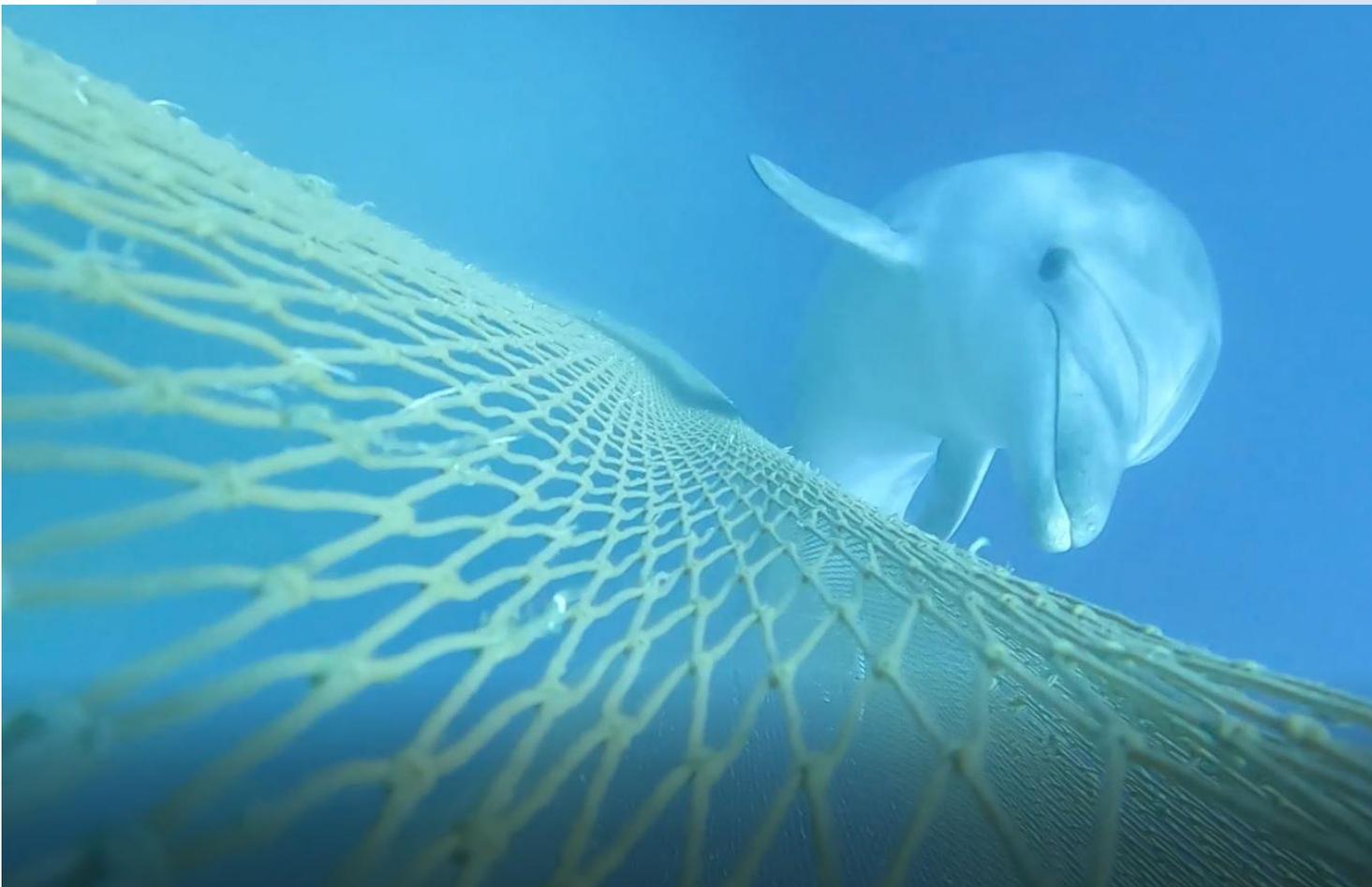


PROYECTO COSTtERA: Comportamiento submarino de  
*Tursiops truncatus* en redes de arrastre en el Norte de  
Cataluña





C/ d'Ortigosa, 14, 1r 3a

08003, Barcelona

Telèfon: 932 135 849

info@submon.org - [www.submon.org](http://www.submon.org)



#### RESPONSABLES DEL INFORME:

Natàlia Amigó

Daniel San Román

Carla A. Chicote

**EQUIPO TÉCNICO DE TOMA DE DATOS:** Carla A. Chicote, Natàlia Amigó, Daniel San Román e Irene Álvarez de Quevedo.

**Imágenes de la portada:** SUBMON

**Imágenes que aparecen en el informe:** Natàlia Amigó, Carla A. Chicote, Arnau Argemi-SUBMON

“Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto”.

## ÍNDICE

<b>1. EL PROYECTO “COSTTERA”</b> .....	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. INTERACCIONES ENTRE DELFINES Y PESCA DE ARRASTRE</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 Interacciones en el Mediterráneo y Cataluña .....	12
<b>3.2. IMPACTO DE LA PESCA DE ARRASTRE SOBRE EL TAMAÑO DE GRUPO Y LA DISTRIBUCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>4. ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1. CÁMARAS SUBMARINAS PARA LA OBSERVACIÓN DE CETÁCEOS EN REDES DE PESCAIS</b>	
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>19</b>
<b>5.1. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN DE DELFÍN MULAR</b> .....	<b>19</b>
5.1.1. .... Área de estudio .....	19
5.1.2. .... Toma de datos .....	20
5.1.3. .... Análisis de datos .....	20
5.1.4. .... Foto-identificación.....	23
5.1.5. .... Permiso de trabajo.....	23
<b>5.2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN SUPERFICIE</b> .....	<b>24</b>
<b>5.3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SUBMARINO DEL DELFÍN MULAR EN REDES DE ARRASTRE</b> .....	<b>28</b>
5.3.1. .... Área de muestreo.....	28
5.3.2. .... Características de las embarcaciones de arrastre .....	28
5.3.3. .... Recogida de datos .....	30
5.3.4. .... Cámaras submarinas.....	30
5.3.5. .... Análisis de datos de los vídeos submarinos .....	38
5.3.6. .... Permiso de trabajo.....	39
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
<b>6.1. SEGUIMIENTO POBLACIÓN DELFÍN MULAR</b> .....	<b>40</b>
6.1.1. .... Esfuerzo efectivo .....	40
6.1.2. .... Avistamientos.....	41
6.1.3. .... Tamaño de grupo .....	41
6.1.4. .... Presencia de crías .....	42
6.1.5. .... Comparación con años anteriores .....	43
6.1.6. .... Tamaño de grupo .....	45
6.1.7. .... Análisis de épocas de veda .....	46
6.1.8. .... Foto-identificación.....	47
<b>6.2. COMPORTAMIENTO EN SUPERFICIE</b> .....	<b>48</b>
<b>6.3. ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO SUBMARINO</b> .....	<b>50</b>
6.3.1. .... Calidad de las imágenes .....	51
6.3.2. .... Comportamiento submarino.....	52
6.3.3. .... Comportamientos observados según la posición de la cámara .....	58
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	<b>59</b>
<b>8. PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS</b> .....	<b>63</b>



<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
<b>11. ANEJOS .....</b>	<b>71</b>
11.1. ANEJO Ia - Anejo_Ia_Permiso cetáceos_A .....	71
11.2. ANEJO Ib - Anejo_Ib_Permiso cetáceos_B .....	71
11.3. ANEJO II - Hoja de esfuerzo .....	71
11.4. ANEJO III - Hoja de avistamiento .....	71
11.5. ANEJO IV - Comportamiento .....	71
11.6. ANEJO V - Inmersión .....	71
11.7. ANEJO VI - Protocolo Foto-Id .....	71
11.8. ANEJO VII - Catálogo Foto-Id .....	71
11.9. ANEJO VIII - Avistamientos .....	71
11.10. .... ANEJO IX - Compromiso Voluntarios .....	71
11.11. ANEJO X - Vídeos submarinos .....	71
11.12. .... ANEJO XI - Permisos de embarque .....	71

## Índice de Figuras

Figura 1 Delfines mulares siguiendo una embarcación de pesca de arrastre en el norte de Cataluña.....	10
Figura 2 Delfines mulares interaccionando con diferentes barcos de arrastre en el Cabo de Creus en distintas ocasiones. ....	13
Figura 3 Imágenes obtenidas por Jaiteh et al. (2013) de delfines mulares dentro de la red de arrastre en aguas australianas con una cámara Sony (HDR-CX7). Imágenes extraídas de Jaiteh et al. (2013). ....	17
Figura 4 Imágenes de delfines mulares dentro y fuera de la red de arrastre obtenidas en el estudio de Santana et al. (2018). ....	18
Figura 5 Área de estudio del proyecto COSTtERA y zonas protegidas.....	19
Figura 6 : Mapa de la división de la zona de estudio (zona norte y sur). ....	21
Figura 7 Delfines mulares observados desde el dron durante el Proyecto COSTtERA. ....	25
Figura 8 Fichas empleadas para el registro del comportamiento (superior) y patrón de respiraciones/inmersiones (inferior).....	27
Figura 9 Mapa de las áreas recorridas a bordo de las embarcaciones de arrastre colaboradoras durante el proyecto COSTtERA. ....	28
Figura 10 Dibujo esquemático de una red de arrastre. ( <a href="https://www.tortugasmarinas.es/pa/arrastre-de-fondo/">https://www.tortugasmarinas.es/pa/arrastre-de-fondo/</a> ) .....	29
Figura 11 Cámaras utilizadas para estudiar el comportamiento submarino del delfín mular en las redes de arrastre en el marco del proyecto COSTtERA.....	31
Figura 12 Características físicas GoPro HERO 10.....	31
Figura 13 Características físicas Paralenz Vaquita. ....	32
Figura 14 Muestra del material necesario para cada embarque (Cámaras GoPro Hero 10, Paralenz Vaquita, esponjas para elevar las cámaras Paralenz, y cables de carga.....	32
Figura 15 Posiciones de las diferentes cámaras instaladas en las redes de arrastre durante el proyecto COSTtERA. La fechas indican la orientación de la cámara.....	34
Figura 16 Izquierda: Carcasa T-Housing para GoPro Hero 10 montada sobre una pletina y elevada con un cilindro de madera. Derecha: Cámara Paralenz Vaquita con espuma para elevar la parte anterior de la cámara y ganar ángulo. La brida colocada en el anillo de la cámara se coge a la red como brida de seguridad, si por la presión se escapa la espuma la cámara queda libre de la red solo cogida por esta brida de seguridad. ....	35
Figura 17 Cámaras colocadas en la red de pesca, en diferentes posiciones. Izquierda: Gopro Hero 10 en carcasa T-Housing en el lateral interno de la red. Derecha: Paralenz Vaquita colocada en el exterior de copo de la red. ....	35
Figura 18 Pescadores e investigadora desenganchando una de las cámaras durante la recogida de la red.....	36
Figura 19 Captura de pantalla de la configuración de las cámaras GoPro Hero 10. ....	37
Figura 20 Esfuerzo realizado durante el Proyecto COSTtERA: A: Transectos de esfuerzo efectivo total realizado en el área de estudio. B: Distribución del esfuerzo efectivo por celdas de 1km x 1km.....	40
Figura 21 A: Mapa de avistamientos clasificados según el tamaño de grupo. La línea de color rojo corresponde a la batimetría de 200m. B Abundancia de delfines mulares en la zona de estudio por unidad de esfuerzo, dividida en celas de 1km x 1km. ....	41
Figura 22: Diagrama de caja del tamaño de grupo en relación con la zona norte y zona sud. ....	42
Figura 23 : Porcentaje de avistamiento con crías avistamientos COSTtERA.....	42
Figura 24: Diagrama de barras que muestra el porcentaje de avistamientos con crías. Datos 2017-2022. ....	43

Figura 25: Abundancia relativa (individuos/Kilometro) de delfines mulares en la zona de estudio por unidad de esfuerzo, dividida en celas de 1km x 1km durante el periodo 2017-2022.....	43
Figura 26 : Izquierda: Tasa de encuentro y derecha: porcentaje de los avistamientos asociados a alimentación en barcos de arrastre.....	45
Figura 27 : Diagrama de caja donde se muestra que no existen diferencias significativas entre el tamaño de grupo para los diferentes años. Barra central: Mediana de los tamaños de grupo; caja: rango de intercuartil; rallas laterales : mínimo y máximo no atípicos; círculos: valores atípicos).....	45
Figura 28: Diagrama de caja de la distancia a la línea de batimetría de 50m de los avistamientos realizados desde el 2017 según sea época de veda: Izquierda (NO VEDA), derecha (SI-VEDA). Barra central: Mediana de las distancias; caja: rango de intercuartil; rallas laterales: mínimo y máximo no atípicos; círculos: valores atípicos) .....	46
Figura 29: Gráfico de la suma acumulada de los nuevos individuos foto-identificados en relación a las ocasiones de avistamientos.....	47
Figura 30 Representación de los patrones de distribución detectados detrás de los pesqueros arrastrando. Gráficos del porcentaje de cada tipo de grupo observado durante el arrastre (arriba) y al recoger la red (abajo). .....	48
Figura 31 Gráfico de columnas donde se representan el máximo, la media y el mínimo de las inmersiones registradas en segundos. ....	49
Figura 32 Mapa de los vuelos de pesca de arrastre en los que se han instalado cámaras (gris), y aquellos transectos en los que ha habido delfines presentes interaccionando con la operación pesquera (rojo). .....	50
Figura 33 Evolución de la luz a medida que la cámara Paralenz Vaquita baja en profundidad (profundidad en metros). .....	51
Figura 34 Distribución en porcentaje de los diferentes eventos de comportamiento observados en las imágenes captadas por las cámaras submarinas durante el Proyecto COSTtERA durante el arrastre, y durante el calado o recogida de la red.....	52
Figura 35 Distribución de la dirección del delfín o delfines observados en cada evento de comportamiento.....	53
Figura 36 Porcentaje de registros de video con 1, 2, 3 o 4 delfines mulares presentes en la imagen.....	53
Figura 37 Delfín mular capturando un pez atrapado en la parte lateral de la red de arrastre de la embarcación Nova Armonia. Imagen obtenida durante el proyecto COSTtERA con una cámara Paralenz Vaquita a 104 m de profundidad.....	55
Figura 38 Delfín mular capturando un pez atrapado en la parte central de la red durante el Proyecto COSTtERA con una cámara GoPro Hero 10. En esta imagen se observa el pez más grande capturado durante el proyecto.....	55
Figura 39 Imagen de un delfín mular nadando desde la parte posterior de la red a la anterior, por encima del copo. Camara Paralenz Vaquita instalada en el copo de la red. ...	56
Figura 40 Dos delfines mulares (de un grupo de 4) picando hacia aguas más profundas durante la recogida de la red, cuando esta se encuentra en suspensión vertical. La cámara se encuentra en la boca de la red enfocando hacia la superficie. Imagen captada por una GoPro Hero 10.....	57
Figura 41 Esquema de los movimientos de los delfines en las redes durante la recogida de la red. Imagen adaptación de: <a href="https://www.seafish.org/responsible-sourcing/fishing-gear-database/gear/demersal-trawl-rockhopper-trawl/">https://www.seafish.org/responsible-sourcing/fishing-gear-database/gear/demersal-trawl-rockhopper-trawl/</a> .....	57
Figura 42 Proporción de comportamientos observados según la posición de la cámara....	58



Figura 43 Esquema del movimiento de los delfines en las redes observado durante el periodo de arrastre. Imagen adaptación de: <https://www.msc.org/what-we-are-doing/our-approach/fishing-methods-and-gear-types/demersal-or-bottom-trawls>.....61

## Índice de Tablas

Tabla 1 Tabla resumen de las características de cada embarcación colaboradora en el proyecto COSTtERA.....	29
Tabla 2 Tabla comparativa de las características de la GoPro Hero 10 y la cámara Paralenz Vaquita.....	33
Tabla 3 Etograma que define los estados de comportamiento y los eventos de comportamiento submarino registrados en este estudio .....	39
Tabla 4 Resumen del esfuerzo efectivo realizado durante el Proyecto COSTtERA.....	40
Tabla 5 Estadística de los avistamientos realizados durante el proyecto .....	41
Tabla 6 Estadística de los avistamientos realizados en el periodo 2017-2022 .....	44
Tabla 7 Comparación de los datos de avistamiento con otros años .....	44
Tabla 8 Resumen de embarques, vuelos, vuelos con delfines presentes durante este estudio y cantidad de vuelos en los que pudieron obtener imágenes de delfines interaccionando con la red de pesca.....	50
Tabla 9 Tabla resumen de la duración de los vuelos de pesca con y sin delfines. ....	50
Tabla 10 Distribución de los eventos relacionados con alimentación observados durante las grabaciones submarinas del Proyecto COSTtERA.....	54
Tabla 11 Distribución de los eventos observados durante las grabaciones submarinas del Proyecto COSTtERA relacionados con el comportamiento “viaje”. ....	56



## 1. EL PROYECTO “COSTtERA”

El proyecto “COSTtERA: Comportamiento Submarino de *Tursiops truncatus* En Redes de Arrastre en el Norte de Cataluña” tiene el objetivo de estudiar el comportamiento de los delfines mulares (*Tursiops truncatus*) durante su interacción con las redes de pesca de las embarcaciones de arrastre y determinar el grado y tipo de interacción pesquera que ocurre en esta zona.

El proyecto ha contado con colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, cofinanciado por el FEMP (Fondo Europeo Marítimo y de Pesca).

La interacción entre delfines mulares y arrastreros se da en áreas donde ocurre una superposición espacial entre sus áreas de distribución, ya que en muchos casos las especies objetivo de las pesquerías son las especies presa de los cetáceos. Este tipo de interacción se ha descrito en múltiples zonas del Mediterráneo y se observa regularmente en aguas de la costa catalana las cuales son un hábitat importante para el delfín mular. Sin embargo, aún se desconoce el impacto que estas interacciones tienen tanto en las operaciones de pesca como en la población de delfines en esta área.

Aunque SUBMON ha descrito esta interacción en aguas del norte de Cataluña desde 2017 se desconoce el grado y el riesgo que comporta esta interacción tanto para delfines como para la actividad económica.

Para poder conocer mejor la población de delfines de esta zona y estudiar su interacción con la pesca de arrastre surge el proyecto COSTtERA. Este proyecto se divide en dos partes, por un lado, el estudio en superficie donde se ha estudiado la presencia distribución y comportamiento en superficie de los delfines mulares, así como el porcentaje de asociación pesquera en las aguas del norte de Cataluña y por el otro, el estudio submarino de esta especie en las redes de arrastre mediante la instalación de cámaras submarinas.

Para poder analizar cómo se comportan los delfines cuando persiguen las redes de pesca y determinar si se adentran en las redes a alimentarse y cómo lo hacen, se han instalado cámaras submarinas en las redes de arrastre de 3 embarcaciones de las cofradías de Llançà y Roses para grabar el comportamiento de alimentación del delfín mular durante el arrastre. Las embarcaciones seleccionadas, son barcos que faenan a menos de 200 metros, para coincidir con el ámbito de presencia del delfín mular.

La participación del sector pesquero de la zona de estudio ha tenido un papel fundamental, y el proyecto ha contado con la colaboración de las cofradías de la zona y desde el inicio se han involucrado aquellos pescadores de arrastre que han querido colaborar en el proyecto. Estos han trabajado juntamente con el equipo de SUBMON para diseñar el estudio y determinar tanto el mejor equipo y material a utilizar, como el mejor momento y lugar donde instalar las cámaras en la red. De la misma manera, se han visualizado las imágenes obtenidas juntamente con los pescadores. Así, en base a la experiencia de los pescadores y los datos obtenidos en este proyecto se ha trabajado para determinar el impacto de estas interacciones y determinar si existe la necesidad de definir mejores prácticas pesqueras para que las interacciones tengan el mínimo impacto sobre la población de delfines de la zona.

Los resultados obtenidos aportan información útil para conocer mejor los hábitos del delfín mular en la zona y poder proponer futuras mejoras en su conservación.



## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es estudiar el comportamiento de los delfines mulares durante su interacción con las redes de pesca de las embarcaciones de arrastre (Figura 1) y determinar el grado y tipo de interacción pesquera que ocurre en esta zona. Este objetivo se puede desglosar en cuatro objetivos específicos:

- **Evaluar el comportamiento bajo agua durante la interacción pesquera** implementando videocámaras en las redes de arrastre para conocer comportamiento de alimentación del delfín mular durante los vuelos de pesca.
- Realizar un **seguimiento del delfín mular** en diferentes épocas del año llevando a cabo salidas sistemáticas recogiendo datos de presencia, distribución, comportamiento, y foto-identificación.
- Analizar el **comportamiento en superficie** de los delfines mulares cuando siguen a las embarcaciones de pesca de arrastre.
- **Integrar la participación del sector pesquero** implicando a los pescadores de arrastre desde el inicio del proyecto en el diseño, implementación y análisis de imágenes.



Figura 1 Delfines mulares siguiendo una embarcación de pesca de arrastre en el norte de Cataluña.



### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1. INTERACCIONES ENTRE DELFINES Y PESCA DE ARRASTRE

La interacción entre delfines y pesca de arrastre se lleva reportando desde hace muchos años en varios puntos del mundo, siendo en 1817 la primera mención de la realización de adaptaciones en las redes de arrastre para protegerlas de los delfines (Ciotti 2006). A partir de entonces los reportes de casos de delfines observados siguiendo o alimentándose detrás de barcos de pesca de arrastre fue al alza, y a partir de los años 90 se convirtió en un hecho reportado de forma regular (Bonizzoni et al., 2022).

Dado que el delfín mular es una especie costera, es la especie de la que se tiene más reportes realizando este comportamiento. Bonizzoni et al. (2022), analizaron el número de estudios que reportan este comportamiento en el mundo por tipo de pesca y encontraron que el 70% estaban relacionados con pesca de arrastre de fondo, y el mayor número de estudios se habían realizado en el Mar Mediterráneo y en el Pacífico Occidental.

El comportamiento típicamente observado de delfines cuando se encuentran alrededor de barcos de pesca de arrastre es el de seguir las embarcaciones mientras realizan inmersiones durante periodos que pueden durar desde pocos minutos a horas (Jefferson 2000; Parra 2006; Bonizzoni et al., 2021), incluso días (Allen y Loneragan 2010; Allen et al., 2017). La principal hipótesis es que estos animales se alimentan en las redes, pero la forma en la que lo hacen es difícil de conocer ya que generalmente se tiene información de lo que ocurre en superficie, pero no en profundidad. Las diferentes formas en las que se hipotetiza que los delfines pueden estar obteniendo alimento de las redes de pesca de arrastre son:

- ≡ Alimentándose de peces u otras presas que se escapan de la red
- ≡ Alimentándose de peces u otras presas que quedan atrapados en la malla de la red
- ≡ Alimentándose de peces u otras presas dentro de la red
- ≡ Alimentándose de aquellos organismos sobrantes ya muertos
- ≡ Alimentándose de aquellos organismos que son atraídos a la red o bien interactúan con esta de otra forma

Es necesario tener en cuenta que la forma en el tipo de interacción o método de alimentación puede variar entre especies, poblaciones, individuos o zonas.

