

Innovación en la pesca mediterránea con artes biosostenibles (INARBIO)

Resultados del proyecto



Contenidos

1	Introducción	2
2	Actividades del proyecto INARBIO	3
2.1	Construcción de una red experimental de trasmallo.....	3
2.2	Trabajos de campo	5
2.2.1	Embarques.....	6
2.3	Datos obtenidos en los muestreos.....	12
3	Análisis de la composición de captura de los dos artes de pesca (trasmallo estándar y modificado)	17
3.1	Metodología estadística	17
3.2	Resultados	18
4	Resultados sobre las comunidades pescadas	21
4.1	Análisis Multivariante.....	21
4.2	Vulnerabilidad	26
5	Análisis socioeconómico	33
6	Conclusiones de la investigación.....	37
6.1	Resumen ejecutivo.....	37
6.2	Análisis DAFO de los resultados:	38
7	Referencias.....	40

1 Introducción

El mar Mediterráneo sufre una elevada presión antrópica y la pesca se encuentra entre las fuentes principales de impacto. Los artes de pesca bentónicos se consideran una de las técnicas de mayor impacto, que generan elevadas cantidades de capturas accesorias, que incluyen tanto a especies de invertebrados no deseadas como a juveniles de las especies comerciales. Por otra parte, la construcción de las redes se basa actualmente y desde hace décadas en plásticos que no se degradan (polietilenos y poliamidas), cuya pérdida en el mar genera mortalidad accesorias durante un tiempo indefinido (“pesca fantasma”: Lively and Good, 2018). En el caso de especies o hábitats sensibles o en áreas marinas protegidas esta fuente de mortalidad adicional puede tener importantes consecuencias negativas a nivel biológico.

Se estima que a nivel mundial los residuos plásticos generados por la industria pesquera suponen alrededor de un 10% en peso de los macroresiduos marinos (Macfadyen et al., 2011), pero en zonas de alta densidad pesquera su presencia es mucho más importante. En aguas europeas se estima que estos residuos constituyen el 34% de los macroresiduos marinos cuyo origen se puede identificar (Pham et al., 2014). Son especialmente relevantes desde el punto de vista ecológico tanto por la poca biodegradabilidad de los materiales con los que están contruidos (polímeros sintéticos, acero, etc.), lo que implica una larga duración en el medio, como por el propio diseño, orientado a la captura de seres vivos.

En la Unión Europea existe desde el año 2009 la obligatoriedad de llevar a bordo el equipo necesario para recuperar artes de pesca perdidos y la obligación por parte del patrón de la embarcación de intentar recuperarlos lo antes posible en caso de pérdida (Reglamento (CE) 1224/2009). No obstante, están eximidas de esta obligación las embarcaciones menores de 12 metros o flota de artes menores (que constituyen un 49% de las embarcaciones españolas en el Mediterráneo). Para estas, el uso de materiales alternativos, biodegradables, para la construcción de los artes de pesca es una opción que se ha querido valorar en el proyecto INARBIO, en concreto para el arte de pesca trasmallo, el más utilizado por la flota artesanal del Mediterráneo y de mayor impacto ambiental (Huntington, 2017). Además de reducir el impacto de la pesca fantasma ante la pérdida accidental del arte de pesca, una red construida con material biodegradable ayudará al sector pesquero a alinearse con la reciente Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y el Consejo que tiene por objeto reducir el impacto de determinados plástico en el medio acuático, y que contempla en sus artículos 2 y 3 la necesidad de transición hacia materiales alternativos en la construcción de artes de pesca.

Pese a que en el período 2010-2018 se ha perdido un 29% del empleo pesquero en el Mediterráneo y un 23% de las embarcaciones, la pesca sigue siendo una actividad importante en muchos municipios españoles, aportando tanto alimento de calidad como empleo y ayudando a mantener la cultura marítima. La flota de artes menores en el Mediterráneo español la conforman 1468 embarcaciones (según censo a 31/12/2020). Las zonas de estudio del proyecto comprenden 778 de estas embarcaciones, con un 9% en la Región de Murcia, 20% en la Comunidad Valenciana y 24% en Cataluña.

El proyecto INARBIO tiene por objetivo evaluar la viabilidad en términos de eficiencia pesquera de la substitución de las redes usuales normalmente de materiales plásticos no biodegradables, fundamentalmente de las familias de los polietilenos y poliamidas, por el material plástico PBSAT (una resina, desarrollada y comercializada bajo patente por la empresa S-ENPOL (grupo SAMSUNG) de Corea del Sur), un material enteramente biodegradable por la

acción natural de microorganismos marinos en un período de 2 a 3 años (Grimaldo et al., 2018). Todo el protocolo de muestreo de la pesca comercial en el proyecto INARBIO se adaptó a las condiciones de trabajo habitual por los trasmalleros de las zonas de estudio.

2 Actividades del proyecto INARBIO

2.1 Construcción de una red experimental de trasmallo

El aparejo de trasmallo es un arte de pesca comúnmente utilizado en pesquerías artesanales del Mediterráneo y otros mares de Europa. Se estima que el 93% de la flota artesanal emplea el trasmallo como su arte principal de pesca durante la mayor parte del año en el Mediterráneo español (embarcaciones con esloras de 4 a 12 m; GFCM Fleet Register <http://www.fao.org/gfcm/data/fleet/register/en/>). El trasmallo se usa en distintas modalidades según la(s) especie(s) objetivo, con ligeras diferencias en las medidas de malla y tiempo de calado. Por ejemplo, el trasmallo de “pescado” utilizado en la Región de Murcia se cala durante toda la noche (hasta 10 o 12 h) y posee una malla de 80 mm estirada (pañó interior). En cambio, el trasmallo utilizado en Cataluña para salmonete dispone de una malla de 36 mm estirada (pañó interior) y se cala de madrugada durante 3 o 4 h solamente. Las especies objetivo y, en consecuencia, la modalidad de trasmallo empleado, varían a lo largo del año (Maynou et al. 2011; Martín et al. 2012).

En general, el aparejo se construye mediante un armazón de relingas (superior, o de corchos, e inferior, o de plomos) sobre la que se montan piezas de red de forma lineal, con la particularidad que las piezas de red se componen de tres capas o paños: capa interna de malla menos clara (*beta* o *broma*) y dos capas externas de malla más clara (conocidas como *armalletes* o *esmais*). La longitud total de la red interior es hasta el doble de las redes exteriores (coeficiente de armado de $2/3 - 1/2$). Esta disposición permite capturar el pescado por embolsamiento, y en menor grado, por enmalle.

Un trasmallo entero en aguas del Mediterráneo español consta generalmente de 10 a 30 piezas de este tipo, de 50 m de longitud cada una, cosidas entre sí linealmente (1500 m de red con un coeficiente del 50% lo que puede resultar en un trasmallo completo de 750 m de largo). Sendos gallos al principio y al final de trasmallo permiten señalar el arte cuando está calado (Fig. 1).

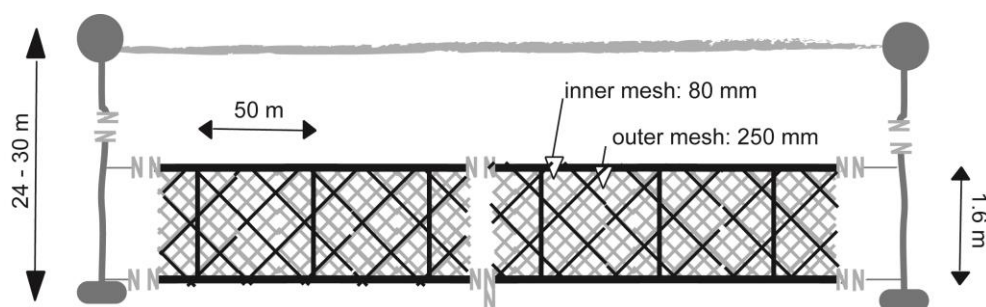


Fig. 1. Esquema idealizado de un arte de trasmallo calado.

Los paños externos utilizados en pesquerías artesanales en el Mediterráneo español son generalmente de 150 a 250 mm de lado (0.8 a 1.3 pasadas por palmo p/p), mientras que los

internos, que dependen de la pesquería en cuestión como se ha comentado, oscilan entre de 20 a 65 mm de lado (40 a 130 mm malla estirada o 3 a 10 p/p).

Los materiales habituales de construcción de las redes de trasmallo son plásticos no biodegradables, de tipo poliamida (PA, conocido simplemente como “nylon” por los pescadores) o polietileno (PE, denominado “pelo” por los pescadores). Para las pruebas experimentales del proyecto INARBIO se optó por construir la parte interior del trasmallo (beta) con un material biodegradable desarrollado recientemente por la empresa S-ENPOL del grupo SAMSUNG de Corea del Sur. Este nuevo material “PBSAT” (resina de polibutileno succinato coadipato-cotereftalato, patente: referencia EP 3214133 A1 de la Oficina Europea de Patentes, <http://data.epo.org>) tiene buenas propiedades para la construcción de redes de pesca (comparado con otros materiales biodegradables) ya que no presenta problemas de reducción de tensión debido al tintado y puede usarse para la construcción de hilo para redes con maquinaria ya existente. Este material se degrada de manera natural por la acción de microorganismos acuáticos (en un plazo de 2-3 años, dependiendo de la temperatura del mar) lo que resuelve los problemas de pesca fantasma por artes perdidos y la contaminación por plásticos (Park et al., 2007; 2010). Se han probado redes de enmalle con este material en Noruega y Finlandia con buenos resultados (Grimaldo et al., 2018; Uusivuori, 2019).

Al inicio del proyecto, en Octubre 2020, se establecieron las dimensiones y características de la red experimental con el fabricante S-ENPOL. Estas características se especifican en Tabla 1. En Febrero 2021 el CSIC permitió hacer el pedido de la red experimental al fabricante. Una vez despachada la red en aduanas del aeropuerto de Valencia (Junio 2021), se hizo llegar a la empresa que efectuó la asistencia externa al proyecto INARBIO (C&C de Cartagena) para llevar a cabo los muestreos en la zona Sur (Murcia y Alicante). Con la colaboración de pescadores de San Pedro del Pinatar, se arma la red experimental con sus relingas de plomos y flotadores, así como los armalletes exteriores, durante el mes de Julio 2021. Durante el mes de Agosto 2021 se lleva a cabo el muestreo planificado en la zona 1, que prosiguen en Septiembre y Octubre en la zona 2. En la zona 3 (Cataluña) no pudieron efectuarse las actividades planteadas en la propuesta por fin de proyecto.

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la red de trasmallo experimental “PBSAT”.

Relinga superior	cuerda para cubrir 30 piezas, cabo flotante de 6 mm de diámetro
Relinga inferior	cuerda para cubrir 30 piezas, cabo de hilo de nylon cableado de 10 mm de diámetro
pañó interior (o beta)	30 piezas de 50 m de largo malla de 80 mm estirada (5 p/p) (40 mm de lado) hilo PBSAT de 0.5 mm monofilamento, tintado verde
pañós exteriores (o armallete)	40 piezas de 100 m de largo malla de 250 mm de lado (0.8 p/p)

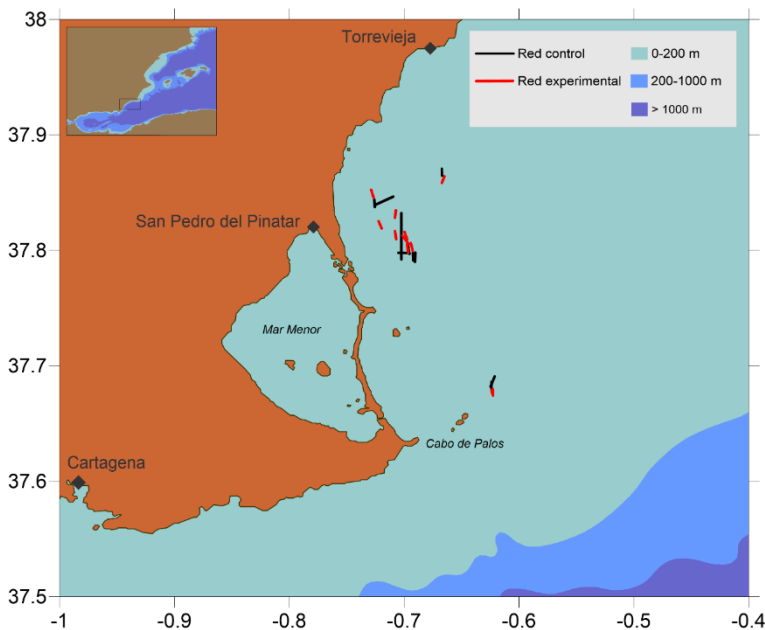
2.2 Trabajos de campo

Se llevaron a cabo muestreos experimentales para comparar la eficiencia de captura pesquera del trasmallo experimental con red PBSAT frente al trasmallo tradicional a bordo de una embarcación de pesca en las zonas de muestreo 1 (Región de Murcia) y 2 (Comunidad Valenciana). Cada muestreo consistió en calar simultáneamente los dos artes de pesca en el mismo punto, siguiendo el horario habitual y en caladeros comerciales habituales de pesca. El objetivo fue cumplir 12 muestreos válidos en cada zona. Se hizo el seguimiento de cada operación de pesca con dos biólogos embarcados. Después de la recogida del arte se anotaron todos y cada uno de los ejemplares pescados, identificados a nivel de especie y, para las especies de interés comercial, se anotó su longitud total (en peces). Para las especies sin valor comercial, se anotó además la razón de su descarte (D: ejemplares por debajo de talla de comercialización; K1: ejemplares de especies comerciales dañados sin posibilidad de ser comercializados; K2: especies sin interés comercial).

El primer muestreo se llevó a cabo entre el 4 y el 31 de agosto entre Cabo de Palos y San Pedro del Pinatar, mediante una embarcación de artes menores basada en San Pedro del Pinatar (Región de Murcia). El segundo muestreo se realizó entre Guardamar y San Pedro del Pinatar, con una embarcación de artes menores basada en Guardamar (Comunidad Valenciana).

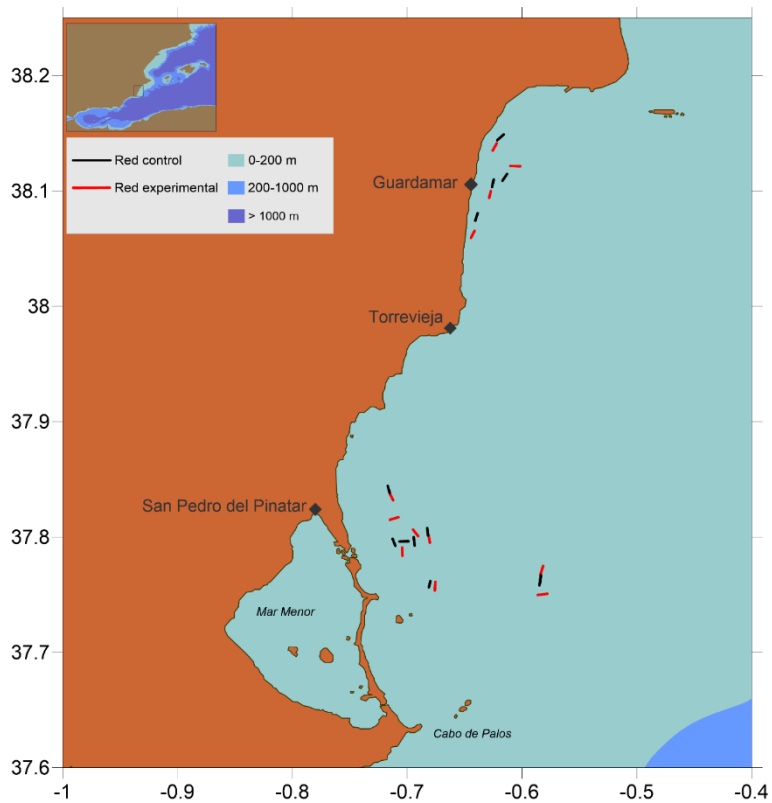
Área de estudio 1

La disposición de las pescas en la primera área de estudio correspondiente a la región de Murcia se refleja en el siguiente mapa:



Área de estudio 2

La disposición de las pescas en la segunda área de estudio correspondiente a la Comunidad Valenciana se refleja en el siguiente mapa:



2.2.1 Embarques

Área de estudio 1

Se efectuaron 12 embarques en una embarcación de pesca comercial con puerto base en San Pedro del Pinatar entre los días 4 y 31 de agosto de 2021. En cada embarque se calaron dos trasmallos: el trasmallo control y el modificado con malla de material PBSAT, siendo las demás características del arte iguales (longitud 750 m; malla interior 80 mm; malla exterior 200 mm; caída vertical 1,60 m). Durante el proceso de recogida del arte se anotó la composición biológica de las capturas y estas fueron vendidas en lonja, de donde se obtuvo el valor de producción, en kg y euros.

