

II. SELECTIVIDAD EN PESCAS DE ARRASTRE

Nixon Bahamon

Centro de Estudios Avanzados (CEAB-CSIC)
Blanes-Girona

bahamon@ceab.csic.es

**Master Internacional de Economía y Gestión de la Actividad
Pesquera**

**Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de Barcelona**

Barcelona, 16 de octubre de 2008

Selectividad de tallas de captura de peces

Aspectos a tratar:

- Definición
- Curvas de regresión logística
- Estimación de parámetros de selectividad: Talla media de selección (L50) y Rango de selección (SR)
- Distribución binomial
- Método de máxima verosimilitud
- Variabilidad intra-lances
- Variabilidad inter-lances
- Balance económico por mejoras en la selectividad

Definiciones

- ¿Qué significa la selectividad?
 - La selección de un pez por una red de arrastre hace que la captura tenga una composición diferente a la de la población del pez en el área geográfica en que se usa la red.
 - La selectividad de una red de arrastre es una medida de este proceso.
- ¿Qué es curva de selectividad?
 - La curva de selectividad $r(l)$ es aquella que estima la probabilidad que un pez de longitud l sea capturado una vez ha entrado en la red.
 - Esta definición no incluye el comportamiento del pez para evitar ser capturado, lo cual es especialmente importante en *pair gears*

Definiciones

¿Cómo se mide la selectividad de una red?

- Se requiere diseñar un experimento que permita capturar y medir diferencialmente el pez capturado y el que se escapa.
- La información convencional sobre tallas, pesos, capturas, etc., no es suficiente para estimar la selectividad de una red.
- En la red se suele medir la dimensión de la malla y en el pez se suele medir su longitud.

A tener en cuenta:

- La dimensión de la malla puede modificarse con el peso de la captura
- Se asume que la longitud (length) del pez está significativamente relacionada con la circunferencia (girth) del pez
 - Esta condición varía con la estación del año y con el lugar en que realice la pesca

Antecedentes

- Los trabajos relacionados con la selectividad de las redes de pesca es antigua (cientos de años atrás)
- En esta presentación se hace un breve repaso de los aspectos principales del análisis de selectividad de tallas a partir de experimentos con redes de pesca de arrastre. Detalles al respecto se encuentran en la literatura
- Los experimentos con redes de arrastre pueden llevarse a cabo de diversas maneras. Los métodos comúnmente usados son
 - ✓ covered codend
 - ✓ paired gear
- En todos los casos se captura pez en dos compartimentos, uno de los cuales se asume no-selectivo.

Métodos experimentales

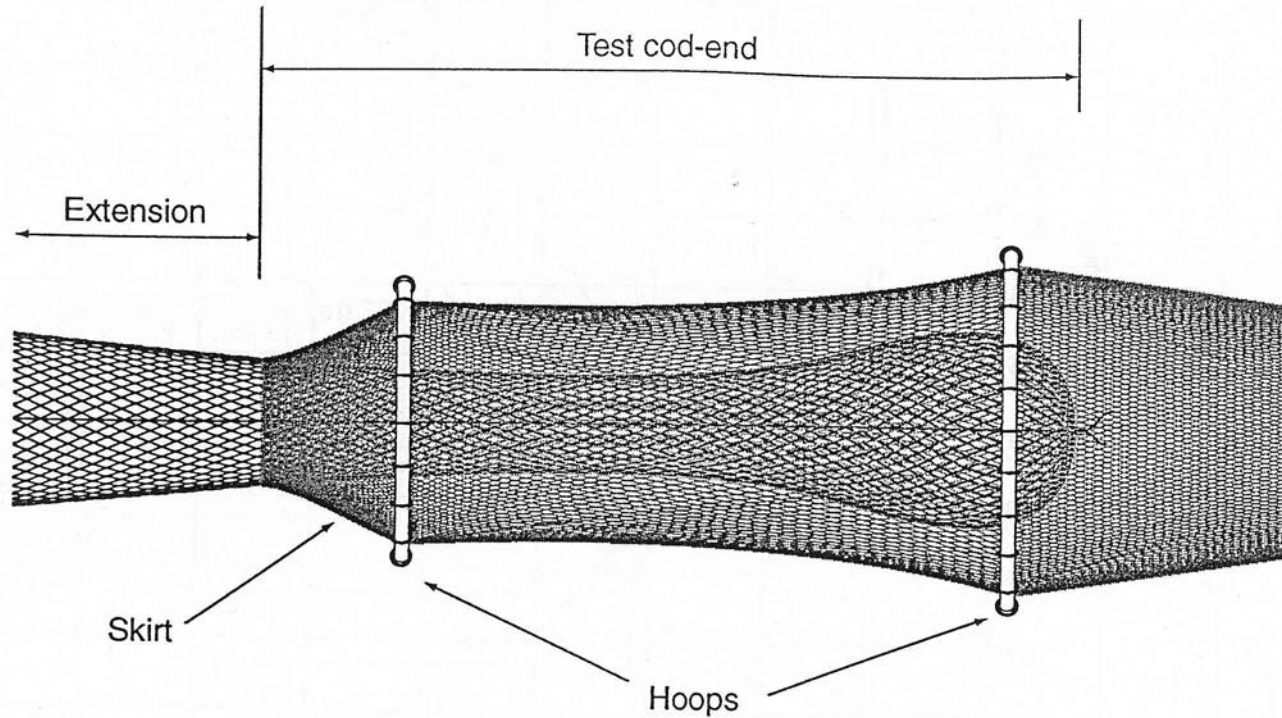


Figure 2.1.1. Schematic diagram of covered cod-end.

Métodos experimentales

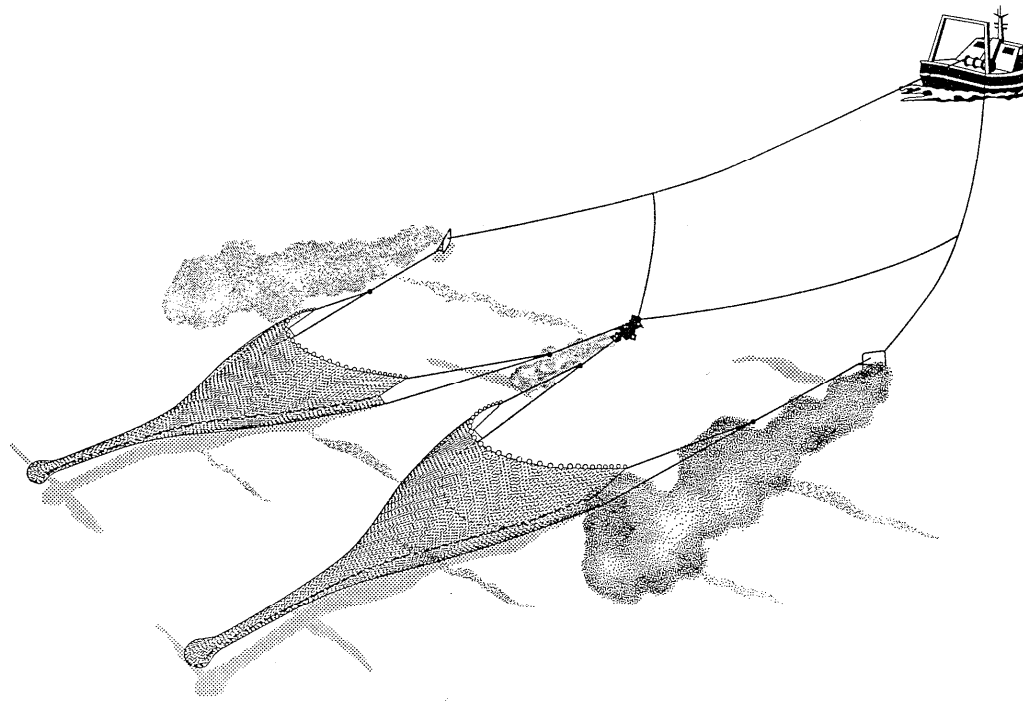


Figure 2.1.4 Schematic diagram of twin trawl

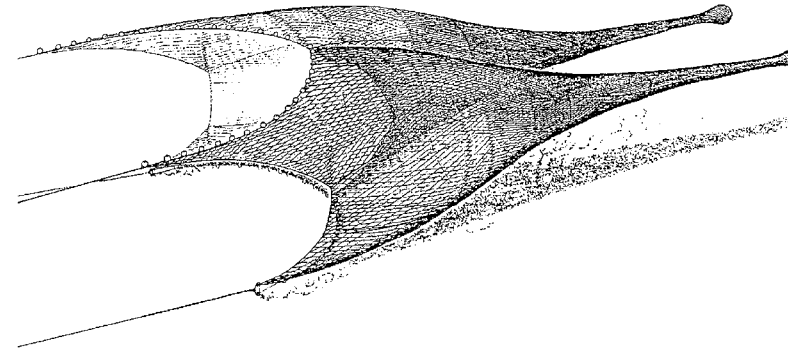


Figure 2.1.5b Schematic diagram of divided or siamese trawl - two nets hung on a single headline and groundrope

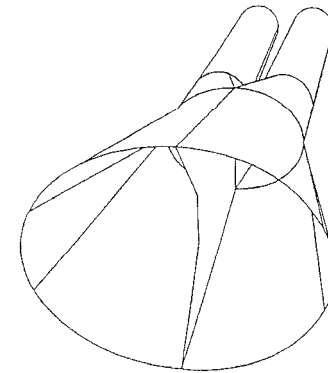


Figure 2.1.5a Schematic diagram of trouser trawl - a single net with a vertical dividing panel and two cod-ends

Objetivos del experimento de selectividad

- Mediante el uso de una (o dos) red(es) compuesta(s) por un compartimento selectivo y otro no-selectivo, recoger información sobre la talla y abundancia total del pez que entra la red.
- Estimar los parámetros de selección: L50 y SR

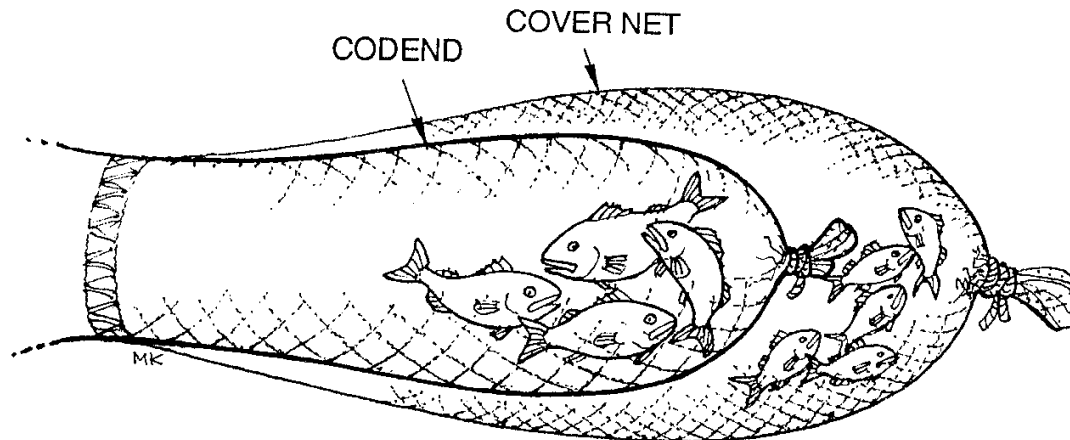


Figure 3.19 The codend of a commercial trawl net with a cover made of smaller mesh netting. Fish escaping through the meshes of the codend are retained in the cover net.