Esta interacción puede tener un efecto positivo o negativo para los delfines y de la misma manera para los pescadores. Para los delfines puede considerarse positivo ya que facilita el acceso a la presa. El hecho de alimentarse en las redes de arrastre puede aumentar la ingesta de alimentos y/o reducir el gasto de energía, pudiendo beneficiar a las poblaciones involucradas ayudándolas a sobrevivir y persistir.

Pero esta interacción también puede tener un efecto negativo, ya que los expone a un mayor riesgo de quedarse atrapados. Al entrar en contacto con las redes aumenta el riesgo de quedar atrapados accidentalmente en la red, produciéndose lesiones, asfixias e incluso la muerte (Díaz López, 2006; Bearzi et al., 2008; Pennino et al., 2015). En algunas zonas los pescadores agravados pueden incluso matar al animal deliberadamente (Tudela, 2004).

También la exposición al ruido y los contaminantes, son efectos negativos identificados hasta ahora de esta interacción, y varios estudios sugieren que las interacciones también podrían tener un efecto en la distribución, la dieta, el tamaño del grupo, el comportamiento y organización social de los odontocetos involucrados (Bonizzoni et al., 2022).

Debido a la complejidad de las redes tróficas marinas (así como a los efectos de la pesca de arrastre en estas redes tróficas y las otras formas de degradación ambiental causadas por este tipo de pesca de arrastre), a menudo es imposible separar las causas y los efectos, determinar si los beneficios para los cetáceos superan los riesgos (o viceversa), y evaluar los impactos potenciales a nivel de la población.

Por otra parte, la interacción puede resultar negativa para los pescadores al provocar pérdidas económicas, ya sea por daños infligidos al arte (Maccarrone et al., 2014), por la depredación y/o deterioro de la captura, o al provocar la dispersión de los bancos de peces en las proximidades del arte (Goetz et al., 2014; Reeves et al., 2001; Revuelta et al., 2018). Sin embargo, las interacciones también pueden o no tener ningún tipo de incidencia o tener un impacto positivo, ya que los delfines podrían indicar zonas de pesca o incluso empujar más peces a entrar en la red haciendo que el volumen de la captura sea mayor cuando hay presencia de delfines.

Así, aunque alimentarse en las redes puede ser energéticamente favorable para los delfines que se alimentan en las redes (Tixier et al., 2015), este comportamiento puede generar un mayor riesgo de lesiones o captura incidental o incluso un efecto en las ganancias de los pescadores (Brotons et al., 2008; Goetz et al., 2014; Hamer et al., 2012; Read et al., 2006; Zollett y Read 2006).

### 3.1.1 Interacciones en el Mediterráneo y Cataluña

Hasta ahora, se han realizado varios estudios en el Mediterráneo basados tanto en encuestas a pescadores como en datos recogidos por observadores a bordo, para determinar el impacto de la pesca accidental sobre los cetáceos en esta zona. En estos estudios, se han podido observar interacciones entre delfines y embarcaciones pesqueras en diversas áreas, como en las aguas costeras de Sicilia (Díaz López, 2006; Díaz López and Shirai, 2007; Pennino et al., 2015), Islas Baleares (Brotons et al., 2008; Gazo et al., 2008), al oeste de Grecia (Gonzalvo et al., 2015) y Cataluña (Chicote et al., 2021a), entre otros.

A nivel estatal se han llevado a cabo diferentes estudios en aguas de las Islas Baleares, Mar de Alborán y norte de la Península Ibérica. Los estudios realizados en aguas Mediterráneas no presentaban unas conclusiones alarmantes para la población de las diferentes especies de cetáceos, ya que en todos los casos el número de capturas era mínima o inexistente (Brotons et al., 2008; Gonzalvo et al., 2008; Macías López et al., 2012; Revuelta et al., 2018; ACCOBAMS 2019; Chicote et al., 2021a), aunque hay estudios que si determinan las interacciones con la pesca como la amenaza más grave para el delfín mular (Bearzi et al., 2012). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Cuvertoret-Sanz et al. (2020) donde determinan que, en aguas de Cataluña, las interacciones con actividad pesquera son la causa más frecuente de muerte por delfines listados y delfines mulares (27.8% y 60% respectivamente).

Aparte del estudio llevado a cabo por Cuvertoret-Sanz et al. (2020), donde analizan las causas de muerte de cetáceos varados en Cataluña, existen pocos estudios sobre capturas accidentales de cetáceos en Cataluña. SUBMON realizó en 2011, 2015, 2018 diferentes proyectos donde, a través de encuestas realizadas a pescadores del norte y centro de Cataluña, se confirmaba la existencia de interacción entre delfines mulares (*Tursiops truncatus*) y listados (*Stenella coeruleoalba*) con las embarcaciones de pesca de arrastre y se confirmaba que habían existido casos de captura accidental.



Además, a raíz de los estudios sobre la población de delfín mular del Cabo de Creus en el norte de Cataluña llevados a cabo desde 2017 por SUBMON se ha detectado un aumento en el número de avistamientos realizados vinculados con la pesca de arrastre llegando a ser del 87.5% avistamientos en la temporada 2020-2021 (Figura 2). Por ello, en base a la necesidad de saber con certeza el grado de interacción pesquera y su impacto sobre la población de delfín mular, delfín listado y otras especies de cetáceos en Cataluña en 2021 se llevó a cabo el proyecto “Diagnóstico de la interacción pesquera con las especies de cetáceos en Cataluña”. En este estudio se concluyó que las interacciones entre pesca de arrastre y delfines eran principalmente consideradas neutras o positivas por los pescadores de la zona y que la captura accidental en la zona se produce en bajo número a pesar del elevado nivel de interacción (Chicote et al., 2021a).



Figura 2 Delfines mulares interaccionando con diferentes barcos de arrastre en el Cabo de Creus en distintas ocasiones.

### 3.2. IMPACTO DE LA PESCA DE ARRASTRE SOBRE EL TAMAÑO DE GRUPO Y LA DISTRIBUCIÓN

Existe una gran variedad de factores que pueden influir en el tamaño del grupo en los cetáceos. Uno de ellos es la protección contra los depredadores, resultado de una estrategia de dilución (reducción en la tasa de ataque por individuo), el efecto de confusión (disminución de la capacidad de los depredadores para rastrear a un individuo en un grupo) y del aumento de la detección de depredadores (Connor 2000).

Sin embargo, estar en un grupo grande también puede incurrir en un coste, principalmente relacionado con la disponibilidad de alimentos. Hay menos comida disponible por individuo, lo que significa que el grupo puede tener que viajar más lejos para encontrar comida (Connor 2000). La vida en grupo también puede aumentar la cantidad de competencia alimentaria intraespecífica (Connor 2000). Varios autores han presentado evidencias de que el tamaño de los grupos de los delfines mulares en presencia de arrastreros es mayor que cuando no se encuentran presentes (Chilvers y Corkeron, 2001; Jefferson, 2000).

Por el contrario, Bearzi et al. (1999) encontraron grupos más pequeños que se asociaban con arrastreros en el Mar Adriático; sugiriendo que esto podría deberse al hecho de que la alimentación con arrastreros en su área era oportunista en lugar de un patrón de comportamiento establecido (Bearzi et al., 1999).

En el Cabo de Creus, la zona de estudio del presente proyecto, la asociación con arrastreros se da prácticamente a diario, por lo que se analizó el impacto que la pesca de arrastre tiene en el tamaño de grupo, que se traduce en el acceso al alimento de la especie. Se establecieron varias hipótesis:

- El tamaño de grupo en presencia de arrastreros es mayor que cuando no están presentes los arrastreros.
- La Zona Norte con más aporte de nutrientes presenta mayores tamaños de grupo, que la Zona sud
- Las estaciones tienen influencia en el tamaño de grupo.
- Las épocas de veda tienen influencia en la distribución de los animales.

## 4. ESTADO DEL ARTE

### 4.1. CÁMARAS SUBMARINAS PARA LA OBSERVACIÓN DE CETÁCEOS EN REDES DE PESCA

Actualmente, existen muchos tipos de cámaras subacuáticas. Sin embargo, si se necesitan cámaras que se puedan sumergir en grandes fondos, con gran sensibilidad a la luz, y gran duración de batería las opciones quedan muy limitadas. La mayoría de ellas son cámaras profesionales para inspecciones de fondos, que requerirán, entre otros, un cable conectado a la embarcación. Esto supone un problema para estudios en redes de arrastre donde lanzar un cable más, aumentaría las complicaciones en la operación pesquera. Por ello, este tipo de cámaras no eran una opción para este proyecto.

Afortunadamente, la tecnología avanza de forma rápida y actualmente en el mercado se pueden encontrar cámaras submarinas con buenas prestaciones, inalámbricas, pequeñas, de alta calidad y asequibles. Las comúnmente llamadas cámaras de acción han permitido a los científicos abrir un mundo de posibilidades para poder estudiar el mundo submarino. El desarrollo de estas cámaras ofrece varios beneficios, por un lado, el tamaño pequeño permite poder colocarlas en localizaciones que de otra forma sería imposible, y por otro, se pueden usar varias cámaras de manera simultánea, además de que su adquisición es relativamente fácil (Madsen et al., 2021).

Pero también tienen sus limitaciones, como la profundidad a la que se pueden sumergir, la duración de la batería y la sensibilidad a la luz.

Actualmente, la profundidad máxima a la que pueden bajar algunos de los modelos de cámaras de acción es de 350m, aunque la mayoría están diseñadas para ser sumergidas a 10m, y es necesario el uso de carcasas especializadas para poder sumergirlas hasta 60-100m.

El tiempo de grabación depende, principalmente, de la duración de la batería. Esta puede variar según la edad de la batería, la temperatura ambiente y la configuración de la cámara (resolución, fotogramas por segundo, etc.) y las funciones integradas (Bluetooth, sensores de profundidad, etc.) (Madsen et al., 2021). Durante la recolección de información y características de las diferentes opciones para este proyecto el máximo ofrecido por el fabricante eran 4h de grabación, aunque lo más común era de 2 a 2.5h de duración. La duración de la batería comporta una gran limitación para registrar imágenes en operaciones de pesca de más de 2 horas, duración habitual de los vuelos de pesca en el área de este proyecto.

En cuanto a la sensibilidad a la luz, dependerá entre otros, del tamaño del sensor, de la ISO máxima, así como de la capacidad de aplicar correctores de color.

Así, el uso de cámaras de vídeo subacuáticas sigue siendo un desafío, a veces hasta el punto de ser inviable, principalmente en áreas donde la visibilidad del agua es deficiente, cuando las interacciones ocurren durante la noche y/o en aguas profundas. Pero en lugares donde estos factores no actúan como limitantes principales existen opciones.

En el momento de este estudio, existen pocos estudios de comportamiento submarino de delfines en redes de arrastre, en parte a las limitaciones comentadas. Pero en algunas zonas, donde la interacción se realiza en aguas poco profundas (menos de 200m) instalar cámaras en las redes es posible. Aunque la mayoría de los estudios de interacciones entre delfines y

arrastreros se han centrado en el comportamiento de los animales en superficie, existen algunos estudios que han utilizado cámaras para estudiar su comportamiento submarino. Es importante mencionar que los últimos estudios se llevaron a cabo en 2009, y que las prestaciones de las cámaras de acción han evolucionado notablemente en los últimos 10 años. Ya en estos estudios se demostró que las cámaras de vídeo submarinas montadas en redes de arrastre son una forma eficaz de documentar el tipo de interacción que ocurre entre delfines y redes, evaluar las tasas de interacción, y las consecuencias de esta interacción, así como el comportamiento de los delfines durante las diferentes fases de la pesca.

Aunque se han llevado a cabo pocos proyectos relacionados con el estudio submarino de delfines en redes de pesca utilizando cámaras submarinas, algunas organizaciones han estado trabajando con cámaras submarinas en redes de pesca con otros fines. Madsen et al. (2021) hicieron una recopilación de las cámaras de acción que existían y la utilidad de estas para diferentes tipos de estudio, pero aquí se discuten los principales trabajos que han usado cámaras para estudiar el comportamiento submarino de delfines en redes de arrastre.

Los primeros estudios en utilizar cámaras para el estudio de interacciones entre diferentes especies y la pesca de arrastre se llevaron a cabo en aguas de Australia y Tasmania. En 2005, Browne et al. (2005) utilizaron cámaras submarinas para evaluar las estrategias de mitigación de la captura incidental de delfines y focas por parte de los arrastreros de media agua que operan en la pesquería de pequeños pelágicos. Utilizaron una cámara con baja sensibilidad a la luz, en blanco y negro conectada a una grabadora que registraba un máximo de 3 horas, además de utilizar una luz halógena para iluminar durante la grabación. Pero en esta ocasión no se observaron delfines en las imágenes.

Stephenson y Chidlow (2003) llevaron a cabo un proyecto para analizar la captura incidental en la pesquería de arrastre de peces de Pilbara (en el Oeste de Australia), en este proyecto obtuvieron imágenes de delfines nadando en la ola de presión de la red y alimentándose de los peces que entraban en la red, siempre nadando a unos 5 m de la apertura de la red, en ocasiones algunos individuos se adentraban más en la red y acaban saliendo al cabo de 2-6 minutos.

Posteriormente, Stephenson y Wells 2007, utilizaron una cámara Sony HC15E DCR en una carcasa de aluminio o PVC colocada directamente sobre las redes de pesca en aguas australianas. La cámara se configuró para una grabación prolongada, con gran angular, enfoque fijo en el infinito y visión nocturna colocada en una carcasa subacuática de aluminio diseñada y construida por el autor. La cámara fue instalada directamente sobre la red con bridas de 8mm. La cámara se situó en la garganta de la red enfocando hacia el copo de la red en un ángulo de 20°. Se obtuvieron imágenes de delfines retrocediendo hasta una posición a unos 4 m por encima del dispositivo de exclusión y luego nadando hacía la salida fuera de la vista de la cámara. Mackay 2011 utilizó las imágenes obtenidas por Stephenson y Wells 2007 para estudiar el comportamiento de los delfines en aguas y detectó que en el 66% de los vuelos los delfines se adentraron en las redes de arrastre y estaban presentes en el interior de las redes durante el 64% de la duración de cada vuelo.

Jaiteh et al. (2013) usaron cámaras de vídeo montadas dentro de redes de arrastre para registrar el comportamiento bajo la superficie del delfín mular común (*Tursiops truncatus*) en una pesquería de arrastre en el noroeste de Australia. Se utilizaron videocámaras Sony (HDR-CX7), que disponían de un sensor de infrarrojos proporcionándoles una mayor sensibilidad a la luz. Las cámaras se colocaron en carcasas metálicas impermeables y se aseguraron a la red de arrastre. Se instaló una cámara en la garganta de la red, 3,6 m por

delante de la rejilla de exclusión y mirando hacia la abertura de la red y otra por detrás. Ambas cámaras se configuraron con una definición estándar, larga duración y visión nocturna. Pudieron analizar imágenes de 36 redes de arrastre para determinar el alcance de las interacciones delfines-arte y el comportamiento de los delfines dentro de las redes. Las tasas de interacción obtenidas fueron elevadas, y observaron comportamientos de alimentación activa dentro y alrededor de las redes durante el arrastre de la red, así como animales aprovechando los descartes después de recoger la red.

Las imágenes submarinas obtenidas permitieron identificar a los delfines que se adentraban en la red por primera vez, así como describir todos los comportamientos observados. En cambio, no pudieron identificar a los delfines que nadaban fuera de la red. Los delfines se observaron dentro (Figura 3) y alrededor de las redes, con comportamientos principalmente de búsqueda de alimento dentro de las redes seguido por comportamientos de viaje y socialización. Concluyeron que entrar en las redes de arrastre puede ser un comportamiento frecuente, aunque especializado, exhibido por un pequeño subconjunto de delfines ya que el número de individuos identificados fue bajo en relación con el tamaño de población que se conocía en la zona de estudio.

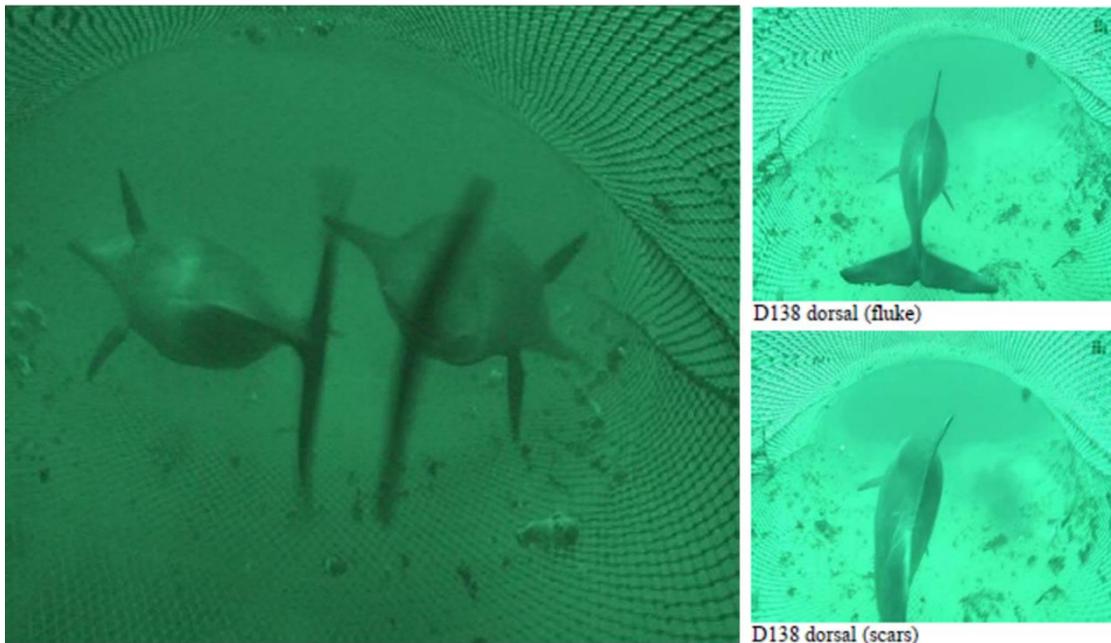


Figura 3 Imágenes obtenidas por Jaiteh et al. (2013) de delfines mulares dentro de la red de arrastre en aguas australianas con una cámara Sony (HDR-CX7). Imágenes extraídas de Jaiteh et al. (2013).

Por último, Wakefield et al. (2014) también instalaron cámaras en las redes de arrastre de Australia, en este caso dos GoPro Hero2™ a 720 p, 25 fps y una batería secundaria dentro de una carcasa (Sartek Deep Housing™) que podría sumergirse a 200m de profundidad, aunque el estudio se llevó a cabo en zonas de entre 50-120 m. La colocación de las cámaras fue parecida para todos los estudios, los cuales colocaban entre 1 y 2 cámaras en las redes. Una en la unión entre la primera y la segunda sección del cuerpo de la red, mirando hacia delante) y la segunda cámara estaba en la unión de la segunda y la tercera sección del cuerpo de la red a unos 25 m del frente, también mirando hacia delante.

Tanto Wakefield et al. (2014), como posteriormente Santana et al. (2018), analizaron las imágenes obtenidas. En resumen, observaron interacciones con delfines en el 75.7% de los vuelos, y en la mayoría de las imágenes los delfines se encontraban en el exterior de la red (> 78.3%) (Figura 4).



Posteriormente a 2018 no existen publicaciones de estudios realizados con cámaras submarinas en redes de arrastre. Así, hasta el momento de la realización de este estudio, únicamente se había estudiado el comportamiento submarino de los delfines mulares durante su interacción con redes de pesca en Australia, y con cámaras anteriores a 2014.

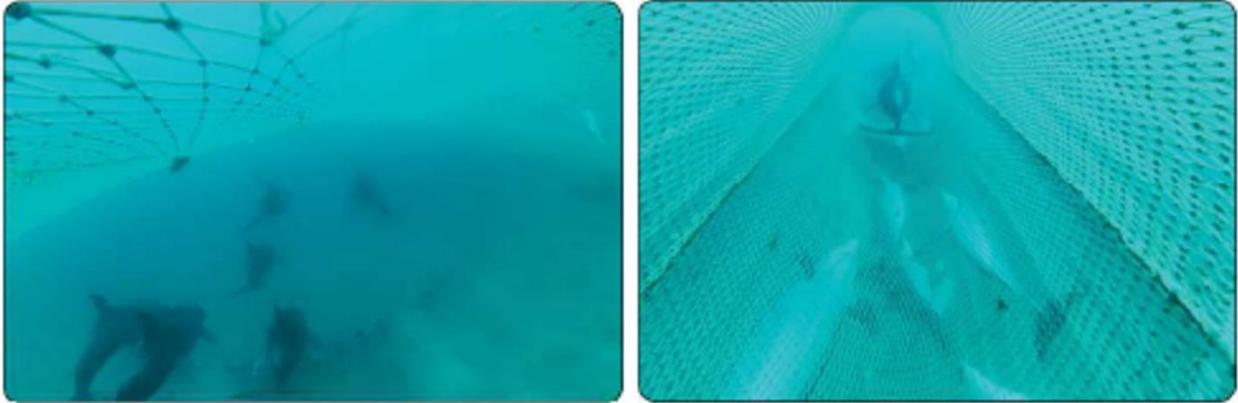


Figura 4 Imágenes de delfines mulares dentro y fuera de la red de arrastre obtenidas en el estudio de Santana et al. (2018).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN DE DELFÍN MULAR

#### 5.1.1. Área de estudio

El área de estudio del proyecto es un área marina alrededor del Cabo de Creus, que tiene como límite geográfico la frontera de Francia y que ocupa una superficie de 2144 km<sup>2</sup>. En ella confluyen varias figuras de protección, tal y como se observa en la Figura 5.

