

Un modelo económico para el análisis de la gestión pesquera: aplicación a la pesquería de verdel del País Vasco

Javier García Enríquez^{a*}, Arantza Murillas Maza^b y Josu Arteche González^c

Resumen

En este trabajo se realiza una evaluación de la situación económica de la actividad pesquera de la flota vasca dedicada a la costera del verdel, analizándose el equilibrio de la pesquería desde el punto de vista económico. Para ello, se estiman la función inversa de demanda y la función de costes medios, profundizando de este modo en el conocimiento de los factores que afectan a los precios de primera venta, la forma de producción o la estructura de costes, entre otros. Además, este análisis económico tiene en cuenta la dimensión institucional incorporando las actuales medidas de regulación de la pesquería. Finalmente, se concluye si los incentivos que generan las medidas de gestión y la actual estrategia de los pescadores son óptimos en base al modelo económico estimado.

Palabras clave: estructura de costes, función inversa de demanda, pesquería, verdel, equilibrio económico.

Código JEL: Q21, Q22

^a Dpto. Fundamentos del Análisis Económico II, Universidad del País Vasco UPV/EHU. Avda. Lehendakari Aguirre 83, 48015 Bilbao.

^b AZTI-Tecnalia. Unidad de Investigación Marina, Txatxarramendi Ugarte z/g, 48395 Sukarrieta.

^c Dpto. Economía Aplicada III (Econometría y Estadística), Universidad del País Vasco UPV/EHU, Avda. Lehendakari Aguirre 83, 48015 Bilbao.

*Autor de contacto. Tel.: +34 946017126; fax: +34 946017123; e-mail: javier.garcia@ehu.es

1 Introducción

El estado actual de muchas de las pesquerías europeas que presentan un problema de baja rentabilidad incentiva a los pescadores a capturar la máxima cantidad posible de recurso con el fin de conseguir que la actividad sea económicamente rentable, lo que sucede aun a riesgo de sobreexplotar la especie. Esta situación ha conducido a la flota vasca dedicada a la pesquería del verdel, entre otras flotas europeas, a capturar por encima del Total Admisible de Capturas (TAC) fijado por la administración para este stock. Además, aunque el acceso a la pesquería del verdel o caballa del Nordeste Atlántico (NEAM) está sometido a regulación (TAC, cuotas diarias, etc.), los pescadores se comportan de forma individual, maximizando sus ingresos sin atender a cuestiones relativas a la situación del stock o el rendimiento de la flota en su conjunto, es decir, como si de una situación de libre acceso se tratase. De hecho, la estructura de la función de demanda y de costes podría estar motivando la “carrera” de los pescadores por aumentar sus capturas, y es por ello que este artículo centra su interés en la estimación de un modelo económico para esta pesquería.

41 El origen de los modelos pesqueros en los que se introducen aspectos económicos se
42 podría situar en la década de los años cincuenta. Una revisión rápida de los mismos permite
43 hablar en primer lugar de los modelos estáticos de Gordon (1953, 1954), Scott (1955a, 1955b) y
44 Schaefer (1954a, 1954b, 1957). Si bien estos modelos son muy simples en su planteamiento
45 teórico de la función de demanda y de costes, ya entonces fueron capaces de mostrar en qué
46 medida varía el nivel óptimo (esfuerzo óptimo) de explotación del recurso cuando se tienen en
47 cuenta los parámetros económicos y las condiciones institucionales, introduciéndose conceptos
48 tales como la "sobrepesca económica" y el denominado "equilibrio bionómico (disipación total
49 de la renta)". Más tarde, a comienzos de los años setenta, los modelos estáticos empezaban a dar
50 paso a modelos pesqueros dinámicos, que consideraban la dimensión temporal.

51 El principal objetivo de este artículo es analizar la situación económica de la actividad
52 pesquera de la flota vasca dedicada a la costera del verdel, analizándose para ello el equilibrio
53 de la pesquería a partir de la estimación de la función inversa de demanda y la función de
54 costes. Se profundiza, de este modo, en el conocimiento sobre los factores clave que
55 condicionan el precio en primera venta del recurso analizado, así como sobre la estructura de la
56 forma de producción y de costes de la flota. Así, se comienza identificando y estimando la
57 función inversa de demanda del mercado de primera venta de verdel en el País Vasco, y se
58 utiliza para simular los efectos que, sobre los precios, generan las medidas de regulación de la
59 pesquería que la administración española ha introducido en los últimos años. Seguidamente, se
60 identifica y estima la función de costes de esta pesquería, empleándose sus resultados para
61 conocer, entre otros, la distancia existente entre los precios (expresados a través de la demanda
62 inversa) del verdel y los costes de explotación asociados a la costera de esta especie.
63 Finalmente, se utilizan las curvas estimadas para calcular y analizar el equilibrio económico de
64 la pesquería.

65 La pesquería del verdel ha sido seleccionada como caso de estudio por varios motivos:
66 (i) porque se trata de una de las pesquerías más importantes con las que cuenta la flota de bajura
67 del País Vasco y, en general, tiene una enorme importancia económica y social a nivel
68 internacional (especialmente para los países del arco atlántico europeo: España, Francia y
69 Portugal); (ii) porque la rentabilidad de esta flota es una de las principales preocupaciones que
70 tienen tanto el propio sector como la administración regional, estatal y europea.

71 Aunque los objetivos de toda gestión de pesquerías deben tener en cuenta, además del
72 objetivo económico, un objetivo biológico, social e incluso político, este trabajo se centra en el
73 primero de ellos. No obstante, también se tiene en consideración el objetivo de sostenibilidad
74 biológica marcado por la administración a partir del establecimiento de diferentes medidas de
75 regulación. Sin pretender ser exhaustivos, en la actualidad el stock está sujeto a un plan de
76 gestión a largo plazo, y los científicos recomiendan ejercer un esfuerzo de pesca tal que las
77 capturas se correspondan con el plan. Esta categoría prevalece sobre los criterios del

78 Rendimiento Máximo Sostenible (MSY) y el Principio de Precaución (PA) (ICES, 2010), por lo
79 que será utilizada como referencia para los análisis realizados a lo largo de este trabajo.

80 Este artículo se estructura como sigue. En la segunda sección se presenta el caso de
81 estudio analizado. A continuación, en la tercera sección se presenta el modelo empleado y los
82 resultados obtenidos tras su estimación. El artículo finaliza presentando las principales
83 conclusiones obtenidas.

84 **2 Caso de estudio: el verdel y su gestión actual.**

85 **2.1 *El stock de verdel, y su gestión por TACs.***

86 El verdel o caballa es una especie de escómbrido distribuida en el Mediterráneo y el
87 Atlántico. El ICES considera la existencia de un único stock de verdel del Atlántico Noreste (en
88 lugar de los tres stocks que se diferenciaban con anterioridad), pero con tres componentes
89 geográficos de acuerdo a distintas zonas de puesta: Sur, Oeste y Mar del Norte (ICES, 1996).

90 La pesquería del NEAM está sometida a planes anuales de gestión a través de Totales
91 Admisibles de Capturas (TACs) y de cuotas de pesca. Aunque el ICES suministra consejo
92 sobre la explotación permisible para el conjunto de distribución del NEAM, este consejo se
93 traslada a dos TACs: uno para el área Norte (ICES IIa, IIIabd, IV, Vb, VI, VIIIabde, XII y XIV)
94 y otro para el Sur (divisiones VIIIc y IXa).

95 Dada su gran importancia económica y social a nivel internacional, la pesquería del
96 verdel es actualmente una de las más valoradas en la UE. En la Tabla 1 se recogen las
97 principales variables de la pesquería internacional. Las capturas medias anuales de esta especie
98 desde el año 1989 al 2011 fueron de 687.000 toneladas, aunque con notables diferencias entre
99 los distintos años. Por su parte, en lo que se refiere a la distribución de éstas por países, en los
100 años más recientes la mayoría de las capturas corresponden a las flotas de Noruega y Reino
101 Unido (25% de la captura total), mientras que otros países como Dinamarca, Irlanda, Holanda,
102 Rusia y España también capturan cantidades significativas (entre el 5 y 10% de la captura total).

103

104

105

106

107

108
109

Tabla 1. Capturas y TACs (en miles de toneladas) de las pesquerías internacional, española y vasca de verdel.*

Año	TAC internacional ¹	Capturas todas áreas (landings+discards)	TAC sur	Capturas área sur VIIIc y IXa (España+Portugal+Francia)	Capturas España	Capturas País Vasco
1989	532	590	36.6	18.3	16.6	5.9
1990	562	628	36.6	21.3	17.9	8
1991	612	668	36.6	20.8	22	11
1992	707	760	36.6	18	17.2	9
1993	767	825	36.6	19.7	20.9	11
1994	837	821	36.6	25	27.1	13.5
1995	645	756	36.6	27.5	29.2	14.1
1996	452	564	30	34.1	33.4	15.6
1997	470	570	35	40.7	46.5	24.1
1998	549	667	35	44.2	44.6	15.8
1999	562	640	35	43.8	45.9	22.2
2000	612	739	39.2	36.1	38.3	18.2
2001	670	737	40.2	43.2	44.1	23.3
2002	683	773	41.1	49.6	50.1	18.6
2003	583	670	35	26	23.8	6.7
2004	532	650	32.3	34.8	34.5	15.5
2005	422	543	24.9	49.6	52.8	23.9
2006	444	473	26.2	52.8	54.1	18.1
2007	502	579	29.6	62.8	62.9	24.5
2008	458	611	27	59.9	64.6	29.1
2009	643	735	35.8	107.7	114.1	49
2010	839	869	33.9	52.1	52.84	20
2011	916	939	29.6	19	21	5

¹ Todas las áreas excepto algunas capturas en aguas internacionales en la subárea II.

* Fuente: elaboración propia a partir de datos del ICES (ICES, 2012) y de la base de datos de pesquerías de AZTI-Tecnalia.

110

111 Aunque en la Tabla 1 se presentan las capturas totales (para todas las áreas) de España y
 112 del País Vasco, el stock más importante para la flota española en general, y la vasca en
 113 particular, es el que se le asigna en la zona sur, donde se suelen realizar más de un 90% de sus
 114 capturas totales. Sobre el total del TAC de la zona Sur, a España le corresponden, a través del
 115 principio de estabilidad relativa, el 82% del total, asignándose el resto a Portugal y, en mucha
 116 menor medida, a Francia. La evolución del TAC Sur muestra un descenso desde 41.100
 117 toneladas correspondientes al año 2002 hasta las 29.600 toneladas del año 2011. Sin embargo, a
 118 pesar de que durante estos últimos años el recurso no ha estado en su mejor momento, la flota
 119 vasca (y la española, en general) han llegado a capturar, dependiendo del año, cantidades muy
 120 por encima de lo asignado en la cuota a partir del TAC, como puede observarse en la Tabla 1.