Distribución de los individuos en el fondo marino

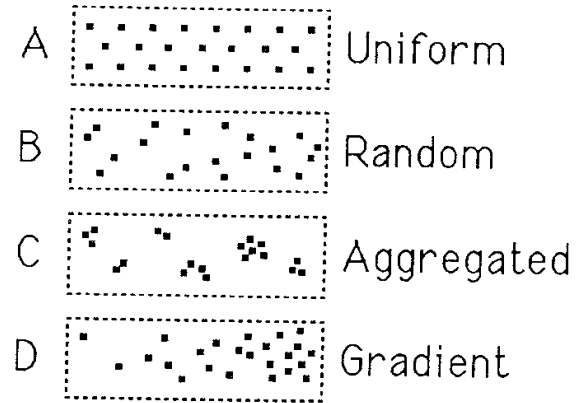


Figure 3.4 The spacing of individuals (black points) within a stock.

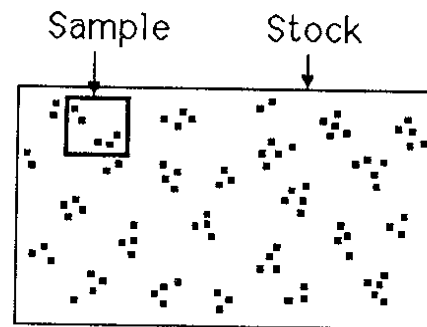


Figure 3.9 The size and number of sampling units.

Efecto del habitat en experimentos de selectividad y otros estudios pesqueros

Habitat	Species location in depth and daily displacement	
Benthopelagic	<p><i>Shelf</i> <i>Slope</i></p> <p>Geostationary, vertical displacement</p>	<p>Highest occurrence on the bottom</p> <p>Diurnal</p> <p>Nocturnal</p>
Burrower	<p>Geostationary, in-and-out displacement</p>	<p>Diurnal</p> <p>Nocturnal / "crepuscular"</p> <p>Arrhythmic</p>
Burying	<p>Geostationary, in-and-out displacement</p>	<p>Diurnal</p> <p>Night / "crepuscular"</p> <p>Unknown</p>
Nekto-benthonic	<p>Non-geostationary, bathymetric displacement</p>	<p>Diurnal</p> <p>Nocturnal</p> <p>Unknown</p>

Parámetros de selectividad

Los parámetros usados para caracterizar la selectividad de un pez en una determinada red son:

- Longitud de retención (del pez) del 50% (L50)
 - Es la longitud del pez a la cual tiene el 50% de probabilidad de ser atrapado o escapar de la red después de haber entrado en ella
- Rango de selección (del pez) (SR)
 - Es la diferencia entre la longitud del pez que tiene el 75% de probabilidad de ser retenido menos la longitud del pez que tiene el 25% de probabilidad de ser retenido (por la red)
- Factor de selección
 - Es la relación que existe entre L50 y la dimensión interior de la malla o apertura de la malla (mesh opening)

Análisis de selectividad con datos obtenidos en un arrastre mediante el método de copo – sobrecopo (covered codend)

- Uno de los avances más notables en el análisis de arrastres individuales lo hizo Millar (1992) con el desarrollo del método general denominado SELECT (**S**hare **E**ach **L**engths **C**atch **T**otal).
- Varanov (1948) formuló las bases para los trabajos de selección de tallas,
 - ✓ Se conoce como el “principio de similitud geométrica” basado en la geometría (circunferencia) del pez y la geometría de la red.
 - ✓ Sin embargo, debido a que es más práctico medir la longitud del pez (que a su vez está bien relacionado con la circunferencia del pez) se prefiere el estudio de la selectividad de tallas.

Análisis de selectividad con datos obtenidos en un arrastre mediante el método de copo – sobrecopo (covered codend)

y_i el número de peces de longitud l capturado en la red (copo)
 n_i el número total de peces de longitud l capturado en el copo o el sobrecopo
 π_l la probabilidad que un pez de longitud l sea capturado por el copo y cada clase de longitud constituye un experimento binomial:

$$Y_l \approx bi(n_l; \pi_l)$$

Conviene por tanto buscar una función paramétrica $r(l; \theta)$ que pueda resumir la selectividad de todas las clases de talla.

Existen diversas opciones, todas ellas son curvas de forma sigmoidea. La más común es la curva logística del tipo:

$$r(l; \alpha, \beta) = \frac{\exp(\alpha + \beta \cdot l)}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot l)}$$

Análisis de selectividad con datos obtenidos en un arrastre mediante el método de copo – sobrecopo (covered codend)

- Por tanto, el objetivo queda reducido a estimar dos parámetros α and β , lo cual se consigue maximizando la función del logaritmo de la verosimilitud (maximising the log-likelihood function)
- Para capturas grandes resulta impráctico medir todos los peces, por lo que se puede hacer uso de submuestras.
 - El análisis tiene que tener en cuenta el submuestro bien sea aproximando a la captura total o tratando las submuestras como parámetros de esfuerzo (ver detalles en Millar, 1994).
 - Debido a que la aproximación de la submuestra a la captura total causa sobredispersión de los datos y por tanto la subestimación de la varianza, este método debe evitarse.

Ajuste de curvas de selectividad para datos de copo-sobrecopo

- El principio básico es que los datos están distribuidos de modo binomial (pez capturado, pez escapado)
- Asume que la captura de un pez es independiente de la captura de otro pez. Esto se puede verificar por el ajuste del modelo.

Sea

n_{l1} = cantidad de pez de longitud l en el copo

n_{l2} = cantidad de pez de longitud l en el sobrecopo

$n_{l+} = n_{l1} + n_{l2}$ = captura total de pez de talla l

Entonces, la probabilidad de que un pez de talla l sea retenido en el copo es, por definición, $r(l)$.

Si n_{l1} esta distribuido de modo binomial con parámetros n_{l+} y $r(l)$,

la función del logaritmo de la verosimilitud (log-likelihood) para los datos es:

$$\sum_l (n_{l1} \log_e r(l) + n_{l2} \log_e (1 - r(l)))$$

Ajuste de curvas de selectividad para datos de dos redes (pair gear)

- Un método apropiado para este tipo de ajuste fue desarrollado por Millar y Walsh (1990; 1992): **SELECT** (Share Each Lengths Catch Total).
- **SELECT** es una generalización del método anterior (copo-sobrecopo)
- Incluye un parámetro adicional: fishing power p , que es un caso especial de fishing intensity (Millar 1992): es la probabilidad que un pez entre en el copo, asumiendo que ha entrado tanto en la red de prueba y en la red de control (pair gear)

Sea

n_{1l} = cantidad de pez de longitud l en el copo

n_{l2} = cantidad de pez de longitud l en el sobrecopo

$n_{l+} = n_{1l} + n_{l2}$ = captura total de pez de talla l

Entonces, la probabilidad de que un pez de talla l sea retenido en el copo es $pr(l) = 1 - p$ (probabilidad de que el pez entre por la probabilidad de retención). Si n_{l1} está distribuido de modo binomial con parámetros n_{l+} y

La función del logaritmo de la verosimilitud (log-likelihood) para los datos es:

$$\phi(l) = \frac{pr(l)}{pr(l) + (1 - p)}$$

$$\sum_l (n_{l1} \log_e \phi(l) + n_{l2} \log_e (1 - \phi(l)))$$

Análisis de un conjunto de lances

Los experimentos de pesca con redes suelen consistir de un conjunto de lances. Agrupar los datos es una opción, pero no es la mejor (aunque tentadora) porque suele subestimar la varianza. La opción más adecuada debe tener en cuenta la variabilidad entre lances (Fryer, 1991):

A partir de la máxima verosimilitud, se puede asumir que los valores estimados de cada lance h son asintóticamente normalmente (normal bivariada) distribuidos siempre y cuando:

$$v_h \approx N_2(v_h; R_h)$$

Si asumimos que los parámetros varían alrededor de una media común de acuerdo a una distribución normal con media v y varianza D , entonces la solución converge a:

$$v_h \approx N_2(v_h; R_h + D)$$

Esto significa que los valores estimados a partir de cada lance h se basan en una distribución normal bivariada, en donde parte de la varianza R_h tiene en cuenta la varianza intra-lance y la otra parte de la varianza D es la varianza entre los lances.

¿ Qué modelo es el adecuado para determinar parámetros de crecimiento?

Existe software disponible para realizar análisis de selectividad de tallas, diseñados para análisis de los efectos aleatorios y efectos fijos sobre los parámetros de selectividad.

Se recomienda el uso de programas que tienen implementados modelos generales como el de Fryer (1991) adaptado para evaluar la variación entre lances (p.ej. EC model by R. Holst).

Los programas están escritos en varios lenguajes y se pueden obtener gratuitamente de

<http://www.stat.auckland.ac.nz/~millar/selectware/>

La empresa Constat (R. Holst) ofrece acceso gratis al análisis de datos de selectividad para un conjunto de lances usando un modelo lineal mixto.

<http://www.constat.dk...>

Ecuación de la curva de selección logística

El objetivo del análisis (o analista) es estimar los parámetros α y β (Wileman et al., 1996) de la ecuación

$$r(l; \alpha, \beta) = \frac{\exp(\alpha + \beta \cdot l)}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot l)}$$

a partir de los cuáles se calcula la **talla media de selección (L50)**:

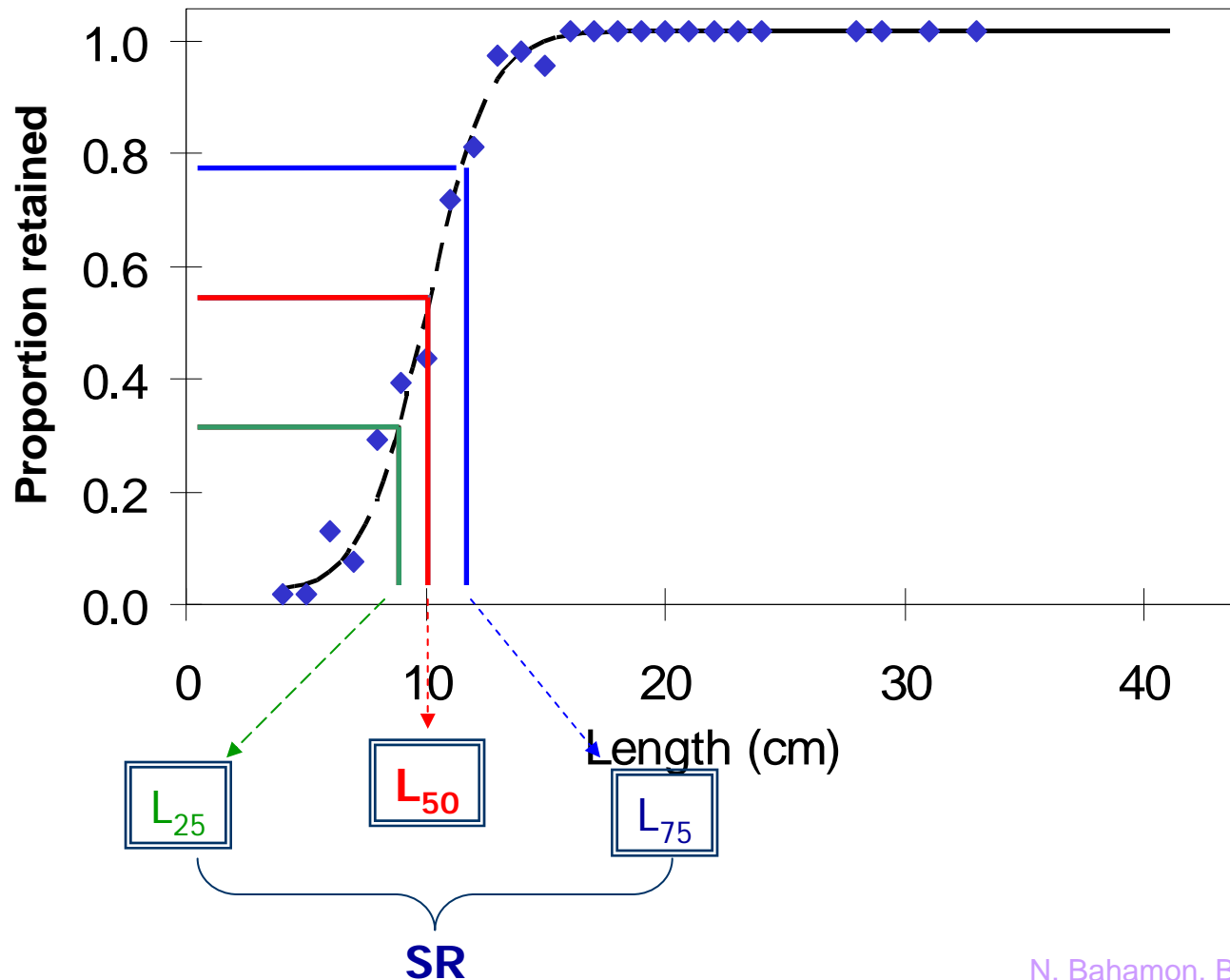
$$L_{50} = \frac{\alpha}{\beta}$$

y el **rango de selección (SR)**:

$$SR = \frac{2 \log_e(3)}{\beta}$$

Esta curva es simétrica alrededor de $L50$.

Selectivity parameters: mean selection length (L50) and selection range (SR)



Ecuación de la curva de selección de Richards

En ocasiones se requiere de una curva asimétrica para un mejor ajuste del modelo a los datos. **La curva de selección de Richard** permite modelar la asimetría de la curva mediante la modificación de la fórmula estándar de selectividad agregando el parámetro δ de la siguiente manera:

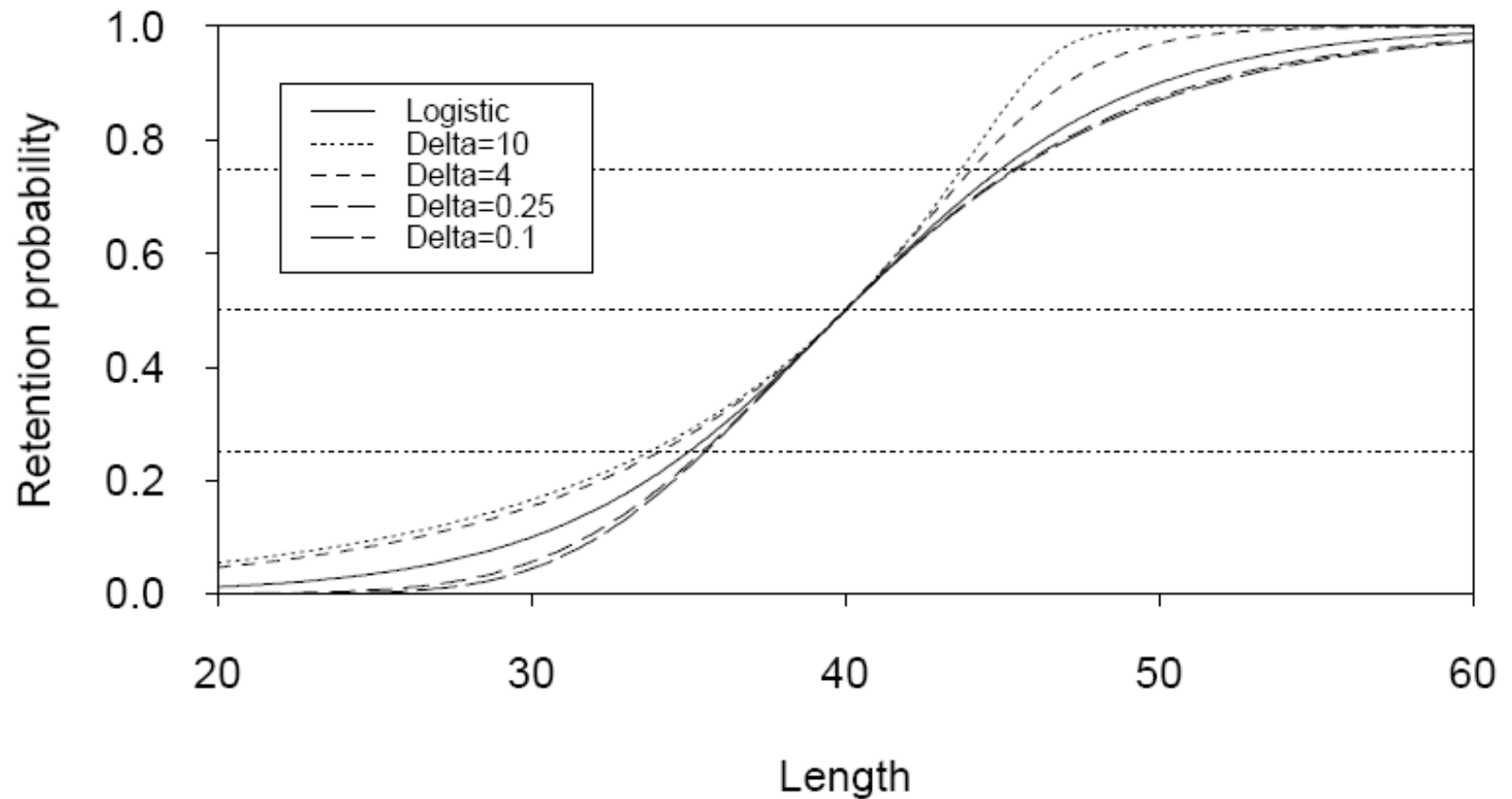
$$r(l; \alpha, \beta) = \frac{\exp(\alpha + \beta \cdot l)^{1/\delta}}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot l)}$$

si $\delta > 1$, entonces la curva tiene una cola larga a la izquierda de L50

si $0 < \delta < 1$, la curva tiene una cola larga a la derecha

si $\delta = 1$, la curva es simétrica alrededor de L50 y es equivalente a la curva logística

Curvas de regresión logística (simétrica) y de Richards (asimétrica)





Currently legislated 40 mm DIAMOND mesh codend



Experimental 20 mm bar spacing SORTING GRID



Experimental 40 mm SQUARE mesh codend

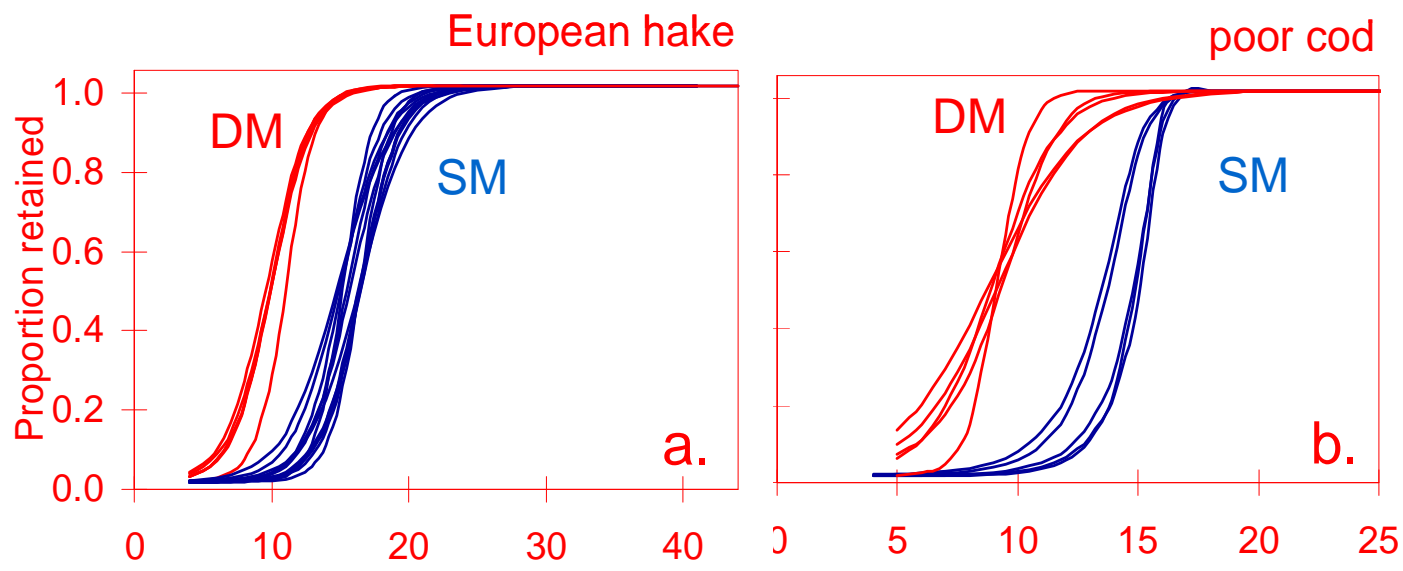


Capturas de merluza con red comercial y red de selectividad mejorada

Captura con red de arrastre comercial Malla rómbica 40 mm lado				Capturas con red de arrastre modificada Malla cuadrada 40 mm lado		
Talla (cm)	Captura	Escapes	Proporción retenida	Captura	Escapes	Proporción retenida
5.5						
6.5	5	40	0.11		14	0.00
7.5	5	85	0.06		56	0.00
8.5	15	40	0.27		14	0.00
9.5	54	90	0.38		42	0.00
10.5	150	210	0.42		42	0.00
11.5	420	180	0.70	4	140	0.03
12.5	386	100	0.79	9	168	0.05
13.5	418	20	0.95	19	154	0.11
14.5	254	10	0.96	13	56	0.19
15.5	148	10	0.94	14	56	0.20
16.5	178		1.00	42	70	0.38
17.5	136		1.00	31	28	0.53
18.5	144		1.00	48	14	0.77
19.5	148		1.00	29	14	0.67
20.5	124		1.00	36		1.00
21.5	92		1.00	20		1.00
22.5	52		1.00	8		1.00
23.5	8		1.00	6		1.00
24.5	12		1.00	4		1.00
25.5				4		1.00
26.5	12		1.00	2		1.00
27.5						
28.5	12		1.00	2		1.00
29.5	8		1.00			
30.5						

Capturas y escapes de *Merluccius merluccius* en el Mar Catalán durante julio de 2005