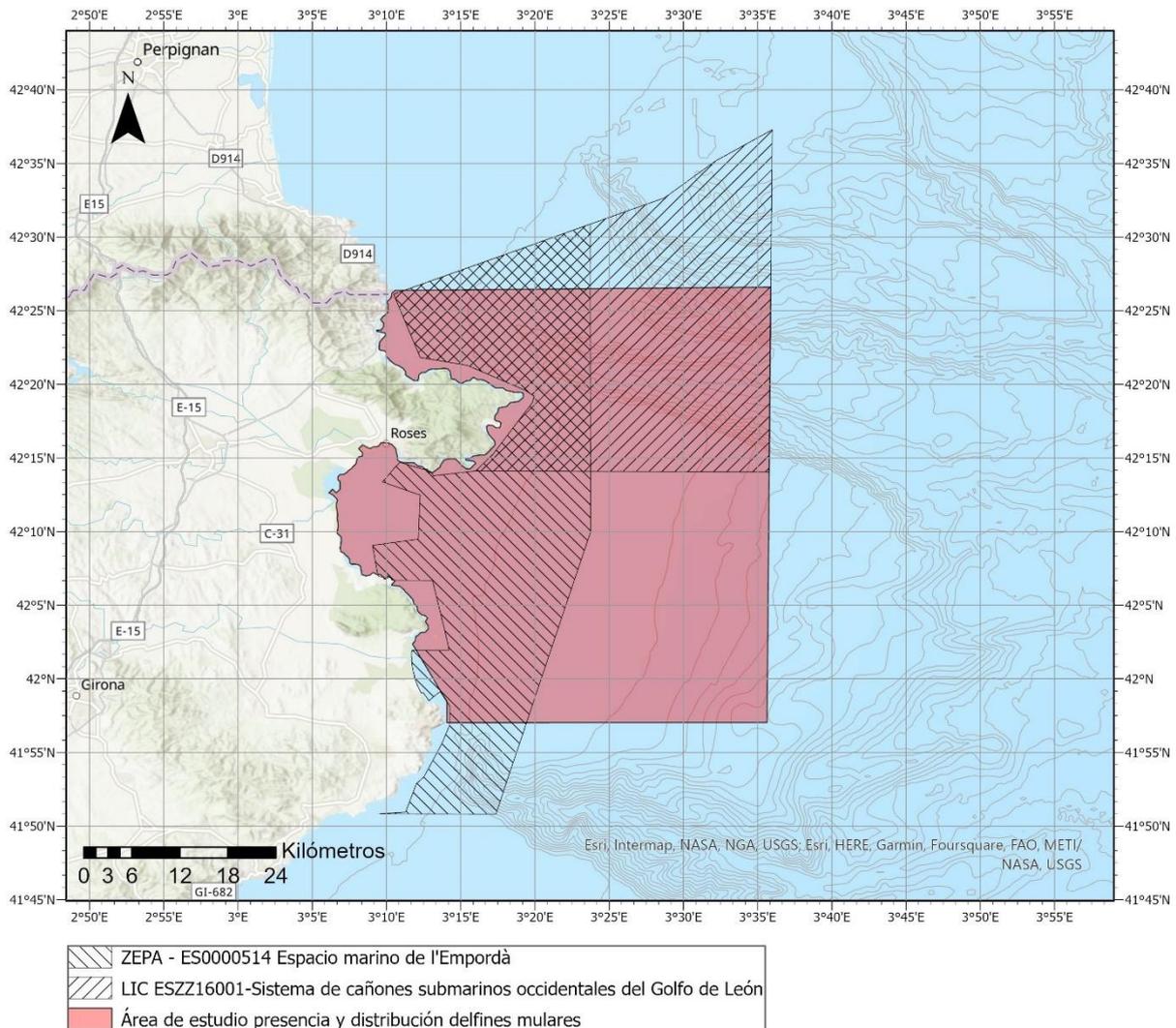


Figura 5 Área de estudio del proyecto COSTtERA y zonas protegidas.

Así, la zona de estudio del proyecto COSTtERA incluye dos zonas protegidas, el Espacio marino de l'Empordà, ZEPA ES0000514 y el Lugar de Interés Comunitario LIC: ESZZ16001-Sistema de cañones submarinos occidentales del Golfo de León.

Los cañones submarinos del Cabo de Creus y Lacaze-Duthiers son los dos primeros cañones en el extremo suroeste sobre la plataforma continental del Golfo de León. Ambos cañones están sometidos a un mismo régimen hidrodinámico ya que las corrientes dominantes que provienen del noreste y arrastran con ellas aguas del Ródano. Las aguas transportadas por la corriente Liguro-Provenzal o corriente del norte, circulan en el golfo de León en sentido contrario a las agujas del reloj. En su recorrido hacia el sur, estas aguas cargadas de



nutrientes procedentes del río Ródano, son enfriadas por la Tramontana y el Mistral (vientos de componente norte y noroeste respectivamente) y al llegar sur del golfo topan con el Cabo de Creus, que obstaculiza su paso.

La cabecera del cañón de Creus se encuentra a tan solo 5km de la costa, enfrente del Cabo de Creus y según se aleja de la costa hacia el este, alcanza los 6 kilómetros de ancho y casi los 2.000 metros de profundidad. Entre la línea de costa y la cabecera de este cañón queda una estrecha plataforma continental, entre los 60 y los 120 metros de profundidad, que juega un importante papel como zona de transporte de sedimentos y materia orgánica.

La estrecha plataforma continental que separa la costa del cañón de Creus juega un papel crucial en la distribución de la materia orgánica y de los sedimentos que aportan los ríos que vierten sus aguas al golfo. Todo este material es canalizado desde las zonas más superficiales y costeras a lo largo de la plataforma continental hasta llegar a la cabecera y el flanco sur del cañón, donde se hundirá hacia sus profundidades aportando nutrientes a las comunidades que allí habitan.

### 5.1.2. Toma de datos

Se ha llevado a cabo un seguimiento de la población de delfín mular, inspeccionando visualmente el área y con la ayuda de aplicaciones de geoposicionamiento de embarcaciones a través de la tecnología AIS (Sistema de identificación automática), como “vessel finder” o “marine traffic” para detectar la presencia de barcos de arrastre. Para ello se ha utilizado una embarcación semirrígida a motor de 6 metros y al menos dos observadores. Además, se ha contado con la participación de hasta 8 voluntarios distribuidos a lo largo de la temporada (Anejo IX\_Compromiso\_Voluntarios).

El esfuerzo de búsqueda se realizó siempre que las condiciones marítimas lo permitieron, Beaufort  $\leq 3$ . Asimismo, los datos de esfuerzo y otros datos ambientales que puedan influir en la detección de los animales se recogieron cada vez que se produjo un evento o un cambio en las condiciones: estado del mar (Douglas), fuerza del viento (Beaufort), presencia de barcos, ángulo del sol, posición, etc (Anejo II- Hoja de esfuerzo). El esfuerzo de búsqueda se detenía al realizar un avistamiento para poder salir del transecto e iniciar el estudio de su comportamiento en superficie y poder fotografiarlos con objetivo de foto-identificar a cada individuo.

Para distinguir cada avistamiento se consideró la siguiente definición: avistamiento se define como un grupo de animales de la misma especie, vistos al mismo tiempo y mostrando un comportamiento similar a menos de 1500 m unos de otros (SEC 1999). Para cada avistamiento se registraron, en formularios específicamente diseñados la hora inicial del primer contacto, la posición, la dirección del movimiento, la especie, el número de animales, el comportamiento del animal/animales y la hora final del avistamiento (Anejo III- Hoja de avistamiento).

### 5.1.3. Análisis de datos

El área de estudio se dividió en una cuadrícula de 1277 cuadrados con una resolución de celda de 1x1 km cada uno y se calculó el esfuerzo para cada celda de cuadrícula. La densidad relativa (abundancia por unidad de esfuerzo) se calculó como el número de individuos por kilómetro de esfuerzo dentro de cada celda. El análisis estadístico se utilizó el software libre *RStudio* 2022.07.2-576 y el análisis geoespacial se realizó con el software *ArcGisPro* 3.0.0 y *QGIS* 3.14 utilizándose la proyección 31N UTM Transverse Mercator para todos los análisis de SIG (EPSG:25831).

## Análisis de la comparación de tamaño de grupo

Para el análisis de la influencia de la presencia de arrastreros sobre el tamaño de grupo se utilizaron también los datos de años anteriores (2018-2022). Se consideró que los animales estaban asociados a arrastrero cuando presentaban un comportamiento de alimentación, estaban moviéndose entre arrastreros o abandonaban un arrastrero. La distribución de los datos para en presencia de arrastreros (CPA) o sin presencia arrastreros (SPA) entre los años 2017 y 2022 presentó diferencias significativas en relación a una distribución normal de los datos (Shapiro-Wilk Test: CPA:  $n=68$ ,  $W=0.77645$ ,  $p\text{-value}=8.459e-09$  / SPA:  $n=40$ ,  $W=0.85528$ ,  $p\text{-value}=0.0001212$ ) por lo que se aplicó un test no paramétrico (Mann-Whitney U test).

Se analizó la influencia de la localización de los avistamientos en relación con el tamaño de grupo, con el fin de establecer si pudiera existir una influencia del cañón, más productivo a nivel de nutrientes en la agregación de delfines a la hora de alimentarse en los barcos arrastreros. Para ello se dividió la zona en Norte y Sud, según la orografía de la costa y tomando de referencia el cañón y la bahía de Roses. Así la zona Norte incluye desde la punta de Port Lligat (Cadaqués) con más influencia del cañón hasta la frontera con Francia a la altura de Portbou y la zona Sud, que incluye una zona de plataforma más ancha con menor influencia del cañón y la bahía de Roses, de orografía más plana (Figura 6).

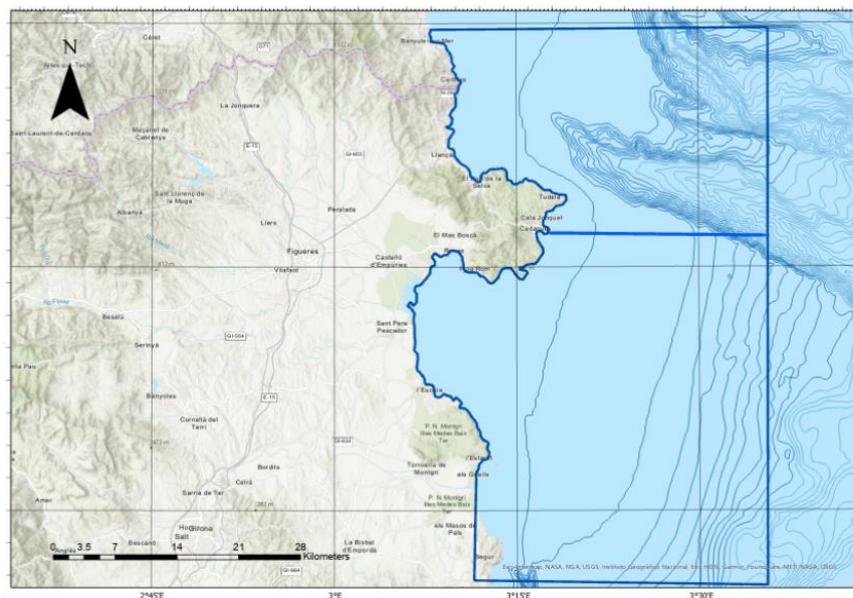


Figura 6: Mapa de la división de la zona de estudio (zona norte y sur).

La distribución de los datos del tamaño de grupo para las dos zonas (Norte/Sud) presentó diferencias significativas en relación a una distribución normal (Shapiro-Wilk Test: Zona norte:  $W=0.90944$ ,  $p\text{-value}=0.1802$  / Zona Sud:  $W=0.86957$ ,  $p\text{-value}=0.001974$ ) por lo que se aplicó un test estadístico no paramétrico (Mann-Whitney U test).

El mismo análisis se realizó para todas las anualidades, utilizando datos que SUBMON había recopilado desde el 2017 para la misma zona de estudio, utilizando la misma metodología.

La distribución de los datos para las dos zonas (Norte/Sud) entre los años 2017 y 2022 presentó diferencias significativas en relación a una distribución normal de los datos (Shapiro-Wilk Test: Zona Norte:  $n=62$ ,  $W=0.8313$ ,  $p\text{-value}=6.419e-07$  / Zona Sud:  $n=58$ ,  $W=$



0.78812, p-value = 1.002e-07) por lo que se aplicó un test no paramétrico (Mann-Whitney U test).

Para analizar las diferencias significativas del tamaño de grupo entre las diferentes anualidades (2017-2022) se ha utilizado un test no paramétrico (Kruskal-Wallis) de análisis de la varianza.

Por otra parte, se analizó también la influencia que puede ocasionar la estacionalidad sobre el tamaño de grupo. Para ello, se han dividido los datos de avistamientos en diferentes épocas: verano (julio, agosto, setiembre), primavera (abril, mayo, junio), y otoño-invierno (octubre noviembre, diciembre y enero) y se ha utilizado un test no paramétrico (Kruskal-Wallis) de análisis de la varianza.

*No se ha incluido el año 2017 para los análisis comparativos de tasa de encuentro (TE), ya que la metodología de seguimiento en ese año fue diferente a las de los otros años por lo que podría sesgar los resultados.*

### **Análisis de épocas de veda**

Con el fin de observar si la época de veda tiene alguna influencia en la distribución de los avistamientos, se han dividido los avistamientos según se hayan realizado en “Época de Veda” (prohibición de arrastrar entre 50 y 70 metros) y época de No Veda (cuando se permite la pesca de arrastre entre los 50 y los 70 metros).

Para obtener las distancias de los avistamientos a la batimetría de 50 metros y a la línea de costa se utilizó la herramienta de QGIS “Análisis de la distancia al vecino más cercano”.

La distribución de los datos para las dos épocas (Veda/No veda) presenta diferencias significativas en relación a una distribución normal (Shapiro-Wilk Test: Veda:  $W = 0.90202$ , p-value = 5.906e-05/ No Veda:  $W = 0.83887$ , p-value = 5.534e-06) por lo que se aplicó un test estadístico no paramétrico (Mann-Whitney U test).

## 5.1.4. Foto-identificación

La técnica de foto-identificación es una herramienta no invasiva utilizada en estudios biológicos y ecológicos que utiliza la forma de la aleta dorsal o la aleta caudal y las marcas naturales o antropogénicas que ocurren en los animales en estas partes del cuerpo para identificar a los distintos individuos. La mayoría de las especies de cetáceos presentan características naturales y duraderas que permiten el reconocimiento individual. Al tomar fotografías de estas características morfológicas, como el borde posterior de las aletas dorsales, caudales o las cicatrices en su cuerpo, se pueden identificar individuos específicos.

Así, para aquellos avistamientos en los que fue posible, al realizarse un avistamiento se realizó una aproximación al grupo de animales para tomar fotografías de cada lado del animal para conseguir las marcas presentes en el lomo y la aleta dorsal del individuo. Para obtener fotografías adecuadas para fines de identificación fotográfica, las fotografías deben tomarse lo más perpendiculares (90°) al eje del cuerpo como sea posible cuando se trata de obtener el lado del cuerpo y la aleta dorsal.

Las fotografías se tomaron con dos cámaras réflex, con teleobjetivos 400mm y 600mm.

Una vez obtenidas las imágenes se ha procedido a analizar las imágenes para realizar un catálogo de foto-identificación siguiendo el protocolo estipulado en el Anejo\_VI\_Protocolo\_Foto\_Id.

## 5.1.5. Permiso de trabajo

El trabajo de campo realizado en el marco del proyecto COSTtERA se realizó bajo la autorización administrativa SGBTM/BDM/AUTSPP/12/2022 emitida por la subdirección general de biodiversidad terrestre y marina de dirección general de biodiversidad, bosques y desertificación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para el estudio de cetáceos en el marco del proyecto (Anejo Ia y Ib - Autorización estudio cetáceos).

## 5.2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN SUPERFICIE

El comportamiento de los delfines mulares en la superficie fue recogido principalmente para detectar posibles patrones que los delfines pudieran seguir cuando estos interactuaban con las embarcaciones de arrastre. Asimismo, en el caso que el avistamiento de los delfines se diera en asociación con una embarcación de arrastre cuya red se encontrara equipada con cámaras, poder relacionar el comportamiento de superficie con el submarino. Pero este caso solo se dio en una ocasión, sin permitir establecer una relación entre comportamientos.

Una vez avistado un grupo de delfines o delfín la embarcación de investigación se situaba en paralelo a los animales. Manteniendo la distancia al grupo para evitar modificar su comportamiento, se iniciaba el registro del comportamiento (al mismo tiempo que se tomaban datos para la foto-identificación). Para poder llevar a cabo este registro se utilizaron dos fichas (Figura 8) donde se rellenaban los campos correspondientes en ellos. Los registros en ambas fichas se realizaban durante periodos de 15 min pudiendo efectuar varias replicas a lo largo del avistamiento. Como material de soporte a dichas fichas, paralelamente se realizaban vídeos de 5 min de duración los cuales se analizaban posteriormente.

- Ficha de comportamiento (Anejo IV): En la ficha de comportamiento se registraban para cada actividad del barco de arrastre (arrastre, calado y recogida de la red) durante periodos de 15 minutos datos referentes a la estructura del grupo de delfines, el estado de comportamiento del grupo focal de delfines, así como los eventos de comportamiento que ocurrían, y su distribución de los cetáceos detrás de la embarcación. Cada vez que se observaba una modificación del estado de comportamiento, de la estructura del grupo o del comportamiento de la embarcación se anotaba una nueva línea de registro. Para cada periodo de un estado de comportamiento se anotaban aquellos eventos que se producían (saltos, golpes de cola, golpes de aleta, sacar la cabeza, saltos laterales, etc.). Esta ficha era rellenada *ad libitum*, así como, posteriormente tras el análisis de los vídeos.

El estado de comportamiento se determinaba en base a criterios no subjetivos, como es la duración de las inmersiones, la dirección de los animales, y su velocidad, así como el comportamiento hacia los otros individuos. Se consideraron 6 categorías (viaje, *milling*, descanso, alimentación, socialización, e interacción con la embarcación de investigación/pesca). Si los animales navegaban en una dirección constante, realizando inmersiones inferiores a 30 segundos se consideraba que estos animales estaban viajando (en caso de hacerlo detrás de una embarcación de arrastre manteniéndose a unos 100-300 m de la popa de la embarcación, se consideraba viaje asociado a alimentación), en el caso de ser una inmersión superior a 30 segundos se consideraba que los animales estaban en inmersión larga, que en caso de que se produjera detrás de la embarcación de pesca y los animales tras la inmersión siguieran siguiendo la estela de la embarcación de pesca y en dirección a la embarcación (manteniendo la distancia a la popa y, por lo tanto, siguiendo la red) se consideraba alimentación. Si los animales interactuaban entre ellos, sin nadar en una dirección marcada, se consideraba sociabilización (

Figura 7). En caso de que los animales nadaran a poca velocidad pero sin una dirección concreta, y manteniéndose cerca de la superficie se consideraba un comportamiento de



descanso y si los delfines nadaban, pero con frecuentes cambios de dirección y se mantenían más o menos en la misma zona se definió un comportamiento de *milling*.



Figura 7 Delfines mulares observados desde el dron durante el Proyecto COSTtERA.

Por otro lado, los eventos recogidos para cada estado fueron: salto, cuando el delfín extraía todo su cuerpo o casi toda su totalidad fuera del agua; golpe de aleta, cuando el delfín con su aleta caudal golpeaba la superficie del agua; golpe de cabeza, cuando el delfín golpeaba la superficie del agua con su cabeza; *porpoising*, movimiento de alta velocidad en el que los delfines o delfín levantan la superficie del agua al nadar cerca de esta, mostrando su dorso, alternándose en ocasiones con largos saltos; contacto, cuando los delfines rozaban sus cuerpos, vientre con vientre, dorso con dorso, vientre con dorso, etc; aleta fuera, cuando el delfín extraía su aleta caudal fuera del agua verticalmente sin golpearla; nadar en la proa, cuando el delfín nadaba un corto periodo de tiempo (segundos) delante de la embarcación pero no suficiente para considerarlo un comportamiento; vientre hacia arriba, cuando los delfines se encontraban en superficie o cerca de esta con el vientre hacia arriba.

La situación/posición del grupo de delfines o delfín se determinaba teniendo en cuenta 6 opciones: entre arrastreros, cuando los delfines o delfín se encontraban entre dos o varios arrastreros pero no siguiendo el rumbo ni estando cerca de ninguno de estos; con arrastrero sobre la red, cuando los delfines o delfín se situaban en la popa del pesquero siguiendo su rumbo a una cierta distancia respecto a este coincidiendo con la posición sobre la cual se encontraría la red; con arrastreros pero no sobre la red, cuando los delfines o delfín seguían el rumbo del pesquero pero no se situaban en la posición sobre la cual se encontraría la red; sin arrastreros, cuando los delfines o delfín se encontraban sin ninguna embarcación de arrastre en la zona o cerca de estas; interaccionando con la embarcación de investigación, cuando los delfines o delfín se encontraban cerca o/e influenciados por la presencia de la embarcación de investigación, incluso cuando había embarcaciones de arrastre en la zona; otros, cuando acontecía cualquier otra situación no descrita anteriormente.

En aquellos casos donde había presencia de arrastrero/s, se indicaba la actividad llevada a cabo por dicha embarcación, pudiendo describir generalmente 4 tipologías de actividades: arrastrando, cuando la red de arrastre se encontraba sobre el fondo marino; calando, cuando la red se introducía en el agua hasta que llegaba al fondo marino; recogida de la





**BEHAVIOUR**

Survey		Sighting No.		Date		Time						Comments
Num. Reg.	Description	Trawler Activity	Start Time	End time	Num ind	# State on net (Left/Central/Right)	State	Events occurred	Interaction to research	Max dive time	Drone/Video from boat	
	1- Between trawlers 2- With trawler On net 3- With trawler NOT on net 4- Without trawler 5- Interactig research boat 6- Other						1- Travelling (Fast swimming/Slow swimming) 2- Milling (Random swimming) 3- Resting 4- Feeding 5- Socialising 6- Bow riding	1- Breach 2- Tail leap 3- Head slap 4- Porpoising 5- Contact 6- Tail out 7- Bow 8- Belly up 9- Other	1- Approach 2- Inspect 3- Bow riding 4- Avoid 5- Ignore			

**DIVING PATTERN**

Survey	Sighting No.	Date	Time

Num. Register*	Dive Num	Time	Dive duration	Observations

Num. Register*	Dive Num	Time	Dive duration	Observations

Figura 8 Fichas empleadas para el registro del comportamiento (superior) y patrón de respiraciones/inmersiones (inferior).

