



Transferencia de resultados para la preservación de juveniles de especies marinas mediante el uso de sistemas selectivos en artes de pesca de arrastre en el Mediterráneo Occidental

**(CICYT, PTR1995/0497-OP)
(DGPAM)**

F. Sardà, B. Molí y I. Palomera

Institut de Ciències del Mar (CSIC)
Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49. 08003 Barcelona
(Telf.: 93 2309549, Fax: 93 2309555, E-mail, siscu@icm.csic.es)

Noviembre 2002

INTRODUCCIÓN

Hacia una pesca sostenible

El Código de Conducta para la pesca Responsable (FAO, 1995) señala en su artículo 8.4.5 que “*Los Estados, junto con los grupos pertinentes de la industria, deben alentar al perfeccionamiento y a la aplicación de tecnologías y métodos operativos que reduzcan los descartes. Deberá desalentarse la utilización de artes y prácticas de pesca que comporten descartes de las capturas y deberían promoverse la utilización de aquellos que incrementen las tasas de supervivencia de los peces que escapan*”.

Por otro lado, diversos tratados de explotación responsable de los recursos pesqueros dan a la mortalidad por pesca de los juveniles una gran implicación en el mantenimiento y recuperación de las poblaciones explotadas, siendo esta mortalidad uno de los puntos de referencia en la gestión de las pesquerías (Caddy and Mahon, 1996). Otros tratados sobre recursos marinos vivos y su desarrollo sostenible (Caddy and Griffiths, 1996), animan a las administraciones a seguir pautas similares.

Recientemente, el nuevo “*Plan de Acción Comunitario para la Conservación y la Explotación Sostenible de los Recursos Pesqueros del Mar Mediterráneo*” en el marco de la Política Pesquera Comunitaria, señala explícitamente en el apartado 3.4. Perfeccionamiento de los métodos de pesca con fines de conservación, subapartado 3.4.1. Revisión de las medidas técnicas en vigor para la pesca de interés comunitario: “*El objetivo primordial de las medidas técnicas de conservación consistirá en mejorar los métodos de explotación de las especies comerciales, a fin de incrementar la selectividad de la pesca y reducir el número de juveniles en las capturas*”.

El desarrollo tecnológico

Hasta la fecha los métodos selectivos basados en el aumento de las dimensiones de mallas en rombo tradicionales no han dado los resultados esperados. Las mallas se mantienen muy cerradas durante el arrastre y hay una elevada mortalidad de las especies liberadas que pasan a través de dichas mallas (Figuerola, *et al.* 2001). Por otra parte existen evidencias de que la supervivencia post-selectividad aumenta mediante el uso de rejillas separadoras o excluidoras de pescado en artes de arrastre (Suuronen *et al.*, 1996). Así pues en la actualidad, y en los países del norte de Europa y América, se desarrollan dispositivos con rejillas que permiten mejorar las condiciones de selectividad por tamaño de los peces, permitiendo que los ejemplares juveniles puedan escapar de la red antes de ingresar en el copo y, por tanto, sufriendo un daño y estrés mínimos (Larsen and Isaksen, 1993; Chopin and Arimoto, 1995).

Así pues, durante los años 90 se han desarrollado en diversas partes del mundo una tecnología basada en las rejillas separadoras de pescado con diversas finalidades: desde la exclusión de grandes especies protegidas, como tiburones o tortugas (Vilaseñor, 1997), a la liberación de juveniles, concretamente de merluza, en

Sudamérica (Ercoli *et al.* 1997), pasando por la mera separación de determinadas especies de crustáceos como camarones (Ercoli, *et al.* 1997, Isaksen *et al.* 1992, Polet, 2002). El impulso en el desarrollo de estos artilugios ha sido tal que se ha creado un Grupo de Trabajo específico en el marco del *International Council for the Exploration of the Sea* (ICES, Anonimous, 1998).

También se han probado otros métodos basados en el diseño de distintas partes de la red con mallas cuadradas o ventanas de escape (Ulmestrand and Larsson, 1991; Briggs, 1992; Campos *et al.*, 1996; Halliday and Cooper, 2000; Madsen *et al.*, 2002). Incluso se ha probado el efecto de la velocidad y del tamaño de los artes en las propiedades de selectividad de las redes de arrastre de fondo (Dahm *et al.*, 2002).

La especificidad del Mediterráneo y su problemática

La pesquería del Mediterráneo se caracteriza por una disminución progresiva de las capturas durante los últimos 20 años debido a un incremento desmesurado del esfuerzo, tanto a partir del aumento de las potencias de las embarcaciones de arrastre, como a un rápido desarrollo tecnológico a todos los niveles (barco, redes, equipamiento mecánico y electrónico, etc.). Esto ha llevado a un estado de sobre-explotación llamado de crecimiento, por el hecho de que una parte significativa de las capturas recae sobre inmaduros (Leonart, 1993; Irazola *et al.* 1996; SAC, 2000; Bas, 2002). Sin embargo, a pesar de que la venta de estas tallas esta prohibida, se genera un flujo de desembarques que invariablemente es difícil de corregir. El problema real de cara a la sostenibilidad del recurso no es solo el pescado ilegal que se comercializa sino el descarte que esto genera. Las especies de inmaduros de pequeña talla muchas veces son descartadas muertas antes de llegar a puerto, bien por la enorme cantidad de su captura e imposibilidad de venta, como por que durante la tría de las especies en la cubierta del barco los pequeños ejemplares quedan deteriorados e inservibles para la venta principalmente debido al calor y otros factores. Aunque este fenómeno es aplicable a diversas especies del Mediterráneo, como la bacaladilla o la brótola, es sobretodo en la merluza pequeña que habita en la franja comprendida entre los 50 y los 150 m de profundidad, donde ejerce mayor impacto, lo cual repercute sin duda en la dificultad de recuperación de las poblaciones de esta especie.

OBJETIVOS

En el presente proyecto se planteó el diseño y prueba piloto de un sistema excluidor de juveniles para los artes de arrastre mediante el uso de rejillas separadoras. Su función es facilitar el escape, en cantidad y en buenas condiciones de supervivencia, de los juveniles de merluza.

Diversos estudios y simulaciones sobre la merluza del Mediterráneo (Cheret *et al.* (2002), indican que la liberación de pescado pequeño incrementaría las capturas de los individuos de mayor tamaño entre un 30 y un 50%, a partir de los 4 ó 5 años de la aplicación del método.

Para ello se planeó una experiencia de 2 semanas de duración con una embarcación comercial de pesca de arrastre del puerto de Vilanova i la Geltrú, en la que se probaron distintos tipos de rejillas separadoras y su eficiencia ante el escape de distintas especies. Al mismo tiempo se realizó una filmación para captar la reacción de los peces ante dichas rejillas.

El hecho de que este proyecto se encuadre dentro de una convocatoria PETRI (MCYT), la cual requiere como condición imprescindible la participación de una empresa, ha permitido, al mismo tiempo, plantear por primera vez en el Mediterráneo un experimento con artes gemelos que nos ha facilitado el poder testar la eficiencia de las rejillas separadoras comparando simultáneamente un arte con rejilla junto a otro arte sin ella en el mismo lance, tiempo y profundidad.

Para cada tipo de rejilla se ha obtenido:

- 1) El peso y porcentaje de la captura que escapa
- 2) El número y porcentaje de individuos que se escapan
- 3) La efectividad de las distintas rejillas para especies objetivo
- 4) La selectividad para la merluza
- 5) La efectividad de las rejillas para otras especies

Estos objetivos se completan con:

- 6) Diseño y prueba de un sistema de video submarino autónomo dentro de la red
- 7) Diseño y prueba de un sistema de artes de arrastre gemelos

MATERIAL Y METODOLOGÍA

La zona de estudio

La zona de estudio se ha ubicado en los caladeros frente al puerto de Vilanova i la Geltrú, en profundidades comprendidas entre los 50 y 200 m. Las pruebas se realizaron entre los días 10 y 23 de junio 2002. Se seleccionó esta época, con el fin de coincidir con la mayor abundancia de merluza pequeña, tanto por los fondos como por la época del año. Se realizaron un total de 25 lances desde la embarcación de arrastre “José y Virgilio” de 19,52 m de eslora y un TRB de 43,41 tm (foto 7). En la tabla 1 se especifican los detalles de cada lance, su posición, profundidad y duración. El conjunto de la experiencia fue bautizado con el nombre de *Campaña GRAELLA*.

La especie objetivo

Por su importancia económica y abundancia relativa, así como por los estudios científicos existentes, tanto en la Costa Catalana como en el resto del Mediterráneo (Oliver, 1991; Recasens, 1992; Lleonart, 1993; Orsi Relini, 2002), la especie elegida para el estudio es la merluza -lluç- (*Merluccius merluccius*). Es una especie también objetivo en el marco de la *Comisión General de Pesca del Mediterráneo*. Por otra parte, la merluza pequeña -llucet- se distribuye en los fondos donde también lo hace una gran parte de la flota de arrastre y puede servir de especie indicadora como ejemplo de otras especies también comercialmente importantes como son la bacaladilla -maire- (*Micromesistius poutassou*), la brótola -bròtola- (*Phycis blennoides*), o el salmonete -moll o roger- (*Mullus sp.*), entre otras.

Las rejillas separadoras

Las rejillas separadoras han sido suministradas por la empresa *Artes de Pesca Salom, SL.*, acopladas al diseño de artes gemelos suministrados por la misma empresa. Se han preparado tres tipos de rejillas que denominaremos R1 (foto 1), R2 (foto 2) y R3 (foto 3) respectivamente, según los dibujos esquemáticos de las figuras 1, 2 y 3. Por otro lado estos artilugios se han comparado con el rendimiento de un paño de 4 m de malla cuadrada R4 (foto 4 y figura 4), situado en la parte superior del paño delante del copo.

