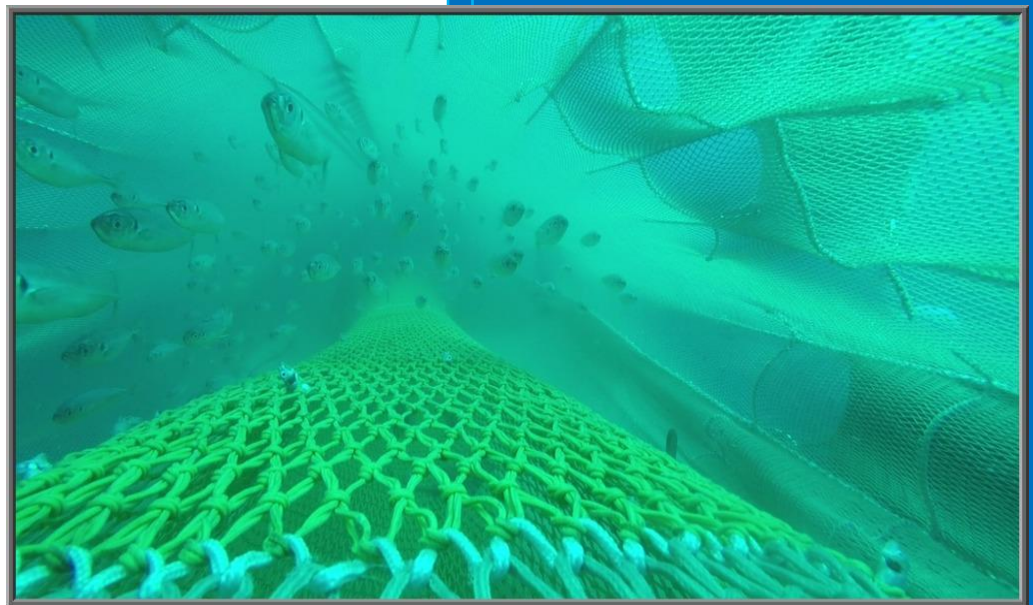


2017

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PESQUERAS PARA LA MEJORA DE LA SELECTIVIDAD  
EN ARTES DE ARRASTRE DE LA PESQUERÍA DE RAPANTE EN AGUAS DEL GRAN SOL.  
II PARTE.



THÜNEN



Bibiana García<sup>a</sup>, Jose Fernández<sup>a</sup>, Juan Santos<sup>b</sup>,  
Paula Gutiérrez<sup>a</sup>, Jesús Canoura<sup>c</sup>, Juan Carlos  
Arronte<sup>c</sup>

a: Cooperativa de Armadores de Pesca del Puerto de  
Vigo, S.C.G. Edificio Ramiro Gordejuela, Puerto  
Pesquero s/n, 36202, Vigo

b: Thünen-Institute of Baltic Sea Fisheries, Alter  
Hafen Süd 2, 18069 Rostock, Germany

c: Instituto Español de Oceanografía, Centro  
Oceanográfico de Vigo, Subida Radio Faro, 50,  
36390 Vigo



XUNTA DE GALICIA  
CONSELLERÍA DO MAR



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO  
Y DE PESCA (FEMP)

## Contenido

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Contenido.....                                                                                             | 1  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                                                                       | 2  |
| 2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....                                                                          | 9  |
| 3. OBJETIVOS .....                                                                                         | 10 |
| 4. METODOLOGÍA.....                                                                                        | 11 |
| 4.1. Copos experimentales.....                                                                             | 11 |
| 4.2. Arte de pesca y buque de investigación .....                                                          | 12 |
| 4.3. Planificación de los lances de pesca experimentales .....                                             | 16 |
| 4.4. Diseño experimental y recolección de datos de las capturas.....                                       | 16 |
| 4.4.1. Análisis de la selectividad.....                                                                    | 18 |
| 4.4.2. Indicadores de usabilidad de los copos.....                                                         | 19 |
| 4.5. Datos teóricos – protocolo FISHSELECT .....                                                           | 23 |
| 4.5.1. Análisis datos teóricos .....                                                                       | 26 |
| 5. RESULTADOS .....                                                                                        | 26 |
| 5.1. Días de mar y días de trabajo.....                                                                    | 26 |
| 5.2. Información operacional.....                                                                          | 27 |
| 5.3. Capturas.....                                                                                         | 31 |
| 5.4. Análisis de selectividad.....                                                                         | 39 |
| 5.4.1. <i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> .....                                                             | 39 |
| 5.4.2. <i>Merluccius merluccius</i> .....                                                                  | 41 |
| 5.4.3. <i>Trachurus trachurus</i> .....                                                                    | 44 |
| 5.4.4. Otras especies: <i>Capros aper</i> , <i>Scyliorhinus canicula</i> y <i>Eutrigla gurnardus</i> ..... | 46 |
| 5.5. Resultados implementación del protocolo FISHSELECT .....                                              | 48 |
| 5.5.1. Distribución de tallas .....                                                                        | 49 |
| 5.5.2. Determinación secciones transversales.....                                                          | 50 |
| 6. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....                                                                        | 53 |
| 7. AGRADECIMIENTOS.....                                                                                    | 55 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                      | 56 |
| ANEXO I - Esquemas de construcción de los copos experimentales .....                                       | 59 |
| ANEXO II - Características y dimensiones de la cubierta del B/O <i>Walther Herwig III</i> .....            | 63 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La actual Política Pesquera Común (PPC) de la Unión Europea se encuentra regulada por el Reglamento UE n° 1380/2013 del 11 de diciembre de 2013 (R (UE) n° 1380/2013 del Parlamento, de 11 de diciembre de 2013), y entró en vigor el 1 de enero de 2014.

La baja selectividad de los artes de pesca y/o las estrategias pesqueras son los principales causantes de los altos índices de capturas no deseadas en las flotas de arrastre comercial. En el pasado más reciente, gran parte de estas capturas no deseadas eran habitualmente devueltas al mar muertas o moribundas (Kelleher, 2005). Con el fin de incentivar una pesca más selectiva, la última reforma de la PPC obliga a desembarcar todas las capturas de especies con cuota y sin excepción aplicable. Con la implementación de la OD (Obligación de Desembarque), Europa asume como objetivo propio acuerdos internacionales (e.g. FAO, 1995 y 2010; UN, 2010), que instan a los Estados y Organismos Regionales de Pesca a adoptar medidas para reducir las capturas no deseadas, y consecuentemente los descartes. Bajo su completa implementación, las especies sujetas a la OD, deberán desembarcarse y deducirse de las cuotas asignadas a la flota, incluyendo la fracción de capturas por debajo de las tallas mínimas de referencia a efectos de conservación. Dicha fracción de captura no deseada, no podrá ser comercializada para el consumo humano, lo cual conlleva una serie de aspectos negativos que pueden influenciar de gran manera las actividades y estrategias pesqueras de los pescadores:

- El pescador se ve obligado a triar, almacenar y desembarcar una fracción de captura que no puede comercializar para consumo humano, es decir, invierte un espacio de almacenado y un esfuerzo de la tripulación sin retribución alguna.
- La cuota de la especie a la que pertenece la fracción de captura no deseada se reduce de manera gratuita.

En una pesquería mixta, el agotamiento prematuro de la cuota de una de las especies habitualmente capturadas puede obligar al cese de la actividad pesquera sin que el pescador haya agotado la cuota de otras especies de su interés.

La OD está siendo aplicada desde el año 2014 de manera gradual en las diferentes pesquerías europeas, cuyos detalles se especificarán en los planes plurianuales y en su defecto en los planes específicos de descartes. La problemática asociada a su implementación, y el conflicto de intereses con las actividades económicas de las pesquerías, requieren de nuevos esfuerzos para la reducción de capturas no deseadas. La idea fundamental detrás de la implementación de la OD es incentivar a los pescadores a proponer sus propias soluciones, apoyados por otros agentes implicados como el sector de la investigación pesquera o las ONGs.

La mejora de la selectividad de los artes de pesca es la estrategia más utilizada históricamente en las pesquerías mundiales para reducir las capturas no deseadas. A falta de trasladar otras estrategias que se contemplan en el plano teórico a la realidad de las pesquerías, esta es también la estrategia más utilizada actualmente para afrontar la implementación de la OD en las pesquerías europeas. Dichas mejoras están siendo desarrolladas mediante la aplicación de tecnologías pesqueras enfocadas al problema que se desea afrontar y adaptadas a las especiales características de la pesquería objetivo.

El presente proyecto aborda la cuantificación y mejora de la selectividad en la pesquería española del gallo (*Lepidorhombus spp*), rape (*Lophius spp*) y merluza (*Merluccius merluccius*), que opera en el caladero de Gran Sol (zonas ICES VI y VII) (Figura 1), y en la que participan actualmente un total de 15 barcos (Tabla 1) (Castro et al., 2015).

Tabla 1 - Métier OTB\_DEF\_70-99\_0\_0: Características medias técnicas de la flota por rango de eslora. Año 2015.

| Rango de eslora (LOA) | Nº de barcos | Eslora total (m) | Arqueo (Gt) | Potencia (Kw) |
|-----------------------|--------------|------------------|-------------|---------------|
| <10                   | 0            | 0                | 0           | 0             |
| 10-12                 | 0            | 0                | 0           | 0             |
| 12-18                 | 0            | 0                | 0           | 0             |
| 18-24                 | 0            | 0                | 0           | 0             |
| 24-40                 | 15           | 35,0             | 336,9       | 521,3         |
| >40                   | 0            | 0                | 0           | 0             |

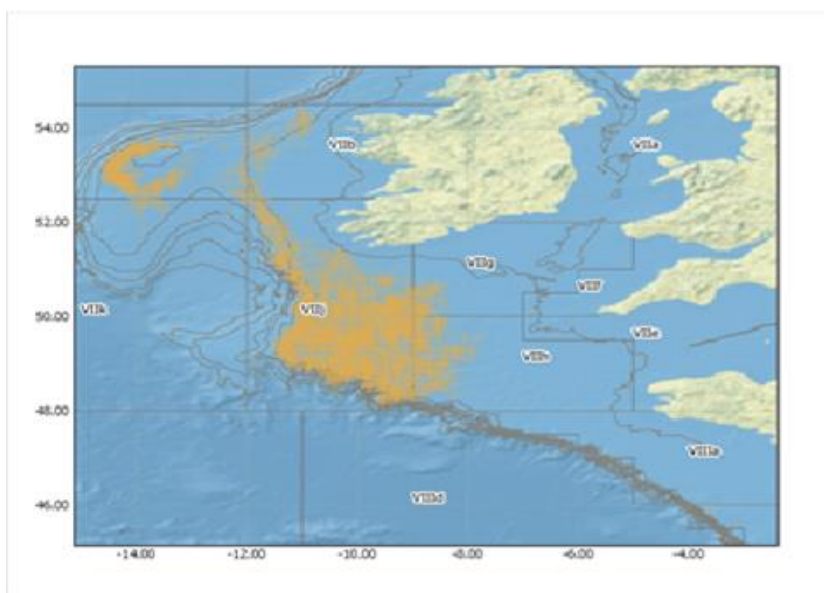


Figura 1 - Atlántico Nororiental. Zona FAO 27 (ICES subáreas VI, VII y VIII a, b, d, e), también denominada Gran Sol, en color marrón se observan las principales zonas de trabajo de la flota rapantera española.

Las dos especies de gallo, gallo (*Lepidorhombus whiffiagonis*) y gallo con manchas (*Lepidorhombus boscii*) y las dos especies de rape, rape blanco (*Lophius piscatorius*) y rape negro (*Lophius budegassa*), tienen una importancia económica similar y entre ellas representan entre el 65 % y el 80 % del valor desembarcado por esta flota (García et al., 2016).

Esta pesquería tiene además asignadas posibilidades de pesca para otras especies o grupos de especies con menor importancia, y no objetivo de este métier como serían, *Merluccius merluccius* (merluza zonas VI+VII,VIII), *Trachurus trachurus* (jurel zonas VI+VII+VIII), *Nephrops norvegicus* (cigala zonas VI,VII,VIII), *Solea solea* (lenguado zona VIII), *Pollachius virens* (carbonero zonas Vb+VI,VII+VIII), *Pollachius pollachius* (abadejo zonas VI,VII,VIII), *Micromesistius poutassou* (bacaladilla zonas VI+VII+VIII), *Molva sp* (maruca zonas VI+VII+VIII), *Phycis blennoides* (bertorella zonas VI + VII, VIII + IX), *Melanogrammus aeglefinus* (eglefino zonas Vb + VIa, VIb +XII + XIV, VII + VIII) *Scomber scombrus* (caballa zonas VI + VII + VIII), Raja sp (VI,VII), *Merlangius merlangus*

(merlán zonas Vb +VI, VII, VIII). (R (UE) nº 2017/127 del Consejo, de 20 de enero de 2017). Sin embargo, datos del Programa de Muestreo de Descartes del Instituto Español de Oceanografía procedentes del período 2008-2012, revelan que esta pesquería llega a capturar alrededor de 200 especies o grupos de especies diferentes, estimándose que un alto porcentaje de la captura de especies sometidas a límites de capturas son descartadas (Pérez *et al.*, 2014). Estamos por lo tanto, ante una pesquería multiespecífica de gran diversidad cuyo impacto afecta a las tasas de captura de muchas poblaciones comerciales y no comerciales simultáneamente.

Los problemas de las pesquerías mixtas han sido ampliamente abordados en diversos estudios de investigación pesquera (Ulrich *et al.*, 2011), y una de las conclusiones que se puede extraer es que siempre existe una especie, o un número reducido de especies, que potencialmente pueden limitar el esfuerzo pesquero, en caso de restricciones de especies. El término *choke species*, introducido por primera vez por Schrope (2010), refleja la idea de que una especie capturada habitualmente en una pesquería cuya cuota es relativamente baja, puede limitar las capturas de las restantes especies objetivo. Por otra parte, también crea “nuevos” límites en el esfuerzo. Por ejemplo, la merluza se ha convertido en una *choke species* en el Mar del Norte, simplemente porque su abundancia se ha incrementado en los últimos años (Baudron y Fernandes, 2015).

La Tabla 2 muestra datos para 30 especies, sometidas a reglamento de límite de capturas, que fueron descartadas por la flota durante el año 2016. En este sentido, las especies más problemáticas que se descartan en mayor medida, ya sea por no disponer de cuota, por falta de mercado, o por razones de tallas no comerciales y que deberán desembarcarse en cuanto entre en vigor la OD son: el jurel (*T. trachurus*), el eglefino (*M. aeglefinus*), la caballa (*S. scombrus*), la bacaladilla (*M. poutassou*), el ochavo (*Capros aper*) así como juveniles de merluza (*M. merluccius*) y rapante (*L. whiffiagonis*).

Tabla 2 - Perfil de captura de las especies sometidas a límite de captura de la flota rapantera (OTB\_70\_99\_0\_0).  
Proporción de descarte de cada una de las especies para el año 2016 (Fuente: José Castro, director departamento de  
descartes. IEO CO Vigo).

| DESCARTE DE LAS ESPECIES CON LÍMITE DE CAPTURAS                     |                                                                                         |                                                                                   |                       |                      |                                         |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| <b>Datos:</b><br><b>Año:</b><br><b>Métier:</b><br><b>Zona ICES:</b> | <b>Kg medios por marea</b><br><b>2016</b><br><b>OTB_DEF_70-99_0_0</b><br><b>VI, VII</b> | <b>Arrastre con puertas de caladero UE Occidental dirigido a Peces Demersales</b> |                       |                      |                                         |
| Cod-FAO                                                             | Nombre Científico                                                                       | Nombre común                                                                      | Retenida<br>kg/marea* | Descarte<br>kg/marea | Descarte/Captura<br>% Descarte por Spp. |
| HOM                                                                 | <i>Trachurus trachurus</i>                                                              | Jurel                                                                             | 0                     | 6365                 | 100                                     |
| HAD                                                                 | <i>Melanogrammus aeglefinus</i>                                                         | Eglefino                                                                          | 8                     | 3984                 | 100                                     |
| MAC                                                                 | <i>Scomber scombrus</i>                                                                 | Caballa                                                                           | 0                     | 3195                 | 100                                     |
| WHB                                                                 | <i>Micromesistius poutassou</i>                                                         | Bacaladilla                                                                       | 0                     | 3037                 | 100                                     |
| MEG                                                                 | <i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>                                                       | Gallo del norte                                                                   | 7429                  | 2497                 | 25                                      |
| HKE                                                                 | <i>Merluccius merluccius</i>                                                            | Merluza europea                                                                   | 2304                  | 2119                 | 48                                      |
| BOC                                                                 | <i>Capros aper</i>                                                                      | Ochavo                                                                            | 0                     | 1952                 | 100                                     |
| LDB                                                                 | <i>Lepidorhombus boscai</i>                                                             | Gallo                                                                             | 1280                  | 1276                 | 50                                      |
| RAJ                                                                 | <i>Rajidae</i>                                                                          | Rayas                                                                             | 1549,00               | 1084                 | 41                                      |
| ARU                                                                 | <i>Argentina silus</i>                                                                  | Tomasa                                                                            |                       | 998                  | 100                                     |
| ANK                                                                 | <i>Lophius budegassa</i>                                                                | Rape negro                                                                        | 3848                  | 624                  | 14                                      |
| POK                                                                 | <i>Pollachius virens</i>                                                                | Carbonero                                                                         | 21                    | 485                  | 96                                      |
| GFB                                                                 | <i>Phycis blennoides</i>                                                                | Brótola de fango                                                                  | 64                    | 232                  | 78                                      |
| WHG                                                                 | <i>Merlangius merlangus</i>                                                             | Merlán                                                                            | 0                     | 170                  | 100                                     |
| ETX                                                                 | <i>Etmopterus spinax</i>                                                                | Negrito                                                                           | 0                     | 155                  | 100                                     |
| POD                                                                 | <i>Trisopterus minutus</i>                                                              | Faneca menor                                                                      | 0                     | 144                  | 100                                     |
| WIT                                                                 | <i>Glyptocephalus cynoglossus</i>                                                       | Mendo                                                                             | 651                   | 104                  | 14                                      |
| POL                                                                 | <i>Pollachius pollachius</i>                                                            | Abadejo                                                                           | 7                     | 83                   | 93                                      |
| MON                                                                 | <i>Lophius piscatorius</i>                                                              | Rape blanco                                                                       | 4478                  | 65                   | 1                                       |
| PLE                                                                 | <i>Pleuronectes platessa</i>                                                            | Solla                                                                             | 0                     | 57                   | 100                                     |
| LEM                                                                 | <i>Microstomus kitt</i>                                                                 | Mendo limón                                                                       | 192,32                | 43                   | 18                                      |
| DAB                                                                 | <i>Limanda limanda</i>                                                                  | Limanda                                                                           | 0                     | 34                   | 99                                      |
| COD                                                                 | <i>Gadus morhua</i>                                                                     | Bacalao                                                                           | 294                   | 30                   | 9                                       |
| FOR                                                                 | <i>Phycis phycis</i>                                                                    | Brótola de roca                                                                   | 0,00                  | 21                   | 100                                     |
| LIN                                                                 | <i>Molva molva</i>                                                                      | Maruca                                                                            | 412                   | 10                   | 2                                       |
| PLA                                                                 | <i>Hippoglossoides platessoides</i>                                                     | Platija americana                                                                 | 1                     | 6                    | 85                                      |
| BIB                                                                 | <i>Trisopterus luscus</i>                                                               | Faneca                                                                            | 0                     | 6                    | 100                                     |
| NEP                                                                 | <i>Nephrops norvegicus</i>                                                              | Cigala                                                                            | 24                    | 3                    | 10                                      |
| SOL                                                                 | <i>Solea solea</i>                                                                      | Lenguado                                                                          | 7                     | 0                    | 0                                       |
| BXD                                                                 | <i>Beryx decadactylus</i>                                                               | Palometa roja                                                                     | 0                     | 0                    | 0                                       |
| <b>Especies con Límite de Capturas</b>                              |                                                                                         |                                                                                   | <b>22570</b>          | <b>28778</b>         | <b>56</b>                               |
| <b>Especies sin Límite de Capturas</b>                              |                                                                                         |                                                                                   | <b>11405</b>          | <b>12132</b>         | <b>52</b>                               |
| <b>Total</b>                                                        |                                                                                         |                                                                                   | <b>33975</b>          | <b>40910</b>         | <b>55</b>                               |

\* Valores de Captura Retenida. No iguales a Desembarques

Según lo anteriormente descrito, esta pesquería puede definirse como poco selectiva, y el perfil de capturas actual refleja un escenario de difícil adaptación a la inminente aplicación de la OD. La PPC pretende poner en marcha gradualmente la aplicación de la obligación de desembarque desde el año 2015 al 2019 para todas las pesquerías comerciales (especies sujetas a TAC o tamaños mínimos) en aguas europeas y para buques europeos que pescan en alta mar. Este enfoque gradual pretende apoyar a la industria pesquera en su adaptación a los cambios significativos en la gestión y las prácticas pesqueras (por ejemplo, desde un sistema que registra sólo la fracción desembarcada de la captura a un sistema que registra toda la captura). Un primer paso para afrontar la inminente OD con garantías es evitar, en la medida de lo posible, la captura de especies o tallas no deseadas. Como se ha dicho anteriormente, la estrategia más plausible para alcanzar tal fin es la mejora de la selectividad de los artes de pesca empleados.

Una revisión de la bibliografía disponible revela que la pesquería objetivo presenta un pobre desarrollo en la selectividad de los artes de pesca empleados. Los reglamentos básicos (R (UE) n° 850/98 del Consejo, de 30 de marzo de 1998; R (UE) n° 1162/2001 de la Comisión, de 14 de junio de 2001) por los que se establecen medidas encaminadas a la recuperación de la población de merluza en las subzonas CIEM III, IV, V, VI y VII y en las divisiones CIEM VIII a, b, d, e, imponen la necesidad más inmediata de reducir las capturas de juveniles de merluza mediante el incremento general de la dimensión de malla de las redes de arrastre utilizadas para la captura de merluza, aumentando el tamaño de malla mínimo en el copo de 80 milímetros a 100 milímetros, cuando la captura de merluza supera el 20 %, y se exige siempre en algunas zonas (coto de protección de juveniles de merluza) independientemente del porcentaje de merluza en la captura (Castro, 2010).

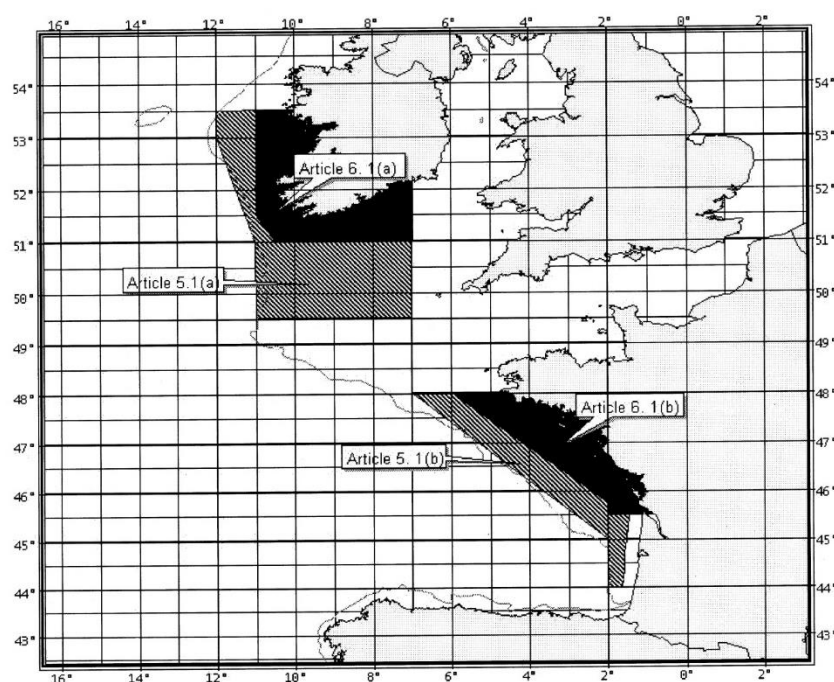


Figura 2 - Cotos de protección de juveniles de merluza. Fuente: R (UE) n° 1162/2001 de la Comisión, de 14 de junio de 2001.

La implementación del copo de 100 milímetros ha sido fuertemente criticada, bajo el argumento de que su uso provoca una significativa pérdida de capturabilidad respecto al copo estándar de 80 milímetros sobre ciertas tallas comerciales de gallo,. Este argumento del sector puede tener una sólida base atendiendo a los procesos físicos que actúan sobre la red durante el

arrastre. En concreto, la malla estándar (también denominada malla tipo diamante), tiende a cerrarse ante las fuerzas longitudinales que se producen durante el arrastre. Este hecho reduce drásticamente las posibilidades de escape de peces de sección redonda (como la merluza), mientras el efecto negativo pudiera no ser tan significativo para los peces planos, debido a su especial morfología (Hermann *et al.*, 2013).

La Acción Piloto (AP) de Pesca Experimental RAI-AP-10/2006, financiada por la Secretaría General de Pesca Marítima y dirigida por el Instituto Español de Oceanografía (IEO), fue llevada a cabo en 2006 con el propósito de aclarar las dudas surgidas por la implementación de los copos de 100 milímetros. El objetivo de esta AP fue, por lo tanto, cuantificar el efecto que produce el aumento del tamaño de malla en la selectividad de las especies objetivo de la pesquería, con especial atención al gallo y la merluza. Debido a las restricciones presupuestarias y el empleo de un buque comercial, se decidió implementar un diseño experimental conocido como “lances alternos” (Wileman *et al.*, 1996). En contra de las hipótesis del sector, el análisis de datos posterior dio como resultado unos parámetros de selectividad comparables entre los dos copos (Pérez-Contreras *et al.*, 2006). Si bien, el tipo de análisis llevado a cabo sobre los datos de selectividad coleccionados no fue el más adecuado, considerando el diseño experimental utilizado, y por lo tanto los resultados mostrados en el informe pudieran no describir con precisión la selectividad de ambos copos. Este hecho hace que, actualmente, no se disponga de una referencia clara sobre el poder selectivo de los copos utilizados actualmente.

Aunque no exista un punto claro de referencia, y como se ha mencionado anteriormente, los elevados índices de descarte observados en la pesquería indican de manera indirecta que existe un problema de selectividad, que podría ser afrontado, en un primer paso, mediante la reconsideración de los copos empleados. Para el diseño de nuevos copos alternativos adaptados a la pesquería objetivo, debe tenerse en cuenta las especiales características de dicha pesquería, cuyas operaciones pesqueras tienen lugar en fondos cohabitados por especies de peces con distintos crecimientos, comportamiento natatorio y/o morfología.

Se parte de la asunción de que aquellas especies no deseadas, cuya sección transversal no se equipara a la geometría de la malla estándar empleada en la construcción del copo (malla diamante), tendrán mayores posibilidades de ser retenidas como *bycatch* que aquellas especies cuya sección transversal sí se ajusta a la geometría de las mallas. El desajuste entre el tamaño/geometría de malla y el tamaño/sección transversal de las especies/tallas sin interés comercial podría ser, por lo tanto, una de las causas principales de la baja selectividad de los artes empleados y, por lo tanto, de los altos índices de *bycatch* estimados en la pesquería.

En vista de la importancia que alberga la geometría de las mallas en la selectividad del copo, se ha identificado como primera guía de diseño la alteración de la geometría de las mallas del copo, con el fin de mejorar las posibilidades de escape de las especies o tallas no deseadas.

Para llevar a cabo este cambio de geometría, se consideró en un principio el uso de mallas con geometría cuadrada en la construcción de los copos experimentales, las cuales han sido diseñadas específicamente para mantener una buena abertura durante el proceso de arrastre y han sido implementadas, bien como ventanas de escape (Catchpole *et al.*, 2008; Madsen, 2007), o bien directamente en la construcción integral de los copos (Madsen, 2007; Guijarro y Massutí, 2007).

Los resultados obtenidos en diversos estudios indican que esta estrategia reduce significativamente las capturas de peces redondos, dado que la sección transversal de estos peces se ajusta mejor a la geometría de estas mallas. En contraste, dichos estudios han

concluido que la capturabilidad de los peces planos no se ve afectada significativamente por este cambio de geometría. Finalmente, se ha demostrado que la utilización de copos con malla cuadrada disminuye la captura de otros organismos marinos, como por ejemplo invertebrados bentónicos o algas (Ordines et al., 2006), al tiempo que reduce la demanda energética en el proceso de arrastre. Sin embargo el empleo de mallas cuadradas en la construcción de los copos no está exenta de críticas, debido fundamentalmente a ciertos comportamientos mecánicos de estos copos que en muchos casos no son bien aceptados por los pescadores (Glass, 2000).

