de desarrollo.....	9
3. Antecedentes	10
3.1. Selectividad: descripción y alternativas.....	10
3.2. Diseño y modelación.....	11
4. Modelación física de redes.....	13
4.1. Teoría de la modelación de artes de pesca.....	13
4.2. Dimensionamiento de los modelos reducidos.....	14
4.3. Dimensionamiento de los ensayos	15
4.4. Resultados con modelos a escala reducida	15
4.5. Visualización.....	17
5. Pruebas de Mar	24
5.1. Operación.....	24
5.2. Embarcaciones	24
5.2.1. B/P “Piria I”	24
5.2.2. B/I “Aldebarán”	25
5.3. Arte de pesca.....	25
5.3.1. Red de arrastre de fondo	25
5.3.1.1. Túnel convencional.....	26
5.3.1.2. Túnel de malla cuadrada.....	26
5.3.1.3. Túnel con refuerzos longitudinales y transversales	27
5.3.1.4. Sobrecopo	27
5.4. Equipo de pesca	27
5.4.1. Armado del equipo de pesca	27
5.4.1.1. Buque “Piria I”	27
5.4.1.2. Buque “Aldebarán”.....	28
5.4.2. Metodología	28

5.4.2.1. Buque “Piria I”	28
5.4.2.2. Buque “Aldebarán”	28
5.4.3. Muestreo abordó	28
5.4.4. Resultados	29
5.4.4.1. Captura	29
5.4.4.2. Selectividad	34
5.4.4.2.1. B/P “Piria I”	34
Corvina	34
Pescadilla de calada.....	36
5.4.4.2.2. B/I “Aldebarán”	37
Pescadilla de calada.....	37
6. Conclusiones	39
6.1. Ensayos con modelos	39
6.2. Pruebas de mar	39
7. Bibliografía	41

"Diseño y Ensayo de Redes Adecuadas para el Escape de Juveniles"

Jorge Freiría¹; Julio Chocca²; Yamandú Marín²; Bernardo González²; Gastón Beathyate².

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

(2) Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

Resumen

Entre los métodos de pesca utilizados por la flota pesquera nacional, la utilización de las redes de arrastre ocupa un lugar de importancia. La pesca con redes de arrastre se basa en el remolque de una red con forma de embudo que filtra el agua a través de las mallas reteniendo a los peces que se encuentran en el volumen filtrado. Las mallas que conforman la red se dimensionan para la captura de tamaños específicos de la especie objetivo; sin embargo, al ser sometidas a las tensiones del arrastre, éstas tienden a cerrarse disminuyendo tanto su abertura como la talla de los peces capturados. Este fenómeno provoca que las mallas comiencen a obstruirse por la propia captura disminuyendo gradualmente la selectividad del arte.

El objetivo de este proyecto fue ensayar un diseño de arte que permita mejorar la selectividad y por tanto permitir el mayor escape de los juveniles de la especie objetivo, cuyas tallas son menores que la de los individuos adultos. El comportamiento de los nuevos diseños fue observado utilizando modelos a escala reducida en un canal de pruebas, con la finalidad de determinar la variación en la resistencia, configuración global y características geométricas de las mallas. También se utilizaron prototipos a escala natural en pruebas de mar a los efectos de establecer índices de selectividad.

Abstract

Several fishing methods are used by the Uruguayan fishing fleet and among them, trawling nets are most commonly used. The method consists on trawling a conical net which captures fishes as long as it filters water. The nets are designed with different mesh sizes aiming at catching specific fish sizes of the target species. However, when they are subject of the trawling strain they tend to close the opening gradually and consequently the size of the specimens in the catch. This fact causes that the catch itself clog the mesh, decreasing the selectivity of the fishing gear.

The objective of the project was to test different designs of fishing gears in order to improve the selectivity of the net and allow a larger escape of the juveniles of the target species. The behavior of the gears were studied using scale models in a towing tank to test net resistance, the variations of the size of the mesh opening at different speeds and global configuration. Prototypes at real scale were used in the field to determine selectivity indexes.

1. Introducción

1.1. Ordenamiento pesquero

La Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) es la autoridad nacional competente encargada de regular el sector pesquero uruguayo. Es un programa del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) y presenta los siguientes objetivos en materia pesquera:

1. Impulsar el desarrollo de la actividad pesquera nacional y de las industrias derivadas.
2. Explotación más eficiente de las especies tradicionales, minimizando sus descartes, así como la diversificación de las capturas y el desarrollo de nuevos productos, controlando la preservación de los recursos acuáticos.
3. Desarrollo de acuicultura como alternativa productiva.
4. Manejo sustentable de las poblaciones de mamíferos marinos, y las pesquerías en pequeña escala.
5. Asegurar calidad y excelente estado higiénico-sanitario de los productos de la pesca uruguayos.
6. Realizar permanente divulgación de los resultados de estudios e investigaciones del medio acuático

1.2. La Investigación Pesquera como soporte de políticas sectoriales

Los resultados de las investigaciones llevadas adelante por la DINARA a través de sus departamentos técnicos son la base sobre la cual apoya su rol de Organismo de Referencia y le permite el cumplimiento de los objetivos mencionados.

Estas actuaciones están a cargo del Departamento de Biología Pesquera, cuyas sus investigaciones se basan principalmente en la aplicación de modelos de dinámica de poblaciones; la información procede de campañas de investigación realizadas actualmente con el B/I "Aldebarán", datos recolectados durante el muestreo biológico de los desembarques, información proporcionada por la flota pesquera y estudios oceanográficos que se realizan para determinar la influencia de parámetros abióticos sobre la distribución y la abundancia de los recursos pesqueros.

Integrante de este Departamento, el Grupo de Tecnología Pesquera se enfoca particularmente en el estudio de las diversas técnicas de captura utilizadas por la flota pesquera uruguaya y buques de bandera extranjera habilitados para realizar trabajos de pesca experimental o exploratoria.

Tiene como principal orientación el estudio de nuevas tecnologías o tecnologías poco utilizadas normalmente dirigidas a especies no tradicionales. Esto incluye la evaluación de la captura y sus efectos sobre la especie objetivo, la fauna acompañante y la interacción de la pesquería con diversos organismos.

El concurso de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad de la República (UDELAR) a través del grupo de Hidrodinámica Naval y su Canal de Pruebas Navales y Pesqueras (CPNyP) apoyan las iniciativas de desarrollo y mejoramiento de las artes como elementos tecnológicos que apuntan a un objetivo complejo, donde es necesario establecer un cuidadoso compromiso entre su eficiencia, diseño y cuidado del recurso y el medio.

1.3. Objetivos científico – técnicos

El método de pesca con *redes de arrastre* se basa en el remolque de una red con forma de embudo que filtra el agua a través de las mallas reteniendo a los peces que se encuentran en el volumen filtrado. Los paños de red con que se fabrican están confeccionados con hilos de fibras sintéticas con las cuales se tejen mallas de cuatro lados iguales, cuya configuración de equilibrio presenta una forma de rombo o “diamante”.

Las redes de arrastre que se utilizan para la captura de diversas especies de peces permiten, en forma teórica, el mayor escape de los juveniles a través de las mallas del copo o bolsa [Fridman *et al.* 1973; Wileman *et al.* 1996]. Sin embargo las mallas, al ser sometidas a las tensiones del arrastre, tienden a cerrarse disminuyendo de esta forma su abertura. Al mismo tiempo, a medida que el extremo del túnel o copo se va cargando de peces, las mallas son obstruidas por estos mismos, ya sea porque quedan trabados en las mallas (enmallados) o porque producen un bloqueo de la malla al quedar apoyados sobre la misma.

Las redes de gran tamaño poseen túneles y copos extensos con amplias superficies de red, siendo dificultoso para el pez encontrar áreas de escape. Es necesario por tanto crear un mecanismo que le permita a éste ubicar esta zona. Este es el objetivo de este trabajo, con un enfoque en la variación del diseño de las redes de arrastre, introduciendo modificaciones que permitan mejorar la selectividad y de esta manera el mayor escape de los juveniles de la especie objetivo.

2. Situación de las pesquerías en el Río De La Plata y su Frente Marítimo

La confluencia de la corriente fría de Malvinas con la corriente cálida de Brasil y el aporte del sistema continental a través del Río de la Plata, conforman un ecosistema marino complejo con gran diversidad de hábitat para especies acuáticas, de donde resulta que en el Río de la Plata y su Frente Marítimo se encuentran especies de gran relevancia comercial como la merluza, la corvina y pescadilla, principales especies objeto de la pesquería de arrastre. Estos y otros recursos son compartidos con la República Argentina y administrados por diversas comisiones binacionales.

Las capturas uruguayas realizadas en este ecosistema ascienden a 100.000 ton/año. La política nacional procura preservar los recursos pesqueros manteniendo un nivel de abundancia poblacional mediante la regulación de la mortalidad por pesca, de forma tal que se satisfagan objetivos específicos, ya sean biológicos, económicos o sociales.

2.1. La pesquería de merluza y fauna acompañante

Esta pesquería sufrió una importante reducción de la flota pasando de 36 barcos en 1995 a 28 en 2000. Las capturas por parte de la flota uruguaya fueron residuales hasta el año 1974, inferiores a 10.000 ton/año, pero luego del establecimiento del Programa de Desarrollo Pesquero (1974) y el del Tratado del Río de la Plata, aumentaron significativamente a 22.500 toneladas en 1977, 41.300 en 1978 alcanzando un máximo de 97.200 en 1985. A partir de ese año se aprecia una caída sostenida de los desembarques que llegaron a 27.000 toneladas en 2001 (Tabla 1).

Tabla 1 - Evolución anual de la captura de merluza (ton x 1000) (Fuente FAO, 2003)

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Merluza	55,8	98,9	74,5	69,9	57,0	57,8	57,9	48,4	49,1	32,0	27,7	27,8

La disminución de las capturas refleja una disminución significativa de su biomasa poblacional total. Las investigaciones pesqueras de la DINARA muestran una disminución notable de la biomasa migratoria que penetra estacionalmente en la Zona Común de Pesca Argentino – Uruguay (ZCPAU) desde el Mar Argentino.

2.2. La pesquería de corvina y pescadilla

La flota Categoría B, cuyas especie objetivo son la corvina y pescadilla, está constituida por 33 embarcaciones que operan mediante la modalidad de arrastre en pareja. Entre 1993 y el presente se sustituyeron la mayor parte de las embarcaciones antiguas de casco de madera, por unidades más modernas. En los últimos años, como consecuencia de la baja en el rendimiento pesquero se hizo necesario aumentar los días en el mar y adicionalmente mejorar la capacidad de refrigeración.

Estudios realizados por DINARA indican que las poblaciones de corvina están siendo explotadas a los niveles máximos de producción por lo cual en el seno de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (CTMFM) se han adoptado medidas de protección de este recurso principalmente, estableciendo cuotas para la extracción anual del mismo.

En cuanto a la pescadilla cabe destacar que no se ha superado el valor estimado de Captura Máxima Sostenible.

La Tabla 2 muestra la evolución de las capturas de corvina y pescadilla de la flota uruguaya entre 1990 y 2001.

Tabla 2 - Evolución histórica de las captura total (industrial y artesanal) de corvina y pescadilla (ton x 1000) (Fuente FAO, 2003)

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Corvina	17,50	26,50	28,30	25,80	29,00	29,50	25,70	23,70	22,30	14,60	24,10	27,30
Pescadilla	5,70	7,60	8,80	7,00	10,30	13,40	12,37	15,20	15,30	8,40	13,40	10,90

2.3. Perspectivas de desarrollo

Todos los operadores y autoridades coinciden en que no se vislumbran perspectivas alentadoras en cuanto a la posibilidad de incrementar las capturas. Los Armadores Pesqueros argumentan que el alejamiento del recurso de la zona costera implica períodos de pesca o “mareas” más extensas, y aún en esas condiciones la capacidad de captura sigue disminuyendo con el tiempo. Por su parte los organismos de control de la actividad han detectado que la mayoría de las especies se encuentra en estado de máxima explotación permisible e incluso algunas muestran evidencias de sobreexplotación.

Las posibilidades de aumentar el valor de las exportaciones pasan por lograr productos de mayor valor agregado o adoptar tecnologías de procesamiento que permitan el acceso a mejores mercados. La sustentabilidad de las capturas así como de las exportaciones depende de la estrategia de ordenación de las pesquerías en el marco del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo y del éxito que se alcance en el manejo sustentable de las poblaciones.

3. Antecedentes

3.1. Selectividad: descripción y alternativas

La red de pesca junto con el *aparejo* (portones, cables, flotadores, etc.) forma parte de una infraestructura mayor constituida por varios elementos que incluyen la maquinaria de manejo del mismo (guinches), el propio buque, equipamiento electrónico de detección, los peces objeto de la captura, y el propio medio ambiente donde se desarrolla la actividad.

Este es un sistema complejo donde interactúan seres vivos, elementos de la naturaleza, dispositivos de pesca y elementos flotantes autopropulsados. Como se hace evidente, hacer compatibles los factores aportados por cada uno de estos elementos no es una tarea sencilla, estando la eficiencia del mismo asociada al entendimiento profundo del funcionamiento individual y los mecanismos de interacción entre ellos.

El grado de efectividad del aparejo de pesca, incluyendo la red, se evalúa a través de diversos índices. Índices teóricos como la *eficiencia de pesca absoluta* tienen en cuenta la cantidad de peces N_0 capturados en una población teórica de N individuos. Un índice comparativo definido como *captura relativa* o simplemente *eficiencia pesquera* toma en cuenta las capturas realizadas con la red estudiada y una red patrón. En cualquiera de los casos las medidas tienen que ver con la definición técnica del término eficiencia de un dispositivo mecánico, sin tener en cuenta la calidad del recurso capturado.

Esta última deberá ser evaluada por su *selectividad*, índice que se define como la propiedad de un arte de pesca de capturar determinadas especies o tamaños de peces, de poblaciones en las que se encuentran mezcladas diferentes tallas de una misma especie o donde comparten la misma zona la especie objetivo y otras que no se desean capturar.

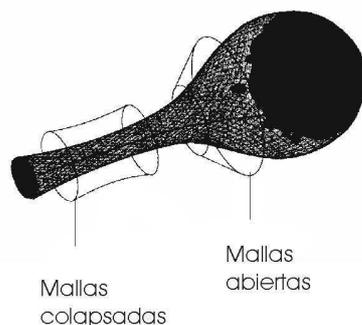
Existen diferentes dispositivos dirigidos a mejorar la selectividad de las artes de arrastre. Para que resulten efectivos, es necesario que se cumplan las siguientes premisas:

Los peces no deseados de la captura en el copo deben tener múltiples oportunidades durante el arrastre de encontrar las zonas de escape.

El pez debe escapar sin traumas para permitir su supervivencia.