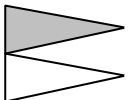
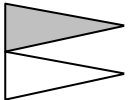
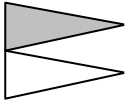
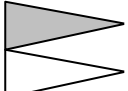
Las rejillas, de material plástico rígido, fueron instaladas en la parte denominada manga de la red, 5 m por delante del paño del copo (fig. 5). Todas las rejillas, y la malla cuadrada, presentaban salida de los juveniles directamente fuera del copo excepto la R2, en la cual el pescado pequeño, que pasaba por la rejilla, era desviado hacia el copo y el pescado de mayor tamaño era desviado hacia un sobrecopo colocado en la parte superior (ver fig. 2), con el fin de controlar la selectividad de la rejilla. Las rejillas fueron equipadas con un soporte para la colocación del sensor *Scanmar* que media el ángulo que durante el arrastre formaba la rejilla respecto al fondo.

Las dimensiones de las rejillas (100 x 60) cm, eran proporcionadas al diámetro de la manga. La separación entre barras y de la malla cuadrada fue de 20 mm, separación igual a la longitud del hilo entre dos nudos de la malla romboidal legal para el Mediterráneo. La malla cuadrada se construyó en material *Dinema* de alta resistencia y sin nudo.

Diseño del experimento

Con el fin de testar la eficiencia de las rejillas, se diseñaron dos artes iguales trabajando en paralelo, en uno de ellos se instalaban las distintas rejillas, mientras que en el otro se mantenía la malla normal romboidal de 40 mm de longitud manteniéndose estirada (fig. 5). Los lances fueron de una hora de duración aproximadamente y a profundidades comprendidas entre los 50 y los 250 m. Se realizaron entre 4 y 7 réplicas por día y por rejilla. La experiencia se prolongó por espacio de dos semanas durante el mes de junio de 2002.

Una vez a bordo, la captura fue separada por cada arte, pesada ($\text{kg} \pm 1$) con dinamómetro digital, y se tomaron las frecuencias de talla hasta la precisión de 1 cm (± 1) de todos los ejemplares de las especies objetivo. La talla considerada fue la Longitud Total (LT) tomada desde la punta de la boca hasta el final de la aleta caudal. En el caso de que la muestra fuera extremadamente grande, se hacían submuestras.

		<i>Número de réplicas válidas</i>	
<i>Diseño del experimento con redes gemelas</i>		R1	6
		N	
		R2	4
		N	
<i>Ri, arte con rejilla</i> <i>N, arte normal</i>		R3	7
		N	
		R4	4
		N	

Los artes gemelos, las puertas y el sistema de vídeo submarino

Los artes gemelos (fig. 5) fueron también diseñados, fabricados y acoplados por la empresa *Artes de Pesca Salom*. Este diseño fue probado por primera vez en esta ocasión en el Mediterráneo. Consta de dos artes iguales (gemelos) montados en paralelo. Los artes son arrastrados por dos cables terminados en sendos pies de gallo de los cuales estiraban cada uno de ellos. Un peso central mantiene el equilibrio del arte en desde el centro (fig. 5 y foto 5). En la fotografía 6 podemos ver ambos artes gemelos en el agua en el momento de largar. Las dimensiones i características de los artes gemelos podemos verla en el **Anexo I**.

Las puertas divergentes, especialmente calculadas para el arrastre y abertura de los dos artes gemelos, fueron construidas por la empresa *MAPSA Maquinaria Naval, SA*. Modelo HIP-SE P-95 de dimensiones 2,40 x 1,38 y 500 kg de peso (foto 7).

El conjunto fue medido en condiciones de trabajo mediante dos juegos de sensores remotos *Scanmar* de *Hispanova Marine Cantabria, SL.*, los cuales nos dieron: altura de los artes, abertura de boca entre calones y puertas e inclinación de la rejilla (tabla 2). En algunos casos se varió la posición de los sensores para determinar la distancia entre calones interiores o entre el peso central y una de las puertas (fig. 5).

El sistema de vídeo fue desarrollado por el *Centre Tecnològic de la Universitat Politècnica de Catalunya* en Vilanova i la Geltrú dos cilindros de acero herméticos, de 14 mm de diámetro por 30 de largo y 4 mm de espesor (foto 8). En uno de ellos se introdujo una cámara de vídeo digital *Sharp*, modelo VL-ME100S, alimentada con batería recargable autónoma estanca de 12 v y 4 A/h, y en el otro una fuente luminosa halógena de 35 W, alimentada por el mismo sistema pero con 7 A/h. Tanto la cámara como la bombilla halógena estaban conectadas a una placa de electrónica de control para la determinación del tiempo de arranque y encendidos del vídeo y luz automáticamente. El sistema se sujetaba de forma que enfocara la rejilla y con flotación suficiente para no distorsionar ni el funcionamiento de la rejilla ni del arte (foto 8).

Con las imágenes submarinas, así como otras imágenes de las maniobras en cubierta y de las empresas participantes, la productora *Rumbosur* editó un vídeo profesional en sistema VHS, para la difusión de los resultados e información complementaria.

Tratamiento de datos

El tratamiento de datos se ha realizado por cada lance por separado. Las especies fueron pesadas en función de la procedencia de cada copo (con rejilla o sin rejilla) y medidas individualmente. Los datos fueron informatizados y se elaboraron los gráficos en porcentaje y en número de individuos comparando por cada rejilla, lance y especie por separado, con especial atención a la merluza pequeña. En la mayoría de gráficos se ha tomado como referencia el número de individuos, ya que se consideró este valor una medida más exacta, dado que el peso estaba influenciado por el movimiento del barco y, además, para un corto número de especies aumentaba su error. En el caso de que se considerara que la muestra era poco representativa, el lance correspondiente no era considerado.

Con el fin de comparar la efectividad de las rejillas entre ellas se ha realizado la media entre los lances procedentes de una misma rejilla y se han realizado los test estadísticos (*t*-Student o ANOVA; $p < 0.05$) para detectar si existía diferencias significativas entre ellas. No obstante, en muchos casos debido a la variabilidad entre los distintos lances se hace imposible la aplicación de un test estadístico, en estos casos se ha procedido a la representación gráfica individualizada de cada lance y a la comparación directa entre ellos.

La selectividad de la rejilla para la merluza se ha calculado ajustando la *curva logística* al porcentaje de individuos escapados por clase de talla y considerando como talla media de escape la del 50% (Sparre *et al.* 1989).

Curva logística:

$$S(L) = 1/1 + \exp(S1 - S2 * L)$$

siendo $L50\% = S1/S2$

$$S1 = L50\% * \ln 3 / (L75\% - L50\%)$$

$$\text{y } S2 = \ln 3 / (L75\% - L50\%) = S1 / L50\%$$

Para la estima de la selectividad se han utilizado las experiencias llevadas a cabo con la rejilla R2, para lo cual se colocó un sobre-copo adicional con el fin de retener también las especies separadas por la rejilla.

Tabla 1

CARACTERISTICAS DE LOS LANCES DE LA CAMPAÑA GRAELLA

Rejilla	Lance	Fecha	Posición inicio N	Posición inicio E	Prof. brazas	Vel. (nudos)	Duración (min.)	Hora firme	Posición final N	Posición final E
1	1	10/06/02	41.15	1.80	36.7	3.8	55	7:45	42.15	1.84
1	2	10/06/02	41.14	1.75	36.7	3.7	55	10:25	41.14	1.67
1	3	10/06/02	41.12	1.75	39.3	3.7	60	12:45	41.13	1.83
2	4	11/06/02	41.18	2.07	55.7	3.8	75	9:00	41.23	2.15
2	5	11/06/02	41.24	2.12	42.7	3.7	90	12:40	41.02	2.02
3	6	12/06/02	41.13	1.83	38.2	3.9	60	8:15	41.14	1.90
3	7	12/06/02	41.13	1.80	37.1	35.7	60	11:30	41.13	1.72
3	8	12/06/02	41.13	1.72	36.4	3.8	70	13:35	41.12	1.78
4	9	13/06/02	41.13	1.78	37.0	3.6	70	7:50	41.12	1.70
4	10	13/06/02	41.13	1.10	35.9	3.7	95	10:00	41.13	1.84
4	11	13/06/02	41.13	1.87	38.2	3.5	60	13:05	41.13	1.80
4	12	14/06/02	41.15	1.84	29.2	3.6	60	8:00	41.13	1.80
4	13	14/06/02	41.17	2.42	136.0	3.7	55	10:10	41.20	2.17
4	14	14/06/02	41.17	2.15	171.0	3.6	55	12:45	41.15	1.03
1	15	17/06/02	41.10	1.98	133.0	3.5	60	8:20	41.10	2.00
1	16	17/06/02	41.17	2.10	134.0	3.6	55	11:15	41.20	3.03
1	17	17/06/02	41.19	2.13	132.0	3.8	55	13:25	41.05	2.05
1	18	18/06/02	41.14	1.77	32.7	3.7	80	7:45	41.12	1.75
1	19	18/06/02	41.13	1.83	44.2	3.5	55	10:10	41.02	2.03
2	20	18/06/02	41.15	1.88	27.5	3.7	85	12:45	41.14	1.77
3	21	19/06/02	41.05	1.78	170.0	3.4	50	8:10	41.05	1.85
3	22	19/06/02	41.05	1.77	147.0	3.6	45	10:20	41.07	1.82
3	23	19/06/02	41.13	1.90	37.8	3.6	80	12:40	41.14	1.79
2	24	21/06/02	41.15	1.67	28.0	3.7	70	8:00	41.13	1.77
3	25	21/06/02	41.13	1.84	37.4	3.7	80	10:55	41.13	1.72