## 5.3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SUBMARINO DEL DELFÍN MULAR EN REDES DE ARRASTRE

### 5.3.1. Área de muestreo

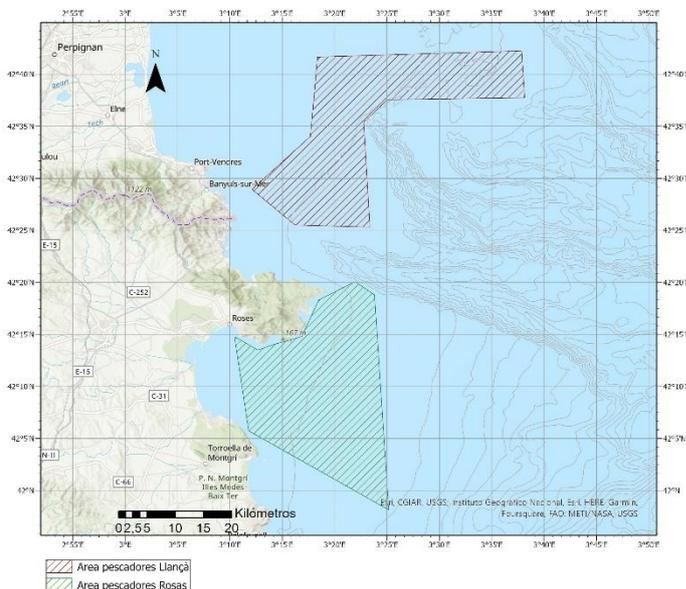


Figura 9 Mapa de las áreas recorridas a bordo de las embarcaciones de arrastre colaboradoras durante el proyecto COSTtERA.

El área de estudio para el comportamiento submarino se encuentra en las aguas del Cabo de Creus (Figura 9). Las embarcaciones seleccionadas para el estudio trabajan generalmente en aguas de alrededor del Cabo de Creus, y desde la Badía de Roses hasta las islas Medas, en ocasiones más al sur, en zonas que oscilan entre los 50 y los 150m de profundidad con fondos fangosos, arenosos o rocosos. Además, una de las embarcaciones, perteneciente a la cofradía de Llançà, generalmente opera en aguas francesas en zonas de 90m de profundidad.

Las embarcaciones trabajan en estas zonas durante todo el año, a excepción de dos meses, durante el

cual se realiza una veda de pesca de arrastre.

Para las embarcaciones de Roses, esta veda en el año 2022 se ha realizado los meses de febrero y marzo, mientras que para las embarcaciones de Llançà, se ha realizado los meses de febrero a principio de abril.

### 5.3.2. Características de las embarcaciones de arrastre

Para realizar este estudio era imprescindible la colaboración con el sector pesquero de arrastre de las aguas del norte de Cataluña. En este caso 3 embarcaciones de pesca de arrastre de las cofradías de Roses y Llançà fueron las seleccionadas para instalar las cámaras submarinas.

Estas tres embarcaciones fueron seleccionadas porque se trataban de embarcaciones que trabajan normalmente entre los 50m y los 200m de profundidad en la zona alrededor del Cabo de Creus y Badía de Roses, área de distribución del delfín mular en la zona. Además, sus patrones colaboran con proyectos de conservación de cetáceos desde el 2017 reportando avistamientos de delfines de forma regular.

Las características de las embarcaciones se muestran en la Tabla 1.

Nombre	Eslora (m)	TRB (GT)	Tripulación	Especies objetivo	Cofradía	Área de trabajo	Largo de la red (m)	Ancho apertura (m)	Alto apertura (m)
ROCA FORNE	16	60	3	Merluza, Rape, Gamba blanca	Roses	Cabo de Creus/Islas Medas	60-70	19	1.8
GALANDU	23.07	65.2	4	Pulpo, Rape, Merluza, Sepión	Roses	Cabo de Creus/Islas Medas	70-80	15	1
NOVA ARMONIA	26	83	6	Espardeña, merluza, rape, salmonete	Llançà	Francia	80-90	20-25	3

Tabla 1 Tabla resumen de las características de cada embarcación colaboradora en el proyecto COSTtERA.

Aunque las redes presentan gran variabilidad, la estructura de las redes de arrastre utilizadas en esta zona es similar.

Estas están compuestas por las siguientes partes (Figura 10): los cables que salen de la embarcación van conectados a las puertas metálicas, dos por ala (costado) que ayuda a mantener la boca de la red abierta. De las puertas salen las malletas, que unen la puerta con la red. La entrada de la red, la boca, consta de unas boyas o flotadores en la parte superior y la parte inferior tiene pesos que ayudan a que la red se deslice pegada al fondo. La malla tiene diferentes tamaños a lo largo de la red, los cuales están regulados. La parte más característica es el copo, al final de la red, donde se acumula la captura.

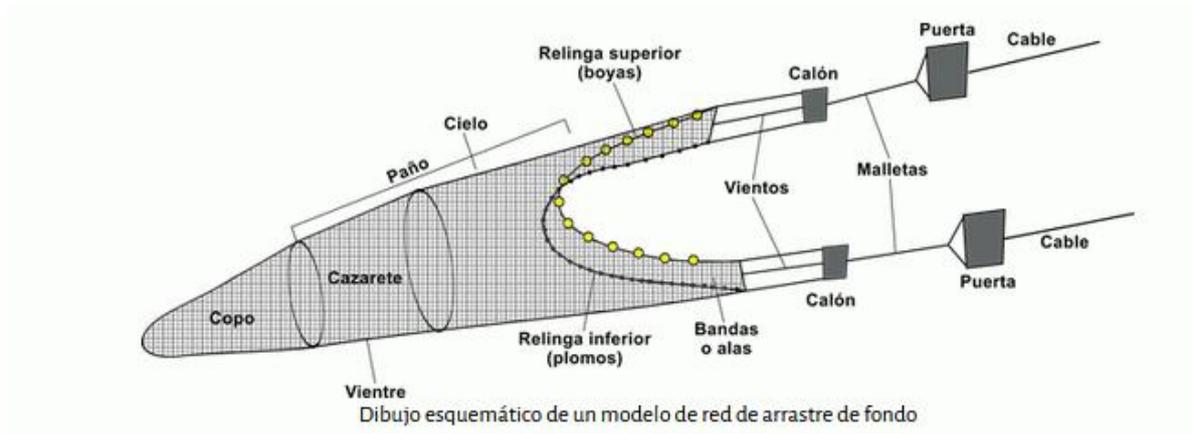


Figura 10 Dibujo esquemático de una red de arrastre. (<https://www.tortugasmarinasespana.org/tortugas-marinadas/amenazas/arrastre-de-fondo/>)

Aunque la pesca de arrastre es poco selectiva, las embarcaciones elegidas tienen como especie objetivo la merluza, rape, gamba blanca, sepión, pulpo, salmonetes, y espardeñas.

Las embarcaciones pueden trabajar cada día lectivo, a partir de las 7h, excepto en casos de permisos especiales. Generalmente, la jornada de pesca empieza a las 7h y termina a las 17h realizándose entre 2 o 3 vuelos de pesca con una duración de aproximadamente 3 h cada uno, aunque pueden ser más cortas o largas dependiendo de las condiciones de pesca y zona donde se trabaje.

### 5.3.3. Recogida de datos

La recogida de datos para este Proyecto se llevó a cabo entre mayo y septiembre de 2022. Entre una y dos investigadoras se embarcaron en las embarcaciones de pesca seleccionadas durante toda la jornada en 19 ocasiones y procedían a instalar las cámaras en las redes de esa embarcación y recogerlas después de cada vuelo. Para cada vuelo, se instalaban entre 1 y 5 cámaras (dependiendo de las condiciones meteorológicas y el tiempo disponible para no afectar a la actividad pesquera) y se recogían al subir la red, cambiaban baterías y se volvían a instalar para el siguiente vuelo.

Los embarques se procuraron realizar días con condiciones meteorológicas favorables, es decir, viento menor o igual a 3 en la escala Beaufort, y días sin nubosidad, para favorecer una mejor iluminación en el fondo.

Durante el arrastre, se ha registrado el recorrido realizado y recogido datos referentes a las condiciones meteorológicas, marítimas y la presencia o ausencia de delfines.

### 5.3.4. Cámaras submarinas

Como se ha visto en el punto 3.2 de este documento, en estudios previos se utilizaron principalmente videocámaras Sony, con carcacas de aluminio y GoPros (modelos anticuados a día de hoy). Después de 10 años, la tecnología de cámaras submarinas ha avanzado y se ha conseguido disponer de cámaras más pequeñas, con capacidades iguales o superiores. Se realizó una comparación de características de las diferentes cámaras disponibles en el mercado, teniendo en cuenta la necesidad de poder sumergirlas a más de 150m, y que tuvieran un tamaño reducido.

Para la selección de las cámaras, se descartaron aquellas que tuvieran que estar conectadas a la embarcación para tener energía o para ver las imágenes en directo.

Dado que los proyectos realizados hasta el momento habían utilizado videocámaras Sony, se llevó a cabo un análisis de posibilidades. El principal problema encontrado para las videocámaras Sony fue que las cámaras con mejor valoración a la sensibilidad de la luz habían sido retiradas de mercado, y aquellas más nuevas todavía no disponían de una carcaca que permitiera sumergirlas a gran profundidad. Además, el tamaño de estas era superior al de las cámaras de acción, al igual que mucho más pesadas, dificultando su instalación en las redes de pesca de arrastre. Por último., también se valoró el coste de estas cámaras, ya que para poder estudiar bien el comportamiento de los delfines en las redes de arrastre del norte de Cataluña se pretendía instalar más de una cámara en las redes, para poder detectar puntos calientes en la red. La diferencia de coste entre las cámaras de acción disponibles actualmente en el mercado y las videocámaras Sony y otras marcas era muy notable. Así, se descartó este tipo de cámara submarina y se procedió a analizar las cámaras de acción.

Tras analizar las opciones presentes a día de hoy, y las utilizadas en otros proyectos del mismo estilo se eligieron dos marcas de cámaras submarinas, por un lado, la cámara GoPro Hero10 y por el otro la Paralenz Vaquita - Paralenz de aquí en adelante - (Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14).



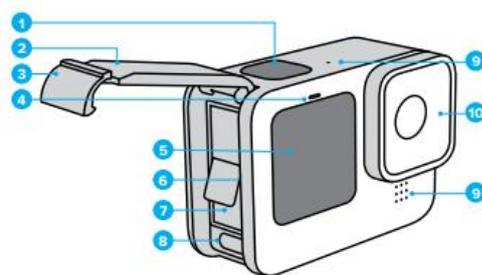
Figura 11 Cámaras utilizadas para estudiar el comportamiento submarino del delfín mular en las redes de arrastre en el marco del proyecto COSTtERA.

Ambas tienen prestaciones parecidas, con alta sensibilidad a la poca luz, pequeñas, ligeras, operadas sin cable, una batería de duración de unas 2,5h (en la Tabla 2 se realiza una comparación de las prestaciones), buen precio y buenas referencias.

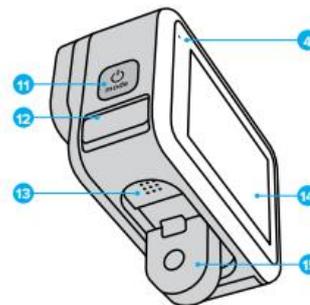
Aunque al analizar las especificaciones, la cámara Paralenz parecía tener unas prestaciones muy buenas (alta sensibilidad, corrección de color, sumergible a 350m sin necesidad de carcasa, tamaño pequeño), el ángulo de la lente podía ser una limitación ya que era menor al resto de cámaras. Además, esta cámara ofrece la opción: Color Controlado por Profundidad (DCC por sus siglas en inglés), un filtro digital dinámico que ajusta automáticamente los colores de su metraje a la profundidad y el color del agua. El DCC analiza las condiciones de ese momento y se adapta a estas.

Pero al tener un ángulo menor que las GoPro, y no tener tantas referencias se eligió combinar cámaras GoPro y Paralenz. La GoPro Hero 10 presentaba buenas prestaciones, precio asequible, y un gran angular, así como la disponibilidad de varias marcas de carcasas para ser sumergible a profundidades de hasta 250m. Dada la zona de trabajo de los pescadores colaboradores en este proyecto (entre los 100-150 metros) fue necesario adquirir una carcasa T-Housing que permite sumergir una GoPro a 250m de profundidad.

Pero al tener un ángulo menor que las GoPro, y no tener tantas referencias se eligió combinar cámaras GoPro y Paralenz. La GoPro Hero 10 presentaba buenas prestaciones, precio asequible, y un gran angular, así como la disponibilidad de varias marcas de carcasas para ser sumergible a profundidades de hasta 250m. Dada la zona de trabajo de los pescadores colaboradores en este proyecto (entre los 100-150 metros) fue necesario adquirir una carcasa T-Housing que permite sumergir una GoPro a 250m de profundidad.



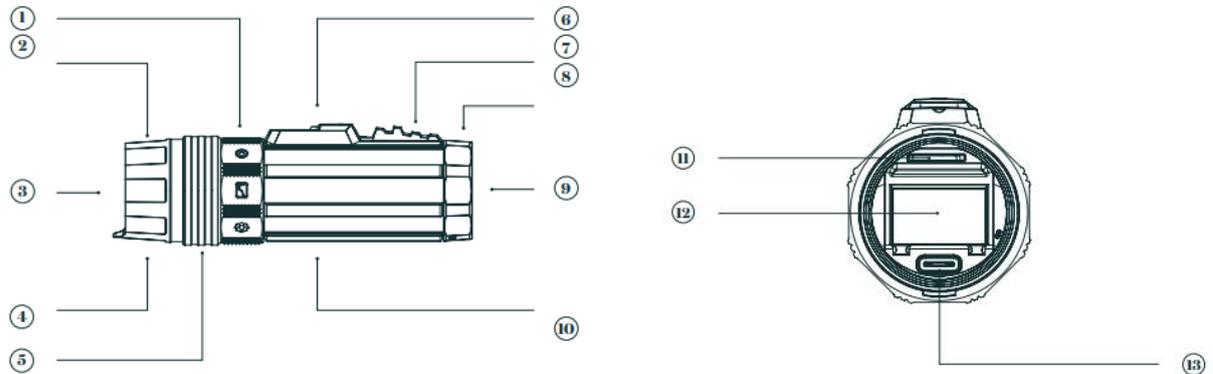
- 1. Botón Obturador
- 2. Puerta
- 3. Pestillo de la puerta
- 4. Luz de estado
- 5. Pantalla frontal
- 6. Ranura para tarjeta microSD
- 7. Batería
- 8. Puerto USB-C
- 9. Micrófono
- 10. Lente extraíble



- 11. Botón Modo
- 12. Micrófono de drenaje (diseñado para drenar el agua. No se trata de una puerta o un pestillo. No intentes abrirlo).
- 13. Altavoz
- 14. Pantalla táctil
- 15. Adaptadores plegables

Figura 12 Características físicas GoPro HERO 10.

## Paralenz Vaquita



- |                              |                                  |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Anillo selector           | 6. Antena GPS                    | 11. ranura para tarjetas microSD |
| 2. Tapa                      | 7. Interruptor de activación     | 12. Pantalla OLED                |
| 3. Cristal trasero           | 8. Anilla de bloqueo de la lente | 13. Puerto USB-C                 |
| 4. Ojal                      | 9. Cristal delantero             |                                  |
| 5. Anilla de conexión rápida | 10. Cuerpo de la cámara          |                                  |

Figura 13 Características físicas Paralenz Vaquita.



Figura 14 Muestra del material necesario para cada embarque (Cámaras GoPro Hero 10, Paralenz Vaquita, esponjas para elevar las cámaras Paralenz, y cables de carga.

En la Tabla 2 se muestran las características de las cámaras seleccionadas.

	<b>GOPRO 10 + Carcasa T-Housing</b>	<b>PARALENZ VAQUITA</b>
<b>Profundidad máxima</b>	250 m	350 m
<b>Duración batería</b>	2h – 2,5h	2,5h
<b>Lens FOV</b>	Modo Superview: D138° H113° V86°	D108° H90° V59°
<b>Peso</b>	153 g (Gopro) + 360 g (Carcasa)	240 g
<b>Dimensiones</b>	71 x 55 x 33.6mm	128 x 40 x 43mm
<b>Calidad Imágenes</b>	1080-30fps (Hasta 5.3K, 60fps, 4K120 fps + 2.7K 240fps)	1080-30fps (hasta 4K – 60fps)
<b>Sensor CMOS</b>	1/2.3"	1/1.8"
<b>ISO</b>	100-6400	
<b>Correcciones de color</b>	-	Automatic Depth-Controlled Color Correction
<b>Registro de parámetros ambientales y otros</b>	-	Presión, temperatura, conductividad, profundidad y posición GPS
<b>Batería extraíble</b>	Si	No

Tabla 2 Tabla comparativa de las características de la GoPro Hero 10 y la cámara Paralenz Vaquita.

Ambas cámaras disponen de aplicación para móvil que utiliza la conexión Wi-Fi que genera la misma cámara, para la transmisión y visualización de las imágenes, así como actualizar el software de estas.

## 5.3.4.1. Protocolo instalación de las cámaras

### 5.3.4.1.1. Instalación cámaras

Las cámaras se han instalado cuando las operaciones de pesca se han realizado entre los 50m y los 120 m de profundidad, para garantizar mínimas condiciones de luz para las cámaras.

Las cámaras se fijaron en diferentes posiciones de la red para intentar detectar los delfines en cualquier posición de esta (Figura 15):

- En el interior de la boca de la red enfocando hacia dentro (detrás de la relinga superior)
- En el interior de la boca de la red enfocando hacia fuera (detrás de la relinga superior)
- En la parte superior de la boca de la red enfocando hacia delante
- En el interior de la red a medio arte enfocando hacia delante
- Al inicio del copo enfocando hacia atrás
- A 1 metro del final del copo enfocando hacia atrás
- En la mitad de la red en la parte superior enfocando hacia delante y hacia atrás
- En los laterales de la red enfocando hacia atrás
- En la relinga de la red enfocando hacia atrás

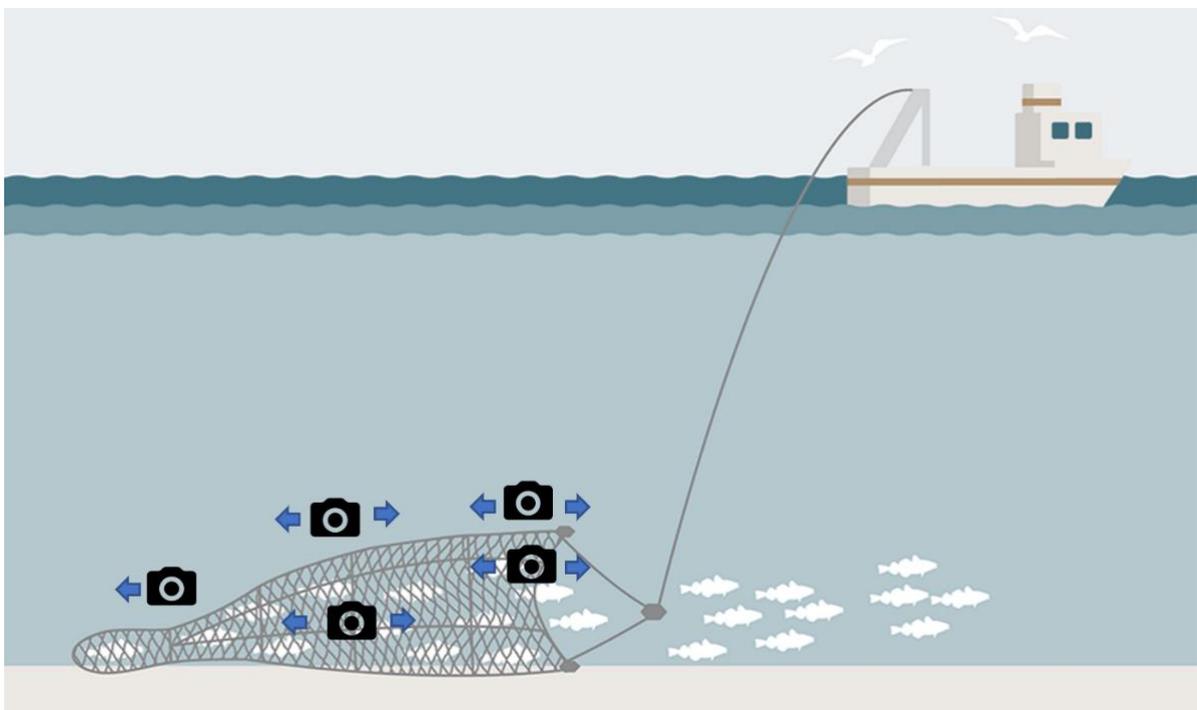


Figura 15 Posiciones de las diferentes cámaras instaladas en las redes de arrastre durante el proyecto COSTtERA. La flechas indican la orientación de la cámara.

Las cámaras fueron fijadas directamente sobre la red con bridas de 5 y 8mm, en el caso de las GoPro con la carcasa T-Housing se adjuntaron a una pletina para poder realizar a fijación de una manera más sencilla y asegurar estabilidad. Las Paralenz fueron fijadas sobre la red

con una pequeña espuma elevadora para dar un mejor ángulo a la imagen obtenida (Figura 16).



Figura 16 Izquierda: Carcasa T-Housing para GoPro Hero 10 montada sobre una pletina y elevada con un cilindro de madera. Derecha: Cámara Paralenz Vaquita con espuma para elevar la parte anterior de la cámara y ganar ángulo. La brida colocada en el anillo de la cámara se coge a la red como brida de seguridad, si por la presión se escapa la espuma la cámara queda libre de la red solo cogida por esta brida de seguridad.

Para cada vuelo se instalaron entre 3 y 5 cámaras, dependiendo de la embarcación y las condiciones meteorológicas, ya que la instalación y desinstalación de estas requería entre 5-10 minutos de retraso en las operaciones de la embarcación. Para cada vuelo se debían colocar las cámaras en las diferentes posiciones de la red y fijarlas (Figura 17 y Figura 18). Al recoger la red, las cámaras Paralenz eran desenganchadas de la red y reemplazadas por cámaras cargadas (ya que la batería no es extraíble) y las cámaras GoPro eran extraídas de las carcasas, para proceder al cambio de batería y reprogramación de la grabación.



Figura 17 Cámaras colocadas en la red de pesca, en diferentes posiciones. Izquierda: Gopro Hero 10 en carcasa T-Housing en el lateral interno de la red. Derecha: Paralenz Vaquita colocada en el exterior de copo de la red.

Las cámaras Paralenz no permiten programar su filmación, de manera que después de colocarlas las cámaras eran activadas, grabando siempre el inicio del vuelo de arrastre y dada sus 2,5h de duración de batería en pocas ocasiones grabaron el vuelo entero. Las GoPro Hero 10 en cambio, permiten programar su activación, y por ello se procedía a calcular el momento adecuado para que empezaran la grabación en función de la duración del vuelo (cuando la red se encontrara arrastrando y a una profundidad adecuada para la captura de imágenes).

Las cámaras contenían tarjetas de memoria micro-sd de 128GB y 256GB para garantizar poder grabar todo el día de operación. Estas tarjetas eran extraídas al final del día, y

analizadas posteriormente con el visor VLC. Los vídeos se han visualizado segundo a segundo, evitando solamente aquellos en que las condiciones de visibilidad no eran buenas.