Una segunda estrategia tecnológica destinada a mantener las mallas abiertas durante el lance de pesca consiste en girar las mallas estándar 90 grados respecto a la dirección de arrastre. Esta estrategia fue propuesta por primera vez por el *Sea Fisheries Institute* (MIR, Gdynia, Polonia). Las propiedades de estos copos, denominados “T90” (del inglés *Turned 90°*), han sido ampliamente evaluadas en el Mar Báltico, tanto a bordo de buques de investigación como en pesqueros alemanes y polacos. De acuerdo con el *ICES Study Group on Turned codend Selectivity focusing on Baltic Cod Selectivity* (SGTCOD), son varias las ventajas de este tipo de copos respecto a los copos estándar. Entre ellas, interesa para el presente proyecto el hecho de que se ha demostrado que reducen significativamente las capturas de peces de sección redonda, sin que ello perjudique a la capturabilidad de peces planos. Otras características destacables son:

- Mejores condiciones físicas del pescado filtrado a través de las mallas, de lo que se infieren mejores posibilidades de supervivencia al proceso de captura.
- Mejor calidad del pescado capturado.
- Menos consumo de combustible durante las operaciones de pesca.
- Pescas más limpias, menor capturabilidad de invertebrados bentónicos y, por lo tanto, mayor rapidez y eficiencia en el clasificado de las capturas.
- Estabilidad durante el proceso de pesca.
- Construcción simple, sin encarecimiento respecto al precio de los copos estándar.
- Disponibilidad de la red en cualquier mercado o compañía redera, ya que no se requiere una confección específica.
- La variación de su selectividad es difícil de manipular a bordo.

Los copos T90 pueden no ser la solución total al *bycatch* no deseado de la pesquería, pero su implantación podría suponer un importante avance en términos de reducción de capturas no deseadas, sin que ello implique pérdidas económicas al sector.

La segunda estrategia de diseño considerada para alterar la geometría de las mallas, es la reducción del número de mallas en la circunferencia de los copos actualmente en uso. Experimentos llevados a cabo por Reeves et al. (1992), Galbraith et al. (1994) o Wienbeck et al. (2011) revelan que una reducción en el número de mallas en la circunferencia del copo puede aumentar de manera considerable la selectividad de especies con sección transversal redonda, como es el caso del eglefino o el bacalao (*Gadus morhua*).

En línea con lo que se expone arriba, se propone evaluar el efecto individual y combinado del tamaño de malla, giro de malla y número de mallas en la circunferencia del copo, en la selectividad de una serie de especies seleccionadas por su importancia en la pesquería. Para llevar a cabo dicha evaluación, se ha propuesto una serie de experimentos basados en pruebas pesqueras con copos cuyos diseños varían entre sí en el tamaño de malla, y/o giro de malla, y/o número de mallas en circunferencia. El presente proyecto, denominado “*Aplicación de tecnologías pesqueras para la mejora de la selectividad en artes de arrastre de la pesquería de gallos en aguas del Gran Sol. II Parte*”, ha sido llevado a cabo finalmente gracias a la financiación

de la Consellería do Mar de la Xunta de Galicia. Este es el quinto proyecto de selectividad iniciado por la Cooperativa de Armadores de Vigo (ARVI), y el tercero centrado en la flota de arrastre de fondo de Gran Sol. Ha contado con la colaboración del centro alemán especialista en la realización de proyectos para el desarrollo de artes de pesca selectivos, Johann Heinrich von Thünen-Institute/Institute of Baltic Sea Fisheries (TI-OSF), cediendo el buque de investigación pesquera *Walther Herwig III*, del Ministerio para la Agricultura y la Alimentación de la República Federal Alemana, así como la mayor parte del personal y material científico, y con el Instituto Español de Oceanografía (IEO) que ha aportado dos investigadores a la campaña y ha apoyado el proceso posterior de análisis de datos.

## 2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En el **año 2006** se llevó a cabo la Acción Piloto de Pesca Experimental financiada por la Secretaría General de Pesca Marítima y dirigida por el Instituto Español de Oceanografía (IEO), según el Proyecto de «*Pesca Experimental RAI- AP-10/2006 Dirigida a la Adecuación del Tamaño de Malla en la Pesquería de Gallo Mediante Arrastre de Fondo en NEAFC*», basada en el Proyecto de Acción Piloto, promovido por la empresa armadora PESCABERBES S.A. a bordo del buque comercial PESCABERBES TRES. El objetivo prioritario de la Acción Piloto de Pesca Experimental RAI-AP-10/2006, según consta en la «*Memoria de la Propuesta de Acción Piloto de Pesca Experimental*» presentada por la empresa, era comparar las capturas de la pesquería de gallo utilizando malla de 80 milímetros y malla de 100 milímetros.

En el **año 2014** se llevó a cabo la realización del proyecto «*GST90 - Desarrollo de un arte selectivo para Gran Sol*», con la financiación de las acciones colectivas del MAGRAMA, a través de los fondos FEP, gestionados por la Fundación Biodiversidad. Este proyecto fue dirigido por ARVI, contando con la participación del Centro Oceanográfico de Vigo del Instituto Español de Oceanografía (IEO) y la colaboración del centro alemán Johann Heinrich von Thünen-Institute/Institute of Baltic Sea Fisheries (TI-OSF). El objetivo general del proyecto era mejorar la selectividad de los artes de pesca de arrastre en Gran Sol para obtener una reducción de capturas de especies no deseadas (sobre todo el caso del jurel) y de juveniles de especies comerciales (sobre todo *L. wiffiagonis* y *M. merluccius*), promoviendo así artes de pesca selectivos y reduciendo las capturas accesorias. Para llevar a cabo este ambicioso proyecto, se adoptó el protocolo FISHSELECT (Herrmann *et al.*, 2009) el cual permitiría proponer más adelante el diseño de un arte de pesca más selectivo para los buques arrastreros que faenan en el caladero de Gran Sol. En este primer proyecto fue imposible completar la recogida de datos debido a que las campañas experimentales no se llegaron a realizar. Es por este motivo que se hacía necesaria la realización de un segundo proyecto para que además de la recogida de nuevos datos teóricos para la implementación del protocolo, se recogiesen también los datos experimentales que diesen valor a los datos teóricos.

En el **año 2016** ARVI y el Thünen Institute, con la ayuda del IEO, acometieron juntos el proyecto «*Aplicación de tecnologías pesqueras para la mejora de la selectividad en artes de arrastre de la pesquería de gallos en aguas del Gran Sol*», gracias a la financiación por parte de la Consellería do Mar de la Xunta de Galicia, y la cesión, por parte del Ministerio alemán para la agricultura y la alimentación (*Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE*) de días de mar del B/O *Walther Herwig III* (DBFR), concretamente, en las fechas comprendidas entre el 3 y el 14 de marzo de 2016. En este proyecto, la capacidad de llevar a cabo la recogida de datos y los diferentes test, fue limitada debido a la conjunción de varios factores como el tiempo de ruta

que el buque debería invertir en la ida al caladero y en el retorno al puerto base (Bremerhaven, aproximadamente 6 días de ruta) y el hecho de que la campaña coincidiera con periodo invernal en Gran Sol. De este modo, cualquier contratiempo logístico, técnico o climático podría repercutir decisivamente en la consecución del plan estratégico. A pesar de diferentes contratiempos, como la escasez de tiempo para la preparación y realización de la campaña y la falta de experiencia del personal del puente de mando en el caladero, desde el primer lance se observó que el arte trabajaba correctamente, siendo el perfil de capturas semejante al de un lance típico de un barco comercial de la flota que faena en Gran Sol. Sin embargo, debido a las malas condiciones climáticas imperantes, el poco tiempo disponible y problemas técnicos con los sobrecopos, no se pudieron recoger datos de selectividad suficientes para llevar a cabo los análisis programados, aunque el trabajo permitió salvar todos los desafíos logísticos y técnicos planteados en este complejo proyecto colaborativo. Por lo tanto, se estableció así un punto de partida importante, que debería ser continuado con la recolección de datos de selectividad programados.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, desde el Thünen Institute se solicitó una mayor disponibilidad temporal del buque de investigación *Walther Herwig III* para terminar el proyecto. Así, en octubre de 2016 el Ministerio alemán para la Agricultura y la Alimentación concedió al grupo de investigación de tecnologías pesqueras, un total de 29 días de mar del mismo buque empleado en 2016. Además, estos días fueron reservados en época estival (06.06.17-04.07.17). Debido a esta nueva disponibilidad del buque para el 2017, ARVI y el Thünen Institute propusieron realizar en 2017 las pruebas asegurando, debido a la experiencia acumulada en 2016, una alta probabilidad de éxito y finalización del trabajo programado.

#### Objetivos primarios:

1. Descripción objetiva de la selectividad de los copos actualmente empleados por la flota (copos de 80 mm y 100 mm malla diamante estándar), mediante una adecuada recolección y análisis de datos de pesca experimentales. Este primer objetivo tratará por lo tanto de establecer la información de base a partir de la cual podrán llevarse a cabo las comparaciones en cuanto a la eficiencia selectiva de los copos alternativos propuestos.
2. Diseño, construcción y descripción de la selectividad de copos alternativos a los actuales.
3. En particular, el diseño de estos copos alternativos contemplan variaciones en el tamaño de malla, giro de malla, y número de mallas en circunferencia.

#### Objetivos secundarios:

4. Especificación de un modelo general y predictivo para la selectividad de copos en la pesquería del Gran Sol. Alimentado por los datos de selectividad obtenidos para los distintos copos testados de manera experimental, se propone la construcción de dicha herramienta predictiva, cuya aplicación principal sería la de recomendar el diseño de copo idóneo para alcanzar un determinado patrón de explotación en la pesquería.
5. Comprensión y cuantificación de los procesos mecánicos que tienen lugar en el copo, y más concretamente en la geometría de las mallas, responsables de las diferencias en la selectividad observada para los distintos copos. Para alcanzar este objetivo, se ha adoptado el protocolo FISHSELECT que se describe en la sección de metodología.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Copos experimentales

Con el fin de alcanzar los objetivos fijados en el desarrollo del presente proyecto, fueron contruidos un total de 12 copos experimentales y llevados a bordo del B/O *Walther Herwig III* para las posteriores pruebas experimentales. El diseño de los copos varió en el tamaño de la malla, en la orientación de la malla y en el número de mallas en la circunferencia del copo. Como se ha mencionado anteriormente, estos son tres de los aspectos de diseño que más influyen en la selectividad de los copos.

Del total de los 12 copos contruidos, ocho fueron contruidos en el 2016 por la empresa redera TECNOPECA PyM, encargada también de la construcción del arte de pesca. Los dos primeros fueron contruidos siguiendo rigurosamente las especificaciones de los copos reglamentarios empleados comercialmente en la pesquería. En concreto, cada uno de los copos fue contruido con dos paños de red de malla de polietileno (PE), torzal doble y grosor nominal de 3.5 mm. Los paños se orientaron de manera estándar, para conseguir la configuración de malla tipo diamante. El tamaño de luz de malla nominal utilizado en la construcción del primer copo fue de 85 mm, mientras que la luz de malla nominal del segundo copo fue de 105 mm. Las dimensiones de los paños en su sección transversal fueron de 60 mallas para el copo de 85 mm, y de 50 mallas para el copo de 105 mm.

A fin de dotar a cada copo con un acrónimo, con capacidad de describir de manera implícita el diseño del mismo, se adoptó la siguiente formulación: **T#\$D&\$\_n** donde **T** proviene del anglicismo *Turned* (girado), **#** es un valor numérico que se refiere a la orientación de las mallas (0=orientación estándar, 90= giradas 90 grados), **\$** es un valor numérico relativo al tamaño de luz nominal de las mallas (en mm), **D** denota el uso de doble torzal en el paño de malla, **\$** es un valor numérico que se refiere al grosor nominal de cada torzal, y **n** es el número de mallas en la transversal de los paños de red. Siguiendo esta formulación, los dos copos reglamentarios anteriormente descritos se denotan con los acrónimos nominales **T085D3.5\_60** y **T0105D3.5\_50**.

Los dos siguientes copos contruidos solo variaron en la orientación de malla, dando lugar a las versiones T90 de los copos anteriores, **T9085D3.5\_60** y **T90105D3.5\_50**. Los últimos 4 copos contruidos por la empresa española difieren de los anteriores en una reducción del número de mallas en la transversal de los paños de red. Esta reducción se fijó en aproximadamente un 35%, con lo cual, estos cuatro copos pasaron a denotarse como **T085D3.5\_40**, **T0105D3.5\_30**, **T9085D3.5\_40** y **T90105D3.5\_30**.

A fin de cuantificar con mayor precisión el efecto del tamaño de malla en la selectividad de los copos, investigadores del Thünen Institute propusieron al consorcio, incorporar al plan experimental cuatro nuevos copos, con un incremento de 20 mm en el tamaño de malla. Estos copos fueron contruidos en la empresa redera alemana ROFIA GmbH, sin cargo al presente proyecto, y se trató de seguir todas las directrices de diseño y el modo de confección de los copos contruidos por la empresa redera española. A falta de paños de red con torzal doble de 3.5 mm de grosor, se optó por emplear el paño de red más similar disponible, que en este caso fue paño de red con torzal doble de 4 mm de grosor. De este modo, se construyeron los copos **T0125D4\_40**, **T0125D4\_26**, **T90125D4\_40** y **T90125D4\_26**, cuyas características se muestran en la Tabla 3. En el Anexo I (*Esquemas de construcción de los copos experimentales*) se

muestran los esquemas decuatro de los copos construidos, concretamente de los cuatro que finalmente pudieron ser testados.

Tabla 3 - Listado de copos disponibles para las pruebas experimentales. Los copos reglamentarios se resaltan en negrita.

| ID           | Acrónimo nominal    | Empresa constructora | Año de construcción |
|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| <b>GS_11</b> | <b>T085D3.5_60</b>  | <b>TECNOPECA PyM</b> | <b>2016</b>         |
| GS_12        | T085D3.5_40         | TECNOPECA PyM        | 2016                |
| <b>GS_13</b> | <b>T0105D3.5_50</b> | <b>TECNOPECA PyM</b> | <b>2016</b>         |
| GS_14        | T0105D3.5_33        | TECNOPECA PyM        | 2016                |
| GS_15        | T0125D4_40          | ROFIA GmbH           | 2017                |
| GS_16        | T0125D4_26          | ROFIA GmbH           | 2017                |
| GS_17        | T9085D3.5_60        | TECNOPECA PyM        | 2016                |
| GS_18        | T9085D3.5_40        | TECNOPECA PyM        | 2016                |
| GS_19        | T90105D3.5_50       | TECNOPECA PyM        | 2016                |
| GS_20        | T90105D3.5_33       | TECNOPECA PyM        | 2016                |
| GS_21        | T90125D4_40         | ROFIA GmbH           | 2017                |
| GS_22        | T90125D4_26         | ROFIA GmbH           | 2017                |

### 3.2. Arte de pesca y buque de investigación

Para testar los copos experimentales fue necesario construir un arte de pesca homólogo, en términos de diseño, materiales y construcción, al tipo de arte comercial utilizado en la pesquería objetivo, conocido como *rapantera*. Las particularidades de la *rapantera* vienen definidos por los objetivos de pesca que se persiguen, concretamente capturas compuestas por especies íntimamente ligadas a los fondos marinos. En general, estos artes presentan una limitada abertura vertical de la boca (próxima a los 2 metros), dado que no necesitan una gran altura para alcanzar la eficiencia pesquera deseada. Sin embargo, el rendimiento pesquero depende en gran medida de su capacidad para agregar de manera efectiva especies de fondo en la boca de la red. Esto se consigue mediante la combinación de alas y mallas de gran longitud y un adecuado ángulo de ataque respecto al vector de arrastre. La presencia de un burlón pesado evita que el arte sobrepase a las especies agregadas en la boca de la red (Figura 3).

La empresa redera TECNOPECA PyM se hizo cargo de la construcción de la *rapantera* para el presente proyecto. Uno de los mayores desafíos técnicos afrontados durante la fase de diseño, fue la adaptación del arte de pesca al barco utilizado durante las pruebas experimentales: el buque de investigación pesquera alemán *Walther Herwig III* (<https://vimeo.com/164843064>), con una eslora de 63.18 metros y 15.22 metros de manga (Figura 4, Anexo II). La posibilidad de usar dicho buque de investigación fue considerada un valor añadido, al no presentar cargo alguno al proyecto, permitiendo un total control del desarrollo de las pescas experimentales y una óptima colección de datos. Por otro lado, su utilización evitó las posibles interferencias o constricciones derivadas del comportamiento comercial que se espera en los buques de pesca profesionales. Sin embargo, la gran diferencia en las características de la cubierta de este buque respecto a la de un buque comercial del Gran Sol, obligó a llevar a cabo una serie de cambios en el diseño del arte y sus estructuras accesorias para que las maniobras de largada y virada pudiesen llevarse a cabo con normalidad, y para que el proceso de arrastre del aparejo pudiese desarrollarse de modo efectivo. En primer lugar, el

tamaño del arte se redujo un 33% respecto a un arte rapantera clásica. La reducción de los 100-120 metros de largo de un arte estándar en esta pesquería (Figura 5), a los 65 metros de largo que tiene el fabricado específicamente para esta campaña, forzó al redero a implementar una serie de ajustes en el corte y la confección del cuerpo de red, para conseguir un diseño equilibrado (Figura 6).

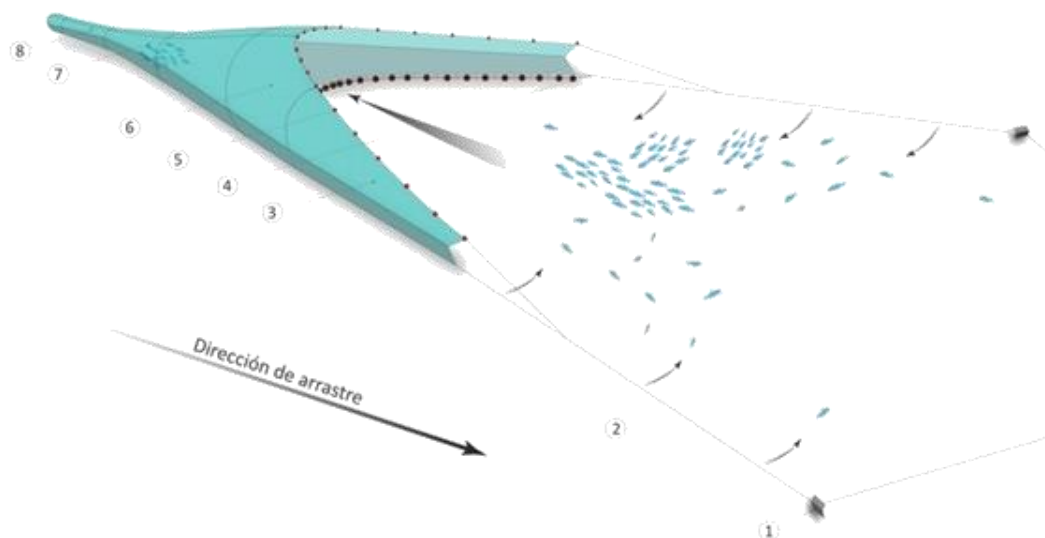


Figura 3 - Distintos componentes de un arte de arrastre estándar: (1) puertas; (2) mallas; (3) alas; (4) burlón; (5) visera; (6,7) cuerpo de la red, manga, (8) copo. Fuente: A. Schütz, TI-OF.

Los materiales utilizados en la construcción de las distintas partes del arte de pesca fueron cuatro tipos de paños distintos, los mismos que se utilizan en la construcción de un arte de pesca tipo de los utilizados por los barcos de la flota que faena en este caladero:

- Plan alto, plan bajo y bandas de plomo (o bandas bajas): hilo de 3 mm compactado, malla de 100 mm nudo-nudo y 85 mm de luz, hilo sencillo de polietileno.
- Gargantas, refuerzo de plan bajo y tiras de plomo: hilo de 6 mm de polietileno normal, malla 100 mm nudo-nudo y 85 mm de luz.
- Visera y bandas de corcho: hilo de polietileno de 3 mm compactado, malla de 140 mm nudo-nudo y 130 mm de luz.
- Refuerzo visera y orejas de corcho parte alta: hilo de polietileno de 4 mm compactado, malla de 140 mm nudo-nudo y de entre 125 y 130 mm de luz.



Figura 4 - Imagen de la cubierta del buque oceanográfico *Walther Herwig III*.

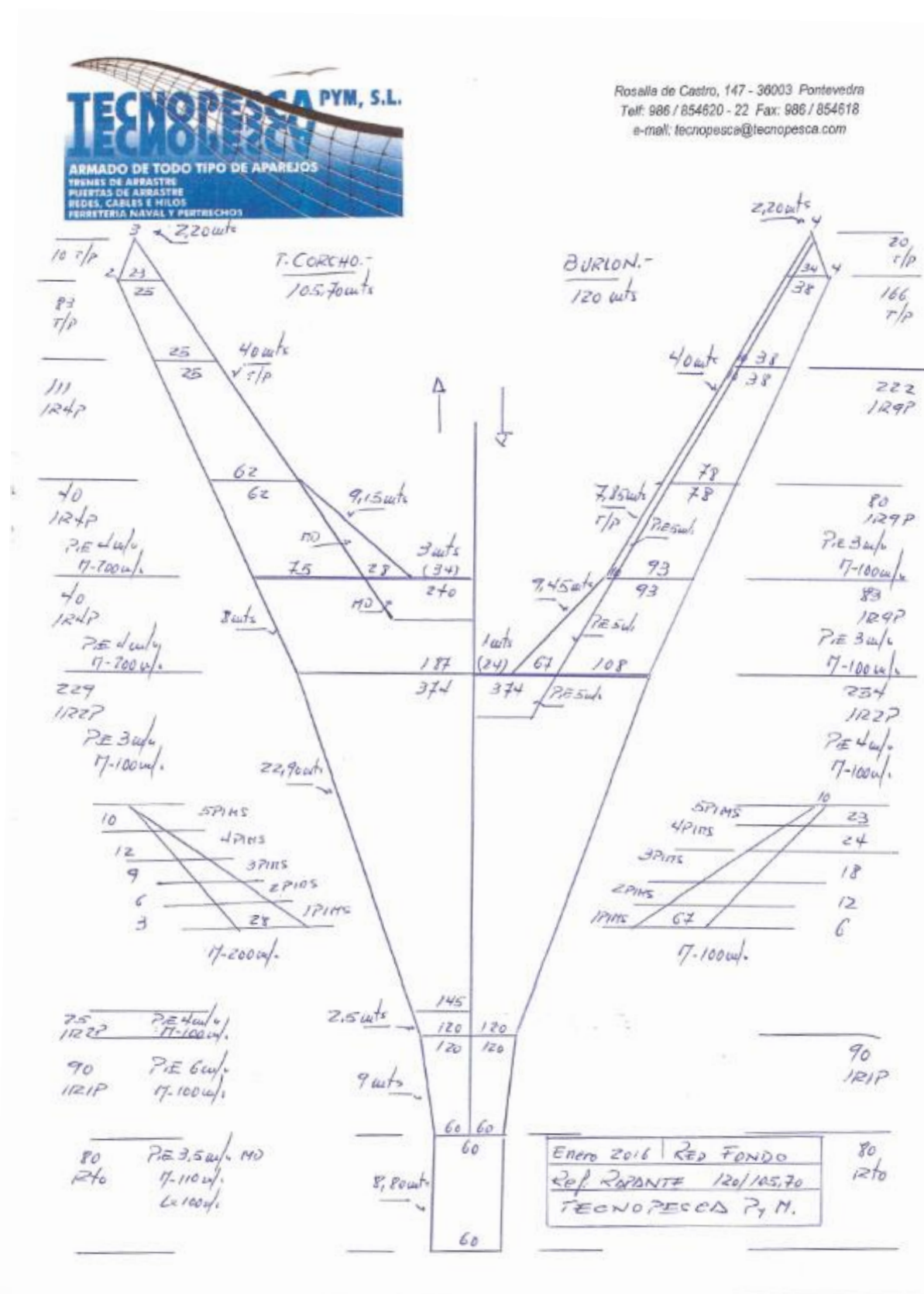


Figura 5 - Rapantera Comercial. Plano de un arte de arrastre de los utilizados por la flota rapantera de Gran Sol. Plano facilitado por la empresa constructora TECNO PESCA P. M. S.L.

Figura 6 - Rapantera experimental. Plano del diseño creado para la construcción del arte rapantera adaptada al buque oceanográfico *Walther Herwig III*.



Figura 8 - Imagen de la tralla del plomo lastrada para conseguir darle al arte el peso necesario.



Figura 8 - Imagen del proceso de construcción del arte de pesca por los rederos.

### 3.3. Planificación de los lances de pesca experimentales

El Thünen Institute puso a disposición un total de 29 días de mar del buque *Walther Herwig III*, para la realización de los experimentos de selectividad del presente proyecto, duplicando el tiempo total disponible respecto al proyecto anterior (12 días).

La elección de las zonas de pesca y la posición de los lances experimentales se realizó en base a varios criterios de selección. En primer lugar, se contactó con la flota que faena en la zona de estudio para obtener un asesoramiento actualizado de las posibles zonas de trabajo. Concretamente, el personal de puente de dos buques pertenecientes a la flota de Gran Sol, asociados a ARVI, compartió de manera desinteresada sus conocimientos con los organizadores de la campaña experimental. El primer buque cedió su base de datos de trabajos de pesca donde figuran los “tracks” geo-referenciados que representan los lances históricos efectuados por este y otros buques de la pesquería, además de puntos conflictivos donde se han documentado roturas en los artes de pesca. Dado el gran tamaño de la base de datos, se contactó con un segundo buque a fin de identificar áreas representativas de la pesquería y cuya superficie de sus fondos marinos facilitasen arrastres limpios y sin roturas del arte de pesca o del sobrecoipo. De este modo, la base de datos inicial se depuró conforme a estas áreas delimitadas. El segundo criterio para la selección de la zona de pesca se basó en la posición de los lances experimentales llevados a cabo durante la acción piloto promovida por ARVI en el 2006 (RAI-AP 21/2006). El último criterio de selección de las zonas de pesca involucró a la tripulación de puente del buque alemán *Walther Herwig III*, con experiencia en pesca de arrastre de fondo en la zona del Gran Sol.

### 3.4. Diseño experimental y recolección de datos de las capturas

Para estimar la selectividad de los copos experimentales, se optó por el método de sobrecoipo (Wileman, 1996). Como su nombre indica, el sobrecoipo cubre el copo experimental con el objetivo de retener los peces capaces de escapar a través de las mallas del copo durante el proceso de pesca. A diferencia de otras metodologías, con este método es posible cuantificar de manera directa el número de individuos de una especie y una talla determinadas retenidos o filtrados a través de las mallas del copo, lo que da lugar a una estimación de los parámetros de selectividad más precisa que otros métodos (Herrmann et al., 2016). Sin embargo, para una correcta implementación de este método, es necesario diseñar y utilizar el sobrecoipo de manera adecuada, considerando las especiales características de la pesquería objetivo.

En la primera fase de diseño de este dispositivo, se contactó con institutos de investigación franceses e irlandeses (*Ifremer* y *Marine Institute*, respectivamente), buscando asesoramiento sobre diseños de sobrecopos que ya se hayan utilizado en esta pesquería. Dado que actualmente estas instituciones practican otro tipo de metodologías, basadas en comparación de capturas, finalmente se optó por adaptar un diseño propio del Thünen Institute y DTU aqua (Dinamarca), utilizado con éxito en la pesquería de bacalao en aguas del Mar de Norte y Skagerrak. El primer diseño fue presentado y explicado en el 2016 por investigadores del Thünen Institute a la empresa redera TECNOPESCA PyM, encargada de su construcción. Las múltiples roturas sufridas durante la experiencia del 2016 (ver informe relacionado), obligaron a la re-consideración del diseño con el objetivo de afrontar la presente campaña con garantías de éxito. El rediseño original fue por lo tanto modificado en pro de una mayor robustez. Dos unidades del nuevo sobrecopo fueron construidas en la empresa redera alemana ROFIA GmbH.