Las tallas objetivo deben ser retenidas con eficiencia.

Las especies deben ser retenidas en las mejores condiciones posibles para obtener un producto de calidad.



Los túneles tradicionales tienen una forma cilíndrica y los paños están confeccionados con malla en forma de rombo o diamante, los cuales se deforman al cargarse con la captura.

La deformación típica consiste en un estrangulamiento en una zona

Fig. 1 - Túnel de una red convencional, con efecto bulbo
[Fuente: Freeman, 1992]

anterior a la bolsa, en el extremo posterior del túnel donde se concentra la captura [Freeman, 1992] (Fig. 1), formando un bulbo que aumenta la resistencia del aparejo, mientras que el colapso de las mallas en la zona estrangulada impide el escape de los individuos de menor tamaño.

Una forma de evitar esta deformación es la técnica usada en los arrastreros del Mar de Behring, que consiste en adosar refuerzos de cabos longitudinales y transversales que soportan los esfuerzos del arrastre, en lugar de tener hacerlo los hilos de la propia red, permitiendo de esta manera que no se desforme la configuración de las mallas [Barea *et al.*, 1997; Freeman, 1992] (Fig. 2).

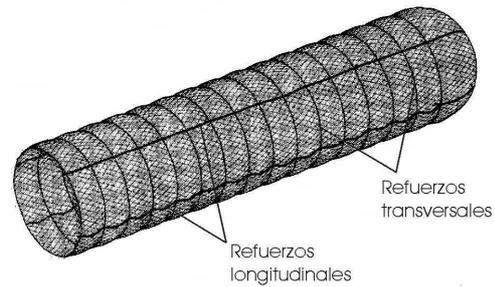


Fig. 2 - Disposición de los cabos de refuerzo longitudinales y transversales en túnel [Fuente: Freeman, 1992]

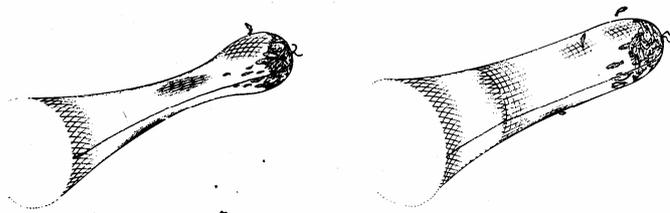


Fig. 3 - Túnel de una red convencional (izq.) y túnel construido con malla cuadrada (der.) [Fuente: Robertson, 1993]

Otra alternativa son las "ventanas" de malla cuadrada, las cuales por su disposición en el armado de los paños del túnel y bolsa, no están influenciadas en su abertura por las tensiones del sistema [Robertson, 1993] (Fig. 3).

Las curvas de retención o selectividad que se obtienen mediante la utilización de este tipo de mallas se acercan en un mayor grado hacia la situación ideal que aquellas que se gestan a través de las mallas con forma de diamante.

Las curvas de retención o selectividad que se obtienen

Una solución diferente es la inclusión de los llamados DRCA (Dispositivos Reductores de Capturas Accidentales). Estos sistemas consisten en grillas o rejas construidas con elementos resistentes que evitan su deformación debido a la tensión del arrastre; estos dispositivos realizan un filtrado de los peces consiguiendo una selectividad relativamente eficiente por tamaño en función de la luz de la grilla. Basados en estos principios en la actualidad se trata de desarrollar dispositivos con grillas que permitan acercarse cada vez más a la selectividad ideal, ya sea por rendimiento propio o como un complemento de los copos o bolsas de las redes de arrastre, permitiendo que los ejemplares juveniles de peces puedan escapar de la red antes de ingresar al copo [Larsen R.B, Isaksen,B. 1993].

Este tipo de elementos son de gran eficacia en pesquerías monoespecíficas pero pierden efectividad en pesquerías multiespecíficas como es el caso de estudio, por lo que fue descartada su utilización en este caso.

3.2. Diseño y modelación

El diseño de las redes de arrastre se puede realizar mediante pruebas sucesivas de ensayo y error modificando prototipos en tamaño real, lo cual implica que el proceso sea lento, engorroso y sumamente costoso. Una alternativa a este proceso consiste en reproducir los prototipos a escala reducida y las condiciones hidrodinámicas en condiciones de laboratorio.

La modelación de artes de pesca de arrastre involucra el estudio de un modelo reducido del arte prototipo del cual se quiere determinar su comportamiento en ciertas condiciones durante la operación de pesca [Fridman, 1969].

La efectividad de estos estudios depende de la estricta observancia de las leyes de similitud, las cuales expresan relaciones entre las magnitudes físicas del modelo y el prototipo que intervienen en el fenómeno a estudiar [Freiria *et al.*, 1997].

Estos estudios son llevados a cabo en túneles de agua circulante, canales de prueba o túneles de viento entre otros, logrando de esta manera reducir el tiempo y costo del trabajo. Los modelos construidos obedeciendo a los criterios de similitud permiten medir con exactitud las variables en el comportamiento del modelo, así como observar directamente y mejorar la forma de la red y sus partes, detectar insuficiencias en su diseño y armado, y visualizar el efecto de las innovaciones [Fridman, 1973]. Sin embargo, no es posible simular los peces y su comportamiento para estudios de selectividad, por lo cual al final del proceso se hace indispensable la realización de pruebas de mar con el prototipo.

4. Modelación física de redes

4.1. Teoría de la modelación de artes de pesca

Los modelos a escala reducida se deben construir siguiendo las reglas de la modelación y las condiciones de similitud.

La primera condición que deberá ser observada es la similitud geométrica. Las dimensiones generales (tamaño) del modelo y prototipo deberán estar a una escala definida como escala geométrica e_L . Esta escala global exige un compromiso entre el tamaño del modelo y la sección de flujo, de tal manera que se recomienda que la sección de bloqueo sea inferior al 30% de la sección del canal. La similitud geométrica se completa estableciendo que los ángulos en modelo y prototipo se mantienen iguales para elementos correspondientes.

Otro aspecto a tener en cuenta para dimensionar los modelos es un fenómeno relacionado con el tren de ondas generado por el obstáculo que se mueve a una determinada velocidad en un canal donde el fluido está acotado por paredes laterales, imponiendo una restricción en la dimensión longitudinal.

Teniendo en cuenta estas limitantes se puede establecer una escala de trabajo de 1:3, resultando que para las dimensiones máximas de los túneles prototipo, de 6.00 m de longitud y 1.50 m de diámetro, las dimensiones aproximadas del modelo resultan en 2.00 m de longitud y un diámetro de 0.50 m.

La determinación de la escala de velocidades, el diámetro del hilo y el tamaño de malla resulta una solución de compromiso que contemple la utilización de velocidades manejables en la instalación con diámetros y tamaños de malla disponibles para la confección de los modelos. Las relaciones entre estas dimensiones están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$e_v = \sqrt{\frac{\Phi_m \cdot (\rho_m - \rho_a)}{\Phi_p \cdot (\rho_p - \rho_a)}}$$
$$\frac{\Phi_m}{\Phi_p} = \frac{a_m}{a_p} = e_M$$

donde

e_v es la escala de velocidades

e_M es la escala de malla (no necesariamente debe coincidir con e_L)

Φ es el diámetro del hilo

a es el tamaño representativo de la malla,

subíndices m y p corresponden a modelo y prototipo respectivamente.

Para la interpretación de los resultados del canal, la escala para la modelación de las fuerzas, en particular el arrastre (drag) del modelo, se calcula mediante la formulación:

$$e_F = e_L^2 \cdot e_v^2 = \frac{F_m}{F_p}$$

Por otro lado, la configuración geométrica de las deformaciones en el modelo proporciona directamente a escala el conjunto de deformaciones que se producirán en el prototipo; estas deformaciones se observan y dimensionan directamente en los registros gráficos de los ensayos.

4.2. Dimensionamiento de los modelos reducidos

Se seleccionó como arte representativo una red de arrastre convencional, tradicionalmente utilizadas por la flota pesquera de arrastre costero durante su operación en los caladeros.

Esta red se confeccionará de forma similar en su forma, diseño y materiales de construcción a las utilizadas tradicionalmente por los buques pesqueros comerciales. Se contó con planos detallados de las mismas, los que serán utilizados para construir los modelos reducidos y prototipos para los ensayos durante las pruebas de mar a escala natural.

La red de arrastre de fondo a ser utilizada durante las pruebas de mar tiene cuatro planos, la relinga superior mide 12.5 m, la inferior 15.15 m, la abertura de malla disminuye progresivamente de 120 mm en la boca hasta 100 mm en el copo. El material de construcción de los paños es Polysteel® de 2.0 y 2.5 mm, a excepción del copo en que se teje con hilo de 3 mm. La longitud total del túnel de la red es de aproximadamente 6.0 m, y se arrastra a velocidades cercanas a los 3,0 nudos.

La sección a modelar en el Canal de Pruebas fue el túnel y copo, a escalas convenientes para las cuales se obtenga el mejor tamaño compatible con las relaciones de bloqueo de la instalación.

En función del objetivo general, como fue reseñado anteriormente, se introdujeron modificaciones en el túnel que permitieran mantener la apertura de la malla de forma de facilitar el escape de los individuos juveniles, optándose por 3 diseños (Fig. 4):

1. Túnel y copo de red con malla diamante denominado convencional.
2. Túnel confeccionado con malla cuadrada, las cuales no se deforman con las cargas ya que los esfuerzos son soportados por las barras longitudinales de esta [Robertson, 1986; Erhardt *et al.*, 1996].
3. Inclusión de refuerzos longitudinales y transversales en túnel de red convencional, que resisten los esfuerzos de los paños evitando que se deforme la configuración original de las mallas permaneciendo armadas en su coeficiente de armado original [Freeman, 1992].

El primero de los modelos corresponde al diseño convencional de malla en forma de diamante; la primera variación fue confeccionada con la misma malla girada de manera que la orientación conforma una malla cuadrada; el tercer túnel es idéntico al primero, reforzado con tensores longitudinales y anillos transversales (estrobos).

La escala geométrica utilizada fue $e_L = 1 : 3$ para túnel y copo. Se seleccionó un paño de malla de 36 mm de luz entre nudos, confeccionado en poliamida de 1.52 mm de diámetro; la relación entre el tamaño de malla y el diámetro del hilo, a / ϕ , escala de velocidades y escala de fuerzas que se obtienen finalmente serán:

Relación dimensional malla, a_m / Φ_m	k
Escala de Velocidades, e_v	1.063
Escala de Fuerzas, e_F	10.187

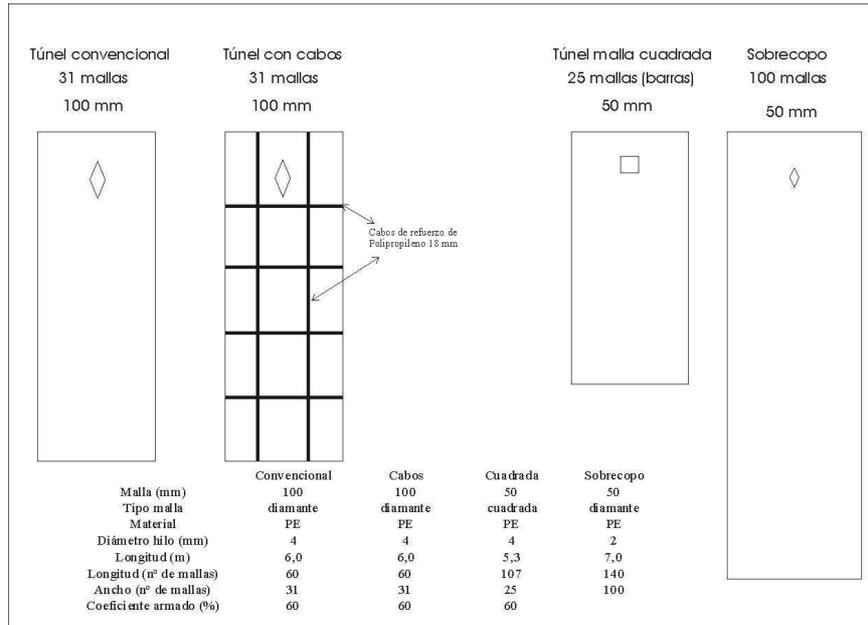


Fig. 4 - Planos de los túneles en sus diversas conformaciones y del sobrecono

4.3. Dimensionamiento de los ensayos

Se consideró un rango de velocidades para las operaciones de pesca entre 2.5 y 4.5 nudos, correspondiendo para las pruebas del canal, a la escala de velocidades definida, un rango entre 1.37 y 2.46 m/s aproximadamente del carro dinamométrico.

Cada modelo fue ensayado en dos situaciones: 1) configuración sin carga; 2) configuración con carga, simulando captura en el extremo del túnel.

Durante las pruebas se midió la resistencia de cada modelo en cada una de las situaciones y a las diferentes velocidades, siendo fotografiados y filmados bajo el agua.

4.4. Resultados con modelos a escala reducida

Los resultados de las resistencias obtenidas para cada caso se muestran en la Tabla 3, graficándose los valores correspondientes en las Fig. 5 y Fig. 6.

