ANÁLISIS DEL IMPACTO ECOLÓGICO DE LAS PUERTAS SEMIPELÁGICAS O VOLADORAS EN LA PESCA DE ARRASTRE

© OCEANA / Ángeles Sáez

ÍNDICE

1. RESUMEN 3

2. ANTECEDENTES 4

- 2.1. Contexto de la pesca de arrastre 4
- 2.2. Objetivo del informe 7

3. METODOLOGÍA 8

- 3.1. Caracterización de la flota con puertas voladoras 8
- 3.2. Percepción de las puertas voladoras en la investigación pesquera 8
- 3.3. Revisión bibliográfica 8

4. RESULTADOS 9

- 4.1. Caracterización de la flota con puertas voladoras 9
- 4.2. Percepción de las puertas voladoras en la investigación pesquera 11
- 4.3. Revisión bibliográfica 12

5. DISCUSIÓN 13

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16

7. REFERENCIAS 17

8. ANEXOS 19

- Anexo 1: Encuestas puertas de arrastre voladoras 19
- Anexo 2: Resultados detalles encuesta 21
- Anexo 3: Estudios utilizados en la revisión bibliográfica 23

Autor: **Claudio Barría**.
Informe encargado por **Oceana**.
Maquetación: **Yago Yuste**.

Octubre **2025**

1. RESUMEN

La pesca de arrastre de fondo representa aproximadamente el 25% de las capturas mundiales, y tiene un impacto considerable en los hábitats del fondo marino, ocasionando la degradación de sedimentos y hábitats, la resuspensión de partículas y una notable disminución de la biodiversidad.

© OCEANA / LX

Por estos motivos, se han desarrollado diversas iniciativas para intentar mitigar los impactos de la pesca de arrastre. Una de estas medidas es el cambio de puertas tradicionales de fondo a semipelágicas o "voladoras", lo que reduce el contacto de las puertas con el fondo. El presente documento analiza los resultados de los estudios realizados mediante pesquerías experimentales sobre el cambio de puertas tradicionales a puertas voladoras. Estos estudios han demostrado que las puertas voladoras son efectivas para disminuir el consumo de combustible entre un 5% y un 18%, y para reducir la resuspensión de sedimentos, lo que se traduce en una menor huella de carbono y un impacto más reducido sobre los hábitats bentónicos. El análisis de los efectos del cambio a puertas voladoras en pesquerías reales a mediano y largo plazo queda fuera del ámbito del presente estudio, aunque sería altamente recomendable, dada la promoción de esta nueva modalidad de arrastre por parte de las administraciones y su creciente aceptación e implementación por pescadores.

No obstante, la adopción de puertas voladoras presenta varios desafíos. Aunque estas puertas minimizan el contacto con el fondo marino, su efecto en la selectividad de las capturas y en la composición de los descartes todavía no está del todo claro. La mayoría de los estudios sugieren que no hay cambios significativos en las capturas, aunque algunos muestran resultados contrarios. Además, si se utilizan pesos y/o cadenas para mantener el arte de pesca cerca del fondo, como ocurre en el 29 % de los estudios revisados y según relataron algunos pescadores en conversaciones informales fuera del marco de este estudio, los beneficios ambientales asociados al uso de puertas voladoras se verían reducidos, ya que gran parte del arte seguiría impactando el fondo marino y el uso de cadenas y pesos aumentaría dicho impacto.

A pesar de estos retos, las puertas voladoras podrían ser un avance significativo hacia una pesca más sostenible, siempre que se reduzca y fiscalice la adición de otros componentes que pudieran arrastrar sobre el fondo. Su implementación, junto con otras medidas técnicas y de gestión, como la zonificación y la mejora de la selectividad de los artes de pesca, podría ayudar a mitigar el impacto ambiental de la pesca de arrastre. Sin embargo, es fundamental llevar a cabo más investigaciones para evaluar y mitigar el impacto de este arte de pesca. Esto se refleja en la percepción de los científicos encuestados, quienes coinciden en la necesidad de estudios adicionales para determinar los efectos del uso de puertas voladoras. Dicho impacto debe analizarse tanto en las especies capturadas como en los ecosistemas bentónicos, con el objetivo de minimizar su huella ecológica y promover una gestión pesquera más sostenible. Por esto, su adopción debe ir acompañada de un monitoreo riguroso y de políticas que promuevan la colaboración entre gestores, científicos y pescadores, con el fin de asegurar una transición hacia una pesca más responsable. Se recomienda realizar más estudios de los impactos del arte de arrastre de fondo con puertas voladoras sobre los hábitats bentónicos, involucrando a los pescadores para conocer el uso de modificaciones en el arte producidos por esta nueva herramienta.

2. ANTECEDENTES

2.1. Contexto de la pesca de arrastre de fondo

La pesca de arrastre de fondo o demersal es un tipo de pesca en la cual una o varias redes son remolcadas por embarcaciones sobre el fondo marino. A diferencia del arrastre pelágico, que se realiza en la columna de agua, la pesca de arrastre de fondo se lleva a cabo directamente sobre el lecho marino. Este informe se centra exclusivamente en la pesca de arrastre de fondo, la modalidad utilizada actualmente en el Mediterráneo español. Estas redes de arrastre se caracterizan por tener forma de embudo, con una abertura amplia para capturar peces, moluscos y/o crustáceos y un copo estrecho y cerrado. Suelen tener diferentes tipos de abertura de malla, dependiendo de la legislación vigente en cada país. En el Mediterráneo español, hasta la fecha se ha utilizado la malla de 40 milímetros, aunque desde 2025 se establece el empleo obligatorio de redes de arrastre con malla cuadrada de 45 milímetros en el copo para la pesquería de costera, y de 50 milímetros para la de profundidad (BOE 2025a).

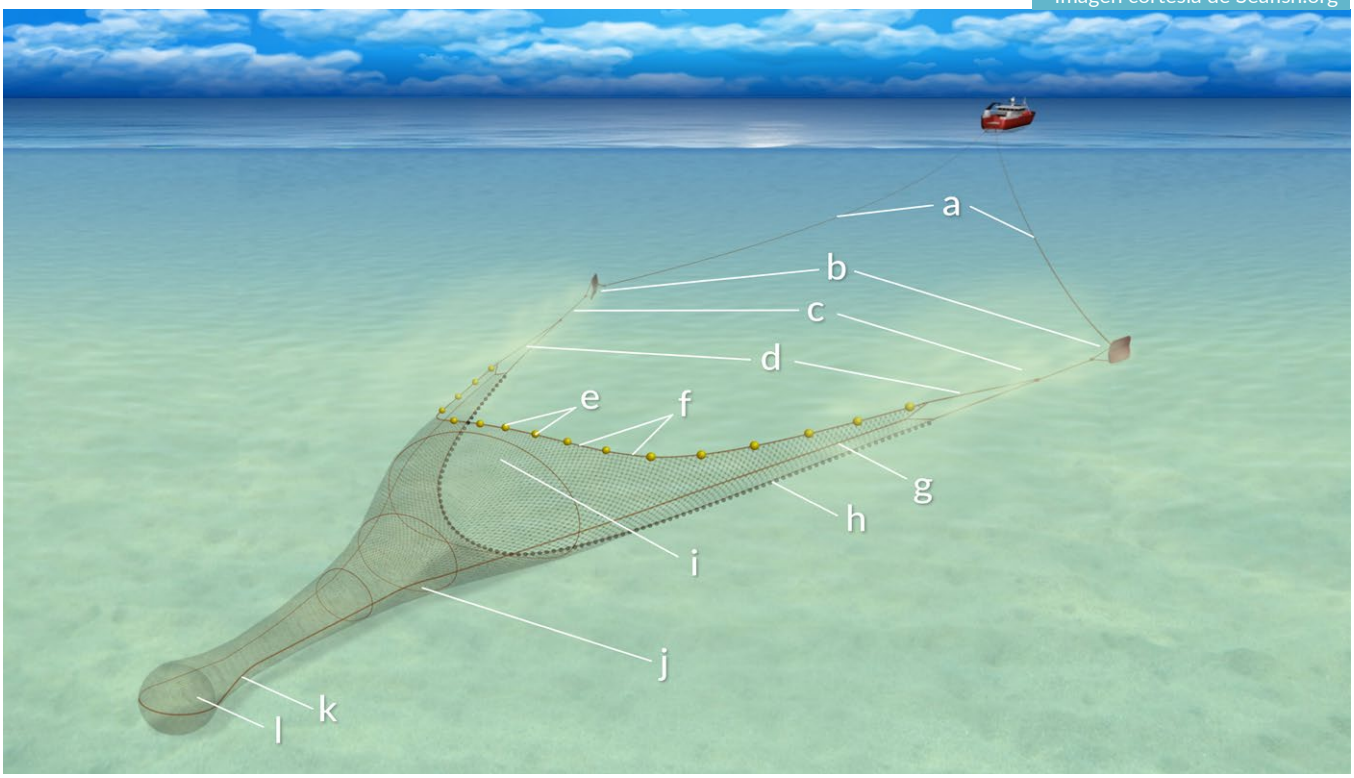
Además de la red, el arte para la pesca de arrastre se compone de puertas de acero que tienen como objetivo mantener abierta la boca de la red y que permanezca pegada sobre el fondo marino. Estas puertas pueden pesar varios cientos de kilogramos, dependiendo del tamaño de la embarcación y del tipo de fondo donde se opera (He y Winger, 2010). Las puertas de arrastre tradicionales se arrastran por el fondo marino, lo que implica un gran consumo de combustible. Además, en su paso por el fondo van generando surcos, dañando el lecho marino, los hábitats y con ellos la biodiversidad del océano (Figura 1). Esta pesca se practica alrededor de todo el mundo y es la perturbación física antropogénica más importante de los hábitats del fondo marino (Pitcher *et al.* 2022; Kaiser *et al.* 2002).

Este tipo de pesquería captura alrededor de 20 millones de toneladas, aproximadamente el 25% de las capturas mundiales anuales (Roda *et al.* 2019; Amoroso *et al.* 2018;) por lo que es parte importante en el suministro alimentario de productos de origen marino.

Figura 1:

Funcionamiento de una red de arrastre demersal y sus partes principales (modificado de Seafish.org). **a.**- cables de arrastre, **b.**- puertas de arrastre, **c.**- malleta, **d.**- tiranta, **e.**- flotadores **f.**- corchos, **g.**- alas, **h.**- relinga inferior, plomos y artefactos de contacto con el fondo (por ejemplo cadenas), **i.**- panel superior, **j.**- panel inferior, **k.**- manga, **l.**- copo.

Imagen cortesía de Seafish.org



Sin embargo, la pesca de arrastre puede provocar grandes efectos en el fondo marino y en hábitats bentónicos sensibles (Okey *et al.* 2015). Los impactos directos de la pesca de arrastre incluyen el arado y la compresión de los sedimentos del fondo marino, la resuspensión, remoción y desplazamiento de sedimentos y la mortalidad de organismos demersales. Además, la dispersión de sedimentos no solo impacta el área donde se lleva a cabo la pesca, sino también zonas adyacentes, ya que la pluma sedimentaria puede extenderse varios cientos de metros desde la zona de arrastre (De Madron *et al.* 2005). Otros efectos indirectos incluyen posibles cambios en la liberación del carbono orgánico acumulado en los fondos, liberación de contaminantes, el daño y mortalidad de organismos demersales por colmatación y el cambio a largo plazo en la complejidad del hábitat y la estructura de la comunidad, una situación que ha sido documentada durante más de 40 años (Eighani *et al.* 2024; Stephens y McConnaughey 2024; Porz *et al.* 2024; Collie *et al.* 2017; Clark *et al.* 2016; O'Neill e Ivanovic 2016; Eighani *et al.* 2013; O'Neill *et al.* 2013; Clark *et al.* 2010; Palanques *et al.* 2001; Collie *et al.* 2000; Jones, 1992; De Groot 1984). El impacto físico de la pesca de arrastre en los fondos marinos puede notarse incluso un año después de realizado el arrastre (Palanques *et al.* 2014; Palanques *et al.* 2001). Estos impactos pueden generar importantes cambios a largo plazo en los ecosistemas demersales, tanto por la modificación de las comunidades demersales como por el impacto sobre los hábitats (Griffiths *et al.* 2017; Olsgard *et al.* 2008).