Las embarcaciones colaboradoras realizaban sus operaciones con normalidad, mientras se recogían datos de condiciones meteorológicas y la presencia de delfines si se trataba del caso. Las operaciones ocurrían entre los 50 y los 150m de profundidad, siendo los 50m a 110m la profundidad más adecuada para la grabación de imágenes.

Al finalizar el día, las carcasas y las cámaras eran lavadas con agua dulce, secadas y se engrasaba el o-ring para garantizar la impermeabilidad de la carcasa.



Figura 18 Pescadores e investigadora desenganchando una de las cámaras durante la recogida de la red.

#### 5.3.4.1.2. Configuración de las cámaras

##### GoPro

Las cámaras GoPro Hero 10 fueron configuradas de la siguiente manera para obtener el máximo rendimiento tanto en profundidad como en superficie (Figura 19):

- Resolución: 1080
- Fps: 30
- Lente: Gran angular/Superview
- HyperSmooth: Alta
- Captura programada (se programó para cada caso)
- Duración: Sin límite
- HindSight: Desactivado
- Temporizador: Descativado



- Zoom 1x
- Tasa de bits: Estándar
- Obturador: Auto
- Comp VE +1
- Balance Blancos: Auto
- ISO min:100
- ISO máx.: 6400
- Nitidez: Medio
- Color Plano
- Audio RAW: Desactivado
- Viento: Auto

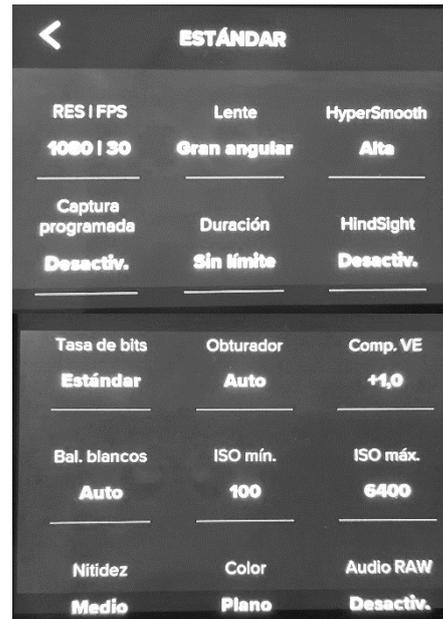


Figura 19 Captura de pantalla de la configuración de las cámaras GoPro Hero 10.

## Paralenz

Esta cámara permite realizar una configuración menos ajustada, ofreciendo menos opciones, pero las suficientes para obtener la misma o mejor calidad de imagen que con las GoPro Hero 10. Todas las opciones son configurables desde la misma cámara sin necesidad de la aplicación para su modificación.

- Resolución: 1080
- Fps: 30
- ISO: 6400
- DCC : On
- Localización: Apagada

### 5.3.5. Análisis de datos de los vídeos submarinos

El visualizado de los vídeos se ha llevado a cabo con el visor VLC, acelerando su reproducción al doble para agilizar las horas de visualización.

Para cada vídeo, se han registrado en una base de datos la presencia de sonidos emitidos por los delfines y la presencia o ausencia de delfines en las imágenes.

Durante las imágenes donde aparecen delfines se han registrado aquellos eventos de comportamiento que se han observado (movimiento brusco de cabeza, escaneo, captura de presa, natación rápida, natación estática, etc.) y englobado en estados de comportamiento (viaje, viaje cruzado, alimentación, socialización y otros). Se ha diferenciado el viaje cruzado, porque consiste en el desplazamiento lateral del delfín de un lado a otro de la red sin un rumbo fijo. En la Tabla 3 se pueden observar las descripciones de cada evento identificado durante la observación de los vídeos.

Estado	Evento	Descripción
<b>Viaje</b>	Natación activa	El individuo nada activamente con un rumbo fijo
	Natación pasiva	El individuo se deja caer
	Natación lateral	El individuo nada sobre un costado
	Natación invertida	El individuo nada boca arriba
	Natación tirabuzón	El individuo nada dando vueltas sobre sí mismo
	Natación superficie	El individuo nada hacia la superficie
	Trampolining	El animal se desplaza rozándose sobre la red cada 2 segundos aproximadamente
<b>Viaje cruzado</b>	Natación cruzada	El individuo nada de un lado a otro de la red, sin un rumbo directo.
<b>Alimentación</b>	Búsqueda (escaneo con la cabeza)	Movimiento de la cabeza de lado a lado
	Búsqueda (invertido)	Desplazamiento lento con la parte ventral hacia arriba o el lateral, con la parte dorsal contra la red
	Búsqueda (movimiento brusco cabeza)	Movimiento rápido de la cabeza de un lado a otro con captura de pez
	Búsqueda (natación estática)	Se mantiene en la misma posición, sin avanzar ni retroceder
	Búsqueda (natación lateral)	Se desplaza sobre un lateral



	Búsqueda (no determinado)	(no	Comportamiento asociado con la búsqueda, no descrito anteriormente
	Captura presa		Captura de la presa
<b>Socialización</b>	Interacción entre individuos		Los individuos nada conjuntamente y se persiguen o interactúan entre ellos físicamente
	Rascarse con la red		El individuo roza la piel con la red
<b>Otros</b>	Observar red		El individuo observa la red (en el momento de calar o recoger la red)

Tabla 3 Etograma que define los estados de comportamiento y los eventos de comportamiento submarino registrados en este estudio

Estos comportamientos se han clasificado por posición de la cámara en la red (copo, medio, lateral, boca e interior) para poder identificar los puntos calientes donde son más comunes los comportamientos relacionados con la alimentación u otro comportamiento. De la misma manera se ha registrado la dirección del delfín o delfines durante cada evento (hacia la garganta/inicio de la red o hacia el copo/final de esta).

### 5.3.6. Permiso de trabajo

Los embarques de las investigadoras para el trabajo de campo realizado en el marco del proyecto COSTtERA a bordo de las embarcaciones Galandu, Roca Forne y Nova Armonía se ha realizado con los permisos pertinentes (Anejo XI).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. SEGUIMIENTO POBLACIÓN DELFÍN MULAR

#### 6.1.1. Esfuerzo efectivo

Se realizaron 29 salidas repartidas desde enero del 2022 a setiembre del 2022, ambos incluidos, aunque la mayoría de las salidas se realizaron durante los meses de primavera-verano (junio y julio) debido a las condiciones meteorológicas más favorables. La Figura 20 muestra el resumen del esfuerzo realizado durante el estudio.

Área	Tamaño de área (km <sup>2</sup> )	Días	Esfuerzo efectivo (km)	Total km navegados
<b>COSTtERA</b>	<b>2144</b>	<b>29</b>	<b>1921.11</b>	<b>3116.91</b>

Tabla 4 Resumen del esfuerzo efectivo realizado durante el Proyecto COSTtERA

La Figura 20a muestra los transectos de esfuerzo efectivo realizado en total y la Figura 20b la distribución del esfuerzo por área. Se observa que el esfuerzo se reparte homogéneamente por toda el área, exceptuando la zona de la costa más próxima a Cadaqués y alrededores, donde se concentra más cantidad de esfuerzo, debido a que es el punto de salida de la embarcación y también el sitio de paso entre la zona Norte y Sud del área, que se llegan a muestrear varias veces en un día.

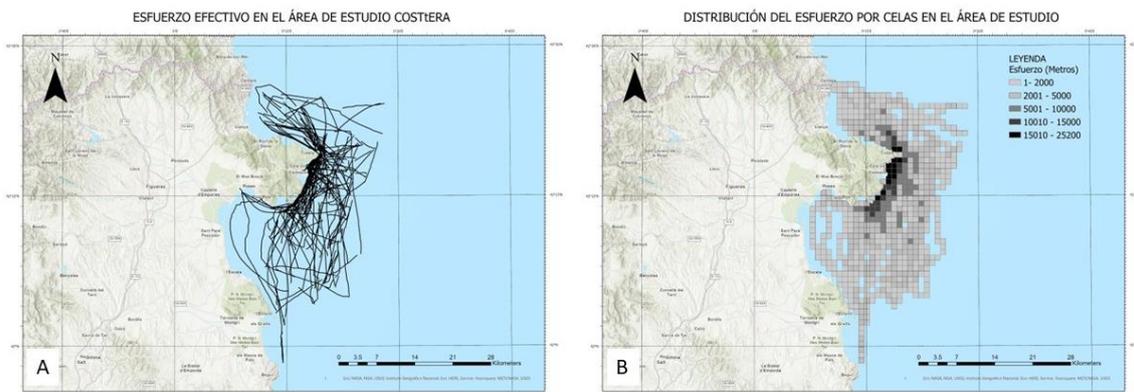


Figura 20 Esfuerzo realizado durante el Proyecto COSTtERA: A: Transectos de esfuerzo efectivo total realizado en el área de estudio. B: Distribución del esfuerzo efectivo por celdas de 1km x 1km.

## 6.1.2. Avistamientos

En total se realizaron 42 avistamientos de delfines mulares (Anejo\_VIII\_Avistamientos), repartidos por toda la zona de estudio. Tal y como se observa en la Figura 21A, la mayoría de los avistamientos se realizaron por debajo de los 200 metros de profundidad (línea roja). También se puede observar que el tamaño de grupo de los delfines mulares es mayor en la zona norte y disminuye a medida que estos ocurren más al sud. En la Figura 21B se observa que las densidades son también mayores en la zona norte que en la zona de la bahía de Roses. En la Tabla 5 se resumen la estadística de los avistamientos realizados durante el estudio.

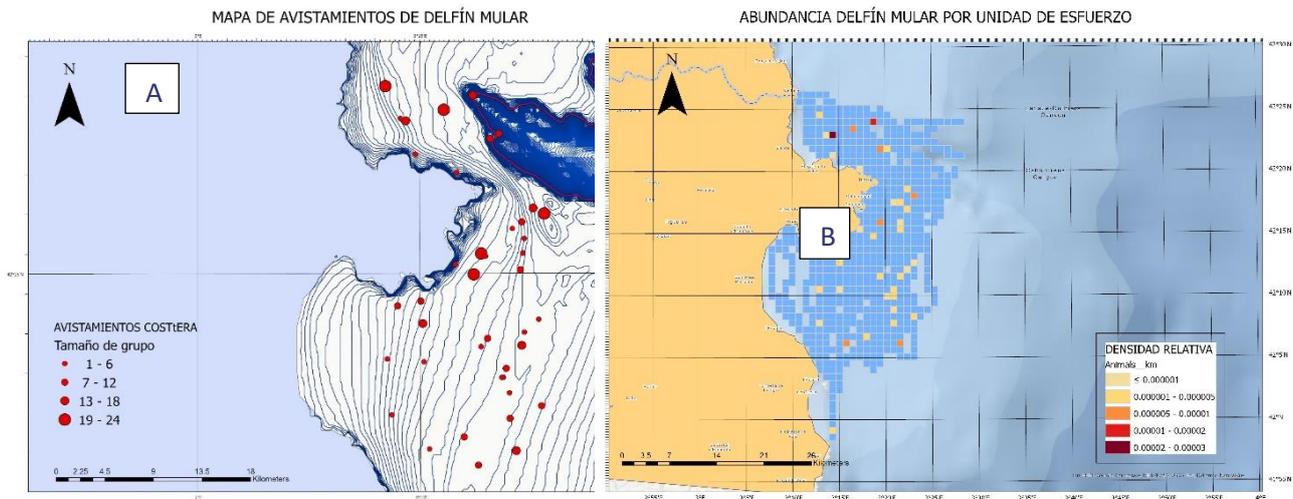


Figura 21 A: Mapa de avistamientos clasificados según el tamaño de grupo. La línea de color rojo corresponde a la batimetría de 200m. B Abundancia de delfines mulares en la zona de estudio por unidad de esfuerzo, dividida en celdas de 1km x 1km.

Tasa de encuentro (Avistamiento/km esfuerzo)	Densidad por unidad de esfuerzo (Animales/Km)	Tamaño de grupo	Asociación pesquero	Porcentaje de avist con cría
0.02186	Media 0.0000035, SD=0.0000042	Media 8.5, SD=6.8	85.71 %	40.47 %

Tabla 5 Estadística de los avistamientos realizados durante el proyecto

## 6.1.3. Tamaño de grupo

En referencia a la influencia de la localización de los avistamientos sobre el tamaño de grupo durante la campaña 2022 (COSTtERA) se observa en el mapa (Figura 21a) que el tamaño de grupo es mayor en la zona norte. Sin embargo, el resultado del test estadístico indica que no existen diferencias significativas entre la zona norte y la zona sud para los avistamientos realizados durante el proyecto (Mann-Whitney U test:  $W = 242.5$ ,  $p\text{-value} = 0.144$ ), por lo que no se puede verificar una relación entre la distribución y el tamaño de grupo. No obstante, la representación en diagrama de cajas (Figura 22) muestra que los valores medios del

tamaño de grupo son mayores para la zona norte y que el rango de número de individuos que forman los grupos es también más amplio en la zona norte que en la sud.

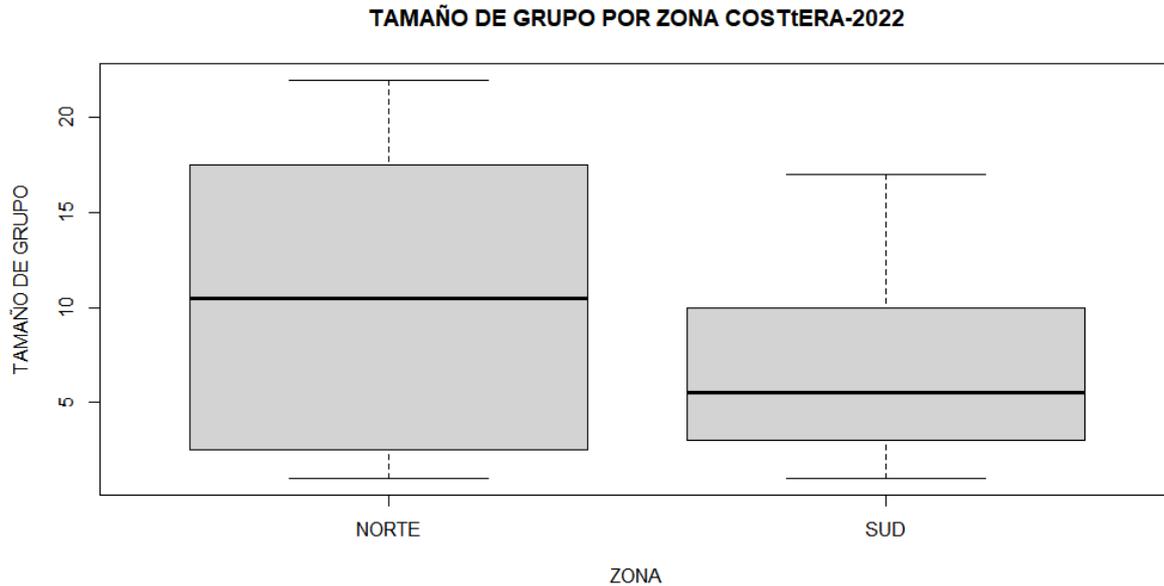


Figura 22: Diagrama de caja del tamaño de grupo en relación con la zona norte y zona sud.

#### 6.1.4. Presencia de crías

Aunque es común observar los grupos de delfines con crías durante todo el año, en la Figura 23, se observa que la mayoría de los avistamientos con crías durante el año 2022 se han dado durante los meses cálidos (junio a setiembre), alcanzando casi el 60% de los avistamientos realizados con presencia de crías, en el mes de julio.

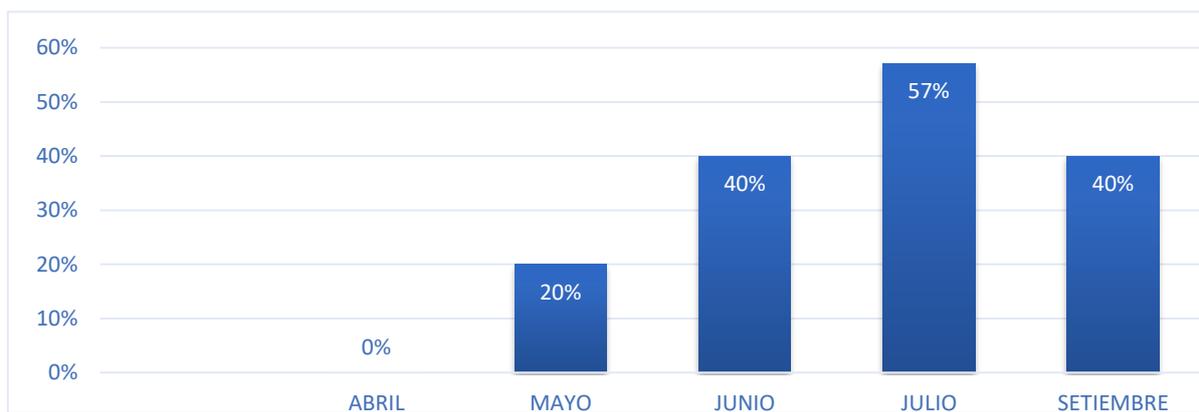


Figura 23 : Porcentaje de avistamiento con crías avistamientos COSTTera

Se analizaron también los grupos de delfines en los que se observan crías (n=120) a lo largo de los años (2017-2022) y coincidiendo con los resultados de este proyecto también, se determina que la presencia de crías es porcentualmente mayor los meses cálidos, siendo los meses de verano los de mayor presencia de grupos con crías (Figura 24 ).

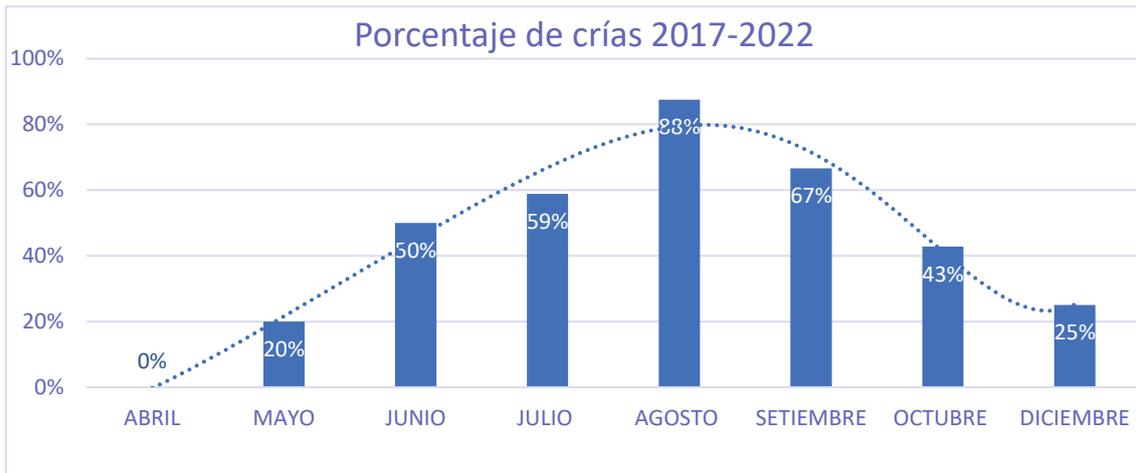


Figura 24: Diagrama de barras que muestra el porcentaje de avistamientos con crías. Datos 2017-2022.

### 6.1.5. Comparación con años anteriores

Durante el análisis de los datos se ha querido comparar también con los datos obtenidos en otros años. La Figura 25 muestra la densidad relativa de animales por unidad de esfuerzo en el periodo 2017-2022. Se observa que la especie se distribuye homogéneamente alrededor del Cabo de Creus con densidades medias/altas. En los extremos las densidades son mayores, lo que puede deberse a una menor cantidad de esfuerzo.

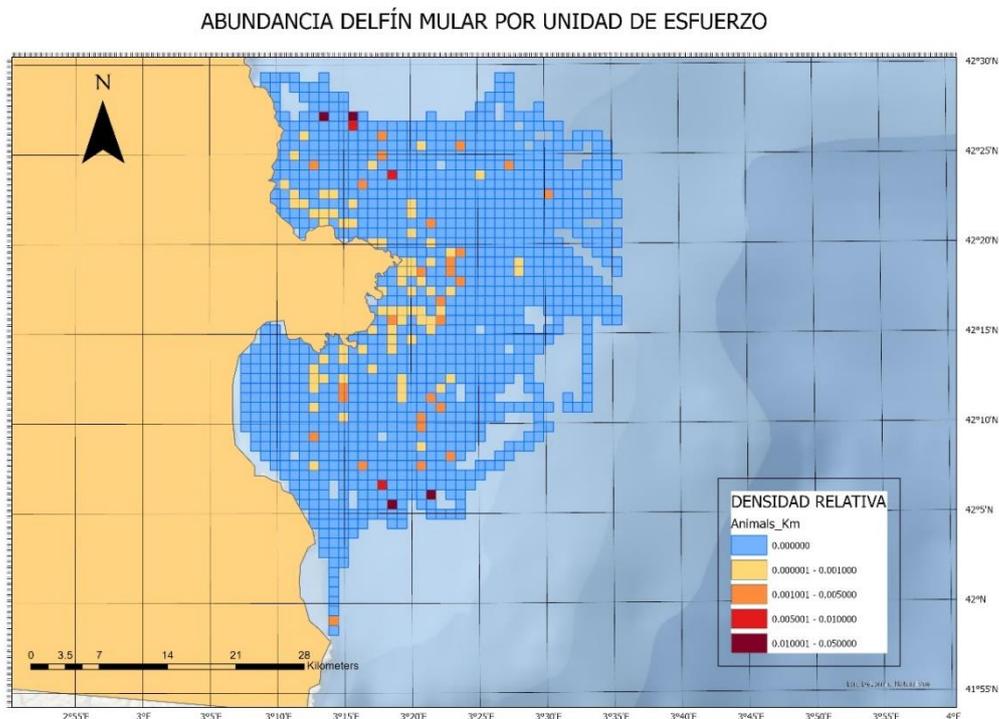


Figura 25: Abundancia relativa (individuos/Kilometro) de delfines mulares en la zona de estudio por unidad de esfuerzo, dividida en celdas de 1km x 1km durante el periodo 2017-2022.

En la Tabla 6 se resume la estadística de los avistamientos realizados durante todo el periodo de estudio (2017-2022).