Tabla 3 – Resistencia del modelo en función de la velocidad

Resistencia Modelo (kg)	Velocidad (m/s)			
	1,3	1,6	2,0	2,4
Malla común s/carga	9,0	11,1	16,5	23,0
Malla común c/carga	11,5	17,9	22,7	34,9
Malla cuadrada s/carga	5,0	9,5	14,0	20,5
Malla cuadrada c/carga	9,2	11,3	18,4	28,3
Malla común reforzada s/carga	13,6	19,6	25,9	37,2
Malla común reforzada c/carga	18,2	27,1	41,7	53,9

Estudio Comparativo sin Carga

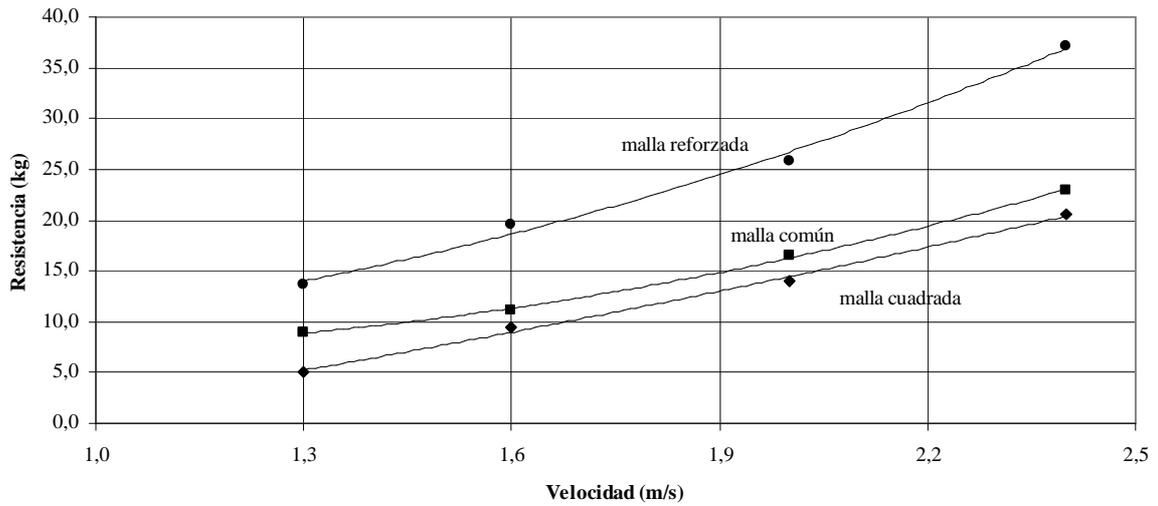


Fig. 5 - Resistencia de modelos en condiciones libre de carga

Estudio Comparativo con Carga

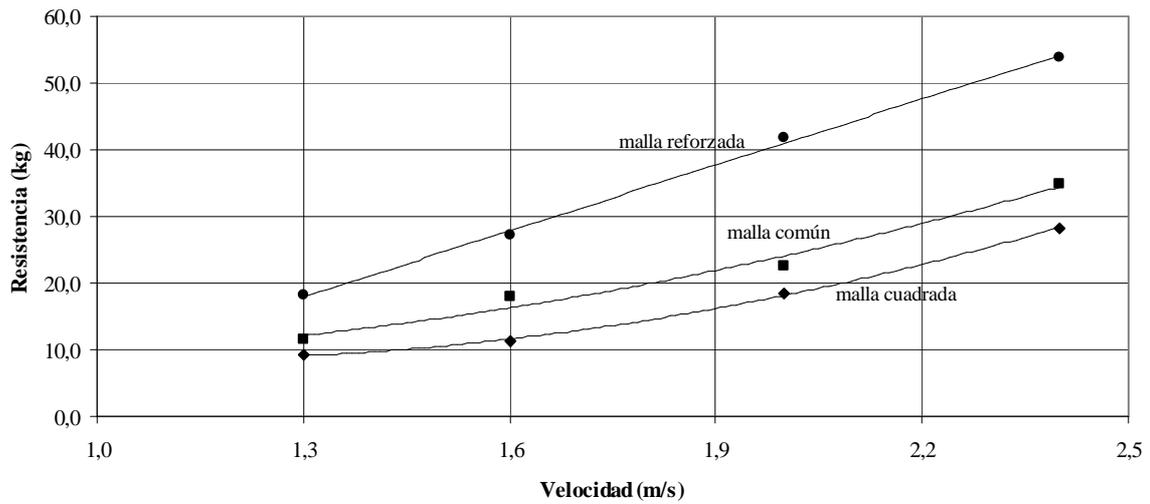


Fig. 6 - Resistencia de modelos en condiciones de carga

La correlación de estos valores resulta en los valores de resistencia de los prototipos de túnel y copo que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 – Resistencia del prototipo

Resistencia Prototipo (ton)	Velocidad (nudos)			
	2,69	3,31	4,14	4,96
Malla común s/carga	0,092	0,113	0,168	0,234
Malla común c/carga	0,117	0,183	0,231	0,356
Malla cuadrada s/carga	0,051	0,097	0,142	0,209
Malla cuadrada c/carga	0,094	0,115	0,188	0,288

Malla común reforzada s/carga	0,139	0,200	0,264	0,379
Malla común reforzada c/carga	0,186	0,276	0,425	0,549

4.5. Visualización

Los contenidos de Tabla 5 a Tabla 7 muestran imágenes representativas de los extremos de los modelos de túneles ensayados para las distintas velocidades en su configuración sin carga y con carga simulada.

Por su parte, en la secuencia de imágenes incluidas en Tabla 8 a Tabla 10 se observa en forma más detallada una sección del túnel donde se puede comparar la deformación de las mallas para las distintas velocidades y configuraciones.

Estas fotografías fueron tomadas con un dispositivo subacuático fijado a través de una armadura al carro dinamométrico; si bien éste permaneció en una posición fija durante todos los ensayos, los modelos tomaron diferentes posiciones espaciales en cada uno de ellos, por lo cual en la mayoría de los casos la posición relativa es diferente.