Además, la pesca de arrastre de fondo tiene la mayor tasa de consumo de combustible por kilogramo de pescado producido (Parker y Tyedmers 2015), por lo que reducir las emisiones de carbono asociadas a la pesca de arrastre es una prioridad en términos de descarbonización del sector acuícola y pesquero (Frederik 2023).

Se estima que el 86% de una superficie de 7,8 millones de km², que abarca plataformas y taludes continentales (≤ 1000 m) en todo el mundo, no fueron arrastradas durante el periodo de hasta 6 años que duró el estudio de Amoroso *et al.*, 2018. Sin embargo, Oberle *et al.* (2016) observan que el 50% de las plataformas continentales a nivel global han sido afectadas por la pesca de arrastre. Por tanto los impactos de la pesca en las zonas más intensamente explotadas, como aquellas con alta frecuencia de pesca anual, son considerablemente mayores.

Otro de los principales problemas de este tipo de pesquerías es el descarte de especies no objetivo (Damalas *et al.* 2018). Se estima que el descarte de la pesca de arrastre puede llegar al 31% de la biomasa total capturada en la zona de pesca de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo GSA 06 ("Norte de España") (Blanco *et al.* 2023).

El **descarte de especies en la pesca de arrastre** puede llegar al **31% de la biomasa total capturada** en la zona de pesca de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo GSA 06.

Un estudio de las poblaciones pesqueras en Europa realizado desde el 2000 al 2018 estima que el 69% de las 397 poblaciones están sujetas a sobrepesca continua y el 51% de las poblaciones están fuera de los límites biológicos seguros (Froese *et al.* 2018). De estos, el 60% de las poblaciones corresponde a especies demersales, susceptibles a la pesca de arrastre (Sánchez-Lizaso *et al.* 2020).

En el mar Mediterráneo, la huella de la pesca de arrastre en la plataforma oscila entre el 57% y el 86% (Eigaard *et al.* 2017) y la mayoría de las poblaciones comerciales de las pesquerías demersales capturadas están sujetas a sobreexplotación, con solo alrededor de un 20% de las poblaciones explotadas de forma sostenible (Bahamon *et al.* 2024; Froese *et al.* 2018).

La pesca de arrastre se suele considerar semiindustrial en el Mediterráneo (Tsagarakis *et al.* 2024), ya que la flota está constituida por embarcaciones de entre 20-30 metros de eslora, que tienen una capacidad de almacenamiento limitada, realizan viajes cortos de entre 1 a 2 días y emplean a bordo pocos trabajadores (Tsagarakis *et al.* 2024; FAO, 2022; STECF, 2021; Sánchez Lizaso *et al.* 2020).

© OCEANA / Nicolas Fournier

Ante estos impactos, se han realizado cambios importantes desde el punto de vista espacial, limitando ciertas áreas, y sobre las capturas accidentales, modificando algunas partes del arte de pesca y también

controlando el esfuerzo pesquero para disminuir el impacto en el medio (Bahamon *et al.* 2024; Eayrs *et al.* 2020; McConnaughey *et al.* 2020). Dentro de las medidas técnicas aplicadas sobre las artes pesqueras de arrastre de fondo, se han realizado cambios en el diseño, en las operaciones, en la mejora de la selectividad y en la eficiencia (Bahamon *et al.* 2024).

Así, uno de los componentes del arte de pesca de arrastre que ha sido foco de modificaciones son las puertas de arrastre, dado que generan un gran impacto sobre los fondos marinos (Palanques *et al.* 2014; Palanques *et al.* 2001). Las fuerzas hidrodinámicas que generan extienden la red y la mantienen abierta, por lo que afectan de manera positiva a la eficiencia de la pesca y la efectividad económica de la operación pesquera. Sin embargo, las fuerzas de arrastre generadas por estas puertas pueden representar hasta el 30% del arrastre total del sistema (Sterling y Eayrs 2010) y la turbulencia asociada moviliza gran cantidad de sedimentos hacia la columna de agua (O'Neill y Summerbell 2016; O'Neill y Summerbell 2011); estos pueden ser transportados hacia otros sitios, incluso alejados de la zona de arrastre, especialmente cuando el sedimento es más fino (De Madron *et al.* 2005). Además, las puertas son uno de los componentes más pesados del arte de arrastre, pudiendo llegar a pesar 2000 kg, lo que permite que el arte llegue rápidamente al fondo marino después de su despliegue y que mantenga un contacto con el fondo permanente durante la pesca (Clark *et al.* 2016). También penetran el fondo marino, desplazan y compactan sedimentos, y con ello perturban los hábitats bentónicos. Por tanto, cualquier modificación que pudiera hacerse sobre estos elementos podría repercutir en los impactos de esta pesquería sobre los hábitats. Por ejemplo, cambios en el arado del fondo, en la composición de la captura, y en la eficiencia energética, entre otros.

A día de hoy se utilizan varios tipos de puertas para el arrastre de fondo (Figura 2). El tamaño, peso, forma, construcción (relación de aspecto), ángulo de ataque, etc., varían según el tamaño de la red, las condiciones del fondo marino, la velocidad de arrastre y las especies objetivo (ICES 2019; Martínez *et al.* 2012). El tamaño y el peso de las puertas de arrastre también dependen de la longitud y la disposición del barco. Las puertas más utilizadas hasta ahora son las puertas construidas de hierro de una sola pieza, llamadas puertas tradicionales.

Sin embargo, en la última década se han estado probando nuevos materiales y diseños, como puertas "voladoras estándar" o puertas voladoras autoajustables, que pueden ir moviendo sus aletas o "flaps", modificando su sustentación y resistencia (Eighani *et al.* 2023). Estas puertas voladoras se mantienen elevadas por encima del fondo marino y, en teoría, no entran en contacto con él (Grimaldo *et al.* 2015; Sistiaga *et al.* 2015a,b; Eayrs 2014; He *et al.* 2006).

Figura 2:

Fotografía superior, puertas de arrastre tradicionales. Fotografía inferior, puertas voladoras autoajustables.

© OCEANA / Enrique Talledo

© Eighani *et al.* 2023_Creative Commons

El control de la altura de estas puertas en la columna de agua es clave para maximizar su efectividad, minimizar su impacto ambiental y optimizar el uso de pesos añadidos tanto en pesquerías experimentales como en la actividad real. Sin un monitoreo continuo y la experiencia adecuada en el uso del arte, las puertas voladoras pueden entrar en contacto con el fondo marino, especialmente en condiciones meteorológicas adversas o terrenos irregulares. Por ejemplo, en la pesquería de la gamba rosada (*Pandalus borealis*) en el Golfo de Maine, se observó que al remolcar la red en trayectorias curvas, debido a la pequeña extensión de las áreas de pesca, la puerta situada en el interior de la curva tendía a descender hacia el fondo, mientras que la otra se elevaba en la columna de agua (He *et al.* 2006). Se realizaron 38 lances y un tercio de las veces las puertas mostraban pequeñas señales de contacto en la base, lo que indica un contacto leve e intermitente con el fondo durante giros o cambios de profundidad. Además, las fluctuaciones

aleatorias pueden hacer que las puertas alcancen alturas de hasta 5 metros sobre el fondo (Eayrs *et al.* 2020).

La sustitución de las puertas de arrastre de fondo tradicionales por puertas voladoras es un claro ejemplo de un intento de disminuir el impacto de estas pesquerías al reducir el contacto con el fondo marino. En España, el uso de estas puertas se considera una medida compensatoria, junto al ajuste de los tamaños de malla a 45 mm y 50 mm para pesquerías costeras y profundas respectivamente, lo que permite a los pescadores obtener días adicionales de pesca (BOE 2024a,b). Concretamente, en 2024, la flota española pudo optar hasta un 6% de días adicionales con respecto a los días de pesca de España en el periodo de referencia 2015-2017. Para poder optar a estos días adicionales, el Reglamento (UE) 2024/259 del Consejo ha establecido una serie de medidas en el denominado «mecanismo de compensación» (BOE 2024a). En el caso de las puertas voladoras, representan un 1% adicional en los días de pesca dentro de las medidas voluntarias establecidas en España para el año 2024. En 2025, este cupo de días adicionales ha aumentado a un 3% para incentivar el uso de esta modificación del arte (BOE 2025b).

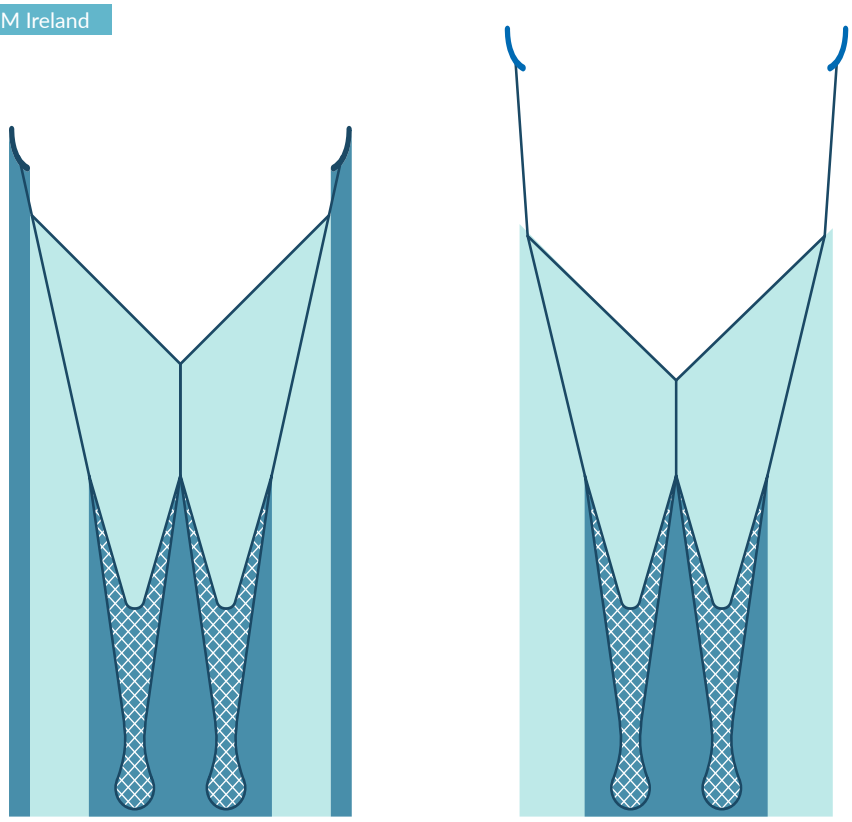
Varios estudios han demostrado que el contacto de estas nuevas puertas con el fondo es mínimo, lo que reduce el consumo energético en comparación con las puertas de arrastre tradicionales (Grimaldo *et al.* 2015; Eayrs *et al.* 2014; Sterling y Eayrs 2010). Sin embargo, aún existen aspectos desconocidos sobre el impacto ecológico de reemplazar las puertas tradicionales por puertas voladoras, como su efecto en las biomasas de las especies objetivo, el bycatch o el desempeño general del arte de pesca, por ejemplo, si se añaden pesos o cadenas, y su efecto en el fondo marino. Cabe señalar que las puertas de arrastre representan solo el 5% de la superficie de los componentes del arte de pesca que arrastra sobre el fondo (McHugh *et al.* 2023), por lo que el resto de los componentes del arte como la red, la relinga de fondo y los pesos del aparejo de arrastre siguen impactando sobre el lecho marino (Figuras 1 y 3).

Figura 3:

La imagen de la izquierda corresponde al arte de arrastre de fondo tradicional y la figura de la derecha al arte de arrastre de fondo con puertas voladoras.

La superficie sombreada es la superficie de contacto del arte con el fondo. La figura muestra cómo la superficie friccionada por las puertas tradicionales es sólo una pequeña parte (5%) del total de la superficie friccionada por el arte completo (McHugh *et al.* 2023).