Tasa de encuentro (Avistamiento/km esfuerzo)	Densidad por unidad de esfuerzo (Animales/Km)	Tamaño de grupo	Asociación pesquero	Porcentaje de avist con cría
0.0148	Media 0.00016, SD= 0.00147	Media 9.15, SD=4.2	70 %	44 %

Tabla 6 Estadística de los avistamientos realizados en el periodo 2017-2022

A continuación, en la Tabla 7 se resume la comparativa de resultados del análisis de los datos del 2022 con años anteriores. Tal y como se observa existe un incremento de la asociación de la población de delfín mular con la pesca de arrastre desde el 2018, siendo el 2022 el año con mayor porcentaje de los avistamientos relacionados con alimentación en las redes (86%). Por otra parte, se observa un descenso en el tamaño de grupo respecto a los años 2018 y 2019 para los que la toma de datos fue en épocas similares. La tasa de encuentro, al contrario que el tamaño de grupo es mayor para las dos últimas anualidades, lo que significa que se avistan más grupos de delfines, pero más pequeños, por lo que se deduce que los grupos están más dispersos y distribuidos por la zona, es decir, se avistan más grupos de delfines, pero de menos animales.

DATOS	2017	2018	2019	2020/21	2022
<b>N° avistamientos</b>	12	33	21	11	42
<b>N° individuos observados</b>	94	351	248	77	358
<b>Tamaño de grupo (Media individuos/grupo)</b>	7.83	10.62	11.80	7	8.52
<b>Asociados con embarcaciones de pesca</b>	75%	52%	57%	82%	86%
<b>Tasa encuentro (avist/km*100)</b>	0.686	1.152	1.176	2.216	2.186

Tabla 7 Comparación de los datos de avistamiento con otros años

La Figura 26 muestra la evolución de la tasa de encuentro en relación a la asociación de los avistamientos con barcos arrastreros. Se observa como esta aumenta proporcionalmente hasta que dicha asociación llega al punto máximo, en el que es difícil crecer más y la tasa de encuentro se estabiliza entonces. Se podrá ver en los siguientes años si esta tasa se ha estabilizado o si por el contrario presenta modificaciones.

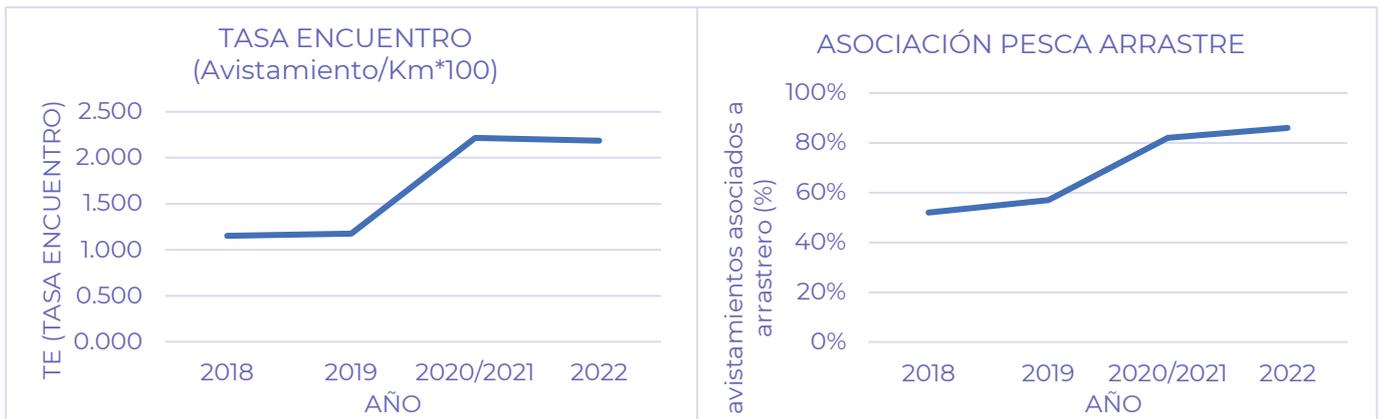


Figura 26 : Izquierda: Tasa de encuentro y derecha: porcentaje de los avistamientos asociados a alimentación en barcos de arrastre.

### 6.1.6. Tamaño de grupo

Los resultados para la diferencia entre tamaño de grupo en presencia de arrastreros (CPA) o sin arrastreros (SPA) no dio un resultado significativo (Kruskal-Wallis  $n=108$ ; chi-squared = 0.21391,  $df = 1$ ,  $p$ -value = 0.6437), por lo que la hipótesis establecida no pudo verificarse.

Cuando analizamos si existen diferencias entre el tamaño de grupo y la localización de los avistamientos (Zona Norte/Zona Sud) para todos los datos recogidos desde el 2017, éstas tampoco presentan diferencias significativas (Mann-Whitney U test  $W = 1877$ ,  $p$ -value = 0.6793) igual que para los datos del presente estudio.

La comparación entre el tamaño de grupo para las diferentes anualidades (2017-2022) tampoco mostró diferencias significativas (Kruskal-Wallis,  $\chi^2 = 2.0131$ ,  $df = 4$ ,  $p$ -value = 0.7334) (Figura 27) por lo que no se puede verificar un relación entre la distribución de los avistamientos y el tamaño de grupo.

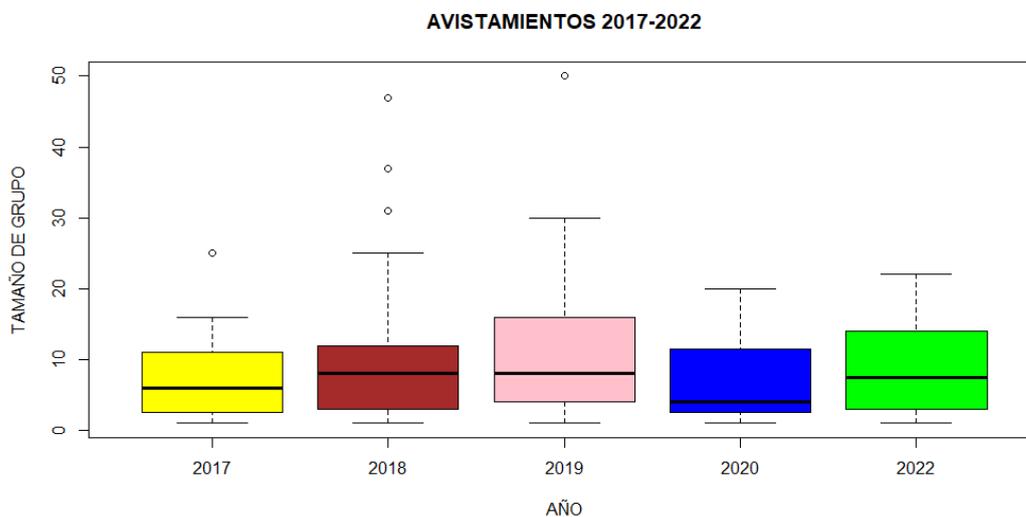


Figura 27 : Diagrama de caja donde se muestra que no existen diferencias significativas entre el tamaño de grupo para los diferentes años. Barra central: Mediana de los tamaños de grupo; caja: rango de intercuartil; rallas laterales : mínimo y máximo no atípicos; círculos: valores atípicos)

Al analizar si el tamaño de grupo variaba según la estación, el resultado también fue estadísticamente negativo (Kruskal-Wallis chi-squared = 0.41092, df = 2, p-value = 0.8143).

### 6.1.7. Análisis de épocas de veda

En la Figura 28, se observa que la distancia a la que se encuentran los grupos de delfines a la batimetría de los 50 metros es mayor durante los meses en que existe una veda. Es decir, en cuanto se levanta la veda y por lo tanto la prohibición de pescar entre 50 y 70 metros, a partir del mes de setiembre, los avistamientos parece que se concentran más en las cercanías de la batimetría de 50 metros, puesto que algunas de las embarcaciones se acercan más a costa. Sin embargo, no parecen existir diferencias significativas entre la época de veda y la de no veda en la distribución de los avistamientos (Mann-Whitney U test: n=120, W = 1506, p-value = 0.1661)

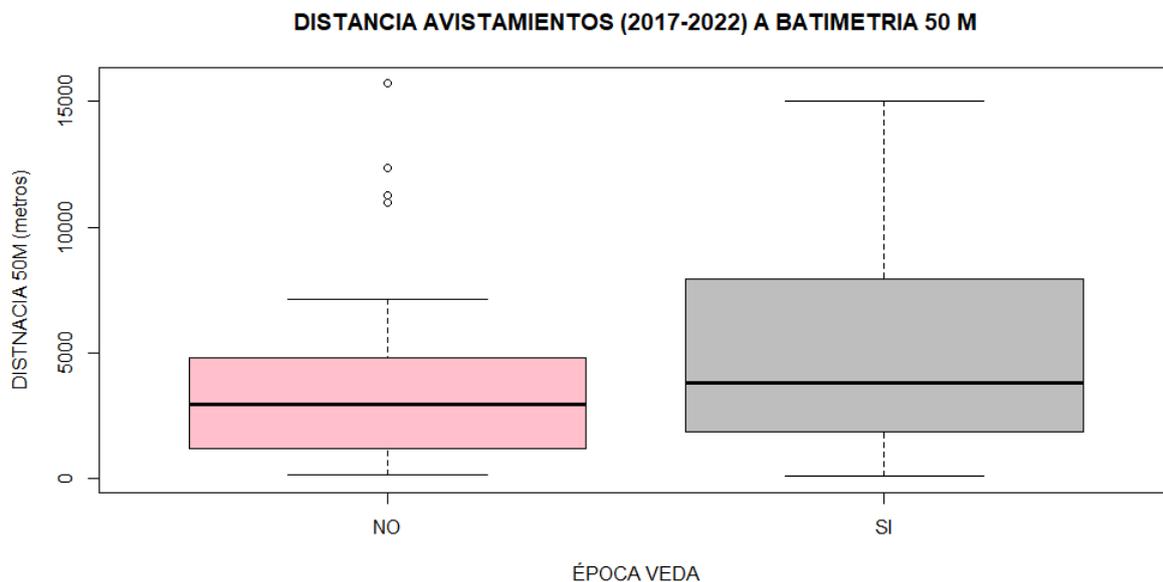


Figura 28: Diagrama de caja de la distancia a la línea de batimetría de 50m de los avistamientos realizados desde el 2017 según sea época de veda: Izquierda (NO VEDA), derecha (SI-VEDA). Barra central: Mediana de las distancias; caja: rango de intercuartil; rallas laterales: mínimo y máximo no atípicos; círculos: valores atípicos)



## 6.1.8. Foto-identificación

Durante las 29 salidas se obtuvieron 29994 fotografías, de las cuales se seleccionaron el 12% y se procesaron para foto-identificación el 6.3%.

Se han podido identificar durante el proyecto COSTtERA, 228 nuevos individuos, de los cuales 43 han sido observados en una o varias ocasiones. Algunos individuos han sido observados hasta 5 veces durante toda la campaña. Se ha podido realizar el catálogo de foto-identificación del 2022, que se puede consultar en el Anejo\_VII\_Catálogo\_fotold.

Hasta el momento se han recapturado 40 individuos con otras anualidades anteriores, de los cuales 4 individuos fueron vistos ya en 2017 juntos en un mismo grupo.

La Figura 29 muestra el gráfico de los nuevos individuos marcados acumulados desde el 2017, basado en el catálogo lateral derecho/izquierdo, muestran todavía una tendencia creciente, lo que sugiere que no todos los individuos que usan el área han sido capturados.

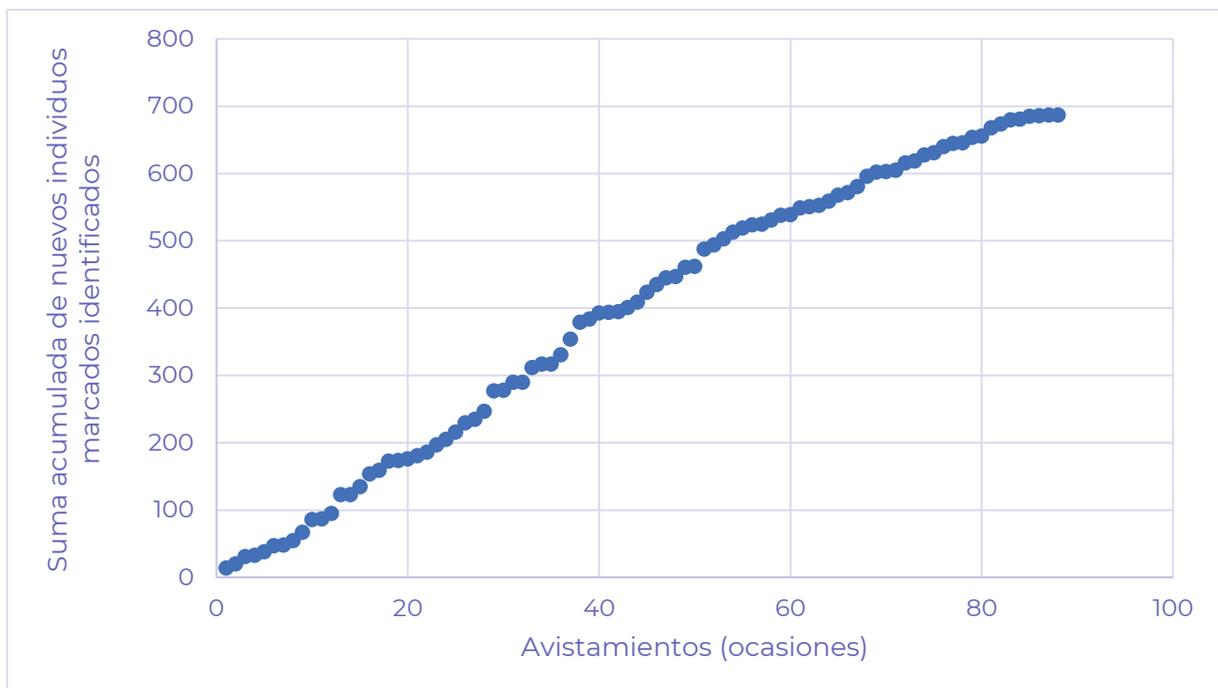


Figura 29: Gráfico de la suma acumulada de los nuevos individuos foto-identificados en relación a las ocasiones de avistamientos.

## 6.2. COMPORTAMIENTO EN SUPERFICIE

En total se han realizado más de 300 registros de comportamiento, se han revisado más de 220 min de vídeos de comportamiento superficial y se han registrado más de 80 respiraciones a lo largo de los 42 avistamientos realizados durante el proyecto.

Primero de todo cabe destacar el alto porcentaje de avistamientos con interacción delfines-arrastreros, siendo este del 86%. Asimismo, en la gran mayoría de estos avistamientos con interacción delfines-arrastreros ellos, 86%, se ha descrito un comportamiento de alimentación.

Al analizar los datos recopilados mediante los estadillos y vídeos ciertos patrones de comportamiento han sido detectados. El primero de ellos tiene relación con la actividad del arrastrero y la disposición del grupo de delfines. Durante la gran mayoría de avistamientos donde la embarcación de pesca se encontraba arrastrando, se ha detectado que en el 90% de los casos los delfines se encontraban dispersos detrás del pesquero. Sin embargo, en el momento que la embarcación cambiaba de actividad y empezaba a recoger la red, en el 94% de los comportamientos registrados durante este tipo de actividad, los delfines se agrupaban (Figura 30).

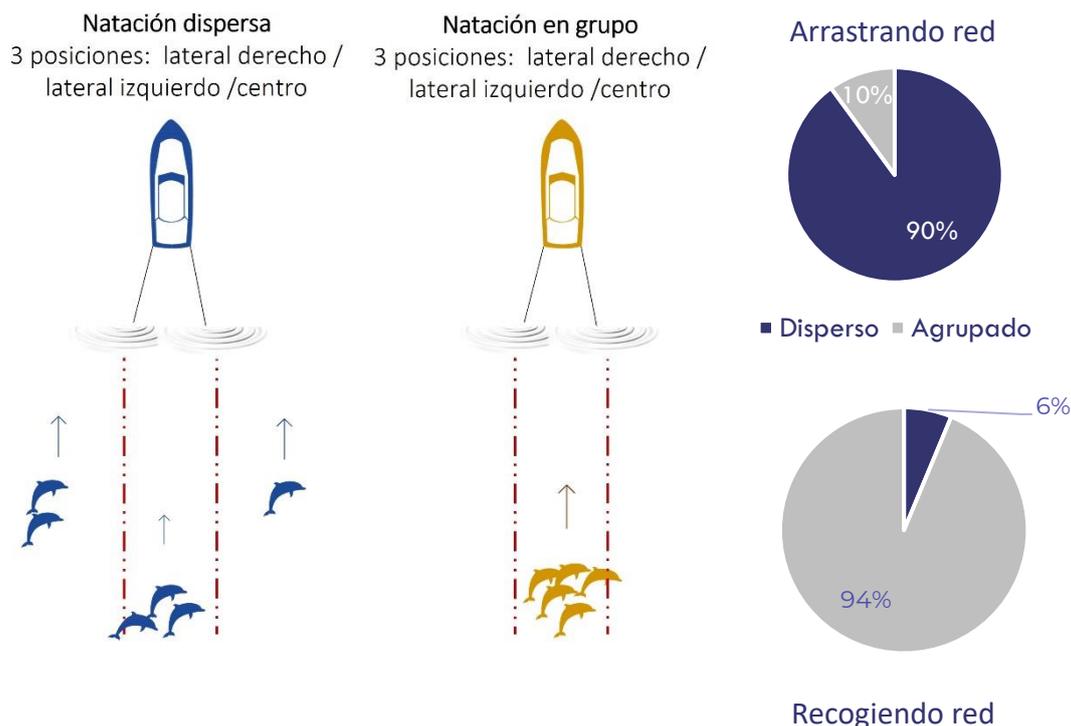


Figura 30 Representación de los patrones de distribución detectados detrás de los pesqueros arrastrando. Gráficos del porcentaje de cada tipo de grupo observado durante el arrastre (arriba) y al recoger la red (abajo).

Además, hay que destacar también una práctica habitual detectada cuando la embarcación paraba de arrastrar para iniciar la recogida de la red. Cerca de un tercio (29%) de los comportamientos registrados, uno o más delfines realizaban golpes de aleta.

Durante los comportamientos recopilados es importante también subrayar que el evento o acción mayormente realizada por el grupo de delfines o delfín eran los saltos. Concretamente, en casi el 45% (44,68%) de los comportamientos descritos con asociación de pesqueros se observaba como mínimo un salto. Particularmente, la mayoría de estos

saltos eran realizados por crías o juveniles que se encontraban en el grupo, por ello, en el 66.6% de los comportamientos con salto había presencia crías en el grupo.

En cuanto a las respiraciones, considerando solamente aquellas que se dieron durante asociación delfines-pesquero, la inmersión máxima detectada para un individuo en concreto fue de 6 minutos y 37 segundos, mientras que la mínima de 30 segundos. Teniendo en cuenta las 81 registradas, el tiempo medio de inmersión del delfín mular en asociación con embarcaciones de arrastre fue de 2 minutos y 51 segundos (DE=82,37s) (Figura 31).



Figura 31 Gráfico de columnas donde se representan el máximo, la media y el mínimo de las inmersiones registradas en segundos.

### 6.3. ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO SUBMARINO

En total se han realizado 19 embarques, 13 en embarcaciones de la cofradía de Roses y 6 en la embarcación perteneciente a la cofradía de Llançà (Figura 32). En todas ellas se han instalado las cámaras, y en 16 (84%) se ha producido una interacción entre delfines y red de pesca, y en los que las cámaras grabaron delfines en algún momento siguiendo la red o captaron sonidos emitidos por los delfines, clics, silbidos, gemidos, entre otros.

Durante cada embarque se realizaban entre 2 o 3 vuelos de pesca. Se colocaron cámaras en 43 vuelos, los cuales tuvieron una duración media de 2h 56 minutos (desviación Estándar (DS) de 45 minutos). La duración máxima fue de 4:05 y la mínima de 1 h 47 minutos. Del total de vuelos estudiados hubo presencia de delfines siguiendo la red, y las cámaras captaron imágenes submarinas de estos en 17 (60%), ver Tabla 8 y Tabla 9.

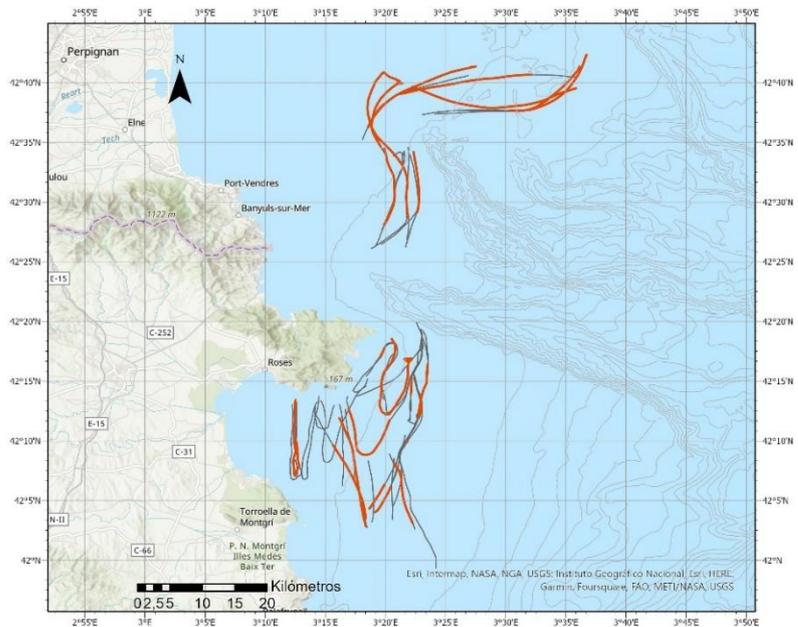


Figura 32 Mapa de los vuelos de pesca de arrastre en los que se han instalado cámaras (gris), y aquellos transectos en los que ha habido delfines presentes interaccionando con la operación pesquera (rojo).

Total embarques	Total Vuelos	Días con interacción de delfines	Vuelos con interacción de delfines	Vuelos con imágenes submarinas de delfines	%vuelos con delfines interaccionando	%vuelos con imágenes de delfines
19	43	16	26	17	60%	65%

Tabla 8 Resumen de embarques, vuelos, vuelos con delfines presentes durante este estudio y cantidad de vuelos en los que pudieron obtener imágenes de delfines interaccionando con la red de pesca.

Los delfines estuvieron presentes en 26 de los vuelos de pesca estudiados (65%), siguiendo a los barcos de pesca de arrastre en ocasiones por pocos minutos (17 minutos) y en otras durante la duración de todo el vuelo (3:47 minutos) con una media de 1h 43 minutos (DS = 63 minutos). Los delfines permanecían siguiendo al arrastrero y alimentándose en las redes de media un 46% de la duración del vuelo (DS = 32%) ver Tabla 9.