Las características de los embarques y los rendimientos brutos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Características de los embarques y rendimientos obtenidos en el área de estudio 1 (Región de Murcia).

Fecha	Código Pesca	Lance	RED	Latitud inicial	Latitud final	Longitud inicial	Longitud final	Hora inicial	Hora final (día siguiente)	tiempo calado (h)	Fondo inicial (m)	Fondo final (m)	Peso total (kg) - comercial	Valor de la captura comercial (€)	rendimiento horario en peso (kg/h)	rendimiento horario en valor (€/h)
4/8/2021	SP210801	1	Experimental	37,679	37,675	-0,624	-0,623	17:00	6:00	13,0	91,0	91,0	6,69	187,41	0,51	14,42
4/8/2021	SP210801	2	Control	37,686	37,680	-0,624	-0,624	17:30	6:30	13,0	63,7	63,7	10,71	300,03	0,82	23,08
6/8/2021	SP210802	1	Experimental	37,680	37,674	-0,623	-0,623	17:00	6:00	13,0	70,0	70,0	9,10	160,73	0,70	12,36
6/8/2021	SP210802	2	Control	37,682	37,691	-0,625	-0,621	17:30	6:30	13,0	50,0	55,0	8,35	147,49	0,64	11,35
11/8/2021	SP210803	1	Experimental	37,817	37,810	-0,708	-0,707	17:00	10:00	17,0	58,2	56,4	11,66	277,12	0,69	16,30
11/8/2021	SP210803	2	Control	37,832	37,792	-0,703	-0,703	17:30	11:00	17,2	54,6	58,2	13,50	307,12	0,78	17,86
12/8/2021	SP210804	1	Experimental	37,806	37,800	-0,694	-0,693	17:00	10:00	17,0	35,0	34,0	10,90	255,2	0,64	15,01
12/8/2021	SP210804	2	Control	37,798	37,791	-0,692	-0,692	17:30	12:30	19,0	34,0	32,0	15,30	355,32	0,81	18,70
13/8/2021	SP210805	1	Experimental	37,816	37,809	-0,700	-0,697	13:00	9:00	20,0	31,0	32,0	13,37	94,97	0,67	4,75
13/8/2021	SP210805	2	Control	37,790	37,798	-0,691	-0,690	13:30	10:00	20,3	32,0	34,0	22,28	158,27	1,10	7,80
16/8/2021	SP210806	1	Experimental	37,864	37,858	-0,665	-0,667	17:30	11:15	17,5	74,6	72,8	4,07	54,31	0,23	3,11
16/8/2021	SP210806	2	Control	37,865	37,871	-0,667	-0,667	18:30	11:45	17,2	74,6	72,8	13,33	177,76	0,78	10,37
19/8/2021	SP210807	1	Experimental	37,813	37,805	-0,702	-0,696	17:00	11:00	18,0	33,0	33,0	9,61	56,24	0,53	3,12
19/8/2021	SP210807	2	Control	37,804	37,797	-0,697	-0,695	17:30	12:00	18,3	33,0	33,0	25,09	146,86	1,37	8,03
20/8/2021	SP210808	1	Experimental	37,805	37,798	-0,698	-0,696	11:45	12:15	22,5	33,0	33,0	4,57	22,30	0,20	0,99
20/8/2021	SP210808	2	Control	37,798	37,798	-0,697	-0,705	12:30	13:00	23,0	33,0	29,0	22,48	109,79	0,98	4,77

26/8/2021	SP210809	1	Experimental	37,835	37,828	-0,707	-0,708	19:00	13:30	18,3	27,0	33,0	96,90	700,71	5,30	38,29
26/8/2021	SP210809	2	Control	37,840	37,847	-0,725	-0,710	19:30	14:00	18,3	26,0	29,0	45,30	327,61	2,48	17,90
27/8/2021	SP210810	1	Experimental	37,835	37,828	-0,707	-0,708	14:00	12:30	22,3	23,0	28,0	40,31	178,98	1,81	8,03
27/8/2021	SP210810	2	Control	37,840	37,847	-0,725	-0,710	14:30	13:00	22,3	23,0	25,0	33,24	147,58	1,49	6,62
30/8/2021	SP210811	1	Experimental	37,845	37,852	-0,727	-0,729	14:15	15:00	24,5	28,0	27,0	25,11	194,87	1,03	7,97
30/8/2021	SP210811	2	Control	37,838	37,844	-0,726	-0,726	12:00	14:00	26,0	25,0	26,0	30,14	233,84	1,16	8,99
31/8/2021	SP210812	1	Experimental	37,825	37,819	-0,722	-0,720	7:45	9:15	25,3	23,0	23,0	17,90	127,06	0,71	5,02
31/8/2021	SP210812	2	Control	37,831	37,825	-0,727	-0,722	8:30	10:00	25,3	23,0	23,0	26,55	188,53	1,05	7,45

La captura total obtenida en los 12 embarques fue de 250,19 kg con la red experimental y 266,27 kg con la red control (rendimiento de la red experimental 6% inferior). Su valor comercial total fue de 2309,89 y 2600,21 euros respectivamente, lo que indica que con la red experimental se obtuvo un rendimiento inferior en un 12%. El promedio por hora de calado fue de 1,096 kg/h y 1,143 kg/h para la red experimental y control, o 192,41 y 216,84 € / día de pesca.

Área de estudio 2

Se efectuaron 12 embarques con una embarcación de pesca comercial con puerto base en Guardamar (Comunidad Valenciana) entre los días 3 de septiembre y 6 de octubre de 2021. En cada embarque se calaron dos trasmallos: el trasmallo control y el modificado con malla de material PBSAT, siendo las demás características del arte iguales (longitud 750 m; malla interior 80 mm; malla exterior 200 mm; caída vertical 1.60 m). Durante el proceso de recogida del arte se anotó la composición biológica de las capturas y estas fueron vendidas en lonja, de donde se obtuvo el valor de producción, en kg y euros.

Las características de los embarques y los rendimientos brutos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características de los embarques y rendimientos obtenidos en el área de estudio 2 (Comunidad Valenciana).

Fecha	Código Pesca	Lance	RED	Latitud inicial	Latitud final	Longitud inicial	Longitud final	Hora inicial	Hora final (día siguiente)	tiempo calado (h)	Fondo inicial (m)	Fondo final (m)	Peso total (kg) - comercial	Valor de la captura comercial (€)	rendimiento horario en peso (kg/h)	rendimiento horario en valor (€/h)
3/9/2021	SP210813	1	Experimental	37,81717	37,81500	-0,70767	-0,71500	17:20	13:00	18,33	28	27	28,20	161.26	1,54	8.80
3/9/2021	SP210813	2	Control	37,79633	37,79617	-0,69883	-0,70667	17:00	12:00	18,00	30	27	30,80	87.24	1,71	4.85
6/9/2021	SP210914	1	Experimental	37,80650	37,80083	-0,69500	-0,69050	12:00	10:30	22,50	41	41	9,20	118.24	0,41	5.26
6/9/2021	SP210914	2	Control	37,79983	37,79250	-0,69433	-0,69350	12:30	11:00	22,50	37	37	21,60	167.78	0,96	7.46
10/9/2021	SP210915	1	Experimental	37,74975	37,75082	-0,58635	-0,57790	13:00	11:00	46,00	60	60	6,90	92.90	0,15	2.02
10/9/2021	SP210915	2	Control	37,75815	37,76627	-0,58490	-0,58367	12:30	11:30	47,00	60	60	20,10	784.69	0,43	16.70
13/9/2021	SP210916	1	Experimental	37,76115	37,75373	-0,67550	-0,67593	11:30	11:00	23,50	38	38	2,20	7.74	0,09	0.33
13/9/2021	SP210916	2	Control	37,76175	37,75635	-0,67985	-0,68113	11:00	12:30	25,50	38	38	20,50	222.38	0,80	8.72
20/9/2021	GS210917	1	Experimental	38,13507	38,14123	-0,62557	-0,62207	9:00	7:30	22,50	9,1	9,1	3,95	17.18	0,18	0.76
20/9/2021	GS210917	2	Control	38,14398	38,14900	-0,62167	-0,61597	9:30	8:00	22,50	9,1	9,1	4,80	21.84	0,21	0.97
24/9/2021	GS210918	1	Experimental	38,12172	38,12143	-0,61017	-0,60155	8:30	6:30	22,00	16,4	16,4	0,40	10.80	0,02	0.49
24/9/2021	GS210918	2	Control	38,11475	38,10885	-0,61308	-0,61712	9:00	7:00	22,00	16,4	16,4	0,65	17.55	0,03	0.80
27/9/2021	GS210919	1	Experimental	38,06550	38,05933	-0,64133	-0,64450	8:00	7:00	23,00	8,2	8,2	4,85	28.21	0,21	1.23
27/9/2021	GS210919	2	Control	38,08077	38,07427	-0,63867	-0,64072	8:30	7:30	23,00	8,2	8,2	10,00	46.60	0,43	2.03
28/9/2021	GS210920	1	Experimental	38,09990	38,09403	-0,62718	-0,62862	11:00	11:00	12,00	8,2	8,2	15,55	34.18	1,30	2.85
28/9/2021	GS210920	2	Control	38,11000	38,10343	-0,62467	-0,62617	10:30	10:30	12,00	8,2	8,2	6,25	49.11	0,52	4.09
1/10/2021	SP211021	1	Experimental	37,80125	37,79517	-0,68132	-0,68027	17:30	11:30	11,50	40	40	6,00	52.58	0,52	4.57

1/10/2021	SP211021	2	Control	37,80768	37,80133	-0,68253	-0,68185	17:45	12:30	12,50	40	40	9,70	191.24	0,78	15.30
2/10/2021	SP211022	1	Experimental	37,79080	37,78372	-0,70440	-0,70417	13:15	8:30	17,75	27	27	2,50	77.67	0,14	4.38
2/10/2021	SP211022	2	Control	37,79837	37,79238	-0,71272	-0,71035	12:45	8:00	17,75	27	27	11,60	103.97	0,65	5.86
5/10/2021	SP211023	1	Experimental	37,77497	37,76738	-0,58165	-0,58403	13:00	10:30	45,50	72	72	1,20	38.87	0,03	0.85
5/10/2021	SP211023	2	Control	37,76682	37,76012	-0,58357	-0,58428	12:30	9:00	44,50	72	72	8,60	207.31	0,19	4.66
6/10/2021	SP211024	1	Experimental	37,83188	37,83815	-0,71225	-0,71545	16:25	8:45	16,17	31	31	2,50	5.36	0,15	0,33
6/10/2021	SP211024	2	Control	37,84427	37,83805	-0,71698	-0,71512	16:00	8:00	16,00	31	31	3,80	11.88	0,24	0,74

La captura total obtenida en los 12 embarques fue de 93,15 kg con la red experimental y 118,60 kg con la red control. Su valor comercial total fue de 836,23 y 935,66 euros respectivamente, lo que indica que con la red experimental se obtuvo un rendimiento inferior en un 20% en peso y 11% en valor. El promedio por hora de calado fue de 0,42 kg/h y 0,58 kg/h para la red experimental y control, o 64,33 y 93,57 € / día de pesca.

2.3 Datos obtenidos en los muestreos

Las siguientes tablas muestran los datos obtenidos en los muestreos biológicos en las dos zonas de estudio de ejecución del proyecto INARBIO, con las contribuciones en nº absoluto y relativo de todas las especies capturadas (incluyendo aquellas especies descartadas). Como se detalla en la fuente de verificación nº 2, el trasmallo experimental presenta, en conjunto, un menor volumen de capturas (de 6% y 20% en Murcia y Alicante, respectivamente). Pero como se refleja en las siguientes tablas, ciertas especies comerciales mostraron mayor capturabilidad con el arte experimental, por ejemplo, la corvina *Argyrosomus regius*.

Área de estudio 1

La composición específica de las pescas realizadas en el área de Murcia se refleja en la siguiente Tabla 4. Se capturaron 68 especies distintas en los 12 pares de pescas. La mayoría de las especies fueron peces de interés comercial, con relativa poca presencia de ejemplares descartados. Entre las especies con valor comercial más abundantes y frecuentes (50% o más de los lances) figuran la corvina *Argyrosomus regius*, el pagel *Pagellus erythrinus*, el pargo *Pagrus pagrus* y el raspallón *Diplodus vulgaris*. Entre los invertebrados sin interés comercial la presencia de cangrejo ermitaño *Dardanus arrosor* y cañailla *Bolinus brandaris* fue abundante, siempre en mayor número y frecuencia en la red control.

Tabla 4. Composición específica de las pescas realizadas en Murcia. "N total" es el nº total de ejemplares capturados en los 12 lances de pesca; "N / 100 m·h" es la abundancia estandarizada por 100 m de red y hora de calado. "Frecuencia de ocurrencia" refleja el porcentaje de pescas con presencia de la especie.

taxon	especie	RED CONTROL			RED EXPERIMENTAL		
		N total	N / 100 m·h	Frecuencia de ocurrencia	N total	N / 100 m·h	Frecuencia de ocurrencia
PECES	<i>Argyrosomus regius</i>	88	0.088	50.00%	149	0.160	50.00%
	<i>Bothus podas</i>	2	0.012	8.33%			0.00%
	<i>Carapus acus</i>			0.00%	3	0.020	8.33%
	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	1	0.005	8.33%			0.00%
	<i>Citharus linguatula</i>	1	0.006	8.33%			0.00%
	<i>Conger conger</i>	1	0.010	8.33%	1	0.007	8.33%
	<i>Dactylopterus volitans</i>	15	0.016	50.00%			0.00%
	<i>Dasyatis pastinaca</i>	1	0.008	8.33%			0.00%
	<i>Dentex dentex</i>	1	0.010	8.33%	1	0.007	8.33%
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	16	0.019	50.00%	13	0.015	50.00%
	<i>Diplodus sargus</i>			0.00%	1	0.006	8.33%
	<i>Diplodus vulgaris</i>	25	0.017	83.33%	13	0.013	58.33%
	<i>Gymnothorax unicolor</i>	1	0.007	8.33%			0.00%

	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	3	0.023	8.33%			0.00%
	<i>Labrus merula</i>	3	0.016	8.33%			0.00%
	<i>Merluccius merluccius</i>			0.00%	1	0.010	8.33%
	<i>Microchirus ocellatus</i>			0.00%	1	0.008	8.33%
	<i>Mullus barbatus</i>	4	0.010	25.00%			0.00%
	<i>Mullus surmuletus</i>	7	0.016	33.33%	6	0.047	8.33%
	<i>Mustelus mustelus</i>	2	0.007	16.67%	10	0.008	66.67%
	<i>Myliobatis aquila</i>	18	0.036	25.00%	2	0.006	16.67%
	<i>Pagellus acarne</i>	32	0.019	100.00%	7	0.014	33.33%
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	3	0.017	8.33%			0.00%
	<i>Pagellus erythrinus</i>	72	0.035	100.00%	63	0.025	100.00%
	<i>Pagrus pagrus</i>	23	0.023	50.00%	14	0.013	58.33%
	<i>Phycis blennoides</i>	20	0.024	58.33%	3	0.009	25.00%
	<i>Phycis phycis</i>	9	0.029	25.00%	9	0.022	25.00%
	<i>Pomatomus saltatrix</i>	1	0.007	8.33%	2	0.008	16.67%
	<i>Raja clavata</i>	25	0.020	75.00%	3	0.009	25.00%
	<i>Sardinella aurita</i>	1	0.006	8.33%			0.00%
	<i>Sarpa salpa</i>	1	0.007	8.33%			0.00%
	<i>Sciaena umbra</i>	15	0.023	33.33%	2	0.007	16.67%
	<i>Scomber scombrus</i>	2	0.021	8.33%			0.00%
	<i>Scophthalmus maximus</i>	22	0.049	25.00%			0.00%
	<i>Scorpaena porcus</i>	1	0.005	8.33%			0.00%
	<i>Scorpaena scrofa</i>	34	0.023	100.00%	18	0.013	91.67%
	<i>Serranus scriba</i>	3	0.009	16.67%			0.00%
	<i>Solea senegalensis</i>	1	0.007	8.33%			0.00%
	<i>Solea solea</i>	5	0.009	33.33%	3	0.011	16.67%
	<i>Sparus aurata</i>	6	0.014	25.00%			0.00%
	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	3	0.014	16.67%			0.00%
	<i>Synaptura cadenati</i>	2	0.012	8.33%			0.00%
	<i>Synapturichthys kleinii</i>	14	0.026	33.33%			0.00%
	<i>Torpedo marmorata</i>	21	0.024	41.67%	1	0.006	8.33%
	<i>Trachinus draco</i>	5	0.010	25.00%	2	0.006	16.67%
	<i>Trachurus trachurus</i>	1	0.010	8.33%	2	0.010	16.67%
	<i>Trigloporus lastoviza</i>	1	0.008	8.33%	1	0.007	8.33%
	<i>Uranoscopus scaber</i>	23	0.016	75.00%	18	0.022	50.00%
	<i>Zeus faber</i>	5	0.013	25.00%	4	0.010	25.00%
CEFALÓPODOS	<i>Octopus vulgaris</i>	2	0.006	16.67%	2	0.008	16.67%