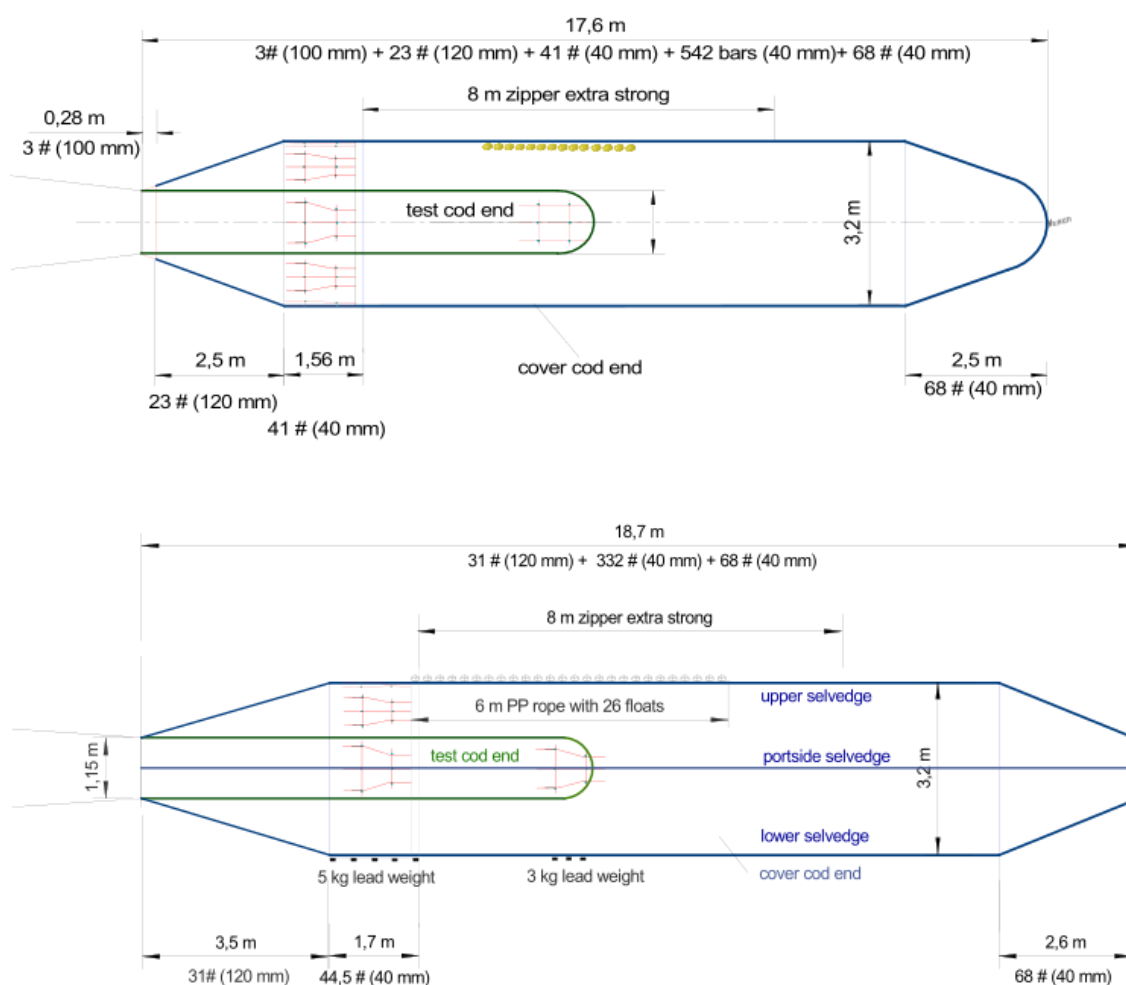


Figura 9 - Arriba, diseño del sobrecopo utilizado en la campaña de 2016. Abajo esquema del sobrecopo rediseñado y construido para la presente campaña.

Las capturas retenidas en el copo y en el sobrecopo fueron muestreadas de manera sucesiva e independiente, evitando una posible mezcla entre los dos compartimentos. El proceso de triado de las mismas se llevó a cabo en el parque de procesado de la captura. Se separaron peces, cefalópodos, rayas y tiburones a nivel de especie o de grupo de especies. El total de captura de cada especie o grupo de especies fue pesado y se tomaron tallas de los individuos

utilizando ictiómetros electrónicos modelos SCANMAR FM100 y FM50. Se llevaron a cabo un número reducido de sub-muestreos de tallas, y sólo en aquellos casos en que el número de individuos capturados de una especie determinada superaba los 1000 individuos.

El objetivo principal de los muestreos fue la estimación de la selectividad de los copos experimentales. Los análisis se llevaron a cabo sobre una serie de especies cuya cantidad de capturas y estructura de tallas permitieron la cuantificación de la selectividad del copo a estudio. Al emplear un sobrecopo con tamaño de malla nominal de aproximadamente 40 mm, se asumió que, habiendo entrado en el copo, todas las tallas relevantes para el presente estudio fueron retenidas bien en el copo o bien en el sobrecopo.

Para una especie estudiada determinada,  $n_{cd,l}$  denota el número de individuos de una talla determinada  $l$  retenidos en el copo,  $n_{cc,l}$  el número de individuos de talla  $l$  filtradas a través de las mallas del copo y retenidas en el sobrecopo, y

$$r_l = \frac{n_{cd,l}}{n_{cd,l} + n_{cc,l}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

es la proporción de capturas de la talla  $l$  retenidas en el copo, la cual es la variable utilizada para la evaluación de la selectividad de los copos.

### 3.4.1. Análisis de la selectividad

Basándonos en los datos de captura de cada especie estudiada (Ecuación 1), la caracterización de la selectividad de los copos experimentales se llevó a cabo mediante la estimación de los dos parámetros que definen las curvas de selectividad, obtenidas mediante el método de sobrecopo. Estos parámetros son:

- 1- **L50:** Talla del pez con un 50% de probabilidad de retención en el copo, análogamente, talla del pez con un 50% de probabilidad de escapar a través de las mallas del copo (Wileman et al., 1996).
- 2- **Rango de Selección (SR):** Rango entre las tallas con 75% y 25% de probabilidad de retención (25% y 75% probabilidad de escape, respectivamente). Este valor es una medida de la pendiente de la curva de selección (Wileman et al., 1996).

La estimación de los parámetros de selectividad arriba descritos, se llevó a cabo mediante la optimización de la siguiente ecuación de verosimilitud:

$$\sum_h \sum_l (n_{cd,l,h} \times r(L50, SR, l) + n_{cc,l,h} \times (1 - r(L50, SR, l))) \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde el subíndice  $h$  representa un lance individual llevado a cabo con el copo a estudio, y por lo tanto el sumatorio asociado indica que la estimación se llevó a cabo mediante la agregación de todos los lances realizados con el mismo copo. Para la definición de la función de selectividad  $r(L50, SR, l)$  se consideraron cuatro modelos candidatos: *logit*, *probit*, *Gompertz* y *Richards*; frecuentemente empleados para modelar la selectividad de copos (Wileman et al., 1996). La función *logit* (Ecuación 3) es la más aplicada en los estudios de selectividad y, normalmente, produce curvas con colas ligeramente más planas que la función *probit* (Ecuación 4), donde  $\Phi$  es la Función de Distribución Acumulativa (FDA) de una distribución normal estándar (Wileman et al., 1996). Por otra parte, la función *Gompertz* (Ecuación 5) aporta curvas

asimétricas, en contraste con las curvas simétricas estimadas por (Ecuación 3) y (Ecuación 4). Finalmente, la función *Richard* (Ecuación 6) es la más flexible en comparación con las demás opciones. La elección del mejor modelo para cada arte y especie se basó en el valor del Akaike Information Criterion (AIC) (Akaike, 1974) obtenido. El modelo con un AIC más bajo fue finalmente seleccionado para describir la selectividad del copo a estudio, y las curvas de selectividad que se muestran en este informe se derivaron a partir de él.

$$r(l, L50, SR) = \frac{\exp\left(\frac{\ln(9) \times (l - L50)}{SR}\right)}{1 + \exp\left(\frac{\ln(9) \times (l - L50)}{SR}\right)} \quad (3)$$

$$r(l, L50, SR) = \Phi\left(\frac{\ln(9) \times (l - L50)}{SR}\right) \quad (4)$$

$$r(l, L50, SR) = \exp\left(-\exp\left(\frac{-\ln(9) \times (l - L50)}{SR}\right)\right) \quad (5)$$

$$r(l, L50, SR) = \exp\left[\ln\left(\frac{.5^\delta}{1 - .5^\delta}\right) + \ln\left(\frac{.75^\delta}{1 - .75^\delta}\right) - \ln\left(\frac{.25^\delta}{1 - .25^\delta}\right)\right] \times \frac{l - L50}{SR} \quad (6)$$

La construcción de los Intervalos de Confianza (IC), tanto de los parámetros como de la curva de selectividad resultante, fueron estimados mediante el método conocido como *doble bootstrap*. En Sistiaga et al. (2011), Wienbeck et al. (2011), Frandsen et al. (2011), Herrmann et al. (2013), y Santos et al (2015) puede encontrarse información detallada sobre el método utilizado.

### 3.4.2. Indicadores de usabilidad de los copos

Mientras que las curvas y parámetros estimados en el apartado anterior describen las capacidades selectivas de los copos testados independientemente a la población explotada, es de interés obtener además otro tipo de valores con una interpretación más directa y que indiquen las consecuencias de la utilización de los copos en términos de capturas. Dichos indicadores se han calculado para cada especie, aplicando de manera artificial las curvas de selectividad estimadas en el paso anterior, a la estructura de tallas resultante al agregar las capturas observadas en el copo y el sobrecopo en el total de los lances efectuados durante la campaña. Asumiendo que todos los peces que entran en el copo son retenidos bien en el mismo copo o en el sobrecopo, la estructura de tallas agregada puede considerarse como representativa de la estructura de la población explotada durante la campaña. Al mismo tiempo, puede asumirse que dicha población es representativa de las poblaciones explotadas por la pesquería. Se han considerado los siguientes indicadores de usabilidad de copo:

$$nPa = \frac{100 \times \sum_{l \geq ref} nCopo_l}{\sum_{l \geq ref} nPop_l} \quad (7)$$

$$nPb = \frac{100 \times \sum_{l < ref} nCopo_l}{\sum_{l < ref} nPop_l} \quad (8)$$

$$nPt = \frac{100 \times \sum_l nCopo_l}{\sum_l nPop_l} \quad (9)$$

$$nR = \frac{100 \times \sum_{l < ref} nCopo_l}{\sum_{l \geq ref} nCopo_l} \quad (10)$$

En las ecuaciones de la 7 a la 10,  $nCopo$  es el número de individuos de una especie y una fracción de tallas determinadas retenidas en el copo. Este número es calculado para cada copo separadamente, mediante la agregación de los datos de captura de los lances llevados a cabo con dicho copo.  $nPop$  representa la estructura poblacional de la especie determinada, dado que resulta de la suma por tallas del número de individuos capturadas en el copo y en el sobrecopo. el sufijo ref representa una talla de referencia seleccionada arbitrariamente y que se justifican en el siguiente apartado. La información que ceden los indicadores de usabilidad de los copos para cada especie evaluada pueden ser descritos del siguiente modo:

$nPa$  = fracción de la población igual o mayor a la talla de referencia que es retenida tras entrar en el copo.

$nPb$  = fracción de la población menor a la talla de referencia que es retenida tras entrar en el copo.

$nPt$  = fracción de la población retenida tras entrar en el copo, con independencia de la tallas de los índices.

$nR$  = Ratio entre la fracción de captura del copo con talla menor a la talla de referencia, y la fracción de captura del copo con talla igual o mayor a la talla de referencia. Este índice puede denominarse ratio de bycatch.

#### Justificación técnica de las tallas de referencia

##### *Lepidorhombus whiffiagonis*:

Para este género se podrían emplear varias tallas de referencia:

- Justificación de la  $L1 = 20$  centímetros

Se trata de la talla mínima legal (MLS) de extracción impuesta por el Reglamento (UE) nº 850/98 del Consejo de 30 de marzo de 1998, el cual establece en su título III, artículo 17 que se considerará que los gallos (*Lepidorhombus spp.*) no alcanzan el tamaño mínimo reglamentario

cuando sus dimensiones sean inferiores a los 20 cm en las regiones de la 1 (en la cual se encuentra definida el caladero de Gran Sol) hasta la 5.

- Justificación de la L2= 25 centímetros

En este caso se trata de la talla mínima de comercialización que ha sido “autoimpuesta” por la flota de gran sol que descarga en los puertos de Vigo y Marín. La flota de Gran Sol está representada por la Asociación ANASOL, en cuanto a la defensa de sus intereses y gestión de sus pesquerías, y por la OPPF-4 (Organización de Productores de Pesca Fresca del Puerto de Vigo, adscrita a ARVI), en cuanto a la regulación de sus mercados.

Desde el año 2004 esta entidad emprendió acciones encaminadas a una mejor gestión de la pesquería de *Lepidorhombus spp* y *Lophius spp* en Gran Sol realizada por los buques de arrastre al fresco que descargan en los puertos de Vigo y Marín. Estas acciones consisten en la realización de un control de dichas especies de forma que se retiren del mercado los tamaños inferiores capturados de las mismas, aun siendo superiores a las tallas mínimas legales. De esta forma, se produce por parte de los productores un control de las tallas mínimas, más estricto que el que impone la propia administración pesquera, con el objetivo de realizar por una parte, una mejor gestión de los recursos que implique la mejora en la conservación, la protección y la sostenibilidad de los mismos y por otra, mejorar la comercialización de estas especies ya que los ejemplares pequeños tienen un valor económico considerablemente inferior a los grandes, con lo cual su retirada del mercado produce una reducción de la oferta e incrementa el valor de los de mayor tamaño.

- Justificación de L3= 30, L4= 35 y L5= 40 centímetros

Se decidió tomar estos valores de referencia por tratarse de los tamaños de corte de las categorías comerciales 3, 2 y 1 de *Lepidorhombus spp.*:

- Categoría 4: 25-29 centímetros.
- Categoría 3: 30-34 centímetros.
- Categoría 2: 35-39 centímetros.
- Categoría 1: a partir de 40 centímetros.

*Merluccius merluccius*:

Esta especie a bordo de los buques comerciales de arrastre de fondo de este caladero es clasificada, por motivos comerciales, en cuatro categorías en función de su peso. Teniendo en cuenta que los individuos de menos de 800 gramos son generalmente descartados, estas serían las categorías resultantes (Tabla 4):

Tabla 4 - Clasificación comercial de *Merluccius merluccius* en función de su relación talla-peso.

| Categorías | Denominación | Peso      | Talla aprox |
|------------|--------------|-----------|-------------|
| 1          | FINA         | 800-1500  | 40-60       |
| 2          | POPULAR      | 1500-2500 | 61-70       |
| 3          | MEDIANA      | 2500-3500 | 71-79       |
| 4          | TERCIADA     | > 3500    | ≥ 80        |

- Justificación de L1= 27 centímetros

Se trata de la talla mínima legal (MLS) de extracción impuesta por el Reglamento (UE) n° 850/98 del Consejo de 30 de marzo de 1998, “Para la conservación de los recursos pesqueros a través

de medidas técnicas de protección de los juveniles de organismos marinos” el cual establece en su Título III, Artículo 17 que se considerará que *M. merluccius* no alcanza el tamaño mínimo reglamentario cuando sus dimensiones sean inferiores a 27 cm en las regiones de la 1 (en la cual se encuentra definida el caladero de Gran Sol) hasta la 5.

- Justificación de L2= 40 centímetros

Se tomó esta medida como referencia por tratarse de la medida en la cual cambia la categoría comercial a fina. Además, se tomó esta medida por corresponderse con el primer peso de interés comercial. En este caso, esta talla mínima de comercialización no ha sido impuesta ni está regulada por la OPPF-4, sino que es llevada a cabo de forma independiente por los armadores debido a los bajos precios que están alcanzando en los últimos años los ejemplares de esta especie procedentes del arrastre de fondo de este caladero. Podríamos decir incluso que estaríamos siendo benevolentes al tomar esta talla, como primera talla de interés comercial, considerando las actuales tendencias de mercado.

- Justificación de L3= 60 centímetros

Se tomó esta medida como referencia por tratarse de la medida en la cual cambia la categoría comercial de fina a popular.

*Trachurus trachurus:*

En el caso de esta especie, la elección de la talla de referencia, establecida en 30.5 cm, se decidió una vez observada la distribución de tallas de las pescas experimentales (Figura 16). El carácter bimodal de dicha distribución de tallas hizo que se tomara como talla de referencia un punto entre las dos cohortes observadas que permitiese determinar la capacidad de retención de los distintos tamaños y geometría de mallas.

Los Intervalos de Confianza (IC), tanto de los parámetros, como de la curva de selectividad, además de los indicadores de usabilidad del copo, han sido estimados mediante el método conocido como doble bootstrap. En Sistiaga et al. (2010), Wienbeck et al. (2011), Frandsen et al. (2011), Herrmann et al. (2013), y Santos et al (2015) puede encontrarse información detallada sobre el método utilizado. La evaluación de los IC bootstrap contruidos alrededor de las estimaciones puntuales, es el método para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los distintos copos testados. En concreto, se habla de diferencias estadísticamente significativas si los Intervalos de Confianza de dos parámetros de la misma naturaleza, y provenientes de distintos copos, no se solapan entre ellos

Los análisis de selectividad arriba descritos, incluyendo todas las ecuaciones, los indicadores de usabilidad de los copos, y el método de construcción de los IC asociados a las estimaciones, han sido implementados mediante código R, desarrollado específicamente para el presente proyecto.

### 3.5. Datos teóricos – protocolo FISHSELECT

FISHSELECT es una caja de herramientas que incluye descripciones morfológicas de la especie a estudio, simulación de laboratorio del proceso selectivo (experimentos de paso), pruebas experimentales de pesca y simulaciones por ordenador, a fin de describir teóricamente la selectividad de una combinación determinada de tamaño y apertura de malla. Además del enfoque clásico de emplear costosas campañas experimentales para describir las propiedades selectivas de un copo determinado, FISHSELECT utiliza la información de las pruebas de mar para desarrollar un modelo general capaz de predecir las propiedades selectivas de otras mallas y aberturas de malla (es decir, elimina la necesidad de invertir futuros esfuerzos experimentales para probar otros copos). FISHSELECT ha sido desarrollado y testado en especies de peces de sección cilíndrica (Frandsen *et al.*, 2011; Krag *et al.*, 2011; Sistiaga *et al.*, 2011), la cigala (Frandsen *et al.*, 2011), y últimamente su aplicación se ha extendido a peces planos (Herrmann *et al.*, 2013).

La metodología FISHSELECT implica las siguientes actividades:

- 1) Investigar y cuantificar las características morfológicas externas de la especie en cuestión (Figura 10). Esto implica registrar la longitud y el peso de cada ejemplar y, además, identificar las posiciones a lo largo del eje longitudinal del individuo, que se espera que afecten a su capacidad para penetrar a través de diferentes mallas. En estas posiciones, se extraen las formas de las secciones transversales con la ayuda de un morfómetro que, posteriormente, se digitalizan mediante un escáner y son tratadas mediante análisis de imagen digital.

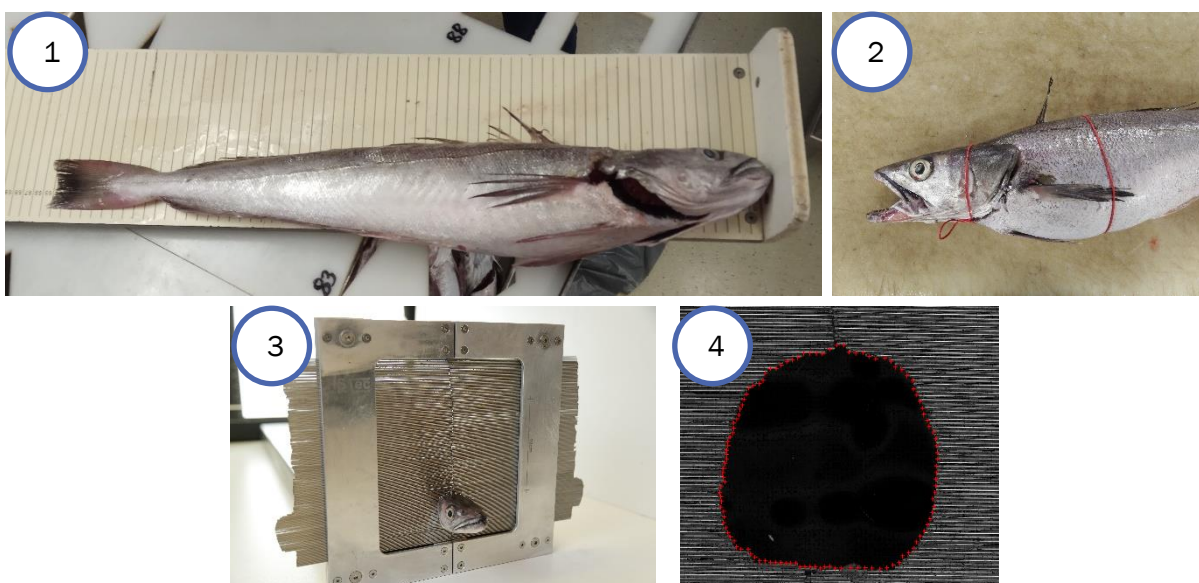


Figura 10 - Proceso de investigación y cuantificación de las características morfológicas para *Merluccius merluccius*. Foto 1: medida del individuo. Foto 2: identificación de las secciones limitantes. Foto 3: extracción de las secciones con el morfómetro. Foto 4: digitalización de la sección extraída.

2) Ensayos o pruebas de paso o “*fall-through*”.

En estos ensayos, cada ejemplar se hace pasar por una serie de plantillas rígidas que representan los diferentes tamaños y formas de las mallas (Figura 11).

Para la realización de los pases, se colocan las plantillas horizontalmente sobre las mesas de trabajo y se sostiene al ejemplar por la cola. De este modo, el ejemplar se rota para encontrar la posición óptima por la que podría pasar a través de la malla, y se deja que actúe la gravedad al encontrarse el ejemplar con la plantilla de la malla. A su vez, los resultados van siendo recogidos e incorporados a una base de datos siguiendo un código binario de éxito o fracaso. La realización de estos ensayos, así como el estudio de las características morfológicas externas, debe realizarse con ejemplares frescos que no lleven más de dos horas fuera del agua, ya que esto implicaría una alteración de sus condiciones fisiológicas (presencia de *rigor mortis*, pérdida de la capa mucosa externa de la piel, etc.).



Figura 11 - Personal científico a bordo del buque recopilando datos durante la fase *fall-through* del protocolo.

3) Modelado y simulación de los ensayos de paso o “*fall-through*” mediante el software FISHSELECT, para combinar los datos de las secciones transversales con la información de las plantillas de las mallas.

Por último, los resultados experimentales obtenidos en los ensayos de “*fall-through*” se comparan con los resultados simulados empleando diferentes modelos de penetración.

4) Finalmente, el mejor modelo de penetración se ajusta a una población virtual de peces con unas propiedades morfológicas determinadas y, el resultado, puede ser empleado para predecir características selectivas básicas de los diseños de redes nuevas o existentes (Hermann *et al.*, 2009; Hermann *et al.*, 2013).

El material necesario para implementar esta metodología consiste, por lo tanto, en (Figura 12):

- Morfómetro.
- Escáner digital plano, para digitalizar las secciones transversales de los ejemplares.
- Dos mesas de trabajo para instalar los marcos intercambiables.
- 10 marcos rígidos troquelados con las distintas configuraciones de tamaño y formas de malla. Estas configuraciones conforman un total de 191 variaciones posibles y permiten testar 4 tipos diferentes de malla: diamante, cuadrada, rectangular y hexagonal.
- Software FISHSELECT.

Todo este material, excepto el escáner digital, fue proporcionado por el mismo creador del protocolo y por ello tuvo que ser trasladado desde Dinamarca hasta el buque de investigación. Cabe destacar que la disponibilidad en el buque del software FISHSELECT permitió que, en la medida de lo posible, según se iban recogiendo los datos teóricos se fueran procesando y analizando durante el transcurso de la campaña.

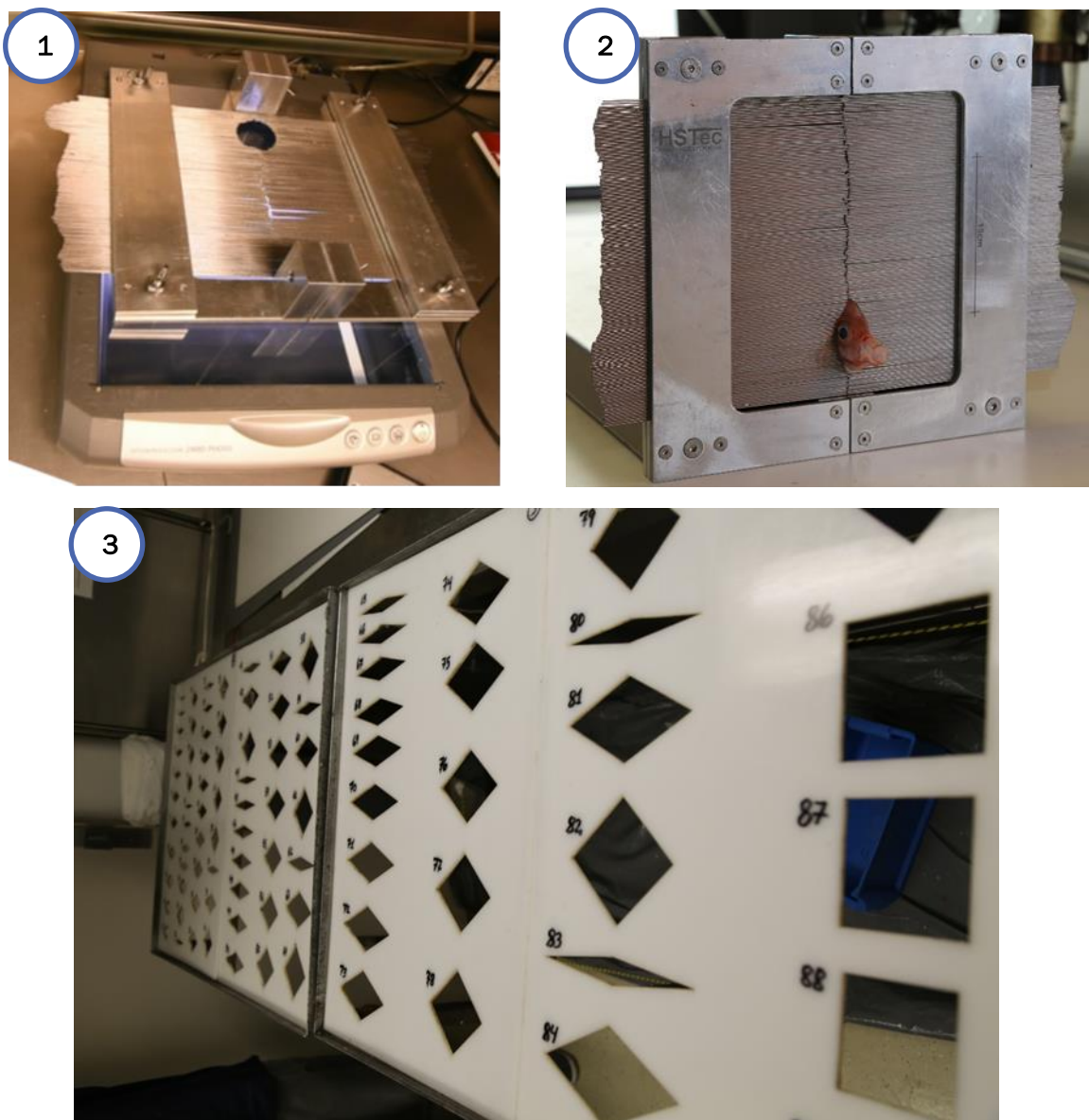


Figura 12 - Material utilizado para la realización de los distintos pasos del protocolo Fishselect. 1, Morfómetro. 2, Escáner digital independiente. 3, Mesas de trabajo con marcos intercambiables, para la realización de los pases o ensayos de “fall-through”.

### 3.5.1. Análisis datos teóricos

Como ya se ha indicado en la descripción de la metodología FISHSELECT, el análisis de los datos teóricos recogidos, consta principalmente de tres partes. Primero, hay que analizar la distribución de tallas de los ejemplares utilizados en el estudio, para cubrir, en la medida de lo posible, todo el rango de tallas de la especie y que, de este modo, las curvas de selectividad sean lo más precisas posibles.