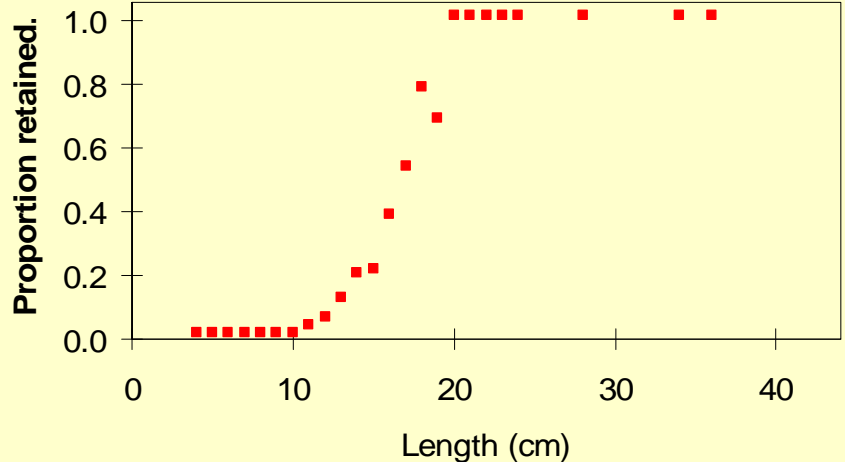
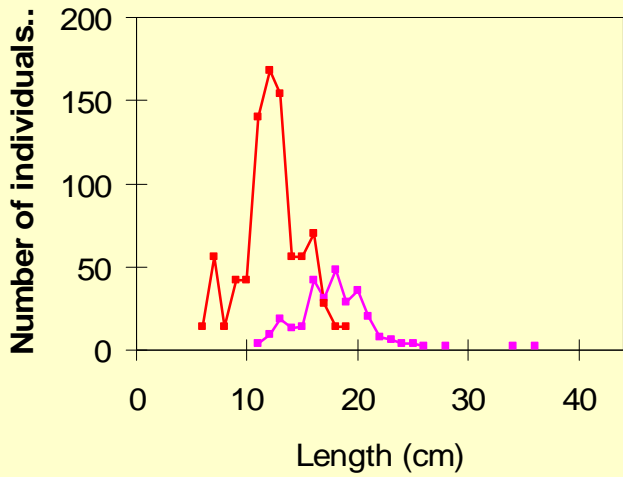
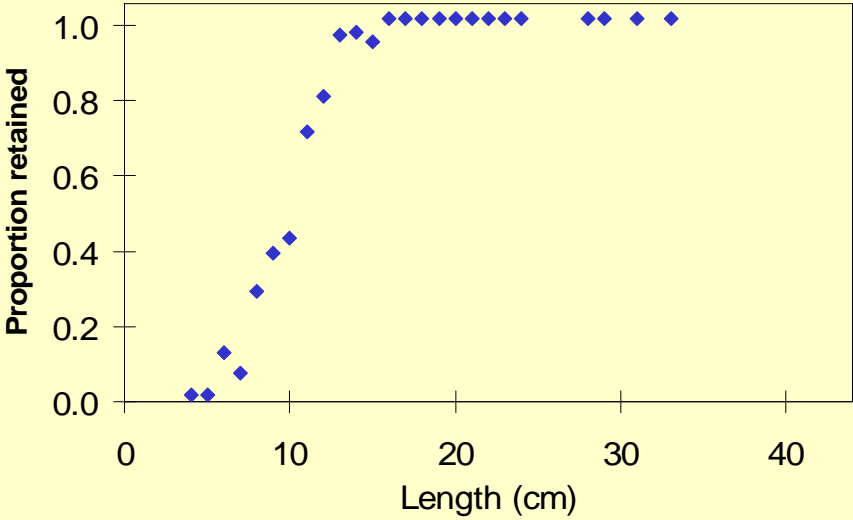
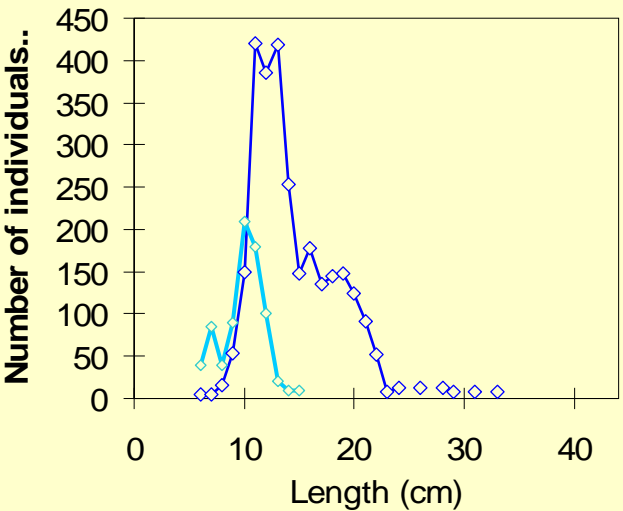
Curvas de selectividad de redes con malla comercial de forma rómbica y malla cuadrada (experimental)



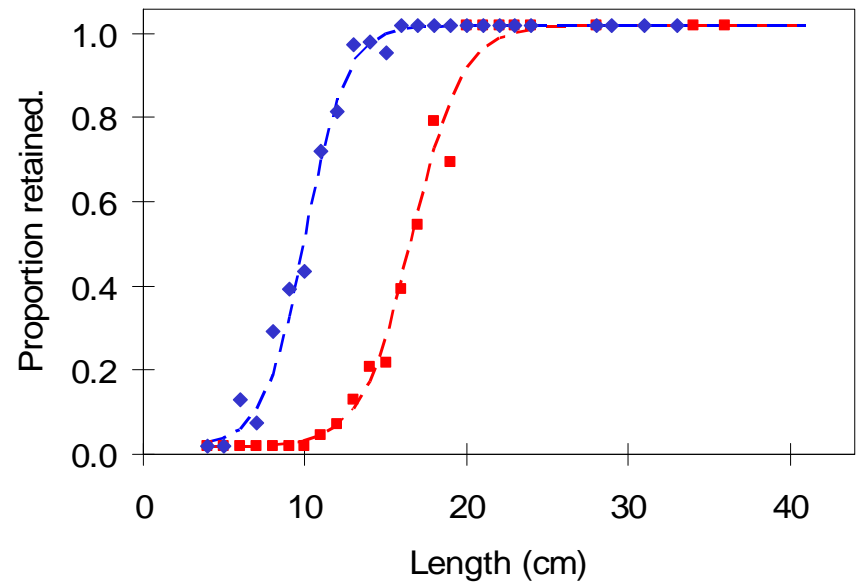
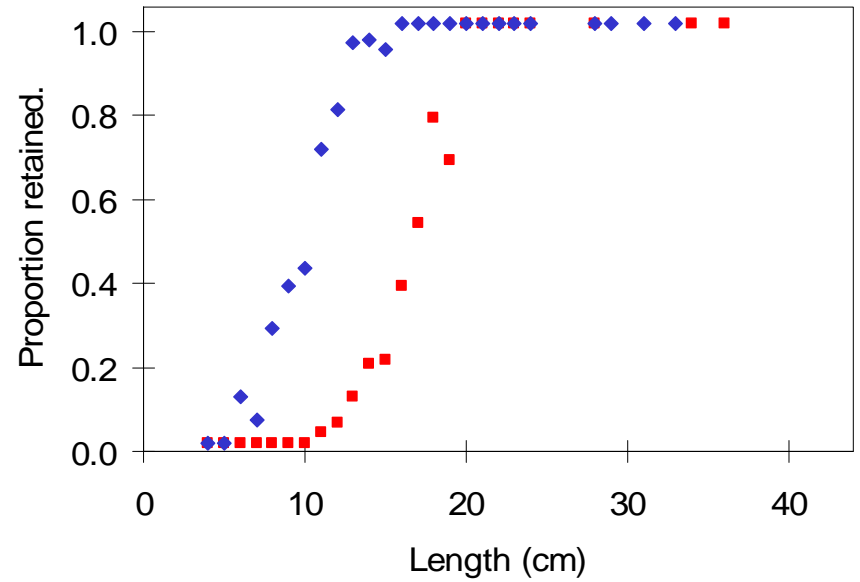
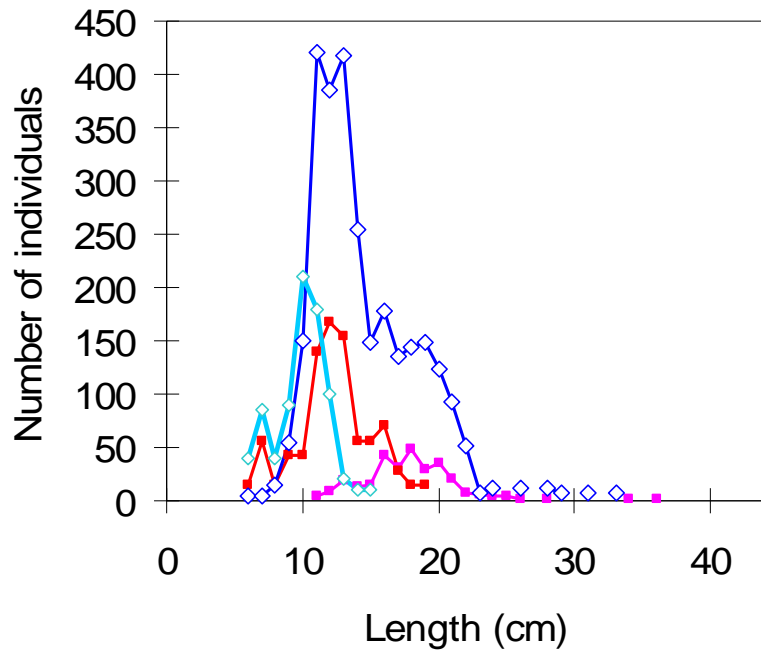
DM = 40 mm diamond mesh
SM = 40 mm square mesh