Tabla 2

MEDIDAS SCANMAR (en m) CAMPAÑA GRAELLA

		Comunes					Arte estribor				Arte babor			
Rejilla	Númerc lance	Tiempo inicio	Angulo rejilla	Distanc. puertas	Distanc. peso a puerta	Distanc. calones interiores	Distanc. calones	Distanc. fondo	Abertura vertical	Simetría	Distanc. calones	Distanc. fondo	Abertura vertical	Simetría
1	1	8:10	37	91					2.4				3.8	
		8:30		90					2.8				3.8	
1	2		27	98.3			17		3.2					
				97.9			16.9		3.3					
		11:10		98.6			16.6		3.1				3.6	
				89.5			15.7						3.4	
1	3	12:45	26	94			15.4		2.4		15.4		3.1	
		12:55		92.6			15.4		2.7		15.4		3.1	
		13:05		93.1			15.6		2.1		15.6		3.2	
		13:15		91.6			15.8		2.5		15.8		3.5	
		13:25		90.5			15.4		2.3		15.4		3.7	
2	4	9:00	46	107			17				17.1			
		9:15		105			17				17			
		9:45		104			17				17			
		10:00		104			17.2				17			
2	5	13:00	55	97										
		13:20		96.4										
		14:00		94.6										
		14:10		94.6										
3	6	8:20	23	85.5			13.8		4.2				3	
		8:25		85.5			13.7		4.1				3.4	
		8:30		83.6			13.9		3.6				4.1	
		8:45		94.4			15.2		3.5				3.4	
		9:00		87.3			14.8		3.8				3.8	
		9:10		95.8			15.6		3.6				3.6	
3	7	11:30		86.6			15.9		4.8				4.6	
		11:30		94			15.9	0.1	3.8			0.1	3.4	
		11:30		92.2			15.9	0.2	3.8			0.2	3.6	
3	8	13:35		91.4					3.9				3.9	
		14:35		95.3					3.1				2.7	
		14:45		94.2					2.8				2.8	
4	9	8:00		96.8			19.7		3.5		19.7		2.9	
		8:15		96.2			16.2		3.5		16.2		2.8	
		8:20		96.4			17.4		3.4		17.4		2.9	
		8:45		96			16.3		3.4		16.3		2.8	
		9:00		95.7			16		2.6		16		2.8	
4	10	10:00		98			16.4		3.9		16.4		3.9	
		10:10		97.9			16.4		2.9		16.4		2.8	
		10:20		97			15.9		2.9		15.9		2.9	
		10:45		95			15.8		2.9		15.8		2.9	
		11:10		94.6			15				15			
		11:30		98.4			16.1		3.3		16.1		2.9	
4	11	13:05			43		15.6		3.1		15.5		2.7	
		13:15			46.5		15.7		3.1		15.7		2.7	
		13:30			46.3		15.5		3.2		15.5		2.8	
		13:50			46.1		15.2		3.2		15.2		2.9	
		14:00			47.8		16.2		3.1		16.2		3.1	
4	12	8:00		97.3		34.3			3				2.8	
		8:10		102		35			2.8				2.7	
		8:25		102		34.2			2.8				2.6	
		8:50		98		42.6			3				2.9	
		9:00		99.2		33.9			2.9				2.7	
4	13	10:20		107					2.5				2.8	
		11:10		112					2.8				2.8	
		11:30		109					2.8				2.2	
4	14			111										
		13:05		112					2.6				2.4	
				109					2.7				2.5	
1	15	8:20		107			17.2		3.1	1.6	17.2		2.1	1.3
		8:30		104			17.2	0	2		17.2	0.3	2.9	0.6
		8:45		106			16.8	0	2.6	1.7	16.8	0.2	2.9	1.4
		9:00		104			17	0.1	2.3	1.9	17	0.2	2.9	1.1
		9:07		106			17.3	0.1	2.6	1.9	17.3	0.2	3	1.4
		9:10		104			17.6	0.1	2.8	1.9	17.6	0.2	3	1.2

Tabla 2 (continuación)

MEDIDAS SCANMAR CAMPAÑA GRAELLA														
Comunes						Arte estribor				Arte babor				
Rejilla	Pesca	Tiempo	Angulo rejilla	Distanc. puertas	Distanc. peso a puerta	Distanc. calones interiores	Distanc. calones	Distanc. fondo	Abertura vertical	Simetría	Distanc. calones	Distanc. fondo	Abertura vertical	Simetría
1	16	11:15		104			17.1	0.2	1.3	1.3	14.1	0.1	3.7	1.8
		11:25		105			16.2	0.2	3.2	1.8	18.1	0.1	2.5	1.7
		11:35		102			17.4	0	2.6	2	15.8	0	3.2	-0.5
		11:55		105			17.9	0	2.4	1.9	16.1	0.2	3.1	-0.6
		12:15		101			17.4	0.1	2.5	2	15.9	0.3	3.1	-0.6
1	17	12:20		102			17.8	0.1	2.4	1.7	15.6	0.2	3.3	-0.4
		13:30		107			17.1	0.1	3.1		17.6	0	3.1	0.7
		13:35		104			17.2	0.2	2.9		17.3	0.1	3	0.7
		13:50		106			17.6	0.1	3		18.4	0.1	2.9	0.9
		14:00		109			18.1	0.2	2.9		17.9	0.1	2.9	0.9
1	18	14:15		105			16.8	0.4	3		17.6	0.1	2.9	0.8
		14:30		107			18.6	0.1	2.9		17.2	0.1	3	0.8
		7:45		95.4			15.5	0.1	2.8	-0.1	15.8	0	3.4	0
		8:15		100			17.2	0.6	2.4	0.8	15.7	0	2.9	0.1
		8:40		100			16.9	0.3	2.8	1.4	15.2	0	3.2	0.4
1	19	9:00		100			17.6	0.9	2.7	0.9	15.6	0	3.2	0
		9:10		101			17.5	0.1	2.8	0.9	15.1	0	3.1	1.1
		10:10		94.6			17		2.1	0.1	15.4	0.1	3.1	0.1
		11:00		94.9			17.1	0.4	2.6	0.1	15.4	0.1	3	0
		12:45		94.4			16.4	0	3.2	0.4	16.5	0.1	3.3	0.4
2	20	13:00		101			18.8	0.9	2.7	0.1	15.4	0.3	3.2	0.1
		13:10		99.1			17.2	0.2	2.8	0.2	15.6	0.8	3.2	0.2
		13:30		94.3			17.4	0.5	2.7	0.2	15.2	0	3.4	0
		13:45		96.2			15.7	0.5	3	1.1	15.2	0.1	3.2	0.5
		14:00		93.4			16.7	0.2	2.9	0.6	15.1	0.1	3	0.1
3	21	14:10		96.7			18	0.6	2.8	0	15.6	0.1	3.2	0.1
		8:10		108			17.9	0	3.2	-0.4	17.2	0.1	3.2	1.6
		8:20		110			18.1	0.3	2.4	1.4	17.2	0.1	2.6	1.9
		8:45		107			18.3	0.1	2.8	1.1	16.6	0.1	2.7	1.9
		9:00		106			18.6	0.1	2.7	1	16.6	0.1	2.6	1.8
3	22	10:20		96			15.9			0.5	16.6			1
		10:30		110			17.8	0.2	2.6	1.4	17.3	0.1	2.4	1.7
		10:45		112			17.3	0.2	2.5	1.6	18.8	0.1	2.4	1.8
		11:00		111			17.1	0	2.4	1.4	19.1	0.1	2.5	1.3
		12:40		96			17.1	0.1	3.1	0.8	16.4	0.6	3.4	0.6
3	23	12:45		101			17.3	0.4	2.6	0.1	16.6	0.1	2.9	0.1
		13:00		99.1			16.2	0.4	2.4	0.7	16.8	0.3	3.1	0.1
		13:15		101			16.9	0.7	2.5	0.4	16.9	0.1	3.2	0.1
		13:30		99.3				0.2	2.6	0.8	16.5	0.1	3.1	0
		13:45		97.7				0.4	2.5	0.4	16.7	0.1	3.2	0
2	24	14:00		96.9			17.9	0	2.6	0.7	16.4	0.1	3.2	0.2
		8:00		90			15.2	0.1	2.9	0.4	17.2	0.1	3.8	0.4
		8:15		93.8			15.3	0.2	2.8	0.5	16.8	0.1	2.9	0.3
		8:35		90.8			15.1	0.6	2.9	0.9	16.4	0.1	3.2	0
		8:50		89.1			15.8	0.1	2.9	0.9	15.8	0.1	3.1	0.1
3	25	9:00		88.1			16.9	0.1	3.3	0.2	15.9	0.1	3.2	0.3
		9:10		89.6			14.9	0.4	2.9	0.9	16.2	0.1	3.4	0.1
		10:10		94.9			15.1	0.1	2.9	0.3	16.4	0	3.4	0.1
		11:10		97.2			16	0.3	2.8	0.2	16.5	0	2.9	0.2
		11:20		93.8			15.5	0.2	2.8	0.6	16.2	0	2.8	0
		11:30		93.2			15.7	0	2.7	0.6	15.8	0.2	3	0
		11:50		90.6			15.3	0.4	2.2	0.7	16.2	0	2.9	0.2
		12:10		91.1			15.6	0	2.7	0.2	17.3	0	3	0.3
		12:15		90.6			15.5	0.4	2.8	0.5	16.1	0	3.1	0.2

RESULTADOS

Rendimiento de las rejillas en el escape de merluza pequeña (llucet)

La figura 6 expresa la frecuencia de tallas capturadas durante la experiencia. Como puede verse el punto de inflexión que separa la primera moda de talla del resto, está centrado sobre 15 cm de longitud total, por tanto se ha tomado esta medida como separación entre merluza pequeña -llucet- ($LT \leq 15$ cm) y grande -lluç- ($LT > 15$ cm).