© BIM Ireland



2.2. Objetivo del informe

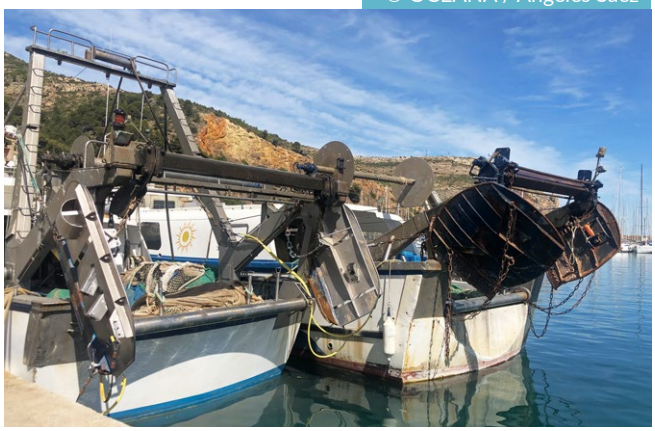
El objetivo principal de este estudio es describir el uso actual de puertas voladoras por parte de la flota de arrastre del Mediterráneo español, evaluar sus posibles impactos ambientales en los hábitats demersales e identificar vacíos existentes en el conocimiento de sus impactos. Para esto se ha caracterizado la flota del Mediterráneo español; se han realizado encuestas a científicos pesqueros; y se ha hecho una revisión bibliográfica sobre los resultados de los estudios realizados por investigadores en la pesca de arrastre demersal con puertas voladoras.

3. METODOLOGÍA

3.1. Caracterización de la flota con puertas voladoras

Para describir el uso actual de las puertas voladoras por parte de la flota de arrastre del Mediterráneo español se realizó un análisis de los boletines oficiales españoles en los últimos 5 años (2019 a 2024). La flota se caracterizó según el tamaño de eslora (<12 m, 12-<18 m, 18-<24 m y ≥24 m) y los datos fueron agrupados por cofradías pesqueras según lo recogido en el BOE (2024b). Además, se describen las embarcaciones que llevan un arte con al menos 45 mm de luz de malla cuadrada en el copo para la pesquería de costera y un arte con al menos 50 mm de luz de malla cuadrada en el copo para la pesquería de profundidad.

© OCEANA / Ángeles Sáez



3.2. Percepción de las puertas voladoras en la investigación pesquera

© OCEANA / Juan Cuetos

Para conocer la percepción científica del impacto de las puertas voladoras en la pesca de arrastre se entrevistaron a 10 investigadores del CSIC y de universidades españolas y extranjeras con amplia experiencia en pesquerías de arrastre. La encuesta (Anexo 1) se estructuró en secciones, un primer apartado de información general, un segundo apartado acerca de la utilización y percepción sobre las puertas voladoras, donde se detallan las fortalezas y debilidades de su utilización y dos apartados finales sobre el futuro de esta modificación técnica, para concluir con algunos comentarios finales que los entrevistados considerasen oportuno agregar.

3.3. Revisión bibliográfica

Para conocer los impactos potenciales constatados del cambio de puertas de arrastre tradicionales a puertas de arrastres semipelágicas y su impacto en el ecosistema, se realizó una revisión bibliográfica utilizando la base de datos electrónica ISI Web of Knowledge y Google Scholar, y las combinaciones de palabras clave “otter boards” y “semipelagic doors”; “mid-water doors” y “impact”; “semipelagic doors” y “impact”; y “puertas voladoras” y “impacto”. Adicionalmente se buscaron en estas mismas plataformas las combinaciones de palabras clave “puertas voladoras” y “arrastre”, y “puertas voladoras” y “impacto” para localizar posibles estudios realizados en castellano y que pudieran ser de interés para este informe. Los resultados fueron agrupados por especie objetivo, impactos sobre el fondo, impactos sobre el descarte, impactos sobre las tallas de pesca, impactos económicos e impactos sobre el consumo de combustible.

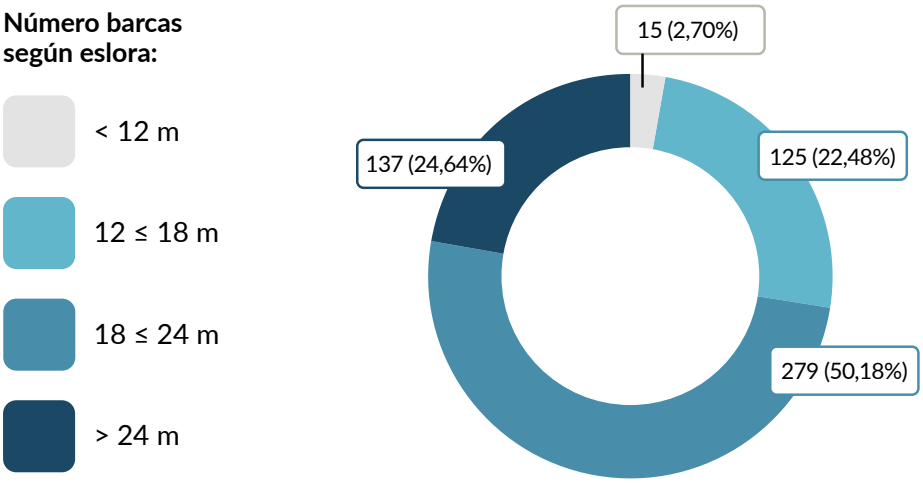
4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de la flota con puertas voladoras

A partir del BOE (2024b) se observa que la flota de arrastre del Mediterráneo español está compuesta por barcas cuya eslora se distribuye de la siguiente manera: la mitad tienen una eslora de 18≤24 m (50.2%), seguidos por las barcas de 12≤18 m (24.6%) y las mayores a 24 m de eslora (22.5%). Las barcas más pequeñas (<12m) representan solo el 2.7% de la flota (Figura 4).

Figura 4:

Composición de la flota del Mediterráneo español de arrastre según el tamaño de eslora (BOE 2024b).

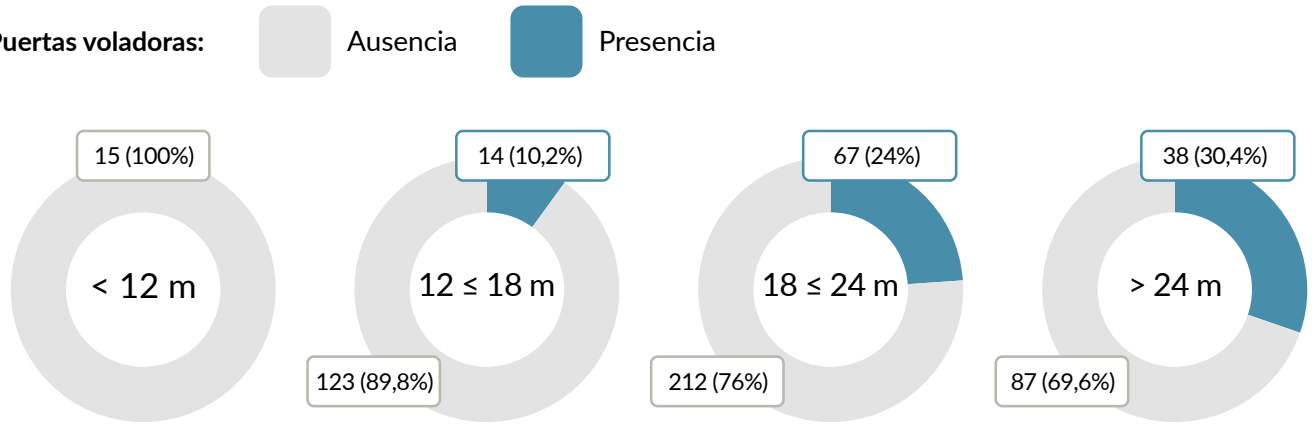


El porcentaje de barcas que tienen puertas voladoras es de 21.4% (119 barcas). Sin embargo, este porcentaje promedio varía según el tamaño de la barca, aumentando conforme a mayor es el tamaño de la embarcación. Probablemente esto está relacionado a los mayores ingresos de la flota, lo que le facilita el acceso a las nuevas tecnologías (Figura 5).

Las barcas con esloras menores a 12 m no tienen puertas voladoras, el porcentaje de barcas entre 12 ≤18 m que tienen puertas voladoras es de 10.2%, las que tienen esloras entre 18≤24 es del 24.0% y el 30.4% con tamaños de eslora mayores a 24 m tiene puertas voladoras (Figura 5).

Figura 5:

Número de barcas y proporción de la flota de arrastre del Mediterráneo español con puertas voladoras, por tamaño de eslora.



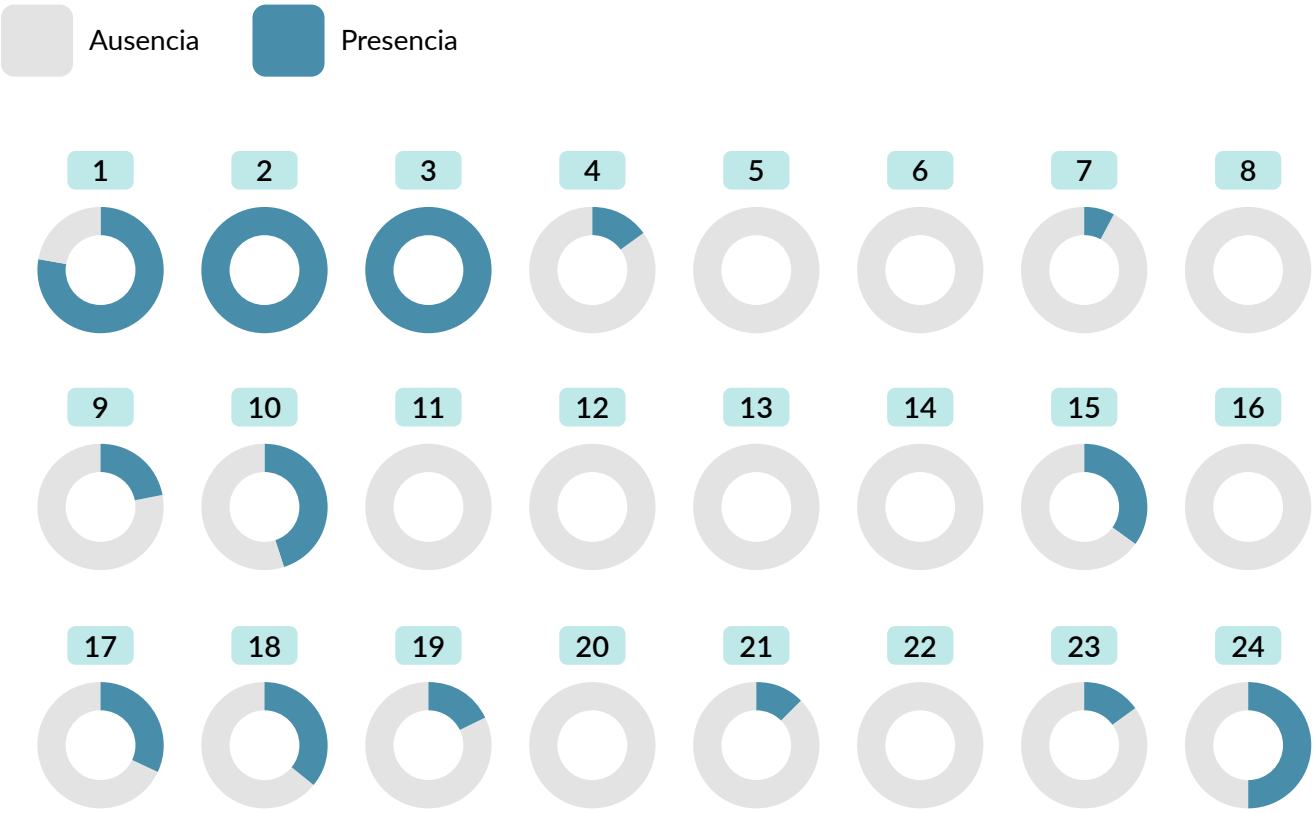
Al analizar en detalle el uso de puertas voladoras por asociaciones de pesca, se puede observar que las que más las utilizan son la Asociación de Armadores de Pesca de Arrastre de Palamós, la Asociación Armadores Buques de Pesca de Fresco en Santa Pola y la Asociación de Productores de Pesca de Carboneras S.C.A., generalmente con flotas de mayor tamaño. Mientras que las que aún no utilizan puertas voladoras suelen ser las asociaciones que reúnen a barcas más pequeñas, como por ejemplo la Cofradía de Pescadores de Águilas. También las hay como la Cofradía de Pescadores de Cambrils y la Cofradía de Pescadores de Barcelona, que, aunque tiene barcas más grandes no cuentan en su flota con puertas de arrastre voladoras (Figura 6).