Tabla 5 - Modelo de Red Tradicional

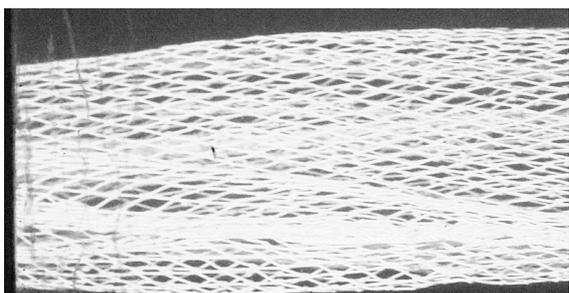


Fig. 7 - 1.3 m/s sin carga

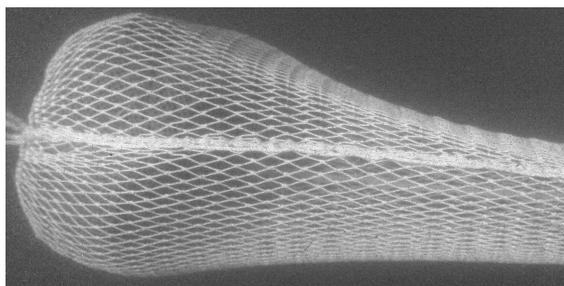


Fig. 8 - 1.3 m/s con carga

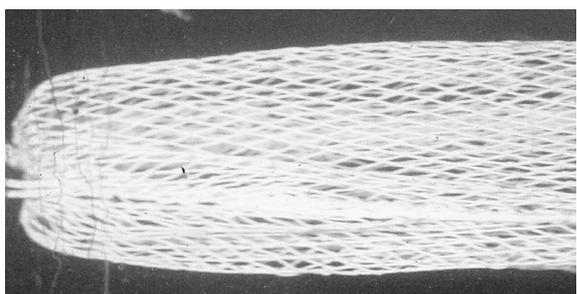


Fig. 9 - 1.6 m/s sin carga

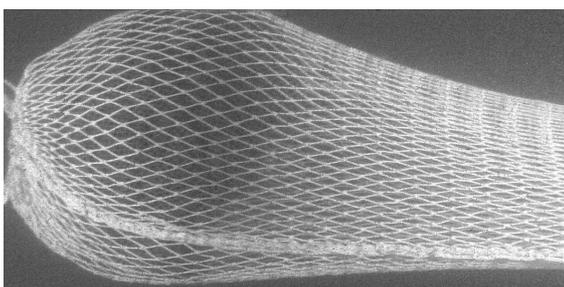


Fig. 10 - 1.6 m/s con carga

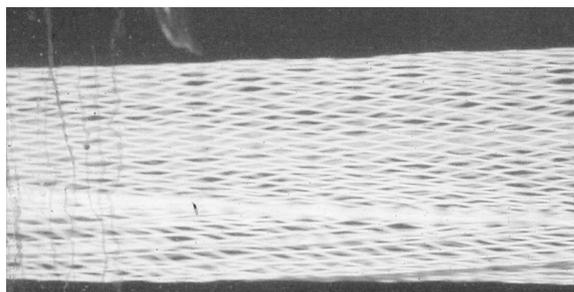


Fig. 11 - 2.0 m/s sin carga

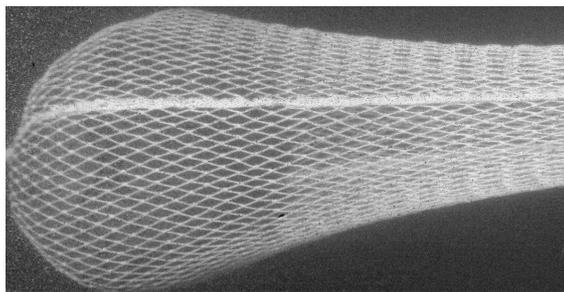


Fig. 12 - 2.0 m/s con carga

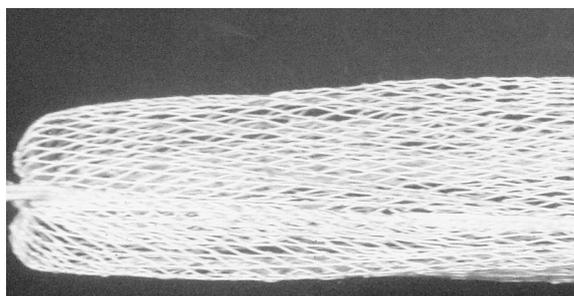


Fig. 13 - 2.4 m/s sin carga

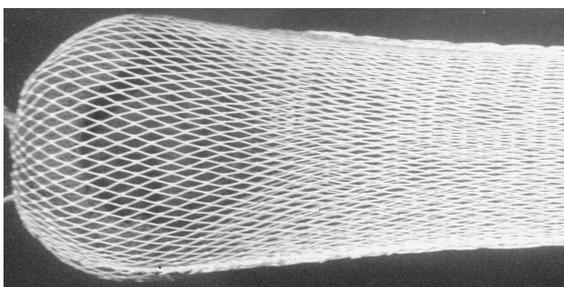


Fig. 14 - 2.4 m/s con carga

Tabla 6 - Modelo de Red de Malla Cuadrada

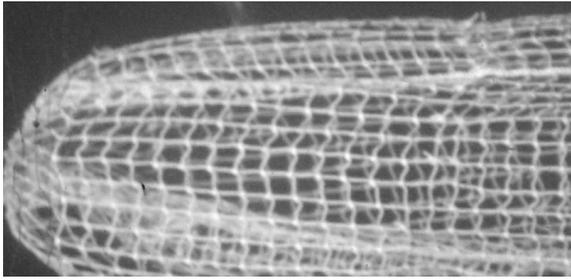


Fig. 15 - 1.3 m/s sin carga

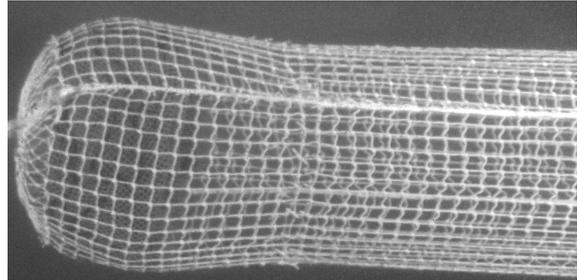


Fig. 16 - 1.3 m/s con carga

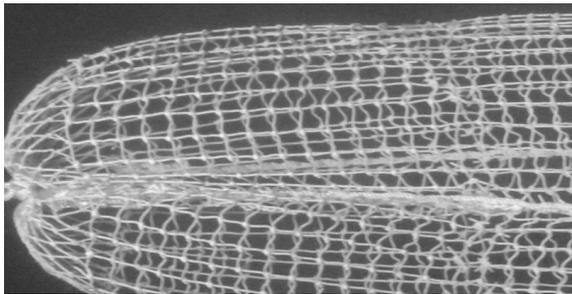


Fig. 17 - 1.6 m/s sin carga

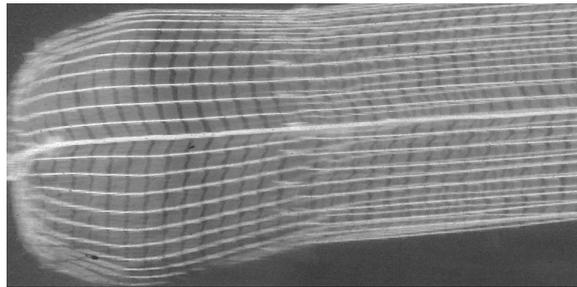


Fig. 18 - 1.6 m/s con carga

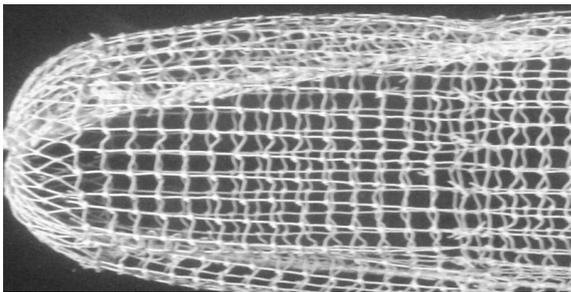


Fig. 19 - 2.0 m/s sin carga

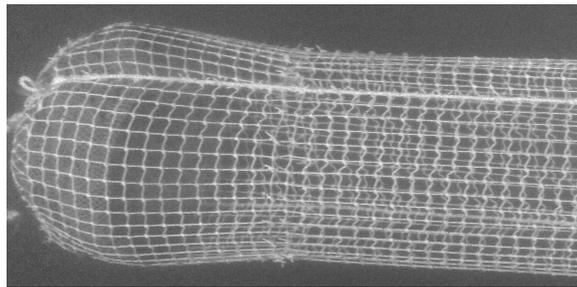


Fig. 20 - 2.0 m/s con carga

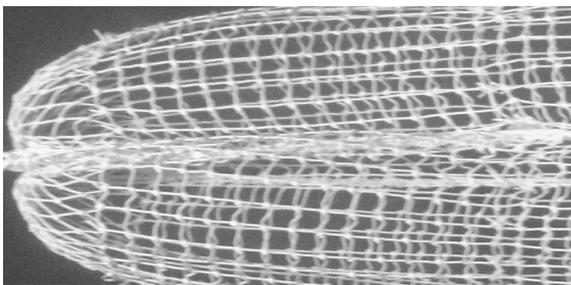


Fig. 21 - 2.4 m/s sin carga

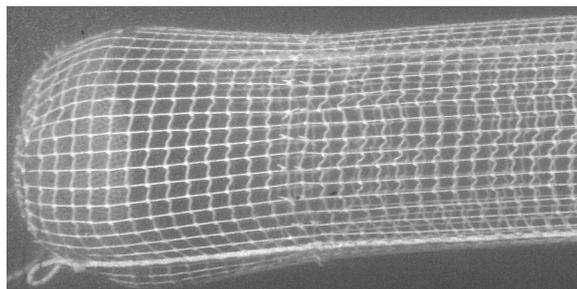


Fig. 22 - 2.4 m/s con carga

Tabla 7 - Modelo de Red Tradicional Reforzada

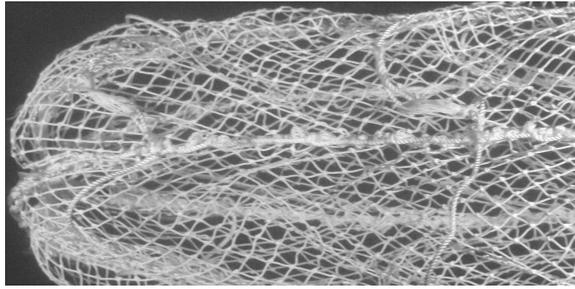


Fig. 23 - 1.3 m/s sin carga

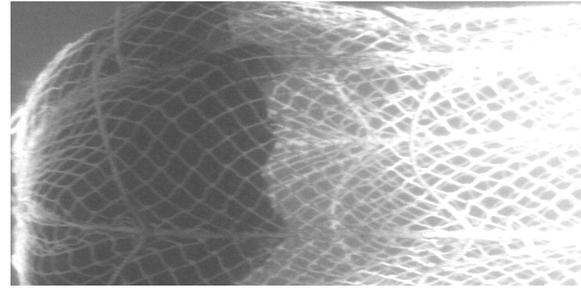


Fig. 24 - 1.3 m/s con carga

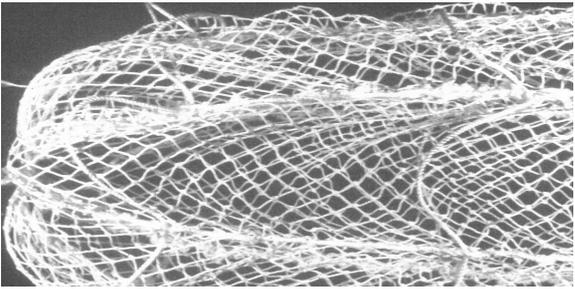


Fig. 25 - 1.6 m/s sin carga

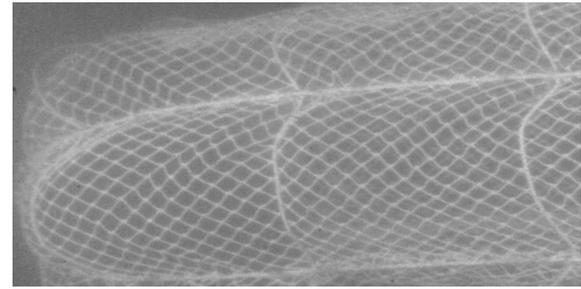


Fig. 26 - 1.6 m/s con carga

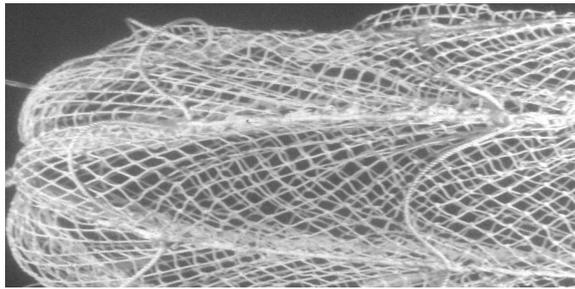


Fig. 27 - 2.0 m/s sin carga

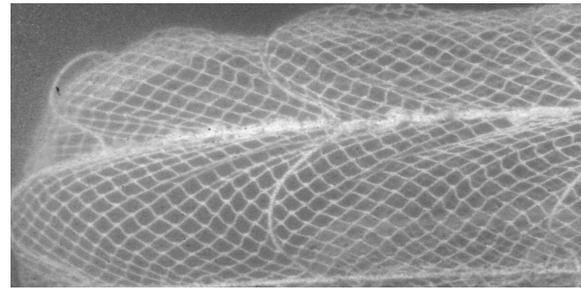


Fig. 28 - 2.0 m/s con carga

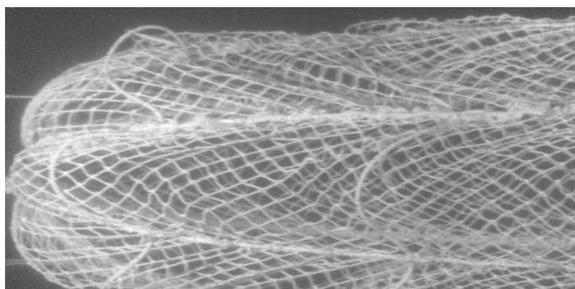


Fig. 29 - 2.4 m/s sin carga

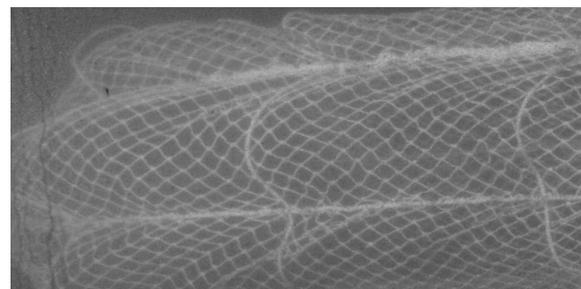


Fig. 30 - 2.4 m/s con carga

Tabla 8 – Tamaño de Mallas de Red Tradicional

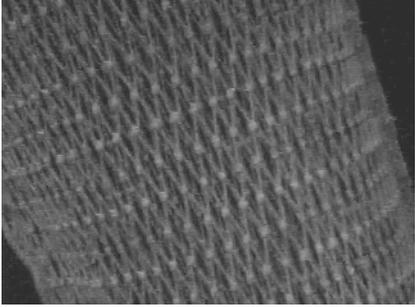
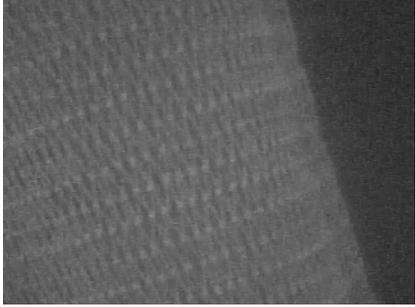
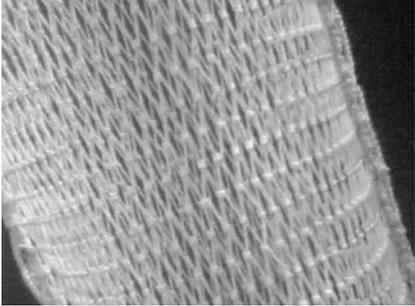
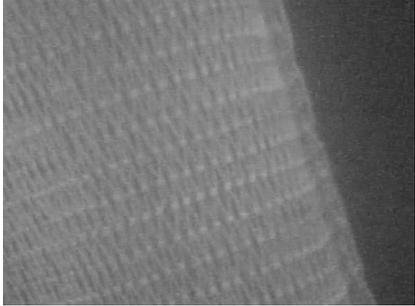
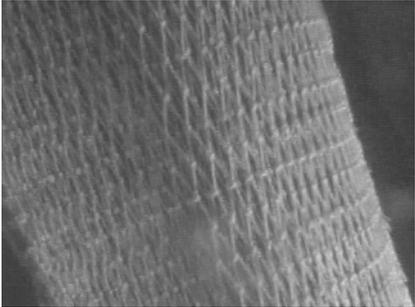
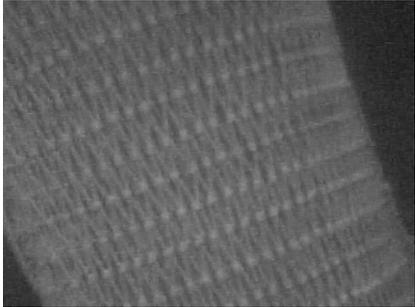
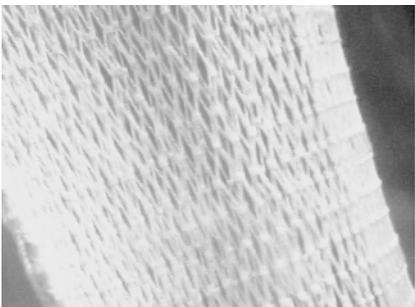
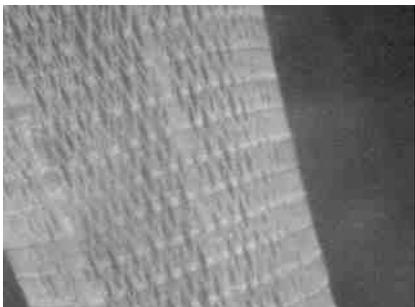
 <p>Fig. 31 - 1.3 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 32 - 1.3 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 33 - 1.6 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 34 - 1.6 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 35 - 2.0 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 36 - 2.0 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 37 - 2.4 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 38 - 2.4 m/s con carga</p>

Tabla 9 - Tamaño de Mallas, Red de Malla Cuadrada

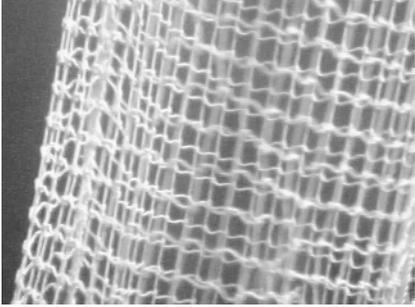
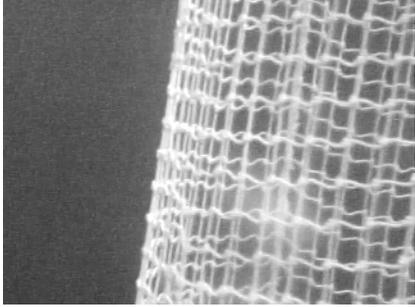
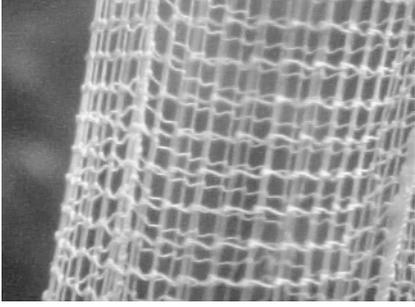
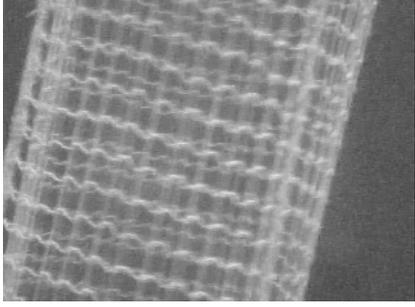
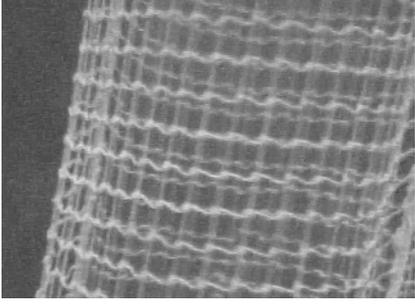
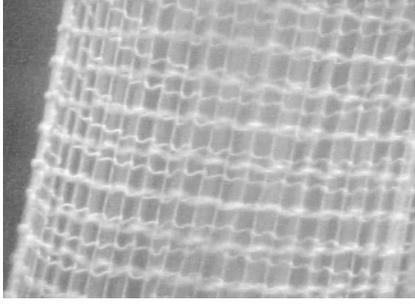
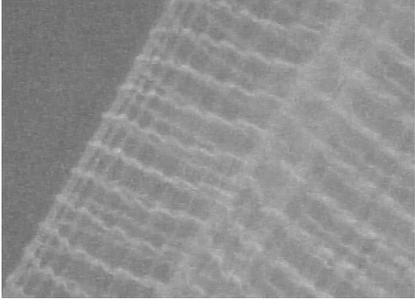
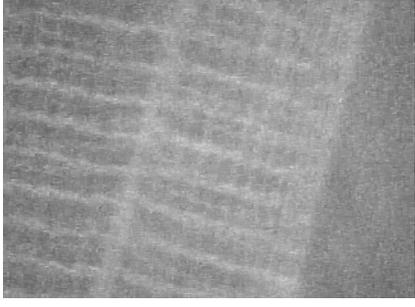
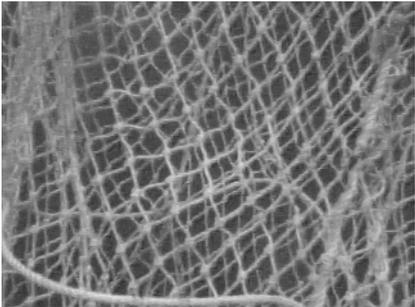
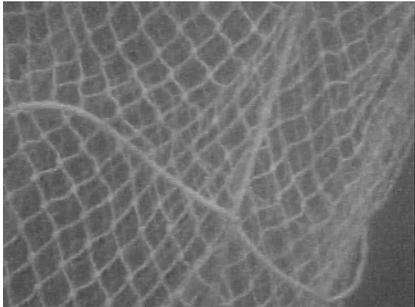
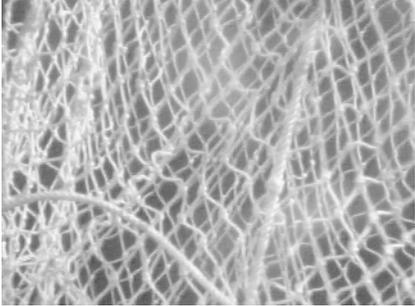
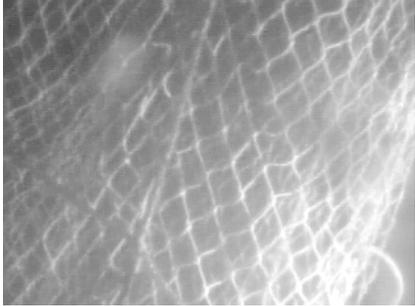
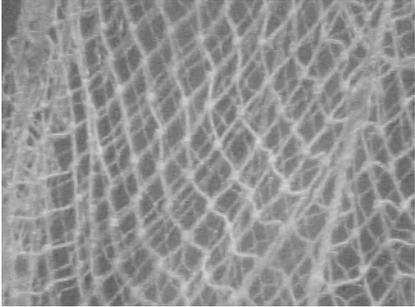
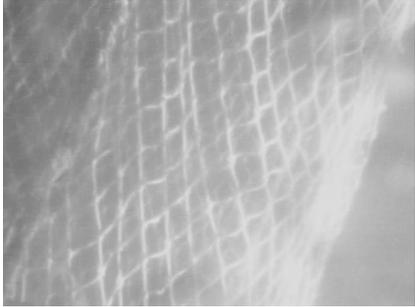
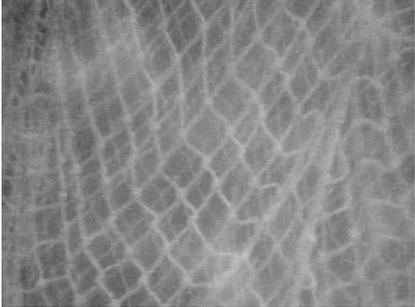
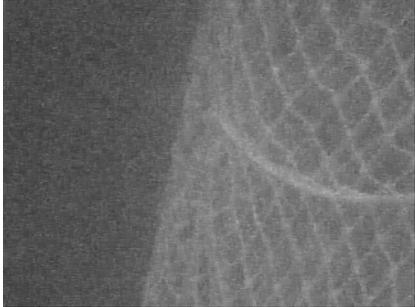
 <p>Fig. 39 - 1.3 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 40 - 1.3 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 41 - 1.6 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 42 - 1.3 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 43 - 2.0 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 44 - 2.0 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 45 - 2.4 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 46 - 2.4 m/s con carga</p>

Tabla 10 - Tamaño de Mallas, Red Tradicional Reforzada

 <p>Fig. 47 - 1.3 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 48 - 1.3 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 49 - 1.6 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 50 - 1.3 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 51 - 2.0 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 52 - 2.0 m/s con carga</p>
 <p>Fig. 53 - 2.4 m/s sin carga</p>	 <p>Fig. 54 - 2.4 m/s con carga</p>

5. Pruebas de Mar

5.1. Operación

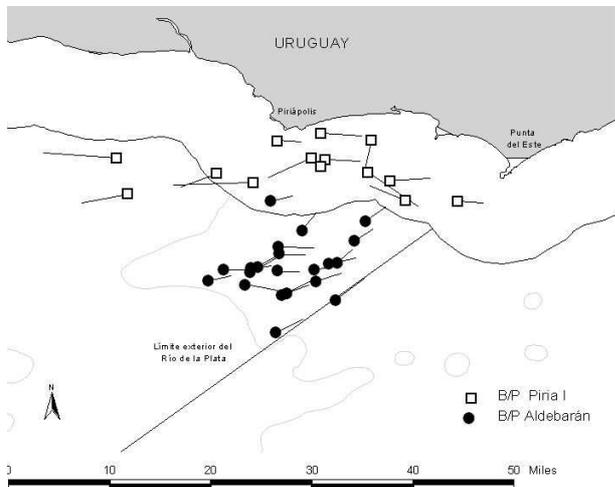


Fig. 55 – Zona de Pesca e Identificación de Campaña

Piriápolis en el período comprendido entre el 8 y el 16 de enero del año 2007; la segunda campaña fue realizada a bordo del buque de investigación pesquera B/I “Aldebarán” entre el 26 y el 29 de junio del año 2007.