El escape de merluza pequeña en las distintas rejillas se refleja en las figuras 7 y 8. En la parte izquierda del gráfico de la figura 7 se observa que los escapes con la rejilla 1 (R1) son, por término medio en 6 lances, de un 50.1 %. Sin embargo la R2, en la parte inferior izquierda del gráfico, tiene un rendimiento superior observándose un escape que por término medio en los 4 lances llega al 92.6%. En la figura 8, se observa que la R3 libera un 62.4% del peso total, mientras que la R4, con malla cuadrada un 55.4. En el caso de la merluza grande podemos ver en las figuras 7 y 8 y en la tabla 3, que prácticamente no existe diferencia entre ambos artes, es decir que las rejillas no ejercen selectividad sobre los ejemplares de mayor talla. Excepto para la malla cuadrada, la cual captura más merluza grande. Los valores negativos indican que la red normal ha capturado más merluza grande que la red con el dispositivo excluidor, sin embargo estos datos no son estadísticamente significativos con lo cual podemos asegurar que la captura de ambos artes ha sido similar.

Como resumen la figura 9 indica comparativamente los rendimientos en peso y número de individuos de las distintas rejillas pudiendo ver que las rejillas R2 y R3 son las más efectivas. R1 tiene mejor rendimiento que R4 en el caso de peso y prácticamente el mismo en caso de número, lo cual indica una mejor selectividad de R1 respecto a R4.

Tabla 3

Porcentaje medio de escape de merluza por tipo de rejilla en kg						
Tipo de rejilla	Merluza pequeña ($LT \leq 15$ cm) %	Número de lances	Media de diferencias (<i>sd</i>)	Merluza grande ($LT > 15$ cm) %	Número de lances	Media de diferencias (<i>sd</i>)
R1	50.1	6	4.3 (5.0)	-5.2	6	2.3 (6.0)
R2	92.6	4	6.1 (1.8)	-9.5	4	0.1 (2.1)
R3	62.4	7	4.6 (3.5)	-3.8	6	0.1 (0.6)
R4	55.4	4	2.4 (1.9)	-22.9	3	0.8 (0.6)

Para comparar estos datos hay que tener en cuenta que no puede darse una desviación estandar debido a que cada lance puede ser muy distinto de sus propias réplicas, en función de si se captura mucha o poca merluza, es decir “de la suerte” del lance.

Selectividad de las rejillas sobre las tallas de merluza

La separación entre las barras de la rejilla selecciona el tamaño de pescado escapado. A partir de las medidas tomadas en el sobrecopo adicional colocado en la rejilla R2, pudo compararse las tallas de las merluzas que atravesaban realmente la malla y las que eran desviadas hacia el copo. Los resultados se muestran en el gráfico de la figura 10. A partir del ajuste de la ecuación podemos decir que la talla donde el 50% de los ejemplares se escapan (L50) es de 18.82 cm de LT, mientras que el rango de escape entre la L25 y la L75 es de 4 cm aproximadamente (entre 16.75 y 20.88 cm).

Por tanto la ecuación logística para la selectividad de la merluza en rejillas de 20 mm de separación será:

$$S(L) = 1 / 1 + \exp (18.82 - 0.533L)$$

Rendimiento de las rejillas sobre otras especies

Aunque el experimento fue diseñado en fondos y época del año coincidentes con la máxima abundancia de la merluza pequeña, también se han podido obtener resultados válidos para otras especies. En los gráficos de la figura 11, puede verse el rendimiento en número de distintas especies sobre ejemplares todos ellos inferiores 15 cm de longitud total (LT). En estos casos, dado que los gráficos se han generado a partir de tallas, todas ellas pequeñas y muy uniformes, podemos considerar que el número de individuos escapado sería también proporcional al peso. En el conjunto de casos puede verse como la rejilla R3 es, en términos generales, más efectiva.

La figura 12 muestra la anchoa (seitó) como caso único en peso debido a que todos los ejemplares eran prácticamente de la misma longitud (14-15 cm) y que prácticamente todos ellos escapan con cualquier rejilla.

DISCUSIÓN

En términos generales podemos afirmar que el uso de rejillas ha representado un porcentaje de escape muy significativo e importante de las especies, más que inmaduras, ilegales, ya que las tallas escapadas corresponden a tallas muy inferiores a las permitidas. También podemos deducir que no solo es importante para la merluza, sino que otras muchas especies, tanto comerciales como de descarte, se beneficiarían de la utilización de las rejillas.

No obstante hay que hacer alguna consideración respecto al conjunto del experimento. En primer lugar los artes utilizados (gemelos), eran artes experimentales, por lo que su rendimiento no es equivalente al de los artes comerciales de la zona. En segundo lugar, cuando el arte trabaja arrastrando por el fondo, levanta gran cantidad de barro que produce reflexión a la luz del foco luminoso del vídeo y no permite filmación alguna. Esto hizo que en los lances que se utilizaba el video, se intentara que el arte arrastrara menos por el fondo, aumentando la velocidad y la flotación, y desplazándose a sustratos más duros. En tercer lugar los fondos variaron entre las isóbatas de 50 y 250 m, lo cual también repercute en la composición de las capturas en el momento de comparar réplicas. Estos factores influyen sin duda en la variabilidad observada entre lances con la misma rejilla. Sin embargo estas consideraciones, si bien pueden tener efecto en la cantidad absoluta de captura, no lo tienen en la calidad de la misma y tampoco en el efecto de las rejillas sobre las especies realmente capturadas. Por tanto, las conclusiones se presentan como totalmente válidas.

Otro aspecto a comentar es la propia variabilidad de las capturas en el Mediterráneo al realizar lances cortos. En estas experiencias con pesquerías multiespecíficas hay que buscar un compromiso entre el tiempo disponible para las pruebas y las réplicas a realizar en función de las diversas rejillas a probar y los fondos a visitar. Por esto la variabilidad entre las capturas realizadas en lances cortos, entendida como “suerte” al capturar una determinada especie que puede permanecer agrupada o no, según su comportamiento en función de la hora del día, del tiempo atmosférico o de las corrientes, influyen en dicha variabilidad. Ello hace que la estadística aplicada no pueda comparar entre lances, sino que cada uno deba ser considerado independiente de los demás.

La malla cuadrada, la cual se ha demostrado que selecciona mejor que la romboidal, es menos efectiva que las rejillas, sin embargo parece que para el pescado grande es más efectiva. A parte de los resultados aquí presentados, los pescadores eran de la misma opinión, lo cual ha conducido a que ya algunas barcas han instado paños de malla cuadrada en sus redes.

Existen resultados registrados de otros países y especies. En todos ellos se ha observado una gran efectividad de las rejillas diseñadas específicamente para cada especie (Anonymous, 1998; Isaksen *et al.*, 1992). Sin embargo es difícil una comparación directa por que varían los sistemas de rejillas y la distancia entre barras, lógicamente diseñados para cada pesquería en particular. No obstante para la mayoría de especies de peces se observan rendimientos de más del 50%. Ercoli *et al.*, (2000), ensayando con merluza

argentina (*Merluccius hubbsi*), encuentran resultados excelentes con una rejilla semejante a la R2, con separación de barras de 36 mm, alcanzando una selectividad del 50% a la talla de 35 cm, muy superior a la ensayada en esta experiencia (20 mm entre barras y 50% de escape a 18.82 cm).

Finalmente, una vez analizados los resultados globales de este informe y a pesar de las consideraciones hechas en las líneas precedentes, las pruebas realizadas han puesto de manifiesto que el sistema de rejillas es práctico, sencillo, eficaz y barato en comparación con el precio total de un arte. Sólo serían necesarias algunas modificaciones técnicas para hacer el sistema más manejable a bordo, lo cual correspondería a las empresas interesadas. Las diferencias observadas con el uso de rejillas, respecto a los artes sin ellas, es suficientemente grande y clara como para poder tener una buena base y certeza de la fiabilidad del método, y afirmar que dichos sistemas son muy eficientes y pueden representar una solución importante para evitar el descarte de especies y tallas no deseadas en determinados fondos.

CONCLUSIONES

- 1) El uso de rejillas separadoras de pescado pequeño, en artes de arrastre en el Mediterráneo, constituye un método eficiente y práctico para evitar la captura y descarte de especies no deseadas (inmaduros, alevines, tallas ilegales), que se puede estimar en más del 50% de escape (entre un 50 y un 90%).
- 2) Al estar la pesquería del Mediterráneo basada en muchas especies, algunas ellas no comerciales, el sistema es beneficioso también para la comunidad en general protegiendo la biodiversidad.
- 3) En el caso de la merluza (*Merluccius merluccius*) el sistema resulta extremadamente eficiente y útil en fondos de entre 50 y 250 m durante todo el año, ya que esta es una especie de puesta prácticamente continua.
- 4) La separación entre barras de 2 cm permite el escape desde el 50% al 90% de longitudes totales inferiores a 18.8 cm, para la merluza pequeña. Esta talla está cerca de la talla legal permitida de captura (20 mm).
- 5) La rejilla R3 (denominada Sort-X) resulta, en general, ser la más eficiente, sin embargo las rejillas planas R1 y R2, tienen rendimientos también elevados.
- 6) La malla cuadrada, si bien presenta notables ventajas sobre la malla romboidal, ha dado peores resultados que las rejillas.
- 7) El sistema de las rejillas es efectivo para la mayoría de especies del área de estudio. Se han obtenido datos positivos de escape para la brótola -bròtola- (*Phycis blennoides*), el jurel -sorell- (*Trachurus trachurus*), salmonete -moll o roger- (*Mullus* sp.), los tríglicos -lluernes- (varias especies) y la anchoa -seitó- (*Engraulis encrasicolus*).
- 8) El sistema de rejillas es práctico, sencillo, eficaz y barato, en comparación con el precio total de un arte. Sólo algunas modificaciones técnicas serían necesarias para hacer el sistema más manejable a bordo, lo cual correspondería a las empresas interesadas.