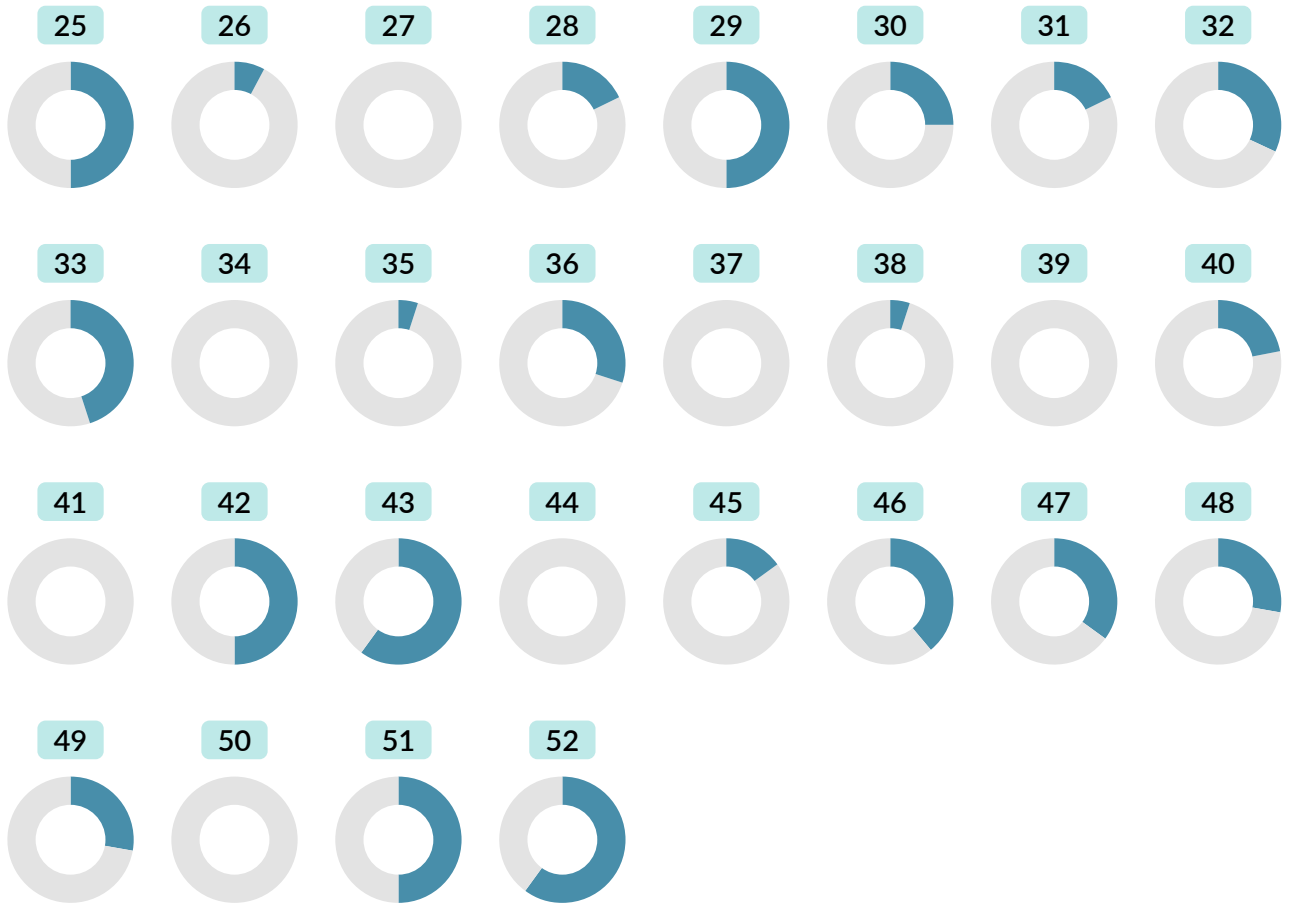
Figura 6:

Proporción de barcas con puertas voladoras por asociación pesquera.

Asociación de Armadores de Pesca de Arrastre de Palamós (1), Asociación Armadores Buques de Pesca de Fresco en Santa Pola (2), Asociación de Productores de Pesca de Carboneras S.C.A. (3), Asopesca (4), Cofradía de Pescadores de Águilas (5), Cofradía de Pescadores de Altea (6), Cofradía de Pescadores de Arenys de Mar (7), Cofradía de Pescadores de Barcelona (8), Cofradía de Pescadores de Benicarló (9), Cofradía de Pescadores de Blanes (10), Cofradía de Pescadores de Burriana (11), Cofradía de Pescadores de Calpe (12), Cofradía de Pescadores de Cambrils (13), Cofradía de Pescadores de Cartagena (14), Cofradía de Pescadores de Casas de Alcanar (15), Cofradía de Pescadores de Ciutadella (16), Cofradía de Pescadores de Cullera (17), Cofradía de Pescadores de Denia (18), Cofradía de Pescadores de Estepona (19), Cofradía de Pescadores de Formentera (20), Cofradía de Pescadores de Fuengirola (21), Cofradía de Pescadores de Gandia (22), Cofradía de Pescadores de Garrucha (23), Cofradía de Pescadores de Ibiza (24), Cofradía de Pescadores de Jávea (25), Cofradía de Pescadores de l'Ampolla (26), Cofradía de Pescadores de l'Ametlla de Mar (27), Cofradía de Pescadores del Port de l'Ancla (28), Cofradía de Pescadores de Mahón (29), Cofradía de Pescadores de Marbella (30), Cofradía de Pescadores de Mazarrón (31), Cofradía de Pescadores de Motril (32), Cofradía de Pescadores de Palamós (33), Cofradía de Pescadores de Palma de Mallorca (34), Cofradía de Pescadores de Peñíscola (35), Cofradía de Pescadores de Roses (36), Cofradía de Pescadores de San Antonio Abad (37), Cofradía de Pescadores de San Carlos de la Rápita (38), Cofradía de Pescadores de Santanyí (39), Cofradía de Pescadores de Santa Pola (40), Cofradía de Pescadores de Tarragona (41), Cofradía de Pescadores de Valencia (42), Cofradía de Pescadores de Vélez Málaga (43), Cofradía de Pescadores de Villajoyosa (44), Cofradía de Pescadores de Vinaroz (45), Cofradía de Pescadores de San Pedro Grao de Castellón (46), Cofradía de Pescadores de Vilanova i la Geltrú (47), Gestión Individual (48), OPMallorcaMar (49), Organización de Productores Pesqueros de Adra (50), Organización de Productores Pesqueros de Almería SLOPP71 (51), Pescadores de Carboneras S.C.A. OPP 66 (52).

Puertas voladoras por cofradía:





4.2. Percepción de las puertas voladoras en la investigación pesquera

Para evaluar el conocimiento empírico y percepción sobre el uso de puertas de arrastre voladoras en el Mediterráneo y el impacto que podría producir su utilización en los ecosistemas marinos, se encuestó a un grupo de 10 investigadores con experiencia en el estudio de pesquerías demersales en el Mediterráneo (Anexo 1).

Todos los investigadores entrevistados llevaban más de 10 años trabajando en pesquerías demersales y el 30% de ellos tenía más de 20 años de experiencia. Las principales pesquerías sobre las que investigaban los científicos fueron la merluza (*Merluccius merluccius*), cigala (*Nephrops norvegicus*) y gamba roja (*Aristeus antennatus*) (Anexo 2).

De las encuestas se desprende que todos los científicos encuestados conocían este tipo de puertas, aunque solo un 10% las ha utilizado directamente en sus investigaciones. En cuanto a la efectividad de pesca de las puertas voladoras con respecto a las puertas de arrastre de fondo tradicionales, la mayoría les otorgó un nivel alto, situándola en un nivel 4 en una escala del 1 al 5, donde 1 es mínimo y 5 es máximo. Sobre su aplicabilidad en la pesca, el 80% de los investigadores las consideraron útiles para la captura de especies en general y para la captura en distintos escenarios variando grupos de especie objetivo y zonas, tanto de especies objetivo, como especies acompañantes. Además, uno de los entrevistados mencionó que funcionan mejor en cañones submarinos y en la captura de gamba roja. Esta pregunta se realizó para conocer si los investigadores habían notado diferencias en las capturas con puertas voladoras y si a raíz de esto las preferían para estudios experimentales de algún grupo de especies o para utilizarlas en alguna zona en particular.

En cuanto a las fortalezas, la reducción de daños a los hábitats bentónicos fue mencionada en el 90% de los casos y la eficiencia energética en el 80% de los casos como los de mayor beneficio.

Sin embargo, los científicos coincidieron en que aún faltan estudios científicos que respalden estas afirmaciones y cuantifiquen sus beneficios ambientales.

En lo que respecta a la percepción del impacto ambiental de estas puertas, el 50% no ha detectado en sus estudios efectos positivos o los desconocieron. Del 50% que sí ha detectado impactos positivos, sólo un investigador lo comprobó a través de vídeos, comparándola con las puertas de arrastre tradicionales.

Entre las principales debilidades identificadas, la más mencionada fue la falta de datos científicos sobre su impacto ecológico (70%), seguido del impacto en especies no objetivo (40%) y del incremento en la utilización de cadenas y pesos en la red (30%). El 40% de los encuestados encontró que el arte sigue teniendo efectos negativos en el ecosistema. Cabe señalar que la totalidad de los investigadores coincidieron en la necesidad de realizar más investigaciones para evaluar los efectos de este sistema sobre los fondos marinos.

Finalmente, entre las posibles mejoras, los investigadores sugirieron regular los demás componentes del arte, como por ejemplo las cadenas y los pesos, ya que se trata de una modificación usada no sólo en pescas experimentales sino también por algunos pescadores. También se mencionó seguir trabajando en tecnologías que reduzcan las turbulencias y minimicen el impacto en el fondo marino, se confirman la necesidad de estudios para comprender mejor el impacto del arte completo sobre el fondo.

Varios de los investigadores encuestados argumentaron que es la suma de medidas técnicas y legislativas las que encaminan a reducir el impacto de la pesca de arrastre en los ecosistemas.

4.3. Revisión bibliográfica

Se revisaron en total de 525 artículos a partir de los resultados de las búsquedas de las combinaciones de palabras clave descritas en la sección 3.3.. Sin embargo, la búsqueda arrojó que solo el 3% de los estudios, publicados entre 2004 y 2022, tenían relación directa con el impacto ecológico de la utilización de las puertas voladoras. Las principales zonas de estudio fueron las costas este y oeste de los Estados Unidos, el Mar de Barents (Noruega) y Kattegat y Skagerrak (Dinamarca), así como algunos estudios más en varias localizaciones en el Atlántico y uno en Nueva Zelanda. Se encontraron solo dos estudios en el Mediterráneo, ambos realizados en las Islas Baleares (España) (Guijarro *et al.* 2017; Massutí *et al.* 2011). Los temas principales son la eficiencia hidrodinámica, la reducción del impacto en el fondo marino, el ahorro de combustible y las capturas de especies objetivo (Anexo 3).