121 Así, las capturas españolas de los últimos años han llegado a doblar (e incluso triplicar en 2009)
122 el TAC asignado. Más aún, en 2008 y 2009, únicamente las descargas de la flota vasca
123 rebasaron por sí solas todo el TAC español, lo que demuestra el estado de sobreexplotación al
124 que ha sido sometido el stock.

125 Por su parte, en cuanto a la importancia de la actividad pesquera en puertos vascos sobre
126 el conjunto español, ésta ha supuesto una media del 43% del total de las descargas de la flota
127 española en el período 1989-2011, lo que configura a la flota vasca como la más importante de
128 las que faenan a verdel en España.

129 **2.2 Límites por zona, modalidad y día.**

130 Establecidos los límites globales por el TAC y la cuota española, ese límite se reparte
131 para cada una de las modalidades de pesca en base a una combinación entre caladero en el que
132 está inscrito el barco y el arte de pesca con el que opera. La idea fundamental es la de evitar que
133 un cierto arte de pesca con alta capacidad de explotación reduzca las posibilidades de pesca de
134 otra(s) modalidad(es), agotando ella sola la cuota española. De este modo se permite que cada
135 una de las modalidades tenga la posibilidad de pescar, al menos, el porcentaje que le
136 corresponde, pero no evita que en el mercado se genere una interacción entre las descargas que
137 realizan los diferentes artes.

138 Adicionalmente a la limitación por el TAC, la cuota y el reparto por modalidad, existen
139 unos límites por día que limitan las descargas. Estos límites deben ser entendidos desde la
140 perspectiva de actuar sobre el mercado, no sobresaturándolo en un día dado, con el fin de que en
141 términos globales el precio sea mayor, y que modalidades con poca capacidad de pesca no vean
142 su precio reducido debido a las grandes descargas de modalidades con alta capacidad de pesca.
143 De esta forma, para los años 2008 (segundo semestre) y 2009 (Orden ARM/2091/2008) se
144 establece una limitación de capturas diarias.¹ La normativa anterior es derogada para la costera
145 de 2010 por las órdenes ARM 271/2010 y ARM/1054/2010, en las cuales se regula de forma
146 más explícita el stock (véase Sección 3.1.3). Finalmente, en 2011 (Orden ARM/3315/2010) se
147 introduce, de forma complementaria y por mandato europeo, un nuevo cupo diario por
148 embarcación.²

149 **2.3 La pesquería de verdel desarrollada por la flota vasca**

150 En el País Vasco las modalidades de pesca de bajura, líneas de mano y cerco
151 principalmente, son las más importantes para la captura del verdel. Asimismo, cantidades poco

¹ Capturas de 20.000 kg/buque para el caso del arrastre con puertas, 30.000 kg/buque para el caso del arrastre a la pareja, 1.500 kg/tripulante para el caso de buques de cerco y 1.000 kg/tripulante para el resto de las modalidades (enmalle, líneas de mano y palangre).

² Cupo de 8.000 kg/barco para el caso de buques de cerco y arrastre de fondo y de 2.300 kg/barco para el caso de los buques de artes menores.

152 significativas de esta especie se descargan también por embarcaciones de enmalle y palangre de
153 fondo. En total las embarcaciones de líneas y cerco con puerto base en el País Vasco
154 representan entre el 90% y el 95% de las descargas de verdel efectuadas en los puertos vascos
155 (el resto de descargas proceden de embarcaciones con puerto base en Cantabria, Asturias y
156 Galicia, principalmente). Por su parte, las capturas de arrastre de fondo han aumentado en más
157 de un 200% desde el comienzo de la última década. Así, hasta el año 2001 esta flota
158 desembarcó cantidades de caballa/verdel que sólo ocasionalmente superaban las 6 000 t., frente
159 a descargas medias para la flota artesanal y de cerco de aproximadamente 20 000 y 16 000 t,
160 respectivamente. A partir del año 2002 se empiezan a igualar los desembarcos por artes.

161 Las embarcaciones de líneas de mano y cerco dedicadas a la pesquería del verdel tienen
162 una elevada importancia en el conjunto de la actividad pesquera desarrollada por la flota de
163 bajura del País Vasco. Así, el verdel es la especie más importante en cuanto a desembarcos en el
164 País Vasco (por todas las modalidades de pesca), representando entre el 36% y el 48% del
165 volumen total de todas las especies descargadas por la flota de bajura vasca en el período 2001 a
166 2008 (en el año 2003 este porcentaje se reduce a un 14% debido a los cierres temporales que
167 sufrió la pesquería tras el hundimiento del petrolero Prestige). En términos de ingresos la
168 pesquería del verdel es la tercera más importante, y representa aproximadamente el 11% de los
169 ingresos totales de la flota de bajura (reduciéndose a un 5% en el año 2003), siendo el bonito del
170 norte y la anchoa las especies más cotizadas. No obstante, esta pesquería representa una vía de
171 ingresos variable dependiendo de la actividad total de cada barco a lo largo del año (las
172 embarcaciones cambian de oficio³ a lo largo del año). Así, la flota vasca de líneas de mano
173 obtiene entre un 22% y un 40% de sus ganancias anuales de esta pesquería, si bien para los
174 barcos que no van al curricán en verano (modalidad que aporta un 40% del total de los ingresos
175 de esta flota) el porcentaje de ganancia atribuible a esta pesquería es mayor. Además, con la
176 crisis de la anchoa de los últimos años este porcentaje ha llegado en algún año al 45%. Por su
177 parte, para la flota al cerco y cebo vivo del País Vasco esta pesquería reporta entre un 6% y un
178 18% de sus ganancias anuales, variando en función de las capturas de bonito, anchoa y
179 cimarrón. Finalmente, el verdel reporta a los arrastreros, aproximadamente, entre un 1% y un
180 15% de sus ganancias anuales, variando en función de sus capturas de merluza y otras especies.

³ Se entiende por oficio (o métier) a un grupo de operaciones de pesca que tienen por objeto la captura de especies (o conjuntos de especies) similares con artes similares durante el mismo período del año o en la misma zona, y que se caracterizan por modelos de explotación similares.

181 **3 Especificación del modelo y análisis empírico**

182 **3.1 Especificación empírica y estimación de la función de demanda**

183 En esta subsección se pretende conocer los factores que afectan a los precios de primera
184 venta del verdel en el País Vasco. Para ello, y dada la rigidez típica de la oferta en mercados de
185 productos perecederos, el interés se centra en la función inversa de demanda. Una vez obtenida
186 la función de demanda de este mercado, se analiza si la estrategia de maximización de ingresos
187 vía capturas que tradicionalmente ejercen los pescadores es justificable en base a la eficiencia
188 económica. Asimismo, se analiza si el actual plan de gestión puede contribuir al objetivo de
189 incremento de la rentabilidad vía precios.

190 **3.1.1 Fuente de datos y procesamiento de la información**

191 Las fuentes de datos empleadas en este trabajo son la base de datos de pesquerías de
192 AZTI-Tecnalia (BD de pesquerías de AZTI-Tecnalia) y las notas de primera venta
193 proporcionadas por el Gobierno Vasco, que suministran información de cada subasta de
194 pescado. En concreto, se utiliza la información recopilada durante el año 2007. La razón de no
195 haber usado más años es, de una parte, la falta de información detallada y, de otra, el hecho de
196 que el año 2007 fue el último año en el que la pesca no estuvo sujeta a ninguna regulación que
197 tuviera por objeto incidir sobre el componente económico de la pesquería (Sección 2).

198 Tras el procesamiento de la información, la base de datos que se utiliza en este trabajo se
199 compone de 4292 registros, que suponen el 98% del total de las capturas que recogía la BD de
200 pesquerías de AZTI-Tecnalia para el año 2007 (24.000 t de las 24.500 t totales.). Estos registros
201 representan las descargas diarias de cada barco en función de la talla del recurso.

202 **3.1.2 Forma funcional, estimación e interpretación**

203 La demanda (su función inversa) es una función que relaciona el precio (p_i) con la
204 cantidad (q_i) de forma

$$205 \quad p_i = a + bq_i + \varepsilon_i,$$

206 donde a , b son parámetros desconocidos y ε_i una perturbación aleatoria. Además de la
207 cantidad, a la hora de realizar un estudio empírico de la función inversa de demanda, se deben
208 tener en cuenta otras variables que inciden en el proceso de formación de precios, y que
209 dependerán del mercado concreto que se está analizando.

210 En este trabajo, la función inversa de demanda del verdel se estima suponiendo que la
211 oferta no responde al precio, sino que es completamente inelástica. En los mercados de
212 productos perecederos, donde el producto no puede ser almacenado, la cantidad suele ser tratada

213 como exógena, por lo que el precio viene únicamente determinado por la demanda (véase, por
214 ejemplo, Huang, 1988, Barten y Bettendorf, 1989 o Eales *et al.*, 1997). Asimismo, todas las
215 regulaciones e intervenciones de las autoridades (TAC, control de esfuerzo pesquero, limitación
216 de entrada de barcos, etc.) también ayudan a que el precio no sea un factor en la determinación
217 de la oferta total, sino que ésta venga determinada por factores ajenos al mercado (Asche y
218 Hannesson, 2002 y Herrmann y Criddle, 2006). Por todo ello, las pesquerías se encuentran entre
219 los pocos casos de la literatura económica donde las funciones inversas de demanda son
220 consideradas alternativas plausibles a los sistemas de oferta-demanda simultáneas (Gorman,
221 1959).

222 El mercado del verdel no es ajeno a las argumentaciones anteriores. Normalmente, la
223 oferta diaria total no suele atender a la demanda, excediendo incluso el límite diario fijado por la
224 administración. Esto es debido a que la estrategia de los pescadores suele ser la de maximizar el
225 volumen de capturas, provocando la saturación del mercado diario.