Después, hay que analizar las digitalizaciones de las secciones transversales de cada uno de los ejemplares para poder modelarlos. Para ello, se utiliza la función de análisis de imágenes del software FISHSELECT, el cual permite extraer y digitalizar las formas de las secciones transversales, previamente escaneadas. De este modo, para simplificar las formas de las secciones transversales, se ajustan diferentes formas como, por ejemplo, una forma elíptica, utilizando el método de mínimos cuadrados que proporciona el software (Hermann *et al.*, 2009).

Finalmente, se realiza la simulación de los ensayos de paso y se selecciona un modelo de penetración de malla, que va a permitir predecir las características selectivas de las redes. Con este fin, el software FISHSELECT incluye un modelo flexible de simulación con diferentes opciones para describir e identificar las condiciones que resultan en el paso de los individuos a través de la malla de manera exitosa, utilizando para ello, los datos que describen la sección transversal de los peces y la geometría de la malla. Para seleccionar el modelo adecuado de penetración de la malla se simulan los ensayos de paso o “*fall-through*” con diferentes modelos, y suponiendo diferentes niveles de compresión simétrica o asimétrica que pueden sufrir los individuos durante la pesca. Además de realizar las simulaciones de paso o no de los individuos a través de las mallas, el software FISHSELECT también proporciona un factor de escala (*sf*) que indica cuan cerca está el ensayo simulado de la frontera entre el éxito y el fracaso.

Con todo esto, se elige el mejor modelo de penetración o de paso en base al grado de concordancia (DA) entre los dos conjuntos de resultados: los experimentales y los teóricos. De este modo, el modelo que obtenga el grado más alto de concordancia (DA) será el que se emplee para futuros análisis (Hermann *et al.*, 2009).

Conjugando los resultados obtenidos para cada especie, se puede mejorar la selectividad de los copos, reduciendo así la cantidad total de descartes.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Días de mar y días de trabajo

Debido a una serie de problemas técnicos del B/O *Walther Herwig III*, no fue posible utilizar los 29 días de mar (alrededor de 23 días de pesca, una vez descontado el tiempo de navegación) para los que se había conseguido la concesión del buque. Los motivos por los cuales la campaña se tuvo que acortar, se exponen a continuación:

- La salida de puerto del buque oceanográfico *Walther Herwig III*, inicialmente prevista para el martes 06-06-2017, fue demorada debido a una avería en el tanque de combustible al martes 13-06-2017.
- El inicio de las pescas tuvo lugar el viernes 16-06-2017 (~10:30 hora local), siguiendo el plan experimental descrito en la sección anterior.
- Tras 5 días de pesca y un total de 19 lances completados, se detectó un problema en el sistema hidráulico de propulsión del buque en la mañana del miércoles 21-06-2017. Tras

virar el primer lance del día, el personal de máquinas trató de resolver, sin éxito, el problema, dado que afectaba de manera crítica a la movilidad y autonomía del buque.

- El equipo técnico de máquinas informó al puente de que la avería no podía ser reparada directamente en el mar. A su vez, el puente comunicó al jefe de campaña la necesidad de ir a tierra para llevar a cabo las reparaciones pertinentes.
- Un buque remolcador llegó al encuentro del B/O *Walther Herwig III* en la mañana del jueves 22-06-2017. El buque fue remolcado al puerto irlandés de Cobh, y la llegada tuvo lugar en la mañana del viernes día 23-06-2017. Durante todo el tiempo transcurrido en la detección del problema a bordo, el remolque, y los trabajos de reparación en tierra, el personal científico continuó con el análisis de los datos recogidos durante la campaña. Una vez el personal científico fue informado que la reparación del barco no sería posible antes de la fecha en la que estaba previsto finalizar la campaña, el jefe de campaña decidió poner fin a la misma el día 25-06-2017.

#### 4.2. Información operacional

Dado el limitado tiempo disponible para las pruebas programadas, solo 4 de los 12 copos experimentales pudieron ser testados. Los parámetros de construcción de cada copo testado fueron medidos antes de ser montados en el arte de pesca, incluyendo el contaje de mallas en los planos transversal y longitudinal, el tamaño de malla de nudo a nudo y el tamaño de luz de malla (Tabla 4). Este último parámetro fue medido con el copo seco (antes del inicio de las pruebas) y húmedo (una vez finalizados los test). El orden de utilización de los copos se decidió *in situ*, según los datos y análisis preliminares de las pescas, y siguiendo un orden lógico de prioridades.

Los dos primeros copos testados fueron los reglamentarios. Las luces de malla medidas superaron en aprox. 5 mm el tamaño de luz de malla nominal declarada por la empresa redera TECNOPESCA PYM. De este modo, los copos reglamentarios pasan a definirse en lo sucesivo como T090D3.5\_60 (T0-90 mm) y T0110D3.5\_50 (T0-110 mm).

Los dos últimos copos testados durante la campaña fueron los copos T9090D3.5\_40 (T90-90 mm) y T90110D3.5\_33 (T90-110 mm), es decir, los diseños de copo que incluyen dos cambios simultáneos respecto a los copos reglamentarios:

- i) Mallas giradas 90°.
- i) Reducción del número de mallas en circunferencia.

Estos dos copos se antepusieron al resto de los copos disponibles, debido a su potencial rendimiento en términos de mejora de selectividad.

Tabla 5 - Descripción técnica de los copos experimentales disponibles para las pruebas de pesca. Del total de los copos disponibles, solo los copos resaltados en negrita fueron testados durante la experiencia. Código ID = código de identificación durante la campaña, M = tamaño de malla de nudo a nudo, L-seco = tamaño de luz de malla en seco, L-húmedo = tamaño de malla en húmedo, medido inmediatamente después de finalizar las pruebas con el copo.

| Código ID    | Acrónimo nominal          | Malla  |             |               |             | Torzal     |           |        | Número de mallas por paño |              |
|--------------|---------------------------|--------|-------------|---------------|-------------|------------|-----------|--------|---------------------------|--------------|
|              |                           | M (mm) | L-seco (mm) | L-húmedo (mm) | Orientación | Grosor(mm) | Compuesto | Número | Transversal               | longitudinal |
| <b>GS_01</b> | <b>T040S1.8_846_Cover</b> |        | 39,3        |               | 0           | 1,8        | PA        | 1      | 4x211.5                   | 400          |
| <b>GS_11</b> | <b>T09085D3.5_60</b>      | 105    | 90,5        | 89,3          | T0          | 3,5        | PE        | 2      | 58                        | 87,5         |
| GS_12        | T09085D3.5_40             |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| <b>GS_13</b> | <b>T011005D3.5_50</b>     | 122    | 111,2       | 107,9         | T0          | 3,5        | PE        | 2      | 49                        | 72,5         |
| GS_14        | T011005D3.5_33            |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| GS_15        | T0125D4_40                |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| GS_16        | T0125D4_26                |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| GS_17        | T909085D3.5_60            |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| <b>GS_18</b> | <b>T909085D3.5_40</b>     | 104    | 89,1        | 89,1          | T90         | 3,5        | PE        | 2      | 39,5                      | 90,5         |
| GS_19        | T9011005D3.5_50           |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| <b>GS_20</b> | <b>T90110D3.5_33</b>      |        | 111,5       | 108,3         | T90         | 3,5        | PE        | 2      | 33                        | 82,5         |
| GS_21        | T90125D4_40               |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |
| GS_22        | T90125D4_26               |        |             |               |             |            |           |        |                           |              |

Se llevaron a cabo 5 lances con cada copo experimental testado, a excepción del copo T90110D3.5\_33 (T90-110 mm), con el cual se realizaron 4 lances válidos (previos a la rotura de motor). Todos los copos fueron probados en las mismas condiciones y en la misma zona geográfica, situada más al Noreste de la pesquería (considerando la base de datos de las pescas comerciales cedidas por los buques colaboradores). Por otro lado, se puede decir que la zona utilizada es adyacente a la zona donde se desarrolló la Acción Piloto del año 2006 (Figura 13).

Los lances experimentales tuvieron un rango de duración de entre 1 y 2 horas, con un promedio de una hora y media. La profundidad de arrastre promedio fue bastante estable a lo largo de la campaña, con un rango aproximado entre 125 y 140 metros, y un promedio de 135 metros (Tabla 5). La velocidad de arrastre media fue de 2.9 nudos. (<https://vimeo.com/231687630>)

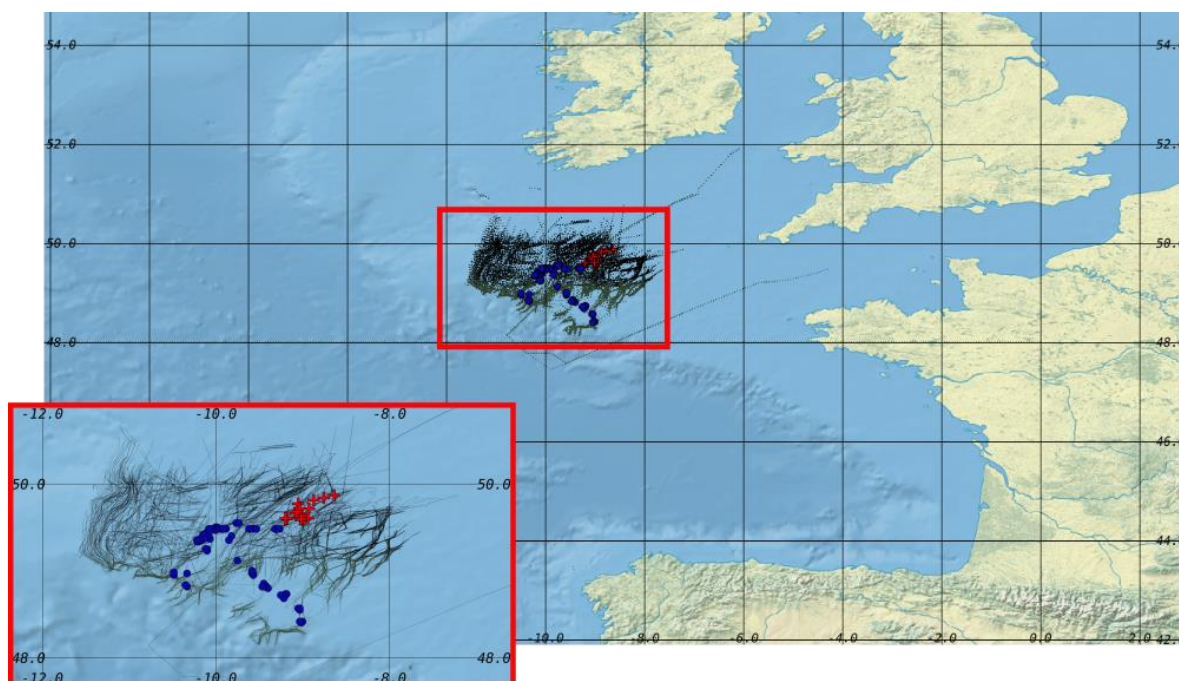


Figura 13 - Distribución de los lances realizados durante la presente campaña (cruces rojas), lances realizados durante la Acción Piloto del 2006 (puntos azules), y en el trasfondo, representación de los trabajos de pesca cedidos por la industria (líneas negras).

Tabla 6 - Información operacional de los lances experimentales realizados durante la campaña.

| Copo          | Lance | Hora Largada         | Latitud Largada | Longitud Largada | Hora Virada          | Latitud Virada | Longitud Virada | Profundidad Media (m) | Duración Lance |
|---------------|-------|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| T0110D3.5_60  | 1     | 16-Jun-2017 10:29:01 | 49,605          | 8,940            | 16-Jun-2017 11:28:02 | 49,585         | 9,026           | 136,98                | 00:59:01       |
|               | 2     | 16-Jun-2017 13:04:02 | 49,598          | 8,978            | 16-Jun-2017 14:03:02 | 49,575         | 9,067           | 137,63                | 00:59:00       |
|               | 3     | 16-Jun-2017 14:59:01 | 49,587          | 9,018            | 16-Jun-2017 16:58:02 | 49,562         | 9,199           | 132,37                | 01:59:01       |
|               | 4     | 17-Jun-2017 07:09:02 | 49,713          | 8,927            | 17-Jun-2017 08:38:02 | 49,647         | 9,007           | 137,26                | 01:29:00       |
|               | 5     | 17-Jun-2017 09:43:02 | 49,649          | 9,006            | 17-Jun-2017 10:43:02 | 49,591         | 9,013           | 136,04                | 01:00:00       |
| T090D3.5_60   | 6     | 17-Jun-2017 12:53:02 | 49,595          | 9,014            | 17-Jun-2017 14:22:02 | 49,673         | 8,981           | 135,68                | 01:29:00       |
|               | 7     | 17-Jun-2017 15:16:02 | 49,623          | 9,018            | 17-Jun-2017 16:46:02 | 49,696         | 8,949           | 131,32                | 01:30:00       |
|               | 8     | 18-Jun-2017 07:11:03 | 49,864          | 8,634            | 18-Jun-2017 08:40:02 | 49,836         | 8,760           | 126,47                | 01:28:59       |
|               | 9     | 18-Jun-2017 09:42:03 | 49,837          | 8,755            | 18-Jun-2017 11:11:02 | 49,811         | 8,874           | 132,81                | 01:28:59       |
|               | 10    | 18-Jun-2017 12:33:02 | 49,811          | 8,871            | 18-Jun-2017 14:02:02 | 49,784         | 8,991           | 127,32                | 01:29:00       |
| T9090D3.5_40  | 11    | 18-Jun-2017 15:08:03 | 49,771          | 9,049            | 18-Jun-2017 16:37:03 | 49,797         | 8,930           | 131,49                | 01:29:00       |
|               | 12    | 19-Jun-2017 07:09:02 | 49,606          | 8,940            | 19-Jun-2017 08:38:03 | 49,598         | 9,077           | 139,11                | 01:29:01       |
|               | 13    | 19-Jun-2017 09:33:03 | 49,600          | 9,016            | 19-Jun-2017 11:02:03 | 49,597         | 9,160           | 137,17                | 01:29:00       |
|               | 14    | 19-Jun-2017 11:57:03 | 49,597          | 9,182            | 19-Jun-2017 13:26:04 | 49,659         | 9,085           | 138,86                | 01:29:01       |
|               | 15    | 19-Jun-2017 14:19:03 | 49,659          | 9,087            | 19-Jun-2017 15:48:03 | 49,710         | 8,976           | 136,07                | 01:29:00       |
| T90110D3.5_33 | 16    | 20-Jun-2017 07:07:04 | 49,712          | 9,039            | 20-Jun-2017 08:36:03 | 49,640         | 9,127           | 126,69                | 01:28:59       |
|               | 17    | 20-Jun-2017 09:54:03 | 49,676          | 9,070            | 20-Jun-2017 11:23:04 | 49,613         | 9,170           | 127,54                | 01:29:01       |
|               | 18    | 20-Jun-2017 12:40:04 | 49,602          | 9,196            | 20-Jun-2017 14:09:03 | 49,591         | 9,059           | 140,39                | 01:28:59       |
|               | 19    | 21-Jun-2017 07:08:04 | 49,595          | 9,014            | 21-Jun-2017 08:33:03 | 49,669         | 8,985           | 134,25                | 01:24:59       |

### 4.3. Capturas

Las capturas presentaron un perfil multiespecífico comparable al perfil de las capturas comerciales de la pesquería. En términos de biomasa, la especie más importante en las capturas observadas en los copos fue *L. whiffiagonis* (~47.5 kg/lance), primera especie objetivo de la pesquería, seguida de *Scylliorhinus canicula* (26.1 kg/lance), *L. piscatorius* (21.6 kg/lance) y *M. merluccius* (19.0 kg/lance).

Por otro lado, las especies más observadas en el sobrecono fueron *Micromesistius poutassou* (120.2 kg/lance), *M. merluccius* (60.5 kg/lance), *S. canicula* (32.8 kg/lance), *L. whiffiagonis* (28.0 kg/lance) y *T. trachurus* (11.2 kg/lance).

La información desglosada muestra cómo la distribución de la biomasa entre el cono y el sobrecono varía sustancialmente según el tipo de cono experimental empleado (Tabla 6).

Por ejemplo, la fracción de captura de *L. whiffiagonis* retenida en los copos T0-90 mm y T90-90 mm (44.8 y 74.0 kg/lance, respectivamente) fue claramente mayor que la fracción filtrada al sobrecono (14.3 y 12.8 kg/lance, respectivamente). El volumen de capturas de *L. whiffiagonis* se equilibra en cono y sobrecono al aplicar el cono T90-110 mm (36.5 y 33.4 kg/lance en cono y sobrecono, respectivamente), mientras que empleando el cono T0-110 mm el volumen de *L. whiffiagonis* retenido en el cono fue claramente menor, que el volumen filtrado al sobrecono (32.8 y 52.4 kg/lance en cono y sobrecono, respectivamente).

En el caso de *M. merluccius*, el cono T0-90 mm presentó el mayor poder de retención, mientras que en los demás copos, la fracción observada en el sobrecono superó a la fracción retenida en el cono. Casi la totalidad del *M. poutassou* que entró en los copos fue filtrado al sobrecono, si bien el cono T0-90 mm muestra un mayor poder relativo de retención de la especie (Tabla 6).

La distribución de tallas de las capturas agregadas de *L. whiffiagonis* presentó un rango de tallas de entre 9 y 58 cm. Las tallas medias observadas en los copos T0-90 mm y T90-90 mm fueron de 28.3 y 26.8 cm respectivamente, mientras que las tallas medias observadas en el sobrecono fueron de 19.9 y 18.9 cm, respectivamente. Las tallas medias observadas en los copos T0-110 mm y T90-110 mm y en sus respectivos sobreconos fueron ligeramente superiores a las anteriores.

En la representación gráfica de la distribución de tallas (Figura 14), se observa que los copos de 90 mm de luz de malla retuvieron un mayor número de individuos en el cono (relativo a las capturas observadas en el sobrecono) que los copos con 110 mm de luz de malla. La talla en el cuantil 90 (q90) de la distribución de tallas del sobrecono del T0-90 mm (es decir, la talla por debajo de la cual se distribuye el 90% de los individuos observados en el sobrecono) fue aproximadamente 3 cm mayor que el q90 del sobrecono del cono T90-90 mm, lo que implica que este último cono, presentó una distribución de tallas ligeramente desplazada hacia las tallas menores en comparación al cono T0-90 mm. Por otro lado, el mismo estadístico q90 es netamente superior en los copos T0-110 mm y T90-110 mm (26.5 y 28.5 cm, respectivamente), respecto a los copos de 90 mm de luz de malla. Estos altos valores de q90 quedan reflejados en la distribución de tallas bimodal del sobrecono para los copos de 110 mm (Figura 14).

Aunque el rango de tallas de *M. merluccius* fue de 21 a 92 cm, la mayor parte de los individuos capturados presentaron tamaños menores a los 30 cm (Figura 15). El dominio de tallas menores propició que la mayor parte de *M. merluccius* fuera filtrado al sobrecono, con la

excepción del copo T0-90 mm, donde su mayor poder de retención de *M. merluccius* provoca un balance en las capturas de copo y sobrecopo. El giro de la malla en el copo T90-90 mm produce una notoria disminución del poder de retención de la especie, asemejándose a los copos con malla de 110 mm (Figura 15).

*Trachurus trachurus* presentó una distribución de tallas bimodal, que permite identificar dos cohortes claramente diferenciadas. La cohorte más joven presenta una distribución de tallas con un rango aproximado de entre 20 y 25 cm, mientras que el rango de la cohorte de mayor edad presenta un rango aproximado de entre 30 y 40 cm, con una moda aproximada de 35 cm (Figura 16). De los cuatro copos testados, sólo el copo T0-90 mm presenta un notable poder de retención de la cohorte joven, mientras que en los demás copos, la mayor parte de los individuos de esta cohorte son observados en el sobrecopo. El copo T0-90 mm retiene casi la totalidad de *T. trachurus* de la segunda cohorte, mientras que en los otros copos se observa una gradual pérdida de retención (Figura 16).

*Micromesistius poutassou* presentó también una distribución de tallas bimodal, con dos cohortes diferenciadas. La cohorte más joven presenta una distribución de tallas con un rango aproximado de entre 12 y 18 cm, mientras que el rango de la cohorte de mayor edad, presenta un rango de entre 22 y 35 cm. Ambas cohortes fueron filtradas al sobrecopo prácticamente en su totalidad, por lo que no se observa ninguna diferencia en la capacidad de retención de los cuatro copos testados (Figura 17).

Para *S. canicula*, la distribución de tallas de las capturas agregadas, presentó un rango de tallas de entre 15 y 75 cm, en el cual se pueden diferenciar dos cohortes no discontinuas. La primera muy abundante con un rango de entre 15 y 45 cm y la segunda con un rango de tallas que se encuentra entre los 55 y 75 cm aproximadamente. Los copos T90, presentan una mejora notable en la capacidad de filtrado de la primera cohorte, reduciendo considerablemente la captura en el copo (Figura 18). Respecto a la cohorte de talla mayor, la mayoría de los individuos pertenecientes a ésta, son retenidos en todos los copos, debido a su gran tamaño, presentando una mejora en la capacidad de filtrado el copo T90-110 mm (Figura 18).

La distribución de tallas de las capturas agregadas de *Capros aper* es reducida, variando entre los 4 y 18 cm aproximadamente. Los copos T90 presentan una mejora del filtrado al sobrecopo de *C. aper*, especialmente de los individuos de mayor tamaño, comparable a la capacidad de filtrado que presenta el copo T0-110 mm (Figura 19).

Finalmente, *Eutrigla gurnardus* presenta una distribución de tallas que se encuentra entre los 13 y 50 cm aproximadamente. Para esta especie, el uso de los copos T90 produce una importante mejora en la disminución de la capacidad de retención respecto a los copos diamante o T0. De este modo, la capacidad de filtrado para *E. gurnardus* del copo T0-90 mm es prácticamente nula, mientras que el copo T90-90 mm filtra aproximadamente la mitad de los individuos con un rango de tallas comprendido entre los 15 y 30 cm. Respecto a los copos con una luz de malla de 110 mm, el copo T90-110 mm presenta una notable mejora en la capacidad de filtrado respecto al copo T0-110 mm en casi todo el rango de tallas de *E. gurnardus*, reduciendo significativamente el número de individuos retenidos en el copo.

Tabla 7 - Capturas específicas (kg/lance) observadas en los distintos copos experimentales utilizados, y en el sobrecopo asociado. No se muestran las capturas de invertebrados no cefalópodos y sin interés comercial.

| ESPECIE                      | T0 90 mm    |             | T0 110 mm   |             | T90 90 mm   |               | T90 110 mm  |             |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                              | Copo        | Sobrecopo   | Copo        | Sobrecopo   | Copo        | Sobrecopo     | Copo        | Sobrecopo   |
| <i>Alosa_sp</i>              | 0.2 (0.4)   | 0.3 (0.4)   | 0 (-)       | <0.1(0.1)   | <0.1(0.1)   | 0.3 (0.8)     | 0 (-)       | 0.1 (0.3)   |
| <i>Argentina_sp</i>          | 0.1 (0.1)   | 2.9 (2)     | 0 (-)       | 6.7 (1.9)   | 0.3 (0.7)   | 5.2 (1.9)     | 0 (-)       | 6.1 (1.7)   |
| <i>Arnoglossus_i</i>         | 0 (-)       | 0.3 (0.4)   | 0 (-)       | 0.7 (0.3)   | 0 (-)       | 0.5 (0.6)     | 0 (-)       | 0.4 (0.4)   |
| <i>Aspitrigla_c</i>          | 0.2 (0.4)   | 0.1 (0.1)   | 0.7 (1.4)   | 0.5 (0.7)   | 0.4 (0.4)   | 1 (0.9)       | 0.1 (0.1)   | 2.6 (2.8)   |
| <i>Callionymus_sp</i>        | 0 (-)       | 0.8 (0.8)   | 0 (-)       | 0.8 (0.4)   | 0 (-)       | 0.7 (0.5)     | 0 (-)       | 0.5 (0.2)   |
| <i>Cancer_sp</i>             | 0.5 (0.6)   | 0 (-)       | 0.1 (0.3)   | 0 (-)       | 0.8 (1.1)   | 0 (-)         | 0.2 (0.5)   | 0 (-)       |
| <i>Capros_aper</i>           | 2.1 (1.1)   | 2.2 (1.4)   | 1.8 (1.3)   | 19.8 (16.7) | 2.8 (3.6)   | 6.8 (8.5)     | 0.4 (0.4)   | 10.3 (11.2) |
| <i>Conger_conger</i>         | 0 (-)       | 1.7 (1)     | 0 (-)       | 0.6 (0.6)   | <0.1(0.1)   | 1.8 (2.3)     | 7.1 (14.2)  | 1 (1.2)     |
| <i>Crustacea_sp</i>          | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)         | 0 (-)       | 0 (-)       |
| <i>Dipturus_sp</i>           | 30.3 (37.4) | 0 (-)       | 8.2 (2.5)   | 0 (-)       | 16.9 (9.9)  | 0 (-)         | 12 (7)      | 0.2 (0.4)   |
| <i>Eledone_c</i>             | 1.6 (0.9)   | 8 (2.4)     | 1 (0.2)     | 6.2 (3.5)   | 0.7 (0.3)   | 7.7 (2.4)     | 0.6 (0.3)   | 6.9 (1.9)   |
| <i>Eutrigla_g</i>            | 20.7 (8.2)  | 0.8 (0.5)   | 12.6 (11)   | 13 (17.7)   | 17.8 (5.2)  | 8.4 (3.9)     | 10.3 (9.6)  | 15.9 (6.8)  |
| <i>Gadiculus_a</i>           | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0.1 (0.1)     | 0 (-)       | 0 (-)       |
| <i>Gadus_morhua</i>          | 1.7 (3.7)   | 0 (-)       | 2.5 (5.5)   | 0 (-)       | 8.5 (13.7)  | 0 (-)         | 0.7 (1.5)   | 0 (-)       |
| <i>Gaidropsaurus_sp</i>      | 0 (-)       | <0.1(0.1)   | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | <0.1(0.1)     | 0 (-)       | 0.1 (0.2)   |
| <i>Glyptocephalus</i>        | 9.7 (6.2)   | 0.3 (0.2)   | 6.2 (3.9)   | 2.3 (1.5)   | 7.1 (3.2)   | 0.2 (0.2)     | 8.2 (5.8)   | 0.7 (0.5)   |
| <i>Hippogloss_p</i>          | 2.3 (1.6)   | 12.4 (3)    | 0.5 (0.3)   | 13 (5.7)    | 2.9 (1.8)   | 8.5 (2)       | 0.9 (1)     | 10.7 (4.8)  |
| <i>L_boschii</i>             | 0.5 (0.8)   | 0 (-)       | 0.4 (0.5)   | 0.3 (0.3)   | 2.3 (3.2)   | 0 (-)         | 0.9 (1)     | <0.1(0.1)   |
| <i>Leucoraja_f</i>           | 1.6 (1.8)   | 0.1 (0.2)   | 1.3 (1.3)   | 0 (-)       | 1.9 (2.8)   | 0 (-)         | 6.9 (3.1)   | 0 (-)       |
| <i>Leucoraja_n</i>           | 0.1 (0.1)   | 0 (-)       | 0.2 (0.4)   | 0 (-)       | 1.7 (2.3)   | <0.1 (0.1)    | 6.3 (5.3)   | 0 (-)       |
| <i>Limanda_l</i>             | 0 (-)       | 0 (-)       | 0.2 (0.2)   | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)         | 0.1 (0.3)   | 0 (-)       |
| <i>Loligo_sp</i>             | 0 (-)       | <0.1(0.1)   | 0.1 (0.2)   | 0.1 (0.1)   | 0 (-)       | 0 (-)         | 0 (-)       | 0 (-)       |
| <i>Lophius_b</i>             | 12.2 (6.4)  | 0.1 (0.1)   | 13.4 (5.3)  | 0.9 (0.2)   | 12.9 (12.2) | 0.4 (0.2)     | 8.8 (2)     | 0.6 (0.3)   |
| <i>Lophius_p</i>             | 13.6 (5.7)  | 0 (-)       | 13.1 (15.2) | 0 (-)       | 37.5 (25.5) | 0.1 (0.2)     | 22.6 (6.4)  | 0.1 (0.2)   |
| <i>L.whiffi</i>              | 44.8 (11.1) | 14.3 (2.9)  | 32.8 (10.7) | 52.4 (27.2) | 74 (21.3)   | 12.8 (1.4)    | 36.5 (10.4) | 33.4 (8.1)  |
| <i>Melanogrammus_a</i>       | 15 (18.4)   | 0 (-)       | 16.6 (10.5) | 0.9 (1.1)   | 25 (29.1)   | 1.9 (1.8)     | 18.2 (26.5) | 2.4 (2)     |
| <i>Merlangius</i>            | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0.4 (1)     | 0 (-)         | 0 (-)       | 0.2 (0.3)   |
| <i>Merluccius</i>            | 36.4 (7.5)  | 25 (10)     | 16.3 (7.3)  | 82.1 (53.1) | 6.4 (3.8)   | 72.5 (53.9)   | 16.3 (14.4) | 62.8 (19.8) |
| <i>Microchirus_v</i>         | 0 (-)       | 0.2 (0.2)   | 0 (-)       | 0.5 (0.4)   | 0 (-)       | 0.5 (0.5)     | 0 (-)       | 0.2 (0.1)   |
| <i>Micromesist_poutassou</i> | 13.5 (7.1)  | 166.1 (213) | 0.2 (0.2)   | 73.3 (49.1) | 0.2 (0.3)   | 171.5 (293.5) | 0.2 (0.1)   | 57.2 (52.7) |
| <i>Microstomus_k</i>         | 0.2 (0.2)   | 0 (-)       | 1.4 (1.7)   | 0.2 (0.4)   | 0.6 (1.3)   | 0.1 (0.1)     | 1.2 (1.4)   | 0 (-)       |
| <i>Molva_m</i>               | 0.3 (0.8)   | 0 (-)       | 0 (-)       | <0.1(0.1)   | 1.3 (2.1)   | 0.2 (0.3)     | 0.6 (0.7)   | 0 (-)       |
| <i>Nephrops_n</i>            | 0.1 (0.1)   | 0.1 (0.1)   | 0 (-)       | <0.1(0.1)   | 0 (-)       | 0 (-)         | 0 (-)       | 0 (-)       |