Los estudios encontrados en la revisión bibliográfica se realizaron en pesquerías de arrastre dirigidas principalmente a la merluza (*Merluccius merluccius*) y el bacalao (*Gadus morhua*), representando el 20% y 15% de los casos, respectivamente. También se investigaron pesquerías enfocadas en el camarón rosado (*Pandalus borealis*) y la gamba roja (*Aristeus antennatus*), ambas con un 10% de los estudios. Otras especies como el eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*), la cigala (*Nephrops norvegicus*) y otros peces planos también estuvieron presentes en los estudios, aunque en menor proporción.

Los resultados son los siguientes:

1. El 47% de los estudios no reporta cambios en la biomasa capturada de las especies objetivo, el 6% muestra un aumento en la captura, 23.5% una reducción en la captura y el resto de los estudios (23.5%) mostraba cambios negativos y positivos en diferentes especies o no presentaba datos.

2. El 88% de los estudios no proporciona detalles sobre el *bycatch*. Sin embargo, el 12% de los estudios que lo hace reporta una reducción en el *bycatch* especialmente de peces planos.

3. De los estudios analizados, el 76% no reporta datos sobre el impacto sobre los descartes de la pesquería. Solo el 6% indica un impacto positivo, mientras que el 18% restante no muestra cambios significativos.

4. El 35% de los estudios no muestra variaciones en el tamaño de las especies objetivo capturadas, mientras que el 29% no muestra datos acerca de cambios en el tamaño de la captura. El 13% muestra una reducción en tamaño y el 5% muestra aumento de tamaño en la captura. Un 18% de los estudios muestra aumentos y/o disminuciones de tamaño para diferentes especies en la captura.

5. En lo que respecta al contacto de las puertas con el fondo, todos los estudios muestran una reducción significativa, pasando de un contacto con el fondo

de casi un 100% de la superficie de la puerta de arrastre tradicional, a un intervalo de entre 0-18% de la superficie de las puertas voladoras, aunque generalmente estas puertas no tocan el fondo. Uno de los estudios señala que la reducción en la resuspensión de sedimentos es hasta diez veces mayor (Sala *et al.* 2023). En el 29% de los estudios se tuvo que agregar cadenas o algún tipo de pesos adicionales para mantener el arte en contacto con el fondo, pero no muestran datos de cómo impacta esta modificación al fondo marino.

6. El 76% de los estudios reporta una reducción en el consumo de combustible, con porcentajes que oscilan entre 5% y 18%, con lo que la reducción media resulta en un 12% de ahorro. El 24% de los estudios analizados no registra este dato.

Todos los estudios que analizan la hidrodinámica destacan un impacto positivo en la eficiencia de las puertas voladoras y el ahorro de energía (n=7).

5. DISCUSIÓN

Este informe describe el estado de la utilización de las puertas voladoras por parte de la flota del Mediterráneo español. Como se ha podido ver, el 78.6% de la de la flota no implementa aún esta tecnología, probablemente por el alto coste que puede suponer: hasta sobre 9.700 € solo las puertas y hasta 77.600 € dependiendo del tamaño de la embarcación y si se añaden los mecanismos de detección de puertas y sensores (Abele *et al.* 2024). Lo que explicaría que en general, las barcas más grandes sean los que implementan estas nuevas puertas en mayor medida. Además del desafío que supone modificar una actividad considerada tradicional y, por tanto, poco permeable a innovaciones tecnológicas, al menos en el corto plazo (Regulación UE 2018/2034) (DOUE 2018). Es probable que diferencias en la adquisición de estos elementos también se produzcan por el acceso a subvenciones para realizar estos cambios.

Sin embargo, los cambios técnicos en las artes de la pesca de arrastre, como por ejemplo el cambio a puertas voladoras, se está produciendo paulatinamente. Cada vez más barcas de arrastre utilizan puertas voladoras, y su implementación está siendo promovida como una solución para reducir el impacto en los fondos marinos, principalmente por la Comisión de la Unión Europea y por España (BOE 2024 a,b,c).

Las pesquerías de arrastre demersal multiespecíficas que se llevan cabo en aguas del Mediterráneo han sido identificadas como una actividad con impactos significativos en los ecosistemas marinos, especialmente en la estructura de las comunidades demersales y bentónicas y en hábitats biogénicos. Entre los efectos más notorios se encuentran la degradación de estos hábitats, la alteración del fondo marino debido al arado y la resuspensión de sedimentos, los cuales luego se depositan en fondos aledaños colmatándolos, y la reducción de la biodiversidad (Sala *et al.* 2023; Eayrs *et al.* 2020; He *et al.* 2006). Por estos motivos, resulta fundamental establecer acciones de manera conjunta entre los gestores y los pescadores que permitan que el impacto ambiental de la pesca de arrastre sea menor, sobre todo en los fondos, y en las capturas de especies no objetivo.

Resulta sorprendente la escasez de estudios realizados para conocer si el cambio de estas puertas afecta los porcentajes de *bycatch*, uno de los más importantes impactos sobre fauna demersal y bentónica. Esto queda claro en los resultados de las encuestas a los investigadores, donde en su totalidad señalan que son necesarios más estudios para evaluar el impacto del arte con puertas voladoras. Por ejemplo, son pocos los estudios que analizan cómo puede afectar el cambio de puertas a la selectividad y la biomasa, y los estudios analizados muestran situaciones contradictorias. Aunque al parecer no hay cambios evidentes en el *bycatch* (Eayrs 2012; Eayrs 2014), la mayoría de los estudios no dan detalles suficientes sobre cambios en su composición. Si bien existen estudios sobre el comportamiento de escape de las especies objetivo de la pesca, aún se desconoce cómo se comportan el resto de las especies capturadas que son más frecuentes en el *bycatch*. Cabe señalar que muchas especies no objetivo que suelen aparecer en las pescas de arrastre son invertebrados de baja movilidad (Blanco *et al.* 2023), por lo que puede que el cambio de puertas no sea una solución para este impacto. En este caso se deberían barajar otros tipos de pesca más selectivas. Estudios recientes en el Mediterráneo muestran que otras modificaciones en las estructuras del arte de arrastre pueden reducir significativamente los descartes de especies bentónicas (Farriols *et al.* 2021; Broadhurst y Stering 2020; Kynoch *et al.* 2015).

Al respecto, Tsagarakis *et al.* (2024) mencionan que las tasas de descarte de los arrastreros de fondo en el Mediterráneo representan entre el 19% y el 65% de

las capturas totales de aguas intermedias y costeras, respectivamente. Estos porcentajes, sin duda, deben reducirse considerablemente a través de diferentes tipos de medidas, como por ejemplo medidas para mejorar la selectividad del arte (Bahamon *et al.* 2024).

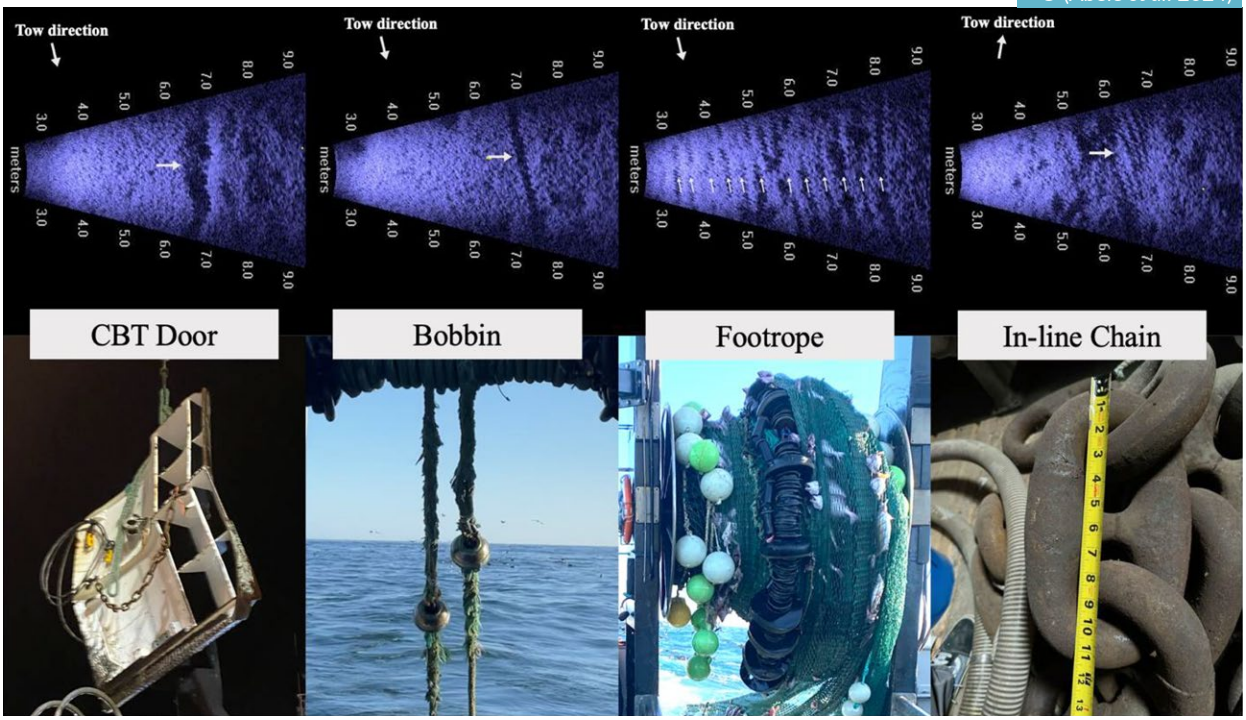
Una parte importante de los estudios analizados (47%) muestran que no hay cambios en las capturas al utilizar puertas voladoras (Sala *et al.* 2023; Eayrs 2014; Eayrs 2020; Massutí *et al* 2011, He *et al.* 2006). En cambio, Sistiaga *et al.* (2015a) mencionan que, al hacer modificaciones en la pesca de bacalao, la captura de esta especie objetivo fue un 33% menor, probablemente por el efecto acumulativo que tiene el cambiar otros componentes del arte como, por ejemplo, las malletas. Una situación similar ocurre con especies como la platija americana (*Hippoglossoides platessoides*) cuando se elevan tanto las puertas como los barridos por encima del fondo (Sistiaga *et al.* 2017). En las Islas Baleares, también se reportaron reducciones en las capturas de especies comerciales de rubio rojo (*Chelidonichthys cuculus*), bocón (*Glossanodon leioglossus*), garneo (*Trigla lyra*), merluza (*Merluccius merluccius*) y el pez de San Pedro (*Zeus faber*) (Guijarro *et al.* 2017). Esto puede deberse a las reacciones de los peces ante la aproximación de la red, las cuales varían entre especies y tamaño de los individuos (He 1991; Nguyen *et al.* 2023).

Aunque las puertas tradicionales representan menos del 5% de la superficie de los componentes del arte de pesca que arrastran sobre el fondo, su impacto puede ser considerable. La energía transmitida y la profundidad de penetración en el fondo marino son significativamente mayores en comparación con otras partes del equipo de pesca (Bruns *et al.* 2020). Sin embargo, a pesar de modificar el arte sustituyendo las puertas tradicionales por puertas voladoras, el resto del arte continúa arrastrando y modificando los fondos marinos (Abele *et al.* 2024) (Figura 7). Por otro lado, cuando se han utilizado puertas voladoras en los estudios experimentales, se han añadido pesos y cadenas para que el arte pueda permanecer pegado al fondo. Aunque se conoce que las cadenas tienen un impacto negativo sobre el fondo y el ecosistema bentónico al ser utilizados en arrastre con puertas tradicionales (Rijnsdorp *et al.* 2008; Bergman, y Santbrink 2000; Jennings y Kaiser 1998), no se encontraron estudios que evalúen el impacto con puertas voladoras. Aunque resulta evidente que si se añaden cadenas al arte provisto de puertas voladoras el arte impactaría más que si no las llevara, como se observa en los estudios citados anteriormente. El impacto que pueden generar estas adaptaciones sobre el fondo marino o sobre la remoción de sedimentos y turbulencias no ha sido evaluado en ninguna de las investigaciones encontradas en la revisión bibliográfica de puertas voladoras.