226 Para identificar la función inversa de demanda se han de definir, además de la cantidad,
227 todas aquellas otras variables que influyan en el precio que los compradores en puerto
228 (mayoristas en origen, principalmente) están dispuestos a pagar por el bien. Se prueban
229 numerosas variables como el tamaño del recurso, la modalidad de pesca, la época de pesca, el
230 puerto de descarga o la zona de pesca. De las variables mencionadas, la época de pesca, la
231 modalidad de pesca y el tamaño del recurso resultan significativas y se incluyen, por lo tanto, en
232 la especificación de la función. Por su parte, las variables zona de pesca y puerto de descarga,
233 aunque también resultan significativas para algunas categorías, están muy relacionadas con la
234 modalidad, por lo que la bondad del ajuste apenas mejora.

235 En relación a la época de pesca, el verdel es una especie cuyas capturas se realizan
236 principalmente durante una época concreta del año a la que se denomina la "costera del verdel".
237 Así, parece adecuada la introducción de una variable que recoja el diferente comportamiento
238 que se espera del mercado en costera frente al resto del año. Este efecto se recoge a través de la
239 variable ficticia siguiente:

$$240 \quad Cost_i = \begin{cases} 1 & \text{si observación } i \text{ pertenece a época costera} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases},$$

241 donde la época de costera se extiende del 1 de febrero al 20 de abril (BD de Pesquerías de
242 AZTI-Tecnalia⁴).

⁴ Se adopta este período de costera tras observar minuciosamente la evolución de las descargas en 2007. No obstante, se prueban períodos alternativos, no variando los resultados.

243 Respecto a la modalidad de pesca, ésta influye en la frescura y calidad de las capturas y,
244 en menor medida, en el canal de comercialización de esta especie. Las principales modalidades
245 de pesca para esta especie son: cerco, líneas de mano, arrastre, arrastre litoral y enmalle. Para
246 recoger las diferencias entre ellas se toma como base el arte de cerco, y se consideran las
247 siguientes variables ficticias:

$$248 \quad Mod_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si observación } i \text{ pertenece a modalidad } j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases},$$

249 donde $j = 1, 2, 3, 4$ representan a las modalidades de enmalle, líneas de mano, arrastre y arrastre
250 litoral, respectivamente.

251 Por último, en lo referente al tamaño del pez, se observan diferencias notables en
252 precios en función de la talla (mayor precio cuanto más grande es el recurso). El efecto de la
253 talla del recurso en su precio se contempla a través de una variable ficticia que se basa en una
254 clasificación de las capturas en 4 tamaños⁵: verdel, verdel pequeño, verdel mediano y verdel
255 grande. Bajo la etiqueta "verdel" se agrupa al recurso descargado y subastado que los biólogos o
256 bien desconocen qué tamaño tiene o bien es una mezcla de tamaños. Se adopta como base
257 "verdel" y se introducen, por tanto, 3 variables ficticias, una por cada tamaño:

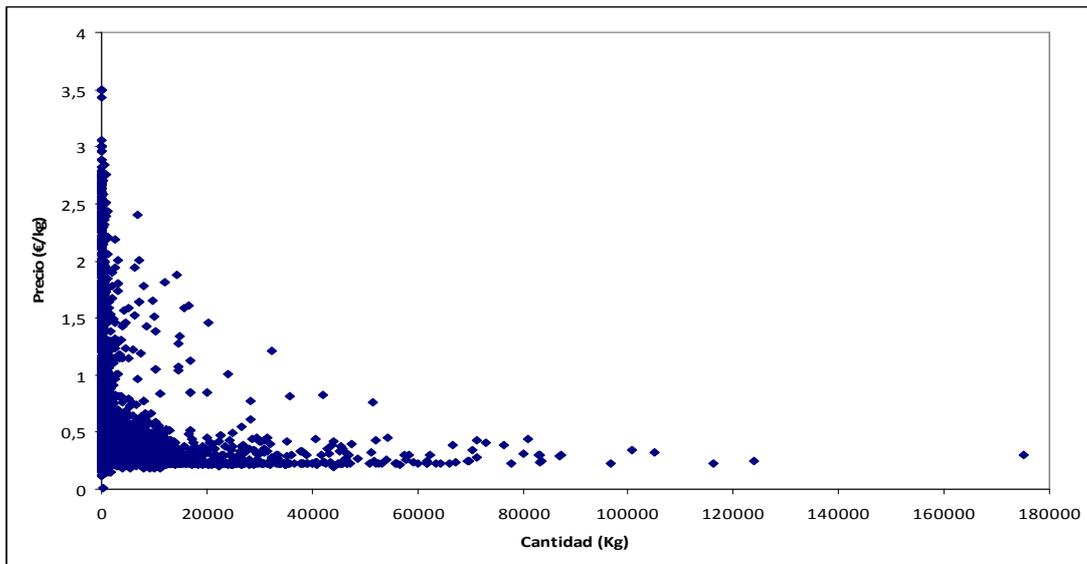
$$258 \quad Tam_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si observación } i \text{ pertenece al tamaño } j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases},$$

259 donde $j = 1, 2, 3$ representan a los tamaños pequeño, mediano y grande, respectivamente.

260 En la Figura 1 se representa la descarga diaria de cada barco frente al precio medio por
261 kilogramo (euro/kg) que alcanzó dicha descarga en la subasta. Como puede observarse, la
262 relación no es lineal, sino más bien logarítmica. De hecho, es habitual que las variables se
263 expresen en logaritmos, posibilitando que los coeficientes sean interpretados como elasticidades
264 y reduciendo los problemas que pueda causar una posible presencia de heterocedasticidad. No
265 obstante, dado que en algunos de los modelos especificados en este trabajo se encuentra cierta
266 evidencia de heterocedasticidad, para posibilitar la realización de inferencia basada en Mínimos
267 Cuadrados Ordinarios (MCO en adelante), se utilizará una estimación de la matriz de varianzas
268 y covarianzas consistente bajo heterocedasticidad (White, 1980).

⁵ La BD de pesquerías de AZTI-Tecnalia recoge la información de las descargas por tamaño. A partir de la misma los biólogos han hecho un análisis de clasificación en estas cuatro categorías.

269 **Figura 1.** Precios vs cantidades de verdel



270

271 Así, se realiza una regresión del logaritmo de los precios sobre un intercepto, el
 272 logaritmo de las cantidades, y una serie de variables ficticias que reflejan la época de pesca, la
 273 modalidad de pesca y el tamaño del pez. Además, pudiera ser que la elasticidad cambiase en
 274 función de alguna de estas variables ficticias, por lo que se introducen los productos de éstas
 275 con el logaritmo de la cantidad. De todas ellas encontramos significativas las variables que
 276 recogen elasticidad cambiante para el caso de la época y de la modalidad de pesca, pero no así
 277 para el tamaño del recurso, resultando como modelo a estimar el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \log(p_i) = & \beta_0 + \beta_1 \log(q_i) + \beta_2 Cost_i + \beta_3 Mod_{i1} + \beta_4 Mod_{i2} + \beta_5 Mod_{i3} + \beta_6 Mod_{i4} + \beta_7 Tam_{i1} \\
 278 & + \beta_8 Tam_{i2} + \beta_9 Tam_{i3} + \beta_{10} \log(q_i)Cost_i + \beta_{11} \log(q_i)Mod_{i1} + \beta_{12} \log(q_i)Mod_{i2} \\
 & + \beta_{13} \log(q_i)Mod_{i3} + \beta_{14} \log(q_i)Mod_{i4} + \varepsilon_i.
 \end{aligned}$$

279 Por su parte, las cantidades de posibles bienes sustitutivos, tradicionalmente empleadas
 280 en este tipo de estudios, no se incluyen debido a que, según García-Enríquez (2012), el verdel
 281 no tiene sustitutivos. Asimismo, otras variables que pueden ser relevantes a la hora de explicar
 282 la formación de precios, como puede ser el orden en que se subastan los lotes de verdel
 283 descargados, no se incluyen porque esta información no es recogida por ningún organismo.

284 En la Tabla 2 se presentan los resultados de la estimación del modelo propuesto. El
 285 ajuste muestra que todas las variables resultan significativas a excepción de la modalidad
 286 enmalle que, sin embargo, se decide no suprimir para reflejar un cuadro completo de los
 287 distintos artes de pesca. Dado que se observa evidencia en contra de la hipótesis de
 288 homocedasticidad (contrastes típicos como el de White o el de Breusch-Pagan rechazan la
 289 hipótesis nula de homocedasticidad con p-values <0.00001), se utiliza, tal y como se ha
 290 comentado anteriormente, una estimación de las desviaciones típicas del estimador MCO que es
 291 robusta ante heterocedasticidad. Por su parte, en lo que respecta a la bondad del ajuste, el modelo

292 llega a explicar el 59.07% de la variabilidad total del logaritmo de los precios (58.94% si se usa
 293 el R^2 ajustado).

294 **Tabla 2.** Estimación MCO de la función inversa de demanda

Parámetro	Estimación	Desviación típica	Estadístico t	P-value
β_0	0.2563	0.0751	3.4133	0.0006
β_1	-0.0810	0.0111	-7.2815	<0.0001
β_2	-0.3603	0.0704	-5.1159	<0.0001
β_3	-0.0418	0.0841	-0.4966	0.6195
β_4	0.8011	0.0927	8.6372	<0.0001
β_5	-0.2975	0.1291	-2.3037	0.0213
β_6	0.3559	0.1076	3.3082	0.0009
β_7	-0.9303	0.0917	-10.1438	<0.0001
β_8	-0.2033	0.0536	-3.7906	0.0001
β_9	0.1638	0.0350	4.6787	<0.0001
β_{10}	-0.0580	0.0117	-4.9695	<0.0001
β_{11}	0.1253	0.0193	6.4805	<0.0001
β_{12}	-0.0769	0.0105	-7.3076	<0.0001
β_{13}	0.0902	0.0193	4.6739	<0.0001
β_{14}	0.0503	0.0153	3.2983	0.0010

295
 296 A continuación, se realiza una interpretación del modelo explicando cómo varían los
 297 precios esperados ante cambios en las diferentes variables:

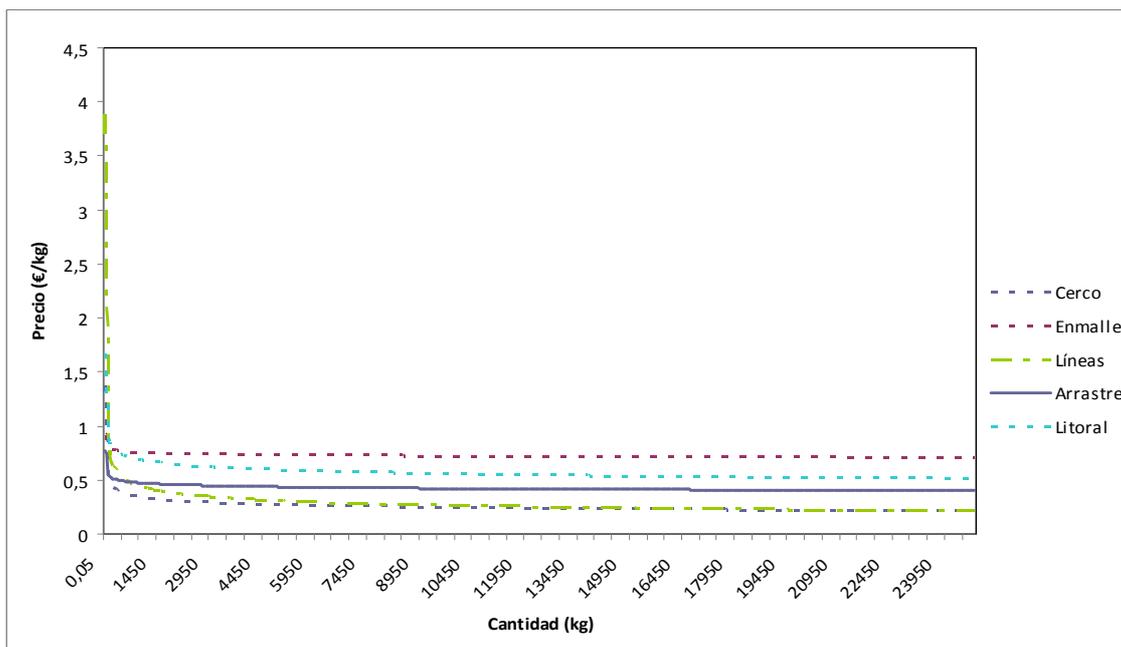
298 **Tamaño.** El precio esperado del verdel de tamaño "pequeño", "mediano" y "grande" es un 93%,
 299 un 20% menor y un 16% superior, respectivamente, que el precio esperado del de tamaño
 300 "verdel". Estos valores indican que, a mayor tamaño del pez, mayor precio se espera que estén
 301 dispuestos a pagar los compradores en origen.

302 **Época.** Hay que considerar dos efectos: el primero es el que se da por el hecho de pasar de no
 303 costera a costera (bajada de los precios esperados de un 36%); el segundo efecto depende de la
 304 cantidad, y se traduce en una bajada adicional del precio en costera del 0.06% por cada unidad
 305 porcentual que se incrementa la cantidad demandada. El hecho de que para una misma cantidad
 306 los precios en costera sean inferiores que en no costera se debe, probablemente, a que la
 307 posibilidad de comprar a otros pescadores (sustituir un vendedor por otro) es mucho mayor en
 308 costera que fuera de temporada. Además, los compradores saben que en costera va a haber

309 verdel en el mercado, por lo que no comprar un día no supone ningún problema, puesto que
310 pueden hacerlo en un entorno temporal muy próximo.

311 **Modalidad.** Al igual que sucede con la época, también hay que considerar dos efectos. El
312 primer efecto se da en el nivel de precios esperados que, en relación al cerco, disminuye un 4%
313 y un 30% para los casos de enmalle y arrastre, respectivamente; y aumenta, para las
314 modalidades de arrastre litoral y líneas de mano, un 35% y un 80%, respectivamente. Por su
315 parte, el segundo efecto tiene que ver con el incremento de precios esperado cuando varía la
316 cantidad demandada en una unidad porcentual. En concreto, respecto al cerco se espera una
317 subida de precios adicional del 0.12%, 0.09% y 0.05% para los casos de enmalle, arrastre y
318 arrastre litoral, respectivamente; y una bajada del 0.08% para el caso de líneas de mano, lo que
319 lleva a que, para cantidades grandes, el precio de cerco llegue a superar el de líneas, a pesar de
320 que este último parte de un nivel más alto para cantidades pequeñas. Así, a continuación se
321 muestran los efectos sobre la curva de demanda de considerar las diferentes modalidades para el
322 caso de costera (Figura 2), que es el más relevante. Se hace para un tamaño "verdel", aunque se
323 podría hacer para otros tamaños y la ordenación no cambiaría, debido a la constancia de la
324 elasticidad respecto al tamaño. Para cantidades cercanas a cero, la modalidad para la que los
325 compradores están dispuestos a pagar más es líneas, seguida de arrastre litoral, cerco, enmalle y
326 arrastre. Sin embargo, en cuanto se aleja ligeramente de cero y los lotes son más grandes, las
327 diferentes elasticidades cambian la relación y, de mayor a menor precio, se converge a la
328 siguiente ordenación: enmalle, arrastre litoral, arrastre, cerco y líneas. Nótese, sin embargo, que
329 el precio de cerco no supera el de líneas hasta pasados los lotes de 20.000 kg, los cuales apenas
330 se dan bajo la modalidad de líneas (3 registros de un total de 2245), por lo que se puede concluir
331 que el precio que se alcanza con líneas es normalmente mayor que con cerco. Esto se debe,
332 probablemente, a una mejor percepción de la calidad del pescado capturado con líneas por parte
333 de los compradores, resultado del tratamiento del pescado (tanto durante la maniobra de pesca
334 como durante su manipulación a bordo).

335 **Figura 2.** Funciones de demanda por modalidad en costera



336

337 **Cantidad** (elasticidad de la demanda $-\varepsilon_D$)⁶. La elasticidad estimada ($\hat{\varepsilon}_D$) depende de la
 338 modalidad y de la época de la siguiente forma:

339
$$\hat{\varepsilon}_D = -0.0810 - 0.0580Cost_i + 0.1253Mod_{i1} - 0.0769Mod_{i2} + 0.0902Mod_{i3} + 0.0503Mod_{i4}.$$

340 Las elasticidades, por tanto, varían en función de la modalidad y de la época. Por ejemplo, en
 341 época de costera (la más relevante en cuanto a volumen de descargas), las distintas elasticidades
 342 se muestran en la Tabla 3 junto con el p-value asociado a los contrastes de significatividad.

343

Tabla 3. Elasticidades por modalidad en costera

	$\hat{\varepsilon}_D$	p-value
Cerco	$-0.0810-0.0579=-0.1389$	<0.001
Líneas de mano	$-0.0810-0.0579-0.0769 = -0.2158$	<0.001
Enmalle	$-0.0810-0.0579+0.1253 = -0.0136$	0.491
Arrastre	$-0.0810-0.0579+0.0902 = -0.0487$	0.010
Arrastre litoral	$-0.0810-0.0579+0.0503 = -0.0886$	<0.01

344 Teniendo en cuenta los resultados de los contrastes de significatividad al 5% para las
 345 diferentes elasticidades-precio se puede afirmar que, en período de costera, ante incrementos en
 346 la cantidad demandada de un 1%, se produce una reducción del precio para todas las
 347 modalidades de pesca excepto para enmalle, cuyos precios no se ven afectados por la cantidad

⁶Nótese que, en este caso, como en lugar de trabajar con la función de demanda se trabaja con su inversa, las elasticidades se interpretan cómo respuestas de los precios dispuestos a pagar por los compradores ante variaciones en las cantidades demandadas.

348 descargada. En concreto, los precios se reducen 0.14%, 0.21%, 0.05% y 0.09% para las
349 modalidades de cerco, líneas, arrastre y arrastre litoral, respectivamente. No obstante, dado el
350 limitado número de observaciones existentes para enmalle y arrastre, los resultados para dichas
351 modalidades deben ser tomados con cautela.

352 **3.1.3 Efectos de la gestión en la pesquería.**

353 Haciendo uso de la estimación realizada de la función de demanda, en esta subsección
354 se analizan los efectos que en términos de rentabilidad de la flota tiene la introducción de un
355 cupo diario. Así, a partir del año 2008 y hasta el año 2010⁷, se introduce dicho cupo o límite
356 diario de capturas por pescador con la intención de evitar la saturación del mercado diario y
357 conseguir un incremento del precio. El objetivo es comprobar si dicha medida permite
358 incrementar la rentabilidad a partir de un menor volumen de capturas y si logra incidir sobre el
359 precio del mercado diario, para lo que se tiene en cuenta la normativa del año 2010.

360 Si se hubiese establecido en el año 2007 un cupo similar al fijado en 2010⁸, las capturas
361 hubieran representado algo más de 18.000 toneladas, es decir, en torno a un 74% del volumen
362 total descargado en 2007. Para los casos en los que los cupos se definen en función del número
363 de marineros (líneas de mano y enmalle), se toma el número promedio de tripulantes de 7 y 4
364 para las modalidades de líneas de mano y enmalle, respectivamente (AZTI-Tecnalia).
365 Finalmente, para el caso de cerco, se ha de mencionar que los cálculos se han realizado sin tener
366 en cuenta que la normativa les permite acumular capturas bajo ciertas condiciones⁹.
367 Comparando las capturas reales de 2007 (expresadas en toneladas) con aquellas que se hubieran
368 realizado si se hubiese establecido un cupo como el de 2010, se obtiene que las modalidades de
369 cerco y líneas de mano verían reducidas sus capturas en un 39% y 11%, respectivamente. Para
370 el resto de modalidades la reducción sería más moderada, no superando en ningún caso el
371 umbral del 4%.

372 A continuación, se compara el precio medio real -bajo no cupo- del recurso (por
373 modalidad y época de pesca) en 2007 con el precio medio derivado de la función inversa de

⁷ A partir de 2011 se aplica un nuevo cupo en conjunto con otras medidas de gestión, como una adaptación de la cuota española hasta el año 2015 por los excesos de explotación cometidos en 2010.

⁸ Los cupos diarios por modalidad para 2010 son los siguientes: arrastreros de fondo individual 18.000 kg/día (36.000 kg/día en el caso de parejas); cerqueros de más de 100 GT 18.000 kg/día, y los de menos de 100 GT 9.000 kg/día, limitándose a los de menos de 50 GT a 700 kg/día en el segundo semestre del año; por último, líneas y enmalle se acogen a una limitación de 1000 kg/tripulante y día.