	<i>Sepia officinalis</i>	4	0.006	33.33%			0.00%
CNIDARIOS	<i>Pennatula rubra</i>			0.00%	11	0.113	8.33%
CRUSTÁCEOS	Braquiuro indet.	2	0.013	8.33%			0.00%
	<i>Calappa granulata</i>	1	0.010	8.33%			0.00%
	<i>Dardanus arrosor</i>	102	0.067	75.00%	30	0.040	50.00%
	<i>Homarus gammarus</i>	4	0.007	33.33%	1	0.007	8.33%
	<i>Palinurus elephas</i>	2	0.008	16.67%	5	0.026	16.67%
	<i>Squilla mantis</i>	1	0.010	8.33%			0.00%
EQUINODERMOS	<i>Cidaris cidaris</i>	5	0.051	8.33%	29	0.098	25.00%
	<i>Echinaster sepositus</i>	21	0.018	58.33%	30	0.037	58.33%
	<i>Hacelia attenuata</i>	3	0.021	8.33%	10	0.103	8.33%
	Holothuria indet. 1	2	0.009	16.67%	1	0.007	8.33%
	Holothuria indet. 2	2	0.011	8.33%			0.00%
	Holothuria indet. 3	1	0.006	8.33%			0.00%
GASTERÓPODOS	<i>Bolinus brandaris</i>	100	0.077	66.67%	24	0.029	50.00%
	Gasterópodo indet.	2	0.013	8.33%	1	0.007	8.33%
NUDIBRANQUIOS	<i>Aplysia fasciata</i>	1	0.007	8.33%	2	0.016	8.33%
	Nudibranquio indet.			0.00%	4	0.021	8.33%

Área de estudio 2

La composición específica de las pescas realizadas en la Comunidad Valenciana se refleja en la siguiente Tabla 5. Se capturaron 57 especies en los 12 pares de pescas. La mayoría de las especies fueron peces de interés comercial, con relativa poca presencia de ejemplares descartados. Entre las especies con valor comercial más abundantes y frecuentes (50% o más de los lances) figuran la corvina *Argyrosomus regius*, el pagel *Pagellus erythrinus*, el pargo *Pagrus pagrus* y la lubina *Dicentrarchus labrax*. En estas pescas aparece langosta *Palinurus elephas*, que aunque poco abundante (13 ejemplares en la red control y 2 en la red experimental) debe destacarse debido a su alto valor comercial. Entre los invertebrados sin interés comercial más importantes aparecen de nuevo el cangrejo ermitaño *Dardanus arrosor* y cañaílla *Bolinus brandaris*, así como el cangrejo *Calappa granulata*. Entre las especies de descarte, su abundancia fue siempre mayor en la red control.

Tabla 5. Composición específica de las pescas realizadas en Alicante. “N total” es el nº total de ejemplares capturados en los 12 lances de pesca; “N / 100 m· h” es la abundancia estandarizada por 100 m de red y hora de calado. “Frecuencia de ocurrencia” refleja el porcentaje de pescas con presencia de la especie.

tax	sp	RED CONTROL			RED EXPERIMENTAL		
		N total	N / 100 m·h	Frecuencia de ocurrencia	N total	N / 100 m·h	Frecuencia de ocurrencia
PECES	<i>Argyrosomus regius</i>	18	0.029	41.67%	16	0.045	25.00%
	<i>Aspitrigla cuculus</i>	2	0.006	8.33%	2	0.007	16.67%
	<i>Balistes carinolensis</i>				1	0.007	8.33%
	<i>Boops boops</i>	6	0.036	8.33%	1	0.006	8.33%
	<i>Bothus podas podas</i>	3	0.022	8.33%			0.00%
	<i>Citharus linguatula</i>	2	0.021	8.33%			0.00%
	<i>Dactylopterus volitans</i>	17	0.036	25.00%	2	0.009	16.67%
	<i>Dentex dentex</i>	6	0.010	33.33%	4	0.011	25.00%
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	11	0.016	33.33%	14	0.032	25.00%
	<i>Dicologlossa hexophthalma</i>				1	0.006	8.33%
	<i>Diplodus puntazzo</i>				1	0.006	8.33%
	<i>Diplodus vulgaris</i>	5	0.006	33.33%	3	0.010	16.67%
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	2	0.022	8.33%			0.00%
	<i>Labrus merula</i>	2	0.015	8.33%			0.00%
	<i>Lithognathus mormyrus</i>				1	0.006	8.33%
	<i>Lophius piscatorius</i>	3	0.004	16.67%	1	0.003	8.33%
	<i>Merluccius merluccius</i>	1	0.003	8.33%			0.00%
	<i>Mugil sp</i>	1	0.006	8.33%	1	0.011	8.33%
	<i>Mullus barbatus</i>	1	0.008	8.33%			0.00%
	<i>Mullus surmuletus</i>	2	0.007	16.67%			0.00%
	<i>Muraena helena</i>	1	0.007	8.33%			0.00%
	<i>Mustelus mustelus</i>	8	0.013	41.67%	2	0.007	16.67%
	<i>Pagellus acarne</i>	14	0.030	33.33%	7	0.018	25.00%
	<i>Pagellus erythrinus</i>	35	0.015	100.00%	33	0.016	91.67%
	<i>Pagrus pagrus</i>	14	0.025	33.33%	8	0.014	41.67%
	<i>Phycis blennoides</i>	14	0.011	41.67%	3	0.009	16.67%
	<i>Pomatomus saltatrix</i>	1	0.006	8.33%	1	0.011	8.33%
	<i>Raja clavata</i>	12	0.022	33.33%	5	0.014	25.00%
	<i>Sciaena umbra</i>	15	0.016	50.00%	8	0.017	25.00%
	<i>Scomber scombrus</i>	1	0.005	8.33%			0.00%
	<i>Scorpaena porcus</i>	4	0.012	25.00%			0.00%
	<i>Scorpaena scrofa</i>	11	0.010	33.33%	9	0.011	41.67%
	<i>Serranus cabrilla</i>	2	0.021	8.33%			0.00%

	<i>Solea solea</i>	5	0.008	33.33%	4	0.017	16.67%
	<i>Sparus aurata</i>	3	0.011	16.67%			0.00%
	<i>Spondylisoma cantharus</i>	4	0.007	16.67%	2	0.012	8.33%
	<i>Synapturichthys kleinii</i>	7	0.026	16.67%	1	0.007	8.33%
	<i>Torpedo marmorata</i>	5	0.018	16.67%	1	0.006	8.33%
	<i>Trachurus trachurus</i>	1	0.005	8.33%			0.00%
	<i>Trigloporus lastoviza</i>	1	0.008	8.33%	1	0.008	8.33%
	<i>Umbrina cirrosa</i>	1	0.006	8.33%	9	0.030	25.00%
	<i>Uranoscopus scaber</i>	12	0.013	58.33%	14	0.021	41.67%
	<i>Zeus faber</i>	2	0.008	16.67%	2	0.009	16.67%
CEFALÓPODOS	<i>Octopus vulgaris</i>	3	0.009	16.67%	1	0.012	8.33%
	<i>Sepia officinalis</i>	3	0.011	16.67%			0.00%
CNIDARIOS	<i>Cotylorhiza tuberculata</i>	1	0.006	8.33%	4	0.012	16.67%
CRUSTÁCEOS	<i>Calappa granulata</i>	31	0.048	16.67%	6	0.049	8.33%
	<i>Callinectes sapidus</i>				9	0.100	8.33%
	<i>Dardanus arrosor</i>	77	0.085	41.67%	10	0.020	25.00%
	<i>Homarus gammarus</i>	1	0.003	8.33%			0.00%
	<i>Palinurus elephas</i>	13	0.013	25.00%	2	0.006	8.33%
	<i>Squilla mantis</i>	1	0.011	8.33%			0.00%
EQUINODERMOS	<i>Astropecten aranciatus</i>	1	0.003	8.33%			0.00%
	<i>Echinaster sepositus</i>	10	0.035	16.67%	2	0.006	8.33%
	<i>Holothuria</i>	1	0.007	8.33%	1	0.007	8.33%
GASTERÓPODOS	<i>Bolinus brandaris</i>	18	0.021	50.00%	14	0.020	41.67%
NUDIBRANQUIOS	<i>Aplysia fasciata</i>	5	0.020	16.67%	2	0.009	16.67%

La Tabla 6 presenta el rendimiento estandarizado por unidad de esfuerzo de las pescas realizadas en aguas de la Región de Murcia. Los resultados muestran que el trasmallo experimental pescó menos que el comercial (3.75 individuos por 100 m·h de calado y 5.37 ind. por 100 m·h, respectivamente). En ambas redes, la fracción comercial fue más abundante que la fracción descartada (2.26 ind. por 100 m·h o 60% para el arte experimental y 3.09 ind. por 100 m·h o 58% para el control). Para las tres razones de descarte (D, K1 y K2) la abundancia en la red experimental fue menor que en la red control.

Tabla 6. Capturas estandarizadas (N / 100 m · h) por arte de pesca y destino de la captura. “C” es la fracción de capturas efectivamente comercializadas; “D” son los descartes debidos a tallas inferiores a la legal; “K1” son los descartes debidos a captura en mal estado; “K2” corresponde a especies sin valor comercial.

	C	D	K1	K2	Total
control	3.09	0.29	0.36	1.63	5.37
experimental	2.26	0.04	0.18	1.27	3.75

Los rendimientos por tipo de red y destino de la captura para Alicante se presentan en la siguiente Tabla 7. Los resultados muestran que el trasmallo experimental pescó menos que el comercial (1.52 individuos por 100 m·h de calado y 2.51 ind. por 100 m·h de calado, respectivamente). En ambos trasmallos la fracción comercial correspondió a más de la mitad de la captura total, aunque para el trasmallo experimental la fracción comercial fue proporcionalmente mayor (73% de los individuos capturados fueron comercializados) en comparación con el trasmallo estándar (55%). La captura comercial en el trasmallo experimental fue 20% inferior al trasmallo comercial, pero con mucho menos descarte, por lo que el trasmallo comercial requiere menor tiempo de triado y genera menor mortalidad sobre capturas no deseadas, especialmente invertebrados bentónicos.

Tabla 7. Capturas estandarizadas (N / 100 m · h) por arte de pesca y destino de la captura. “C” es la fracción de capturas efectivamente comercializadas; “D” son los descartes debidos a tallas inferiores a la legal; “K1” son los descartes debidos a captura en mal estado; “K2” corresponde a especies sin valor comercial.

red	C	D	K1	K2	Total
control	1.37		0.32	0.83	2.51
experimental	1.11	0.03	0.09	0.28	1.52

3 Análisis de la composición de captura de los dos artes de pesca (trasmallo estándar y modificado)

3.1 Metodología estadística

Los datos de captura por especies y tipo de red, en cada área de estudio, se estandarizaron a número de individuos por 100 m de paño por h calada (unidades N/ 100 m · h). Para este análisis se tuvo en cuenta también el destino comercial de la captura, según los códigos:

C: Especie de interés comercial

D: Especie de interés comercial que se descartó por no cumplir la talla legal de venta

K1: Especie de interés comercial que se descartó por estar en mal estado (picada, comida, etc.)

K2: Especies sin interés comercial, tales como invertebrados bentónicos o peces no comestibles.

Las tasas de captura estandarizadas (N/100 m · h) se compararon para la red estándar y la red experimental mediante la técnica estadística de modelos lineales generalizados, con

transformación logarítmica en la variable dependiente y la red o el destino comercial como factores explicativos. El efecto de la red experimental sobre las capturas de las distintas categorías comerciales o especies se evaluó según su magnitud y significación (intervalos de confianza cruzan el valor 0 o no). Los detalles de la metodología estadística pueden consultarse en Kraag et al. (2014) o Martínez-Baños & Maynou (2018).

3.2 Resultados

Área 1 – Región de Murcia

El siguiente gráfico muestra la estimación de las capturas (en N / 100 m · h) de la red control y la red experimental (PBSAT) en los lances efectuados en la región de Murcia. Se observa que los efectos no son estadísticamente distintos en ninguna de las categorías. Sin llegar a ser estadísticamente significativos, estos resultados muestran que la red PBSAT tendería a producir menos descartes de tipos D y K1, es decir las especies con valor comercial tenderían a salir de mejor calidad.

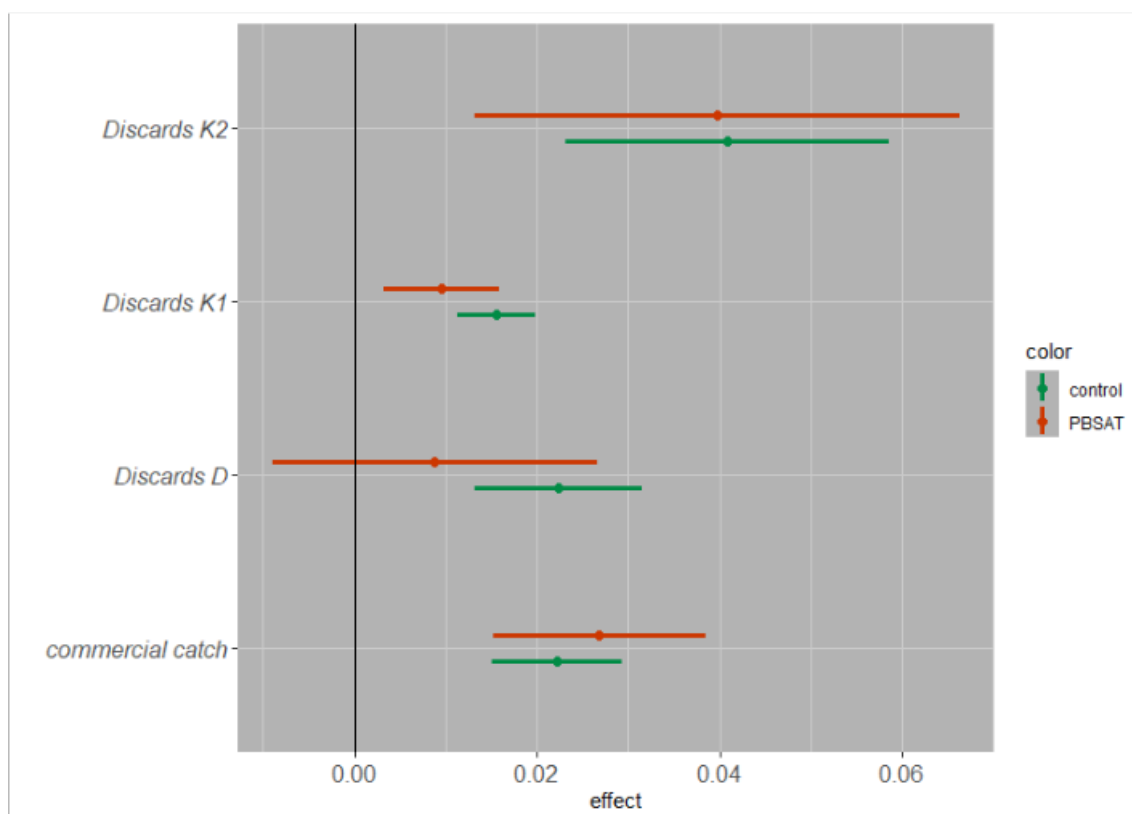


Fig. 2. Efecto del tipo de red (estándar como control y PBSAT como red experimental) sobre las capturas en las pescas de trasmallo de la Región de Murcia. “Commercial catch” es la fracción de capturas efectivamente comercializadas; “Discards D” son los descartes debidos a tallas inferiores a la legal; “Discards K1” son los descartes debidos a captura en mal estado; “Discards K2” corresponde a especies sin valor comercial. Unidades en N / 100 m · h.