Figura 7:

Imágenes del sonar DIDSON (fila superior) de las marcas dejadas por algunos componentes de las redes de arrastre (fila inferior) (Abele *et al.* 2024: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569124002588, with permission from Elsevier). "CBT Door" corresponde a las puertas de arrastre tradicionales, "Bobbin y Footrope" pueden ir en los cables de arrastre o en la zona de contacto con el fondo junto a las cadenas (*in-line chain*).

© (Abele *et al.* 2024)



Para abordar estos problemas, se han desarrollado modelos de puertas voladoras con tecnología de autoajuste, incorporando altímetros y flaps ajustables que permiten mantener una altura constante, mediante un sistema de retroalimentación automática (Eighani *et al.* 2023). Este tipo de innovaciones busca optimizar la eficiencia pesquera sin comprometer la sostenibilidad del ecosistema marino. Aunque los problemas de estabilidad de las puertas voladoras puedan resultar inherentes al uso de una nueva tecnología, la transición hacia puertas voladoras bien controladas podría traer beneficios ambientales y económicos.

Por ejemplo, la reducción en la resuspensión de sedimentos es hasta diez veces mayor, y el consumo de combustible disminuye entre un 5% y un 20% sin afectar significativamente las capturas (Sala *et al.* 2023). Y el beneficio puede ser mayor a medida que los pescadores aprendan a trabajar con este nuevo sistema (Guijarro *et al.* 2017). Del mismo modo, el uso de cadenas podría mantenerse en algunas situaciones durante la fase de aprendizaje del manejo de las nuevas puertas voladoras, pero eventualmente podría dejar de ser necesario. Al respecto, De Groot *et al* (1984) señala que las redes de arrastre con cadenas de capturan muchos más componentes del bentos que las redes de arrastre de fondo sin cadenas. Algunos grupos de animales sufren mucho más daño que otros, por ejemplo, los equinodermos y otros invertebrados (Sala *et al.* 2023; Rijnsdorp *et al.* 2008; Bergman y Van Santbrink 2000). Es un tema en el que se tendría que profundizar, se recomienda realizar más estudios que cuantifiquen o descarten el uso cadenas en condiciones de pesca efectiva, por ejemplo, con encuestas a pescadores o in situ. Las cadenas también pueden afectar en la eficiencia energética y pueden ser un factor muy importante en las pesquerías de arrastre demersal, sobre todo cuando se considera que el consumo de combustible en la pesca puede representar hasta el 60% de la huella de carbono de los productos del mar capturados en estado salvaje (Ziegler *et al.* 2013). Se calcula que en el Mediterráneo la pesquería de arrastre consume 2,9 litros de combustible por kilogramo de pescado desembarcado (Sala *et al.* 2022).

El desarrollo y aplicación de puertas voladoras con sistemas de control avanzados podría representar un avance entre la eficiencia pesquera, la conservación de los ecosistemas marinos y la huella de carbono de las pesquerías. No obstante, al parecer no habría grandes cambios en las composiciones de las capturas, un tema central en el debate de herramientas para mejorar la gestión de las pesquerías (European Parliament 2024). Y si bien el impacto sobre el fondo es menor, al reducir la superficie que arrastra, el mayor impacto en términos de superficie sigue ocurriendo a través del 95% restante del arte, que sigue arrastrando sobre el fondo. Además, también se tendrían que evaluar los cambios producidos en el arte por la modificación de las puertas como, por ejemplo, la adición de pesos y cadenas que podrían aumentar el impacto con el fondo.

© OCEANA / Michalis Mihalitsis

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con las puertas voladoras se reduce casi en su totalidad el arado del fondo producido por las puertas tradicionales de arrastre, con escaso o ningún contacto con el fondo, disminuyendo el daño causado por las puertas tradicionales sobre el bentos. Al tener menor superficie y peso que las puertas tradicionales, además de no arrastrar por el fondo, se produce una reducción de la resistencia hidrodinámica y un menor consumo (10-20%), con la correspondiente disminución de CO_2 a la atmósfera. También se produciría una reducción significativa de la resuspensión y del impacto causado por el efecto físico de las puertas tradicionales.

En cambio, el uso de puertas voladoras puede conllevar la instalación de más pesos y cadenas para asegurar que el resto del arte continúe arrastrando por el fondo y con ello, las capturas, modificación utilizada tanto en pescas experimentales como por determinados pescadores, al menos durante la fase de adaptación al nuevo arte de pesca, según comunicaciones personales de algunos pescadores. Si bien las puertas voladoras reducen la superficie de contacto con el fondo en torno al 5% con respecto al total que arrastra el arte, y hasta un 30% en cuanto a fuerzas de arrastre generadas, si se agregan otras modificaciones al arte, como cadenas o pesos adicionales, eventualmente podría aumentar el impacto sobre el fondo. Por ello, resulta primordial realizar investigaciones que permitan demostrar el impacto que estas puertas puedan tener en el desempeño del arte en relación con las especies capturadas y sus hábitats, más allá de las pescas experimentales, incluyendo los impactos de estos pesos y cadenas en condiciones operativas.

No se producen cambios significativos en la eficacia relativa de las capturas y tampoco se ve una reducción en los descartes, aunque diversos estudios muestran disminuciones y aumentos para algunas de las especies objetivo.

En ocasiones existe una mayor dificultad operativa y/o esfuerzo de adaptación por parte de un sector tradicional, una vez superado esta primera etapa, se puede generar una mayor eficiencia en la maniobra de pesca. Aunque los costes de inversión son mayores que los de unas puertas tradicionales, se prevé que la amortización de las puertas y los sensores sea inferior a dos años considerando los ingresos pesqueros de algunas de las flotas del Mediterráneo español y la reducción media del uso de combustible (Recasens et al. 2021).

En conclusión, en este estudio se ha identificado una gran falta de información sobre los impactos sobre hábitats y especies en el cambio de las puertas de arrastre tradicionales a voladoras. El impacto en el fondo marino hábitat y los efectos de lastrar el arte con cadenas y pesos aún es desconocido, lo que resalta la necesidad de estudios más detallados para evaluar con mayor precisión las consecuencias ecológicas de esta alternativa a la pesca de arrastre con puertas tradicionales.

7. REFERENCIAS

- Abele, M., Lomeli, M. J., Wakefield, W. W., & Herrmann, B. 2024. Semi-pelagic trawling in the US West Coast groundfish bottom trawl fishery: Effects on catch efficiency and seafloor interactions. *Ocean & Coastal Management*, *256*, 107273. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107273
- Amoroso, R. O., Pitcher, C. R., Rijnsdorp, A. D., McConnaughey, R. A., Parma, A. M., Suuronen, P., ... & Jennings, S. 2018. Bottom trawl fishing footprints on the world's continental shelves. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(43), E10275-E10282. https://doi.org/10.1073/pnas.1802379115
- Bahamon, N., Recasens, L., Sala-Coromina, J., Calero, B., Garcia, J. A., Rotllant, G., ... & Company, J. B. 2024. Selectivity-based management for reversing overexploitation of demersal fisheries in North-western Mediterranean Sea. Marine Policy, 165, 106185. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106185
- Bergman, M. J. N., & Van Santbrink, J. W. 2000. Mortality in megafaunal benthic populations caused by trawl fisheries on the Dutch continental shelf in the North Sea in 1994. *ICES Journal of Marine Science*, *57*(5), 1321-1331. https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0917
- Blanco, M., Nos, D., Lombarte, A., Recasens, L., Company, J. B., & Galimany, E. 2023. Characterization of discards along a wide bathymetric range from a trawl fishery in the NW Mediterranean. *Fisheries Research*, *258*, 106552. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106552
- BOE. 2024a. BOE-A-2024-13892. Resolución de 2 de julio de 2024, de la Secretaría General de Pesca, por la que se convocan días adicionales de pesca para la flota de arrastre de fondo del Mediterráneo en 2024 como consecuencia de la aplicación de medidas voluntarias.
- BOE. 2024b. BOE-A-2024-18462. Resolución de 10 de septiembre de 2024, de la Secretaría General de Pesca, por la que se resuelve la convocatoria de días adicionales de pesca para la flota de arrastre de fondo del Mediterráneo en 2024 como consecuencia de la aplicación de medidas voluntarias, publicada mediante Resolución de 2 de julio de 2024, de la Secretaría General de Pesca, y por la que se establece la asignación definitiva de días de pesca para la flota de arrastre de fondo del Mediterráneo en 2024.
- BOE. 2024c. BOE-A-2024-4656. Reglamento (UE) 2019/1022 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2019 por el que se establece un plan plurianual para las especies demersales en el Mediterráneo occidental y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 508/2014, establece un régimen de gestión de esfuerzo pesquero para el arrastre en el Mediterráneo.
- BOE. 2025a. BOE-A-2025-1716. Orden APA/85/2025, de 27 de enero, por la que se modifican determinados anexos de la Orden APA/423/2020, de 18 de mayo, por la que se establece un plan de gestión para la conservación de los recursos pesqueros demersales en el mar Mediterráneo.
- BOE 2025b. BOE-A-2025-6576. Orden APA/312/2025, de 31 de marzo, por la que se modifica la Orden APA/423/2020, de 18 de mayo, por la que se establece un plan de gestión para la conservación de los recursos pesqueros demersales en el mar Mediterráneo.
- Broadhurst, M. K., & Sterling, D. J. 2020. Influence of top-panel orientation (lead-ahead) on targeted and incidental catches in a penaeid trawl. *Fisheries Research*, *228*, 105562. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105562
- Bruns, I., Holler, P., Capperucci, R. M., Papenmeier, S., & Bartholomä, A. 2020. Identifying trawl marks in north sea sediments. *Geosciences*, *10*(11), 422. https://doi.org/10.3390/geosciences10110422
- Clark, M. R. 2010. Box 9. Effects of trawling on seamounts. Oceanography, 23(1), 132–133. https://doi.org/10.5670/oceanog.2010.93
- Clark, M. R., Althaus, F., Schlacher, T. A., Williams, A., Bowden, D. A., & Rowden, A. A. 2016. The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. *ICES Journal of Marine Science*, *73*(suppl_1), i51–i69. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv123
- Collie, J.S., Hall, S.J., Kaiser, M.J. and Poiner, I.R. 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. Journal of Animal Ecology, 69, 785–798. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2000.00434.x
- Collie, J., Hiddink, J. G., van Kooten, T., Rijnsdorp, A. D., Kaiser, M. J., Jennings, S., & Hilborn, R. 2017. Indirect effects of bottom fishing on the productivity of marine fish. *Fish and Fisheries*, *18*(4), 619–637. https://doi.org/10.1111/faf.12193
- Damalas, D., Ligas, A., Tsagarakis, K., Vassilopoulou, V., Stergiou, K. I., Kallianotis, A., ... & Maynou, F. 2018. The" discard problem" in Mediterranean fisheries, in the face of the European Union landing obligation: the case of bottom trawl fishery and implications for management. *Mediterranean Marine Science 19*(3): 459-476. https://doi.org/10.12681/MMS.14195
- De Groot, S. J. 1984. The impact of bottom trawling on benthic fauna of the North Sea. *Ocean management*, *9*(3-4), 177–190. https://doi.org/10.1016/0302-184X(84)90002-7
- De Madron, X. D., Ferré, B., Le Corre, G., Grenz, C., Conan, P., Pujo-Pay, M., ... & Bodiot, O. 2005. Trawling-induced resuspension and dispersal of muddy sediments and dissolved elements in the Gulf of Lion (NW Mediterranean). *Continental shelf research*, *25*(19-20), 2387–2409. https://doi.org/10.1016/j.csr.2005.08.002
- DOUE. 2018. Regulation (EU) 2018/2034, Commission Delegated Regulation (EU) 2018/2034 of 18 October 2018 establishing a discard plan for certain demersal fisheries in North-Western waters for the period 2019-2021, L 327, 21 December 2018, Official Journal of the European Union, 2018, p. 9. L 327, 21 December 2018.
- Eigaard, O. R., Bastardie, F., Hintzen, N. T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R., ... & Rijnsdorp, A. D. 2017. The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science*, *74*(3), 847–865. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194
- Eighani M., Veiga-Malta T., O'Neill F.G. 2023. Hydrodynamic performance of semi-pelagic self-adjusting otter boards in demersal trawl fisheries. *Ocean Engineering. 272*: 113877. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113877
- Eighani, M., Malta, T. V., Melli, V., & O'Neill, F. G. 2024. Semi-pelagic self-adjusting otter boards: effects on the catching performance of a demersal trawl. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *81*(4), 444–458. https://doi.org/10.1139/cjfas-2023-0224
- Eayrs, S., Thorbjornson, T., Ford, J., Deese, H., & Smith, G. 2012. Saving fuel to increase profitability and reduce environmental impact in a U.S. ground fish fishery. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency. E-Fishing. Vigo, Spain. Retrieved March 5, 2020, from http://www.e-fishing.eu/papers.php
- Eayrs S., Craig T., Short K. 2020. *Review of mitigation techniques to reduce benthic impacts of trawling*. MIT2019-02 final report prepared by Terra Moana Limited for the Conservation Services Programme, Department of Conservation. 135 p.
- Eayrs, S. 2014. Evaluating the efficacy of semi-pelagic otter boards to reduce environmental impact and improve profitability in the New England ground fish fishery: A win-win for fishermen and the environment. Collaborative Fisheries Research Fellowship Report. Northeast Consortium, University of New Hampshire, 27.
- European Parliament. 2024. Plenary sessions 11-01-2024 - 13:12 20240108BRI16601. MEPs to discuss protection of marine ecosystems and the Common Fisheries Policy.
- FAO. 2022. *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2022*. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. https://doi.org/10.4060/cb2429en
- Farriols, M. T., Ordines, F., & Massutí, E. 2021. Discards reduction of non-commercial benthic species from a simple net modification. *Fisheries Research*, *241*, 105985. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105985
- Frederik, S., 2023. *Energy transition in the EU fisheries and aquaculture sector*. EPRS: European Parliamentary Research Service. Belgium. COI: 20.500.12592/tkdv1v

- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A. C., Dimarchopoulou, D., ... & Matz-Lück, N. 2018. Status and rebuilding of European fisheries. *Marine Policy*, *93*, 159-170. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.018
- Griffiths, J. R., Kadin, M., Nascimento, F. J., Tamelander, T., Törnroos, A., Bonaglia, S., ... & Winder, M. 2017. The importance of benthic–pelagic coupling for marine ecosystem functioning in a changing world. Global change biology, 23(6), 2179-2196. https://doi.org/10.1111/gcb.13642
- Grimaldo E., Pedersen R., Sistiaga M. 2015. Energy consumption of three different trawl configurations used in the Barents Sea demersal trawl fishery. *Fisheries Research 165*, 71–73. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.12.021
- Guijarro, B., Ordines, F., & Massutí, E. 2017. Improving the ecological efficiency of the bottom trawl fishery in the Western Mediterranean: It's about time!. Marine Policy, 83, 204-214. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.06.007
- He P. 1991. Swimming endurance of the Atlantic cod, *Gadus morhua* L., at low temperatures. *Fisheries Research 12*, 65–73. https://doi.org/10.1016/0165-7836(91)90050-P
- He P., Hamilton R., Littlefield G., Syphers R. 2006. *Design and test of a semi-pelagic shrimp trawl to reduce seabed impact. Final report submitted to the Northeast Consortium*. UNH-FISH-REP-2006-029. University of New Hampshire, Durham, NH.
- He, P., & Winger, P. D. 2010. Effect of trawling on the seabed and mitigation measures to reduce impact. In P. He (Ed.), Behavior of marine fishes (pp. 295–314). Blackwell Publishing Ltd. DOI: 10.1002/9780813810966.ch12
- ICES. 2019. Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour (WGFTFB). *ICES Scientific Reports. 1*, 61. 363pp. http://doi.org/10.17895/ices.pub.5592
- Jennings, S., & Kaiser, M. J. 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. In *Advances in marine biology* (Vol. 34, pp. 201-352). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60212-6
- Jones, R. B. (1992). Environmental impact of trawling on the seabed: A review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, *26*(1), 59-67. DOI:10.1080/00288330.1992.9516500
- Kaiser, M. J., Collie, J. S., Hall, S. J., Jennings, S., & Poiner, I. R. 2002. Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. Fish and fisheries, 3(2), 114-136. https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2002.00079.x
- Kynoch, R. J., Fryer, R. J., & Neat, F. C. 2015. A simple technical measure to reduce bycatch and discard of skates and sharks in mixed-species bottom-trawl fisheries. ICES Journal of Marine Science, 72(6), 1861-1868. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv037
- Martínez, I. J. S., Sanz, A. V. M., Fernández, A. M., & Romero, V. C. 2012. *Nuevas tecnologías de eficiencia energética aplicadas a la pesca de arrastre del mediterráneo*. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Valencia, 11-13 de julio de 2012.
- Massutí, E., Mayans, A., Grau Jofre, A. M., Moreno, M., Soler, I., Ordines, F., ... & Moranta, J. 2011. *Informe Científico-Técnico: Nuevo sistema para la reducción del impacto de la pesca de arrastre de fondo en las costas españolas del Mediterráneo*. Centro Oceanográfico de Baleares.
- McConnaughey, R. A., Hiddink, J. G., Jennings, S., Pitcher, C. R., Kaiser, M. J., Suuronen, P., ... & Hilborn, R. 2020. Choosing best practices for managing impacts of trawl fishing on seabed habitats and biota. *Fish and Fisheries*, *21*(2), 319-337. https://doi.org/10.1111/faf.12431
- McHugh M., Oliver M., Browne D., Cosgrove, R. 2023. Preliminary assessment of MLD off-bottom trawl doors in the Irish Nephrops fishery. *Fisheries Conservation Report, March*.
- Nguyen V. Y., Bayse S. M., Einarsson H. A., Ingólfsson Ó. A. 2023. Inferring fish behaviour at the trawl mouth from escape location. PeerJ, 11, e14746. DOI: 10.7717/peerj.14746
- Oberle, F. K., Storlazzi, C. D., & Hanebuth, T. J. 2016. What a drag: Quantifying the global impact of chronic bottom trawling on continental shelf sediment. *Journal of Marine Systems*, *159*, 109-119. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.12.007
- Okey, T.A., S. Agbayani, H.M. Alidina. 2015. Mapping ecological vulnerability to recent climate change in Canada's Pacific marine ecosystems. *Ocean & Coastal Management*, 106, 35-48. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.01.009
- Olsgard, F., Schaanning, M. T., Widdicombe, S., Kendall, M. A., & Austen, M. C. (2008). Effects of bottom trawling on ecosystem functioning. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *366*(1-2), 123-133. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.036
- O'Neill, F. G., & Summerbell, K. 2011. The mobilisation of sediment by demersal otter trawls. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(5), 1088-1097. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.01.038
- O'Neill, F. G., & Summerbell, K. D. 2016. The hydrodynamic drag and the mobilisation of sediment into the water column of towed fishing gear components. *Journal of Marine Systems*, *164*, 76-84. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.08.008
- O'Neill, F. G., & Ivanović, A. 2016. The physical impact of towed demersal fishing gears on soft sediments. *ICES Journal of Marine Science*, *73*(suppl_1), i5-i14. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv125
- O'Neill, F. G., Robertson, M., Summerbell, K., Breen, M., & Robinson, L. A. 2013. The mobilisation of sediment and benthic infauna by scallop dredges. *Marine environmental research*, *90*, 104-112. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.06.003
- Palanques, A., Guillén, J., & Puig, P. 2001. Impact of bottom trawling on water turbidity and muddy sediment of an unfished continental shelf. *Limnology and Oceanography*, *46*(5), 1100-1110. https://doi.org/10.4319/lo.2001.46.5.1100
- Palanques, A., Puig, P., Guillén, J., Demestre, M., & Martín, J. 2014. Effects of bottom trawling on the Ebro continental shelf sedimentary system (NW Mediterranean). *Continental Shelf Research*, *72*, 83-98. https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.10.008
- Parker, R. W., & Tyedmers, P. H. 2015. Fuel consumption of global fishing fleets: current understanding and knowledge gaps. *Fish and Fisheries*, *16*(4), 684-696. https://doi.org/10.1111/faf.12087
- Pitcher, C. R., Hiddink, J. G., Jennings, S., Collie, J., Parma, A. M., Amoroso, R., ... & Hilborn, R. 2022. Trawl impacts on the relative status of biotic communities of seabed sedimentary habitats in 24 regions worldwide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(2), https://doi.org/10.1073/pnas.2109449119
- Recasens, L., Bahamon, N., García, J. A., Calero, B., Maurer, A., Quevedo Zabala, J., & Sala Coromina, J. 2021. Size selectivity trials and the economic impact in GSA6 of increasing square mesh codend size from the actual 40mm to 45-and 50mm for coastal and deep-sea otter trawl fisheries, respectively (ICATMAR, 21-05). https://doi.org/10.2436/10.8080.05.13
- Porz, L., Zhang, W., Christiansen, N., Kossack, J., Daewel, U., & Schrum, C. 2024. Quantification and mitigation of bottom-trawling impacts on sedimentary organic carbon stocks in the North Sea. Biogeosciences, 21(10), 2547-2570. https://doi.org/10.5194/bg-21-2547-2024
- Rijnsdorp, A. D., Eigaard, O. R., Kenny, A., Hiddink, J. G., Hamon, K., Piet, G. J., ... & Gregersen, Ó. 2017. *Assessing and mitigating of bottom trawling. Final BENTHIS project Report (Benthic Ecosystem Fisheries Impact Study)*.
- Rijnsdorp, A. D., Poos, J. J., Quirijns, F. J., HilleRisLambers, R., De Wilde, J. W., & Den Heijer, W. M. 2008. The arms race between fishers. *Journal of sea Research*, *60*(1-2), 126-138. https://doi.org/10.1016/j.seares.2008.03.003
- Roda, P., Gilman, E., Huntington, T., Kennelly, S. J., Suuronen, P., Chaloupka, M., & Medley, P. 2019. *A third assessment of global marine fisheries discards*. FAO.
- Sala, A., Damalas, D., Labanchi, L., Martinsohn, J., Moro, F., Sabatella, R., & Notti, E. 2022. Energy audit and carbon footprint in trawl fisheries. *Scientific Data*, *9*, 428. DOI: 10.1038/s41597-022-01478-0
- Sala, A., Depestele, J., Gümüş, A., Laffargue, P., Nielsen, J. R., Polet, H., ... & Rijnsdorp, A. D. 2023. Technological innovations to reduce the impact of bottom gears on the seabed. *Marine Policy*, *157*, 105861. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105861
- Sánchez Lizaso, J. L. S., Sola, I., Guijarro-García, E., Bellido, J. M., & Franquesa, R. 2020. A new management framework for western Mediterranean demersal fisheries. *Marine Policy*, *112*, 103772. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103772

- Sistiaga, M. B., Grimaldo, E., Herrmann, B., & Larsen, R. B. 2017. The effect of semi-pelagic trawling on American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) by-catch reduction in the northeast arctic shrimp fishery.
- Sistiaga, M., Herrmann, B., Grimaldo, E., Larsen, R. B., & Tatone, I. 2015a. Effect of lifting the sweeps on bottom trawling catch efficiency: A study based on the Northeast arctic cod (*Gadus morhua*) trawl fishery. *Fisheries Research*, *167*, 164-173. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.01.015
- Sistiaga, M. B., Grimaldo, E., Larsen, R. B., Tatone, I., Vollstad, J., & Herrmann, B. 2015b. Use of semi-pelagic trawling for reducing bycatch in shrimp trawls. Trials onboard R/V Johan Ruud 02-06 February 2015.
- STECF. 2021. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) Expert Working Group 21-08—Annual Economic Report on the EU Fishing Fleet II. Electronic Data Annex on EU Fleet Economic and Transversal Data. STECF.
- Stephens, J. D., & McConnaughey, R. A. 2024. Physical and geochemical responses to bottom trawling on naturally disturbed sediments in the eastern Bering Sea. *ICES Journal of Marine Science*, *81*(8), 1512-1520. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae094
- Sterling, D., & Eayrs, S. 2010. Trawl-gear innovations to improve the energy efficiency of Australian prawn trawling. In 1st International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency. Vigo, Spain.
- Tsagarakis, K., Zupa, W., Ligas, A., Musumeci, C., Tserpes, G., & Spedicato, M. T. 2024. Factors affecting the variability of discards in Mediterranean bottom trawl fisheries. *Fisheries Research*, *274*, 106979. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.106979
- Ziegler, F., Winther, U., Hognes, E. S., Emanuelsson, A., Sund, V., & Ellingsen, H. 2013. The carbon footprint of Norwegian seafood products on the global seafood market. *Journal of Industrial Ecology*, *17*(1), 103-116. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00485.x

8. ANEXOS

ANEXO 1

Encuestas puertas de arrastre voladoras

Instrucciones:

Por favor, responde las preguntas de acuerdo con tu experiencia. Los datos recopilados serán tratados de forma anónima y utilizados únicamente con fines científicos.