Futuro

- Ante el giro que la Comunidad Europea está dando hacia la implantación de sistemas selectivos y control de la pesca en el Mediterráneo, correspondería a las administraciones autonómicas y nacionales impulsar el uso de las rejillas separadoras en los artes de arrastre.
- Deberían hacerse pruebas en otros fondos para verificar la eficiencia de las rejillas en otras especies como la cigala o la gamba, y determinar la separación más idónea entre barras para estas especies.
- Debería profundizarse en los materiales de construcción de las rejillas para que fueran flexibles, ligeras y resistentes además de que pudieran enrollarse en la *maquinilla*.

AGRADECIMIENTOS

Financiación:

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Proyecto: PETRI (1995-0497-OP)

CONSELLERIA D' AGRICULTURA, RAMADERIA I PESCA
DIRECCIÓ GENERAL DE PESCA I AFERS MARÍTIMS
GENERALITAT DE CATALUNYA
(DGPAM)

DIRECCIÓ GENERAL DE RECERCA
DEPARTAMENT d'UNIVERSITATS, RECERCA I SOCIETAT DE LA INFORMACIÓ
GENERALITAT DE CATALUNYA

Empresas colaboradoras:

ARTES DE PESCA SALOM, S.L.
Benicarló (Castellón)

MAPSA, MAQUINARIA NAVAL S.A.
Granollers (Barcelona)

HISPANOVA MARINE CANTABRIA, S.L.
El Astillero (Cantabria)

JOSÉ Y VIRGILIO, S.L.
COFRARIA DE PESCADORS DE VILANOVA I LA GELTRÚ
Vilanova i la Geltrú (Barcelona)

CENTRE DE DESENVOLUPAMENT TECNOLÒGIC SARTI
Campus de Vilanova i la Geltrú UPC (Barcelona)

SHARP Electrónica España
San Cugat del Valles (Barcelona)

Productora *RumboSur*
(Barcelona)

Participación:

Balbina Molí
Agustí Julià
Isabel Palomera

BIBLIOGRAFIA

- Abelló, P., J.A. Bertrand, L. Gil de Sola, C. Papaconstantinou, G. Relini and A. Souplet. Mediterranean marine demersal resources: the medits international trawl survey (1994-1999). *Sci. Mar.*. 66 (2): 1-280.
- Anonimous, 1998.- Report of the study group on grid (grete) sorting systems in trawls beam trawls and seine nets. La coruña, Spain. 18-19, april. Fisheries Technology committee. ICES cm. 1998/B:2, 1-36.
- Bas, C.- 2002. El mar Mediterráneo: recursos vivos y explotación. Ariel Ciencia. Barcelona. 518 pp.
- Brigg, R.P. – 1992. An assessment of nets with a square mesh panel as a whiting conservation tool in the Irish Sea *Nephrops* fishery. *Fish. Res.*, 13:133-152.
- Caddy, J.F., and R. Mahon. – 1996. Points de référence en aménagement des pêcheries. FAO Document Technique sur les pêches., 347: 1-101.
- Caddy, J.F., and R.C. Griffiths. Recursos marinos vivos y su desarrollo sostenible. Perspectivas Institucionales y medioambientales. FAO. Doc. Tech. de Pesca 353: 1-191, FAO. Roma.
- Campos, A., P. Fonseca and D. Willeman. – 1996. Experiments with sorting panels and square mesh windows in the portuguese crustacean fishery. International Council for the Exploitation of the Sea. 1-14.
- Cheret, Y., H. Farrugio, A. Jadaud, P. Lespagnol, C. Mellon, M. Gaza, E. Massutí, G. Pomar, P. Pereda and J. Leonart. 2002. Stock assessment of the French-Spanish shared stock of hake (*Merluccius merluccius*) in the gulf of Lions. Working Document N° 6 to the GFC.M SAC Working Group on the Assessment of Demersal Stocks Rome, 27 pp.
- Chopin, F.S., and T. Arimoto. – 1995. The condition of fish escaping from fishing gears-a review. *Fis. Res.*, 21: 315-327.
- Dahm, E., H. Wienbeck., C.W. Valdemarsen and F.G. O'Neill. – 2002. On the influence of towing speed and gear size on the selective properties of bottom trawls. *Fis. Res.*, 55: 103-119.
- Ercoli, R., J. García, L. Salvini, A. Izzo and J. Bartozzetti. – 1997. Manual del dispositivo de selectividad de langostino con doble grilla. Disela II. INIDEP Informe Técnico Interno. 1-7.
- Ercoli, R., L. Salvini, J. García, A. Izzo, R. Roth y J. Bartozzetti. 2000. Manual técnico del dispositivo para el escape de juveniles de peces en las redes de arrastre – DEJUPA- aplicado a la merluza (*Merluccius hubbsi*). INIDEP, Informe Técnico, 39: 16 pp.
- FAO.- 1995. *Código de Conducta para la Pesca Responsable*. FAO. Roma.
- Figuerola P., Sánchez P. & Demestre M. 2001. Preliminar results on megafauna variations due to experimental trawl disturbance. *Rapp.Comm.int.Mer Medit.*, 36:265.

- Halliday, R.G., and C.G. Cooper. – 2000. Size selection of silver (*merluccius bilinearis*) by otter trawls with square and diamond mesh codends of 55-60 mm mesh size. *Fis. Res.*, 49: 77-84.
- Hispanova Marine Cantabria, SA. Representación *Scanmar*. Bernardo Lavín, 31. El Astillero. Cantabria.
- Irazola, M., A. Lucchetti, J. Lleonart, A. Ocaña, J.M. Tapia and S. Tudela. – 1996. La pesca en el siglo XXI. Propuestas para una gestión pesquera racional en Catalunya. Ed. Federación del Transporte 1-289.
- Isaken, B. (Study-group Chairman). ICES working group on fishing technology and fish behaviour. Report for the study group on grid (grate) sorting systems in trawls, beam trawls and seine nets. Fisheries Technology Committee. ICES C.M. 1998/B:2. , 1-36.
- Isaken, B., J.W. Valdemarsen, R. B. Larsen and L. Karlsen. – 1992. Reduction of fish by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. *Fis. Res.*, 13: 335-352.
- Larse, R.B., and B. Isaksen.- 1993. Size selectivity of rigid sorting grid in bottom trawls for Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). ICES. Mar. Sci. symp., 196: 178-182
- Lleonart, J. (Editor). 1993. Northwestern Mediterranean Fisheries. *Scientia Marina*, 57 (2-3): 271.
- Madsen, N., R. Holst and L. Foldager. - 2001. Escape windows to improve the size selectivity in the Baltic cod trawl fishery. *Fish. Res.*, 57: 223-235.
- Mapsa, Maquinaria Naval, SA. Virgen de Núria, 21 Despacho E. 08400 Granollers. Barcelona.
- Oliver, P. 1991. *Dinámica de la población de merluza (Merluccius merluccius L.) de Mallorca (Reclutamiento, Crecimiento y Mortalidad)*. Tesis doctoral. Universidad Islas Baleares. 392 pp.
- Polet, H. – 2002. Selectivity experiments with sorting grids in the North Sea brown shrimp (*Crangon crangon*) fishery. *Fis. Res.*, 54: 217-233.
- Recasens, L. 1992. *Dinàmica poblacional i pesqueria del lluç (Merluccius merluccius) al golf de Lleó i la mar Catalana*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. 398 pp.
- Salom, Artes de Pesca, SL. Carretera N-340, km. 137. 12580 Benicarló. Castellón.
- Sparre, P., E. Ursin and S.C. Venema. – 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 – Manual. FAO Fisheries Technical Paper., 306 (1): 1-337.
- Suuronen, P., J.A. Pérez-Comas, E. Lehtonen and V. Tsechernij. –1996. Size-related mortality of herring (*Clupea arengus* L.) escaping through a rigid and trawl codend meshes. ICES. Journal Of. Marine Science, 53: 691-700.
- Ulmestrand, M. And Per-Olov Larsson. – 1991. Experiments with a square mesh window in the top panel of a *Nephrops* trawl. International Council for the Exploration of the Sea. 1-4.
- Villaseñor Talavera, R. - 1997. Dispositivos excluidores de tortugas marinas. FAO Documento Técnico de Pesca, 372: 1-116.

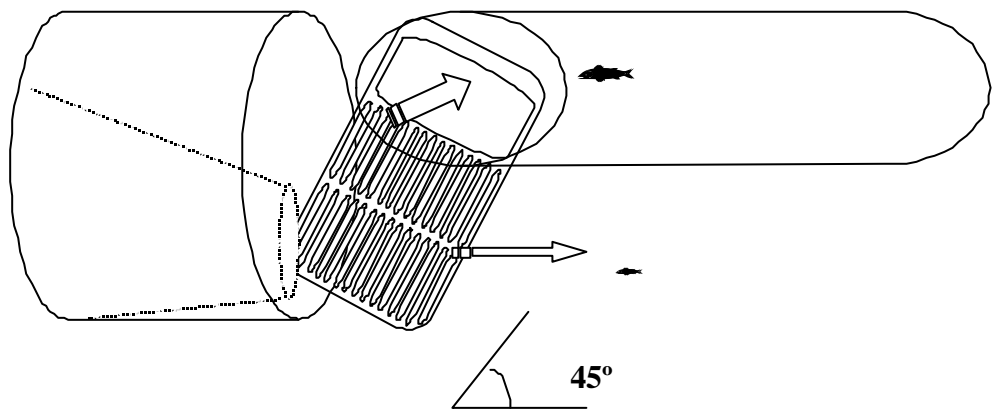
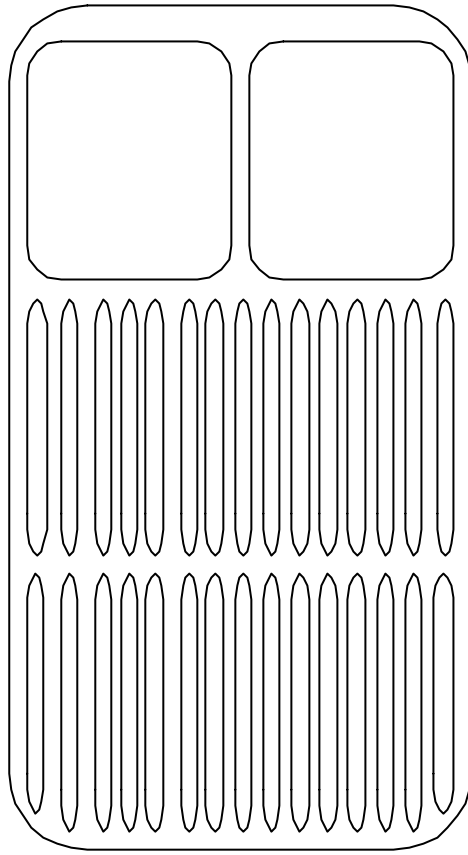