Para las especies comerciales más importantes obtenidas en los muestreos de la Región de Murcia, la siguiente gráfica Fig. 3 muestra la comparación de los efectos relativos de ambas redes, considerando el valor 0 como pesca con la red estándar. Para la mayoría de las especies, el intervalo de confianza al 95% cruza la línea 0, lo que indica que no existen diferencias

significativas entre ambas redes para las distintas categorías comerciales para lubina *Dicentrarchus labrax*, raspallón *Diplodus vulgaris*, besugo *Pagellus acarne*, pagel *Pagellus erythrinus*, pargo *Pagrus pagrus* y cabracho *Scorpaena scrofa*. Para la fracción comercial de corvina *Argyrosomus regius* se observa un aumento significativo de la captura con valor comercial, del orden del 22% (entre 10 y 35% aproximadamente), sin un aumento significativo de los descartes de tipo K1. El salmonete de roca *Mullus surmuletus* también presenta mayor captura de fracción comercial C y descartada K1 en la red experimental, pero de menor magnitud (5% y 3% aproximadamente, respectivamente).

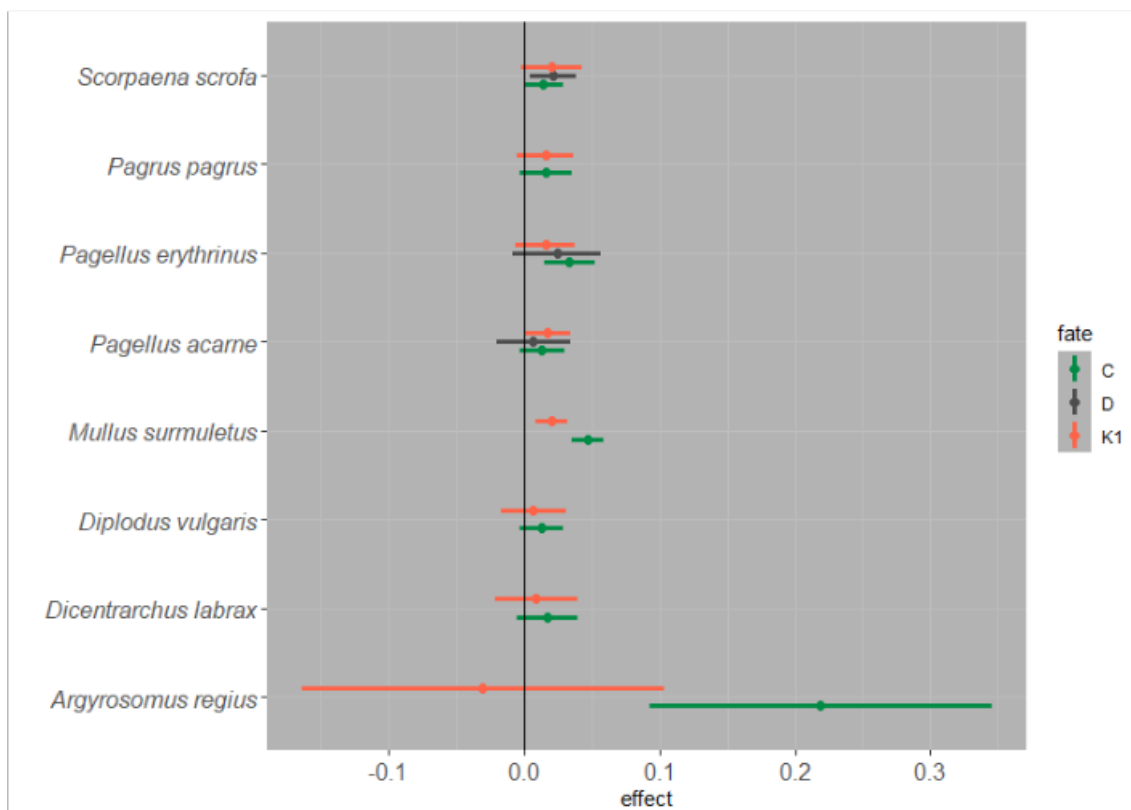


Fig. 3. Efecto relativo del tipo de red experimental PBSAT sobre las capturas de las 8 especies principales en las pescas de trasmallo de la Región de Murcia, comparada con la red estándar (valor 0). "C" es la fracción de capturas efectivamente comercializadas; "D" son los descartes debidos a tallas inferiores a la legal; "K1" son los descartes debidos a captura en mal estado. Unidades en tanto por 1.

Área 2 – Comunidad Valenciana

El siguiente gráfico Fig. 4 muestra la estimación de las capturas (en N / 100 m · h) de la red control y la red experimental (PBSAT) en los lances efectuados en la Comunidad Valenciana. El gráfico muestra que los efectos no son estadísticamente distintos en ninguna de las categorías (en este caso no se obtuvieron tallas inferiores a la legal para ningún ejemplar). Sin llegar a ser estadísticamente significativos, estos resultados muestran que la red PBSAT tendería a producir menos descartes de tipos K1 y K2, es decir la captura tendería a ser de mejor calidad.

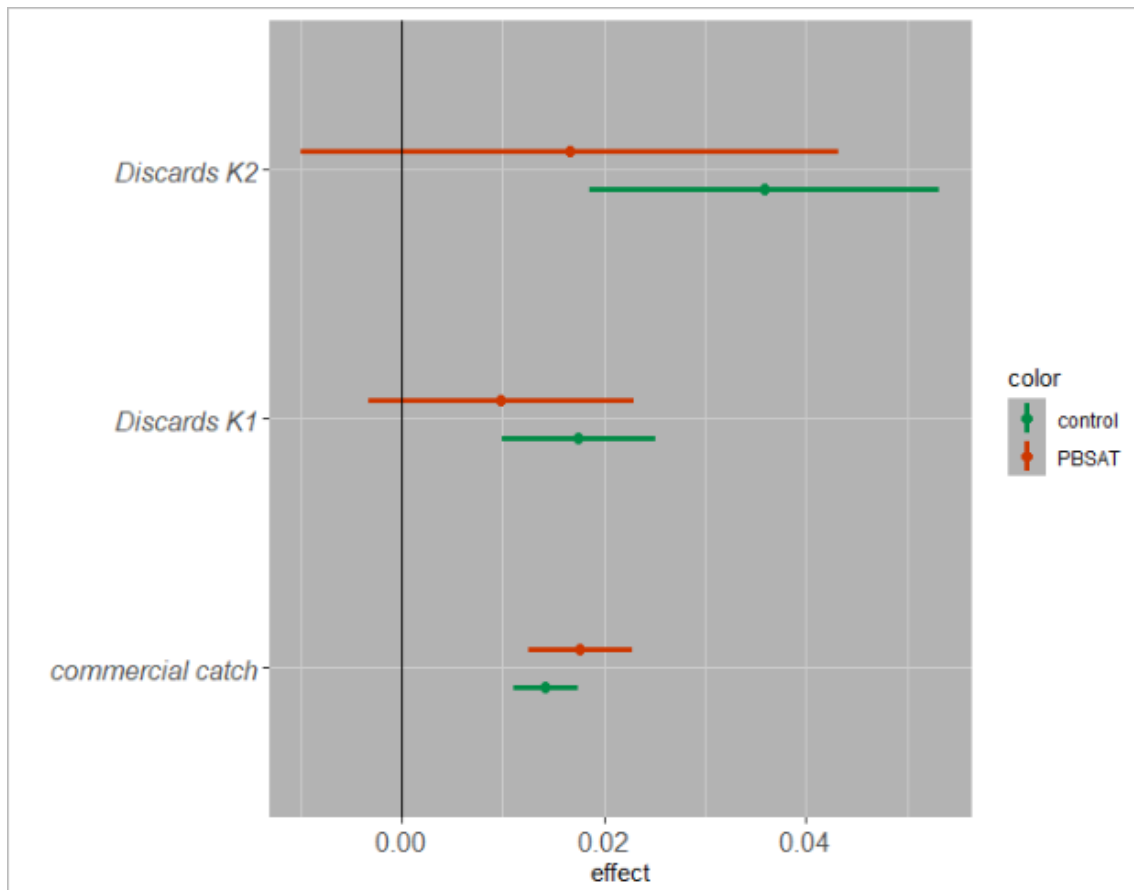


Fig. 4. Efecto del tipo de red (estándar como control y PBSAT como red experimental) sobre las capturas en las pescas de trasmallo de la Comunidad Valenciana. “Commercial catch” es la fracción de capturas efectivamente comercializadas; “Discards K1” son los descartes debidos a captura en mal estado; “Discards K2” corresponde a especies sin valor comercial. Unidades en $N / 100 \text{ m} \cdot \text{h}$.

Para las especies comerciales más importantes obtenidas en los muestreos de la Comunidad Valenciana, la Fig. 5 muestra la comparación de los efectos relativos de ambas redes, considerando el valor 0 como pesca con la red estándar. Tanto para corvina *Argyrosomus regius* como para lubina *Dicentrarchus labrax*, las capturas comerciales fueron más elevadas con la red experimental (45% y 30% respectivamente), aunque de manera estadísticamente significativa sólo para la primera especie. Nótese que para estas dos especies no se capturaron ejemplares dañados (categoría “K1”). En el caso del pagel *Pagellus erythrinus* las capturas fueron estadísticamente más elevadas con la red PBSAT (del orden del 15%) tanto para la fracción comercializada como para la fracción descartada K1. En el caso del pargo *Pagrus pagrus* las capturas comercializadas fueron 15% más altas con la red PBSAT pero la fracción dañada, no comercializable, K1 aumentó muy significativamente en un 70%. Para las tres especies principales restantes, langosta *Palinurus elephas*, corvallo *Sciaena umbra*, cabracho *Scorpaena scrofa*, no se observaron diferencias significativas entre los dos diseños de trasmallo.

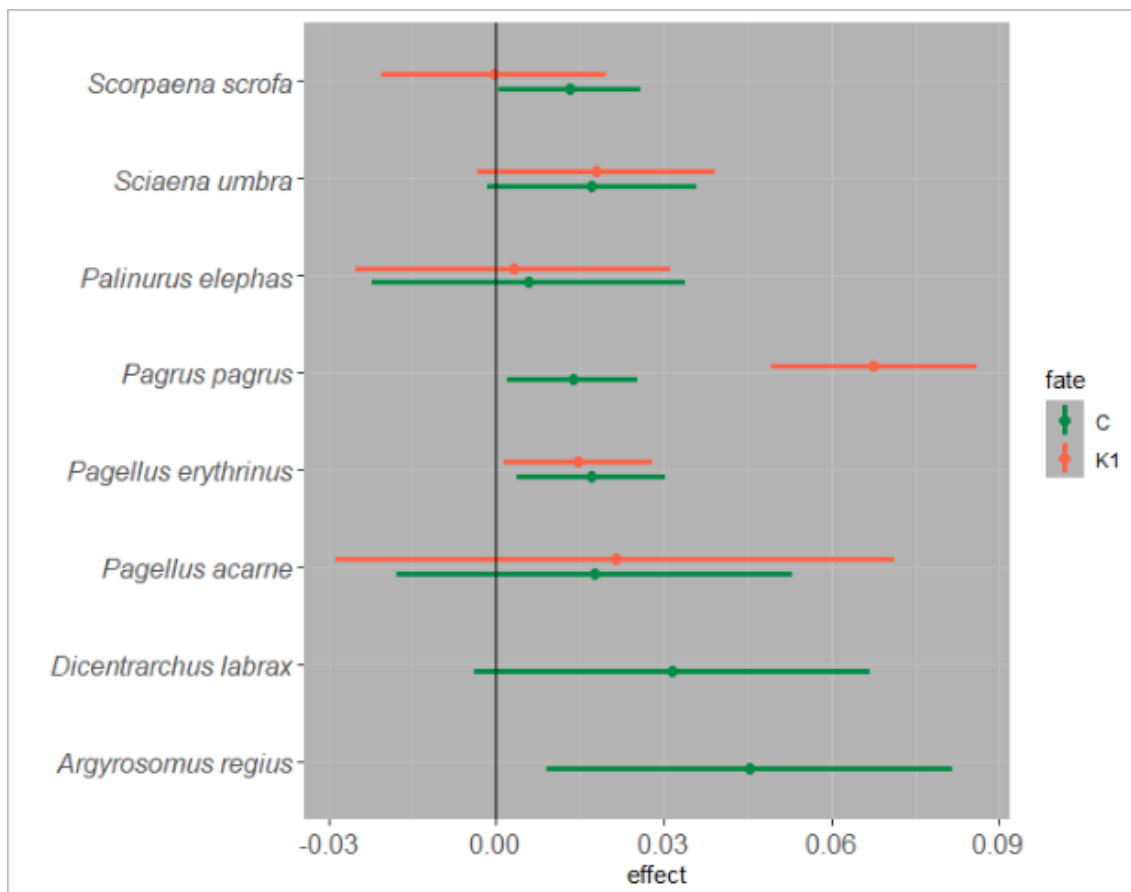


Fig. 5. Efecto relativo del tipo de red experimental PBSAT sobre las capturas de las 8 especies principales en las pescas de trasmallo de la Comunidad Valenciana, comparada con la red estándar (valor 0). "C" es la fracción de capturas efectivamente comercializadas y "K1" son los descartes debidos a captura en mal estado. Unidades en tanto por 1.

4 Resultados sobre las comunidades pescadas

La pesca, incluso mediante artes con buena selectividad como los trasmallos, produce inevitablemente la captura de especies accesorias o especies no deseadas. Esta fracción se descarta después de su captura, al carecer de valor comercial, lo que agrava el efecto de la pesca sobre comunidades marinas, ya que las capturas devueltas al mar raramente sobreviven al proceso de descarte (Hall et al. 2000). Entre las medidas para mitigar el impacto de la pesca sobre las comunidades marinas está el desarrollo de artes de pesca más selectivos y de menor impacto (Suuronen et al. 2012). Para evaluar el efecto del uso de un trasmallo construido con red PBSAT frente al trasmallo tradicional, se analizaron los resultados de los muestreos pesqueros desde una perspectiva de análisis de comunidades, mediante análisis multivariante y de vulnerabilidad.

4.1 Análisis Multivariante

Los índices de diversidad (H'), riqueza específica (S) y equitatividad (J) se muestran en la siguiente Tabla 8. En ambas áreas de estudio, el número de especies y la diversidad específica fue mayor en los muestreos con la red control (aunque estadísticamente significativa

solamente para la primera área de estudio, Murcia). El índice de equitatividad arrojó valores muy parecidos en ambos muestreos, sin diferencias significativas.

Tabla 8. Indicadores de biodiversidad de las pescas de trasmallo efectuadas en la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana. Se indica la posible diferencia estadística en los índices mediante análisis de la varianza (ANOVA, 1 factor).

índice	red control	red experimental	ANOVA
Región de Murcia			
diversidad (H')	3,202	2,740	p=0,034
riqueza (S)	62	41	p=0,0007
equitatividad (J)	0,776	0,738	p=0,59
Comunidad Valenciana			
diversidad (H')	3,281	3,175	p=0,379
riqueza (S)	52	40	p=0,128
equitatividad (J)	0,830	0,861	p=0,383

Los mismos índices según la posición taxonómica de las capturas se presentan en la Tabla 9. En ambas zonas de estudio, la mayoría de las especies fueron peces, y se obtuvieron mayores índices de diversidad H' y riqueza específica S en la red control que en la experimental. El número de especies de invertebrados epibentónicos, sin interés comercial, siempre fue mayor en la red comercial que en la experimental, lo que sugiere que esta tiene menor impacto sobre los fondos marinos. En el caso de los cefalópodos, las capturas corresponden a pulpo y sepia, que sí tienen interés comercial.