⁹ "En el caso de que las dificultades meteorológicas impidan a los buques de esta modalidad, por sus especiales características, salir a la mar algunos días laborables en el transcurso de una misma semana, se les permitirá acumular a los restantes días de la misma las cantidades no capturadas, con arreglo al baremo diario establecido, pero en ningún caso podrán superar los 90.000 kg/buque y semana para buques de más de 100 GT y los 45.000 kg/buque y semana para buques de menos de 100 GT" (Orden ARM/271/2010)

374 demanda bajo regulación con cupo. A modo de ejemplo en la Tabla 4 se presentan los
 375 resultados para el caso de tamaño "verdel", obteniéndose resultados cualitativamente similares
 376 para el resto de tamaños.

377 **Tabla 4.** Capturas medias diarias (en kg) por barco bajo no cupo y cupo y precios asociados (en
 378 euros) por modalidad

Costera					
	kg no cupo	€/kg no cupo	kg cupo	€/kg cupo	Incremento precios
Cerco	13330	0.2394	8514	0.2549	0.0155
Líneas de mano	3872	0.3271	3312	0.3385	0.0114
Arrastre litoral	7677	0.5739	7350	0.5762	0.0023
Arrastre	1319	0.4680	1319	0.4680	0
Enmalle	105	0.7921	105	0.7921	0

No costera					
	kg no cupo	€/kg no cupo	kg cupo	€/kg cupo	Incremento precios
Cerco	416	0.8005	314	0.8188	0.0183
Líneas de mano	233	1.2066	233	1.2066	0
Arrastre litoral	1343	1.4828	1343	1.4828	0
Arrastre	1777	1.0354	1769	1.0354	0
Enmalle	23	1.4126	23	1.4126	0

379

380 En época de no costera únicamente variaría el precio/kg del verdel descargado por la
 381 flota de cerco, que se incrementaría en algo menos de dos céntimos de euro. Para el verdel
 382 capturado por el resto de flotas se mantendría su precio, ya que las restricciones de los cupos no
 383 les afectarían. Por su parte, en época de costera, el cupo afecta especialmente a las modalidades
 384 de cerco y líneas de mano, que verían incrementados los precios en algo más de un céntimo por
 385 kg. En lo que se refiere a la modalidad de arrastre litoral, que en media descarga algo más que el
 386 máximo permitido por el cupo, también experimentaría un incremento del precio que recibe de
 387 un cuarto de céntimo de euro. Finalmente, las modalidades de arrastre y enmalle, dado que no
 388 excedían sus cupos, no observarían modificación en el precio. Así, el efecto del cupo sobre los
 389 precios (y, por lo tanto, sobre la rentabilidad) habría sido nulo (o casi nulo) para las flotas de
 390 arrastre, arrastre litoral y enmalle, teniendo unos efectos muy limitados para el caso de las
 391 modalidades de cerco y líneas de mano. La flota de cerco es, sin duda, la más afectada por la
 392 regulación vía cupo, ya que lo excede tanto en época de costera como en no costera. Las
 393 reducciones a las que se vería obligada serían de hasta casi un 40%, lo que llevaría a unos
 394 incrementos máximos en precios de entre 1.5 y 2 céntimos de euro por kg en función de la
 395 época. En consecuencia, en base a lo anterior se justifica la estrategia de los pescadores de

396 capturar lo máximo posible- Asimismo, la evidencia empírica (BD de pesquerías de AZTI-
397 Tecnalia) muestra que para las costeras para las cuales se introduce esta medida (años 2008 a
398 2010) el efecto sobre el nivel de precios ha sido prácticamente nulo, corroborándose a nivel
399 empírico los resultados del análisis aquí realizado para el año 2007.

400 **3.2 Especificación empírica y estimación de la función de costes**

401 El principal objetivo de esta subsección es la definición empírica y estimación de la curva
402 de costes medios asociada a la pesquería del verdel. Una vez estimada esta función se pretende
403 conocer si la habitual estrategia de los pescadores, maximizando sus ingresos vía capturas,
404 representa un óptimo desde el punto de vista económico. Asimismo, es importante conocer si,
405 dadas las funciones de demanda y costes de la pesquería del verdel, su actual plan de gestión
406 contribuye al objetivo de sostenibilidad del recurso, de la flota y de su actividad. Esto último se
407 realizará en la siguiente subsección.

408 **3.2.1 Fuente de datos y procesamiento de la información**

409 La información relativa a los costes anuales de las embarcaciones que intervienen en la
410 costera del verdel se obtiene a partir de la información recopilada de diferentes fuentes
411 (Gobierno Vasco y sector pesquero, principalmente) y disponible en AZTI-Tecnalia.

412 El análisis de la estructura de costes de las embarcaciones permite identificar tres
413 grandes partidas: a) costes de personal, b) costes de combustible y c) otros costes de
414 mantenimiento y reparación.

415 Dado que la función de demanda estimada para 2007 utiliza datos de carácter diario, se
416 opta por estimar también una función de costes diaria para ese mismo año. Sin embargo, las
417 encuestas a través de las cuales se suele obtener la información relativa a los costes son de
418 carácter anual. Esto conlleva la necesidad de calcular qué parte de los costes totales se puede
419 asignar a la costera del verdel, ya que la mayoría de las embarcaciones vascas realizan una
420 sucesión de oficios a lo largo del año y, en consecuencia, descargan otras especies distintas del
421 verdel (por ejemplo, la flota artesanal vasca puede llegar a descargar más de 60 especies
422 diferentes en un año).

423 Para llevar a cabo la asignación de costes a la costera se aplican una serie de criterios
424 recogidos por Prellezo (2011). La aplicación de dichos criterios requiere una clasificación
425 previa de los diferentes conceptos de gasto antes de su agrupación en las tres grandes partidas
426 antes citadas. Esta clasificación se realiza del siguiente modo: (1) costes de personal asociados
427 al pago a la tripulación -dependientes de las capturas-, (2) costes de personal que no recibe la

428 tripulación -independientes de las capturas-, (3) costes variables, (4) costes fijos y (5) costes de
429 combustible.¹⁰

430 Una vez hecha esta clasificación, los criterios que se aplican se exponen a continuación

431 i. Para los epígrafes 1 y 3 se asigna a la costera un porcentaje igual a la proporción que sobre
432 los ingresos totales por pesca supone la especie.

433 ii. Para los epígrafes 2 y 4 se asigna a la costera un porcentaje igual a la proporción que sobre
434 la temporada de pesca anual de la embarcación (en meses), supone la duración de la costera
435 de la especie (en meses)¹¹.

436 iii. Para el epígrafe 5 la asignación parte de la aplicación del criterio ii a cada una de las
437 embarcaciones. A continuación, se ponderan las cifras obtenidas por el porcentaje que las
438 descargas de verdel en costera (1 febrero-20 abril) suponen sobre el total de descargas de
439 todas las especies en ese mismo período.

440 De este modo se dispone de la información de los costes totales durante la costera del verdel, así
441 como de su desglose en las tres grandes partidas de costes previamente identificadas: costes de
442 personal (suma de epígrafes 1 y 2), costes de combustible (epígrafe 5) y otros costes de
443 mantenimiento y reparación (suma de epígrafes 3 y 4). A continuación, dividiendo dichos costes
444 por el esfuerzo pesquero (medido en este trabajo como número de mareas) se obtienen los
445 costes diarios asociados a la costera del verdel¹².

446 **3.2.2 Forma funcional, estimación e interpretación**

447 A diferencia del caso de la función de demanda, aquí se estima una única ecuación, ya
448 que no se dispone de suficientes observaciones para hacer distinciones por modalidad. No
449 obstante, las principales diferencias en costes entre modalidades se suelen dar en la cantidad de
450 fuel consumida, que también depende a su vez del tamaño y potencia del barco. Por ello, como
451 se verá a continuación, el cálculo del índice de precios del fuel tendrá en consideración la eslora
452 y la potencia del buque.

453 A continuación, se expresan las partidas de costes en función de las variables cantidad,
454 precio, y precio de los diferentes insumos productivos (siguiendo a Bjorndal y Gordon, 2001,
455 Nostbakken, 2006 o Lazkano, 2008 entre otros). En particular, se adoptan las siguientes

¹⁰ Aunque en Prellezo (2011) se detalla una sexta partida denominada costes de cofradía se decide incluir ésta dentro de costes variables, ya que una parte de este tipo de costes suele depender de las capturas.

¹¹ Dado que la costera se prolonga durante 3 meses (febrero, marzo y abril), se cuenta cuántos de esos meses salieron a pescar verdel cada uno de los buques, por lo que su duración se considerará de 1, 2 ó 3 meses dependiendo del barco.

¹² Las descargas fuera de costera son residuales. En 2007 representaron en torno a un 4% del total de capturas.

456 definiciones para obtener unos índices de precio y cantidad para las tres grandes partidas de
457 costes ya identificadas:

458 1) Costes de personal.

459 a) Proxy de la cantidad: número medio de marineros a tiempo completo.

460 b) Proxy del precio: coste de personal dividido entre el número medio de marineros a
461 tiempo completo, es decir, lo que cuesta tener contratado a un marinero un día de
462 costera de verdel.

463 2) Costes de combustible.

464 a) Proxy de la cantidad: se utiliza la propuesta de Lazkano (2008), esto es,
465 $potencia^{0.5} eslora^{0.5}$, donde la potencia es medida en caballos de vapor y la eslora en
466 metros.

467 b) Proxy del precio: $\frac{gasto\ en\ fuel}{potencia^{0.5} eslora^{0.5}}$.

468 3) Otros costes de mantenimiento y reparación (resto de costes).

469 a) Proxy de la cantidad: promedio de capturas diarias en costera.

470 b) Proxy del precio: otros costes divididos entre el promedio de capturas diarias en costera
471 (en kg), es decir, lo que cuesta en términos de otros costes capturar un kg de verdel.

472

473 Una vez calculados los índices de precios de los insumos productivos, se especifica la
474 forma funcional a estimar. Dada su gran flexibilidad, la forma funcional tradicionalmente más
475 utilizada ha sido la translogarítmica (véase, por ejemplo, Bjorndal y Gordon, 2001, Nostbakken,
476 2006 o Lazkano, 2008. Así, el modelo a estimar es el siguiente:

477
$$\ln c_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^3 \alpha_j \ln p_{ji} + \alpha_q \ln q_i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \sum_{h=1}^3 \alpha_{jh} \ln p_{ji} \ln p_{hi} + \sum_{j=1}^3 \alpha_{jq} \ln p_{ji} \ln q_i + \frac{1}{2} \alpha_{qq} \ln^2 q_i + \varepsilon_i, \quad (1)$$

478 donde, para una cierta embarcación i , c_i es el coste/kg capturado; p_{1i} , p_{2i} y p_{3i} los índices de
479 precios de personal, fuel y otros costes de mantenimiento y reparación, respectivamente; y q_i la
480 cantidad media diaria descargada.