	Media	Desviación Estándar (DS)	Máximo	Mínimo
<b>Duración de los vuelos</b>	2:56	0:45	4:05	1:47
<b>Duración vuelos con presencia de delfines</b>	3:03	0:44	4:05	1:47
<b>Tiempo delfines en red</b>	1:43	1:03	3:47	0:17
<b>% Tiempo delfines en red</b>	46%	32%	100%	8%

Tabla 9 Tabla resumen de la duración de los vuelos de pesca con y sin delfines.

### 6.3.1. Calidad de las imágenes

En total se han registrado 310 horas y 8 minutos de vídeo (1647 vídeos). Aunque tanto la cámara GoPro Hero 10 como la Paralenz Vaquita han mostrado un rendimiento parecido, captando imágenes hasta los 120 m de profundidad, la profundidad máxima recomendada son los 100 m de profundidad. Ha habido varios factores que afectaban a la visibilidad y por las cuales no todas las cámaras han registrado imágenes.

- Profundidad: Algunos vuelos se realizaban en profundidades mayores a los 110m, donde las cámaras en la mayoría de las condiciones ya no podían captar luz (Figura 33).
- Tipo de fondo marino: este afectaba a la turbulencia del agua y al levantamiento de partículas que impedía que hubiera suficiente luz, o que directamente no enturbiaba la imagen.
- Condiciones meteorológicas: la nubosidad también ha tenido un efecto en la visibilidad de las cámaras, así, en días nublados la visibilidad se limitaba a profundidades menores que en días soleados.
- Tipo de red: se ha observado que en las redes más grandes la visibilidad durante el arrastre es mejor. Así, la red de la embarcación Roca Forne, que apenas tiene una abertura 1 metro por encima del fondo marino levantaba mucha más partícula que las otras redes y la visibilidad era de mala calidad en casi toda la extensión de la red, excepto en la boca, donde todavía no afectaba la partícula levantada por el plomo y vientre de la red.
- Instalación de las cámaras: la mala instalación de la cámara o el movimiento de esta durante el calado, aunque esta situación se ha dado en muy pocas ocasiones.
- Posición de la cámara en la red: las cámaras instaladas en la zona final de la red (al inicio o final del copo) fueron las cámaras con peor visibilidad. Estas no consiguieron captar imágenes debido al elevado porcentaje de materia en suspensión que no permitía captar suficiente luz. De la misma manera, las cámaras colocadas en el interior de la red cerca de la relinga del plomo tampoco pudieron captar imágenes, por el mismo motivo.

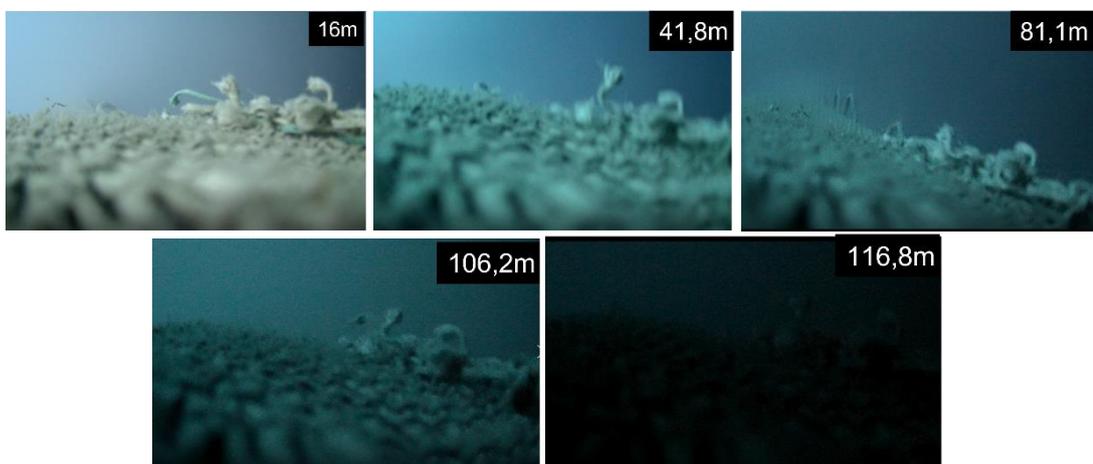


Figura 33 Evolución de la luz a medida que la cámara Paralenz Vaquita baja en profundidad (profundidad en metros).

Las cámaras con un mayor número de eventos registrados fueron las cámaras colocadas en la parte externa de la red, y en particular en el punto medio de la longitud de la red, tanto en el cielo como en los laterales. Por la tipología de red y tamaño, la embarcación las cámaras colocadas en la embarcación Nova Amornia fueron las que grabaron con mejor calidad, seguida por las colocadas en el Galandu.

La calidad de las imágenes, así como el tipo de comportamiento observado no ha permitido identificar a los delfines.

### 6.3.2. Comportamiento submarino

Los comportamientos observados en las imágenes grabadas por las cámaras submarinas han sido principalmente de alimentación, viaje y por último de interacción con la red no relacionada con alimentación. Excepto en una ocasión, todas las imágenes se han obtenido en las cámaras situadas en el exterior de la red. Aun así, la imagen grabada por las cámaras del interior de la red, el animal nada justo en la entrada de la red con solo medio cuerpo dentro. Por lo tanto, no se ha observado ningún individuo completamente en el interior de la red, o entrando o saliendo de esta. En el anejo X se adjunta una selección de vídeos con imágenes donde se pueden observar los diferentes comportamientos observados.

Se han identificado un total de 329 eventos de comportamiento y estos se han clasificado en 5 estados comportamentales definidos en el apartado 4.3.1 de este documento (Tabla 3).

De estos 329, 315 eventos se han registrado cuando la red se encontraba arrastrando (desde el momento que la red toca el fondo hasta que la embarcación se detiene y empieza a retroceder), mientras que 14 corresponden al momento de calar o recoger la red.

Mientras durante el periodo de arrastre los comportamientos principales observados han sido de viaje (46.3%) y de alimentación (52,4%), durante los periodos de calado y recogida de la red, se han observado también otros comportamientos, como el *trampolining*, el roce/juego/desparasitación con la red, y la observación de esta sin objetivo de alimentación (Figura 34).

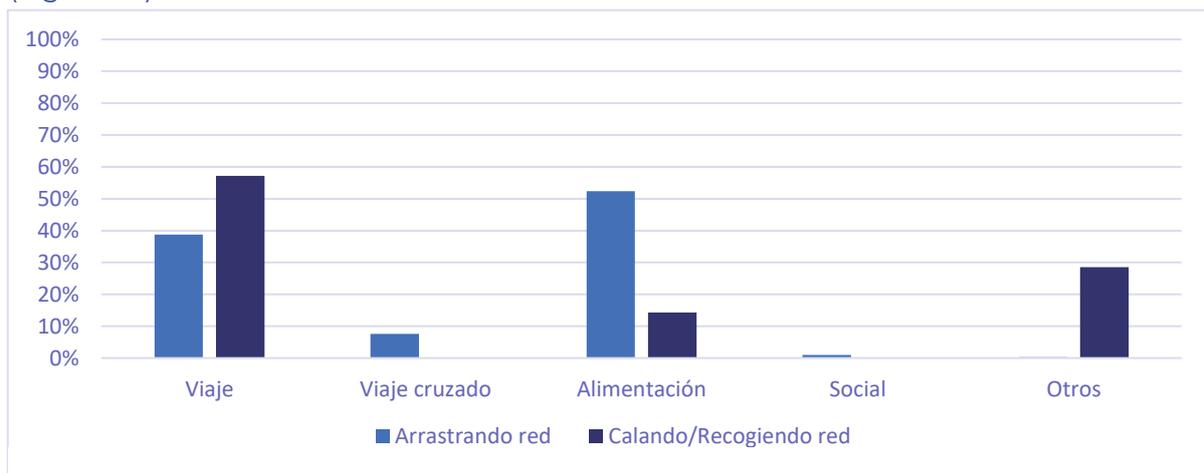


Figura 34 Distribución en porcentaje de los diferentes eventos de comportamiento observados en las imágenes captadas por las cámaras submarinas durante el Proyecto COSTtERA durante el arrastre, y durante el calado o recogida de la red.

En las imágenes los delfines se observan de forma breve, sin mantenerse en la imagen más de 1 minuto 42 segundos, ya que están en constante movimiento explorando o viajando a

lo largo de la red. Lo que no ha permitido tener al delfín suficiente tiempo para identificar al individuo.

Para 308 eventos (de los 315 registrados durante el arrastre) fue posible determinar la dirección del animal respecto a la red, obteniendo que la en la mayoría de las ocasiones el delfín se desplazaba hacia la parte inicial de la red (73.4%). Mientras que solo en un 12.7% de las ocasiones el animal se movía hacia el final de la red, estando un 97% de estos vinculado a un comportamiento de viaje y solo 3% (una ocasión) a alimentación. El 14% restante fueron eventos donde el animal se desplazaba de manera cruzada sobre la red (11%) o hacía la superficie (2.9%) - Figura 35.

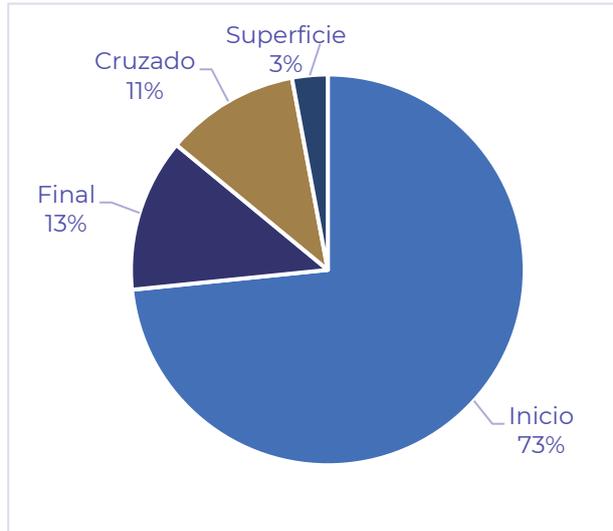


Figura 35 Distribución de la dirección del delfín o delfines observados en cada evento de comportamiento.

La mayoría de las imágenes captadas consisten en un solo individuo (Figura 36), aunque se tratara de un avistamiento de un grupo de delfines. Se han observado hasta 4 delfines nadando juntos, así como madres con crías, donde la madre se ha observado alimentándose.

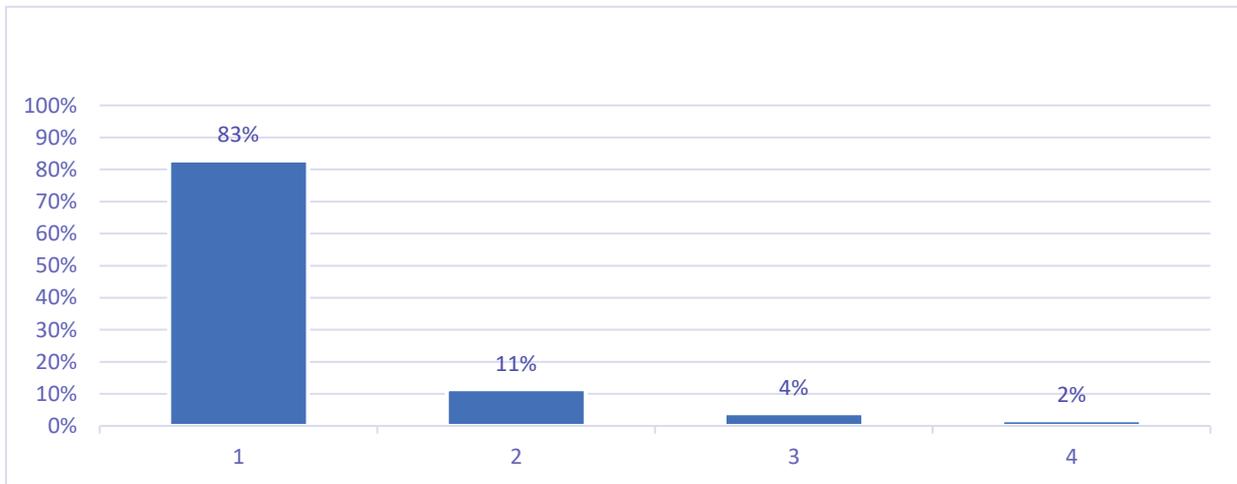


Figura 36 Porcentaje de registros de video con 1, 2, 3 o 4 delfines mulares presentes en la imagen.

En la mayoría de los casos, cuando se observa más de un delfín en las cámaras situadas en el medio de la red, cada uno recorre la red individualmente, buscando por un costado u otro, o uno detrás de otro, pero sin interactuar entre ellos. En cambio, en las cámaras colocadas en el copo y en el exterior de la boca y donde el comportamiento observado ha sido principalmente de viaje, los grupos de delfines observados nadaban juntos.

En 4 de los 19 embarques se han obtenido imágenes de una madre con una cría interactuando en la red de arrastre, en todos los casos esta interacción se ha producido en las redes de la embarcación Nova Armonia. Del total de 7 ocasiones en estos 4 embarques, en 6 se han observado los dos individuos mostrando un comportamiento de viaje, con la madre generalmente posicionada entre la red y la cría. En la ocasión restante, se observa la

madre alimentándose en un lateral de la red, mientras un individuo más pequeño la acompaña al otro costado, pero sin interactuar con la red.

### 6.3.2.1. Alimentación

El 52,4% de los eventos registrados están relacionados con la alimentación. Los comportamientos de alimentación observados han sido principalmente de búsqueda de alimento (66%), que comprende comportamientos de natación estática, escaneo con la cabeza, natación invertida y natación lateral. Un 33% han sido eventos de alimentación, que incluyen aquellos comportamientos donde se puede observar la extracción de la presa y aquellos donde no se aprecia la presa, pero el delfín realiza un golpe de cabeza lateral, como un tirón (movimiento brusco cabeza).

En la Tabla 10 se pueden observar los comportamientos relacionados con la alimentación observados durante las grabaciones. Siendo el escaneo el más común (24.2%).

Comportamiento	Eventos registrados	Porcentaje
<b>Búsqueda (escaneo con la cabeza)</b>	40	24.2%
<b>Búsqueda (invertido)</b>	31	18.8%
<b>Búsqueda (movimiento brusco cabeza)</b>	31	18.8%
<b>Captura presa</b>	24	14.5%
<b>Búsqueda (natación estática)</b>	19	11.5%
<b>Búsqueda (no determinado)</b>	10	6.1%
<b>Búsqueda (natación lateral)</b>	10	6.1%
<b>Total</b>	<b>165</b>	

Tabla 10 Distribución de los eventos relacionados con alimentación observados durante las grabaciones submarinas del Proyecto COSTtERA.

Todos los episodios de alimentación (100%) han sido observados en el exterior de la red. Los animales recorren desde la parte posterior de la red hacia la inicial, escaneando principalmente la zona central media y lateral de la red, de donde capturan aquellos peces que han quedado atrapados en la red y sobre salen de esta (Figura 37). Se han observado algunos individuos nadando directamente hacia la zona donde capturan las presas, la capturan y vuelven a la superficie, pero en la mayoría de estas el individuo llega recorriendo la red en búsqueda de la presa, y puede realizar más de una captura durante la misma inmersión.

Los eventos de alimentación se han observado principalmente en estas zonas mencionadas parte central de la red y lateral (66% y 33% respectivamente). Es necesario tener en cuenta que las cámaras en posición lateral se instalaron en menos ocasiones que las de la parte central, y el 74% de los eventos de comportamiento observados en las cámaras laterales están relacionados con alimentación, mientras que en la posición central se observaron un 50% de eventos de alimentación y 49% de viaje, 1% restante fueron comportamientos de socialización.



*Figura 37 Delfín mular capturando un pez atrapado en la parte lateral de la red de arrastre de la embarcación Nova Armonia. Imagen obtenida durante el proyecto COSTtERA con una cámara Paralenz Vaquita a 104 m de profundidad.*



*Figura 38 Delfín mular capturando un pez atrapado en la parte central de la red durante el Proyecto COSTtERA con una cámara GoPro Hero 10. En esta imagen se observa el pez más grande capturado durante el proyecto.*

El 94% de los eventos de alimentación se llevaron en cabo con el individuo nadando o en posición en dirección al inicio de la red.

Los peces capturados han sido de talla pequeña a excepción de un caso (Figura 38).

### 6.3.2.2. Viaje

El segundo comportamiento más observado ha sido el de viaje (Figura 39) con un 46%, el cual también incluye el viaje cruzado, que podría estar relacionado también con un comportamiento de búsqueda de alimento. Se han identificado diferentes tipos de natación, descritos en el apartado 5.2.1. El más común observado ha sido la natación activa, donde el delfín se desplaza activamente en una dirección determinada (63%), seguida por la natación pasiva (12%), donde generalmente el delfín simplemente se deja “caer” hacia el final de la red. Otros comportamientos observados han sido nadar sobre un costado (7%), girando sobre sí mismo (6%) y del revés (3%). Se ha diferenciado la natación hacia la superficie (9%) al no estar relacionado con el viaje a lo largo de la red (Tabla 11)

Comportamiento	Eventos registrados	Porcentaje
Viaje (Natación activa)	75	63%
Viaje (Natación pasiva)	14	12%
Viaje (Natación superficie)	11	9%
Viaje (Natación lateral)	8	7%
Viaje (Natación tirabuzón)	7	6%
Viaje (Natación invertida)	4	3%
<b>Total</b>	<b>120</b>	

Tabla 11 Distribución de los eventos observados durante las grabaciones submarinas del Proyecto COSTtERA relacionados con el comportamiento “viaje”.

Analizando el comportamiento de viaje a lo largo de la red (excluyendo los casos de natación hacia la superficie), se ha observado que en un 65.1 % de las ocasiones el delfín se desplazaba en dirección al inicio de la red, o hacia la embarcación. Y en un 34.9% en dirección al final del copo, aunque estos desplazamientos son mayoritariamente dejándose caer hacia esa dirección (natación pasiva).



Figura 39 Imagen de un delfín mular nadando desde la parte posterior de la red a la anterior, por encima del copo. Cámara Paralelax Vaquita instalada en el copo de la red.

### 6.3.2.3. Calado y recogida de red

Se han recogido pocas grabaciones de los momentos de calado y recogida de la red. Las imágenes captadas por las cámaras colocadas cerca del copo fueron completamente oscuras durante el periodo de recogida de la red debido a la falta de luz. Esto fue debido a dos motivos, por un lado, la elevada concentración de partículas generada al levantar la red y por el otro, las cámaras quedaban enfocando el fondo al quedar suspendida la red verticalmente. Aun así, las cámaras colocadas en otras posiciones lograron grabar algunas imágenes durante esta actividad. Los comportamientos observados han sido, por un lado, animales desplazándose en dirección al copo de la red (Figura 40), y por otro, el de interacción con la red sin objetivo de alimentarse (Figura 41). En el momento de recogida, cuando la red se encuentra cerca de la superficie, se han observado individuos explorando la red, rozándose con ella, y realizando el comportamiento identificado por Jaiteh et al. (2013) que llamaron *trampolining*, donde el delfín se desplaza a lo largo de la red rozando la parte ventral cada 2 segundos.



Figura 40 Dos delfines mulares (de un grupo de 4) picando hacia aguas más profundas durante la recogida de la red, cuando esta se encuentra en suspensión vertical. La cámara se encuentra en la boca de la red enfocando hacia la superficie. Imagen captada por una GoPro Hero 10.

Así, en el momento de suspensión de la red, solo se han observado individuos desplazándose hacia el fondo en dirección el final de la red, mientras que una vez extendida de nuevo en la superficie los individuos se desplazan hacia la boca de la red.

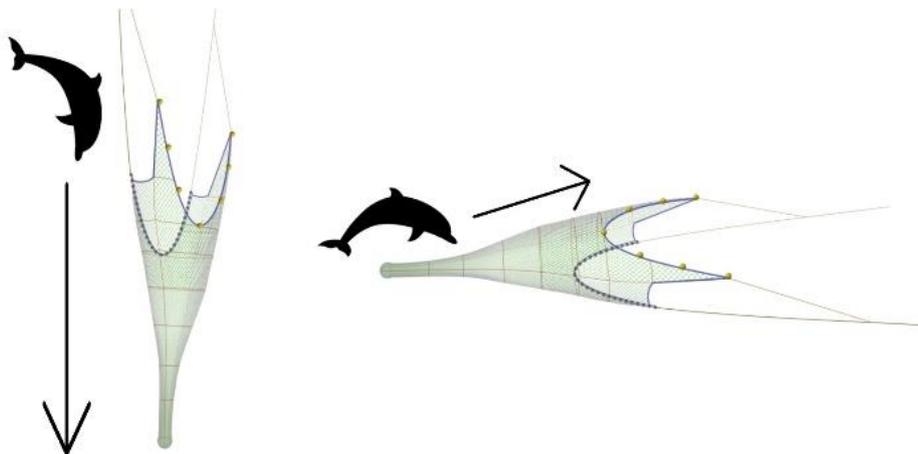


Figura 41 Esquema de los movimientos de los delfines en las redes durante la recogida de la red. Imagen adaptación de: <https://www.seafish.org/responsible-sourcing/fishing-gear-database/gear/demersal-trawl-rockhopper-trawl/>



### 6.3.3. Comportamientos observados según la posición de la cámara

Las cámaras se han colocado principalmente en 5 posiciones distintas de la red, el copo, la boca, en la parte central superior, en la parte central en los laterales y dentro de la red (Figura 42).

En la zona de la boca de la red se han observado solamente comportamientos relacionados con el viaje, con los animales nadando hacia la parte anterior de la red.

Por otro lado, en las cámaras interiores, colocadas generalmente también en la boca, pero en el interior de la red, se ha obtenido tan solo una grabación, donde el animal nada con medio cuerpo en el interior de la red, en la misma dirección que el arrastre. Parece un comportamiento parecido a cuando los delfines nadan delante de las embarcaciones o ballenas. Así, no se han detectado delfines en el interior de la red en ninguna ocasión.

Las cámaras colocadas en la parte media de la red han sido las cámaras que han obtenido imágenes relacionadas con la alimentación en redes. En estas cámaras se han podido observar comportamientos tanto de viaje, como de alimentación, así como viaje cruzado alrededor de la red. En las cámaras situadas en el lateral de la red se observó principalmente comportamientos relacionados con la alimentación (74%), mientras que en las cámaras situadas en la parte superior del medio de la red se observaron en un 50%.

Sin embargo, las cámaras situadas en el copo no pudieron captar imágenes con tanta efectividad como las otras cámaras debido a la mala visibilidad en esa zona de la red. Aun así, en redes grandes, se consiguieron obtener algunas imágenes, donde se observaron principalmente comportamientos de viaje (90%) seguidos por alimentación (10%).