|                        |            |             |             |             |            |             |            |             |
|------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| <u>Ommastrephidae</u>  | 8.2 (1.4)  | 2.8 (1.1)   | 3.1 (1.3)   | 7.4 (3.2)   | 2.4 (0.9)  | 6.5 (1.7)   | 1.1 (0.6)  | 5.2 (0.6)   |
| <u>Pagurus sp</u>      | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Phycis b</u>        | 5.2 (5.2)  | 0.8 (1.1)   | 1.2 (2.2)   | 1 (1.6)     | 2.6 (1.7)  | 3.6 (3.4)   | 1.1 (1.7)  | 2.8 (2.6)   |
| <u>Pleuronectes p</u>  | 0.5 (0.7)  | 0 (-)       | 0.1 (0.3)   | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0.3 (0.6)  | 0 (-)       |
| <u>Pollachius v</u>    | 1.4 (1.4)  | 0 (-)       | 0 (-)       | 0.1 (0.2)   | 0.9 (0.6)  | 0 (-)       | 0.3 (0.5)  | 0 (-)       |
| <u>Raja clavata</u>    | 0.1 (0.1)  | 0 (-)       | 0.2 (0.2)   | 0 (-)       | 0.3 (0.4)  | 0 (-)       | 0.2 (0.2)  | 0 (-)       |
| <u>Raja undulata</u>   | 0.1 (0.1)  | 0 (-)       | <0.1(0.1)   | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Scomber s</u>       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0.2 (0.3)  | 0.1 (0.1)   | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Scylliorhinus c</u> | 40 (28.1)  | 31.6 (22.3) | 20.5 (21.7) | 27.4 (26.4) | 26.9 (5.6) | 40.3 (22.1) | 14.9 (7.6) | 31.5 (10.6) |
| <u>Sepia elegans</u>   | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)      | 0.1 (0.1)   |
| <u>Sepia o</u>         | 0 (-)      | 0 (-)       | 0.1 (0.1)   | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Sepiolidae</u>      | 0.5 (0.4)  | 0.6 (0.8)   | 0 (-)       | 0.7 (0.6)   | <0.1(0.1)  | 1 (0.2)     | <0.1(0.1)  | 1.2 (1.4)   |
| <u>Solea solea</u>     | 0.1 (0.3)  | 0 (-)       | 0.1 (0.2)   | <0.1(0.1)   | 0.1 (0.2)  | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Torpedo m</u>       | 0 (-)      | 0 (-)       | 2.3 (3.1)   | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Trachurus t</u>     | 11.6 (2.9) | 3.9 (3.1)   | 18.4 (6.1)  | 37 (18.3)   | 5.9 (2)    | 1.9 (0.5)   | 6.8 (3.9)  | 17 (18.6)   |
| <u>Trigla l</u>        | 0.2 (0.3)  | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0.2 (0.4)  | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Trisopt e</u>       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       | 0 (-)      | 0 (-)       |
| <u>Trisopt m</u>       | 0 (-)      | 0.1 (0.1)   | 0 (-)       | 0.2 (0.3)   | 0 (-)      | 2.2 (4.9)   | 0 (-)      | 0.2 (0.3)   |
| <u>Zeus faber</u>      | 1.2 (1.3)  | 0 (-)       | 1.1 (1)     | 0 (-)       | 2.1 (1.5)  | 0 (-)       | 1.4 (0.7)  | 0 (-)       |
| Otras_espec            | 0 (-)      | 0.2 (0.2)   | 0 (-)       | 0.1 (0.1)   | 0 (-)      | 0.2 (0.1)   | 0.9 (1.9)  | 0.3 (0.3)   |

### Gallo (*Lepidorhombus whiffiagonis*)

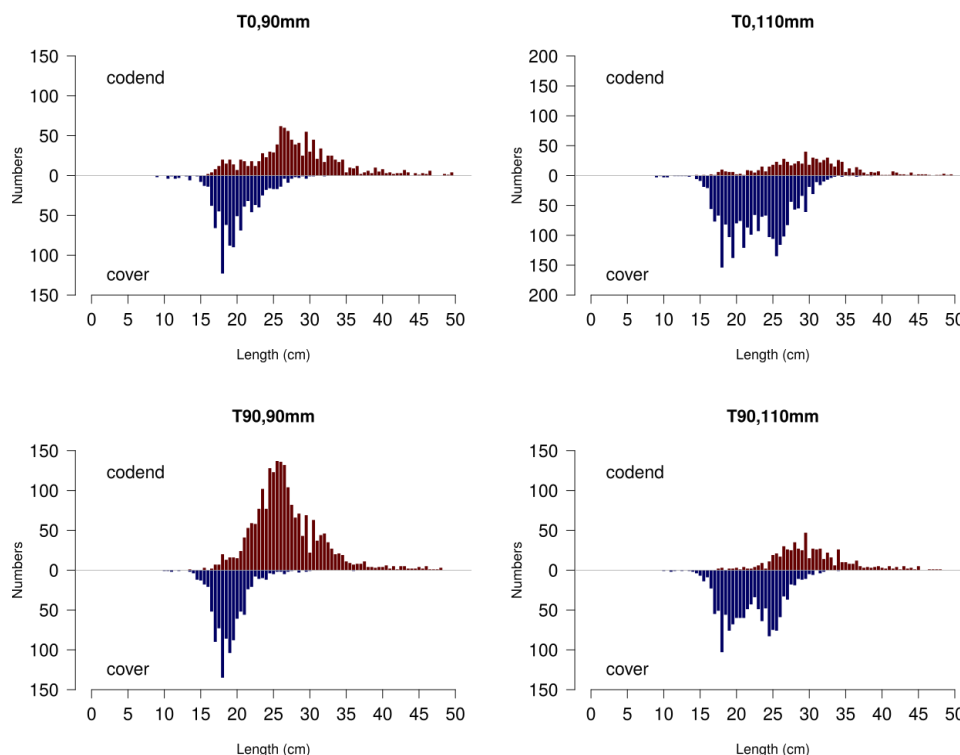


Figura 14 - Distribución de tallas de *Lepidorhombus whiffiagonis* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

### Merluza (*Merluccius merluccius*)

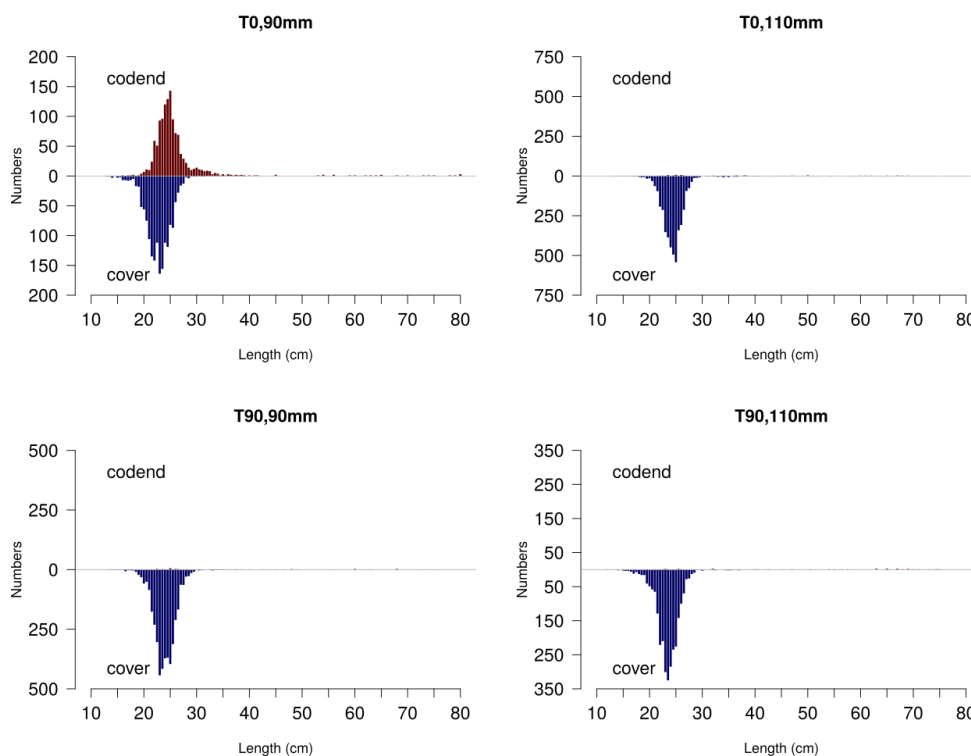


Figura 15 - Distribución de tallas de *Merluccius merluccius* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

### Jurel (*Trachurus trachurus*)

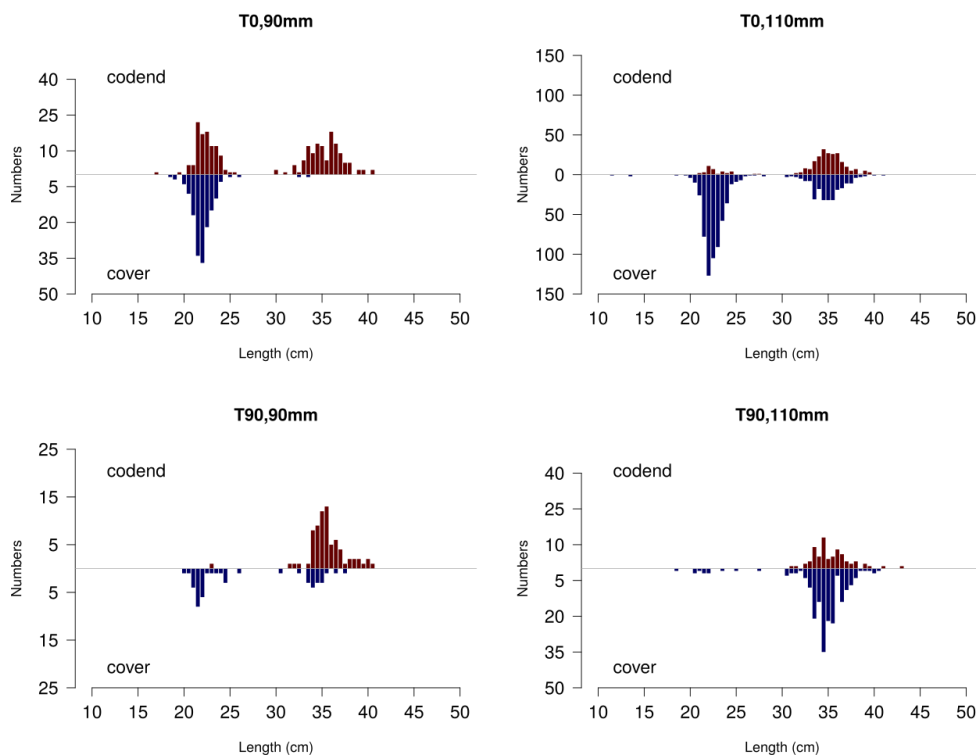


Figura 16 - Distribución de tallas de *Trachurus trachurus* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

### Lirio (*Micromesistius poutassou*)

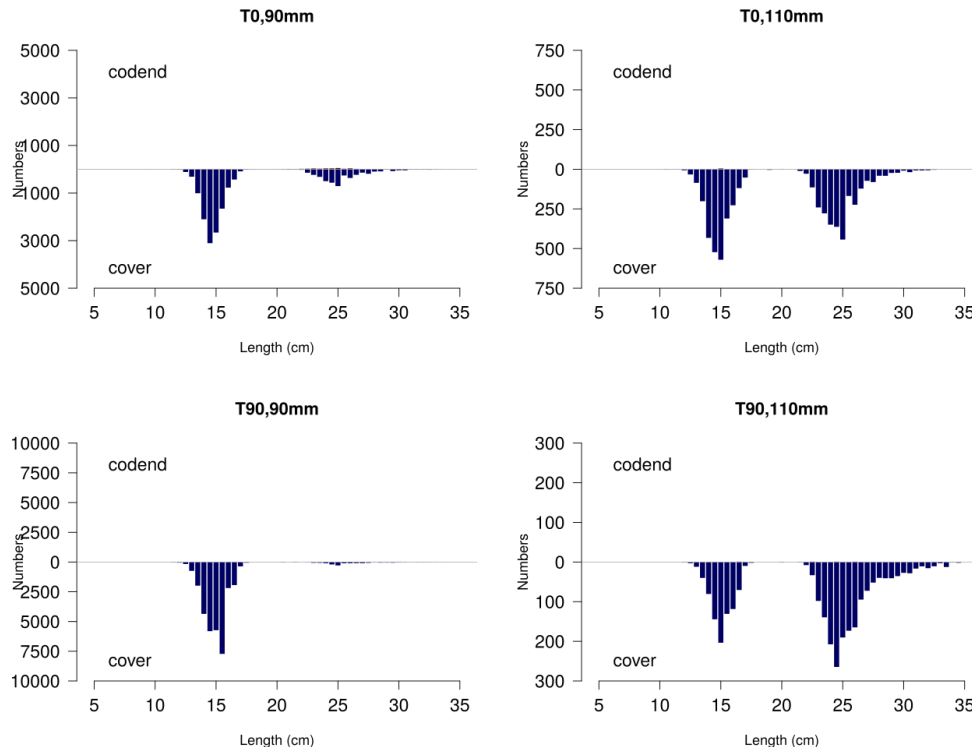


Figura 17 - Distribución de tallas de *Micromesistius poutassou* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

### Pintarroja (*Scyliorhinus canicula*)

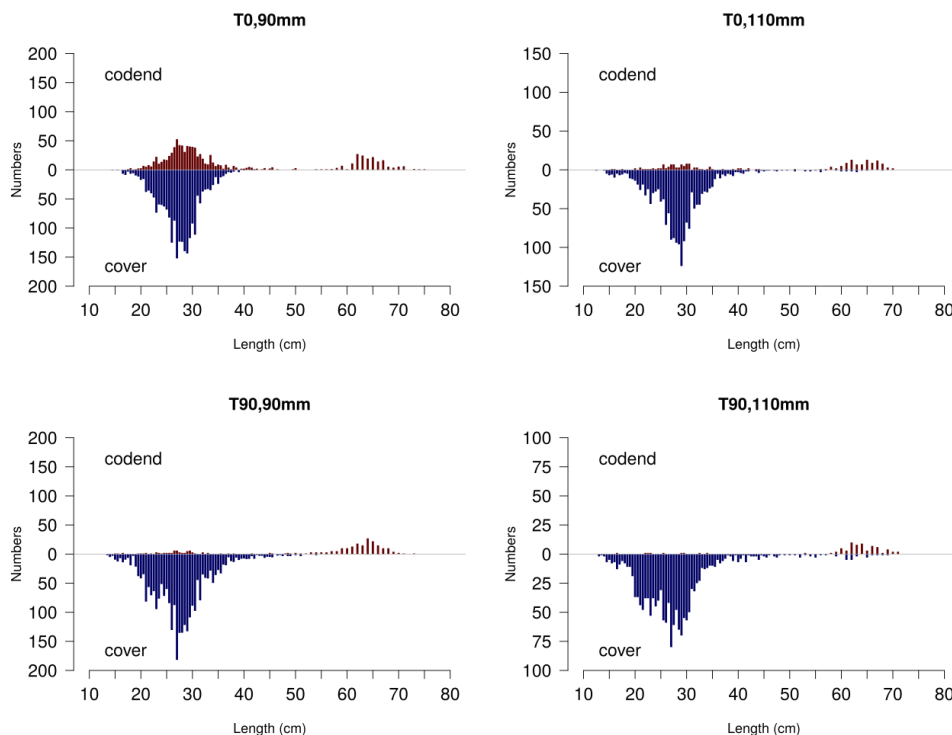


Figura 18 - Distribución de tallas de *Scyliorhinus canicula* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

### Ochavo (*Capros aper*)

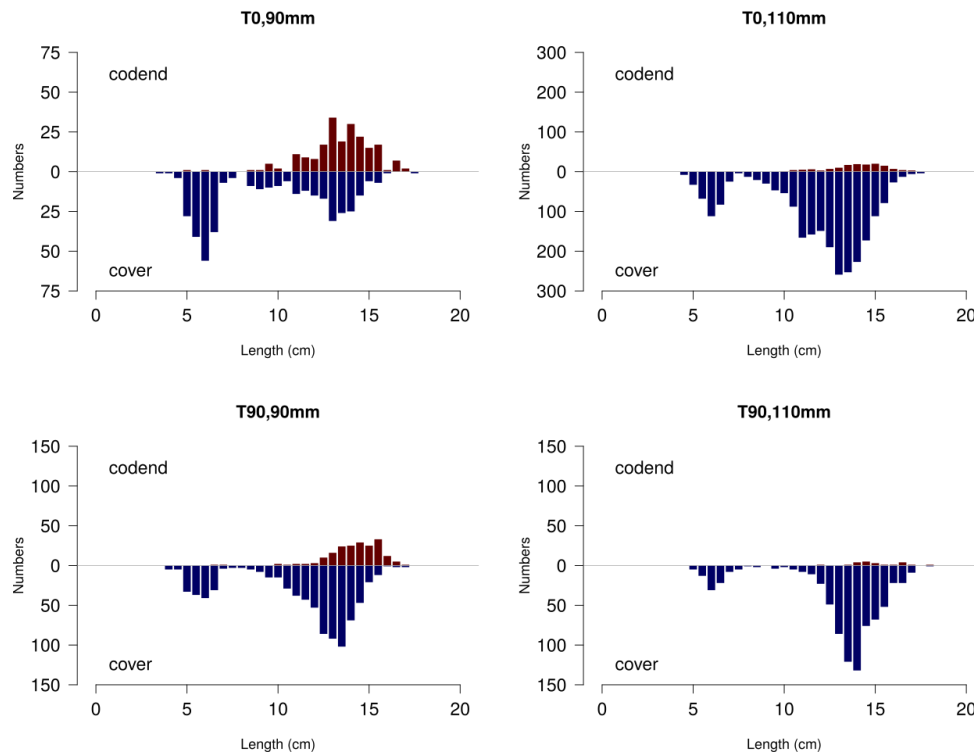


Figura 19 - Distribución de tallas de *Capros aper* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

### Trigla (*Eutrigla gurnardus*)

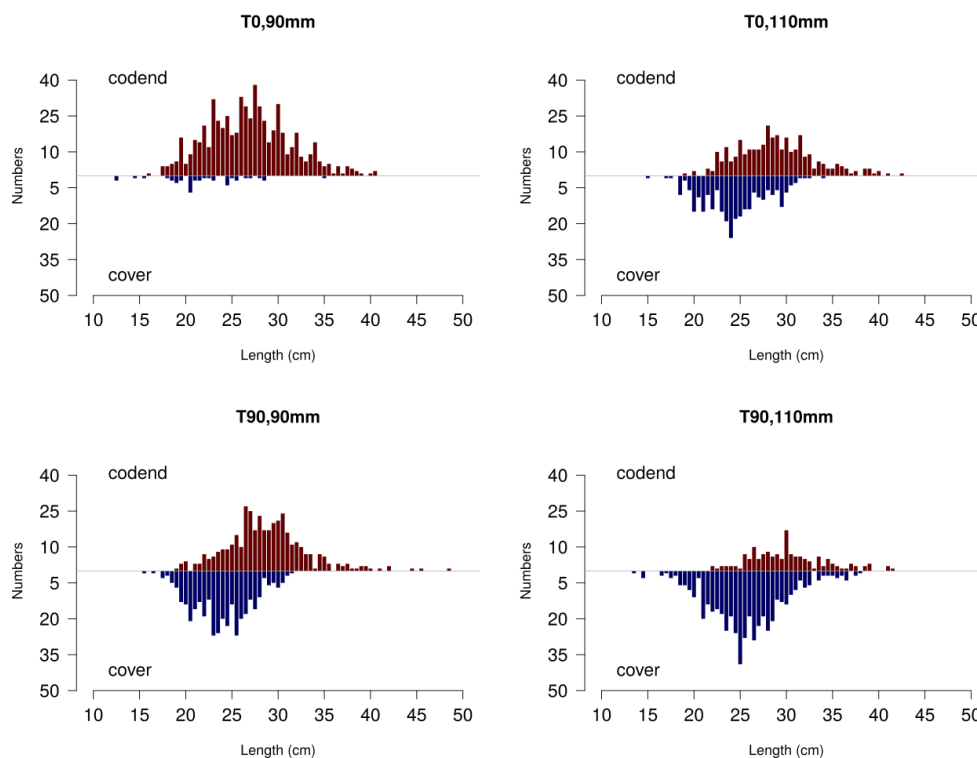


Figura 20 - Distribución de tallas de *Eutrigla gurnardus* observadas en el copo (barras rojas) y sobrecopo (barras azules invertidas). La información que se presenta corresponde a las capturas agregadas de los distintos lances llevados a cabo con cada uno de los copos experimentales.

#### 4.4. Análisis de selectividad

El análisis de selectividad se llevó a cabo sobre un grupo de especies, caracterizadas por una buena representación en las capturas experimentales, y con un claro sometimiento a la selección por tallas en el copo. Las especies que cumplieron estos requisitos en los datos recopilados son; *L. whiffiagonis*, *M. merluccius*, *T. trachurus*, *C. aper*, *S. canicula* y *E. gurnardus*. *M. poutassou* fue una de las especies más abundantes en las capturas, pero casi la totalidad del volumen capturado se encontraba en el sobrecopo. La selección de tallas sobre esta especie no es relevante en ninguno de los copos empleados, por lo tanto no ha sido incluida en la presente sección.

##### 4.4.1. *Lepidorhombus whiffiagonis*

Se realizaron con éxito los análisis de selectividad de *L. whiffiagonis*, empleando las cuatro funciones disponibles. En general, se observa que todas las funciones ofrecen resultados semejantes para un mismo copo, indicando la buena calidad de los datos obtenidos. Según el AIC, la función de *Richards* fue la mejor función candidata para modelar la selectividad de todos los copos, a excepción del copo T90-90mm, cuya mejor función candidata fue la función *logit*.

El análisis resalta que los dos copos legales (T0-90mm y T0-110mm) difieren significativamente en el patrón selectivo respecto a la especie objetivo de la pesquería. El copo T0-90mm presenta una  $L_{50}=23.61$  cm (23.21 - 24.03 cm), talla comprendida entre la talla mínima de referencia a efectos de conservación de la especie (20 cm) y la talla mínima de mercado estipulada por la industria (25 cm); mientras que el copo T0-110mm presenta una  $L_{50}=30.34$  cm (29.53 - 31.00 cm), 5 cm por encima de la talla mínima de mercado en pescas comerciales.

Tanto la  $L_{50}$ , como el rango de selección (SR) de los copos T90 presentan valores del orden de 2 a 3 cm más bajos que sus homólogos T0, es decir, en comparación con los copos reglamentarios, los copos T90 produjeron curvas de selección para esta especie más inclinadas y ligeramente desplazadas a la izquierda (Figura 21). Tanto los parámetros, como las curvas de selectividad predichas muestran intervalos de confianza muy estrechos, lo que indica por un lado la buena calidad de los datos recopilados, y por otro lado la baja variabilidad del proceso selectivo de *L. whiffiagonis* en el copo.

Los cuatro modelos de selectividad estimados en el paso anterior para cada copo experimental, fueron aplicados, de manera exitosa en la simulación para la estimación de los indicadores de usabilidad (Sección “4.4.2. Indicadores de usabilidad de los copos”, donde se describen los indicadores calculados). Usando la talla mínima de mercado de *L. whiffiagonis* (25 cm) como talla de referencia, el indicador  $nPa$  recalca grandes diferencias entre los copos reglamentarios. Por un lado, el copo T0-90mm obtiene un valor  $nPa= 88.5$  (85.7 - 91.3), es decir, aproximadamente un 90% de los individuos de la especie con una talla igual o mayor a 25 cm (tallas con valor comercial) son retenidos en el copo. Por otro lado, el copo T0-110mm obtiene un valor  $nPa= 41.9$  (38.1 - 47.3), es decir, se espera que menos de la mitad de los ejemplares de esta especie con talla de mercado que entran en el copo sean retenidos.

Respecto a los copos T90, el T90-90 mm presenta una capacidad de retención cercana al 100% sobre las tallas de mercado ( $nPa= 98.7$  (98.2 - 99.2)), mientras que el copo T90-110 mm se sitúa en un poder de retención entre los copos T0 ( $nPa=60.5$  (53.8 - 66.1)). Manteniendo la talla de referencia del gallo en 25 cm, y considerando tallas menores a la talla de referencia capturadas en el copo como *bycatch*, se estima que, utilizando el copo reglamentario T0-90mm,

se generaría aproximadamente un 35% de *bycatch* de gallo ( $nR= 35.5$  (31.4 - 40.6)). Este índice de *bycatch* ascendería al 50% en caso de utilizar la versión T90-90mm ( $nR= 50$  (46 - 54.4)). Los dos copos de 110 mm de malla presentan índices de *bycatch* menores del 20% y del 10%, para la versión T0 y T90, respectivamente. Los demás índices de usabilidad estimados para la talla de mercado, y las demás tallas de referencia, pueden consultarse en la *Tabla 8*.