Fig. 1.- Rejilla R1 con escape inferior (20 mm separación entre barras)

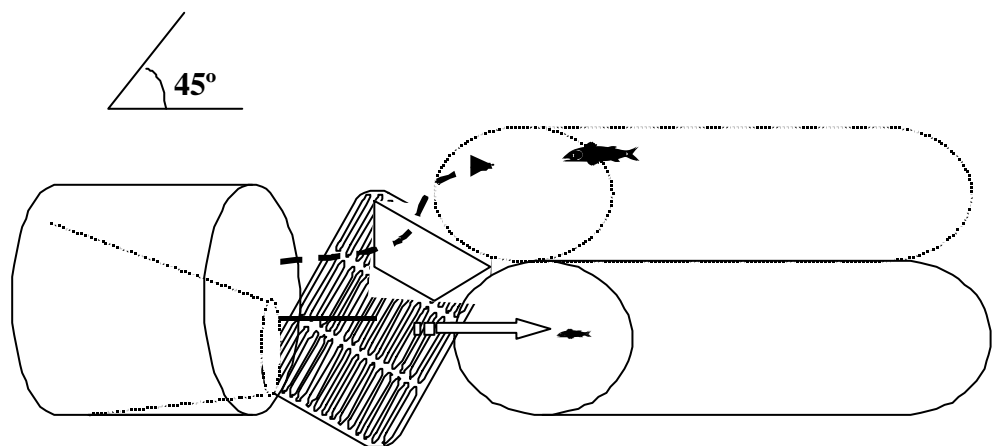
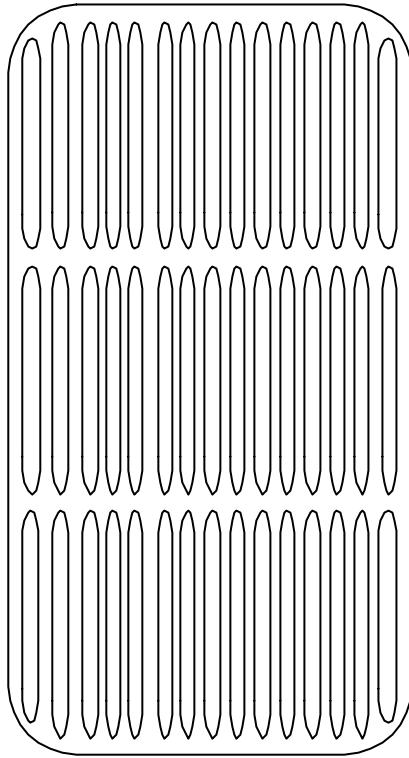


Fig. 2.- Rejilla R2 con escape inferior, desviación de peces grandes por arriba (20 mm de separación entre barras)

Fig. 3.- Rejilla R3 modelo Sort-X de escape por arriba (20 mm de separación entre barras)

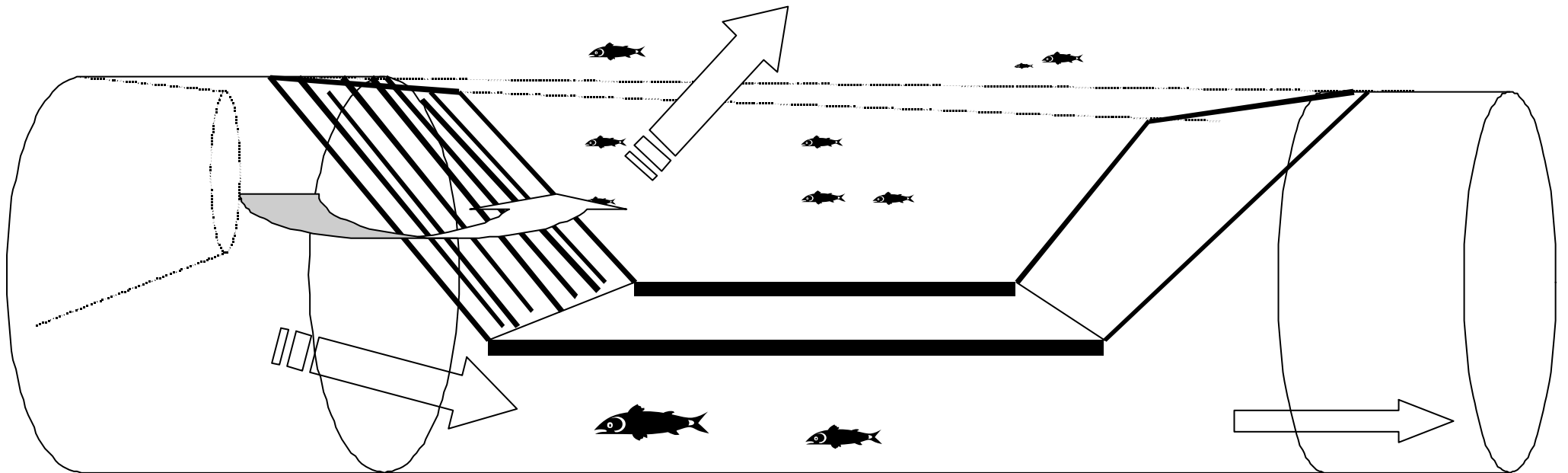
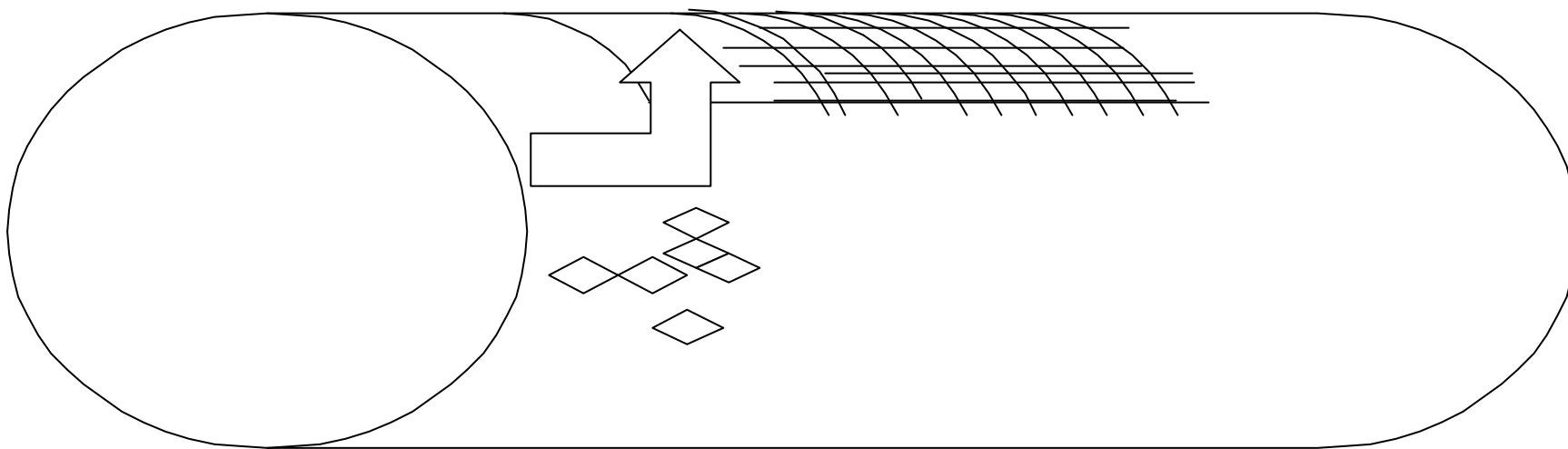


Fig. 4.- Rejilla R4, modelo de malla cuadrada (20 mm de lado de malla)