5.2. Embarcaciones

5.2.1. B/P “Piria I”

La embarcación “Piria I” es una embarcación perteneciente al registro de la flota pesquera artesanal. Se caracteriza por tener tangones, dispositivos utilizados para el arrastre del aparejo de pesca, y por ser una de las de mayor tamaño en esta flota, con unas 9 T.R.B (Fig. 56).



Fig. 56 – Embarcación Piria I

El área de operación (Fig. 55) fue seleccionada por sus características operativas y biológicas optándose por la zona costera del Río de la Plata comprendida entre Piriápolis y Punta del Este, siendo ésta una zona apta para la realización de las experiencias para ambas embarcaciones, y en la que se consideró la presencia de la especie objetivo: corvina (*Micropogonias furnieri*) y pescadilla (*Cynoscion guatucupa*).

Se realizaron dos series de pruebas de mar separadas en el tiempo, utilizando embarcaciones diferentes. La primera campaña fue realizada a bordo de la embarcación de pesca de la flota artesanal B/P “Piria I” con base en el puerto de

Piriápolis en el período comprendido entre el 8 y el 16 de enero del año 2007; la segunda

campaña fue realizada a bordo del buque de investigación pesquera B/I “Aldebarán” entre el

26 y el 29 de junio del año 2007.

Se realizaron dos series de pruebas de mar separadas en el tiempo, utilizando

embarcaciones diferentes. La primera campaña fue realizada a bordo de la embarcación de pesca de la flota artesanal B/P “Piria I” con base en el puerto de

Piriápolis en el período comprendido entre el 8 y el 16 de enero del año 2007; la segunda

campaña fue realizada a bordo del buque de investigación pesquera B/I “Aldebarán” entre el

26 y el 29 de junio del año 2007.

Esta embarcación opera normalmente con redes de enmalle desde su puerto base en Piriápolis sobre la costa este del Río de la Plata; para estas experiencias se adaptó la maniobra de pesca con la intención de utilizar la red de arrastre de fondo con sus diversas modificaciones.

La unidad está construida en madera, siendo sus dimensiones principales: Eslora, 10,4 m; Manga, 3,55 m; Puntal, 1,28 m. Para su propulsión cuenta con un motor interno de 90

HP, y con una dotación de 4 tripulantes para navegación y faenas de pesca.

Por encima de la cubierta principal presenta una casillería con el puente de mando, un camarote para 5 personas, cocina y baño. Por delante de la casillería se encuentran los guinches hidráulicos de arrastre, los pescantes y el virador para las redes de enmalle.

5.2.2. B/I “Aldebarán”

El buque de investigación científica B/I Aldebarán (Fig. 57) pertenece a la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA). Está capacitado para la evaluación de recursos pesqueros, pesca exploratoria y/o experimental, observaciones oceanográficas, meteorológicas y otras actividades relacionadas con las anteriores. Se encuentra apto para navegar y trabajar en campañas de investigación en el área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo, así como también mas allá de las 200 millas marítimas.



Fig. 57 – Embarcación B/I Aldebarán

Sus dimensiones principales son: Eslora total, 36.70 m; Manga, 9.80 m; Puntal de trazado 4.40 m; Calado de Diseño, 3.40 m.

Fue construido especialmente para la misión a la que se encuentra destacada, con casco construido en acero naval, contando con una capacidad de 576 TRB y 387 TRN; es una unidad que consta de una sola cubierta, con una configuración de pesca de arrastrero por popa, con castillo largo y un entrepuente parcial a proa. Para su propulsión cuenta con un motor cuya potencia nominal es 1300 HP.

Entre los equipos de pesca que el buque posee a bordo, durante las experiencias se utilizaron los guinches de arrastre, para remolcar el arte de pesca, el tambor de red para alojar las redes a ser probadas y sus maniobras correspondientes y el guinche de copo para la operativa de los copos y sobrecopos respectivos.

5.3. Arte de pesca

5.3.1. Red de arrastre de fondo

Se diseñó y construyó una red de arrastre de fondo considerando las dimensiones y capacidad de arrastre del buque Piria I (Fig. 58).



Fig. 58 – Red de Arrastre de Fondo

El cuerpo utilizado fue de una red de arrastre convencional de 206 mallas de 160 mm de circunferencia, con una relinga superior o “lima” de 20,7 m y 7 flotadores de 8 pulgadas de diámetro, y una relinga inferior o “burlón” de 24,3 m con cadenilla de lastre. La red fue construida de acuerdo a planos del fabricante y el material utilizado fue polietileno de 3,0 y 2,5 mm de diámetro (Fig. 59 y Fig. 60).

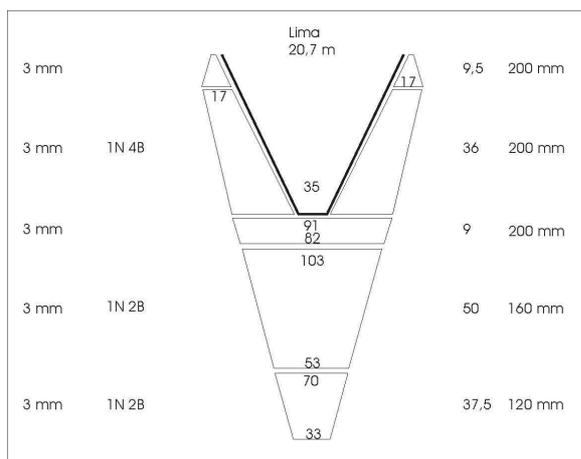


Fig. 59 – Plano Inferior de la red

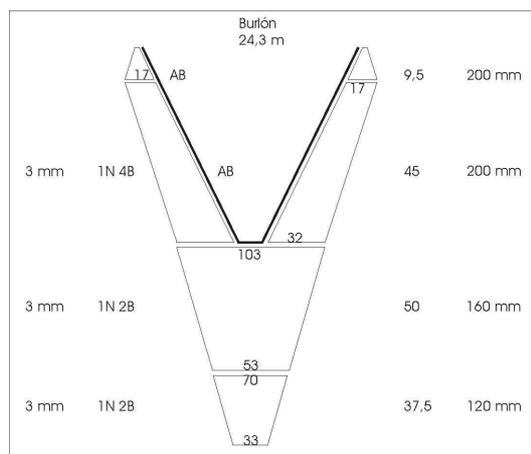


Fig. 60 – Plano Superior de la red

Se construyeron asimismo en escala real los tres túneles ensayados en el CPNyP: convencional, malla cuadrada y reforzado con cabos.

Se designa “túnel” al conjunto formado por la sección cilíndrica ubicada a continuación del cuerpo de la red, a cuyo extremo posterior se adjunta otra sección cilíndrica con un mallado diferencial denominada bolsa o copo. Los planos de los túneles son los mismos utilizados para la construcción de los modelos a escala reducida (Fig. 4)

5.3.1.1. Túnel convencional

El túnel convencional es el que normalmente se utiliza con las redes de pesca actuales, cuyas mallas adoptan en un paño de red una disposición romboidal o “diamante”.

Este prototipo fue construido en hilo simple de polietileno (Polysteel®) de 3,0 mm de diámetro, con una

circunferencia de 72 mallas de 100 mm y un largo de 6 m, con cierre y anillas (Fig. 61).

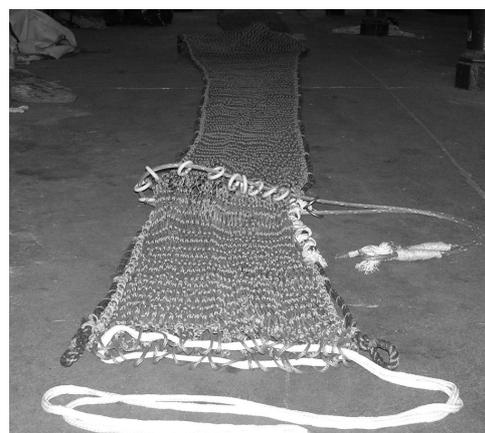


Fig. 61 – Túnel convencional



Fig. 62 – Túnel de malla cuadrada

5.3.1.2. Túnel de malla cuadrada

El túnel de malla cuadrada se confeccionó girando la malla dispuesta en forma de rombo de tal manera que los lados de la malla se dispongan en forma longitudinal unos, y transversal los restantes, formando así una malla cuadrada.

Fue construido con el mismo material con el que se construyó el túnel convencional e idénticas características geométricas, pero con una circunferencia de 50 mallas de 50 mm de lado de malla (barra) y un largo de 5,5 m, con cierre y anillas (Fig. 62).

5.3.1.3. Túnel con refuerzos longitudinales y transversales

El último prototipo construido consiste en una combinación de túnel convencional con refuerzos de cabo longitudinales y transversales.

Para su confección se utilizó un túnel idéntico al de la red convencional al cual se adosaron 4 cabos en forma de refuerzo longitudinal, coincidiendo con idéntico número de generatrices ubicadas a 90° entre sí, desde el inicio del túnel hasta el final del copo, y 4 refuerzos transversales completando la circunferencia completa de la sección cilíndrica en forma de estrobo. Estos últimos se distribuyeron en forma equidistante en las ¾ partes finales del cilindro.



Fig. 63 – Túnel reforzado Longitudinal y Transversalmente

Para el cálculo del largo de dichos cabos se tuvo en cuenta el coeficiente de armado de la malla (60%). Los cabos de refuerzo utilizados fueron de polipropileno torcido de tres cordones y 18 mm de diámetro (Fig. 63).

5.3.1.4. Sobrecopo

A cada uno de los tres túneles se acopló un sobrecopo de 50 mm de luz de malla de polietileno, cuyo plano se muestra en la Fig. 4. Este tiene la función de retener los ejemplares que logran escapar de la red para su contabilización a los efectos de establecer el índice de selectividad.

5.4. Equipo de pesca

5.4.1. Armado del equipo de pesca

5.4.1.1. Buque “Piria I”

El equipo fue armado con portones de madera de 50 kg de peso y 0.84 m² de superficie. Se construyó un aparejo de cables de arrastre adecuando las dimensiones de la red a ser utilizada a la embarcación y se diseñó una maniobra de calado y virado por la banda que fuera operable por 3 tripulantes en la cubierta (Tabla 11).

Tabla 11 - Medidas y diámetros del aparejo de la red de arrastre del B/P “Piria I”.

Cables	Longitud	Diámetro
Remolques	350 m	8 mm
Malletas	19 m	8 mm
Bridas	9 m	6 y 8 mm

5.4.1.2. Buque “Aldebarán”

El equipo de pesca fue armado con la maniobra original del buque y portones de 750 kg, utilizando únicamente la red de arrastre preparada para las experiencias.

5.4.2. Metodología

Las pruebas se realizaron siguiendo el método de lances alternados, es decir lances consecutivos en la misma zona, utilizando sucesivamente los modelos de túnel a probar.

En todos los casos los túneles fueron cubiertos con un forro exterior o sobrecopo de malla menor que el túnel que retuvieron los peces que escaparon del túnel. De esta manera, en cada lance se obtuvo una captura “retenida” en el túnel y una captura “de escape” en el sobrecopo, resultante del escape en función de la capacidad de selección de la malla.

5.4.2.1. Buque “Piria I”

Durante las experiencias con el B/P “Piria I” se realizaron series de 5 lances con cada túnel, registrando la posición geográfica, profundidad, rumbo, duración y velocidad de arrastre.

La velocidad mínima de arrastre aceptada fue de 2,5 nudos, y fueron descartados los lances durante los cuales no fue posible mantenerla así como aquellos donde se produjeron roturas o pérdidas de captura.

El total de lances realizados fue 18, de los cuales 14 fueron considerados válidos.

5.4.2.2. Buque “Aldebarán”

Durante las experiencias con el B/I “Aldebarán” se realizaron series de 7 lances con cada túnel, registrando la posición geográfica, profundidad, rumbo, duración y velocidad de arrastre, llevándose idéntico registro.

La velocidad promedio para estos fue de 3.7 nudos y no existieron lances descartados. El total de lances realizados fue 21 considerándose todos validos.

5.4.3. Muestreo abordó

A lo largo de las experiencias la captura “retenida” y “de escape” fue separada a bordo, se identificaron las especies, se contabilizaron, y su peso individual fue estimado, mientras que las especies más representadas fueron adicionalmente medidas (LT) y agrupadas en clases de 1 cm.

Para el análisis de la selectividad de todos los modelos se establecieron criterios para considerar las especies a tener en cuenta. El diseño experimental considera especies que escapan en todos los casos, especies que siempre son retenidas, y especies que son retenidas en mayor o menor proporción:

Grupo 1. Especies que son retenidas hasta 95 % en todos los túneles. Estas especies son retenidas en todos los casos debido a su forma, que generalmente en alguna de sus dimensiones supera las de la malla. Por ejemplo rayas, chuchos, lenguados.

Grupo 2. Especies retenidas y con escape > 5 %, presentes en todos los túneles. Son las que pueden utilizarse para selectividad comparada.