Individuals captured and escaped by length

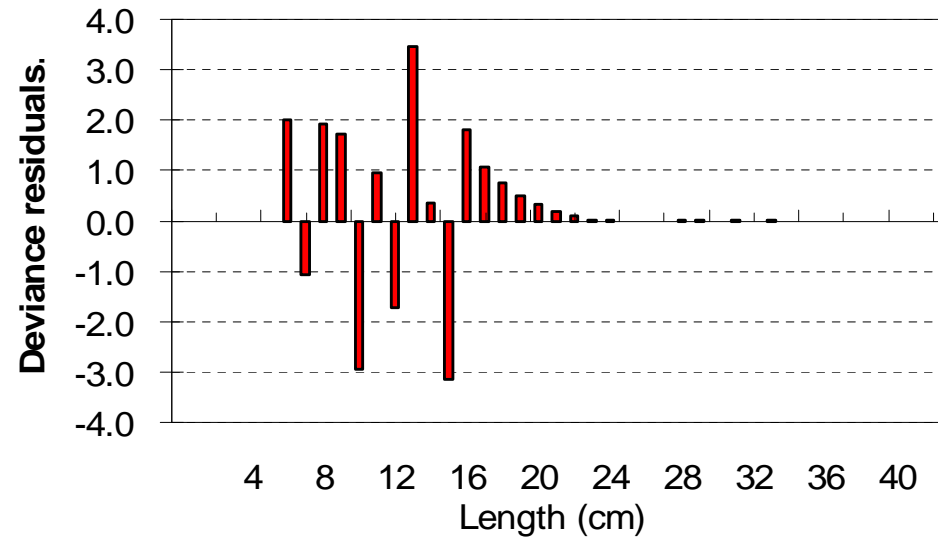
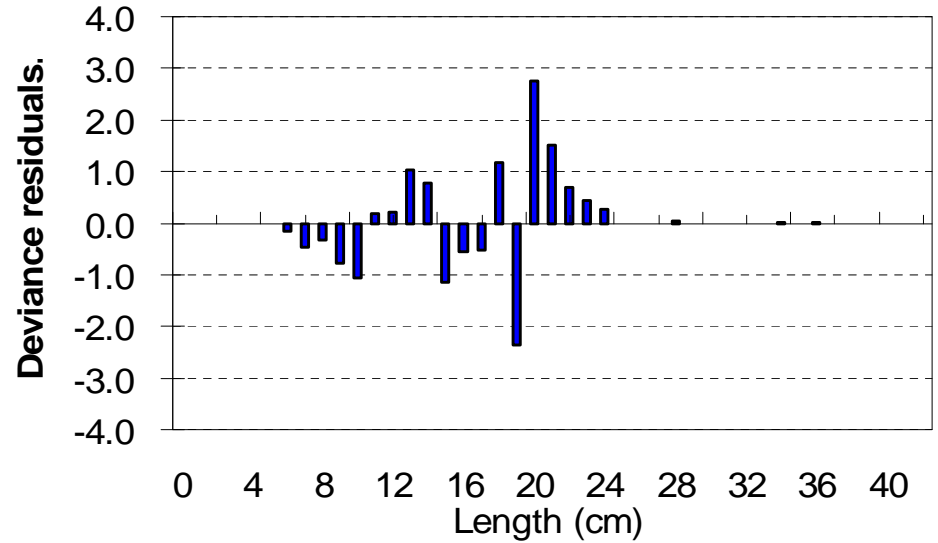
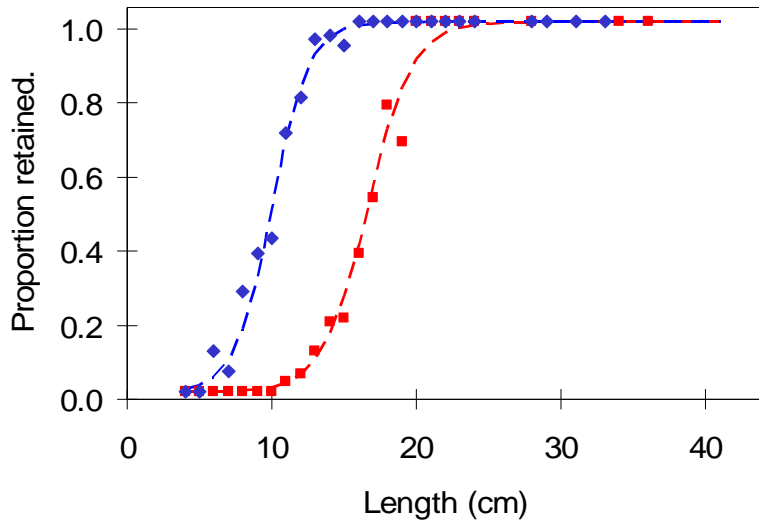
Proportion of individuals retained by the net



Superimposed distributions by length of individuals captured and escaped

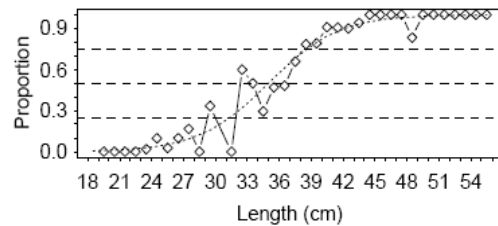


¿ El modelo propuesto se ajusta a los datos observados?

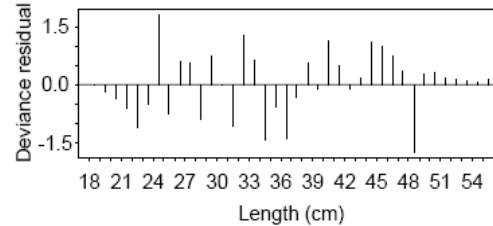


Procedimiento de ajuste de las curvas de selectividad

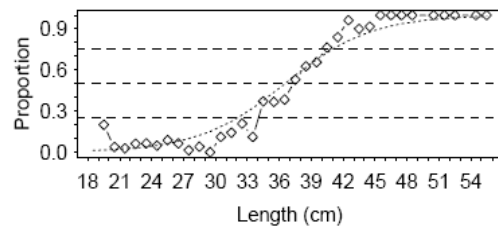
Proportion in codend



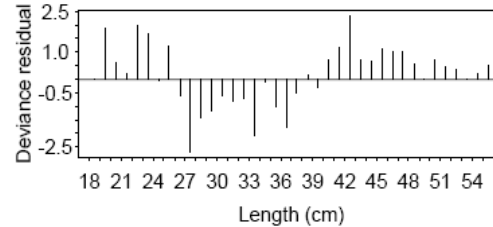
Deviance residuals



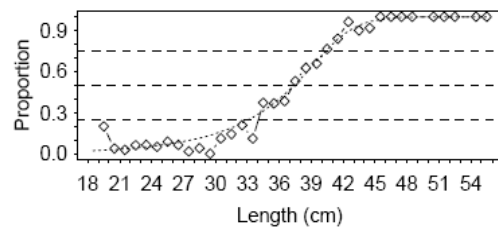
Proportion in codend



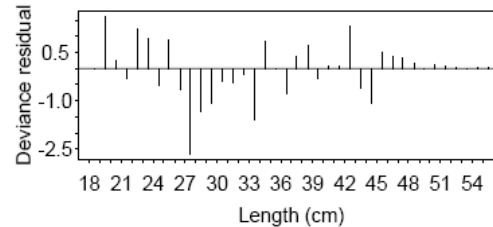
Deviance residuals



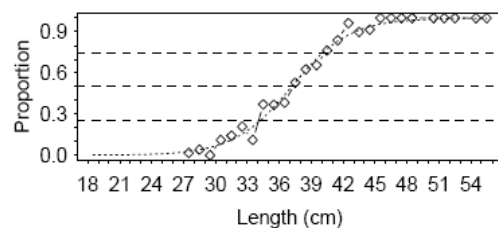
Proportion in codend



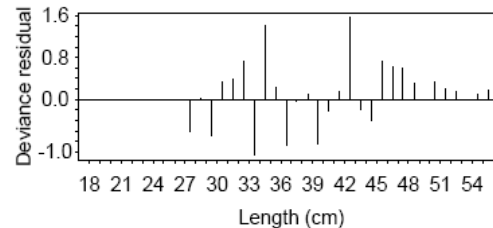
Deviance residuals



Proportion in codend



Deviance residuals



Revisar posibles problemas de bondad de ajuste y mediante observación de residuos

Problemas en el ajuste pueden deberse a la sobredispersión de los datos, más que al mal ajuste de la curva de selectividad

Si hay problemas, ajustar otras curvas, p.ej. Richards curve

Si el problema es con los peces muy pequeños o muy grandes, omitirlos y hacer un nuevo ajuste

Si el ajuste es bueno, determinar el error estándar de los parámetros. Si hay sobredispersión, ajustar los SE y el test de verosimilitud

ICES' guide recommendations!

Figure 5. Fits and residuals for the covered cod-end data (totals) of Table 6. From top to bottom, logistic curve fit to 20. min haul data; logistic curve fit to 60. min haul data; Richards curve fit to 60. min haul data; logistic curve fit to subset of 60 min. haul data.

Parámetros de selectividad por lance para especies comerciales en el Mar Catalán

Haul no.	L50	SR	<i>a</i>	<i>b</i>	R_{i11}	R_{i12}	R_{i22}	Model deviance	d.f.	<i>p</i> -Value
Continental shelf										
European Hake										
Diamond mesh codend										
1	9.5 ± 0.9	3.6 ± 0.3	-5.765	0.608	0.2890	-0.0253	0.0023	20.2	18	0.32
2	9.9 ± 0.5	3.0 ± 0.1	-7.207	0.726	0.1257	-0.0112	0.0010	86.2	20	0.00
3	11.1 ± 0.5	2.4 ± 0.1	-10.110	0.913	0.2119	-0.0185	0.0016	86.1	17	0.00
4	10.2 ± 0.7	4.0 ± 0.3	-5.622	0.550	0.1418	-0.0118	0.0010	87.1	21	0.00
5	10.0 ± 0.7	3.4 ± 0.2	-6.531	0.655	0.2042	-0.0174	0.0015	58.1	19	0.00
6	9.4 ± 0.9	2.6 ± 0.2	-7.904	0.844	0.5659	-0.0534	0.0051	90.1	21	0.00
7	8.4 ± 1.1	4.6 ± 0.5	-3.098	0.369	0.1557	-0.0128	0.0011	137.0	18	0.00
8	10.0 ± 0.7	3.1 ± 0.4	-7.187	0.719	0.2679	-0.0231	0.0021	110.7	21	0.00
Square mesh codend										
9	16.5 ± 0.7	4.1 ± 0.2	-8.838	0.536	0.1364	-0.0087	0.0006	107.3	16	0.00
10	15.0 ± 0.7	3.8 ± 0.2	-8.742	0.582	0.1740	-0.0118	0.0008	156.5	22	0.00
11	15.2 ± 0.7	3.0 ± 0.2	-11.076	0.729	0.2701	-0.0184	0.0013	82.5	18	0.00
12	16.6 ± 1.0	3.4 ± 0.2	-10.771	0.648	0.3913	-0.0246	0.0016	23.3	20	0.28
13	15.6 ± 0.9	3.1 ± 0.2	-10.995	0.704	0.3755	-0.0247	0.0016	31.8	18	0.02
14	15.3 ± 0.8	2.2 ± 0.1	-14.949	0.978	0.5766	-0.0378	0.0025	22.5	21	0.37
15	14.9 ± 1.6	4.4 ± 0.5	-7.498	0.503	0.6081	-0.0392	0.0026	42.0	13	0.00
16	16.5 ± 0.8	3.1 ± 0.2	-11.536	0.701	0.3397	-0.0206	0.0013	92.4	20	0.00
34	16.5 ± 0.6	2.4 ± 0.1	-15.027	0.911	0.2825	-0.0170	0.0010	124.0	17	0.00
35	16.6 ± 0.5	3.1 ± 0.1	-11.611	0.701	0.1424	-0.0092	0.0006	149.2	23	0.00
36	16.6 ± 0.6	3.0 ± 0.1	-12.278	0.740	0.1768	-0.0120	0.0008	116.3	25	0.00

Ajuste de máxima verosimilitud para la curva de regresión logística

Distribución Chi-cuadrado

Si X_1, X_2, \dots, X_n son v.a. que siguen una distribución normal tipificada $N(0,1)$,
 entonces $X = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2$ sigue una distribución χ_n^2
 $E(X) = n$; $Var(X) = 2n$