481 Si la función de costes que subyace se asume continua, por el Teorema de Young se
482 debe cumplir que $\alpha_{jh} = \alpha_{hj} \quad \forall j, h$, por lo que el número de parámetros de (1) se reduce, en
483 este caso, de 18 a 15.

484 La función de costes debe, en todo caso, cumplir una serie de propiedades que se
485 resumen a continuación: (i) homogénea de grado 1 en los precios, (ii) no decreciente en los
486 precios de los insumos, (iii) cóncava y (iv) continua en precios. Aunque en el caso aquí
487 analizado no se utiliza propiamente una función de costes, sino una de costes medios, la

488 comprobación de las anteriores propiedades en la curva de costes medios asegura su
 489 cumplimiento en la curva de costes totales.

490 Mientras la propiedad (i) es tradicionalmente impuesta en el modelo por medio de las
 491 siguientes restricciones:

$$492 \quad \sum_{j=1}^3 \alpha_j = 1, \quad \sum_{h=1}^3 \alpha_{jh} = 0 \quad \text{y} \quad \sum_{j=1}^3 \alpha_{jq} = 0,$$

493 el cumplimiento del resto de propiedades se comprueba sobre el modelo estimado¹³.

494 Haciendo uso del lema de Shephard se obtienen, de la función de costes, las ecuaciones
 495 de demanda óptima de factores o ecuaciones de participación de los factores (s_1, s_2 y s_3). La
 496 forma de obtener las ecuaciones de participación es mediante el cómputo de la derivada parcial
 497 del coste medio (su logaritmo en este caso) respecto del logaritmo del precio de los distintos
 498 factores productivos:

$$499 \quad s_1 = \frac{\partial \ln c_i}{\partial \ln p_1} = \alpha_1 + \alpha_{11} \ln p_{1i} + \alpha_{12} \ln p_{2i} + \alpha_{13} \ln p_{3i} + \alpha_{1q} \ln q_i, \quad (2)$$

$$500 \quad s_2 = \frac{\partial \ln c_i}{\partial \ln p_2} = \alpha_2 + \alpha_{22} \ln p_{2i} + \alpha_{12} \ln p_{1i} + \alpha_{23} \ln p_{3i} + \alpha_{2q} \ln q_i, \quad (3)$$

$$501 \quad s_3 = \frac{\partial \ln c_i}{\partial \ln p_3} = \alpha_3 + \alpha_{33} \ln p_{3i} + \alpha_{13} \ln p_{1i} + \alpha_{23} \ln p_{2i} + \alpha_{3q} \ln q_i. \quad (4)$$

502 Así, dada la relación existente entre la ecuación de costes y las ecuaciones de
 503 participación, se espera que las perturbaciones de las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) estén
 504 relacionadas, por lo que es habitual en la literatura considerarlas como un sistema de ecuaciones
 505 de regresión aparentemente no relacionadas (SURE en adelante). Sin embargo, teniendo en
 506 cuenta que las participaciones de los factores suman uno, una estimación conjunta de las cuatro
 507 ecuaciones provoca singularidad en la matriz de varianzas y covarianzas conjunta de las
 508 perturbaciones, por lo que se excluye una de las ecuaciones de participación del sistema. La
 509 ecuación de demanda excluida en este trabajo es la referida al factor de producción “otros costes
 510 de mantenimiento y reparación”, es decir, la (4), aunque la eliminación de cualquier otra no
 511 alteraría los resultados siempre que se estime por máxima verosimilitud o, en su defecto, por
 512 FGLS iterados, que convergen a máxima verosimilitud. En este trabajo se opta por la segunda
 513 opción, obteniendo estimadores consistentes y relativamente más eficientes que los que se
 514 obtendrían de la estimación por OLS de un modelo formado únicamente por (1).

¹³ La comprobación de la propiedad de continuidad es trivial. Al estar trabajando con una función logarítmica se sabe que ésta es continua en todo su dominio, es decir, para todo precio estrictamente positivo.

515 En la Tabla 5 se presentan los resultados de la estimación de la ecuación (1), realizada
 516 del modo descrito anteriormente. En cuanto a los parámetros estimados se refiere, éstos resultan
 517 todos significativos al 5%, excepto el referente al producto cruzado entre el logaritmo de la
 518 cantidad y el logaritmo del precio del fuel. Por otro lado, es reseñable el hecho de que los signos
 519 de los coeficientes sean los que la teoría económica predice. En concreto, se obtienen costes
 520 medios crecientes con los precios de los insumos (propiedad ii) y decrecientes con las capturas
 521 hasta cierta cantidad y crecientes después. En particular, la derivada parcial de $\ln c_i$ respecto de
 522 $\ln q_i$ es

$$523 \quad \frac{\partial \ln c_i}{\partial \ln q_i} = -0.4368 + 0.0777 \ln q_i - 0.0933 \ln p_1 + 0.0162 \ln p_2 + 0.1095 \ln p_3.$$

524 Sin embargo, domina el tramo decreciente debido a que una parte importante de los costes
 525 totales son fijos, evitando de este modo que la función de costes medios estimada presente una
 526 clara forma de U.

527 **Tabla 5.** Estimación de la función de costes medios

Parámetro	Estimación	Desviación típica	Estadístico t	P-value
α_0	1.2829	0.4038	3.1772	0.0028
α_1	0.3218	0.0702	4.5815	<0.0001
α_2	0.3570	0.0826	4.3225	<0.0001
α_3	0.3212	0.0616	5.2096	<0.0001
α_q	-0.4369	0.1071	-4.0794	0.0002
α_{11}	0.1714	0.0113	15.2057	<0.0001
α_{12}	-0.0589	0.0102	-5.7798	<0.0001
α_{13}	-0.1125	0.0074	-15.1443	<0.0001
α_{22}	0.1091	0.0125	8.7396	<0.0001
α_{23}	-0.0502	0.0073	-6.8433	<0.0001
α_{33}	0.1627	0.0079	20.6832	<0.0001
α_{1q}	-0.0933	0.0094	-9.8949	<0.0001
α_{2q}	-0.0162	0.0105	-1.5393	0.1311
α_{3q}	0.1095	0.0095	11.4700	<0.0001
α_{qq}	0.0778	0.0156	4.9763	<0.0001

528

529 Para que la función de costes medios sea cóncava en los precios (propiedad (iii)) es
 530 condición necesaria y suficiente que la matriz Hessiana (H en adelante) sea semidefinida
 531 negativa. Siguiendo a Diewert y Wales (1987) esta matriz se construye del siguiente modo:

532
$$H = A - \hat{s} + ss'$$

533 donde

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln^2 p_{1i}} & \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln p_{1i} \partial \ln p_{2i}} & \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln p_{1i} \partial \ln p_{3i}} \\ \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln p_{2i} \partial \ln p_{1i}} & \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln^2 p_{2i}} & \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln p_{2i} \partial \ln p_{3i}} \\ \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln p_{3i} \partial \ln p_{1i}} & \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln p_{3i} \partial \ln p_{2i}} & \frac{\partial^2 \ln c_i}{\partial \ln^2 p_{3i}} \end{bmatrix}, \hat{s} = \text{diag}(s_1, s_2, s_3) \text{ y } s = (s_1, s_2, s_3)'$$

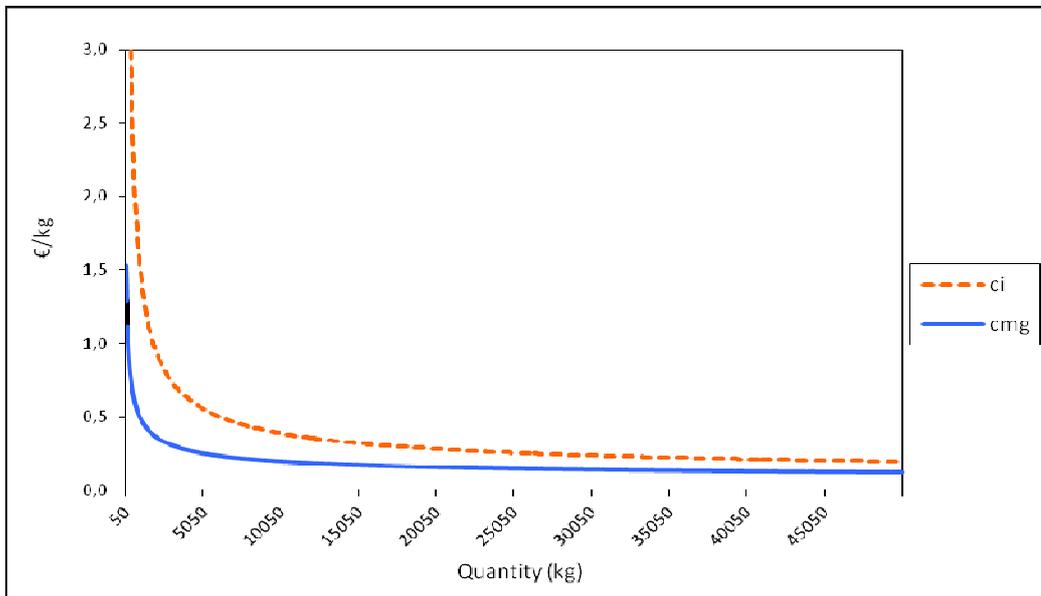
534 Para construir A se necesitan las estimaciones de los parámetros de la función de
 535 costes, mientras que s_1, s_2 y s_3 se calculan evaluando las estimaciones de las ecuaciones (2), (3)
 536 y (4) en algún punto de los precios y de las capturas medias. A lo largo de todo este trabajo se
 537 introducen, como valor de los diferentes variables, las respectivas medianas, ya que la
 538 dispersión es bastante elevada en relación a la media aritmética y, por tanto, dicha media puede
 539 resultar poco representativa¹⁴. Así, realizando las correspondientes operaciones, se obtiene que
 540 los valores propios de H son -0.1381, -0.0019 y 0.0000, es decir, negativos o prácticamente
 541 cero, por lo que se puede considerar que se trata de una matriz semidefinida negativa,
 542 asegurándose la concavidad de la función de costes.
 543

544 A continuación, en la Figura 3 se representan las funciones de coste medio y marginal
 545 estimadas para el mismo rango de cantidades que se ha utilizado para la función de demanda
 546 (entre 0 y 50.000 kg). Como se puede observar, para dicho rango de capturas la función es
 547 decreciente. En consecuencia, la estrategia de los arrantzales de maximizar ingresos a través de
 548 las capturas también es maximizadora de beneficios. El nivel de producción eficiente, definido
 549 como aquél que minimiza el coste medio de producción se alcanza en 5368 t de descargas. Para
 550 ese nivel de producción o descargas de recurso el coste medio debería igualarse al coste
 551 marginal. Parece claro que la pesquería opera dentro de un rango de capturas que siempre es
 552 inferior al definido nivel de producción eficiente y, por lo tanto, la actividad pesquera de cada
 553 barco se sitúa a la izquierda del coste medio mínimo. Así, la actividad pesquera se desarrolla en
 554 un área donde las curvas de costes medios y marginales son decrecientes, siendo el coste
 555 marginal menor que el coste medio. Este resultado condiciona en gran medida las estrategias a

¹⁴ Los coeficientes de variación para los precios del personal, del fuel y de otros costes son, respectivamente, 1.09, 0.70 y 2.58. Por su lado, el coeficiente de variación para las capturas medias es 1.01.