Grupo 3. Especies con escape > 95 %. Especies que escapan debido a su tamaño o forma, que no alcanzan una talla que permita su captura. Por ejemplo congrios, peces pequeños como anchoita, burel, cochero.

Finalmente se analizaron los parámetros de selección de las especies del grupo 2 que alcanzaron un número mayor de 50 individuos en alguno de los túneles. Para esas especies y túnel se calcularon los siguientes parámetros ajustando la curva de selección a una ecuación logística utilizando un macro (solver) del programa MS “Excell”:

1. el rango de selección (R.S.), o rango de tallas comprendido entre el 25 % y 75 % de la distribución de tallas acumulada,
2. la talla de 50 % de selección (L50%), o talla calculada a la cual el 50 % de los individuos son retenidos y el 50 % escapan
3. los parámetros “a” y “b” de la ecuación logística.

5.4.4. Resultados

5.4.4.1. Captura

Durante las experiencias a bordo del B/P “Piria I” se realizaron 18 lances de los cuales 2 lances fueron anulados por roturas de cables que impidieron el arrastre completo, y 2 anulados por roturas del sobrecopo con pérdida de captura (Tabla 12). En el caso del B/I “Aldebarán” se realizaron 21 lances los que fueron todos aceptados como validos para las experiencias (Tabla 13).

Tabla 12 – Resumen de los lances realizados a bordo del B/P “Piria I”

Fecha	Id.	Túnel	Hora cala	Latitud S	Longitud W	Profundidad (m)	Velocidad (kn)	Dura (hs)	Captura (kg)		
									Copo	Sobrecopo	Total
8/1/2007	1	Convencional	11:45	34° 57' 96	55° 21' 45	18,6 a 17,1	2,8	1,00	75,8	20,0	95,8
8/1/2007	2	Convencional	14:40	34° 59' 73	55° 29' 26	16,0 a 15,0	3,2	1,00	52,5	18,1	70,6
9/1/2007	3	Convencional	9:40	34° 56' 62	55° 13° 35	17,0 a 20,0	3	1,00	120,9	6,7	127,6
9/1/2007	4	Convencional	11:35	34° 58' 70	55° 18' 33	20,0 a 16,0	3	1,00	42,1	63,3	105,4
9/1/2007	5	Convencional	15:30	34° 56' 60	55° 30' 12	15,0 a 12,5	2,9	1,00	42,6	7,4	50,0
11/1/2007	6	Cuadrada	9:24	34° 54' 43	55° 12' 46	13,0 a 15,2	3	1,00	116,5	20,6	137,1
11/1/2007	7	Cuadrada	11:20	34° 54' 96	55° 08' 18	15,4 a 19,4	2,9	1,00	95,7	24,7	120,4
11/1/2007	8	Cuadrada	13:05	34° 57' 83	55° 08' 50	19,2 a 23,5	3	1,00	60,4	20,8	81,2
11/1/2007	9	Cuadrada	15:55	35° 00' 23	55° 05' 29	22,1 a 20,5	2,7	1,00	33,3	8,6	41,9
12/1/2007	11	Cuadrada	12:50	34° 57' 32	55° 12' 46	18,2 a 17,8	3		70,3	37,8	108,1
16/1/2007	12	Reforzado	10:05	34° 56' 76	55° 12' 12	17,4 a 18,3	3	1,00	59,4	12,3	71,7
16/1/2007	13	Reforzado	12:20	34° 58' 58	55° 06' 61	19,8 a 20,9	3,1	1,00	47,4	8,21	55,6
16/1/2007	14	Reforzado	14:53	35° 00' 36	55° 00' 79	24,2 a 26,2	2,9	1,00	24,1	2,8	26,9

Tabla 13 - Resumen de los lances realizados en el B/I “Aldebarán”

Fecha	Id.	Túnel	Hora cala	Latitud S	Longitud W	Profundidad (m)	Velocidad (kn)	Dura (hs)	Captura (kg)		
									Copo	Sobrecopo	Total
26/6/2007	1	Reforzado	7:55	35° 07' 28	55° 22' 22	21,2	3,2	1,00	142,4	43,6	186,0
26/6/2007	2	Reforzado	9:55	35° 11' 67	55° 16' 42	21,2	3,9	1,00	111,4	56,0	164,7
26/6/2007	3	Reforzado	11:40	35° 08' 88	55° 11' 31	24,7	3,8	1,00	36,4	13,7	50,1
26/6/2007	4	Reforzado	14:00	35° 06' 47	55° 18' 62	21,2	3,9	1,00	93,3	32,1	125,4
26/6/2007	5	Reforzado	15:45	35° 06' 01	55° 18' 01	21,1	3,5	1,00	88,6	44,4	133,0
26/6/2007	6	Reforzado	17:15	35° 02' 87	55° 14' 17	19,5	3,9	1,00	546,2	216,8	763,0
27/6/2007	7	Reforzado	7:50	35° 00' 27	55° 16' 77	18,6	3,2	1,00	96,4	58,4	154,8
27/6/2007	8	Cuadrada	9:55	35° 08' 31	55° 15' 52	23,5	3,8	1,00	156,6	39,8	196,4
27/6/2007	9	Cuadrada	11:25	35° 08' 47	55° 15' 81	23,7	3,5	1,00	108,4	80,4	188,8
27/6/2007	10	Cuadrada	13:10	35° 05' 67	55° 11' 09	21,7	3,5	1,00	203,0	251,8	454,8
27/6/2007	11	Cuadrada	14:50	35° 03' 77	55° 09' 62	21,1	3,7	1,00	115,8	113,6	229,4
27/6/2007	12	Cuadrada	16:25	35° 02' 09	55° 08' 67	19,6	3,7	1,00	92,4	72,6	165,0
28/6/2007	13	Cuadrada	8:00	35° 07' 32	55° 12' 97	23,4	3,7	1,00	95,0	136,8	231,8
28/6/2007	14	Cuadrada	9:35	35° 06' 29	55° 13' 09	22,8	3,6	1,00	115,2	172,0	287,2
28/6/2007	15	Convencional	11:30	35° 07' 52	55° 19' 01	22,8	3,6	1,00	200,0	216,4	416,4
28/6/2007	16	Convencional	13:50	35° 06' 31	55° 20' 87	21,5	3,6	1,00	14,0	36,0	50,0
28/6/2007	17	Convencional	15:25	35° 06' 36	55° 16' 22	22,7	3,7	1,00	149,0	73,2	222,2
28/6/2007	18	Convencional	17:00	35° 05' 77	55° 11' 84	22,9	3,9	1,00	52,4	71,0	123,4
29/6/2007	19	Convencional	8:10	35° 04' 90	55° 16' 09	21,4	3,7	1,00	79,4	135,8	215,2
29/6/2007	20	Convencional	9:45	35° 04' 29	55° 16' 09	21,5	3,7	1,00	90,2	150,2	240,4
29/6/2007	21	Convencional	12:00	35° 06' 17	55° 18' 59	21,7	3,5	1,00	127,1	52,6	179,7

En los 35 lances realizados por ambas embarcaciones que se tomaron como validos para las experiencias se capturaron 46 especies en total, 38 especies de peces y 8 especies de invertebrados entre los que encontramos 4 especies de caracoles, 1 de crustáceos, 1 de moluscos y 2 de cefalópodos (Tabla 14).

Tabla 14 - Lista de especies de peces e invertebrados capturados durante los cruceros realizados en el B/P “Piria I” y B/I “Aldebarán”

Nombre común	CODIGO	Nombre científico	B/P “Piria I”	B/I “Aldebarán”
Pescadilla de calada	PEC	Cynoscion guatucupa	X	X
Pescadilla de red	PER	Macrodon ancylodon	X	X
Corvina	COR	Micropogonias furnieri	X	X
Testolín azul	TES	Prionotus punctatus	X	X
Ñata	ÑAT	Peprilus paru	X	X
Gatuzo	GAT	Mustelus schmittii	X	X
Corvalito	COO	Paralichthys brasiliensis	X	X
Rayas	RAY	Sympterygia bonapartii	X	X
Rayas	RAY	Sympterygia acuta	X	X
Palometa	PAL	Parona signata	X	X
Angelito	ANG	Squatina guggenheim	X	X
Anchoa de banco	ACH	Pomatomus saltador	X	X
Sable	SAB	Trichiurus lepturus	X	
Brótola	BRO	Urophycis brasiliensis	X	X
Chucho	CHU	Myliobatis goodei	X	X
Martillo S. Zygaena	MAZ	Sphyrna zygaena	X	
Cagavino	CAG	Stromateus brasiliensis	X	X
Lucerna	LUC	Porichthys porosissimus	X	X
Pintarroja	PIN	Notorhynchus cepedianus	X	

Ballesta	BAL	n.i.	X	X
Burriqueta	BUR	Menticirrhus americanus	X	X
Chucho Dasyatis	CHI	Dasyatis pastinaca	X	
Pargo blanco	PAB	Umbrina canosai	X	X
Cochero	CCH	Dules auriga	X	X
Lengüita	LEA	Symphurus sp.	X	X
Congrio	CON	Conger orbignyanus	X	X
Lenguado	LEN	Paralichthys sp.	X	X
Aliche	ALI	Anchoa marinii		X
Anchoita	ANC	Engraulis anchoita		X
Calamar	CAL	n.i.		X
Guitarra	GUI	Rhinobatos horkellii		X
Palo	PAL	Percophis brasiliensis		X
Sierra	SIE	Thyrsites atun		X
Testolín rojo	TER	Prionotus nudigula		X
Mochuelo	MOC	Genidens barbuis		X
Papamosca	PAP	Cheilodactylus bergi		X
Bagre sapo				X
Rayas	RAY	Atlantoraja castelnaui		X
Rayas	RAY	Atlantoraja cyclophora		X
Rayas	RAY	Rioraja agassizi		X
Cangrejo espinoso	CES	Libinia spinosa		X
Almeja blanca	ABL	Pitar rostrata		X
Pulpo	PUL	Octopus sp		X
Caracol	BUC	Buccinanops cochlidium		X
Caracol negro	CAN	Pachycymbiola brasiliana	X	X
Caracol fino	CAF	Zydona dufresnei	X	X
Rapana	RAP	Rapana venosa	X	

Las especies del grupo 1 (retenidas > 95%) fueron peces planos bentónicos que por su forma y talla fueron retenidos en todos los túneles probados. Durante todos los lances solamente 2 de estas especies mostraron capacidad de escapar del copo: angelito y lenguita (LT = 21 cm).

Las especies del grupo 3 (escape > 95%) fueron escasas, representadas en número bajo y su presencia no se repitió en todos los túneles. Son especies que en estado adulto tienen tallas bajas o que su forma facilita el pasaje entre las mallas.

El grupo 2 fue el más representado en especies y número de individuos.

La Tabla 15 resume el número de individuos y las tallas de todos los individuos de cada grupo capturados en el copo y sobrecopo de cada túnel.

Tabla 15 - Resumen de las especies o grupos de especies capturadas en el copo o sobrecopo de cada túnel, porcentaje de retención y grupo de clasificación

Grupo	Especies	Malla convencional		Malla cuadrada		Túnel reforzado (cabos)	
	Retención (n, %)	Retenido	Escape	Retenido	Escape	Retenido	Escape
1	Chucho Myliobatis	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
	Lenguado	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
	Rayas	100,0	0,0	98,8	1,2	100,0	0,0
	Chucho Dasyatis	100,0	0,0	--	--	--	
2	Pescadilla de calada	26,1	73,9	8,5	91,5	66,7	33,3
	Corvina	93,8	6,3	85,8	14,2	92,5	7,5

	Corvalito	13,2	86,8	7,4	92,6	20,8	79,2
	Angelito	95,1	4,9	78,1	21,9	97,1	2,9
	Testolín azul	97,6	2,4	79,2	20,8	87,5	12,5
	Brótola	41,2	58,8	32,4	67,6	50,0	50,0
	Pescadilla de red			33,3	66,7	25,6	74,4
	Palometa			100,0	0,0		
	Sable	100,0	0,0	0,0	100,0	50,0	50,0
	Burriqueta	66,7	33,3	50,0	50,0		
	Pargo blanco			85,7	14,3		
	Ñata			93,3	6,7	75,0	25,0
	Anchoa de banco			25,0	75,0	100,0	0,0
	Pintarroja			100,0	0,0		
	Ballesta			100,0	0,0		
	Gatuzo	0,0	100,0	33,3	66,7	0,0	100,0
	Lucerna	0,0	100,0	8,3	91,7		
	Cagavino			0,0	100,0	50,0	50,0
	Martillo <i>S. zygaena</i>					100,0	0,0
3	Cohero	0,0	100,0				
	Lengüita			0,0	100,0		
	Congrio					0,0	100,0

Los parámetros de selectividad fueron calculados sobre corvina (Fig. 64) y pescadilla de calada (Fig. 65), ambas especies de valor comercial.