Sección 1: Información general

1. ¿Cuál es tu ocupación principal?

- ☐ Pescador (Patrón/armador)
- ☐ Investigador
- ☐ Otro: _____

2. ¿Cuántos años de experiencia tienes en tu campo?

- ☐ Menos de 5 años
- ☐ 5-10 años
- ☐ 11-20 años
- ☐ Más de 20 años

3. ¿En qué región o área trabajas principalmente? (Especifica: Atlántico, Mediterráneo)

- ☐ Región: _____
- ☐ Comunidad Autónoma: _____

4. ¿Profundidad o pesquería en la que trabajas?

- ☐ Costera (<100m) _____ Especie(s) objetivo _____
- ☐ Profunda (>100m) _____ Especie(s) objetivo _____

(continúa en la siguiente página)

(continúa de la página anterior)

Sección 2: Uso y percepción de las puertas de arrastre voladoras

5. ¿Has utilizado o investigado sobre las puertas de arrastre voladoras?

- ☐ Sí, las uso regularmente
- ☐ Sí, las he usado en el pasado
- ☐ No las he utilizado, pero las conozco
- ☐ No las conozco

6. ¿Qué nivel de efectividad asignarías a las puertas de arrastre voladoras en comparación con las puertas de arrastre de fondo? (1: Muy baja; 5: Muy alta)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

7. ¿En qué tipo de faenas las consideras más útiles? (Selecciona todas las que correspondan) (solo investigadores)

- ☐ Captura de especies demersales comerciales
- ☐ Capturas de especie (s) objetivo
- ☐ Capturas en general

Sección 3: Fortalezas

8. Cuáles son las principales fortalezas de las puertas de arrastre voladoras? (Selecciona hasta 3 opciones)

- ☐ Alta selectividad de especies
- ☐ Aumento biomasa pescada
- ☐ Reducción de daños al hábitat bentónico
- ☐ Bajo costo operativo
- ☐ Otros (seguridad, revirado, etc): _____
- ☐ Alta selectividad de tamaño
- ☐ Eficiencia energética
- ☐ Versatilidad en diferentes condiciones marinas
- ☐ Mayor velocidad: _____

9. En tu experiencia, ¿qué especie o grupo de especies se captura mejor con este método?

Respuesta: _____

10. ¿Has notado impactos positivos en la fauna o los ecosistemas debido a su uso?

- ☐ Sí (especifica): _____
- ☐ No

Sección 4: Debilidades

11. ¿Cuáles son las principales debilidades o limitaciones de las puertas de arrastre voladoras? (Selecciona hasta 3 opciones)

- ☐ Dificultad técnica en su manejo
- ☐ Altos costos iniciales de adquisición
- ☐ Aumento de la utilización de cadenas y pesos en la red
- ☐ Impacto en especies no objetivo
- ☐ Falta de datos científicos sobre su impacto ecológico
- ☐ Otros: _____

12. ¿Has notado impactos negativos en la fauna o los ecosistemas debido a su uso?

- ☐ Sí (especifica): _____
- ☐ No

Sección 5: Futuro e innovación

13. ¿Qué mejoras crees que podrían implementarse en las puertas de arrastre voladoras para optimizar su rendimiento? (Responde en pocas palabras)

Respuesta: _____

ANEXO 2

Resultados detalles encuesta

ID Encuesta	Años de experiencia	Región	Prof. (m)	Especie objetivo	Utilización puertas voladoras	Efect. pesquera	Efect. específica
1	11-20	Mediterráneo / Cataluña	>100	Cigala, Merluza	No las he utilizado, pero las conozco	4	Capturas en general
2	11-20	Mediterráneo / Cataluña	>100	Cigala, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	NC	NC
3	11-20	Mediterráneo / Cataluña / Italia	>100;<100	Varias especies demersales	No las he utilizado, pero las conozco	3	Capturas en general
4	>20	Mediterráneo / Baleares	>100;<100	Cigala, Merluza, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	4	Capturas en general
5	11-20	Mediterráneo / Cataluña	>100;<100	Cigala, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	5	Capturas en general
6	11-20	Mediterráneo / Cataluña	>100	Cigala, Merluza, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	5	Capturas en general
7	11-20	Mediterráneo / Baleares	>100	Cigala, Merluza, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	4	Capturas en general
8	11-20	Mediterráneo / Cataluña	>100;<100	Cigala, Merluza, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	5	Capturas en general / funciona menor en zonas de cañones
9	>20	Atlántico / Oviedo / Santander	>100;<100	Merluza, Gallo, Rape, Bacaladilla, Caballa, Jurel, Boquerón	No las he utilizado, pero las conozco	4	Capturas en general
10	>20	Mediterráneo / Cataluña	>100;<100	Merluza, Gamba roja	No las he utilizado, pero las conozco	3	Capturas en general

(continúa en la siguiente página)

(continúa de la página anterior)

ID Encuesta	Fortalezas	Especies capturables	Cambios positivos en el ecosistema por uso	Debilidades / limitaciones	Cambios neg. Ecosistema	Mejoras a puertas voladoras	Más investi-gación
1	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico	Todas	No	Otros (cambios en flota)	No	Regulación el resto del arte	Sí
2	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico	Gamba roja	Sí (disminución impacto puertas)	No	No	No	Sí
3	Reducción de daños al hábitat bentónico	No	Desconozco	Impacto en especies no objetivo / Falta de datos científicos sobre su impacto ecológico	No	No	Sí
4	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico	Todas	No	Impacto en especies no objetivo	Desconozco	No	Sí
5	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico	Todas	Sí (reduce el contacto de las puertas con el fondo)	Impacto en especies no objetivo	Sigue siendo una red poco selectiva	No	Sí
6	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico	Todas	Sí	No	Sí (descarte)	Regulación el resto del arte	Sí
7	Reducción de daños al hábitat bentónico	Todas	Sí	Falta de datos científicos sobre su impacto ecológico	Sí (descarte)	Regulación el resto del arte	Sí
8	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico / Versatibilidad en diferentes condiciones marinas	Todas	Desconozco	Impacto en especies no objetivo / Falta de datos científicos sobre su impacto ecológico / Aumento de utilización de cadenas y pesos en la red (en algunos casos)	Sí (descarte)	Regulación el resto del arte	Sí
9	Eficiencia energética / reducción de daños al hábitat bentónico	Todas	Sí (literatura)	Falta de datos científicos sobre su impacto ecológico / Otros operatividad	NC	Combinarlo con otras medidas de mejora de la selectividad y por tanto mejora de la eficiencia de pesca (materiales de la red, forma y tamaño de mallas, por ejemplo)	Sí
10	Eficiencia energética	Especies demersales	No	Altos costos iniciales de adquisición / Falta de datos científicos sobre su impacto ecológico / Aumento de utilización de cadenas y pesos en la red	No	Mejoras hidrodinámicas para reducir turbulencias y mejoras en el diseño para reducir su impacto	Sí

ANEXO 3

Estudios utilizados en la revisión bibliográfica

- Abele, M., Lomeli, M. J., Wakefield, W. W., & Herrmann, B. 2024. Semi-pelagic trawling in the US West Coast groundfish bottom trawl fishery: Effects on catch efficiency and seafloor interactions. *Ocean & Coastal Management*, *256*, 107273.
- De Louche, H., & Legge, G. 2004. Reducing seabed contact while trawling: A semi-pelagic trawl for the Newfoundland and Labrador shrimp fishery. Report submitted to Canadian Center for Fisheries Innovation. St. John's, Newfoundland.
- Eayrs, S. 2014a. Evaluating the efficacy of semi-pelagic otter boards to reduce environmental impact and improve profitability in the New England ground fish fishery: A win-win for fishermen and the environment. Collaborative Fisheries Research Fellowship Report. Northeast Consortium, University of New Hampshire.
- Eayrs, S. 2014b. Development and introduction of a Low Impact Semi Pelagic (LISP) trawl. In S. Eayrs & M. Pol (Eds.), GEARNET: Northeast groundfish gear conservation engineering and demonstration network. Northeast Cooperative Research Program (NCRP), NMFS, Gloucester, Massachusetts.
- Eayrs, S., Thorbjornson, T., Ford, J., Deese, H., & Smith, G. 2012. Saving fuel to increase profitability and reduce environmental impact in a U.S. ground fish fishery. *Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency*, Vigo, Spain.
- Eighani, M., Veiga-Malta, T., & O'Neill, F. G. 2023. Hydrodynamic performance of semi-pelagic self-adjusting otter boards in demersal trawl fisheries. *Ocean Engineering*, *272*, 113877.
- Eighani, M., Malta, T. V., Melli, V., & O'Neill, F. G. 2024. Semi-pelagic self-adjusting otter boards: Effects on the catching performance of a demersal trawl. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *81*(4), 444–458.
- Grimaldo, E., Pedersen, R., & Sistiaga, M. 2015. Energy consumption of three different trawl configurations used in the Barents Sea demersal trawl fishery. *Fisheries Research*, *165*, 71–73.
- Guijarro, B., Ordines, F., & Massutí, E. 2017. Improving the ecological efficiency of the bottom trawl fishery in the Western Mediterranean: It's about time! *Marine Policy*, *83*, 204–214.
- He, P. 2014. Using Semi-Pelagic Doors in Groundfish Trawls to Improve Fuel Efficiency.
- He, P., Hamilton, R., Littlefield, G., & Syphers, R. 2006. Design and test of a semi-pelagic shrimp trawl to reduce seabed impact. Final report submitted to the Northeast Consortium. UNH-FISH-REP2006-029. University of New Hampshire, Durham, NH.
- Massutí, E., Mayans, A., Grau Jofre, A. M., Moreno, M., Soler, I., Ordines, F., ... & Moranta, J. 2011. Informe científico-técnico: Nuevo sistema para la reducción del impacto de la pesca de arrastre de fondo en las costas españolas del Mediterráneo. Centro Oceanográfico de Baleares.
- McHugh, M., Oliver, M., Browne, D., & Cosgrove, R. 2023. Preliminary assessment of MLD off-bottom trawl doors in the Irish Nephrops fishery. *Fisheries Conservation Report*, March.
- Sala, A., Depestele, J., Gümüş, A., Laffargue, P., Nielsen, R., Polet, H., ... & Rijnsdorp, A. D. 2023. Technological innovations to reduce the impact of bottom gears on the seabed. Marine Policy, 157, 105861.
- Sistiaga, M., Herrmann, B., Grimaldo, E., Larsen, R. B., & Tatone, I. 2015. Effect of lifting the sweeps on bottom trawling catch efficiency: A study based on the Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) trawl fishery. *Fisheries Research*, *167*, 164–173.
- Sistiaga, M. B., Grimaldo, E., Herrmann, B., Larsen, R. B., Tatone, I., & Vollstad, J. 2015. Use of semi-pelagic trawling for reducing bycatch in shrimp trawls. Trials onboard R/V Johan Ruud, 02–06 February 2015.

© OCEANA / Cory Wilson