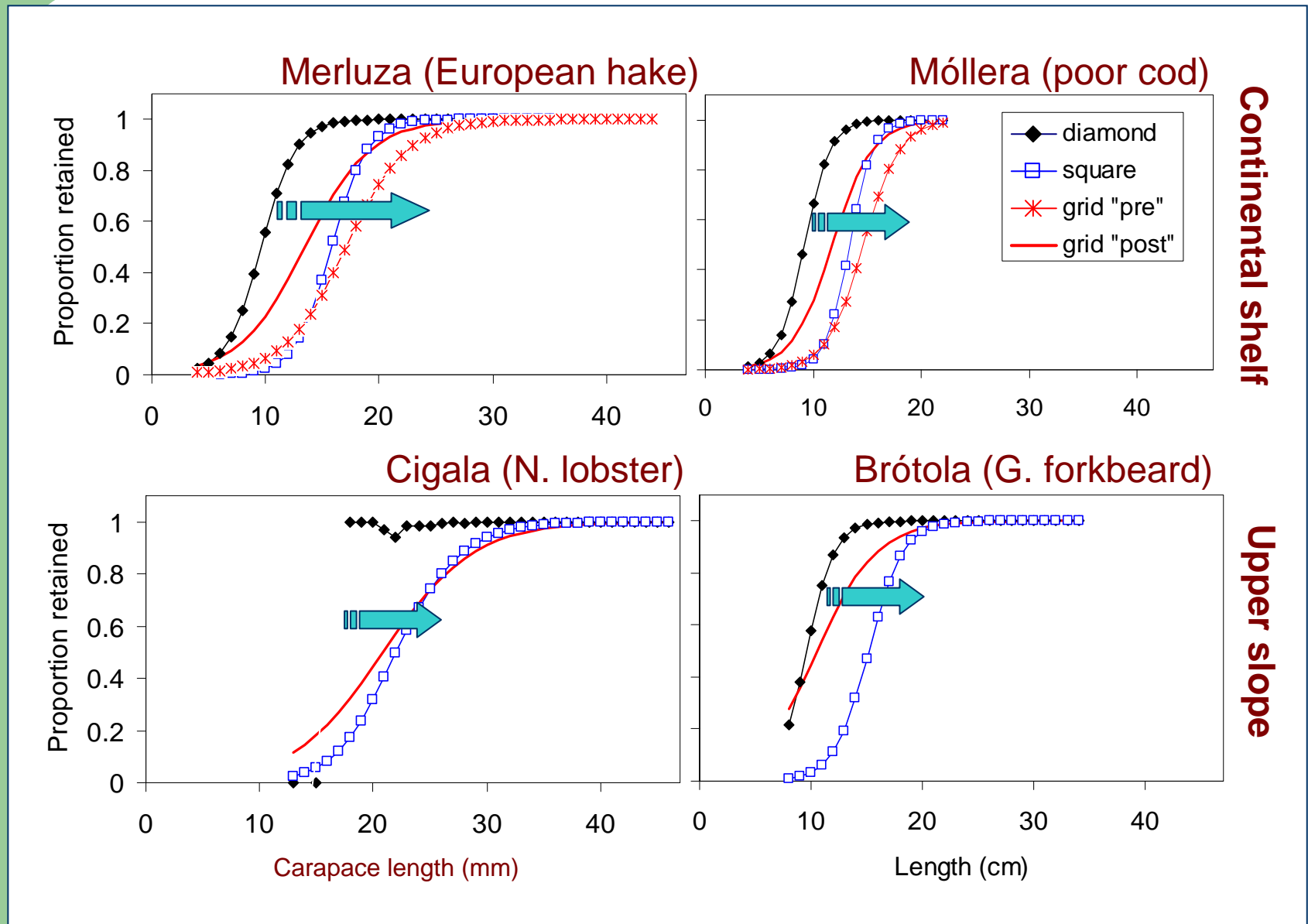
Parámetros de selectividad para especies comerciales en el Mar Catalán

Table 3
Selectivity parameters for target species obtained with the fixed and random effect model by Fryer (1991)

Selectivity estimates	Continental shelf				Upper slope			
	European hake		Poor cod		Norway lobster		Greater forkbeard	
MLS	20 cm		11 cm		20 mm		not regulated	
Codend	DM40	SM40	DM40	SM40	DM40	SM40	DM40	SM40
Number of valid hauls	8	11	5	5	4	5	4	5
Total no. of individuals in codend	11366	4059	2747	419	3996	4968	2091	974
Total no. of individuals in cover	2994	7242	2917	12373	18	557	234	2502
L_{50}	10.1	(16.0) 16.0	9.2	13.0	–	22.0	9.8	(14.8) 15.0
SR	3.1	(4.8) 3.2	3.0	3.0	–	6.5	2.6	(1.7) 3.0
Standard deviation of L_{50}	0.2	(0.2) 0.2	0.2	0.6	–	0.5	0.7	(0.5) 0.4
Standard deviation of SR	0.2	(0.6) 0.2	0.5	0.6	–	0.5	0.5	(0.5) 0.3
SR/L_{50}	0.3	(0.3) 0.2	0.3	0.2	–	0.3	0.3	(0.1) 0.2
Degree of freedom	14	19	8	7	–	8	6	7
p -Value L_{50}	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	–	<0.01	<0.01	<0.01
p -Value SR	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	–	<0.01	<0.01	<0.01
p -Values for covariates								
(Catch weight in codend + cover) \times (L_{50})	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns
(Catch weight in codend + cover) \times (SR)	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns
(Catch weight in codend) \times (L_{50})	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns
(Catch weight in codend) \times (SR)	ns	0.01	ns	ns	–	ns	ns	0.02
(Towing duration) \times (L_{50})	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns
(Towing duration) \times (SR)	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns

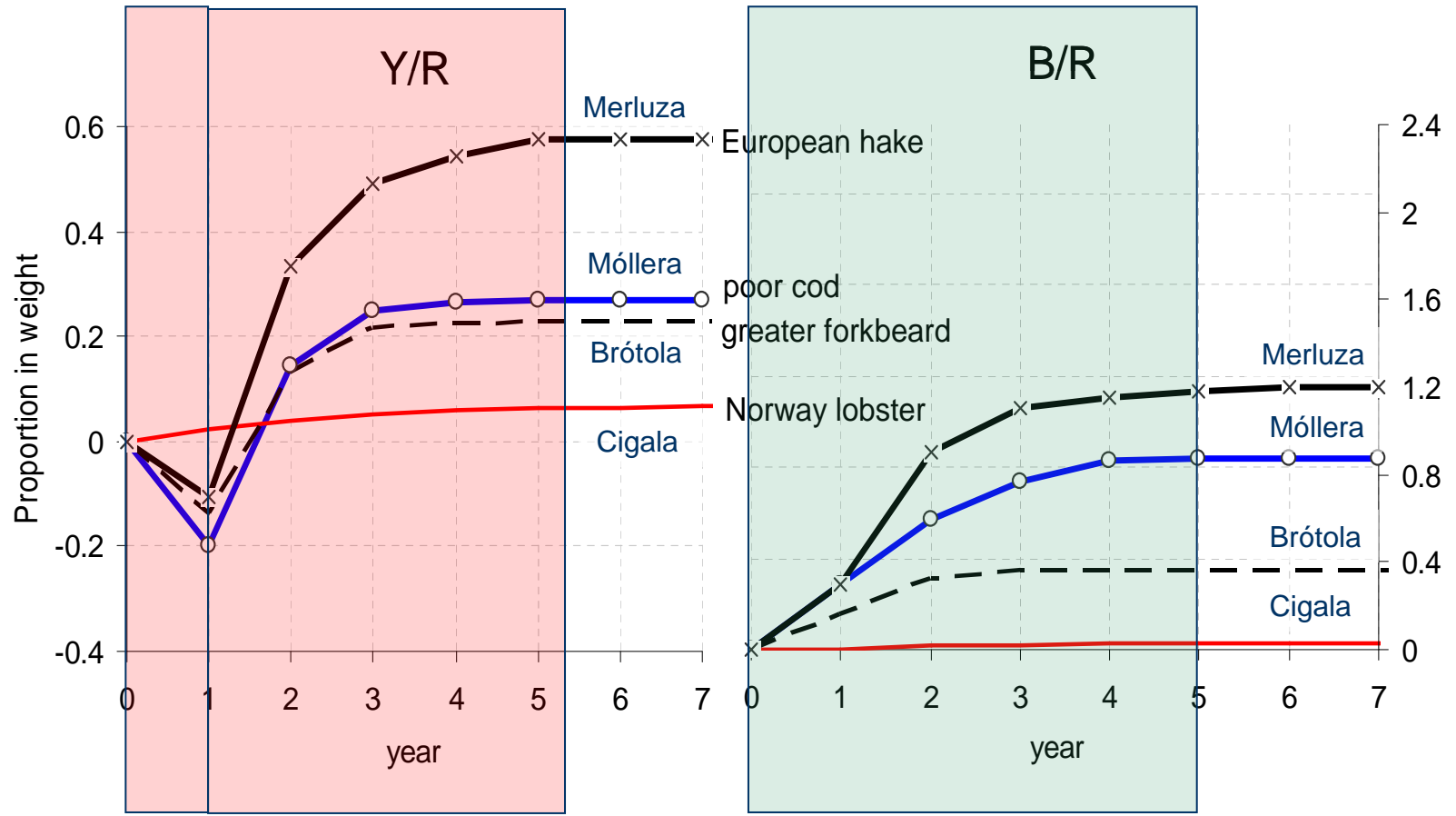
ns: non-significant p -value, higher than 0.05. In parenthesis are given the selectivity estimates without accounting significant covariates.