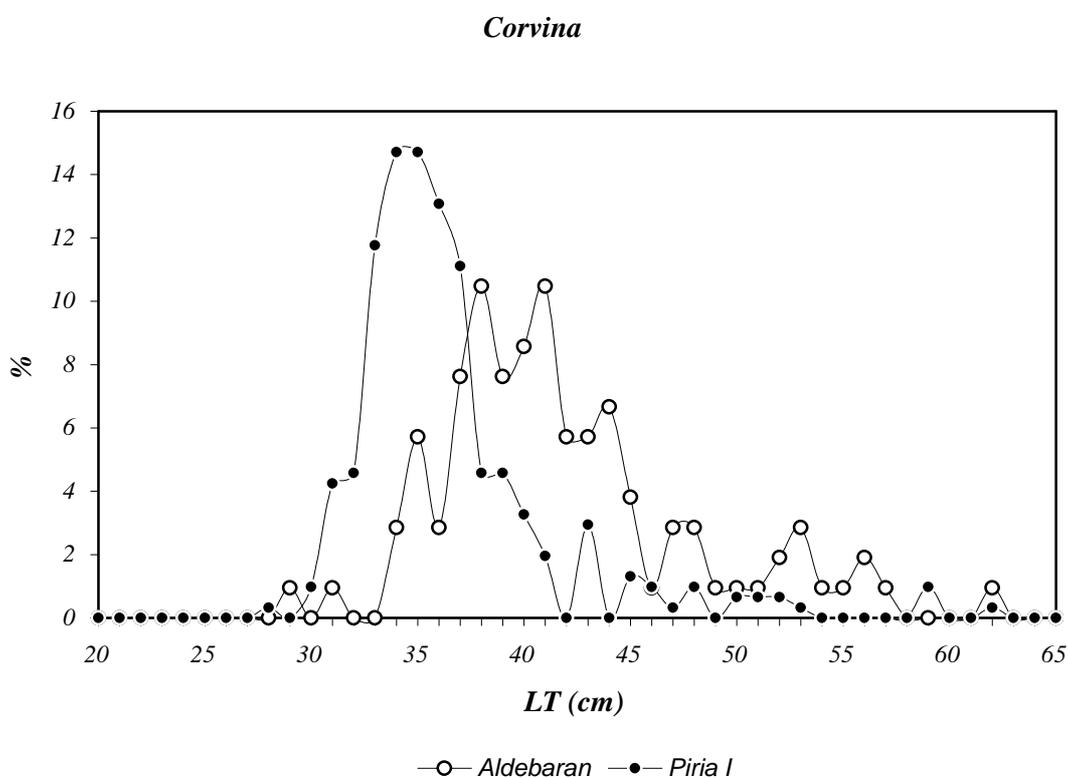


Fig. 64 - Distribución de tallas de la especie Corvina capturada en el copo y sobrecopo por ambos buques

Pescadilla de calada

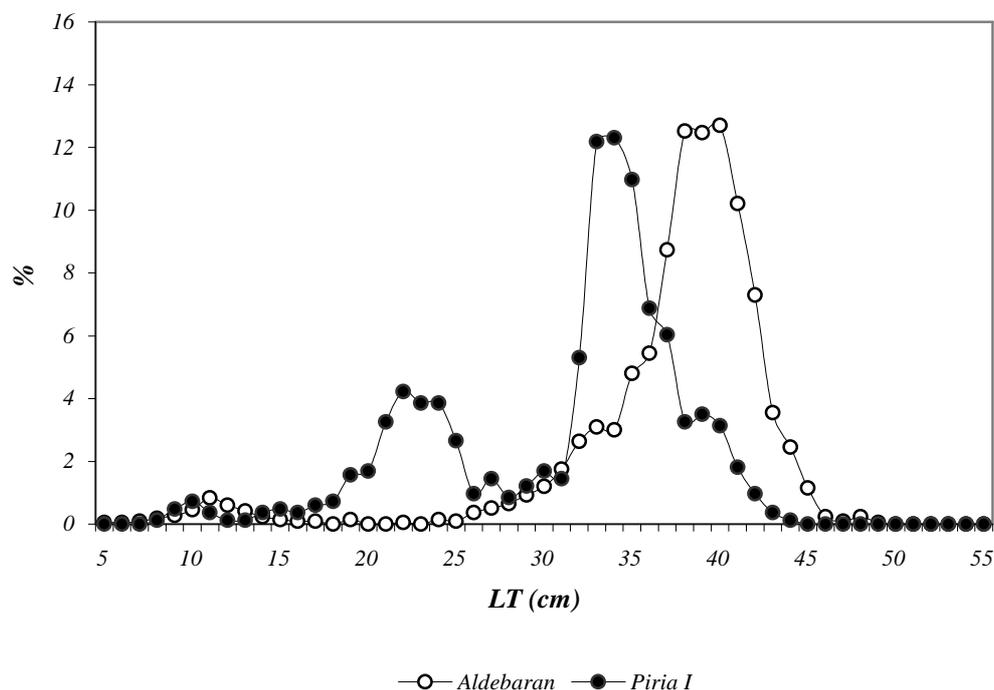


Fig. 65 - Distribución de tallas de la especie Pescadilla de calada capturada en el copo y sobrecojo por ambos buques

Se encontraron diferencias significativas en la talla media de corvina y pescadilla obtenidas en cada buque, siendo en general mayores los individuos de ambas especies capturados en el B/I “Aldebarán”.

Aunque sería por lo tanto recomendable analizar por separado ambas series de datos, el escaso número de ejemplares no permitiría ajustar curvas de selección.

Tabla 16 - Captura por especie o grupo de especies en el copo y sobrecojo con cada uno de los túneles. Número de ejemplares, talla total (LT) y desvío standard. Las especies destacadas superaron el valor de n = 50.

Túnel		B/I “Piria I”				B/I “Aldebarán”			
		Copo		Sobrecojo		Copo		Sobrecojo	
		n	LT media ± d.s.	n	LT media ± d.s.	n	LT media ± d.s.	n	LT media ± d.s.
Reforzada	Corvina	136	35,9 ± 3,365	11	32,0 ± 2,280	37	40,1 ± 3,301	3	33,0 ± 5,292
	Pescadilla de calada	2	41,5 ± 0,707	1	10,0	70	41,3 ± 2,326	147	31,5 ± 13,265
	Corvalito	16	21,3 ± 1,238	63	21,2 ± 1,469			617	17,8 ± 2,679
	Pescadilla de red	10	29,7 ± 1,418	29	28,6 ± 3,040	11	36,7 ± 4,92	119	27,2 ± 5,747
	Angelito	33	38,7 ± 7,841	1	33,0				
	Ñata	3	20,0 ± 1,732	1	18,0				
	Testolín azul	7	32,9 ± 2,478	1	31,0				
Convencional	Corvina	30	42,8 ± 6,714	2	38,5 ± 3,536	24	46,5 ± 5,107		
	Pescadilla de calada	147	36,7 ± 3,031	396	34,5 ± 2,386	242	39,8 ± 2,519	490	37,7 ± 4,967
	Corvalito	105	21,8 ± 1,450	680	21,4 ± 1,461	17	18,2 ± 1,811	685	18,6 ± 2,351
	Angelito	15	47,2 ± 17,604	2	34,5 ± 10,607				
	Brótola	7	48,3 ± 6,157	10	24,6 ± 8,195				

	Burriqueta	2	35,5 ± 2,121	1	35,0	3	36,0 ± 4,583	15	29,7 ± 4,030
	Palometa					260	35,6 ± 2,011	*	*
	Testolín azul	41	30,6 ± 2,437	1	13,0				
Cuadrada	Corvina	109	36,4 ± 4,967	18	33,7 ± 2,086	39	41,8 ± 6,735	2	34,5 ± 0,707
	Pescadilla de calada	24	27,6 ± 7,295	259	23,3 ± 5,894	415	38,0 ± 4,615	715	36,0 ± 5,862
	Corvalito	40	21,7 ± 1,385	595	21,3 ± 1,419			738	28,6 ± 2,640
	Pescadilla de red	1	25,0	2	29,0 ± 5,657	9	29,2 ± 4,206	69	28,5 ± 5,666
	Angelito	25	45,7 ± 17,584	7	30,4 ± 3,645				
	Brótola	12	38,3 ± 10,395	25	25,4 ± 7,422				
	Burriqueta	1	35,0	1	39,0	1	32,0	9	29,7 ± 4,359
	Gatuzo	3	62,0 ± 1,732	6	47,0 ± 12,586				
	Ñata	14	23,5 ± 6,061	1	15,0				
	Pargo blanco	6	29,7 ± 3,502	1	25,0	16	31,3 ± 2,726	5	28,2 ± 4,147
	Palometa	22	38,1 ± 4,407	0	--	19	35,5 ± 1,541		
Testolín azul	19	34,3 ± 2,689	5	18,6 ± 4,037					

* eliminadas por mezcla: n = 4; LT ± d.s. = 37,5 cm ± 2,887

En el caso del “Piria I” se comparó la captura de corvina entre los túneles de malla cuadrada y reforzada, y la captura de pescadilla entre los túneles de malla convencional y cuadrada. En el caso del “Aldebarán” se comparó solamente la captura de pescadilla pero entre los tres tipos de túnel.

5.4.4.2. Selectividad

5.4.4.2.1. B/P “Piria I”

Corvina

La Fig. 66 muestra la composición de tallas de corvina capturadas en el copo y sobrecopo de los 3 túneles comparados.

No se consideraron los datos del túnel convencional por el bajo número de individuos, y los parámetros de selección de los túneles de malla cuadrada y reforzado con cabos se indican en la Tabla 17.

El número de individuos retenidos fue mayor en el copo que en el sobrecopo. El túnel de malla cuadrada resultó en menor talla de selección y mayor rango que el reforzado con cabos (Fig. 67).

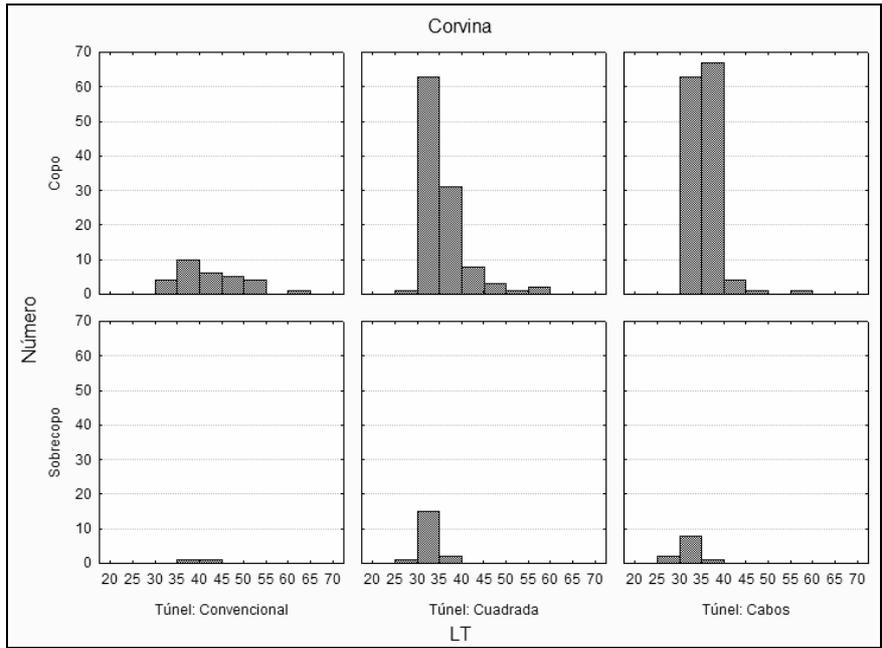


Fig. 66 - Composición de tallas de corvina en el copo y sobrecopo de los túneles de malla convencional, de malla cuadrada y reforzada con cabos, agrupadas en clases de 5 cm

Tabla 17 - Parámetros de selectividad de corvina: talla de selección (L50%), rango de selección (R.S.) y parámetros de la ecuación logística "a" y "b"

Túnel	L 50 % (cm)	R.S.	a	b
Convencional	--	--	--	--
Cuadrada	29,55	6,80	-9,5484	0,3231
Reforzada cabos	31,10	2,73	-25,0355	0,8050

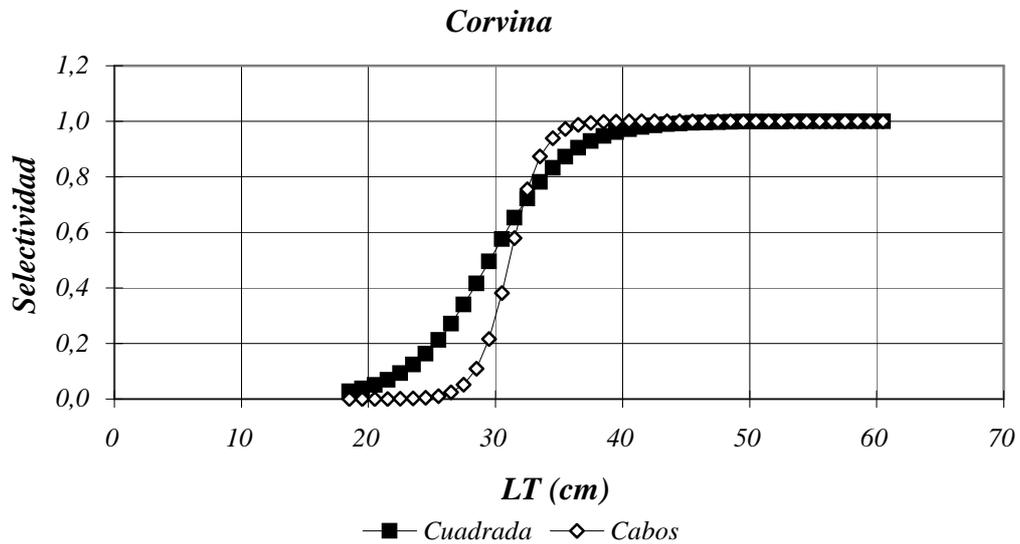


Fig. 67 - Curvas de selectividad ajustadas a una ecuación logística para la especie corvina, comparando los túneles de malla cuadrada y reforzado con cabos

Pescadilla de calada

La Fig. 68 muestra la composición de tallas obtenidas con los túneles convencional y de malla cuadrada. Cabe destacar que el número de individuos que escaparon del copo y fueron retenidos por el sobrecopo es mayor que el número retenido por el primero.

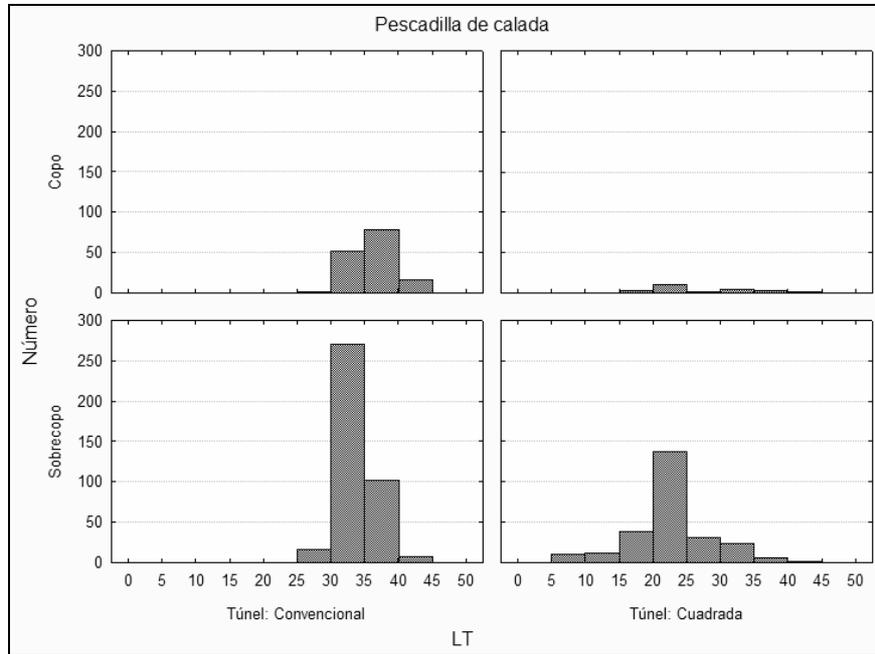


Fig. 68 - Composición de tallas de pescadilla de calada en el copo y sobrecopo de los túneles de malla convencional y de malla cuadrada, agrupadas en clases de 5 cm

La Tabla 18 y la Fig. 69 muestran que la pescadilla fue retenida a talla menor con el túnel convencional que con el de malla cuadrada pero con un rango de selección mucho menor.