556 seguir para mejorar la rentabilidad, ya que con independencia de la relación entre las curvas de
557 demanda y de coste medio (que se analiza más adelante) no podrá hablarse de equilibrio
558 económico. Nótese, por tanto, que no se puede estimar un precio de referencia relativo a una
559 producción eficiente y medioambientalmente sostenible.

560 **Figura 3.** Funciones de coste medio (c_i) y coste marginal (c_{mg}) estimadas



561

562 **3.3 El equilibrio económico.**

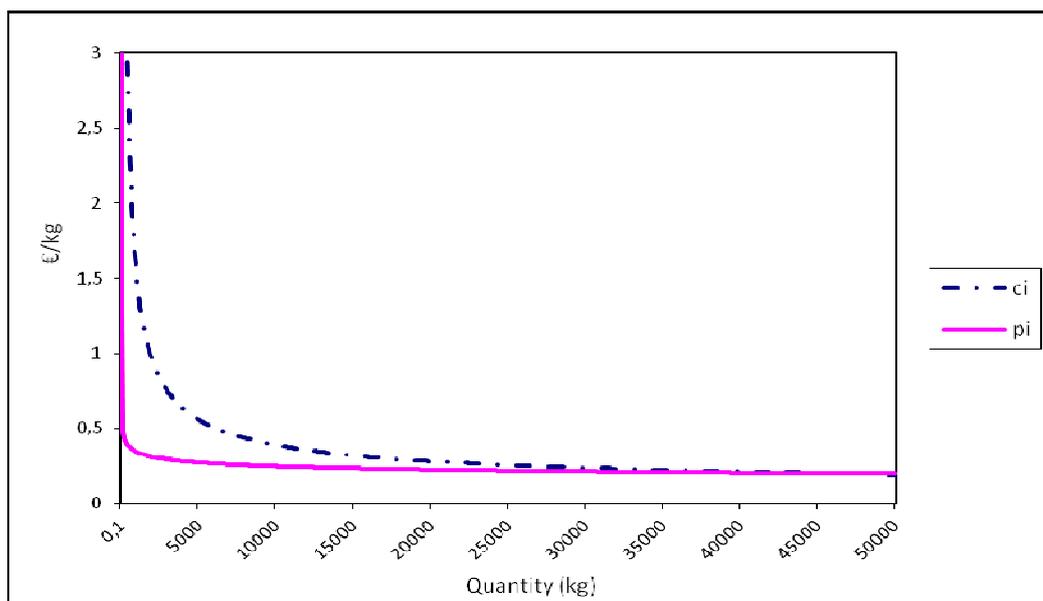
563 En esta última subsección se analiza el equilibrio económico de la actividad a partir de las
564 curvas de demanda y costes estimadas. Para ello se incluye el concepto de renta, definido en
565 este contexto a partir del beneficio derivado de la explotación de cada barco (precio*capturas -
566 coste medio*capturas). El equilibrio económico se analiza sin olvidar los puntos de referencia
567 biológicos derivados del modelo biológico estimado por el Working Group on Widely Distributed
568 Stocks (WGWIDE) del ICES.

569 Si bien es cierto que el acceso a la pesquería del verdel está regulado, los pescadores se
570 comportan de forma individual, maximizando sus ingresos sin atender a cuestiones relativas a la
571 situación del stock o al rendimiento de la flota en su conjunto, es decir, como si de una situación
572 de libre acceso se tratase. Considerando un modelo bioeconómico, Holland (2008) destaca que
573 una estrategia maximizadora de los beneficios puede responder a un comportamiento colectivo
574 (el pescador forma parte de un grupo) más que individual. En el caso de la pesquería del verdel
575 este comportamiento podría explicarse dado el resultado anteriormente expuesto: la actividad se
576 encuentra a la izquierda del coste medio mínimo. Sin embargo, para el caso concreto del cerco,
577 la razón de esta estrategia se debe además a su elevada capacidad de pesca; mientras que para
578 líneas de mano la causa es que, si bien esta flota es capaz de obtener mejores precios y, por lo

579 tanto, podría llegar a gestionar sus capturas de una forma más adecuada, su estrategia está
580 condicionada a lo que haga cerco, por lo que les resulta óptimo maximizar capturas.

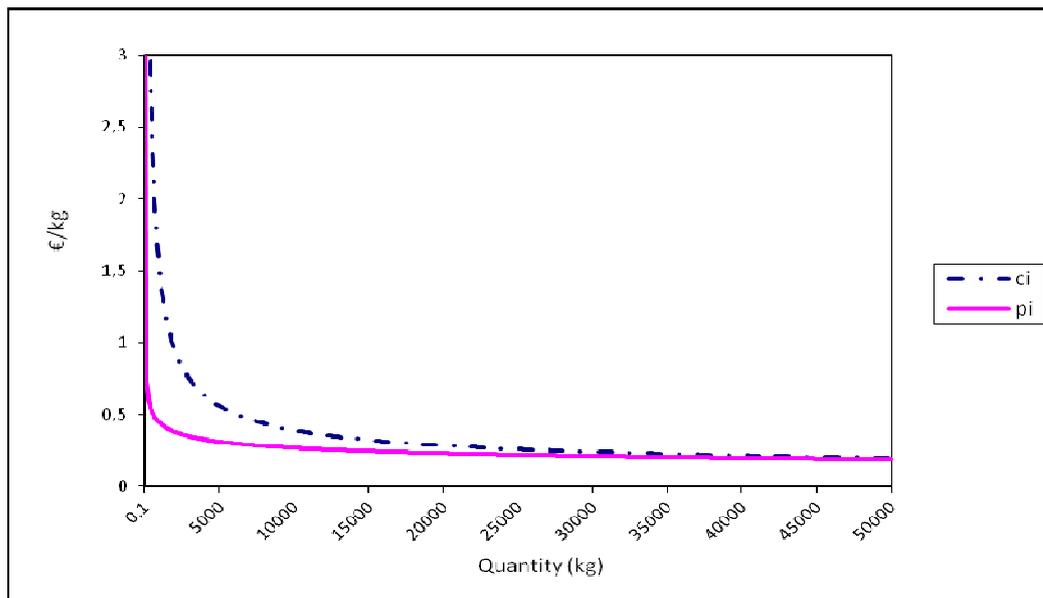
581 A pesar de que no puede hablarse de equilibrio eficiente económico y, en consecuencia,
582 de equilibrio eficiente social, resulta de interés analizar la distancia entre los precios y los costes
583 para conocer al menos cuál es la rentabilidad de esta pesquería. Así, en las Figura 4 y Figura 5 a
584 modo de ilustración, se representan de forma conjunta la función de costes medios estimada (c_i)
585 y la función inversa de demanda estimada (p_i) en costera para las modalidades más
586 importantes, esto es, cerco y líneas, respectivamente. Se observa que los costes por kg de verdel
587 son prácticamente siempre superiores a los precios por kg que reciben los pescadores. Las
588 diferencias, sin embargo, se van acortando a medida que las cantidades descargadas son
589 mayores, siendo aproximadamente cero para el rango de capturas más elevado. Así, el punto de
590 corte entre las curvas de coste medio y demanda sólo se produciría para unos niveles de
591 descargas considerados muy elevados, lo que asociaría este equilibrio económico con un nivel
592 de explotación del recurso seguramente no sostenible. En lo que respecta al resto de
593 modalidades, para enmalle los costes comienzan a caer por debajo de los precios a partir de unas
594 descargas diarias de unos 3000 kg. No obstante, en 2007 ninguna embarcación de esta
595 modalidad superó los 2000 kg. Para el caso de arrastre el punto de corte entre las funciones de
596 demanda y costes se sitúa en unos 8300 kg, mientras que para arrastre litoral se sitúa en 4300
597 kg. Así, parece que estas modalidades son capaces de obtener mayor rentabilidad de esta
598 pesquería que el resto.

599 **Figura 4. Función de costes medios vs función de demanda de cerco**



600

601 **Figura 5.** Función de costes medios vs función de demanda de líneas



602

603

604 **4 Conclusiones**

605 La estructura de la función de demanda y de costes motiva la "carrera" de los
606 pescadores por aumentar sus capturas. Los pescadores desean seguir capturando el recurso hasta
607 que la pesquería sea económicamente rentable, pero esto sucede a riesgo de sobreexplotar la
608 especie. De hecho, esta situación ha llevado a la flota vasca a capturar incluso por encima del
609 TAC asignado a España. No obstante, esta actitud no es específica de la flota vasca a verdel, ya
610 que la propia Comisión Europea ha puesto en evidencia esta situación en más de una ocasión.
611 Además, hay que destacar que es el propio mercado el que obliga a rentabilizar la actividad vía
612 capturas. Así, la evidencia empírica del mercado de venta del verdel en los puertos vascos
613 muestra que la falta de transparencia del mercado, unida a la atomización del sector y el elevado
614 grado de concentración de la demanda, parecen estar condicionando los precios de primera
615 venta de los productos pesqueros derivados de esta flota. De hecho, la concentración de los
616 compradores sugiere que podría existir de forma razonable un comportamiento no competitivo
617 (Prellezo *et al.*, 2010; Mugerza *et al.*, 2011; Murillas *et al.*, 2012).