Tabla 9. Indicadores de biodiversidad de las pescas de trasmallo efectuadas en la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana por categoría taxonómica. Para las categorías con capturas de una sola especie no tiene sentido el cálculo de H' y J.

taxon	red control			red experimental		
	diversidad (H')	riqueza (S)	equitatividad (J)	diversidad (H')	riqueza (S)	equitatividad (J)
Región de Murcia						
CEFALÓPODOS	0,637	2	0,918		1	
CNIDARIOS					1	
CRUSTÁCEOS	0,432	6	0,241	0,526	3	0,478
EQUINODERMOS	1,231	6	0,687	1,067	4	0,242
GASTERÓPODOS	0,096	2	0,139	0,168	2	0,242
NUDIBRANQUIOS		1		0,637	2	0,918
PECES	3,074	45	0,808	2,164	28	0,649
Comunidad Valenciana						
CEFALÓPODOS	0,693	2	1,000		1	
CNIDARIOS		1			1	
CRUSTÁCEOS	0,956	5	0,594	1,261	4	0,910
EQUINODERMOS	0,566	3	0,515	0,640	2	0,918
GASTERÓPODOS		1			1	
NUDIBRANQUIOS		1			1	
PECES	3,208	39	0,876	2,830	30	0,832

Las curvas de rarefacción de ambas zonas de estudio se presentan en las Figs 6 y 7. Tanto en Región de Murcia como en Comunidad Valenciana las curvas tienden a la asíntota y muestran como la red control captura más especies que la red experimental. Es decir, la red experimental es más selectiva y permite capturar una menor cantidad de especies. En general, el número de especies y la diversidad es menor en la red experimental para invertebrados bentónicos y algunos peces, por lo que el impacto sobre los hábitats sería menor en el caso del trasmallo con red PBSAT.

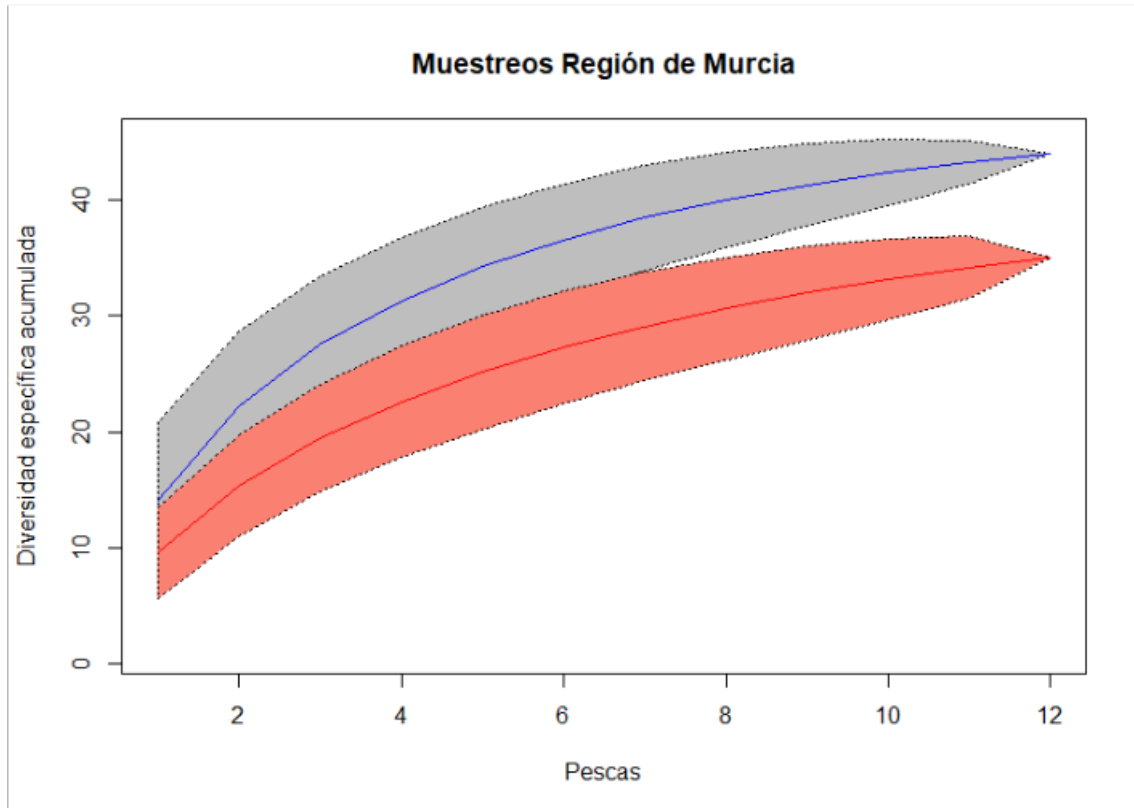


Fig. 6. Curvas de rarefacción para el trasmallo control (línea azul) y para el trasmallo experimental con PBSAT, Región de Murcia. El área sombreada alrededor de la curva muestra el intervalo de confianza en la estimación de riqueza específica al 95%.

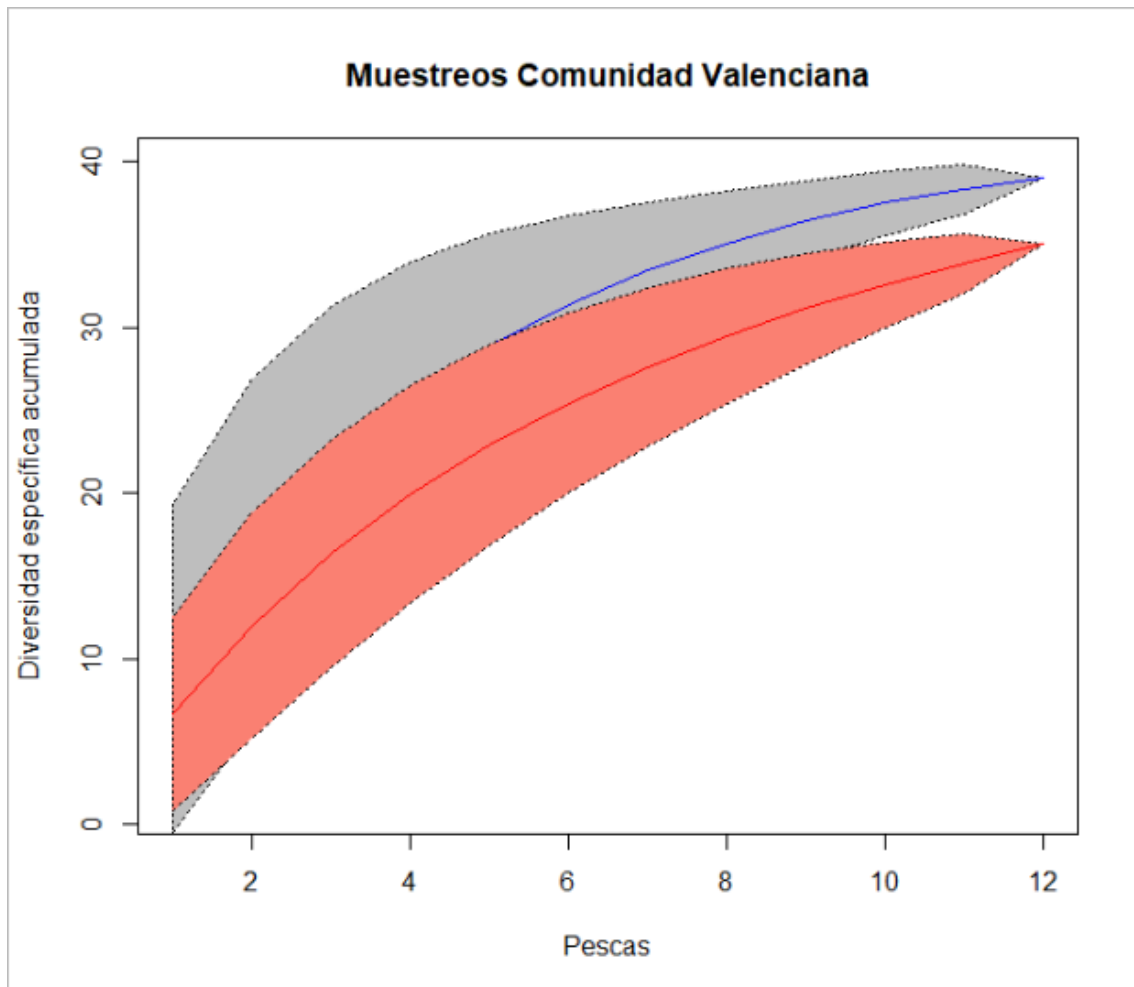


Fig. 7. Curvas de rarefacción para el trasmallo control (línea azul) y para el trasmallo experimental con PBSAT, Comunidad Valenciana. El área sombreada alrededor de la curva muestra el intervalo de confianza en la estimación de riqueza específica al 95%.

Los resultados del análisis de grupos jerárquicos (“cluster”) con algoritmo de agrupación “completo” y distancia “Bray-Curtis” considerando la lista de especies más frecuentes (>5% de aparición) se muestran en las Fig. 8 y 9. No se detecta en ninguna de los dos casos estructura en la matriz multivariante que permitiera deducir que una red tiende a capturar un cierto conjunto de especies u otro. En el eje horizontal, las pescas aparecen mezcladas sin agrupamiento entre las pescas control (código “c”) o las pescas con el trasmallo experimental (código “e”).

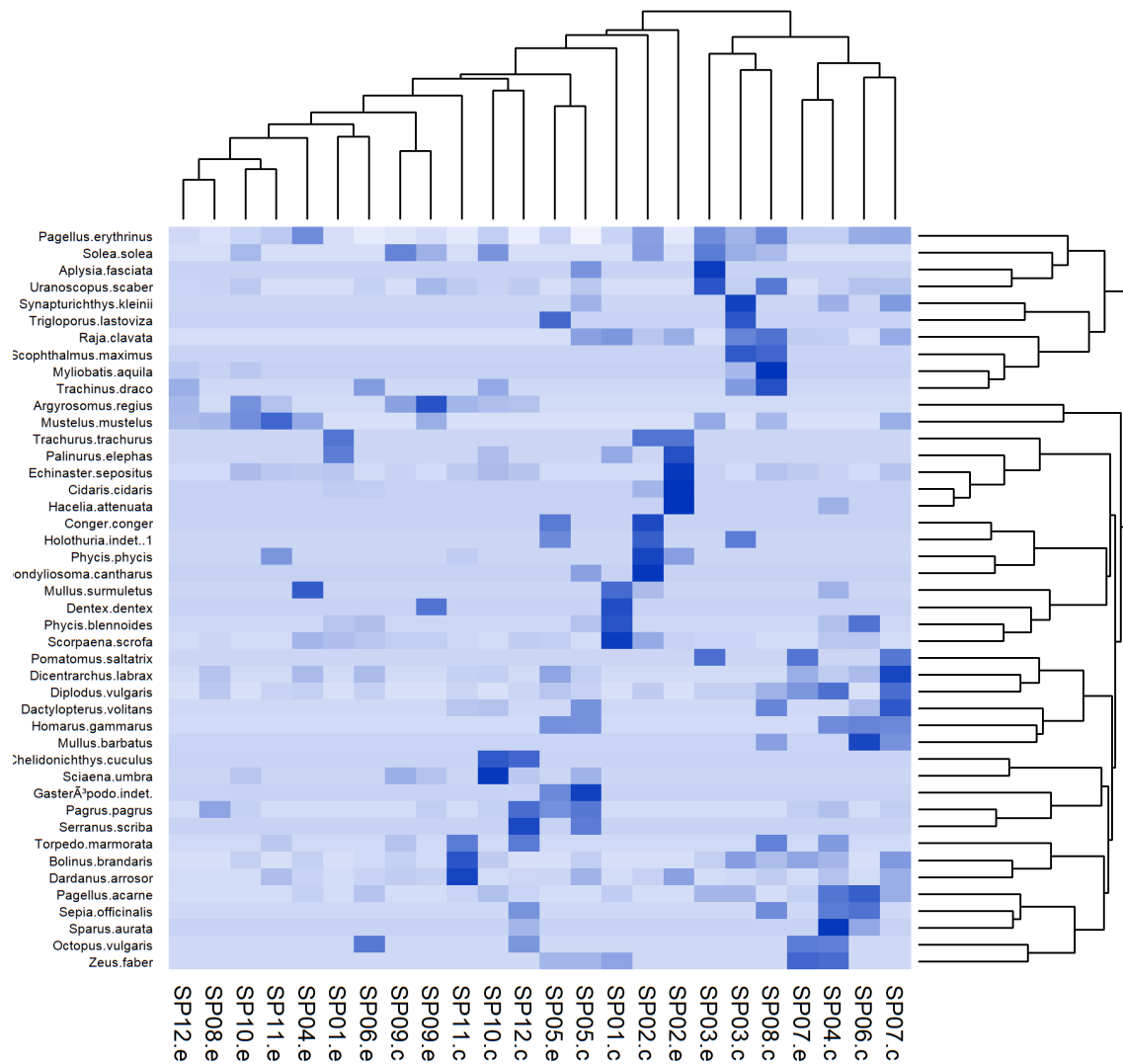


Fig. 8. Representación de la matriz multivariante de pescas y especies (presentes en >5% de los lances) en los lances de trasmallo de la Región de Murcia. En el eje vertical se muestra la agrupación por especies, en el eje horizontal por pescas (código de pesca + "c" para los lances control y código + "e" para los lances con la red experimental PBSAT). Agrupamiento jerárquico con método "completo" e índice de distancia "Bray-Curtis".

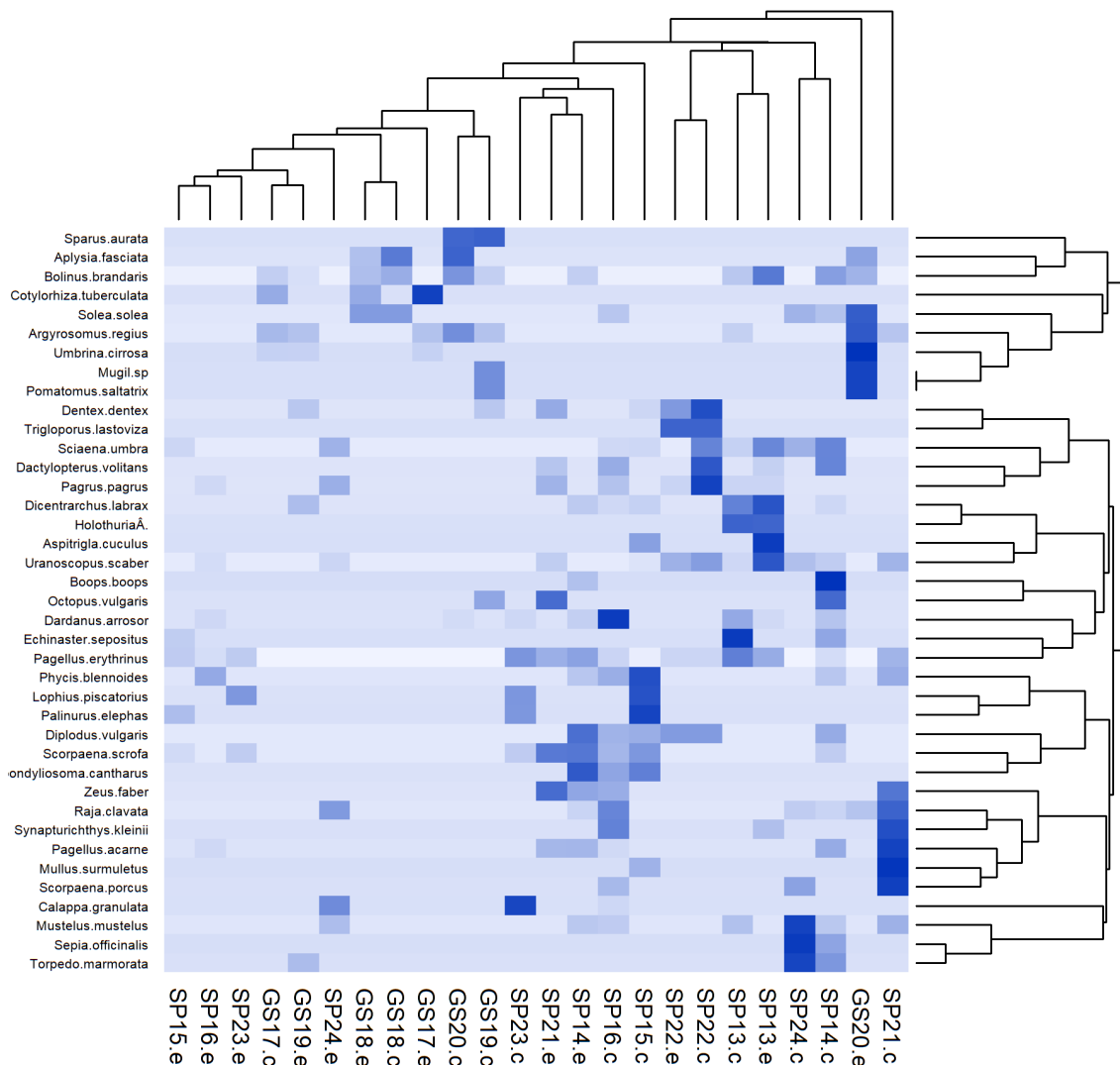


Fig. 9. Representación de la matriz multivariante de pescas y especies (presentes en >5% de los lances) en los lances de trasmallo de la Comunidad Valenciana. En el eje vertical se muestra la agrupación por especies, en el eje horizontal por pescas (código de pesca + “c” para los lances control y código + “e” para los lances con la red experimental PBSAT). Agrupamiento jerárquico con método “completo” e índice de distancia “Bray-Curtis”.