Tabla 8 - Funciones candidatas empleadas en el modelado de los datos de selectividad de *Lepidorhombus whiffiagonis*. Los modelos finalmente utilizados en los análisis posteriores se resaltan en negra.

| Copo       | Modelo          | L50          | SR          | D           | Desviación    | P-valor         | AIC            | AICc           |
|------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| T0, 90mm   | <b>richards</b> | <b>23,61</b> | <b>5,04</b> | <b>2,87</b> | <b>44,58</b>  | <b>&gt;0.99</b> | <b>1641,11</b> | <b>1641,44</b> |
|            | logit           | 23,06        | 5,11        | NA          | 68,26         | 0,7             | 1662,8         | 1662,96        |
|            | probit          | 23,02        | 5,43        | NA          | 69,65         | 0,65            | 1664,19        | 1664,35        |
|            | gompertz        | 22,46        | 5,89        | NA          | 130,77        | <0,01           | 1725,31        | 1725,47        |
| T0- 110mm  | <b>richards</b> | <b>30,34</b> | <b>5,49</b> | <b>3,23</b> | <b>66,64</b>  | <b>0,79</b>     | <b>2303,2</b>  | <b>2303,51</b> |
|            | logit           | 30,14        | 6,94        | NA          | 102,3         | 0,03            | 2336,85        | 2337,01        |
|            | probit          | 30,31        | 7,92        | NA          | 131,52        | <0,01           | 2366,07        | 2366,22        |
|            | gompertz        | 30,92        | 11,42       | NA          | 212,51        | <0,01           | 2447,06        | 2447,22        |
| T90- 90mm  | <b>logit</b>    | <b>21</b>    | <b>2,98</b> | <b>NA</b>   | <b>104,12</b> | <b>0,01</b>     | <b>1617,82</b> | <b>1617,98</b> |
|            | richards        | 21,02        | 2,98        | 1,06        | 104,01        | 0,01            | 1619,71        | 1620,04        |
|            | probit          | 21,03        | 3,51        | NA          | 159,87        | <0,01           | 1673,57        | 1673,73        |
|            | gompertz        | 20,5         | 3,45        | NA          | 193,96        | <0,01           | 1707,67        | 1707,83        |
| T90- 110mm | <b>richards</b> | <b>27,52</b> | <b>3,78</b> | <b>1,8</b>  | <b>42,6</b>   | <b>&gt;0.99</b> | <b>1254,67</b> | <b>1255,01</b> |
|            | logit           | 27,34        | 4,11        | NA          | 51,06         | 0,96            | 1261,13        | 1261,3         |
|            | probit          | 27,36        | 4,7         | NA          | 68,36         | 0,57            | 1278,43        | 1278,6         |
|            | gompertz        | 27,24        | 6,38        | NA          | 144,46        | <0,01           | 1354,53        | 1354,7         |

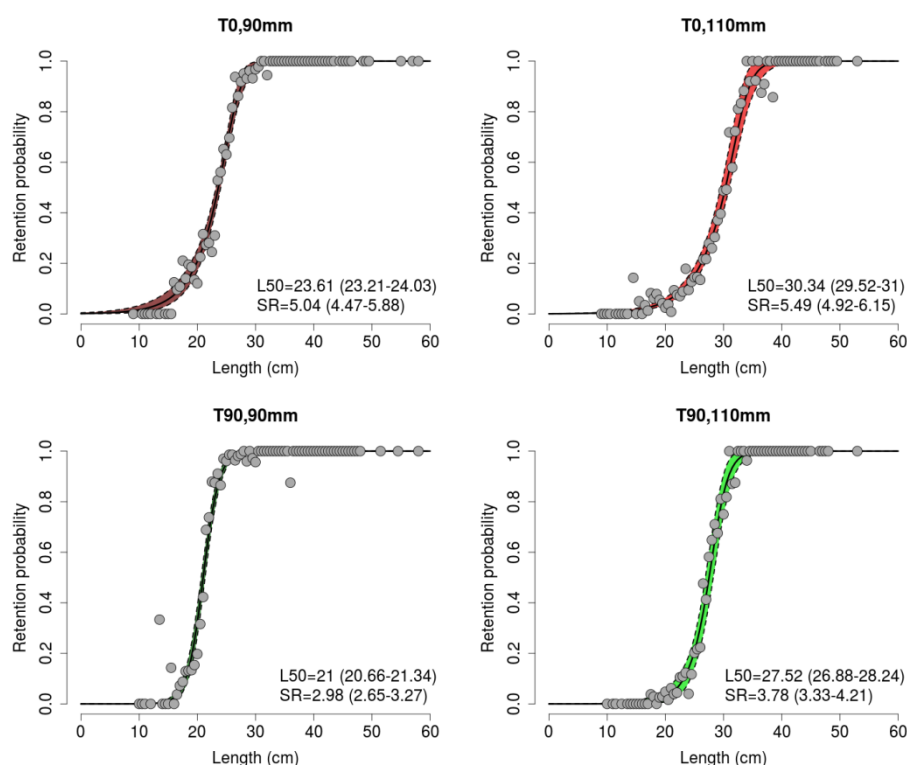


Figura 21 - Curvas medias de selectividad del *Lepidorhombus whiffiagonis* predichas para los cuatro copos utilizados. Las leyendas muestran los parámetros de selectividad que resumen cada una de las curvas.

Tabla 9 - Indicadores de usabilidad de los copos utilizados respecto a las capturas de *Lepidorhombus whiffiagonis*.

| Copo       | Talla de referencia (cm) | Indicadores      |                  |                  |                  |
|------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|            |                          | nPa              | nPb              | nPt              | nR               |
| T0-90 mm   | 20                       | 69.3 (66.5-72)   | 12.8 (9.6-17.1)  | 54.6 (52-57.5)   | 6.5 (5-8.5)      |
| T90-90 mm  |                          | 86.9 (84.9-88.6) | 12 (8.9-15.7)    | 67.4 (65.4-69.4) | 4.8 (3.6-6.2)    |
| T0-110 mm  |                          | 29.2 (26.3-33.3) | 3.2 (2.3-4.3)    | 22.4 (20.2-25.7) | 3.8 (2.9-4.7)    |
| T90-110 mm |                          | 40.4 (35-44.9)   | 1.3 (0.3-3.3)    | 30.2 (26-33.8)   | 1.1 (0.2-2.7)    |
| T0-90 mm   | 25                       | 88.5 (85.7-91.3) | 26.3 (23-30.2)   | 54.6 (52-57.5)   | 35.5 (31.4-40.6) |
| T90-90 mm  |                          | 98.7 (98.2-99.2) | 41.2 (37.8-44.8) | 67.4 (65.4-69.4) | 50 (46-54.4)     |
| T0-110 mm  |                          | 41.9 (38.1-47.3) | 6.1 (4.8-7.8)    | 22.4 (20.2-25.7) | 17.4 (14.3-20.4) |
| T90-110 mm |                          | 60.5 (53.8-66.1) | 5 (2.5-8)        | 30.2 (26-33.8)   | 9.9 (5.3-15.2)   |
| T0-90 mm   | 30                       | 99.5 (98.7-100)  | 46.5 (43.4-49.9) | 54.6 (52-57.5)   | -                |
| T90-90 mm  |                          | 100 (99.9-100)   | 61.5 (59.1-63.9) | 67.4 (65.4-69.4) | -                |
| T0-110 mm  |                          | 75.6 (70.1-82.1) | 12.7 (10.8-15.5) | 22.4 (20.2-25.7) | -                |
| T90-110 mm |                          | 95 (91.7-98.1)   | 18.5 (14.1-22.3) | 30.2 (26-33.8)   | -                |
| T0-90 mm   | 35                       | 100 (99.9-100)   | 52.5 (49.7-55.5) | 54.6 (52-57.5)   | -                |
| T90-90 mm  |                          | 100 (100-100)    | 65.9 (63.7-68)   | 67.4 (65.4-69.4) | -                |
| T0-110 mm  |                          | 98.3 (95.8-99.8) | 18.8 (16.5-22.3) | 22.4 (20.2-25.7) | -                |
| T90-110 mm |                          | 99.9 (99.5-100)  | 27 (22.6-30.7)   | 30.2 (26-33.8)   | -                |
| T0-90 mm   | 40                       | 100 (100-100)    | 53.7 (51-56.7)   | 54.6 (52-57.5)   | -                |
| T90-90 mm  |                          | 100 (100-100)    | 66.8 (64.7-68.8) | 67.4 (65.4-69.4) | -                |
| T0-110 mm  |                          | 100 (99.6-100)   | 20.9 (18.6-24.3) | 22.4 (20.2-25.7) | -                |
| T90-110 mm |                          | 100 (100-100)    | 28.9 (24.6-32.6) | 30.2 (26-33.8)   | -                |

#### 4.4.2. *Merluccius merluccius*

A excepción de los análisis llevados a cabo en los datos de selectividad del copo T0-90 mm, existe cierta variación en los valores de L50 y SR obtenidos por las distintas funciones candidatas a modelar los datos de *M. merluccius*. Además, existe una mayor diversidad en la elección de los mejores modelos según el AIC. La función *logit* fue la mejor función disponible para modelar los datos obtenidos con el copo T0-90 mm, mientras que la función *Richards* fue la mejor candidata para los copos T0-110 mm y T90-90 mm. La función de *gompertz* fue seleccionada para modelar los datos del copo T90-110 mm (Tabla 10).

El copo T0-90 mm atesora el mayor poder de retención de merluza de todos los copos testados, y con una L50=24.06 cm (22.23 - 25.99 cm), su rango de selección de tallas coincide con el rango de tallas disponible en la población de peces capturada durante la campaña (Figura 15). En contraste, se produjo un fuerte incremento de selectividad con los otros copos. El copo

T90-90mm, con el mismo tamaño de malla que el copo anterior, presenta un fuerte incremento de la selectividad de *M. merluccius* con un valor de  $L50=40.79$  cm (35.44 - 50.8 cm) debido al giro de la malla, equiparable al copo T0-110 mm  $L50=41.89$  cm (37.17 - 48.74 cm). Por último, el copo T90- 110 mm alcanza el mayor grado de selectividad con una  $L50=48.62$  cm (35.36 - 73.08 cm) (Figura 22).

Los copos T90-90 mm, T0-110 mm y T90-110 mm presentan amplios rangos de selección (parámetro SR), y una baja precisión de las estimaciones reflejada en los amplios intervalos de confianza, asociados tanto a los parámetros  $L50$  y SR, como a las curvas de selectividad predichas. Este hecho, se debe a la escasa presencia de tallas grandes de merluza en la captura en el rango de selección de estos copos (entre los 30 y 50 cm, aproximadamente).

Los indicadores de usabilidad del copo calculados sobre la talla de merluza de 40 cm (talla a partir de la cual se considera el rango de tallas de interés comercial en la pesquería), muestra grandes diferencias de trabajo del copo T0-90mm, con respecto a los otros tres copos. Los valores del indicador  $nPa$  estimados para los copos T0-90 mm ( $nPa = 100$  (99.8-100)) T90-90 mm ( $nPa = 90$  (67.9-100)), y T0-110 mm ( $nPa = 88.1$  (75.4-95.9)), son comparables, y muestran que, en promedio, se debe esperar que entre el 90% y el 100% de merluzas con una talla igual o mayor a 40 cm fueran retenidas en el copo, mientras que, el valor promedio del indicador  $nPa$  para el copo T90-110 mm disminuye a aproximadamente el 72%. Por otro lado, aproximadamente el 50% de la merluza con tallas inferiores a 40 cm que entran en el copo T0-90 mm, sería retenida (indicador  $nPb = 48.9$  (34.4-62.1)), mientras que en el caso de los demás copos, el poder de retención sobre esta fracción de tallas no deseadas es despreciable, al obtenerse valores de  $nPb$  próximos al 1%.

Tabla 10 - Funciones candidatas empleadas en el modelado de los datos de selectividad de *Merluccius merluccius*. Los modelos finalmente utilizados en los análisis posteriores se resaltan en negrita.

| Copo      | Modelo          | L50          | SR           | D           | Desviación   | P-valor     | AIC            | AICc           |
|-----------|-----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|----------------|----------------|
| T0-90mm   | <b>logit</b>    | <b>24,06</b> | <b>5,75</b>  | NA          | <b>61,34</b> | <b>0,87</b> | <b>3618,57</b> | <b>3618,74</b> |
|           | richards        | 24,02        | 5,79         | 0,73        | 60,77        | 0,87        | 3620,01        | 3620,34        |
|           | probit          | 24,08        | 5,97         | NA          | 66,04        | 0,76        | 3623,27        | 3623,44        |
|           | gompertz        | 23,91        | 6,34         | NA          | 70,22        | 0,63        | 3627,46        | 3627,62        |
| T0-110mm  | <b>richards</b> | <b>41,89</b> | <b>10,99</b> | <b>0,41</b> | <b>77,37</b> | <b>0,59</b> | <b>560,02</b>  | <b>560,32</b>  |
|           | probit          | 43,05        | 10,75        | NA          | 79,95        | 0,54        | 560,51         | 560,66         |
|           | logit           | 42,15        | 8,52         | NA          | 82,28        | 0,47        | 563,13         | 563,28         |
|           | gompertz        | 43,39        | 15,61        | NA          | 85,85        | 0,36        | 566,15         | 566,3          |
| T90-90mm  | <b>richards</b> | <b>40,79</b> | <b>10,18</b> | <b>0,35</b> | <b>64,74</b> | <b>0,42</b> | <b>363,99</b>  | <b>364,37</b>  |
|           | gompertz        | 43,49        | 15,28        | NA          | 73,18        | 0,2         | 367,75         | 367,94         |
|           | logit           | 40,65        | 7,3          | NA          | 67,59        | 0,36        | 368,71         | 368,9          |
|           | probit          | 43,95        | 10,83        | NA          | 72,51        | 0,22        | 370,41         | 370,6          |
| T90-110mm | <b>gompertz</b> | <b>48,6</b>  | <b>18,26</b> | <b>NA</b>   | <b>56,17</b> | <b>0,65</b> | <b>146,92</b>  | <b>147,12</b>  |
|           | richards        | 48,62        | 18,1         | 0,01        | 56,17        | 0,62        | 148,93         | 149,34         |
|           | probit          | 53,63        | 14,91        | NA          | 60,53        | 0,49        | 152,12         | 152,32         |
|           | logit           | 53,9         | 11,94        | NA          | 64,49        | 0,36        | 156,36         | 156,56         |

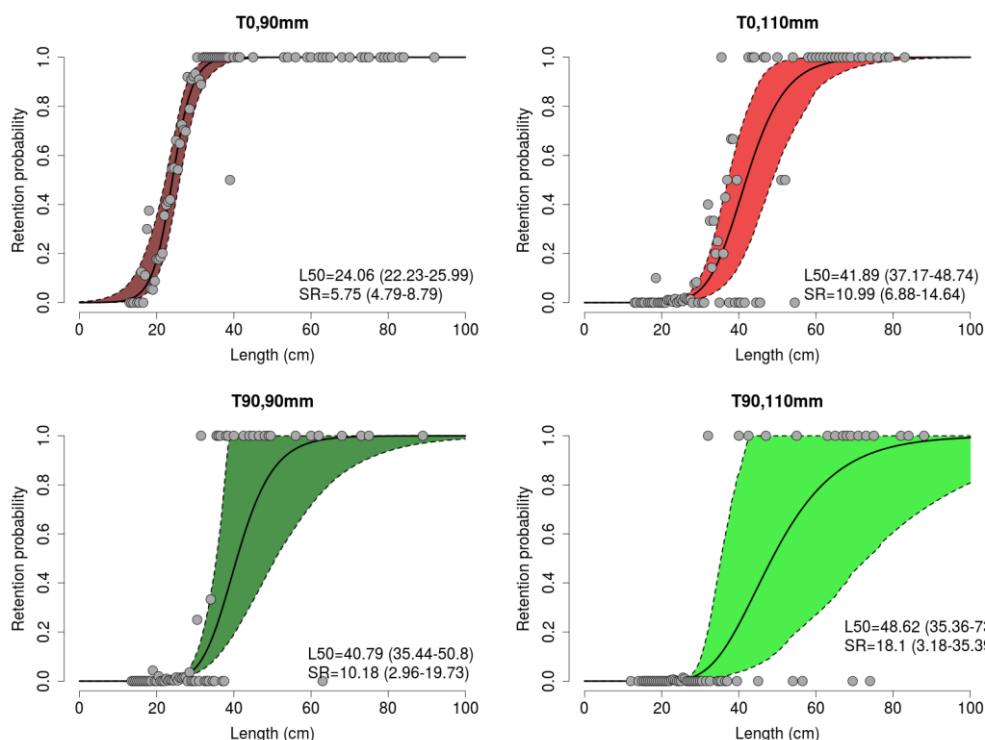


Figura 22 - Curvas medias de selectividad de *Merluccius merluccius* predichas para los cuatro copos utilizados. Las leyendas muestran los parámetros de selectividad que resumen cada una de las curvas.

Tabla 11 - Indicadores de usabilidad de los copos utilizados respecto a las capturas de *Merluccius merluccius*.

| Copo       | Talla de referencia | Indicadores      |                  |                  |                     |
|------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
|            |                     | nPa              | nPb              | nPt              | nR                  |
| T0-90 mm   | 27                  | 85.6 (74.1-91.9) | 46.4 (31.9-60.3) | 49.4 (35.1-62.5) | 659.1 (514.7-829.3) |
| T90-90 mm  |                     | 16.5 (11.4-22)   | 0.6 (0.4-0.9)    | 1.8 (1.4-2.4)    | 44.8 (27.8-69.2)    |
| T0-110 mm  |                     | 16.1 (11.5-21.2) | 0.8 (0.3-1.5)    | 2 (1.2-2.9)      | 61.9 (30.4-99.1)    |
| T90-110 mm |                     | 12 (5.4-21)      | 0.3 (0-0.6)      | 1.2 (0.7-1.8)    | 33.9 (0.7-109.4)    |
| T0-90 mm   | 40                  | 100 (99.8-100)   | 48.9 (34.4-62.1) | 49.4 (35.1-62.5) | -                   |
| T90-90 mm  |                     | 90 (67.9-100)    | 1 (0.7-1.4)      | 1.8 (1.4-2.4)    | -                   |
| T0-110 mm  |                     | 88.1 (75.4-95.9) | 1.1 (0.5-2)      | 2 (1.2-2.9)      | -                   |
| T90-110 mm |                     | 72.3 (33.1-98.7) | 0.5 (0.2-0.9)    | 1.2 (0.7-1.8)    | -                   |
| T0-90 mm   | 60                  | 100 (100-100)    | 49.1 (34.7-62.2) | 49.4 (35.1-62.5) | -                   |
| T90-90 mm  |                     | 99.2 (85.5-100)  | 1.2 (0.9-1.8)    | 1.8 (1.4-2.4)    | -                   |
| T0-110 mm  |                     | 98.7 (94.5-100)  | 1.4 (0.7-2.3)    | 2 (1.2-2.9)      | -                   |
| T90-110 mm |                     | 88.6 (46.3-100)  | 0.7 (0.3-1.2)    | 1.2 (0.7-1.8)    | -                   |

#### 4.4.3. *Trachurus trachurus*

Las funciones candidatas seleccionadas para modelar los datos de selectividad de *T. trachurus* fueron: *probit* para el copo T0-90 mm, *gompertz* para el copo T0-110 mm, *logit* para el copo T90-90 mm, y *gompertz* para el copo T90-110 mm (Tabla 12).

Del mismo modo que en el caso de *M. merluccius*, los parámetros de selectividad indican que el copo T0-90 mm es el copo menos selectivo para *T. trachurus* ( $L_{50}=24.08$  cm (20.73 - 25.74 cm)). El giro de malla en el copo T90-90 mm produce un significativo incremento de la selectividad ( $L_{50}=31.64$  cm (29.91 - 33.97 cm)) respecto al primer copo. El copo T0-110 mm incrementa la selectividad del copo T90-90 mm en aproximadamente 4 cm ( $L_{50}=35.81$  cm (31.95 - 42.25 cm)), pero dado que los intervalos de confianza asociadas a las  $L_{50}$  de ambos copos se solapan, no puede decirse que el aumento de la selectividad hacia tallas mayores de jurel sea significativo. Por último, el copo T90-110 mm presenta el mayor valor de  $L_{50}$ , superando los 40 cm ( $L_{50}=42.34$  cm (37.07 - **180.53 cm**)). Este último copo presenta un amplio rango de selección (parámetro SR), y una baja precisión de las estimaciones, reflejada en los amplios intervalos de confianza, asociados tanto a los parámetros  $L_{50}$  y SR como a las curvas de selectividad predichas. Este hecho es debido en gran medida, a la escasa presencia de tallas mayores a los 35 cm (talla no muy habitual), que coinciden con el rango de selección de este copo (Figura 23).

A diferencia de las primeras dos especies evaluadas, no se prefijó ninguna talla de referencia para la estimación de los indicadores de usabilidad del copo. Por el contrario, la elección de dicha talla de referencia se decidió “*post hoc*”, una vez conocida la estructura de tallas de jurel capturada durante la campaña. Dada la presencia de dos cohortes en las capturas, causa del carácter bimodal de la estructura de tallas, se decidió tomar una talla de referencia entre las dos cohortes observadas, por lo que la talla finalmente seleccionada fue de 30.5 cm. Con esta talla de referencia, se busca extraer el diferente poder de retención de los distintos copos sobre las dos cohortes de jurel. El poder de retención del copo T0-90mm sobre la cohorte de mayor tamaño se estimó próxima al 100% ( $nPa= 94.5$  (90.6-98.9)). Con el copo T90-90 mm, se produce una significativa reducción del poder de retención sobre esta cohorte de aproximadamente un 16% ( $nPa= 78.8$  (69.6-85.8)). Los copos T0-110 mm y T90-110 mm presentan un poder de retención inferior al 50%. Los índices de usabilidad de los copos estimados sobre la cohorte más joven, muestran las diferencias más destacables entre los diferentes copos. Mientras el copo T0-90 mm presenta un poder de retención de esta cohorte próxima al 35% ( $nPb= 36$  (18.2-62.2)), el copo T0-110 mm reduce este poder de retención a un 6% ( $nPb= 6$  (2.8-11.8)). Ambos copos T90 mejoran los índices de los copos T0, con valores de  $nPb$  a valores promedio próximos al 2.5%. Los demás índices de usabilidad estimados pueden consultarse en la Tabla 13.

Tabla 12 - Funciones candidatas empleadas en el modelado de los datos de selectividad de *Trachurus trachurus*. Los modelos finalmente utilizados en los análisis posteriores se resaltan en negrita.

| Copo       | Modelo          | L50          | SR           | D    | Desviación   | P-valor     | AIC           | AICc          |
|------------|-----------------|--------------|--------------|------|--------------|-------------|---------------|---------------|
| T0-90 mm   | <b>probit</b>   | <b>24,08</b> | <b>6,72</b>  | NA   | <b>28,53</b> | <b>0,69</b> | <b>320,75</b> | <b>321,13</b> |
|            | logit           | 23,87        | 6,01         | NA   | 28,67        | 0,68        | 320,89        | 321,27        |
|            | richards        | 24,09        | 6,49         | 1,65 | 28,39        | 0,65        | 322,61        | 323,39        |
|            | gompertz        | 23,57        | 5,91         | NA   | 32,75        | 0,48        | 324,97        | 325,34        |
| T0-110 mm  | <b>gompertz</b> | <b>35,81</b> | <b>14,85</b> | NA   | <b>50,12</b> | <b>0,13</b> | <b>913,49</b> | <b>913,8</b>  |
|            | probit          | 35,75        | 11,49        | NA   | 51,83        | 0,1         | 915,2         | 915,51        |
|            | richards        | 35,82        | 14,78        | 0,01 | 50,13        | 0,11        | 915,49        | 916,12        |
|            | logit           | 35,7         | 10,64        | NA   | 53,07        | 0,08        | 916,43        | 916,74        |
| T90-90 mm  | <b>logit</b>    | <b>31,64</b> | <b>5,31</b>  | NA   | <b>19,77</b> | <b>0,87</b> | <b>93,32</b>  | <b>93,77</b>  |
|            | probit          | 31,28        | 5,97         | NA   | 19,79        | 0,87        | 93,33         | 93,78         |
|            | richards        | 32,39        | 4,84         | 2,49 | 18,98        | 0,87        | 94,53         | 95,45         |
|            | gompertz        | 29,97        | 6,99         | NA   | 21,73        | 0,79        | 95,28         | 95,72         |
| T90-110 mm | <b>gompertz</b> | <b>42,34</b> | <b>18,9</b>  | NA   | <b>26,25</b> | <b>0,61</b> | <b>298,16</b> | <b>298,58</b> |
|            | probit          | 41,56        | 14,9         | NA   | 26,51        | 0,6         | 298,41        | 298,84        |
|            | logit           | 41,41        | 14,53        | NA   | 26,73        | 0,59        | 298,63        | 299,06        |
|            | richards        | 42,34        | 18,83        | 0,01 | 26,26        | 0,56        | 300,16        | 301,05        |

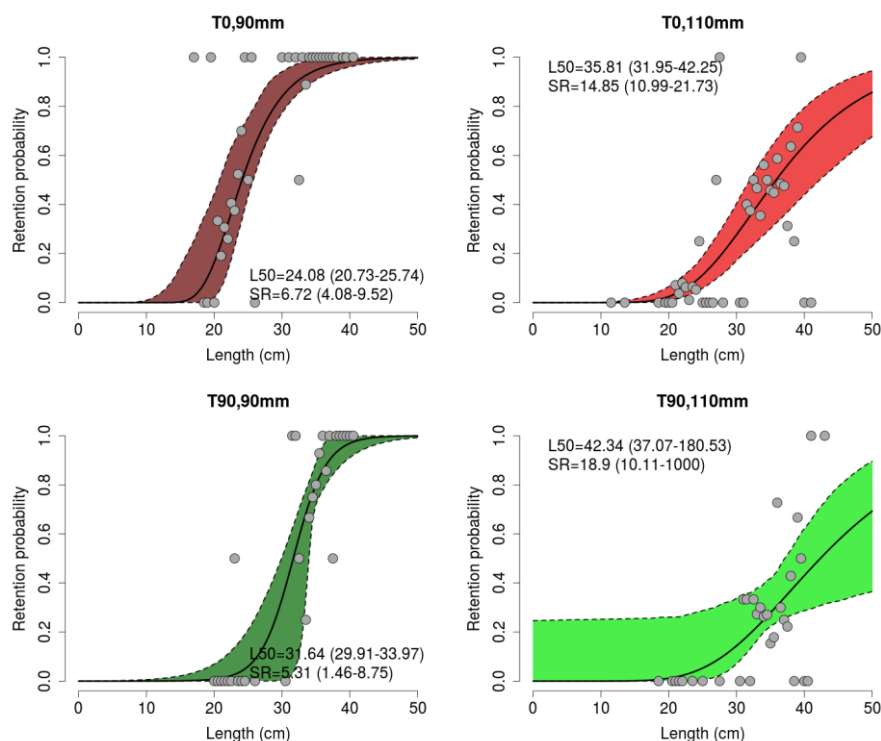


Figura 23 - Curvas medias de selectividad de *Trachurus trachurus* predichas para los cuatro copos utilizados. Las leyendas muestran los parámetros de selectividad que resumen cada una de las curvas.

Tabla 13 - Indicadores de usabilidad de los copos utilizados respecto a las capturas de *Trachurus trachurus*.

| Copo    | Tamaño de referencia (cm) | nPa             | nPb           | nPt             | nR              |
|---------|---------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| T0-90   | 30,5                      | 94.5(90.6-98.9) | 36(18.2-62.2) | 65.4(57-79.1)   | 37.6(18.9-62.7) |
| T90-90  |                           | 78.8(69.6-85.8) | 2.5(0-12.7)   | 40.9(35.3-46.2) | 3.1(0-16.4)     |
| T0-100  |                           | 47.3(30.6-63.2) | 6(2.8-11.8)   | 26.8(17.8-36.1) | 12.5(6.7-23)    |
| T90-110 |                           | 28.4(22.6-42)   | 2.8(0.1-26.9) | 15.7(12.7-32.3) | 9.7(0.4-96.3)   |

#### 4.4.4. Otras especies: *Capros aper*, *Scyliorhinus canicula* y *Eutrigla gurnardus*

Los resultados de selectividad de las tres últimas especies analizadas se describen conjuntamente en la presente sección. Los resultados obtenidos para *S. canicula* y *E. gurnardus*, siguen las pautas observadas por las dos especies redondas anteriormente descritas. En concreto, se observa que los valores de L50 estimados para el copo T0-90 mm son significativamente más bajos que los demás copos. En el caso de *S. canicula*, los valores promedio de L50 parecen sufrir un incremento lineal siguiendo la secuencia T90-90 mm, T0-110 mm, T90-110 mm, mientras que en el caso de *E. gurnardus*, las L50 estimadas para los copos T90-90 mm y T0-110 mm presentan aproximadamente el mismo valor promedio. En todo caso, el solapamiento de los Intervalos de confianza estimados para los copos T90-90 mm y T0-110 mm evidencia que no existen diferencias significativas entre las L50 de estos dos copos, tanto para el caso de *S. canicula*, como para la *E. gurnardus* (Tabla 14, Figura 25, Figura 26). En contra a la tendencia general observada a lo largo de las especies evaluadas, en el caso de *C. aper*, el tamaño de malla parece ser el aspecto de diseño de copo que mayor grado de variación produce en el parámetro L50 (Tabla 14, Figura 24). En cuanto al parámetro SR (rango de selección), es destacable la significativa reducción del valor promedio de SR en los copos T90, con respecto a los valores T0, lo cual incrementa la pendiente de las curvas de selección asociadas (Tabla 14, Figura 24).