618 Dado que la función inversa de demanda estimada muestra una elevada elasticidad, la
619 consecución de pequeños incrementos en los precios sólo es posible a costa de una importante
620 reducción de la oferta, que se llevaría a cabo a través de reducciones significativas de capturas.
621 Como se ha mostrado en este artículo, para el caso de una limitación de las capturas vía cupo,
622 los ingresos medios de los pescadores derivados de esta estrategia se reducirían de forma
623 importante. Esto, unido al hecho de que los costes medios de esta flota son decrecientes con las
624 capturas, se traduciría en grandes pérdidas para el sector. Sin embargo, el comportamiento de
625 los pescadores no puede explicarse exclusivamente a partir de la resolución de un problema

626 económico de maximización de rentas, ya que hay una serie de fuerzas motrices (key drivers)
627 que deberían incorporarse a los modelos empíricos para poder entender la dinámica de las flotas
628 y el comportamiento de los pescadores (Putten *et al.*, 2011). Así por ejemplo, Hannesson (1998)
629 destacó que los factores institucionales tales como la propia rigidez del sistema de asignación de
630 TACs motiva la carrera por capturar el recurso.

631 El creciente interés por reducir las capturas y al mismo tiempo influir en el
632 comportamiento de los pescadores ha motivado la introducción de cambios en la gestión de esta
633 pesquería, si bien esta situación es extensible a otras pesquerías europeas. En esta coyuntura, la
634 Administración introduce en los últimos años una nueva herramienta de gestión para reducir el
635 esfuerzo de pesca. En particular, se introduce un límite diario. Las simulaciones llevadas a cabo
636 en este trabajo muestra que la introducción de este cupo diario deberá ir acompañada de un
637 cambio en la función de demanda, ya que de seguir todo "igual" el precio de venta no llega a
638 cubrir los costes medios. De hecho, así parece haber ocurrido en la costera de 2011, ya que la
639 introducción de una combinación de medidas tales como el establecimiento del nuevo cupo,
640 junto con la intensificación de los controles en puerto y la imposición de una multa a la flota
641 española (en términos de adecuación de las capturas hasta el año 2015) por sobrepasar el TAC
642 en 2010, ha provocado un significativo incremento en los precios. Así, la combinación de los
643 citados factores permite explicar el cumplimiento de la regulación por los pescadores. De hecho,
644 algunos autores sostienen que el comportamiento de los pescadores depende de la magnitud de
645 las sanciones (Putten *et al.*, 2011 revisan la literatura existente).

646 Según la evidencia empírica (BD de pesquerías de AZTI-Tecnalia) la citada combinación
647 de factores parece haber provocado un desplazamiento de la curva de demanda. No obstante,
648 todavía no se puede analizar si dicho desplazamiento se corresponde con un cambio estructural
649 o simplemente coyuntural, ya que sólo se dispone de datos de 2011 y 2012. En todo caso, dicho
650 cumplimiento asegura, al menos en lo que respecta al comportamiento de la flota vasca, la
651 consecución del objetivo del plan de gestión a largo plazo definido para este stock. Así, a falta
652 de ver qué sucede en los próximos años, asegurar la sostenibilidad biológica del stock no
653 permite asegurar la sostenibilidad económica de la flota.

654 En definitiva, un sistema de cupos diarios no parece que pueda resolver por sí mismo los
655 problemas de baja rentabilidad que atraviesa el sector pesquero. En este sentido, cabe mencionar
656 que en la nueva reforma de la Política Pesquera Comunitaria que entrará en vigor en 2013, se
657 prevé la adopción, para el año 2014, de un sistema de derechos individuales transferibles en los
658 estados miembros como instrumento para reducir la sobrecapacidad de las flotas (para
659 embarcaciones con una eslora total superior a 12 metros). Se fija un objetivo de reducción de la
660 flota pesquera que podría depender, entre otros aspectos, de la capacidad de la flota para generar
661 renta. En el caso de la flota vasca, una posible reducción del número de embarcaciones podría
662 contribuir a mejorar la situación económica de la flota, si bien también podría provocar una

663 reducción del empleo a bordo, no contribuyendo a la sostenibilidad de la actividad desde la
664 perspectiva social (Murillas *et al.*, 2012).

665

666 **Agradecimientos**

667 Los autores agradecen la financiación del proyecto ECO2010-15332 del Ministerio de Ciencia e
668 Innovación y FEDER. El primer autor también desea agradecer a la Universidad del País Vasco
669 UPV/EHU la financiación proporcionada a través de su programa de ayudas para la formación
670 de personal investigador (2007-2010). El segundo autor reconoce la financiación del proyecto
671 FP 7-KBBE-2011-5 Socioec y de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco.

672

Referencias

ASCHE, F. y HANNESSON, R. (2002): Allocation of fish between markets and products forms. *Marine Resource Economics* 17, 225-238.

BARTEN, A.P. y BETTENDORF, L.J. (1989): Price formation of fish: an application of an inverse demand system. *European Economic Review* 33, 1509-1525.

BJORNDAL, T. y GORDON, D.V. (2001): The economic structure of harvesting for three vessel types in Norwegian spring-spawning herring fishery. *Marine Resource Economics* 15, 281-292.

DIEWERT, W.E. y WALES, T.J. (1987): Flexible functional forms and global curvature conditions. *Econometrica* 55(1), 43-68.

EALES, J., DURHAM, C. y WESSELLS, C.R. (1997): Generalized models of Japanese demand for fish. *American Journal of Agricultural Economics* 79, 1153-1163.

GARCÍA-ENRÍQUEZ, J. (2012): Análisis de rentabilidad de la pesquería del verdel y su mercado en el País Vasco: un enfoque econométrico. Ph.D. Thesis. University of the Basque Country UPV/EHU, Bilbao.

GORDON, H.S. (1953): An economic approach to the optimum utilisation of fishery resources. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 10, 442-457.

GORDON, H.S. (1954): The economic theory of a common property resource: the fishery. *Journal of Political Economy* 62, 124-142.

GORMAN, W.M. (1959): The demand for fish, an application of factor analysis. Research Paper N°6 Series A. University of Birmingham, Birmingham.

HANNESSON, R. (1998): The role of economic tools in redefining fisheries management. En Pitcher, T.J., Hart, P, y Pauly, D. (ed.): *Reinventing fisheries management*, Kluwer Academic publishers, Great Britain.

HERRMANN, M. y CRIDDLE, K. (2006): An econometric market model for the Pacific halibut fishery. *Marine Resource Economics* 21, 129-158.

HOLLAND, D.S. (2008): Are fishermen rational?. A fishing expedition. *Marine Resource Economics* 23: 325-344.

HUANG, K.S. (1988): An inverse demand system for U.S. composite foods. *American Journal of Agricultural Economics* 70, 903-909.

ICES (1996): Report of the working group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine and anchovy. ICES CM 1996/Assess: 7.

ICES (2010). Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2010/ACOM:15.

ICES (2012): Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE), 2012. ICES CM 2012/ACOM:15.

LAZKANO, I. (2008): Cost structure and capacity utilisation in multi-product industries: an application to the Basque trawl industry. *Environmental & Resource Economics* 41, 189-207.

MUGERZA, E., MURILLAS, A., ARREGI, L., ALZORRIZ, N. y ARTETXE, I. (2011): La base del conocimiento para la gestión eficiente de la flota artesanal vasca. Informe Técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para la Federación de Cofradías de Guipuzkoa.

MURILLAS, A., MUGERZA, E., ARREGI, L., ALZORRIZ, N. y ARTETXE, I. (2012): Desarrollo Sostenible de las Pesquerías del Arco Atlántico. Colección Itsaso. 2012.

NOSTBAKKEN, L. (2006): Cost structure and capacity in the Norwegian pelagic fisheries. *Applied Economics* 38, 1877-1887.

ORDEN ARM/2091/2008, de 8 de julio, por la que se regulan las capturas y desembarques de caballa del Caladero Nacional del Cantábrico y Noroeste. BOE.

ORDEN ARM/271/2010, de 10 de febrero, por la que se establecen los criterios para el reparto y la gestión de la cuota de caballa, y se regula su captura y desembarque. BOE.

ORDEN ARM/1054/2010, de 23 de abril, por la que se modifica la Orden ARM/271/2010, de 10 de febrero, por la que se establecen los criterios para el reparto y la gestión de la cuota de caballa y se regula su captura y desembarque. BOE.

ORDEN ARM/3315/2010, de 21 de diciembre, por la que se modifica la Orden ARM/271/2010, de 10 de febrero, por la que se establecen los criterios para el reparto y la gestión de la cuota de caballa, y se regula su captura y desembarque. BOE.

PRELLEZO, R. (2011): Datos económicos de la flota de la CAPV. Informe técnico elaborado por AZTI-Tecnalia para Eusko Jaurlaritz-Gobierno Vasco, Dpto. de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Viceconsejería de Pesca e Industrias Alimentarias.

PRELLEZO, R., MURILLAS, A., SÁNCHEZ, S. y URIARTE, A. (2010): Plan de gestión del verdel 2011. Proyecto de investigación realizado por AZTI-Tecnalia para el Gobierno Vasco, Dpto. de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Viceconsejería de Pesca e Industrias Alimentarias.

PUTTEN, I.E. van, KULMALA, S., THÉVAUD, O., DOWLING, N., HAMON, K.G., HUTTON, T., and PASCOE, S. (2011): Theories and behavioural drivers underlying fleet dynamics models. *Fish and Fisheries* 13(2), 216-235.

SCHAEFER, M. B. (1954a): Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tuna Commission* 1(2), 27-56.

SCHAEFER, M. B. (1954b): Fisheries dynamics and the concept of maximum equilibrium catch. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 6, 53-64.

SCHAEFER, M. B. (1957): Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 14(5), 669-681.

SCOTT, A.D. (1955a): *Natural resources: the economics of conservation*. Toronto: University of Toronto Press.

SCOTT, A.D. (1955b): The fishery: the objectives of sole ownership. *Journal of Political Economy* 63 (2), 116-124.

WHITE, H. (1980): A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica* 48, 817-838.