4.2 Vulnerabilidad

Además de innovaciones técnicas en los artes de pesca (cambios de diseño o uso de nuevos materiales, como en el caso del presente proyecto) es importante el desarrollo de indicadores que permitan medir objetivamente el grado de vulnerabilidad de especies o comunidades marinas, a escalas espacio-temporales relevantes para su gestión (de Juan et al. 2020). Estudios recientes muestran que la respuesta de las comunidades marinas a estresores naturales o antrópicos depende en gran medida de los rasgos biológicos (“biological traits”) de los organismos que componen la comunidad (Mouillot et al. 2013). Este concepto forma la base del método conocido como Análisis de Rasgos Biológicos (en inglés BTA: Biological Traits Approach), que asume que las especies que comparten rasgos biológicos parecidos presentarán una respuesta parecida a los estresores externos, independientemente de su

posición taxonómica (Jennings et al. 1999; Bremner 2008). Entre los rasgos biológicos que se pueden considerar para el análisis podemos citar como ejemplos la longevidad, el tipo de reproducción, la talla de primera madurez o poseer caparazón u otros modos de protección frente a estresores externos. El análisis de rasgos biológicos incluye, y generaliza, el análisis de rasgos funcionales (de Juan et al. 2020).

Para llegar a obtener un índice de vulnerabilidad para las distintas especies que se capturaron en las pescas experimentales del proyecto, se siguió el método desarrollado por de Juan et al. (2020) que consiste en establecer los valores de los rasgos biológicos para distintas categorías y en calcular un índice de vulnerabilidad compuesto. Las categorías que componen el índice de vulnerabilidad fueron en nuestro caso: i) susceptibilidad de la especie a ser capturada por el trasmallo (índice de capturabilidad), ii) resistencia de la especie a ser retenida en el trasmallo (índice de resistencia), iii) efecto del proceso de captura, retención y descarte sobre la mortalidad del organismo (índice de resiliencia). Los atributos de cada índice para cada especie se definieron para las variables biológicas, funcionales o ecológicas que lo componen según conocimiento experto y consulta a las bases de datos BIOTIC (Biological Traits Information Catalogue, <http://www.marlin.ac.uk/biotic/biotic.php>) y FISHBASE (<https://www.fishbase.de>).

El método BTA permite cuantificar valoraciones cualitativas mediante la ponderación de los componentes que conforman cada índice. Por ejemplo, para el componente “Hábitat” del índice de capturabilidad se proponen tres posibilidades: organismo endobentónico, epibentónico o demersal, valorándose cada opción entre 0 y 1 y admitiéndose fracción (es decir, un organismo puede ser considerado a la vez parcialmente epibentónico y demersal). La suma de los valores de cada componente será entre 1 y 3, donde 1 indica menos susceptible y 3 más. Los distintos componentes de cada índice se ponderan mediante la ecuación correspondiente. La ponderación de los tres índices (Capturabilidad, Resistencia y Resiliencia) resulta en el índice de Vulnerabilidad. La siguiente Tabla 10 resume los rasgos biológicos, categorías e índices empleados para obtener el índice de vulnerabilidad de las comunidades marinas a la pesca de trasmallo:

Tabla 10. Rasgos biológicos, categorías, índices y puntuación empleados para el análisis BTA de las pescas experimentales de trasmallo (adaptado de de Juan et al. 2020 y BIOTIC, con modificaciones para este estudio). Valor 1 indica poco susceptible y 3 muy susceptible a ser afectado por la pesca de trasmallo.

Índice	Rasgo	Categoría	Puntuación
Capturabilidad (CA)	Posición	Endobentónico	1
		Epibentónico	2
		Demersal	3
	Movilidad	Sésil	1
		Sedentario	1
		Se arrastra	2
	Tamaño	Nada	3
		Pequeño (< 5 cm)	1
		Mediano (5-15 cm)	2
	Sociabilidad	Grande (> 15 cm)	3
		En bancos	3
		Grupos pequeños (< 10 ind.)	2
		Solitario	2

Resistencia (RE)	Regeneración	Sí	1
		No	2
	Protección	Concha	1
		Exoesqueleto / Tubícola	2
		Sin protección	3
	Exposición al aire	No resistente	3
		Muy resistente (exposición hasta 30')	1
		Resistente (exposición hasta 15')	2
		No resistente	3
Resiliencia (RL)	Madurez sexual	Precoz (< 1 año)	1
		Temprana (1 a 5 años)	2
		Tardía (> 5 años)	3
	Frecuencia de puesta	Anual	1
		No anual	2
		Semelparidad	3
	Desarrollo fases tempranas (huevos, larvas)	Pelágico	1
		Bentónico	2

Para cada índice, la suma de las puntuaciones individuales se normalizaron a 1, es decir cada uno de los tres índices varía entre 0 (menos susceptible) y 1 (más susceptible). El índice de vulnerabilidad (VU) se obtuvo, finalmente, mediante la ponderación de los tres índices parciales (de Juan et al. 2020):

$$VU = 1 \cdot CA + 0.5 \cdot RE + 1.5 \cdot RL$$

Este índice de vulnerabilidad varía entre 0 y 3, para cada especie, de menos a más vulnerable a la pesca de trasmallo. Para cada calada de trasmallo en el estudio, se multiplicó el número estandarizado de individuos capturados por el índice de vulnerabilidad, para obtener una estimación de la vulnerabilidad de cada punto de muestreo al tipo de red utilizada (control o experimental).

Área 1 – Región de Murcia

Entre las 68 especies capturadas en los muestreos en Murcia, el índice de vulnerabilidad VU varió entre $VU_{min} = 0,856$ y $VU_{max} = 1,831$. Entre las especies más vulnerables encontramos a los crustáceos *Homarus gammarus* y *Palinurus elephas*, con valores de 1,831, y los elasmobranquios (*Myliobatis aquila*, *Dasyatis pastinaca*, *Raja clavata* o *Mustelus mustelus*) con valores entre 1,625 y 1,822. Entre los menos vulnerables se encuentran invertebrados sin interés comercial, como el cangrejo ermitaño *Dardanus arrosor* o holoturias, con vulnerabilidades inferiores a 1,0.

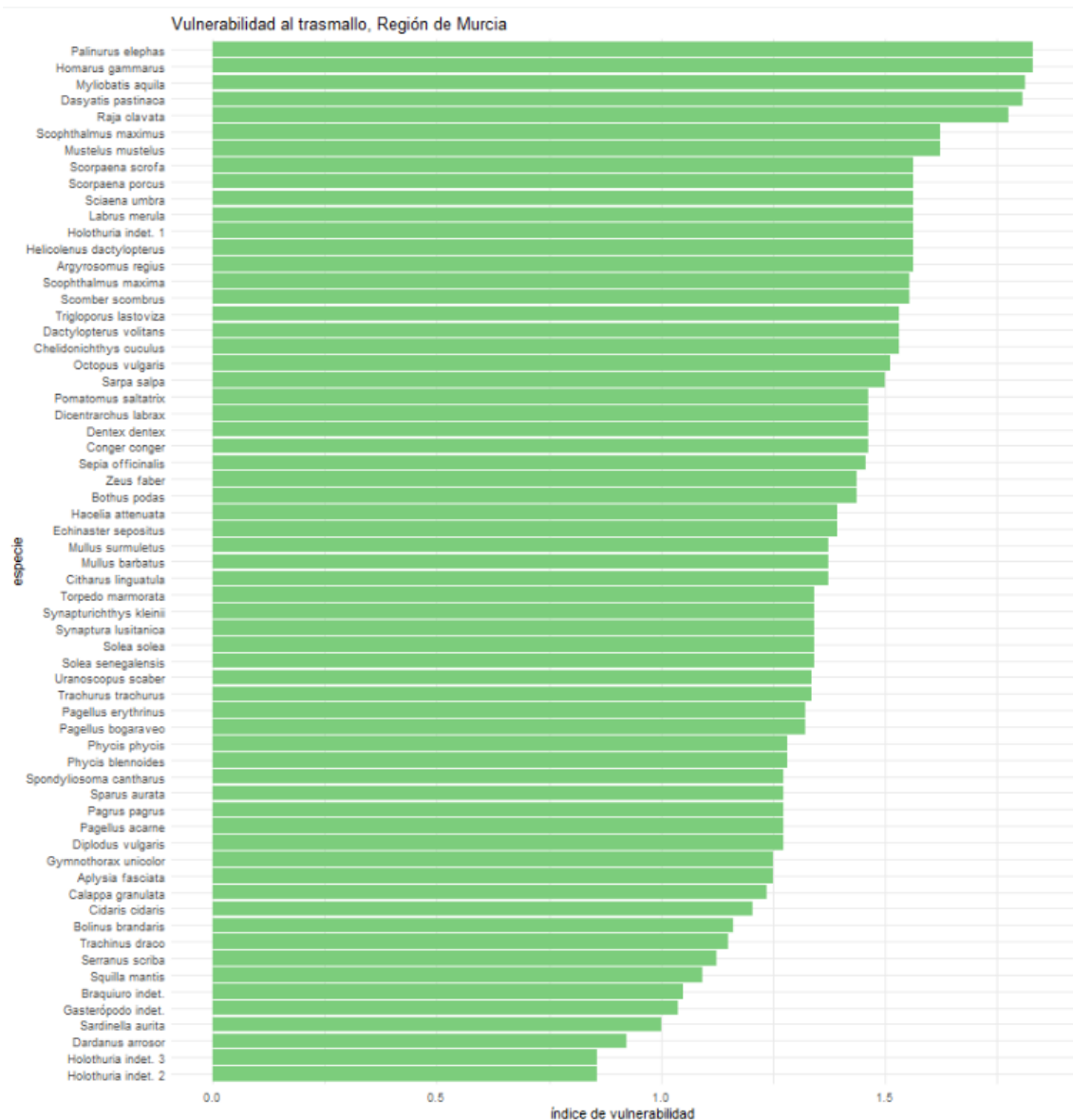


Fig. 10. Especies capturadas en la Región de Murcia en las pescas de trasmallo ordenadas de más a menos vulnerables.

Los valores medios de vulnerabilidad ponderada por tipo de red y destino de la captura (comercial o descarte, y razón de descarte) se resumen en la siguiente Tabla 10. En la tabla se aprecia como los valores de vulnerabilidad ponderados a la captura son más elevados para la red control que para la red experimental con PBSAT. Este resultado sugiere que la red experimental tiende a capturar especies menos vulnerables en la fracción comercial y en la fracción descartada K2 (organismos sin valor comercial). La figura 11 muestra los mismos resultados de vulnerabilidad de las capturas de trasmallo por tipo de red y destino de la captura, ponderada por la cantidad capturada (abundancia en N / 100 m·h), para cada especie (puntos) y resumida en forma de boxplots. La diferencia entre ambas redes no es significativa estadísticamente pero sí se observa que la red experimental tiende a capturar especies menos vulnerables.

Tabla 10. Índice de vulnerabilidad ponderada a la captura estandarizada (N / 100 m·h) en las pescas de trasmallo de la Región de Murcia.

	Red Control	Red Experimental
captura total	0,0172	0,0165
de la fracción comercial (C)	0,0172	0,0132
de la fracción descartada (D)*	0,0292	0,0148
de la fracción descartada (K1)*	0,0192	0,0137
de la fracción descartada (K2)*	0,0300	0,0196

*"D" corresponde a capturas de especies sujetas a obligación de desembarco según art. 15 de Reglamento UE 1380/2013; "K1" corresponde a capturas de especies comerciales en mal estado, y que por tanto no pudieron ser comercializadas; "K2" corresponde a especies sin valor comercial.

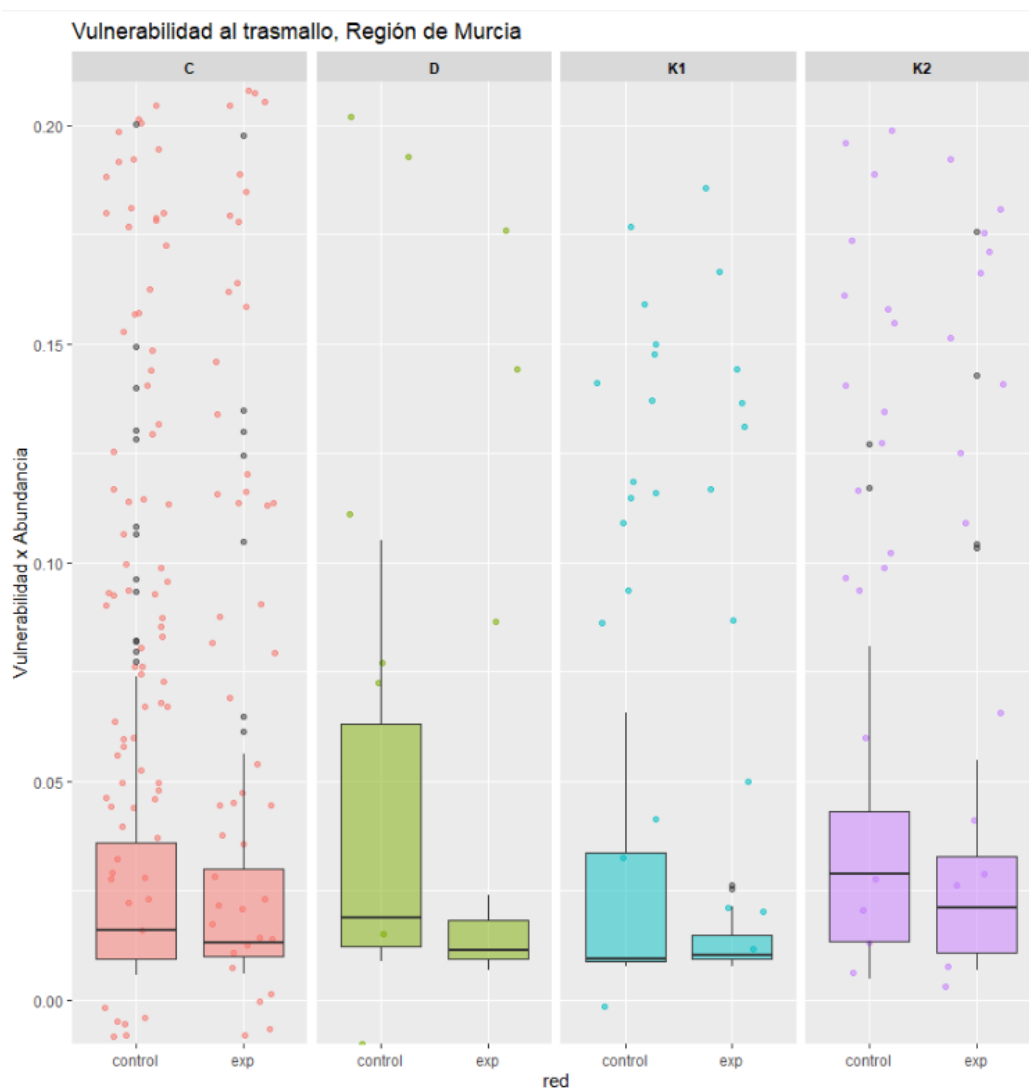


Fig. 11. Vulnerabilidad al trasmallo, según destino comercial de la captura (véanse códigos en Tabla 10) y tipo de trasmallo (control o experimental) para los lances en la Región de Murcia.