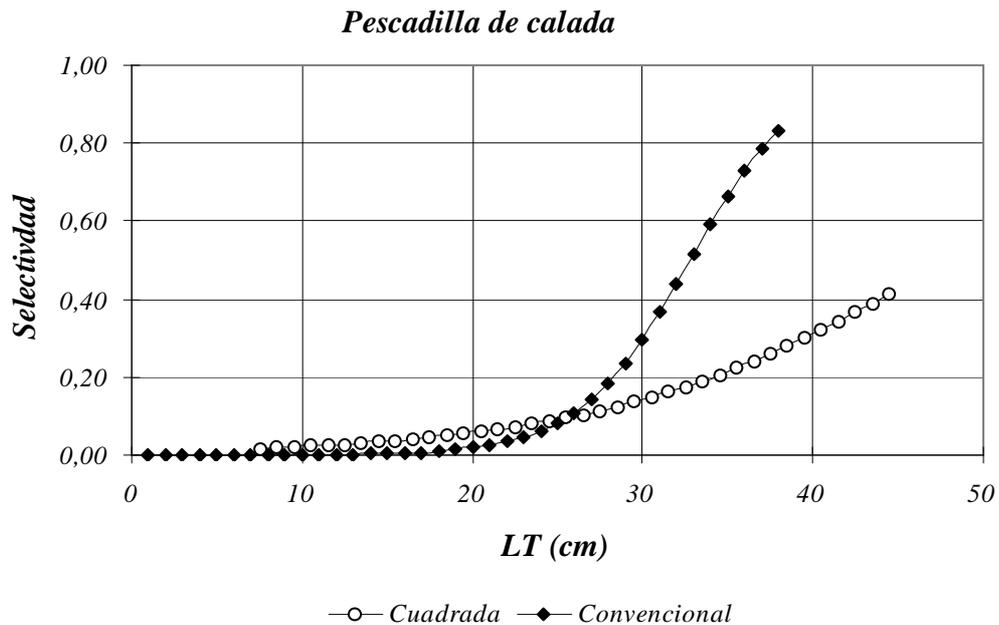


Fig. 69 - Curvas de selectividad ajustadas a una ecuación logística para la especie pescadilla de calada, comparando los túneles de malla cuadrada y convencional

Tabla 18 - Parámetros de selectividad de pescadilla de calada: talla de selección (L50%), rango de selección (R.S.) y parámetros de la ecuación logística “a” y “b”

Túnel	L 50 % (cm)	R.S.	a	b
Convencional	39,29	7,12	-12,1218	0,3085
Cuadrada	48,05	22,02	-4,7948	0,0998
Reforzada cabos	--	--	--	--

5.4.4.2.2. B/I “Aldebarán”

Pescadilla de calada

La Fig. 70 muestra la composición de tallas obtenidas con los tres túneles (convencional, malla cuadrada y reforzado con cabos).

Al igual que en el caso del Piria I el número de individuos que escaparon del copo y fueron retenidos por el sobrecopo es mayor que el número retenido por el primero, encontrándose además las clases de talla mas bajas.

También la curva de selección con la malla cuadrada repite un patrón similar al observado en el Piria I: talla de selección alta y rango de selección amplia.

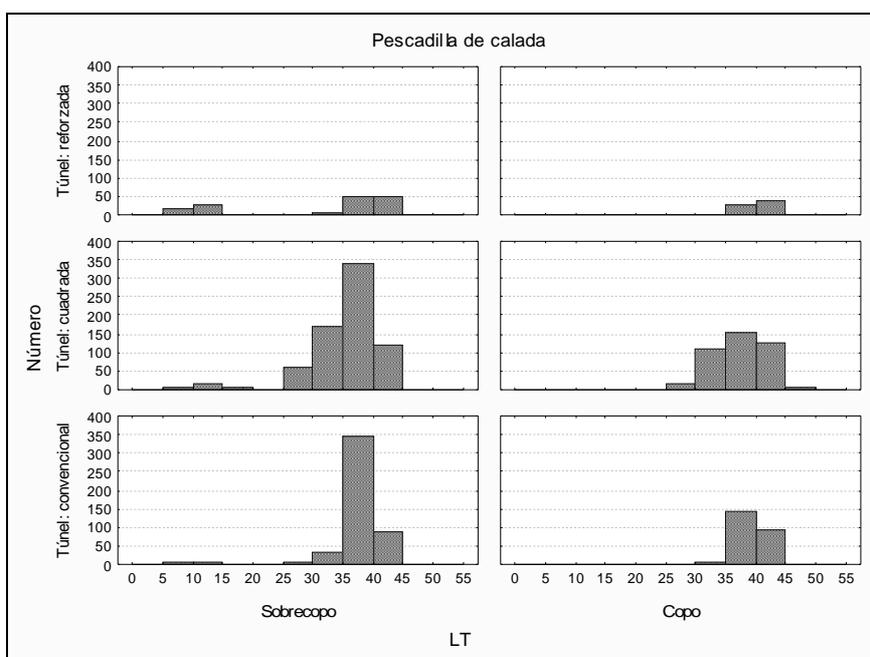


Fig. 70 - Composición de tallas de pescadilla de calada en el copo y sobrecopo de los túneles de malla convencional y de malla cuadrada, agrupadas en clases de 5 cm

La Tabla 19 y la Fig. 71, muestran que las curvas de selección para pescadilla de calada indican valores similares.

Tabla 19 - Parámetros de selectividad de pescadilla de calada: talla de selección (L50%), rango de selección (R.S.) y parámetros de la ecuación logística “a” y “b”

Túnel	L 50 % (cm)	R.S.	a	b
Convencional	41,57	9,43	-9,6835	0,2329
Cuadrada	43,61	28,25	-3,3919	0,0778
Reforzada cabos	41,68	8,90	-10,2850	0,2467

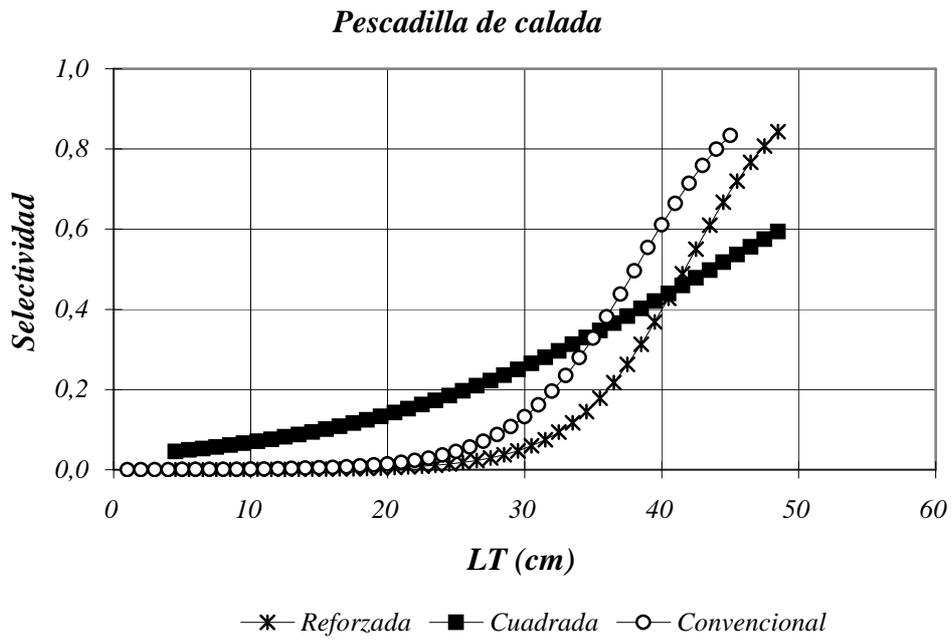


Fig. 71 - Curvas de selectividad ajustadas a una ecuación logística para la especie pescadilla de calada, comparando los túneles de malla reforzada con cabos, cuadrada y convencional

6. Conclusiones

Los objetivos de este proyecto apuntan directamente a reforzar las acciones del organismo de contralor (DINARA) en aspectos que tienen que ver con sus atribuciones específicas detalladas en los puntos 1, 2 y 6 descritos en el capítulo 1.

6.1. Ensayos con modelos

Los resultados de las pruebas de laboratorio muestran un mejor comportamiento de los túneles utilizados como alternativas al túnel convencional, confeccionado uno con malla cuadrada y reforzado el otro con cabos longitudinales y transversales, en el sentido que tienen una menor deformación de las mallas bajo carga, lo cual debería favorecer la mejora en la selectividad del arte.

En relación al modelo de túnel de malla convencional, el modelo de malla cuadrada mostró una resistencia ligeramente inferior, mientras que el de malla reforzada mostró un aumento del orden del 50%.

Dadas las dimensiones de los modelos y la rigidez del sistema desarrollado en esta primera etapa para la visualización del tamaño de malla debajo de la superficie, no fue posible determinar con precisión las variaciones en el tamaño de malla para las distintas configuraciones y velocidades, aspecto que sí fue reconocido mediante los registros fotográficos y de video externos.

6.2. Pruebas de mar

Las pruebas de mar de los túneles convencional, de malla cuadrada y de malla reforzada con cabos fueron realizadas en una misma zona, separadas en el tiempo, y desde dos unidades de pesca con características diferentes.

Se utilizó el mismo cuerpo de red y túneles, pero las unidades tuvieron diferencias notorias en la potencia de motor principal, dimensiones y peso de los portones y cables de arrastre, que en conjunto se tradujo en menor velocidad de arrastre promedio en el B/P “Piria I”. En particular, en el B/P “Piria I” no fue posible aumentar el número de lances con túnel convencional reforzado debido a la limitada potencia del motor principal, aspecto que concuerda con los resultados obtenidos en los ensayos en el CPNyP que mostraron una mayor resistencia. En general la magnitud de la captura total fue mayor en el B/I “Aldebarán”.

Las pruebas fueron analizadas por separado contemplando estas diferencias, además de encontrarse diferencias significativas (ANOVA y Kruskal-Wallis) entre buques en la talla media de corvina y pescadilla de calada.

Se observó la capacidad de selección de los diferentes túneles, coincidiendo especies extremas que en todos los casos escapaban (congrío) o que quedaban totalmente retenidas (rayas, chuchos, lenguado).

En referencia a las especies objetivo, si bien el bajo número de individuos encontrados no permitió una mejor comparación entre todos los túneles, se puede establecer que en relación a la corvina (*Micropogonias furnieri*) el túnel de malla reforzada con cabos mostró valores mayores de talla de selección y un menor rango, mientras que en relación a la pescadilla de

calada (*Cynoscion guatucupa*) el túnel de malla cuadrada mostró un valor alto de talla de selección pero un rango más amplio que el túnel convencional.

Se espera que la curva de selectividad de una especie cambie abruptamente desde la no - retención a la retención, que como mínimo coincida con la talla mínima definida para la especie, y que el rango de selección sea bajo. De acuerdo con la normativa vigente (Decreto n° 149/997) la talla mínima de captura y comercialización de corvina es de 32 cm, y de 27 cm para pescadilla de calada.

En todas las pruebas las tallas de selección superaron estos valores perdiéndose individuos comercializables por lo cual sería necesario realizar nuevos ensayos disminuyendo el tamaño de malla de los diferentes tipos de túnel, o combinando paños de malla de diferente tipo en la construcción del túnel creando ventanas o paneles.

Teniendo en cuenta las bajas capturas obtenidas durante las pruebas de mar por ambas embarcaciones, se podría estimar que el efecto bulbo de la red de arrastre no se habría producido o se produjo en forma parcial debido a la baja carga. También se observó que el número de individuos de las especies comerciables capturadas no cubrió el total del rango de tallas óptimas para este estudio. Se recomienda para futuras instancias de investigación incrementar el número de ensayos bajo diferentes condiciones de carga y que las pruebas de mar sean realizadas en varias zonas operativas y con mayor número de lances, de forma tal que se pudiera obtener una mayor amplitud de cargas y variedad de tallas para una misma especie.

7. Bibliografía

- Barea, L. C.; Marín, Y, Chocca, J. 1997. **Selectividad de las artes de pesca de arrastre y mortalidades por pesca no considerados. Factores claves para el manejo sostenible de los recursos pesqueros en Uruguay.** Plan de Investigación Pesquera, INAPE. Informe Técnico. Julio, 1997.
- Barea, L.C.; Marín, Y, Chocca, J. 1997. **Estudio analítico-gráfico del poder de retención de la malla de 120 mm. en merluza (Merluccius hubbsi) de 35 cm. de talla.** Plan de Investigación Pesquera, INAPE. Informe Técnico. Diciembre, 1997.
- Ehrhardt, N.; Ercoli, R.; García, J.; Bartozzetti, J. e Izzo, A. 1996. **Influencia de la cantidad de captura en la selectividad de mallas diamantes y cuadrada en redes de arrastre para la merluza común (Merluccius hubbsi) e implicancias sobre el potencial de descarte.** Rev. Invest. Des. Pesq. N° 10 pp. 31-43.
- Freeman, K. 1992. **Modified diamond- mesh trawls offer square-mesh advantages.** National Fisherman, 72 (4) August 1992. pp.37.
- Freiría, J.; Badano, P. 1997. **Desarrollo de técnicas de modelación de artes de pesca en el canal hidrométrico de la Facultad de Ingeniería.** Informe final Proyecto No.184 CONICYT BID.
- Fridman, A.L. 1973. **Theory and design of commercial fishing gears.** Translated from Russian (PPB). U.S. Dept. Of Commerce, National Technical Information Service, pp. 489.
- Larsen, R. B., Isaksen, B. 1993. **Size selectivity of rigid sorting grid in bottom trawls for Atlantic cod (Gadus morhua) and haddock (Melanogrammus aeglefinus).** ICES Mar. Sci. Symp. , 196: 178-182.
- Robertson, J. H. B. 1986. **Design and construction of Square Mesh Cod-ends.** Scot. Fish. information Pamph. N° 12. pp. 9.
- Robertson, J. H. B. 1993. **Design and fitting of square mesh windows in whitefish and prawn trawls and seine nets.** Scot. Fish. Inf. Pamph. N° 20.
- Tokai, 1997. **Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel.** Bull. Jpn. Fish. Oceanogra. vol. 61, no.3, 288-298. St. Johns, Canada. Marine Institute. pp. 25-29.
- Wileman, D.A.; Ferro, R.S.T.; Fonteyne, R., Millar R.B. 1996. **Manual of Methods of measuring the selectivity of towed fishing gears.** ICES Fishing technology and fish behaviour working group. Sub-group on selectivity methods. pp.122.
- FAO - PerfilS de pesca y acuicultura por país: Uruguay; **Uruguay panorama general del sector pesquero;** Información disponible en http://www.fao.org/fishery/countrysector/FI-CP_UY
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Departamento de Pesca y Acuicultura; **Información sobre la ordenación pesquera de la República Oriental del Uruguay,** Enero 2003; Información disponible en <http://www.fao.org/fi/fcp/es/URY/body.htm>