Mean selection of diamond mesh, square mesh and sorting grid



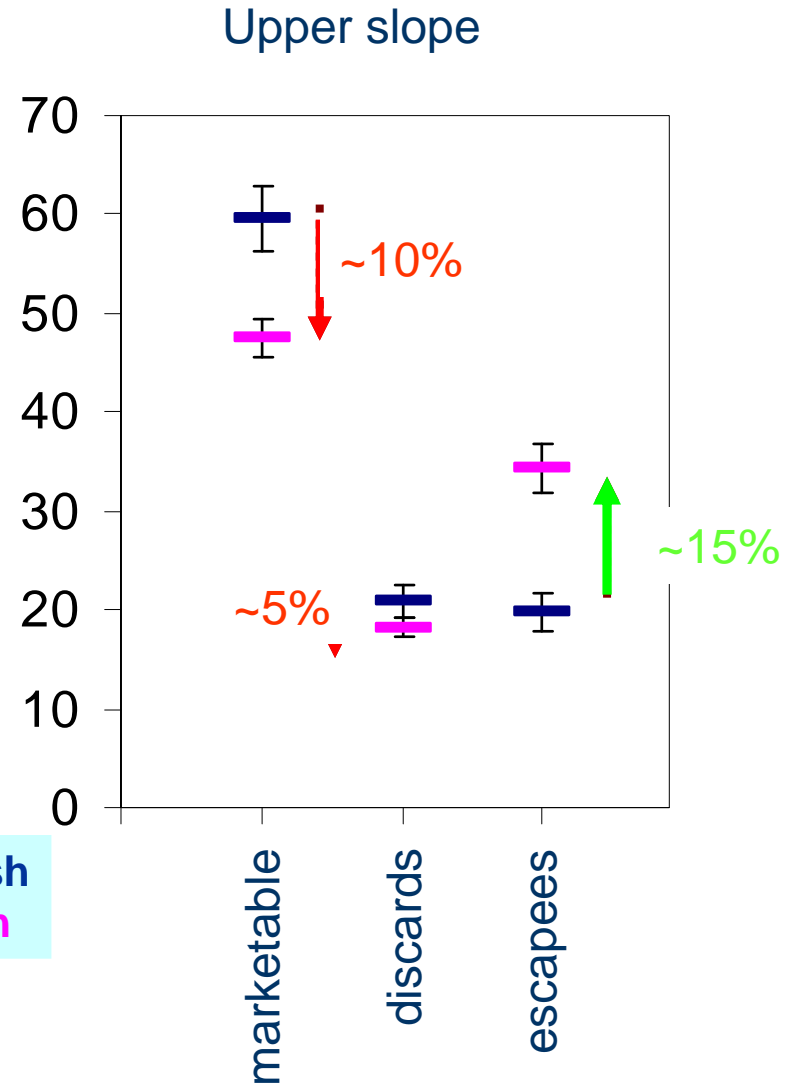
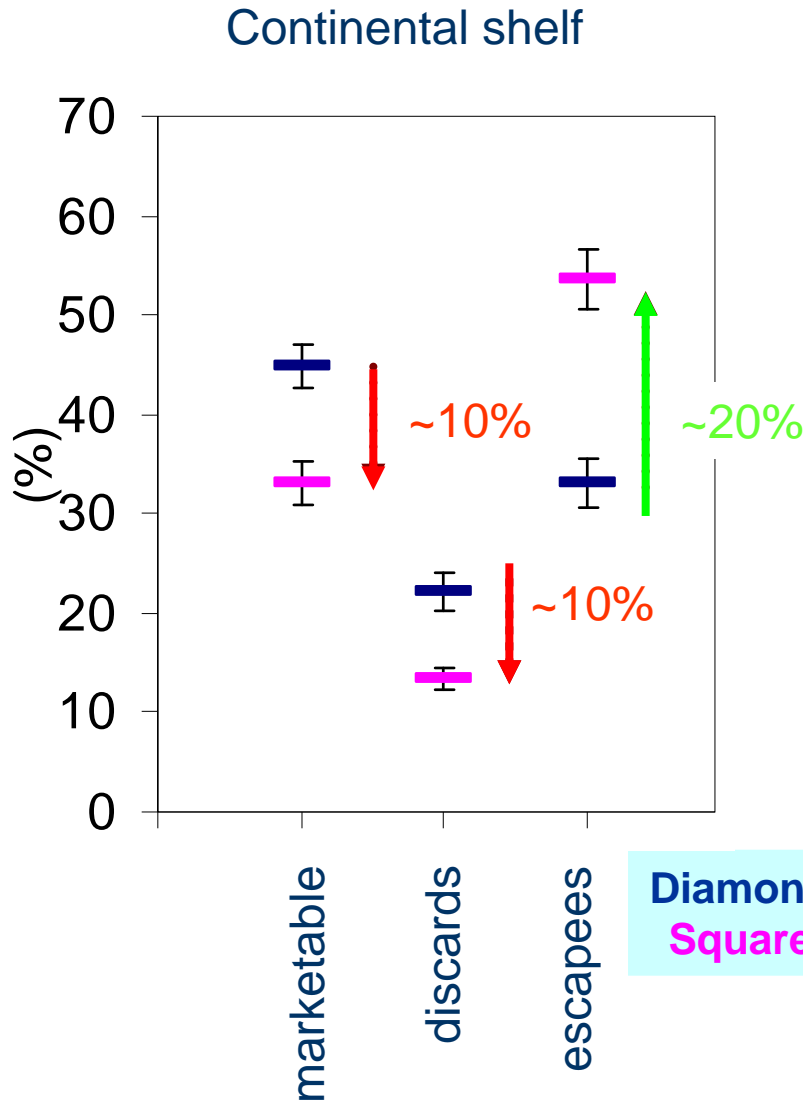
Transition from 40 mm DIAMOND MESH CODEND to 40 mm **SQUARE MESH CODEND**:

Expected temporal variation of yield and biomass per recruit



Percentage of marketable fish, discards and escapees (in weight) of total fish entering the net

Percentage of total fish (in weight) entering the



Pérdidas económicas estimadas para nuevas redes con mejor selección de tallas

Table 4
Economic losses estimated for catches with the SM40 codend in the continental shelf and upper slope fishing ground

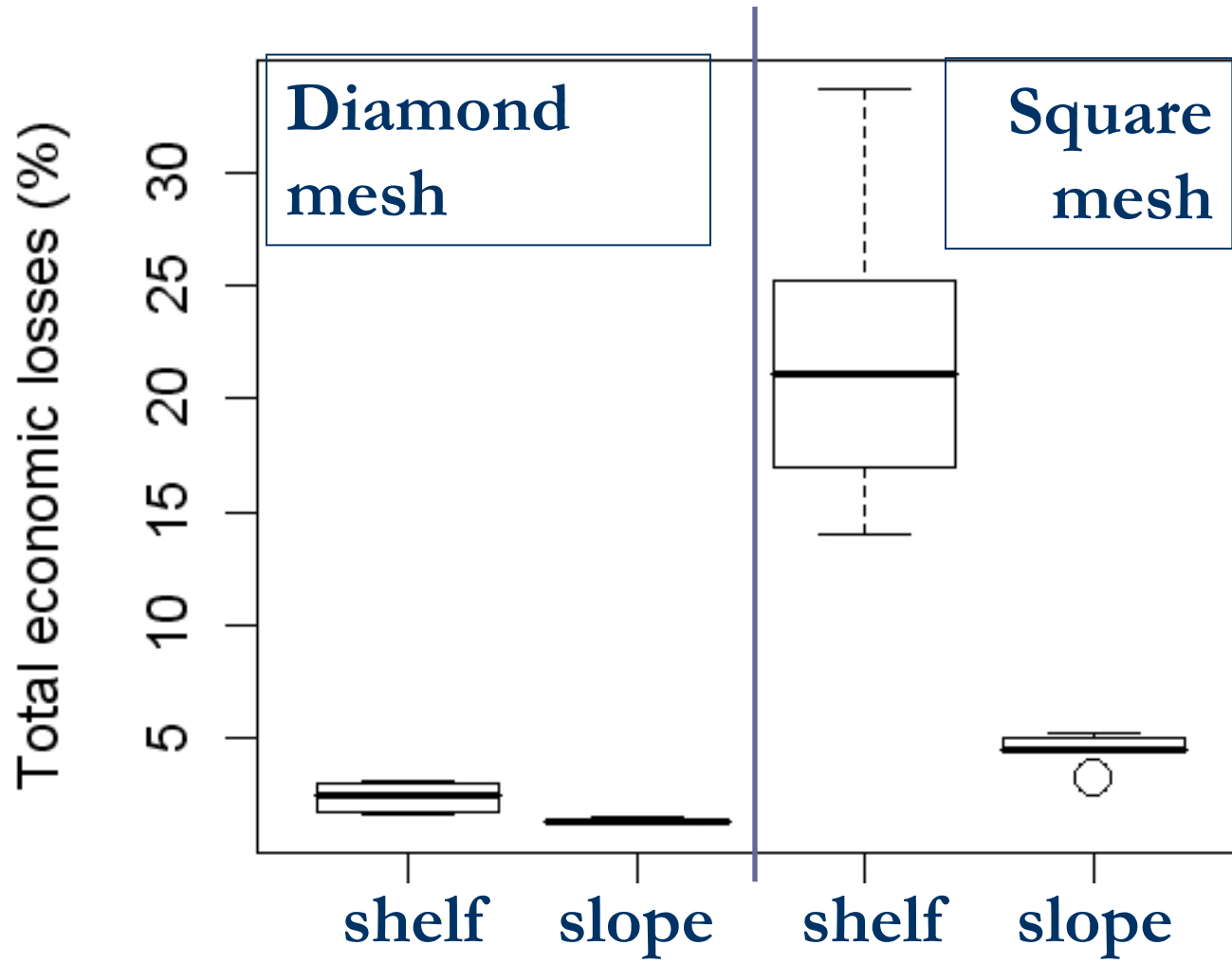
Haul no.	Species	Fish sold		Fish escaped		Economic losses	
		Weight (kg)	Total value (€)	Weight (kg)	Total value (€)	Per species (%)	Per haul (%)
Continental shelf							
9	European hake	22.6	203.4	2.7	16.0	3	15
	Poor cod	0.1	0.1	1.8	1.7	2	
	By-catch	43.0	249.5	17.9	60.4	11	
10	European hake	21.8	195.8	0.7	4.0	1	16
	Poor cod	0.6	0.9	0.7	0.6	1	
	By-catch	33.3	193.4	21.3	72.0	15	
11	European hake	16.8	151.1	0.3	1.8	0	21
	Poor cod	2.6	15.4	7.8	7.5	8	
	By-catch	25.1	145.9	22.0	74.3	19	
12	European hake	10.5	94.2	1.2	7.3	2	26
	Poor cod	1.0	1.4	4.8	4.6	5	
	By-catch	25.7	149.5	21.6	72.8	22	
13	European hake	11.6	104.0	1.5	9.2	2	25
	Poor cod	0.0	0.0	1.7	1.7	1	
	By-catch	32.3	252.3	20.2	105.9	22	
14	European hake	30.9	277.8	0.3	1.7	0	18
	Poor cod	0.1	0.2	6.5	6.2	6	
	By-catch	29.6	231.3	19.5	102.0	16	
15	European hake	8.9	79.8	0.7	4.1	2	34
	Poor cod	0.9	1.3	3.3	3.2	4	
	By-catch	11.6	90.3	15.2	79.5	31	