Área 2 – Comunidad Valenciana

El índice de vulnerabilidad de las 57 especies capturadas en los muestreos de Alicante osciló entre $VU_{min} = 0,831$ para holoturia y $VU_{max} = 1,831$ para langosta *Palinurus elephas*. Además de la langosta, otras especies de alta vulnerabilidad capturadas en esta área de estudio fueron el bogavante *Homarus gammarus* y elasmobranquios como *Raja clavata*, *Mustelus mustelus* y *Torpedo marmorata*. Como en el caso anterior, entre las menos vulnerables se encuentran el cangrejo ermitaño *Dardanus arrosor* o holoturias, con vulnerabilidades inferiores a 1,0.

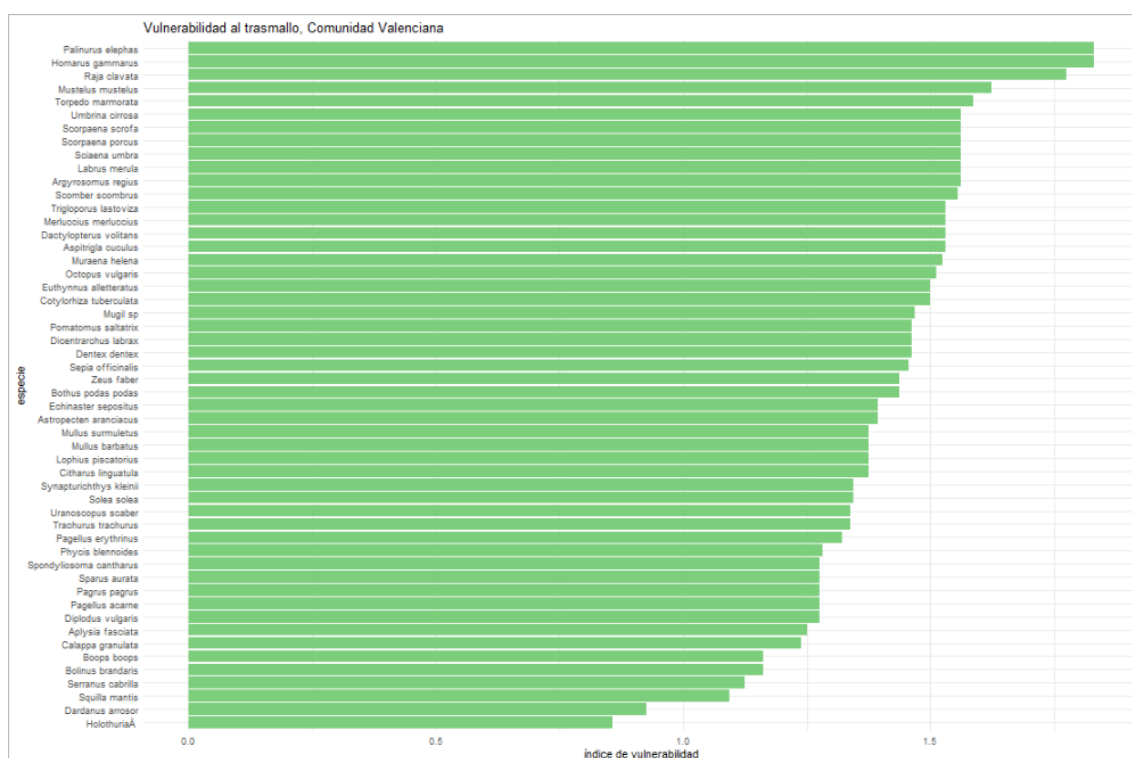


Fig. 12. Especies capturadas en la Comunidad Valenciana en las pescas de trasmallo ordenadas de más a menos vulnerables.

El indicador de vulnerabilidad ponderada para cada tipo de trasmallo y destino comercial de la captura se presenta en la siguiente Tabla 11. Como en el caso anterior, los valores de vulnerabilidad ponderados a la captura son más elevados para la red control que para la red experimental con PBSAT: la red experimental tiende a capturar especies menos vulnerables tanto en la fracción comercial (C, D, K1) como en la fracción descartada K2 (organismos sin valor comercial). La figura 13 muestra los mismos resultados de vulnerabilidad ponderada por la captura (abundancia en N / 100 m·h), para cada especie (puntos) y resumida en forma de boxplots. La diferencia entre ambas redes no es significativa estadísticamente pero sí se observa que la red experimental tiende a capturar especies menos vulnerables.

Tabla 11. Índice de vulnerabilidad ponderada a la captura estandarizada (N / 100 m·h) en las pescas de trasmallo de la Comunidad Valenciana.

índice de vulnerabilidad	Red Control	Red Experimental
captura total	0,0159	0,0154
de la fracción comercial (C)	0,0161	0,0158
de la fracción descartada (D)*	--	0,0272
de la fracción descartada (K1)	0,0117	0,0081
de la fracción descartada (K2)	0,0248	0,0179

*“D” corresponde a capturas de especies sujetas a obligación de desembarco según art. 15 de Reglamento UE 1380/2013; “K1” corresponde a capturas en mal estado, y que por tanto no han podido ser comercializadas, de especies comerciales; “K2” corresponde a especies sin valor comercial.

La siguiente figura muestra la vulnerabilidad de las capturas de trasmallo por tipo de red y destino de la captura, ponderada por la cantidad capturada (abundancia en N / 100 m·h). La diferencia entre ambas redes no es grande pero sí se observa que las especies que son potencialmente descartadas (categorías C, K1 y K2) son menos vulnerables a la red experimental.

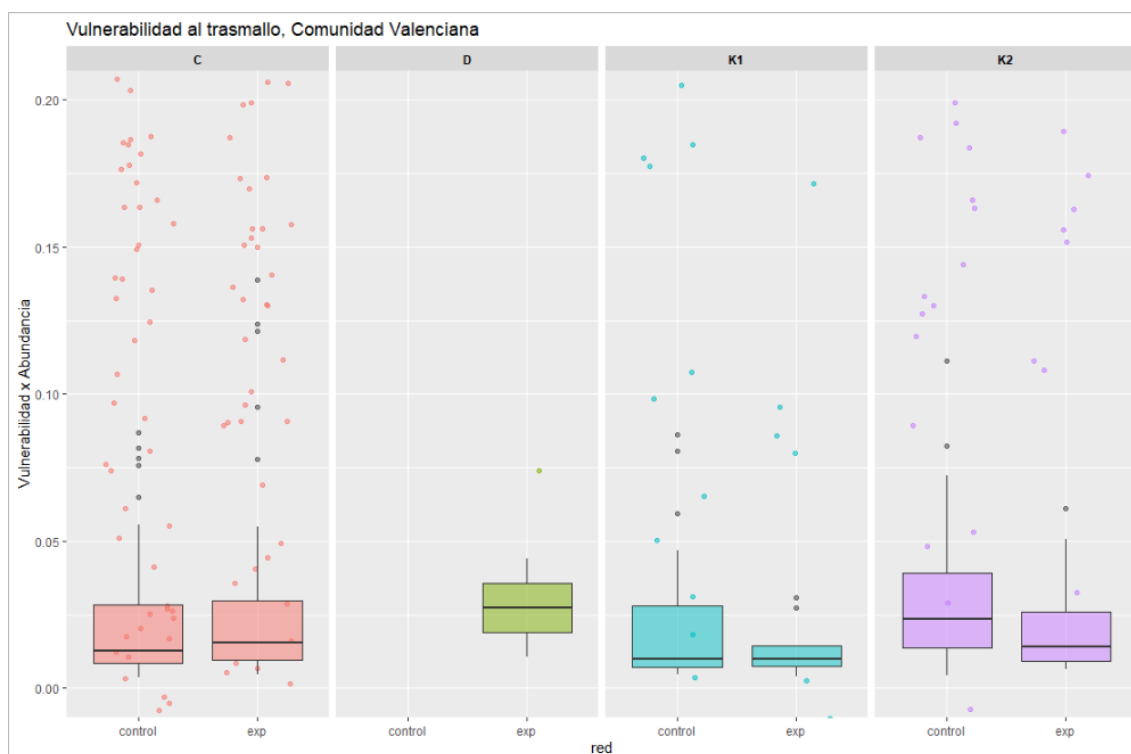


Fig. 13. Vulnerabilidad al trasmallo, según destino comercial de la captura (véase Tabla 10) y tipo de trasmallo para los lances de la Comunidad Valenciana. Para la fracción “D” no se obtuvieron capturas en la red control.

5 Análisis socioeconómico

Las embarcaciones de artes menores que practican pesquerías artesanales en el Mediterráneo representan el 83% de la flota, 71 400 unidades, y 127 000 empleos directos (SOMFI 2020). En el Mediterráneo español el número de embarcaciones de artes menores son unas 1468 o 64% de la flota operativa (censo de la flota pesquera española a 31/12/2020). A pesar de su importancia numérica, su producción pesquera es muy baja y sus perspectivas socioeconómicas no son optimistas, debido a distintos factores externos (competencia con flotas de arrastre y pesca recreativa) o internos (falta de relevo intergeneracional, bajo rendimiento económico) (Guyader 2007; Maynou et al. 2011; Gómez and Maynou 2020). Por otra parte, la pesca artesanal practicada con artes menores es una pesca de bajo impacto ambiental y que provee un producto fresco de muy buena calidad.

La pesca artesanal en el Mediterráneo se ha practicado históricamente con numerosos artes de pesca, adaptados a la disponibilidad del recurso local a lo largo del ciclo anual (Alarcón 2001), pero en estas últimas décadas predomina el uso de redes estáticas, en particular trasmallos (Colloca et al. 2004; Merino et al. 2008; Maynou et al. 2011). Según la época del año y la(s) especie(s) objetivo se usan modalidades trasmallo específicas que difieren ligeramente entre sí, en particular en la luz de malla del paño interno (véase FV1).

El objetivo de la actividad A6 fue valorar, mediante entrevistas a pescadores, análisis de los datos obtenidos durante las pescas experimentales y trabajo de gabinete, la competitividad económica de un trasmallo construido con material PBSAT. Este material biodegradable y de bajo impacto ambiental podría ser una alternativa viable para avanzar hacia la pesca de bajo impacto y energéticamente eficiente (concepto “LIFE”: Low-Impact Fuel-Efficient fisheries, Suuronen et al. 2012).

En las entrevistas a pescadores se usó el modelo de cuestionario en Anexo, que es una adaptación del modelo de entrevistas usado en otros estudios por parte de este mismo equipo investigador (Maynou et al. 2011; Gómez & Maynou 2020). Brevemente, la estructura del cuestionario se resume en la siguiente tabla:

Identificador embarcación	
Tripulación (incl. patrón)	
Características de la embarcación (potencia, tonelaje, eslora, año de construcción)	
Arte de pesca principal - características	Rotación a lo largo del año
Artes de pesca secundarios (si usa)	Rotación a lo largo del año
Estructura de costes	% costes comunes; % parte tripulación; % parte armador
	Costes anuales y variables, pormenorizados
	Costes de construcción, remiendo y reemplazo arte principal
Especies principales	producción y valor promedio semanal
Descartes	Cantidades y especies principales

Se llevaron a cabo 5 entrevistas en persona en la zona de estudio de Murcia (San Pedro del Pinatar) y 5 en Cataluña (puertos de Roses y Blanes).

Por otra parte, se investigó el coste de fabricación de un trasmallo de características similares a los utilizados en las pescas experimentales con fabricantes nacionales y extranjeros.

Los resultados de las entrevistas arrojan cierta heterogeneidad en las características de las estrategias de pesca practicadas por las embarcaciones de artes menores en el Mediterráneo, como es de esperar según resultado de otros estudios (Colloca et al. 2004; Merino et al. 2008; Maynou et al. 2011). Todas las embarcaciones declararon la modalidad de trasmallo como arte de pesca principal, pero la(s) especie(s) objetivo más buscadas a lo largo del año resultaron distintas. Tres de las 10 embarcaciones tienen por especie objetivo el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*), alternando con sepia (*Sepia officinalis*) o el uso de betas para merluza (*Merluccius merluccius*) en determinadas épocas del año. En 2 embarcaciones la especie principal es la sepia, con lenguado (*Solea solea*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y otros peces de fondo como especies secundarias. De las 5 embarcaciones restantes, una se especializa en langosta (*Palinurus elephas*) con especies objetivo alternativas rape (*Lophius* spp.) o cabracho (*Scorpaena scrofa*) según época del año, y las 4 restantes declaran practicar estrategias de pesca muy variadas a lo largo del año, adaptándose a los recursos disponibles (corvina, pagel, pez de San Pedro, pez limón, dorada, etc.)

Para las distintas estrategias de pesca, se usan trasmallos ligeramente modificados. Para la mayor parte de especies se calan, en cada marea de pesca, 2 o 3 trasmallos de 750 a 2500 m de longitud, siendo el trasmallo de 1500 m el más común. Para betas se usan longitudes mayores, de 3000 a 4500 m. La caída vertical de las redes oscila entre 1,2 y 2,5 m. Según la especie objetivo se usan trasmallos más tupidos (hasta 8 – 10 pasadas por palmo o 25 – 20 mm de costado, por ejemplo, para salmonete) o más claros (hasta 3 – 4 p/p o 65 – 50 mm de costado, para langosta o rape). El trasmallo valorado en el proyecto INARBIO posee una luz de malla intermedia, 5 p/p o 40 mm de costado, y se usa habitualmente para la estrategia de salmonete y pescado de fondo variado, que se practican de manera generalizada en el Mediterráneo. El material de construcción de las redes empleado por las embarcaciones entrevistadas es siempre nylon (poliamida), tipo de plástico no biodegradable que genera la problemática avanzada en la propuesta de proyecto y estudiada con algo de detalle en FV1 e informe correspondiente¹.

A pesar de la variedad observada en las estrategias de pesca, las dimensiones técnicas de las embarcaciones son más homogéneas: se trata de embarcaciones pequeñas de 6 a 12 m de eslora (promedio 9 m), 3 a 7 toneladas (TRB) y 30 a 116 CV (promedio 60 CV). La mayoría de las embarcaciones emplea un solo tripulante (patrón – armador, que es el modelo predominante en el Mediterráneo; Boncoeur et al. 2000), aunque en determinadas épocas del año o para ciertas pesquerías se pueden emplear 1 o 2 tripulantes adicionales.

El coste de fabricación de un arte de características parecidas a los trasmallos utilizados en las pescas experimentales (misma longitud, tipos de mallas y especificaciones de relingas) obtenidos consultando distintos fabricantes se muestran en la siguiente Tabla 12. Para su amortización se consideran 5 años de trabajo (según las respuestas de los pescadores, la duración efectiva de un trasmallo es de 4 a 5 años). Como se observa en la tabla, los costes de

¹ <https://programapleamar.es/inarbio-nuevos-materiales-para-reducir-la-pesca-fantasma>.

un trasmallo nuevo oscilan alrededor de 3000 € o unos 600 € al año. El coste del prototipo con PBSAT cuesta más del doble, y representaría un coste variable adicional de unos 800 € / año.

Tabla 12. Costes de fabricación (total y anualizado, asumiendo duración de 5 años) de un trasmallo de características parecidas a los utilizados en las pruebas experimentales (750 m de longitud, malla interna de 40 mm de costado, relingas), montado.

:	coste de fabricación (€)	coste anualizado (€)
Fabricante Coastal Nets (UK)¹	3450	690
Fabricante Advanced Netting (UK)²	3200	640
Fabricante Engel Netze (Alemania)³	3130	626
Fabricante Almero Red (Almería)⁴	2625	525
Trasmallo biodegradable PBSAT⁵ (sin transporte)	7000	1400

¹: <https://www.coastalnets.co.uk/trammel-nets/>

²: https://www.advancednetting.co.uk/trammel-nets-c-76_23_203/

³: <https://engelnetze.com/en/>

⁴: <https://fabricaderedes.com/>

⁵: Fabricante S-ENPOL (Corea del Sur).