Tabla 14 - Funciones candidatas seleccionadas mediante AIC para el modelado de los datos de selectividad de los distintos copos sobre *Capros aper*, *Scyliorhinus canicula* y *Eutrigla gurnardus*.

| Especie                      | Copo       | Modelo   | L50   | SR    | D    | Desviación | P-valor | AIC     | AICc    |
|------------------------------|------------|----------|-------|-------|------|------------|---------|---------|---------|
| <i>Capros aper</i>           | T0-90 mm   | gompertz | 13,05 | 6,25  | NA   | 27,29      | 0,39    | 566,69  | 567,17  |
|                              | T0-110 mm  | logit    | 19,47 | 4,95  | NA   | 17,93      | 0,85    | 996,24  | 996,74  |
|                              | T90-90 mm  | richards | 14,98 | 2,22  | 2,32 | 28,05      | 0,26    | 746,95  | 747,99  |
|                              | T90-110 mm | logit    | 19,13 | 3,12  | NA   | 13,96      | 0,93    | 175,3   | 175,85  |
| <i>Scyliorhinus canicula</i> | T0-90 mm   | richards | 37,57 | 14,94 | 10   | 78,65      | 0,52    | 3302,75 | 3303,06 |
|                              | T0-110 mm  | richards | 56,13 | 14,2  | 7,33 | 93,34      | 0,23    | 898,53  | 898,82  |
|                              | T90-90 mm  | richards | 52,49 | 9,4   | 4,46 | 123,09     | 0,01    | 776,31  | 776,58  |
|                              | T90-110 mm | richards | 59,82 | 9,96  | 2,23 | 66,07      | 0,97    | 229,72  | 229,99  |
| <i>Eutrigla gurnardus</i>    | T0-90 mm   | gompertz | 15,52 | 5,63  | NA   | 47,36      | 0,5     | 254,33  | 254,59  |
|                              | T0-110 mm  | probit   | 26,31 | 6,97  | NA   | 48,51      | 0,37    | 640,79  | 641,05  |
|                              | T90-90 mm  | richards | 26,48 | 5,79  | 3,11 | 28,9       | 0,99    | 769,57  | 770,07  |
|                              | T90-110 mm | probit   | 30,45 | 6,76  | NA   | 25,62      | 1       | 498,69  | 498,95  |

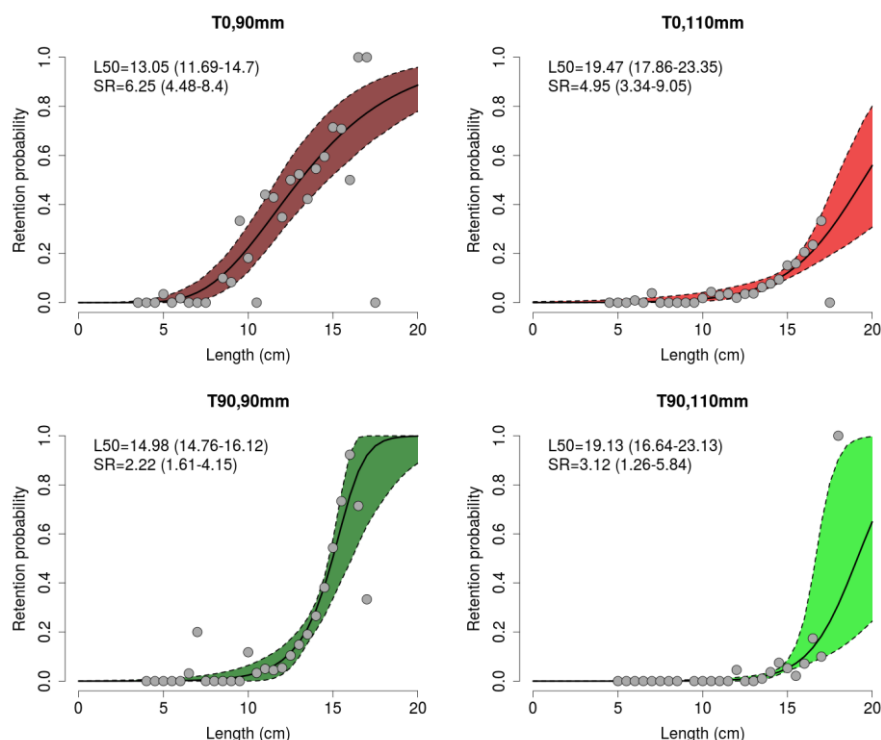


Figura 24 - Curvas medias de selectividad de *Capros aper* predichas para los cuatro copos utilizados. Las leyendas muestran los parámetros de selectividad que resumen cada una de las curvas.

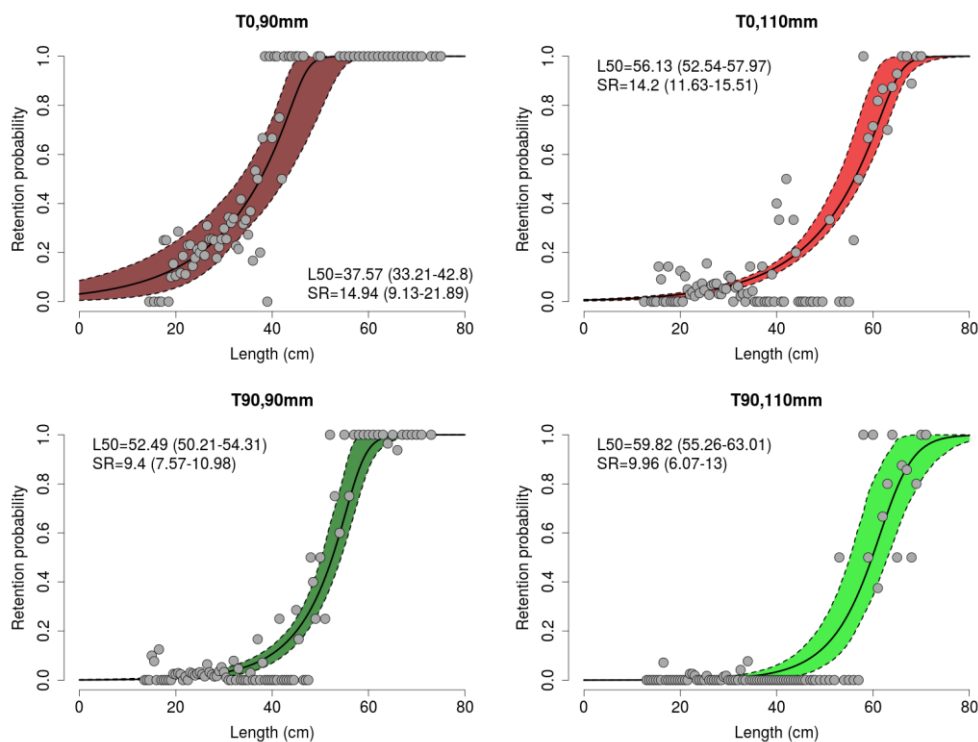


Figura 25 - Curvas medias de selectividad de la *Scylliorhinus canicula* predichas para los cuatro copos utilizados. Las leyendas muestran los parámetros de selectividad que resumen cada una de las curvas.

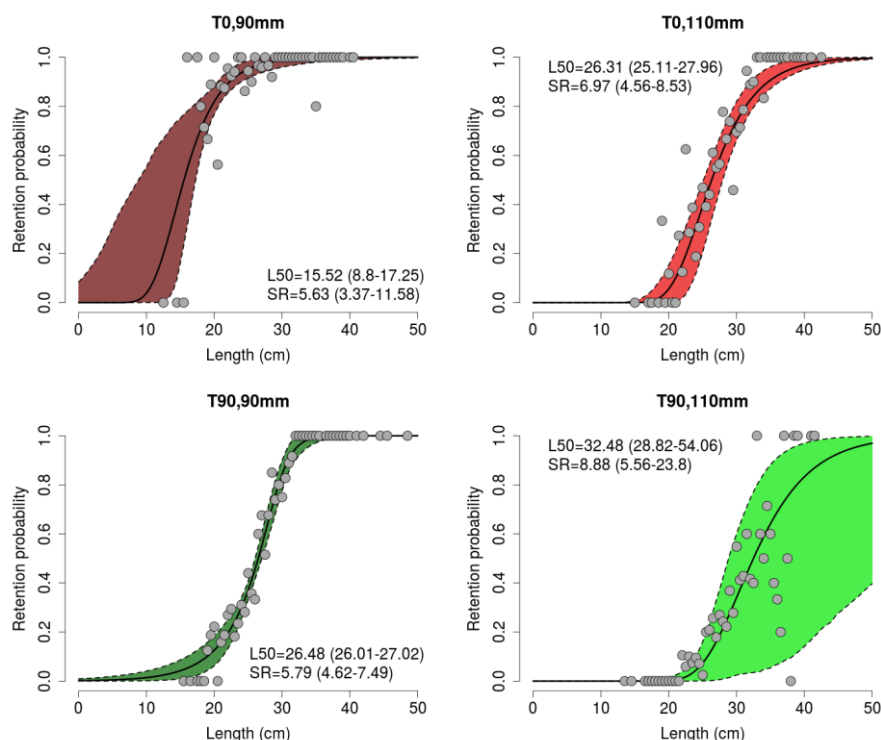


Figura 26 - Curvas medias de selectividad de la *Eutrigla gurnardus* predichas para los cuatro copos utilizados. Las leyendas muestran los parámetros de selectividad que resumen cada una de las curvas.

#### 4.5. Resultados implementación del protocolo FISHSELECT

Las especies empleadas para el estudio teórico de las propiedades selectivas de las mallas, empleando la metodología FISHSELECT ya descrita con anterioridad, se seleccionaron principalmente por su abundancia en las capturas experimentales, que además coinciden con dos de las tres especies objetivo de la pesquería y la segunda especie en abundancia de descarte de la pesquería (Tabla 2). Las especies seleccionadas son las siguientes: *L. whiffiagonis*, *M. merluccius*, *S. canicula* y *C. aper*.

De cada una de estas especies se tomaron todos los ejemplares que fue posible, teniendo en cuenta, que el rango de tallas fuese uniforme y que hubiera ejemplares de todas las tallas. De este modo, se sometieron al protocolo FISHSELECT 120 ejemplares de *L. whiffiagonis*, 85 ejemplares de *M. merluccius*, 100 ejemplares de *S. canicula* y 47 ejemplares de *C. aper*. Teniendo en cuenta que para cada ejemplar se realizaron 191 ensayos de pase o “fall-through” a través de las plantillas de malla, podemos decir que en total se efectuaron más de 67.000 ensayos de pase a lo largo de la campaña.

Como ya se describió en el apartado 4.3, el primer paso del protocolo FISHSELECT es determinar y cuantificar las características morfológicas externas de la especie a estudio, para lo cual, primero hay que registrar la longitud y el peso de cada ejemplar y después identificar las posiciones del eje longitudinal del ejemplar que afecten a su capacidad de penetración a través de las mallas. Los resultados de estos dos primeros pasos, se presentan a continuación. Los resultados de los pasos restantes para completar el protocolo FISHSELECT aún no están disponibles, debido al largo tiempo de procesamiento y computación que requiere el análisis de todos los datos obtenidos, por lo que no han podido ser presentados en este informe.

#### 4.5.1. Distribución de tallas

##### *Lepidorhombus whiffiagonis*

En el caso de esta especie, se consiguió una muy buena distribución del rango de tallas, debido a la presencia en las capturas experimentales de un gran abanico de tallas que abarcaba de forma prácticamente consecutiva desde los 10 a los 55 cm. Por ello, se decidió utilizar para las pruebas, un máximo de unos 4 individuos por centímetro.

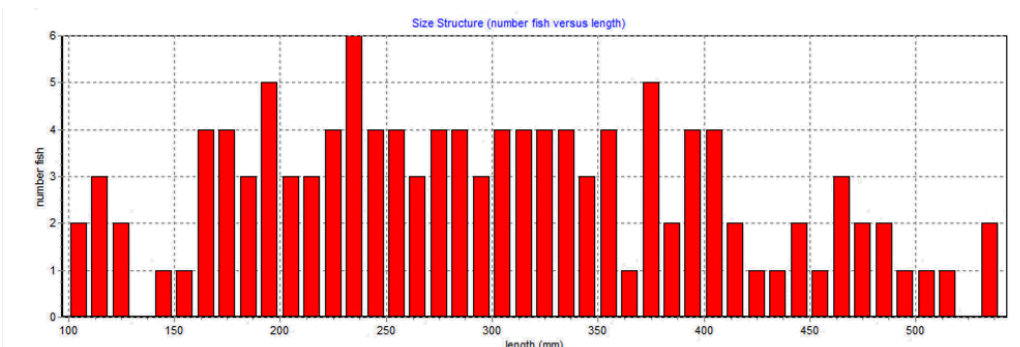


Figura 27 - Distribución de las tallas muestreadas para *Lepidorhombus whiffiagonis*.

##### *Merluccius merluccius*

La distribución del rango de tallas de esta especie, ya no fue tan uniforme como en el caso anterior.

Esto fue debido a que, en las pescas experimentales, se capturaron enormes cantidades de individuos pequeños, de entre 20 y 40 cm, por lo cual el rango de tallas se completó sin problemas. En el caso de los ejemplares de mayor talla, el número de ejemplares no fue tan cuantioso, con lo cual, de estas tallas hubo que conformarse con menos individuos. Se debe tener en cuenta que la duración de la campaña fue más corta de lo inicialmente previsto, y en consecuencia, el número total de lances se vio reducido, al igual que el de las capturas.

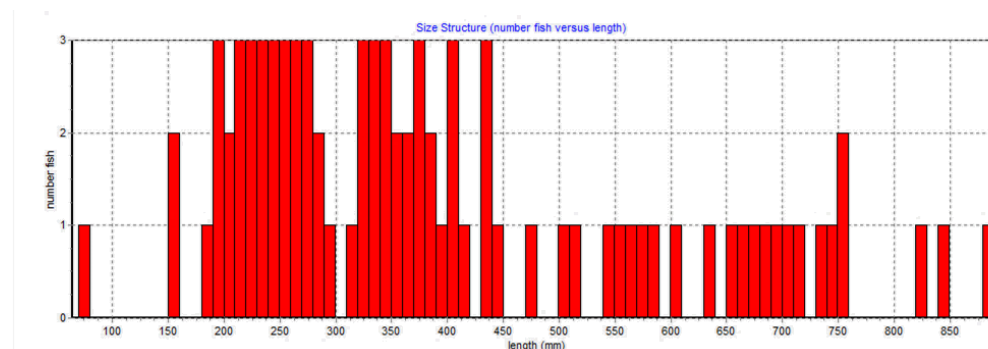


Figura 28- Distribución de las tallas muestreadas para *Merluccius merluccius*.

##### *Scyliorhinus canicula*

En el caso de la distribución del rango de tallas para la pintarroja, vemos que se produce un claro sesgo, entre las tallas pequeñas, de menos de 35 cm y las tallas grandes, de más de 60 cm, debido a la composición de las capturas..

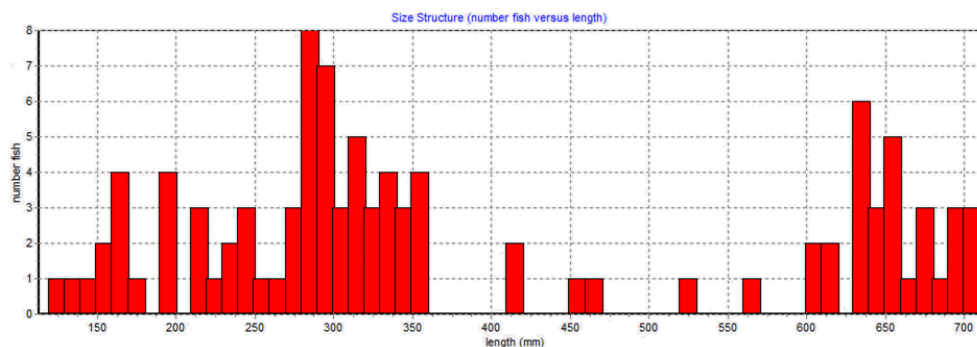


Figura 29. Distribución de las tallas muestreadas para *Scyliorhinus canicula*.

### Capros aper

Para la distribución de tallas de este género, ocurre algo muy similar al de la anterior especie: se produce un sesgo que implica a los individuos que van de tallas comprendidas entre los 7 y 11 cm, por lo que no se pudieron obtener ejemplares, debido a la composición de tallas en las capturas. Este sesgo separa una cohorte compuesta por individuos de entre 5 y 7 cm, de otra compuesta por tallas comprendidas entre los 11 y los 17 cm.

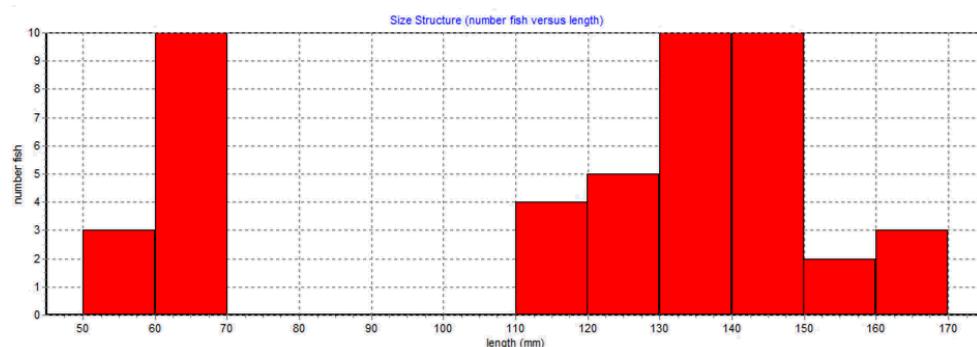


Figura 30. Distribución de las tallas muestreadas para *Capros aper*.

## 4.5.2. Determinación secciones transversales

Para la identificación de las posiciones del eje longitudinal de las especies que van a afectar a la capacidad para penetrar a través de las mallas, se realizaron unos ensayos de paso previos con diferentes individuos, observando los puntos críticos para que el ejemplar penetrara en las diferentes mallas. De este modo, para cada especie se identificaron las posiciones que se detallan a continuación, describiendo la sección y el por qué se ha seleccionado dicho punto.

Para *L. whiffiagonis*, se identificaron 3 secciones transversales (Figura 31):

- CS1: sección transversal que empieza en el ano, ya que en este punto comienza la aleta anal y los ejemplares tienden a quedarse anclados en este punto.
- CS2: sección que intersecta con la parte trasera del “codo” formado por la línea lateral de los peces, ya que es la parte más alta del cuerpo.
- CS3: coincide con la parte más ancha del cuerpo de los ejemplares, normalmente 1 ó 2 cm por detrás de la sección 2 (CS2).

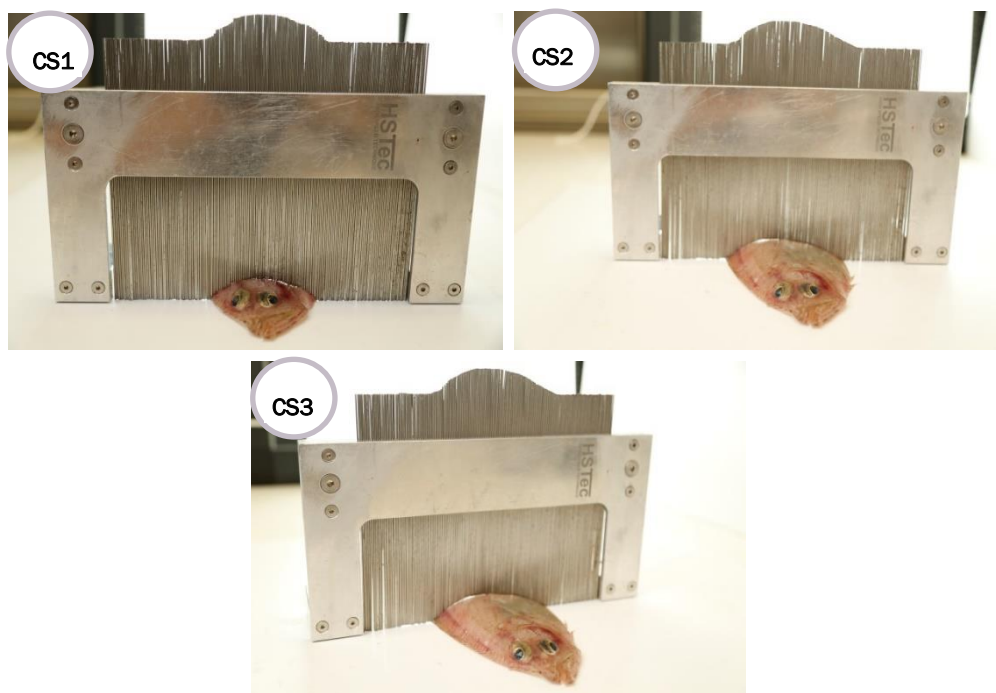


Figura 31 - Detalle de las secciones transversales de *Lepidorhombus whiffiagonis*.

Para *M. merluccius*, sólo se identificó una sección (Figura 32):

- CS1: sección transversal que intersecta el preopérculo, siendo esta la parte más ancha del cuerpo.

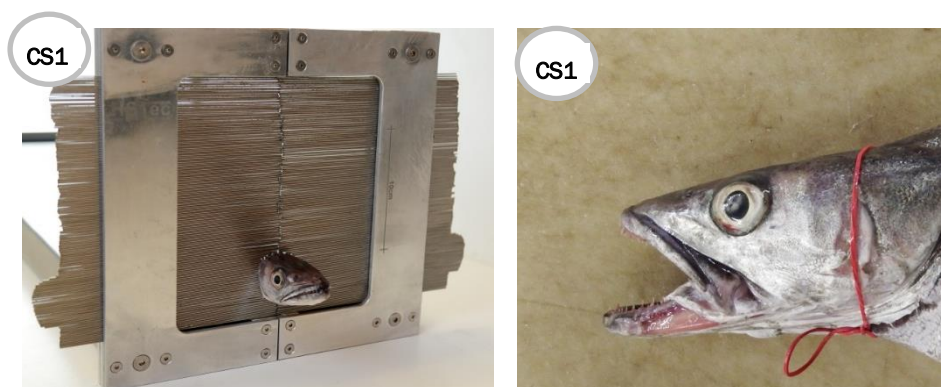


Figura 32 - Detalle de las secciones transversales de *Merluccius merluccius*.

Para *S. canicula*, se identificaron 5 secciones (Figura 33):

- CS1: sección que cruza la mandíbula, y se corresponde con el punto más ancho del cuerpo de los ejemplares (aunque es flexible y permite pasar a la mayoría de los individuos).
- CS2: sección que cruza la tercera branquia, ya que en la parte ventral (o pecho) los especímenes presentan una estructura cartilaginosa que ocasionalmente dificulta el paso.
- CS3: sección que atraviesa la última branquia, es decir, el punto donde comienzan las aletas pectorales, y es el punto más ancho de los ejemplares.

- CS4: sección que cruza la parte más alta del cuerpo de los ejemplares, que suele estar situada donde terminan las aletas pectorales.
- CS5: sección que corta la región genital en el inicio de las aletas pélvicas o ventrales, y en donde algunos individuos (especialmente machos de gran tamaño) presentan resistencia a la hora de atravesar algunas mallas (especialmente las de sección rectangular).

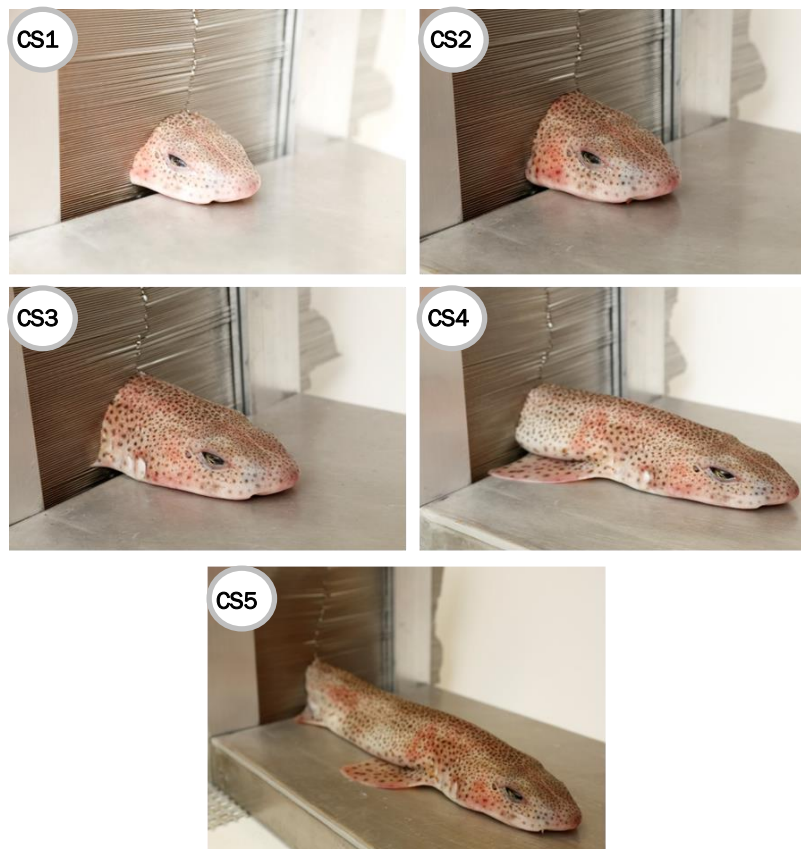


Figura 33 - Detalle de las secciones transversales de *Scyliorhinus canicula*.

Finalmente, para *C. aper* se identificaron 2 secciones (Figura 34):

- CS1: sección que cruza la parte posterior del arco supraorbital de los ejemplares, siendo esta la parte más ancha del pez.
- CS2: sección que cruza la aleta dorsal, y se corresponde con la parte más alta del cuerpo.



Figura 34 - Detalle de las secciones transversales de *Capros aper*.

## 5. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los resultados de selectividad del presente estudio apoyan el argumento de los pescadores, que denuncian el bajo poder de retención de tallas comerciales de *L. whiffiagonis* del copo reglamentario con tamaño de malla mayor a 100 mm. La comparación llevada a cabo en este estudio, entre los parámetros de selectividad y los índices de usabilidad estimados para los dos copos comerciales, confirman un acusado cambio en la selectividad sobre la especie.

Por un lado, los resultados muestran que el incremento del tamaño de malla en los copos T0 induce un aumento de la talla con un 50% de probabilidad de retención (L50) de aproximadamente 7 cm (T0-90 mm → L50= 23.61 cm, frente a T0-110 mm → L50= 30.34 cm, Figura 21). Dado que la estructura de tallas de la especie (Figura 14) está dominada por un rango de tallas reducido (entre los 15 y los 35 cm), este cambio de selectividad tiene grandes consecuencias en el poder de retención de las tallas superiores a los 25 cm, que se corresponde con el rango de tallas de interés comercial. Este hecho queda demostrado con el índice de usabilidad *nPa* estimado para los dos copos (Tabla 9). Asumiendo que la población utilizada en las pescas experimentales es la misma que la población explotada en la pesquería, dicho índice de usabilidad muestra que la probabilidad de retener tallas comerciales por parte del copo T0-90 mm es del 88.5%, mientras que esa misma probabilidad baja al 41.9% en el caso del copo T0-110 mm (Tabla 9).

En contraste, los siguientes análisis de selectividad realizados demuestran que el copo T0-90 mm presenta valores de L50 significativamente menores que el copo T0-110 mm, para especies como *M. merluccius*, *T. trachurus*, *C. aper*, *S. canicula* y *E. gurnardus*. Esto implica que el poder de retención de especies o tallas *bycatch* es mucho mayor por parte del copo T0-90 mm. Esta argumentación es consistente con los índices de usabilidad estimados para estos dos copos para *M. merluccius* y *T. trachurus* (Tabla 11, Tabla 13).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se concluye que ninguno de los copos utilizados en la actualidad por los buques comerciales, son idóneos para la pesquería, bien por los altos índices de *bycatch* que potencialmente producen (T0-90 mm), o bien por el bajo poder de captura sobre las tallas comerciales de la especie objetivo (T0-110 mm). En este punto, es necesario recalcar que el proyecto asume que los dos copos reglamentarios testados son representativos de la pesquería, dado que fueron diseñados y construidos por una empresa redera local (que habitualmente produce artes de pesca para la pesquería objetivo) bajo la consigna de reproducir de manera exacta los copos comerciales actualmente empleados por los pescadores.