Pérdidas económicas estimadas para las redes de arrastre comerciales actuales

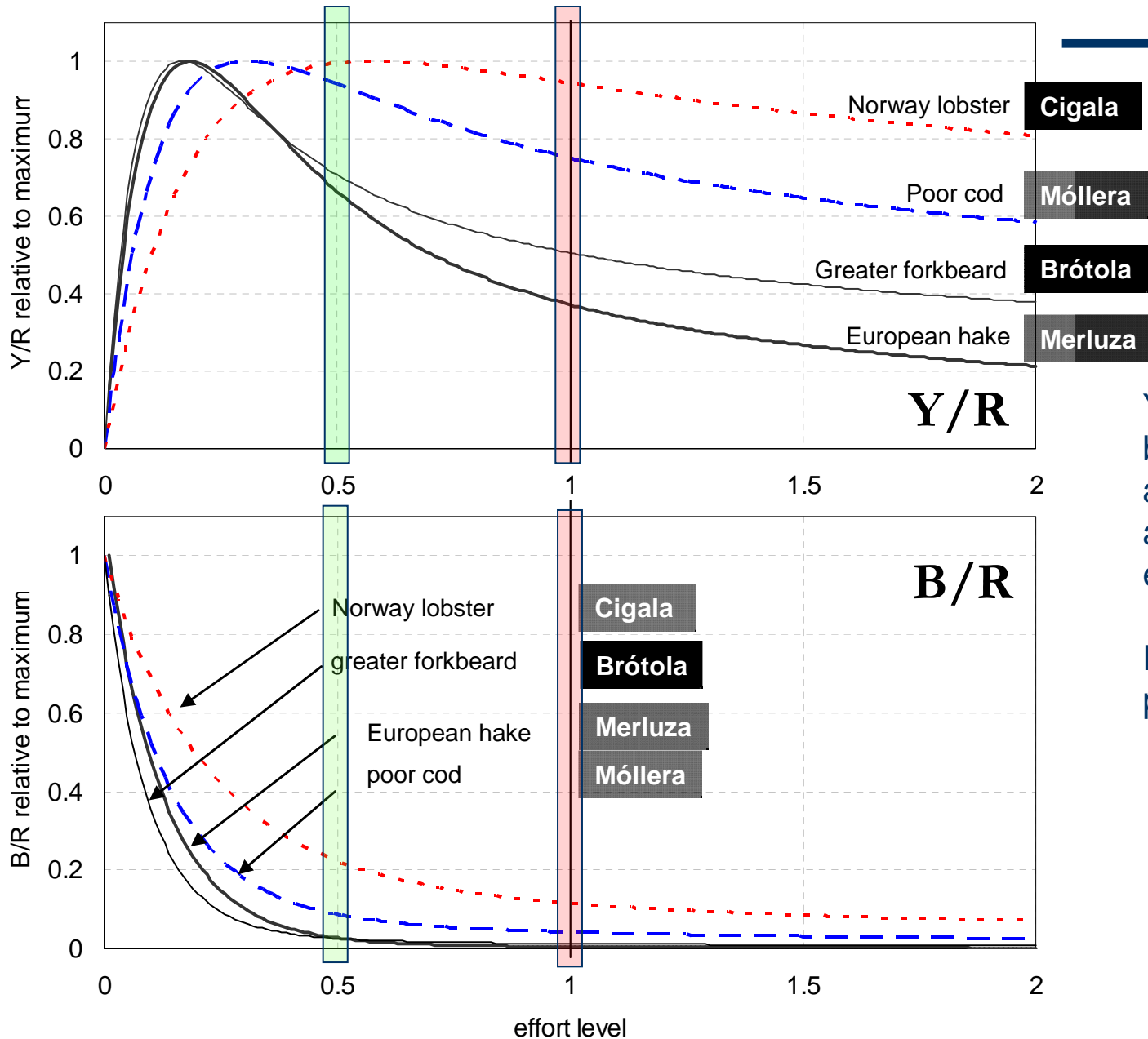
Table 5
Economic losses estimated for catches performed with the DM40 codend in the continental shelf and upper slope fishing ground

Haul no.	Species	Fish sold		Fish escaped		Economic losses	
		Weight (kg)	Total value (€)	Weight (kg)	Total value (€)	Per species (%)	Per haul (%)
Continental shelf							
1	European hake	8.6	77.4	0.0	0.0	0	2
	Poor cod	0.3	0.4	0.3	0.0	0	
	By-catch	31.5	182.5	1.6	5.0	2	
2	European hake	40.3	363.1	0.0	0.0	0	3
	Poor cod	12.0	17.3	3.2	0.0	0	
	By-catch	51.5	298.7	7.1	21.8	3	
3	European hake	31.3	281.5	0.0	0.0	0	3
	Poor cod	1.0	1.4	1.1	0.0	0	
	By-catch	39.7	230.4	5.0	15.4	3	
4	European hake	32.2	290.0	0.0	0.0	0	2
	Poor cod	0.0	0.1	1.2	0.0	0	
	By-catch	38.8	224.9	3.0	9.1	2	
5	European hake	23.1	207.9	0.0	0.0	0	3
	Poor cod	1.5	2.2	0.7	0.0	0	
	By-catch (lobster)	103.5	457.6	6.9	19.3	3	
6	European hake	20.9	188.4	0.0	0.0	0	2
	Poor cod	4.8	6.9	0.9	0.0	0	
	By-catch (lobster)	66.2	292.6	4.1	11.5	2	
7	European hake	19.2	172.9	1.2	0.0	0	3
	Poor cod	5.4	7.8	1.1	0.0	0	
	By-catch (lobster)	41.3	182.5	4.1	11.5	3	
8	European hake	32.2	289.9	0.0	0.0	0	2
	Poor cod	3.1	4.5	0.6	0.0	0	
	By-catch	18.4	81.3	2.3	6.4	2	

Total economic losses with diamond mesh and square mesh codends



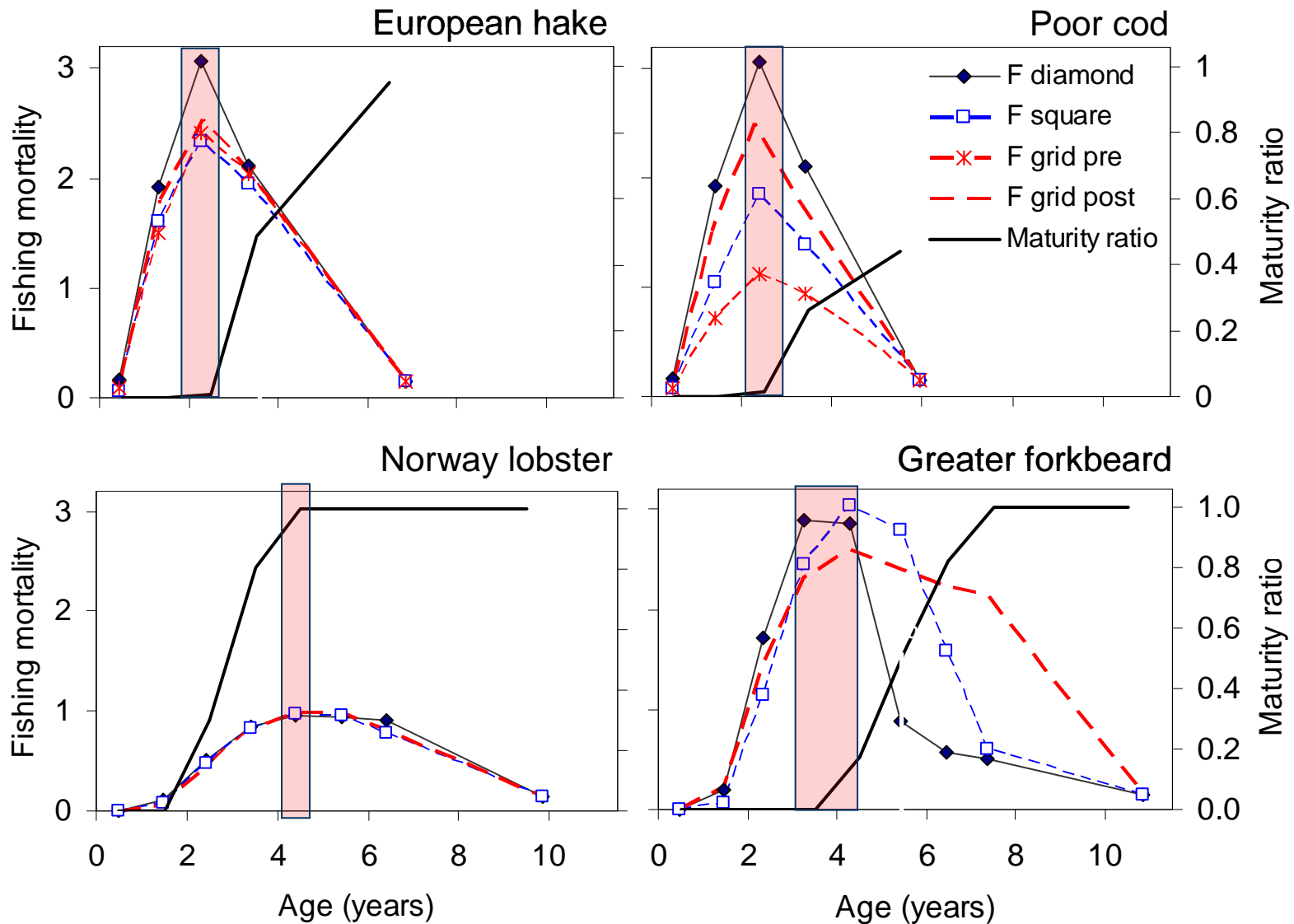
Yield and biomass per recruit for target



Yield-per-recruit and biomass-per-recruit analysis expressed as a function of the fishing effort factor.

Present exploitation pattern (Effort level = 1)

Fishing mortality by diamond mesh, square mesh and commercial diamond mesh, and maturity ratios of the species



Conclusiones

- Se han presentado los aspectos más importantes de los modelos usados para estimar la selectividad de tallas a nivel de lances individuales y del conjunto de lances que suelen llevarse a cabo en cada experimento (de selectividad)
- La inferencia estadística presentada se basa en modelos estadísticos rigurosos con teoría estadística convencional teniendo en cuenta la manera de obtener los datos
- Una adecuada medición y estimación de la selectividad implica una adecuada modelización del impacto en las especies y en el hombre (economía)
- Más detalles técnicos y estadísticos están disponibles en la literatura

REFERENCIAS

Some figures in the presentation have been taken from these references:

- Baranov, F. I. 1948. Theory and assessment of fishing gear. Ch. 7: Theory of fishing with gill nets. Pishchepromizdat, Moscow. 45 p. (Translation from Russian by Ontario Department of Lands and Forests, Maple. Ont.).
- Fryer, R. J. 1991. A model of the between-haul variation in selectivity. ICES Journal of Marine Sciences, 48: 281-290.
- Millar, R.B. 1992. Estimating the size selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. Journal of the American Statistical Association 87, 962-968.
- Millar, R.B. 1994. Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. ICES Journal of Marine Sciences, 51: 293-298.
- Millar, R.B. and Fryer R.J. 1999. Estimating the size selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 89-116
- Wileman, D.A., Ferro, R.S.T., Fonteyne, R., Millar, R.B. (editors) 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative Research Report. No. 215. <http://www.ices.dk/products/cooperative.asp>

REFERENCIAS

- Stewart PAM A review of studies of fishing gear selectivity in the Mediterranean; COPEMED. Report No. 9: Aberdeen, Scotland, 2002; pp 57.
- Bahamon N, Sardà F, Suuronen P. Improvement of trawl selectivity in the NW Mediterranean demersal fishery by using a 40mm square mesh codend. *Fish. Res.* 2006; 81: 15-25
- Bahamon, N., Sardà, F. Suuronen, P. 2007a. Selectivity of flexible size-sorting grid in Mediterranean multi-species trawl fishery, *Fisheries Science* 73(6): 1231-1240.
- Bahamon, N., Sardà, F., Suuronen, P. 2007b. Potential benefits from improved selectivity in the northwest Mediterranean multispecies trawl fishery. *ICES Journal of Marine Science* 64: 757-760
- Sardà F, Conan GY, Fusté.X. Selectivity of Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.) in the northwestern Mediterranean. *Sci. Mar.* 1993; 57: 167-174.
- Sardà F, Bahamon N, Sardà-Palomera F, Molí B. Commercial testing of a sorting grid to reduce catches of juvenile hake (*Merluccius merluccius*) in the western Mediterranean demersal trawl fishery. *Aquat. Living Resour.* 2005; 18: 87-91
- Sardà F, Bahamon N, Molí B, Sardà-Palomera F. The use of a square mesh and sorting grids to reduce catches of young fish and improve sustainability in a multispecies bottom trawl fishery in the NW Mediterranean Sea. *Sci. Mar.* 2006; 70: 347-353
- Coll, M., Bahamon, N., Sardà, F, Suuronen, P., Palomera, I., Tudela, T. Setting trawl selectivity measures within an ecosystem context in the NW Mediterranean. 2008. *Marine Ecology Progress Series* 355: 131–147.