En la siguiente Tabla 13 se resumen los datos económicos más significativos obtenidos en las encuestas. El capital de cada embarcación, estimado según valor declarado de venta, fue de 80.400 €. La actividad, medida como días de pesca efectivos, fue de 112, es decir estas embarcaciones faenan prácticamente sólo uno de cada tres días disponibles. Esta limitación se debe en gran medida a su gran dependencia de las condiciones meteorológicas. El máximo típico de días de pesca, 176 días, corresponde a uno de cada dos días disponibles. Los costes totales anuales fueron de 42.667,67 €, alrededor de 1/3 de los cuales (15.746,67 €) correspondientes a costes fijos, tales como reparación de motor, pintado embarcación, radio o amarre. La categoría de costes más importantes es la remuneración del trabajo (21.536,00 €, como “otros costes variables” en la Tabla 13). Los costes variables de combustible son relativamente bajos (alrededor de 5.000 € anuales). El coste anualizado de construcción y reparación de redes se estima en 600 € / año (cf. Tabla 12) para una red de nylon y 1400 € / año para una red de material PBSAT.

Tabla 13. Costes de explotación e ingresos (anuales) de una muestra de embarcaciones de trasmallo del Mediterráneo español, según datos obtenidos de encuestas personales. Los cuantiles 10 a 90% representan el rango de variación típico de los datos.

	promedio	cuantiles 10-90%	Observación
Capital (valor embarcación, €)	80400,00	24900,00 – 128000,00	
Tripulantes (nº)	1,2	1 – 2	
Nº de días de pesca anual	112	42 – 176	
Costes totales (€/año)	43267,67	24834,00 – 71177,00	
Costes Fijos (€/año)	15746,67	7160,00 – 26000,00	37% sobre costes totales
Coste Combustible (€/año)	5385,00	2385,00 – 123000,00	20% sobre costes variables
Costes Redes (€/año)	600,00		
Otros Costes Variables (€/año)	21536,00	15289,00 – 32877,00	incluye remuneración del trabajo
Volumen de captura (kg/año)	2868,83	1733,20 – 4032,00	
Valor Captura (€/año)	61479,10	37142,48 – 86405,76	
Valor neto (€/año)	18211,43	12308,48 – 15228,76	retorno sobre el capital 23,4%

La diferencia entre los costes totales y el valor anual de la captura desembarcada arroja un valor de 18.211,43 € anuales. Este valor, que se consideraría beneficio para el armador en análisis económico de pesquerías, tiene que ser visto aquí como remuneración adicional al trabajo en pesquerías de tipo artesanal, ya que el armador suele ser el patrón y único tripulante en la mayoría de los casos (modelo “armador-patrón”, Boncoeur et al. 2000; Maynou et al. 2011).

Los resultados de este análisis indican que las pesquerías mediterráneas de artes menores son sostenibles económicamente, aunque con un margen muy pequeño, debido básicamente a la ausencia de costes elevados de combustible (comparado con pesca de arrastre, por ejemplo; Gómez & Maynou 2000) y los bajos costes del trabajo, ya que los beneficios se suelen subsumir con la parte de remuneración salarial. En este contexto, el coste adicional de la red PBSAT (unos 800 € adicionales al año) y la reducción relativa de capturas (de 11 a 12% en valor económico, según análisis en FV2) generarían unos beneficios de 10.033,94 € anuales, lo que representaría una pérdida del 45% de los beneficios sobre los 18.211,43 € estimados. Dada la baja competitividad económica de este sector, esta merma de beneficios puede dificultar la adopción generalizada de un arte de pesca biodegradable con material PBSAT.

Esta diferencia de beneficios entre el trasmallo actual y el nuevo trasmallo con material biodegradable podría llegar a ajustarse si: a) el coste del nuevo trasmallo con material PBSAT puede reducirse con economía de escala; b) si el proyecto europeo INDIGO², que está investigando nuevos materiales en redes de pesca, pone en el mercado un producto similar a precio competitivo; c) si se pudiera mejorar el trasmallo experimental construido en INARBIO para hacerlo más productivo.

De todas formas, este último punto c) debe ser matizado, ya que una de las propiedades del trasmallo que hemos investigado es su menor producción de descartes generados por la captura indeseada de invertebrados de fondo y otras especies vulnerables (cf. FV5). A pesar de no ser económicamente competitivo en estos momentos, el trasmallo con material PBSAT tiene propiedades que ayudan a reducir el impacto de la pesca sobre fondos marinos, y junto con otras posibles mejoras de este arte de pesca (uso de “faldón” o luces: Martínez-Baños & Maynou 2018) puede ser de interés para su uso generalizado en áreas marinas protegidas o hábitats vulnerables. En general, el uso de material biodegradable PBSAT en artes de pesca permitiría contribuir a reducir la “pesca fantasma” y la contaminación por plásticos (<https://programapleamar.es/inarbio-uso-de-nuevos-materiales-para-reducir-la-pesca-fantasma>).

6 Conclusiones de la investigación

6.1 Resumen ejecutivo

Los artes de pesca bentónicos son una de las técnicas de mayor impacto sobre los fondos marinos, generando elevadas cantidades de capturas accesorias, que incluyen tanto a especies de invertebrados no deseadas como a juveniles de las especies comerciales. La construcción de las redes de pesca se basa en plásticos que no se degradan (polietilenos y poliamidas), cuya pérdida en el mar genera mortalidad accesorias durante un tiempo indefinido (“pesca fantasma”). Los residuos plásticos generados por la industria pesquera suponen alrededor de un 10% en peso de los macroresiduos marinos a nivel mundial. Estos artes de pesca perdidos o abandonados en el mar son especialmente relevantes desde el punto de vista ecológico tanto por la poca biodegradabilidad de los materiales con los que están contruidos (polímeros sintéticos, acero, etc.), lo que implica una larga duración en el medio, como por el propio diseño, orientado a la captura de seres vivos.

El proyecto INARBIO tuvo por objetivo evaluar la viabilidad en términos de eficiencia pesquera de la sustitución de las redes usuales normalmente, fundamentalmente plásticos de las familias de los polietilenos y poliamidas, por el material plástico PBSAT (una resina, desarrollada y comercializada bajo patente por la empresa S-ENPOL (grupo SAMSUNG) de Corea del Sur). Este material es enteramente biodegradable por la acción natural de microorganismos marinos en un período de 2 a 3 años. Todo el protocolo de muestreo de la pesca comercial en el proyecto INARBIO se adaptó a las condiciones de trabajo habitual por los trasmalleros de las zonas de estudio (Región de Murcia y Comunidad Valenciana), para evaluar la efectividad de un trasmallo fabricado con PBSAT en condiciones reales.

² <http://indigo-interregproject.eu/en/>

El análisis de los resultados de las pescas experimentales indica que el trasmallo construido con PBSAT genera un menor volumen de capturas (pérdida del 12% en Murcia y 20% en Alicante, en peso). Sin embargo, para ciertas especies comerciales como la corvina, el salmonete de roca o el pagel, las capturas con el trasmallo en PBSAT fueron estadísticamente más elevadas. A nivel ecológico, este nuevo trasmallo generó menos descartes y capturó menor proporción de especies vulnerables, lo que sugiere que tiene menor impacto sobre los fondos marinos que el trasmallo tradicional. Desde el punto de vista económico, el análisis de rentabilidad reveló una pérdida inmediata de 11 a 12% de la captura en valor con el arte PBSAT. Esta pérdida junto con el coste más elevado de fabricación del trasmallo con PBSAT resultaría en una disminución de los beneficios económicos del orden del 45%, lo que puede ser una barrera importante para la adopción generalizada de este nuevo material biodegradable entre un sector, el sector pesquero artesanal, con escasa rentabilidad económica en estas últimas décadas.

En resumen, el estudio demuestra que la adopción de un trasmallo con PBSAT (o materiales biodegradables equivalentes) permitiría reducir de forma significativa impactos negativos de la pesca como pesca fantasma o contaminación por plásticos, pero deberían adoptarse medidas de soporte económico para facilitar su adopción generalizada por parte del sector pesquero.

6.2 Análisis DAFO de los resultados:

El proyecto valoró la adopción un arte de pesca basado en plásticos biodegradables (PBSAT) para evaluar la reducción de capturas de especies sujetas a prohibición de descarte, captura accesoria comercial e invertebrados, así como su durabilidad, eficiencia técnica, impacto ecológico y viabilidad económica.

A pesar de que el arte de pesca experimental construido con PBSAT se ha demostrado perfectamente viable y competitivo en condiciones comerciales reales, para su adopción generalizada deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones, resumidas en forma de análisis DAFO (Debilidades - Amenazas – Fortalezas – Oportunidades).

Debilidades:

- la adopción del trasmallo PBSAT representaría una ligera pérdida de valor global de la captura (11 a 12%).
- dependencia de fabricante internacional (aunque a partir de 2022 el proyecto europeo INDIGO <http://indigo-interregproject.eu/en/> prevé poner en el mercado un producto parecido al desarrollado por la empresa coreana, lo que facilitaría mucho su obtención por parte del sector pesquero).

Amenazas:

- la adopción de legislación cada vez más restrictiva sobre el uso de plásticos convencionales en pesca (p.ej. Directiva (UE) 2019/904) representa una amenaza para la viabilidad económica del pesquero, ya que el empleo de los materiales plásticos habituales puede verse comprometido.
- percepción negativa de la sociedad sobre los efectos indeseables de pesca fantasma y contaminación por residuos plásticos generados por el sector pesquero.

- competencia de la pesca recreativa por los recursos marinos costeros.

Fortalezas:

- la pesca con artes menores, tales como el trasmallo, es una actividad de menor impacto ambiental que otros tipos de pesca más industriales, como la pesca de arrastre.

- la pesca artesanal genera un producto de muy alta calidad y de proximidad que es muy valorado por el consumidor.

Oportunidades:

- la adopción de artes de trasmallo basados en el material PBSAT y similares permitirá reducir la pesca fantasma, la contaminación por residuos plásticos y mejorar la imagen de un Sector que genera empleo local y productos del mar de excelente calidad.

7 Referencias

- Alarcón J.A., 2001, Inventario de la Pesca Artesanal en España Mediterránea (2000-2001). FAO-COPEMED, mimeo.http://www.faocopemed.org/old_copemed/vldocs/0000562/artfi_sp.pdf
- Boncoeur J., Coglán L., Le Gallic B., Pascoe S., 2000, On the (ir)relevance of rates of return measures of economic performance to small boats. *Fish. Res.* 49, 105–115.
- Bremner J. (2008). Species' traits and ecological functioning in marine conservation and management. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 366, 37–47. doi: 10.1016/j.jembe.2008.07.007.
- Colloca F., Crespi V., Cerasi S., Coppola S.R., 2004, Structure and evolution of the artisanal fishery in a southern Italian coastal area. *Fish. Res.* 69, 359–369.
- de Juan S, Hinz H, Sartor P, Vitale S, Bentes L, Bellido JM, Musumeci C, Massi D, Gancitano V and Demestre M. (2020) Vulnerability of Demersal Fish Assemblages to Trawling Activities: A Traits-Based Index. *Front. Mar. Sci.* 7:44. doi: 10.3389/fmars.2020.00044.
- Gómez, S., F. Maynou. 2020. Economic, sociocultural and ecological dimensions of fishing capacity in NW Mediterranean fisheries. *Ocean and Coastal Management*, 197: 105323. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105323>
- Guyader O. (coord.), 2007, Small-scale coastal fisheries in Europe. Final Report of the project. European Commission FISH/2005/10.
- Hall MA, Alverson DL and Metuzals KI. (2000). By-catch: problems and solutions. *Mar. Pollut. Bull.* 41, 204–219. doi: 10.1016/S0025-326X(00)00111-9
- Huntington, T. 2017. Development of a best practice framework for the management of fishing gear.
- Jennings S, Greenstreet SP and Reynolds JD. (1999). Structural change in an exploited fish community: a consequence of differential fishing effects on species with contrasting life histories. *J. Anim. Ecol.* 68, 617–627. doi: 10.1046/j.1365-2656.1999.00312.x
- Krag L.A., B. Herrmann, and J.D. Karlsen. 2014. Inferring fish escape behaviour in trawls based on catch comparison data: model development and evaluation based on data from Skagerrak, Denmark. *PLoS ONE* 9: e88819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088819>.
- Lively, J.A., and T.P. Good. 2018. Ghost fishing, in: *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*. Elsevier, pp. 183–196. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00010-3>
- Macfadyen, G., T. Huntington, and R. Cappell. 2011. *Aparejos de pesca abandonados, perdidos o descartados*. Rome.
- Martín, P., F. Maynou, V. Stelzenmüller, and M. Sacanell. 2012. A small-scale fishery near a rocky littoral marine reserve in the northwestern Mediterranean (Medes Islands) after two decades of fishing prohibition. *Scientia Marina*, 76(3): 607-618. <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.03471.07f>.
- Martínez-Baños P, Maynou F. 2018. Reducing discards in trammel net fisheries with simple modifications based on a guarding net and artificial light: contributing to marine biodiversity conservation. *Scientia Marina*, 82(S1): 9-18. <https://doi.org/10.3989/scimar.04710.03AMaynou>, F., L. Recasens, and A. Lombarte.

2011. Fishing tactics dynamics of a Mediterranean small-scale coastal fishery. *Aquatic Living Resources*, 24: 149-159. <http://dx.doi.org/10.1051/alr/2011131>
- Maynou, F., L. Recasens and A. Lombarte. 2011. Fishing tactics dynamics of a Mediterranean small-scale coastal fishery. *Aquatic Living Resources*, 24: 149-159. <http://dx.doi.org/10.1051/alr/2011131>
- Merino, G., Morales-Nin, B., Maynou, F. and A. M. Grau. 2008. Assessment and bioeconomic analysis of the Majorca (NW Mediterranean) trammel net fishery. *Aquatic Living Resources*, 21: 99-107. <http://dx.doi.org/10.1051/alr:2008027>
- Mouillot D, Graham NJ, Villéger S, Mason NWH and Bellwood DR. (2013). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends Ecol. Evol.* 28, 167–177. doi: 10.1016/j.tree.2012.10.004.
- Park, S. W., J. H. Bae, J. H. Lim, B. J. Cha, C. D. Park, Y. S. Yang, and H. C. Ahn. 2007. Development and physical properties on the monofilament for gill nets and traps using biodegradable aliphatic polybutylene succinate resin. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology* 43: 281–290.
- Park, S. W., S. H. Kim, H. S. Choi, and H. H. Cho. 2010. Preparation and physical properties of biodegradable polybutylene succinate/polybutylene adipate-co-terephthalate blend monofilament by melt spinning. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology* 46: 257– 264
- Pham, C.K., E. Ramirez-Llodra, C.H.S. Alt, T. Amaro, M. Bergmann, M. Canals, J.B. Company, J. Davies, G. Duineveld, F. Galgani, K.L. Howell, V.A.I. Huvenne, E. Isidro, D.O.B. Jones, G. Lastras, T. Morato, J.N. Gomes-Pereira, A. Purser, H. Stewart, I. Tojeira, X. Tubau, D. Van Rooij, and P.A. Tyler. 2014. Marine Litter Distribution and Density in European Seas, from the Shelves to Deep Basins. *PLoS One* 9, e95839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095839>
- Sola, I., and F. Maynou. 2018. Assessment of the relative catch performance of hake, red mullet and striped red mullet in a modified trawl extension with T90 netting. *Scientia Marina*, 82(S1): 19-26. <https://doi.org/10.3989/scimar.04711.04A>.
- SOMFI 2020. The State of the Mediterranean and Black Sea Fisheries. FAO, Rome.
- Suuronen, P., Chopin, F., Glass, C., Lokkeberg, S., Matsushita, Y., Queirolo, D., and Rihan, D. 2012. Low impact and fuel efficient fishing – Looking beyond the horizon. *Fisheries Research* 119-120: 135-146.
- Grimaldo, E., B. Herrmann, G.M. Tveit, J. Vollstad, and M. Schei. 2018. Effect of using biodegradable gill nets on the catch efficiency of Greenland halibut. *Marine and Coastal Fisheries* 10: 619-629.
- Uusivuori, E. 2019. The Economics of Linen Nets: A Solution to the Microplastic Waste Problem. University of Helsinki.