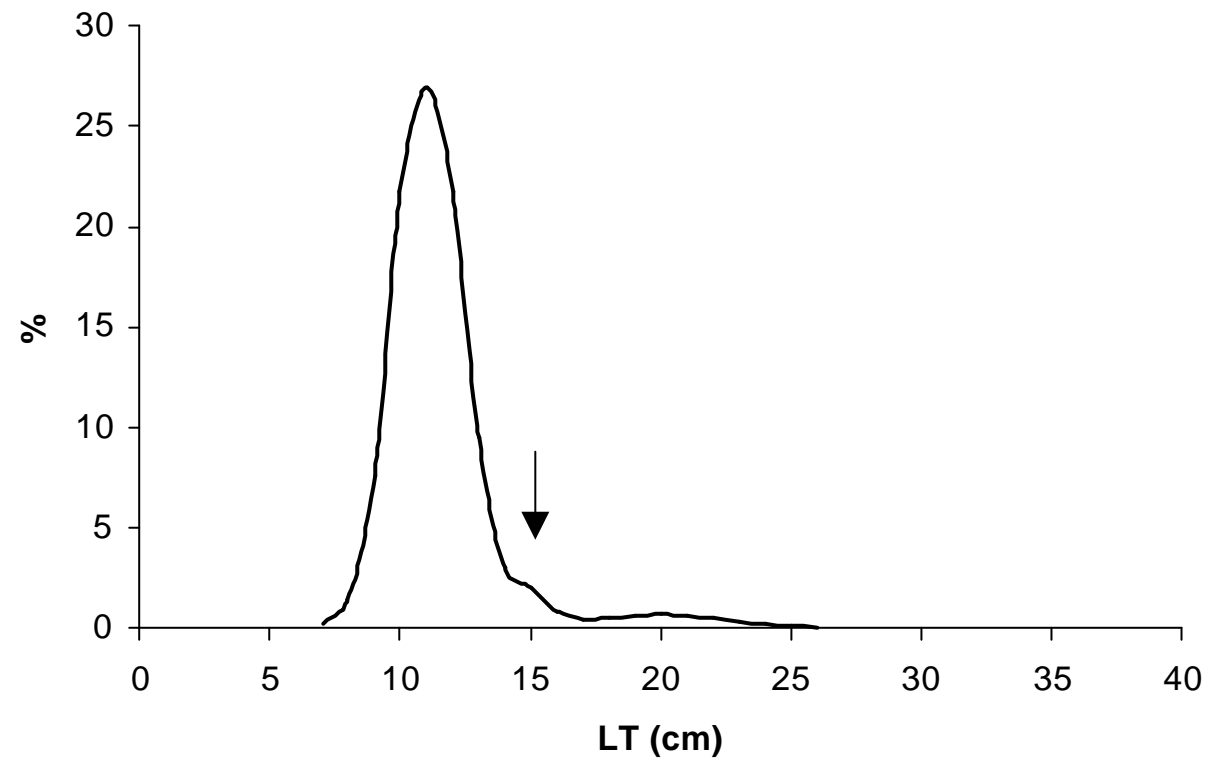


Fig. 6.- Frecuencia de tallas de merluza total capturada durante la campaña GRAELLA

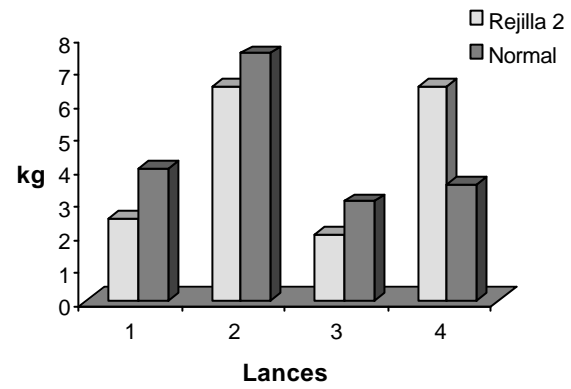
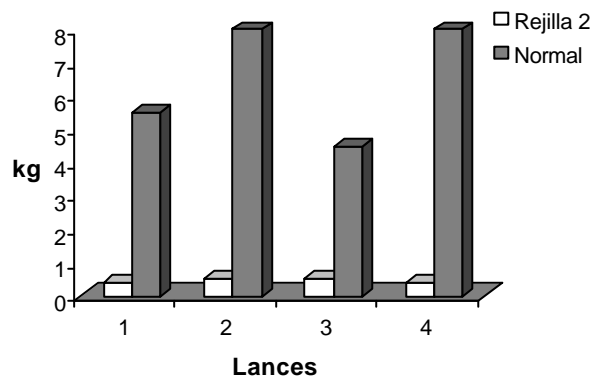
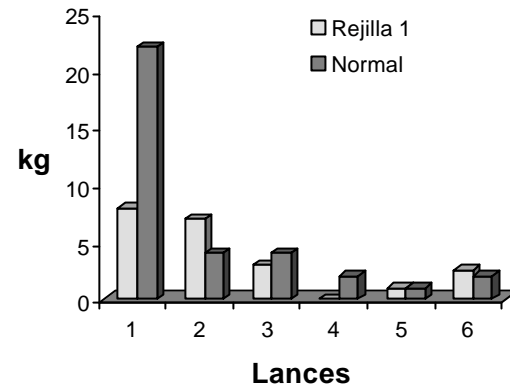
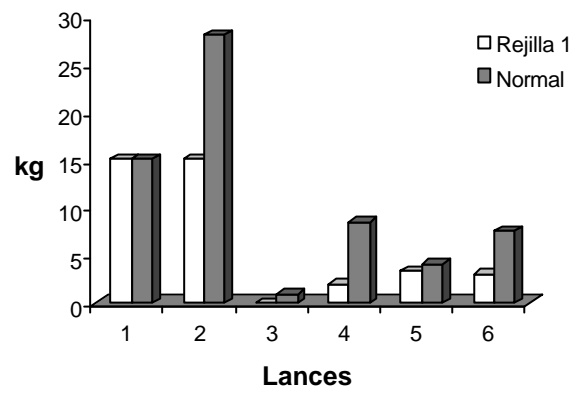


Fig. 7.- Izquierda, escape de merluza pequeña $LT \leq 15$ cm . Derecha, escape de merluza grande superior a 15 cm de LT.

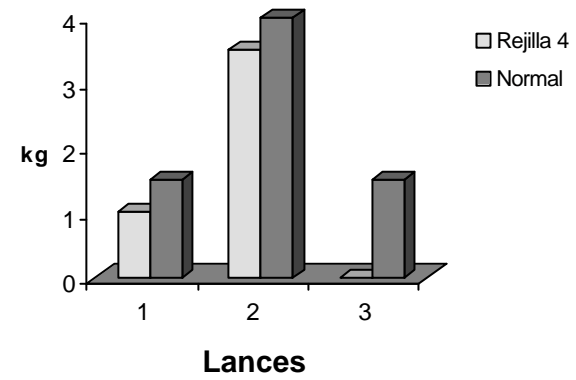
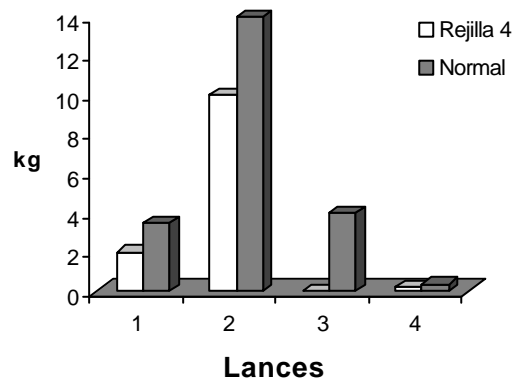
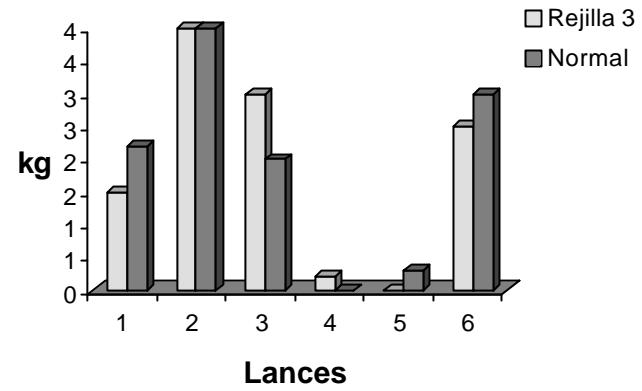
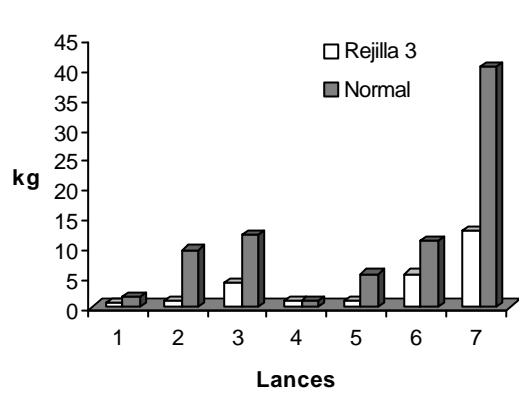


Fig. 8.- Izquierda, escape de merluza pequeña $LT \leq 15$ cm . Derecha, escape de merluza grande superior a 15 cm de LT.

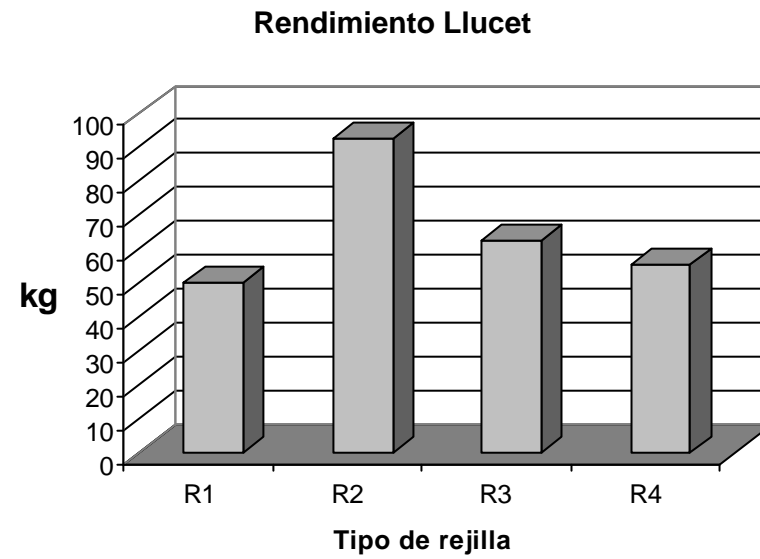
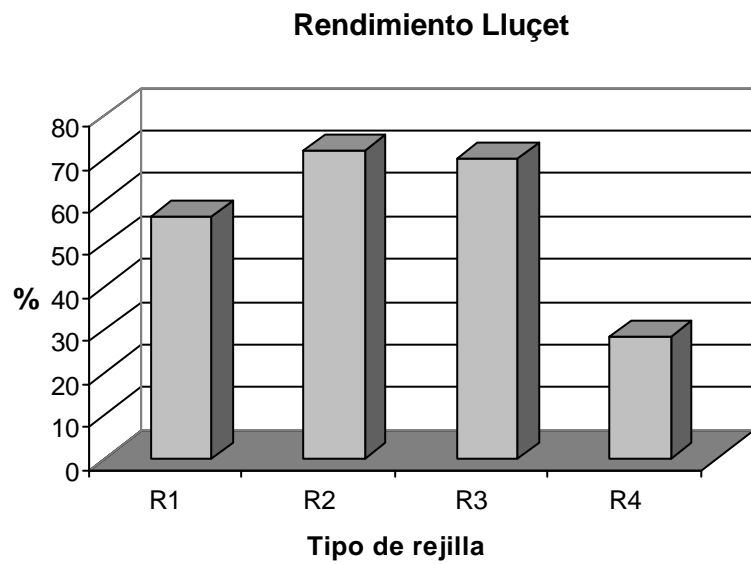