La motivación principal del proyecto fue probar por primera vez y de manera experimental copos T90 como alternativa a los copos comerciales actuales. Los resultados de los análisis selectivos confirman la hipótesis inicial, que suponía que este tipo de copos mejoraría significativamente la selectividad generada por los copos T0. Esto es cierto - al menos en el plano experimental - en las dos dimensiones planteadas, ya que, comparando el copo T90-90 mm con su homólogo comercial T0-90 mm, se ha logrado un poder de retención significativamente mayor sobre *L. whiffiagonis*, mejorando significativamente la selectividad sobre *M. merluccius*, *T. trachurus*, *C. aper*, *S. canicula* y *E. gurnardus*. Un punto criticable es precisamente el alto poder de retención que el copo T90-90 mm atesora sobre la especie objetivo, que como el índice de usabilidad *nR* demuestra, conduciría a un ratio de *bycatch* de la especie de aproximadamente un 35.5% (Tabla 9). Dicho inconveniente puede ser fácilmente solventado en el futuro con un ajuste fino del tamaño de malla del mencionado copo T90. Este ajuste sería sencillo de llevar a cabo, si

consideramos dos características relevantes identificadas respecto a la selectividad de los copos T90 para L. whiffiagonis.

Por un lado, es importante resaltar la significativa reducción del parámetro SR (rango de selección) que se aprecia con los copos T90, respecto a los copos T0. Este hecho produce curvas de selección próximas al perfil deseado denominado “perfil de filo de navaja”, lo cual induce una transición desde la fracción de tallas pequeñas totalmente filtradas por el copo, a la fracción de tallas mayores totalmente retenidas, en un corto rango de tallas de selección intermedia. La segunda característica a tener en cuenta es la baja variabilidad del proceso selectivo que se ha observado sobre L. whiffiagonis, reflejada en los estrechos intervalos de confianza asociados tanto a los parámetros de selectividad, como a la curva de selectividad de la especie.

Debido a estos dos aspectos relacionados con los copos T90, creemos que es perfectamente posible llevar a cabo una reducción controlada del poder de retención del copo T90-90 mm sobre L. whiffiagonis, ajustando los valores de L50 en torno a la talla 25 cm de la especie, por medio del mencionado ajuste fino del tamaño de malla. Evidentemente, un incremento controlado del tamaño de malla respecto al copo T90-90 mm, implicaría una reducción incluso mayor del *bycatch* de las otras especies analizadas.

Uno de los objetivos secundarios del proyecto fue el desarrollo de un modelo general y predictivo de selectividad para la pesquería objetivo. Alimentado por los tres distintos aspectos de diseño de los copos considerados en el plan experimental inicial (tamaño de malla, giro de malla y número de mallas en circunferencia), y capaz de cuantificar la influencia individual o combinada de estos aspectos de diseño sobre la selectividad de las especies analizadas. Dicho modelo debería convertirse en la herramienta capaz de llevar a cabo, al menos de manera analítica, el ajuste fino del tamaño de malla que más arriba se propone. Para la correcta especificación de este modelo predictivo, habría sido necesario utilizar los datos de selectividad provenientes de las pescas experimentales de los doce copos construidos que se llevaron a bordo (Tabla 3). Sin embargo, la drástica reducción de los días de mar, a consecuencia de los problemas técnicos del buque, limitó las pruebas a sólo cuatro de los doce copos, con lo cual no ha sido posible especificar dicho modelo predictivo en el contexto del presente proyecto. Bajo esta situación, se recomienda:

i) la puesta en marcha de nuevas campañas experimentales para la especificación de dicho modelo predictivo, o bien

ii) llevar a cabo test de pescas experimentales involucrando copos T90 con tamaños superiores a los 90 mm.

Si la estrategia preferible por los interesados fuera la ii), creemos que una elección de malla razonable a testar en futuras experiencias podría ser un copo T90 con 100 mm de luz de malla. Esta recomendación se extrae de los resultados obtenidos en el presente estudio. Dado que la L50 de L. whiffiagonis estimada para el copo T90-90 mm es de 21 cm, y la L50 del copo T90-110 mm ha sido estimada en aproximadamente 27.5 cm, creemos que un copo con tamaño de malla intermedio como el mencionado T90-100 mm podría convertirse en la mejor opción tecnológica para la pesquería.

Además de la cuantificación de la selectividad de los copos en la pesquería objetivo, este proyecto se propuso entender los procesos mecánicos que tienen lugar en el copo y que llevan a los resultados selectivos cuantificados experimentalmente. Para la comprensión de dichos procesos, se adoptó el protocolo FISHSELECT. Durante el limitado tiempo de pescas disponible

en el proyecto del año 2016, se llevó a cabo una versión simplificada del protocolo, obteniéndose una importante colección de datos de paso (o *fall-through*) de distintas especies a través de distintos tamaños y ángulos de malla. Durante la presente campaña, se puso en práctica el protocolo completo descrito en la sección metodológica (y de manera más detallada en Herrmann et al. (2009)). Los datos recopilados son de un gran valor, dado que no existe base de datos de este tipo para tres de las cuatro especies evaluadas con este protocolo: *L. whiffiagonis*, *C. aper* y *S. canicula*. Debido al intenso esfuerzo computacional necesario para analizar los datos obtenidos, y el corto espacio de tiempo disponible para la presentación de resultados, no ha sido posible presentar en este informe todos los resultados de este protocolo. Una vez finalizados los análisis, dichos resultados serán compartidos entre los socios del presente proyecto y la entidad financiadora.

Finalmente, creemos importante resaltar el gran esfuerzo invertido en la consecución del presente proyecto, en términos de recursos humanos, logísticos, materiales y culturales. Para este proyecto se han diseñado, construido y enviado sistemas de pesca desde España a Alemania; también se han adaptado partes del buque de investigación pesquera y aspectos de la maniobra en cubierta para acomodar el arte de pesca español, en un buque sin previa experiencia en el manejo de estos modelos comerciales. Además, gracias a la colaboración del sector y al consejo de pescadores involucrados en la pesquería, ha sido posible efectuar pescas experimentales de manera eficiente, con un buque y una tripulación sin previa experiencia en la pesquería. Creemos también que los esfuerzos depositados en el proyecto durante los últimos dos años deberían tener continuación en la búsqueda de patrones de explotación sostenibles para la pesquería de *Lepidorhombus sp.*, *Lophius sp.* y *M. merluccius* en aguas de Grand Sole.

## 6. AGRADECIMIENTOS

---

Agradecemos de modo especial, a Pascual Otero y al personal de su empresa redera Tecnopesca PyM, haber compartido con nosotros sus planos de construcción, información y conocimientos técnicos adquiridos durante años de trabajo en la construcción de artes y mecanismos accesorios para la flota de arrastre de Gran Sol, así como por haber colaborado en el difícil proceso de construcción y adaptación del arte experimental al buque oceanográfico.

Expresar igualmente nuestro más sincero agradecimiento, a los patrones de los buques comerciales “Pescaberbes III” y “Cacacho” por haber colaborado en la elección de las mejores áreas para la realización de las pescas experimentales, cediendo de forma completamente desinteresada su escaso tiempo libre, para compartir con nosotros sus trabajos y conocimientos del caladero.

Dar las gracias también a todo el personal que tomó parte en la realización de la campaña oceanográfica, ayudando a superar los distintos problemas que durante su desarrollo fueron teniendo lugar, ya que sin su trabajo y esfuerzo la realización de la misma y de todo el proyecto hubiese sido imposible.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

---

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19, 716–723.
- Baudron, A. R., y Fernandes, P. G. 2015. Adverse consequences of stock recovery: European hake, a new “choke” species under a discard ban?. *Fish and Fisheries*, 16(4), 563-575.
- Borges, L., 2013. The evolution of a discard policy in Europe. *Fish and Fisheries*, 16(3), 534-540.
- Castro, J. 2010. Gestión de las pesquerías mixtas de la flota española de aguas europeas atlánticas no ibéricas. Tesis Universidad de Vigo.
- Castro, J., Marín, M., Vázquez, A. 2015. Informe técnico Proyecto SAP\_ATLAN. Programa de Evaluación de recursos pesqueros en el área del ICES del Instituto Español de Oceanografía. *En preparación*.
- Castro, J. ; Cole, H.; Davie, S.; Dolder, P.; Kempf, A.; Poos, J. J. et al. 2015. Report of the Working Group on Mixed Fisheries Advice (WGMIXFISH-ADVICE). *ICES WGMIXFISH-METH Report 2015*. Charlottenlund, Denmark: ICES.
- Catchpole, T. L., & Revill, A. S. 2008. Gear technology in *Nephrops* trawl fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(1), 17-31.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995. *Código de conducta para la pesca responsable*. Roma: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. *The state of world fisheries and aquaculture 2008*. Roma: FAO.
- Frandsen, R. P., Herrmann, B., Madsen, N., & Krag, L. A. 2011. Development of a codend concept to improve size selectivity of *Nephrops* (*Nephrops norvegicus*) in a multi-species fishery. *Fisheries Research*, 111(1), 116-126.
- Galbraith, R.D., Fryer, R.J., Maitland, K.M.S. 1994. Demersal pair trawl cod-end selectivity models. *Fisheries Research*, 20, 13–27.
- García, D., Prellezo, R., Sampedro, P., Da-Rocha, J. M., Castro, J., Cerviño, S., et al. 2016. Bioeconomic multistock reference points as a tool for overcoming the drawbacks of the landing obligation. *ICES Journal of Marine Science*, 74(2), 511-524.
- Glass, C. W. 2000. Conservation of fish stocks through bycatch reduction: a review. *Northeastern Naturalist*, 7(4), 395-410.
- Guijarro, B., y Massutí, E. 2006. Selectivity of diamond-and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 63(1), 52-67.
- Herrmann, B., Krag, L. A., Frandsen, R. P., Madsen, N., Lundgren, B., & Stæhr, K. J. 2009. Prediction of selectivity from morphological conditions: Methodology and a case study on cod (*Gadus morhua*). *Fisheries Research*, 97(1), 59-71.
- Herrmann, B., Mieske, D., Stepputtis, D., Krag, L. A., Madsen, N., and Noack, T. 2013. Modelling towing and haul-back escape patterns during the fishing process: a case study for cod, plaice, and flounder in the demersal Baltic Sea cod fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 70: 850–863.

- Herrmann, B., Sistiaga, M., Larsen, R. B., Nielsen, K. N., & Grimaldo, E. 2013. Understanding sorting grid and codend size selectivity of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). *Fisheries Research*, 146, 59-73.
- Herrmann, B., Larsen, R. B., Sistiaga, M., Madsen, N. A., Aarsæther, K. G., Grimaldo, E., & Ingolfsson, O. A. 2016. Predicting size selection of cod (*Gadus morhua*) in square mesh codends for demersal seining: A simulation-based approach. *Fisheries Research*, 184, 36-46.
- Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. An update. *FAO Fisheries Technical Paper No. 470*. FAO, Rome: 131 pp.
- Krag, L. A., Herrmann, B., Madsen, N., & Frandsen, R. P. 2011. Size selection of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in square mesh codends: A study based on assessment of decisive morphology for mesh penetration. *Fisheries Research*, 110(2), 225-235.
- Madsen, N. 2007. Selectivity of fishing gears used in the Baltic Sea cod fishery. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17(4), 517-544.
- Madsen, N., Hansen, K. E., & Moth-Poulsen, T. 2001. The kite cover: a new concept for covered codend selectivity studies. *Fisheries Research*, 49(3), 219-226.
- Madsen, N., Moth-Poulsen, T., Holst, R., & Wileman, D. 1999. Selectivity experiments with escape windows in the North Sea Nephrops (*Nephrops norvegicus*) trawl fishery. *Fisheries Research*, 42(1), 167-181.
- Ordines, F., Massutí, E., Guijarro, B., & Mas, R. 2006. Diamond vs. square mesh codend in a multi-species trawl fishery of the western Mediterranean: effects on catch composition, yield, size selectivity and discards. *Aquatic Living Resources*, 19(4), 329-338.
- Pérez-Contreras, M. N., Santos-Blanco, J., Araujo-Fernández, M. H., & López-López, V. 2006. Informe final de pesca experimental RAI-AP-10/2006 dirigida a la adecuación del tamaño de malla en la Pesquería de Gallo mediante arrastre de fondo en NEAFC.
- Pérez-Contreras, M.N., Araújo-Fernández, M.H. y Salinas-Aguilera, M.I. 2014. El reto de la reducción de los descartes: 2015-2019. *Repositorio Institucional Digital del Instituto Español de Oceanografía*. IEO, Vigo.
- Reeves, S.A., Armstrong, D.W., Fryer, R.J., Coull, K.A. 1992. The effects of mesh size, cod-end extension length and cod-end diameter on the selectivity of Scottish trawls and seines. *ICES J. Mar. Sci.* 49, 279-288.
- Santos, J., Herrmann, B., Mieske, B., Stepputtis, D., Krumme, U., & Nilsson, H. 2016. Reducing flatfish bycatch in roundfish fisheries. *Fisheries Research*, 184, 64-73.
- Schrope, M. 2010. Fisheries: What's the catch?. *Nature*, 465(7298), 540-542.
- Sistiaga, M., Herrmann, B., Nielsen, K. N., & Larsen, R. B. 2011. Understanding limits to cod and haddock separation using size selectivity in a multispecies trawl fishery: an application of FISHSELECT. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68(5), 927.
- Tschernij, V., & Holst, R. 1999. Evidence of factors at vessel-level affecting codend selectivity in Baltic cod demersal trawl fishery. *ICES CM*, 2(11).

- Ulrich, C., Reeves, S. A., Vermard, Y., Holmes, S. J., & Vanhee, W. 2011. Reconciling single-species TACs in the North Sea demersal fisheries using the Fcube mixed-fisheries advice framework. *ICES Journal of Marine Science*, 68(7), 1535-1547.
- Unión Europea. Decisión de Ejecución (UE) n° 2016/1251 de la Comisión, de 12 de julio de 2016, por la que se adopta un programa plurianual de la Unión para la recopilación, gestión y uso de los datos de los sectores de la pesca y la acuicultura para el periodo 201-2019. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 207, 1 de agosto de 2016, pp. 113-177.
- Unión Europea. Reglamento (UE) n° 2017/127 del Consejo, de 20 de enero de 2017, por el que se establecen, para 2017, las posibilidades de pesca para determinadas poblaciones y grupos de poblaciones de peces, aplicables en aguas de la Unión y, en el caso de los buques pesqueros de la Unión, en determinadas aguas no pertenecientes a la Unión. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 24, 28 de enero de 2017, pp. 1-172.
- Unión Europea. Reglamento (UE) n° 850/98 del Consejo, de 30 de marzo de 1998, para la conservación de los recursos pesqueros a través de medidas técnicas de protección de los juveniles de organismos marinos. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 125, 27 de abril de 1998, pp. 1-55.
- Unión Europea. Reglamento (UE) n° 1162/2001 de la Comisión, de 14 de junio de 2001, por el que se establecen medidas encaminadas a la recuperación de la población de merluza en las subzonas CIEM III, IV, V, VI y VII y en las divisiones CIEM VIIIa, b, d, e y las condiciones correspondientes para el control de las actividades de los buques pesqueros. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 159, 15 de junio de 2001, pp. 4-9.
- Unión Europea. Reglamento (UE) n° 1380/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, sobre la política pesquera común, por el que se modifican los Reglamentos (CE) n° 1954/2003 y (CE) n° 1224/2009 del Consejo, y se derogan los Reglamentos (CE) n° 2371/2002 y (CE) n° 639/2004 del Consejo y la Decisión 2004/585/CE del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 354, 28 de diciembre de 2013, pp. 22-61.
- United Nations (UN). 2010. Review Conference on the Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 Relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, New York, May 2010. United Nations, New York.
- Wienbeck, H., Herrmann, B., Moderhak, W., & Stepputtis, D. 2011. Effect of netting direction and number of meshes around on size selection in the codend for Baltic cod (*Gadus morhua*). *Fisheries Research*, 109(1), 80-88.
- 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 Cooperative Research Report*, 215. ICES: Copenhagen.

## ANEXO I - Esquemas de construcción de los copos experimentales

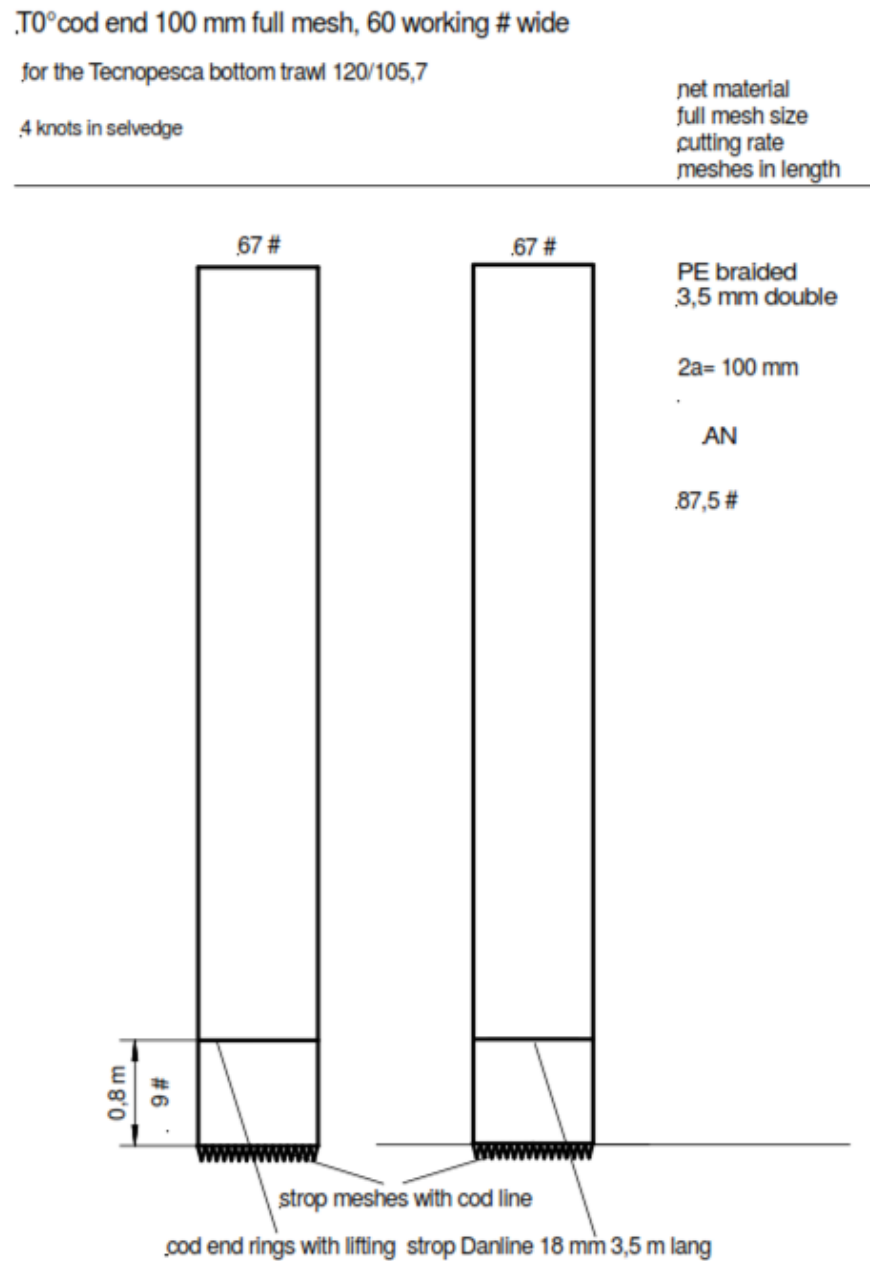


Figura 35 - Planos de construcción del copo GS-11 (T0-90mm).

T0°cod end 110 mm full mesh, 50 working # wide

for the TecnoPesca bottom trawl 120/105,7

4 knots in selvage

net material  
full mesh size  
cutting rate  
meshes in length

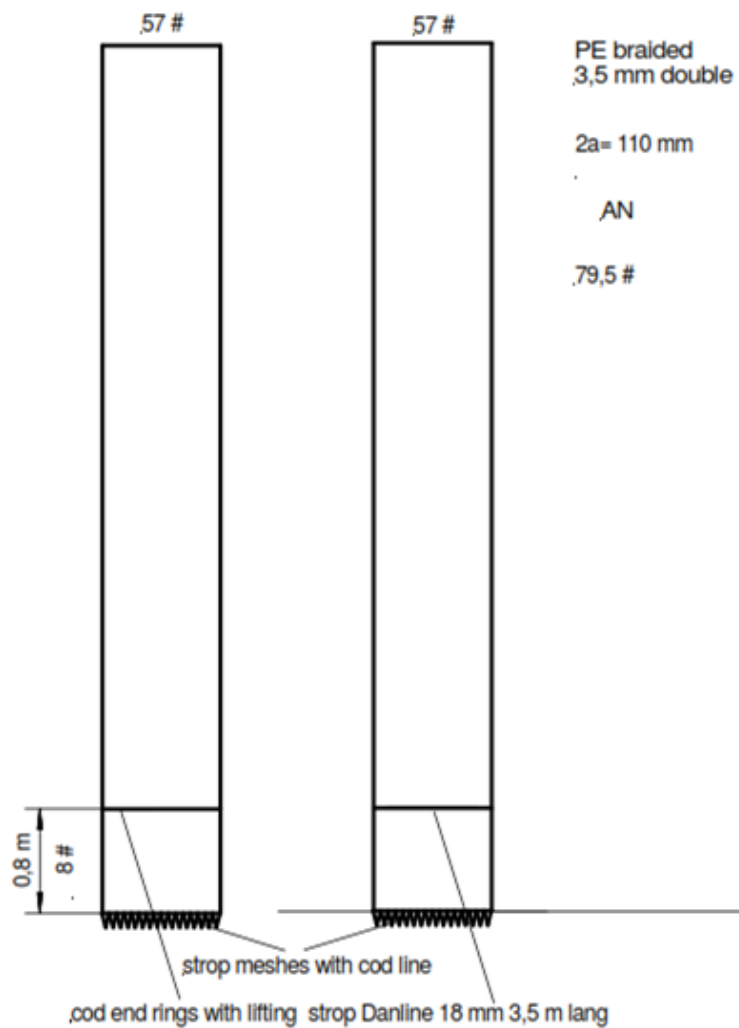


Figura 36 - Plano de construcción del copo GS-13 (T0-110mm).

.T90°cod end 100 mm full mesh, 40 working # wide

for the Tecnopesca bottom trawl 120/105,7

2 knots in selvage

net material  
full mesh size  
cutting rate  
meshes in length

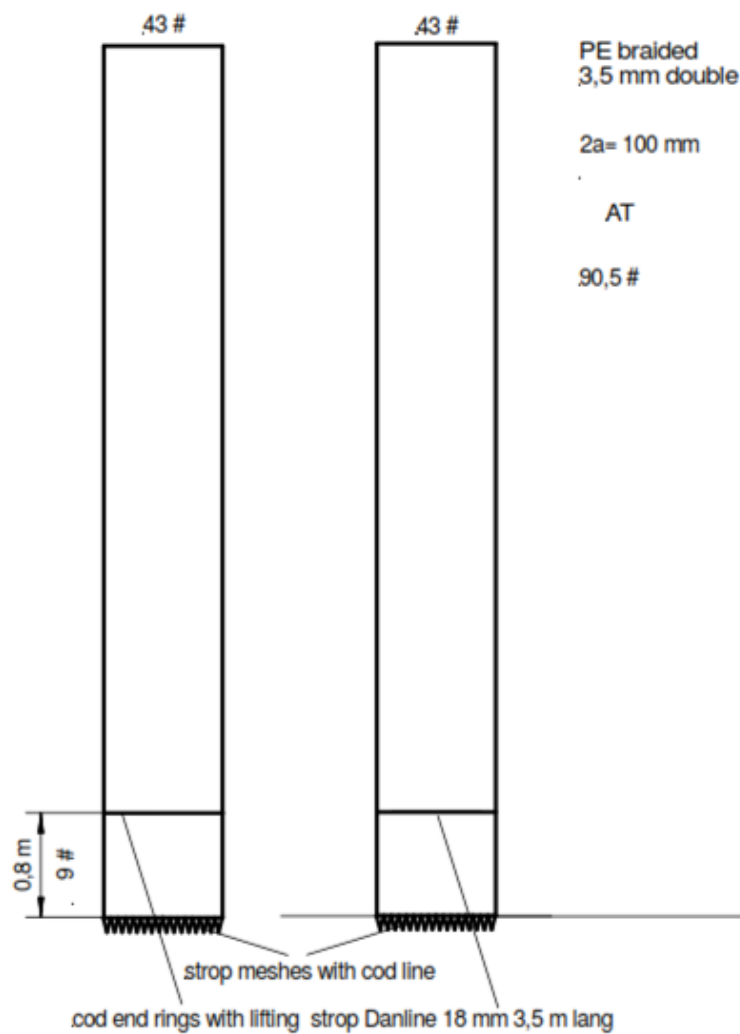


Figura 37 - Plano para la fabricación del copo GS-18 (T90-90 mm).

T90°cod end 110 mm full mesh, 33 working # wide

for the TecnoPesca bottom trawl 120/105,7

2 knots in selvedge

net material  
full mesh size  
cutting rate  
meshes in length

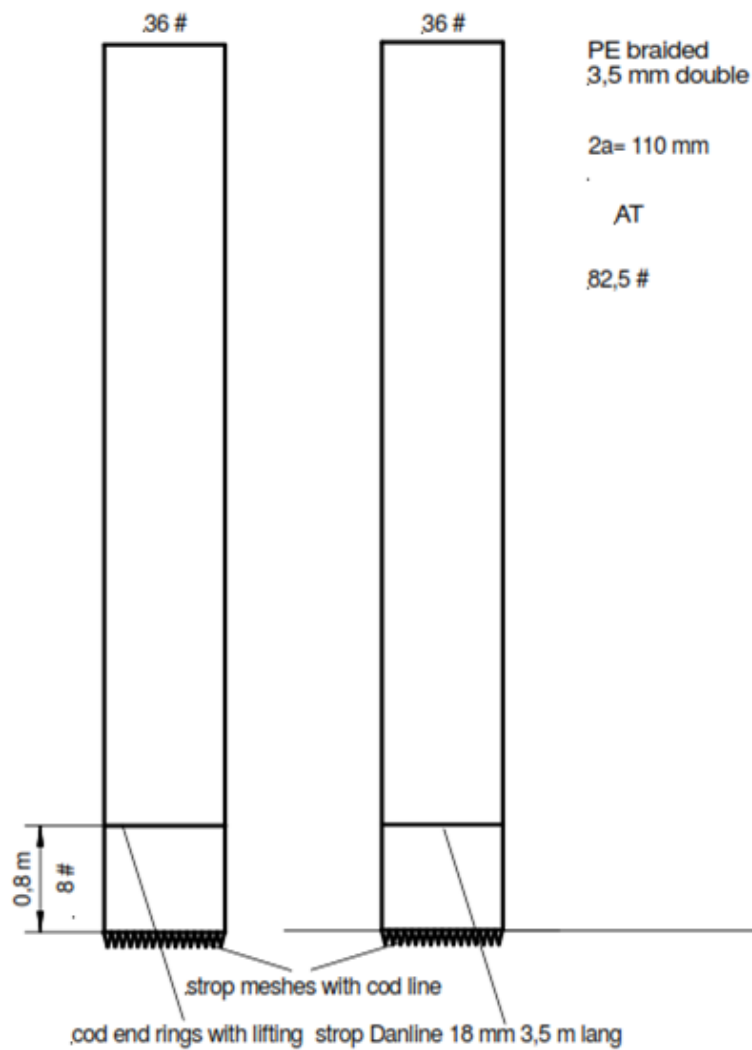


Figura 38 - Plano de construcción del copo GS-20 (T90-110mm).

## ANEXO II - Características y dimensiones de la cubierta del B/O Walther Herwig III

---

### Características del buque:

- Longitud total 63.18 metros
- Manga 15.22 metros. Calado máximo 6.2 metros
- GRT. 2131 toneladas NRT: 639
- Propulsión 1 motor diésel (1800Kw)+ motor eléctrico(1100)

### Dimensiones de cubierta:

- Distancia rampla-tambor de malletas (eje): ~ 27 m.
- Distancia rampla-isla de cubierta (eje): ~ 12 m.
- Distancia isla de cubierta-tambor de malletas: ~ 15m.
- Distancia pastecas-tambor de cable: ~ 11.4 m.
- Distancia estibador cable – tambor cable: ~ 1.2 m.