Fig. 9.- Rendimiento medio de escape de merluza pequeña - lluçet - por rejilla, en porcentaje respecto al número de individuos y en peso

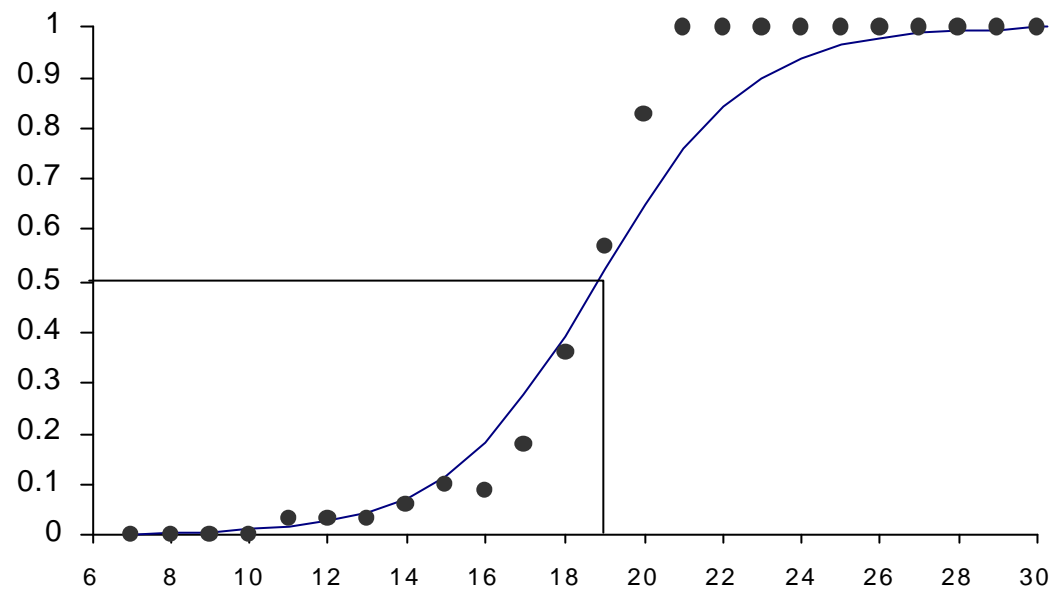
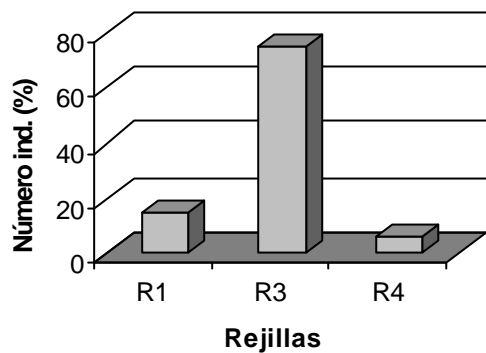
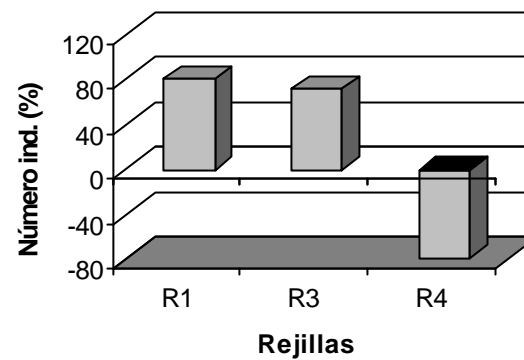


Fig. 10.- Curva de selectividad para la merluza en rejillas con 20 mm de separación entre barras

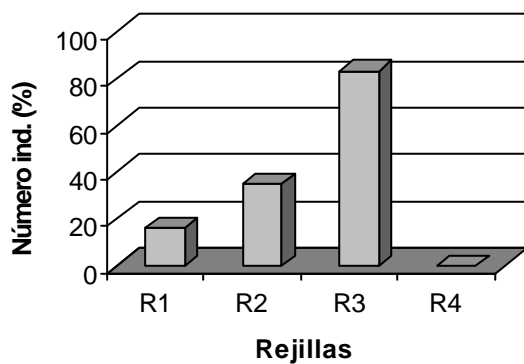
Rendimiento Brótola (N = 1020)



Rendimiento Sorell (N=1540)



Rendimiento Moll (N=461)



Rendimiento Lluerna (N=540)

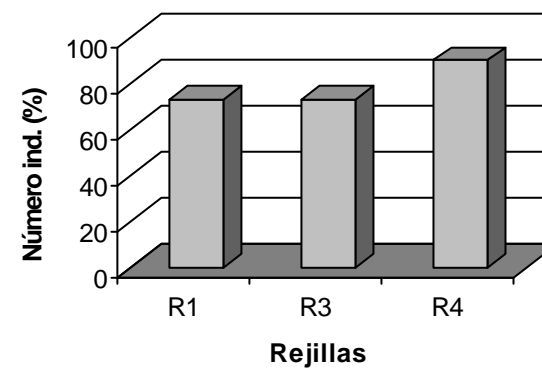


Fig. 11.- Porcentaje de escape para distintas especies. Brótola -brótola-, sorell -jurel-, moll -salmonete- y lluerna -garete, garneo, borracho-

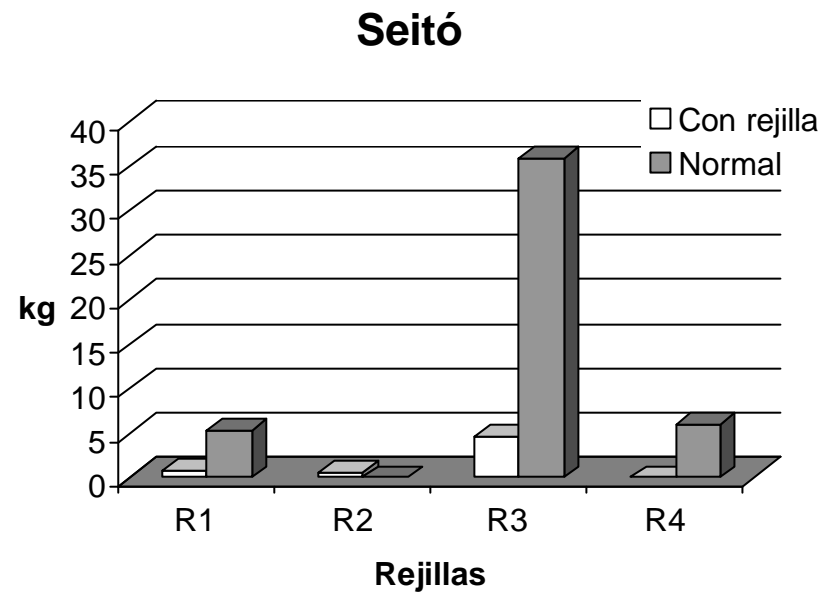


Fig. 12.- Escape medio de anchoa –seitó- por rejilla.



Foto 1



Foto 2



Foto 3

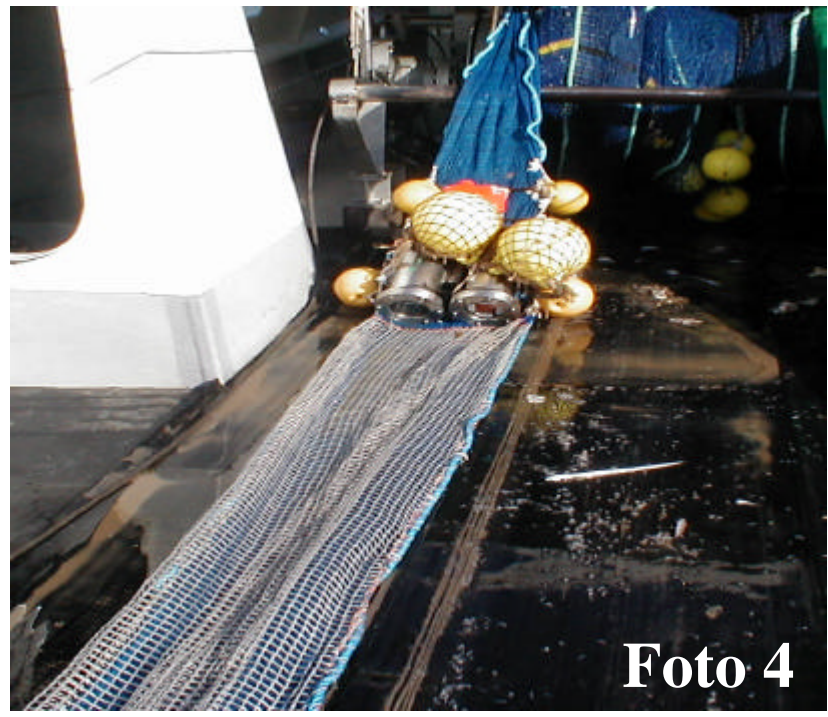


Foto 4