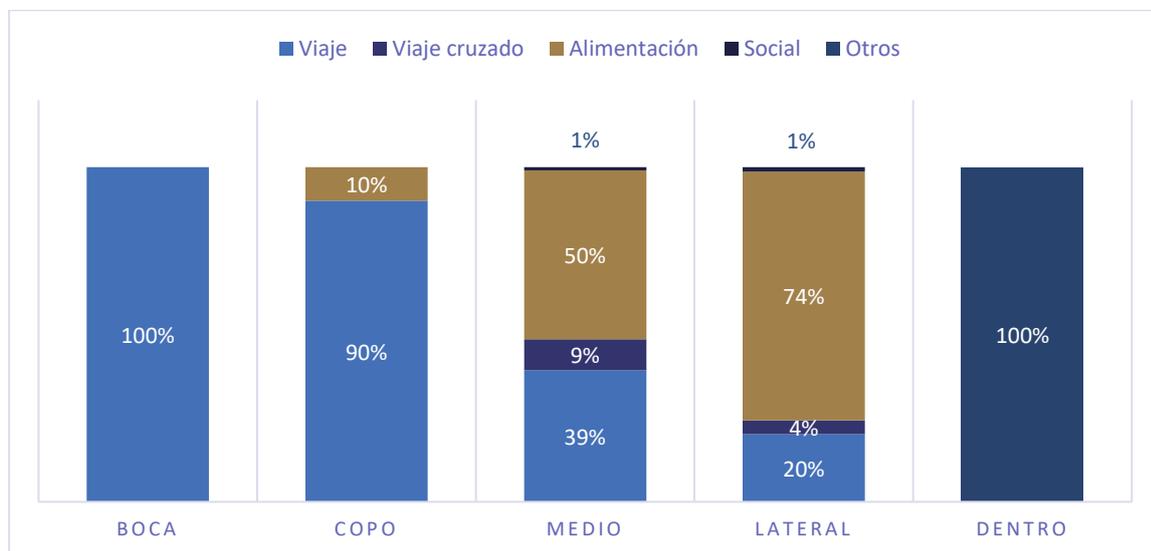


Figura 42 Proporción de comportamientos observados según la posición de la cámara.

## 7. DISCUSIÓN

La población de delfines mulares está presente durante todo el año en la zona de estudio del proyecto. Las mayores densidades de delfines mulares se encuentran entre los 50 y 100 m de profundidad, alrededor del Cabo de Creus, con una media de 0.0018 individuos/km; SD= 0.00147. No se tienen datos actuales de densidades relativas de delfín mular para otras zonas en Cataluña y estudios previos realizados como el de Forcada et al. (2004) o ACCOBAMS (2021) no han obtenido suficientes avistamientos para establecer una estima de abundancia o una densidad para la zona.

En cuanto a la Tasa de Encuentro, expresada en avistamientos por kilómetro, esta es mayor que en otras zonas del Mediterráneo Oriental. La tasa de encuentro para el Cabo de Creus es de TE=0.0148 avistamientos por kilómetro o TE=1.48 grupos/100 kilómetros y el tamaño de grupo medio es 9.15 (SD= 4.2). Estos datos contrastan, por ejemplo, con los datos recogidos por Melani et al. (2017) en el norte del Mar Egeo (Grecia) de 0.46 grupos/100km y tamaño de grupo medio de 3.45 (SE=0.38) o los datos obtenidos por Díaz et al. (2013) en el Norte de Cerdeña, donde los grupos varían de 1 a 13 individuales (media = 4.02±0.31 SE) o los obtenidos por Bas et al. (2007) en Turquía, con una tasa de encuentro de 1.034 grupos/100km y un tamaño medio de grupo 7.35 ±4.95.

Sin embargo, estudios recientes, como el de Labach et al. (2022) encontraron que para la región del Golfo de León los tamaños de grupo medio eran mucho mayores 16.6 (SD: 13.2).

La población de delfín mular está fuertemente asociada a la actividad pesquera en la zona de estudio, con un 86% de los avistamientos asociados a la alimentación en redes de arrastre durante el proyecto y una media de 70% para todos los años.

Por otra parte, el porcentaje de avistamientos con crías es también elevado con más del 40% de los avistamientos realizados con presencia de crías, alcanzando máximos de entre el 60 y el 80% en los meses de verano de julio a setiembre.

Ni la estacionalidad, ni la presencia de embarcaciones, ni la localización de los avistamientos parecen tener un impacto sobre el tamaño de grupo, lo que sugiere que el acceso al alimento no es una limitación y que la población podría depender de la actividad de pesca de arrastre.

Tal y como se ha visto en el apartado 6.3.2 se han recapturado 43 individuos dentro del mismo año y hasta 39 individuos más al comparar el catálogo de delfines mulares de este proyecto con el ya existente de la zona. Con estos datos y observando el gráfico de la suma acumulada de los nuevos individuos foto-identificados (Figura 29) se extrae que todavía hay una gran proporción de individuos nuevos, y no todos los individuos de delfín mular que usan el área se han identificado.

Este estudio sobre el comportamiento submarino de delfines mulares durante su interacción con las redes de arrastre es una de las pocas evaluaciones submarinas visuales de las asociaciones de arrastreros con delfines llevadas a cabo a nivel mundial.

En 16 de los 19 embarques realizados en barcos de arrastre se avistaron delfines mulares (84%) coincidiendo con el alto porcentaje de asociación pesquera detectado en el estudio con embarcación.

Se ha observado como los delfines en ocasiones pueden llegar a seguir los barcos de arrastre durante horas, incluso la jornada completa, mientras que en otras ocasiones los delfines interactuaban con las redes durante un periodo de tiempo corto (17 minutos). En algunos casos, los delfines seguían el arrastrero y al cruzarse con otra embarcación de

arrastre se desplazaban a aquella otra. Algunas de las razones son que la red a la que se desplazaban llevara más tiempo arrastrando y tuviera más peces atrapados; que la red que estuvieran siguiendo no tuviera suficiente cantidad de presas; o bien porque se producía un cambio en la zona de pesca y fondo provocando, un cambio de la presa objetivo o incluso incrementando la dificultad para la captura estas.

También se ha observado otra diferencia con otros estudios (Jaiteh et al., 2013; Santana et al., 2018), en ninguno de los 16 embarques con presencia de delfines se han detectado delfines alimentándose o nadando dentro de la red de pesca. Como describieron Jaiteh et al. (2013) este comportamiento parecer ser una especialización y pocos delfines de una población pueden llegar a perfeccionarla y llevarla a cabo. Es necesario tener en cuenta que durante este estudio se pueden no haber encontrado aquellos grupos o individuos de delfines especializados en esta técnica. Dado que en una ocasión se pudo observar un delfín nadando justo en la boca de la red, la opción de que los delfines se adentren en la red en la zona de estudio de este proyecto sigue siendo válida. Además, los pescadores insisten que este comportamiento ocurre por el estado en el que encuentran algunos peces al subir la red, donde se observa una depredación desde dentro. Como se observa en los datos de foto-identificación todavía no se han identificado todos los individuos de la población de delfín mular de la zona del Cabo de Creus, teniendo un catálogo de más de 600 individuos identificados. Dado que durante este estudio se han avistado alrededor de 80 delfines durante los embarques en barcos de arrastre (sin saber si se encontraron los mismos individuos más de una vez, por lo que el número de individuos podría ser menor) esta es una pequeña proporción del total de individuos que se puede encontrar en la zona, donde Chicote et al. (2022) obtuvieron una estima de abundancia de 822 (95% CI 670-1034).

La calidad de las imágenes a profundidades de hasta 120 metros sin luz artificial añadida ha sido superior a la esperada. Tanto las cámaras Paralenz como las GoPro Hero 10 han demostrado ser altamente sensibles a la poca luz ambiental. Aunque las imágenes no son completamente nítidas, permiten detectar delfines en las proximidades de la cámara y analizar su comportamiento. Las condiciones de poca luz y la presencia de partículas en suspensión limitan la visibilidad (diferente para cada casuística, ya que hay diversos factores influyendo).

Para la instalación de las cámaras y conseguir una visibilidad aceptable para estudiar el comportamiento de delfines en aguas del Mediterráneo Occidental es necesario trabajar a máximo 100 m de profundidad. Asimismo, el tipo de red puede determinar la visibilidad de las cámaras instaladas sobre esta. Concretamente, cuanto más pequeña, y menos abertura - cuanto más cerca va el cielo de la red sobre el suelo – las partículas en suspensión alcanzan la cámara más fácilmente y, la visibilidad es casi nula. Esto aplica también a zonas de la red, siendo el copo la posición con menor visibilidad ya que se encuentra al final de la red y es la zona de esta que va más cerca del suelo marino. Una de las hipótesis sobre donde se alimentan los delfines cuando están en las redes es que se alimentan de los peces atrapados en el copo o incluso de aquellos que se escapan, sin embargo, debido a la mala visibilidad de las cámaras en esta zona para la mayoría de las ocasiones, no se ha podido determinar si esto ocurre o no con seguridad. Por lo tanto, es necesario plantear nuevas opciones para el estudio de esta zona de la red de arrastre.

A diferencia de los estudios realizados por Jaiteh et al. (2013), donde el comportamiento de viaje observado de forma mayoritaria fue el *trampolining* en el presente proyecto ha sido la natación activa a cierta distancia de la red (variable), sin rozarse con esta. En realidad, el comportamiento de *trampolining*, solo ha sido observado en una ocasión durante la recogida de la red, cuando esta se encontraba ya a pocos metros de la superficie. Este

comportamiento puede estar asociado a la desparasitación, al juego o simplemente un tipo de desplazamiento. Durante el arrastre, el comportamiento no relacionado con el viaje o alimentación se ha observado en muy pocas ocasiones, solo el 1.3% de los eventos han sido descritos como socialización u otros (exploración de la red sin intención de alimentación, por ejemplo), lo que indica que los animales utilizan las redes principalmente para la alimentación.

Los delfines se han observado principalmente recorriendo la red desde la parte posterior hacia la anterior (73%). Para poder recorrer la red e ir buscando alimento, es comprensible que se realice en esta dirección ya que, si la búsqueda se realizara hacia la parte posterior la red pasaría de largo a una velocidad que no les permitiría explorarla en detalle.

Incluso en los avistamientos de grupos más grandes, en las imágenes submarinas se ha visto como los animales se alimentan en las redes de manera individual, por lo tanto, no se

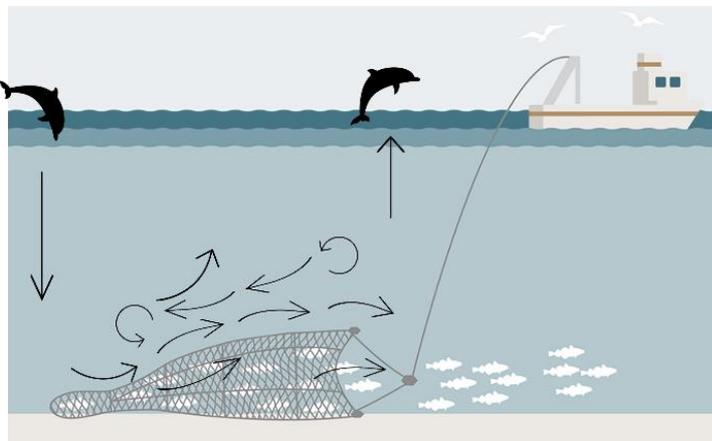


Figura 43 Esquema del movimiento de los delfines en las redes observado durante el periodo de arrastre. Imagen adaptación de: <https://www.msc.org/what-we-are-doing/our-approach/fishing-methods-and-gear-types/demersal-or-bottom-trawls>

observa cooperación, aunque tampoco competencia. Mientras que los comportamientos de alimentación fueron generalmente individuales, en los registros de viaje se han podido observar grupos de 3 o 4 delfines nadando sincronizados, pero no se ha podido determinar un patrón de comportamiento general.

A raíz de las imágenes observadas se puede estimar que los delfines durante el arrastre exploran la red desde la parte posterior hacia la anterior, dejándose caer para volver a recorrerla mientras

escanean y capturan aquellas presas atrapadas. Tras la exploración, nadan hacia la superficie o hacia el comienzo de la red, por encima de la entrada de esta y suben hacia superficie o siguen en esa dirección (Figura 43). Aunque este patrón, no se trata de un comportamiento generalizado. En ocasiones el individuo aparece nadando desde la superficie directamente hasta la presa, la captura y vuelve a superficie, o los animales simplemente recorren la red a alta velocidad, entre otros. Dado que los delfines están en constante movimiento, estos no se mantienen dentro del encuadre de la imagen más de unos segundos (hasta como máximo 1 minuto y 42 segundos), y esto hace que la identificación de los diferentes individuos no haya sido posible. Por el mismo motivo, no se ha realizado la estima del tiempo que cada individuo puede permanecer alimentándose en las redes, o relacionar los animales con individuos identificados en superficie u observados en otras imágenes submarinas. Pero gracias al estudio de comportamiento en superficie se ha visto que los animales pueden permanecer alrededor de la red hasta 6 minutos y 37 segundos.

Tal como se ha observado en el estudio de comportamiento en superficie, existe una diferencia en el comportamiento de grupo si este se compara durante el arrastre y la recogida de la red. Mientras que normalmente (90% de ocasiones) los animales se encuentran dispersados detrás de la estela de la embarcación durante el arrastre, en el momento que la embarcación de pesca empieza a recoger la red y retroceder, los individuos se agrupan, y cuando la red se encuentra suspendida de forma vertical realizan

una inmersión profunda conjunta. Una vez de nuevo en la superficie, los animales cambian el comportamiento y empiezan a socializar, a viajar hacia otra zona o esperar hasta que el barco cala la red de nuevo. Se cree que los animales durante esta inmersión final podrían ir hasta el final del copo y alimentarse de los peces que se escapan, o que, al estar levantada la red, los delfines aprovechen para alimentarse de los peces que han quedado atrapados en la parte inferior, el suelo, del final de la red. Dada la corta batería de las cámaras (2.5h como máximo), no se ha podido grabar los vuelos de pesca enteros, desde el momento del calado hasta la recogida de la red. En consecuencia, no se han podido captar muchas imágenes durante la recogida de la red, pero incluso en aquellas ocasiones en las que la cámara permanecía encendida hasta el final, las cámaras no conseguían captar suficiente luz cuando la red quedaba suspendida verticalmente. Por un lado, esto es debido a que estas se encuentran enfocando hacia el fondo, donde no hay luz, y por otro porque al levantarse la red se produce un movimiento que provoca que todos los restos adheridos a la red queden en suspensión, creando una nube turbulenta e imposibilitando la llegada de luz.

En las imágenes submarinas, los delfines se han observado únicamente alimentándose en el exterior de la red, y en ninguna ocasión se ha detectado un individuo con riesgo de quedarse enmallado o lesionarse. De la misma manera, no se ha observado que los delfines hayan causado ningún daño aparente en las redes. Por lo tanto, los resultados del proyecto indicarían que la interacción entre delfines y pesca de arrastre en el norte de Cataluña no representa un gran riesgo para la integridad de los delfines ni para la actividad económica de la pesca de arrastre. Este resultado coincide con los resultados obtenidos por Chicote et al. (2021a), donde se concluyó que esta interacción en aguas catalanas era principalmente concebida como neutra o positiva (con un 93% de pescadores afirmándolo) y la estima de casos de captura accidental para el alto nivel de interacción indicaba un bajo nivel de impacto sobre el delfín mular.

## 8. PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS

Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que los delfines interactúan con las redes principalmente por la parte exterior de la red, y no se adentran de forma común en el interior de la red como se había observado en otras zonas. Así, los delfines mulares que se alimentan en barcos de arrastre del norte de Cataluña se exponen a un menor riesgo que aquellos de otras zonas del mundo que si se aventuran al interior de las redes.

Estos resultados combinados con los resultados que obtuvieron Chicote et al., (2021a) tras realizar encuestas a los pescadores de arrastre de la misma zona, donde la captura accidental se producía en números muy bajos teniendo en cuenta el alto grado de interacción, indican que el riesgo de captura accidental de delfines mulares en este tipo de pesca y en esta zona es bajo.

Aun así, con el objetivo de mantener esta situación o ayudar a reducir más el riesgo de la interacción pesquera para los delfines se proponen las siguientes prácticas:

1. Determinar el grado de interacción de manera cuantitativa mediante encuestas y observadores a bordo para obtener datos significativos en un porcentaje mínimo por flota.
2. Uso de otras herramientas para realizar un seguimiento del grado de interacción pesca-delfines, así como con otras especies.
  - Cámaras submarinas: este estudio ha demostrado que el uso de cámaras de vídeo submarinas en redes de arrastre es una forma eficaz de documentar la ocurrencia de la captura accidental de delfines y evaluar las causas de esta. Además, permite determinar las tasas de interacción y el comportamiento de los delfines en las diferentes fases del arrastre. Esto permite también ver como los ajustes y maniobras de las embarcaciones afectan al riesgo de captura accidental en las redes. Además, en zonas donde se empleen dispositivos de mitigación, las cámaras permiten ver la tasa de éxito.
  - Hidrófonos: tras la realización de este estudio, se ha observado la gran utilidad del uso de hidrófonos en las redes, ya que permiten detectar la presencia de estos cuando las cámaras no pueden, y en combinación permitirían asociar los sonidos con el comportamiento real de estos animales. Más adelante, permitiría estudiar la presencia y el comportamiento submarino en zonas sin luz sin necesidad del uso de cámaras.
3. Utilizar un sistema que permita a los pescadores registrar y notificar las capturas accidentales a través del diario electrónico de captura (DEA).

Para poder evaluar y tener valores reales del riesgo de mortalidad en redes de pesca de arrastre es necesario que los pescadores reporten todos los casos sin que ello les conlleve repercusiones. Así como alentar a traer los cuerpos de los delfines capturados a tierra para poder analizar las causas de la muerte del animal.

4. Facilitar los trámites para traer a tierra los animales capturados accidentalmente para poder evaluar las causas y eliminar posibles consecuencias negativas para estos.
5. Para otros tipos de pesca, evaluar el uso de otras medidas de mitigación, como disuasores acústicos.



Regular el tráfico marítimo en la zona durante los meses de verano, periodo en que los delfines tienen más crías y cuando la interacción turistas-delfines se da con mayor proporción.

## 9. CONCLUSIONES

Los delfines mulares presentes en aguas del norte de Cataluña se alimentan en las redes de pesca de arrastre. Los delfines se alimentan de aquellos peces que han quedado atrapados sobresaliendo de la malla de la red principalmente en el cielo de la red y sus laterales, donde hay una mayor acumulación de capturas. Se alimentan desde el exterior de la red, de forma individual, sin cooperación, recorriendo principalmente la red desde la parte posterior hacia la anterior, dejándose caer hacia la parte posterior y volviendo hacia delante, mientras exploran la red.

Los comportamientos más comunes observados durante el arrastre han sido aquellos relacionados con la alimentación, ya sea la búsqueda de presas o su captura, así como de viaje, con los animales desplazándose a lo largo de la red. Los delfines recorren la red explorando, mediante escaneos de cabeza y nadando en posición invertida, hasta que encuentran una presa y la capturan, sin, aparentemente, dañar la red. Tras la alimentación, el comportamiento más observado ha sido el viaje, donde los animales recorren la red sin buscar alimento.

Gracias a los avances tecnológicos de los últimos años, las cámaras de acción se han convertido en una herramienta clave para estudiar y acceder a zonas que anteriormente era imposible sin una cámara técnica diseñada específicamente para el estudio en concreto. Estas suponían, además, un elevado costo económico y poca adaptabilidad a diferentes situaciones. Las cámaras de acción, en cambio, por su pequeño tamaño, altas prestaciones, alta calidad de imagen, sensores altamente sensibles a la luz y la existencia de diversas carcasas para diferentes profundidades, facilitan su uso en una gran variedad de situaciones que anteriormente podían parecer extremas. Las cámaras seleccionadas para este proyecto, la GoPro Hero 10 y la cámara Paralenz han conseguido captar imágenes submarinas en profundidades de hasta 120m, y soportar altas presiones, así como situaciones de alta tensión y golpes. Los 100m de profundidad se considera el máximo recomendable para que las imágenes muestren suficiente claridad para que puedan ser analizadas, aunque se hayan captado imágenes a más de 100m de profundidad en condiciones favorables.

La instalación de cámaras submarinas prueba ser una buena medida para evaluar el grado y el riesgo de enmalle o captura accidental en las interacciones de delfines con las redes de pesca, así como para estudiar su comportamiento. Pero esta metodología no solo es útil para la pesca de arrastre, sino que esta tecnología puede ser aplicada a otros tipos de pesca que trabajen a menos de 100m de profundidad.

El proyecto también ha abierto una nueva línea de investigación, se ha detectado la necesidad de instalar hidrófonos en las redes, ya que gracias a la combinación de hidrófonos y cámaras se podría relacionar el comportamiento con los sonidos emitidos y permitiendo poder estudiar zonas sin visibilidad solamente con los sonidos registrados. Del mismo modo, permitiría conocer la presencia de los animales en las redes incluso cuando no aparecen en las cámaras.

Este estudio es un primer paso para comprender como se alimentan los delfines mulares en las redes de pesca y el riesgo que supone para ellos. En aguas del norte de Cataluña se ha visto como el grado de interacción es muy alto, pero los delfines interactúan principalmente desde el exterior de la red reduciendo así el riesgo de quedarse atrapados en esta. Este dato debe tomarse con cautela, ya que el comportamiento de alimentación en el interior de las redes es un comportamiento muy especializado y puede ser que



durante este estudio no se haya coincidido con un grupo que tenga esta especialización. De la misma manera, es necesario no generalizar, y realizar el mismo estudio en otras zonas para poder estudiar el riesgo de captura accidental para cada población de delfines.

Los resultados del proyecto indicarían que la interacción entre delfines y pesca de arrastre en el norte de Cataluña no representa un gran riesgo para la integridad de los delfines ni para la actividad económica de la pesca de arrastre.

Así, dado el éxito del funcionamiento de las cámaras se recomienda seguir instalando cámaras en las redes de pesca de arrastre tanto en aguas del norte de Cataluña como en otras zonas. Esto permitiría seguir recogiendo datos sobre el tipo de interacción de la zona, ver si existen diferencias entre diferentes grupos de delfines, y otros barcos de arrastre, así como establecer diferencias de comportamiento entre poblaciones de diferentes zonas ya que así se ha observado en otras áreas (Jaiteh et al., 2013). Además, es necesario seguir adquirir y analizar nuevas imágenes submarinas para poder descartar que los delfines se adentran en las redes de manera robusta o para entender en qué situaciones hay riesgo de captura accidental de delfines. Por último, el desarrollo de más proyectos con esta metodología permitiría implementar nuevas técnicas para, por ejemplo, poder estudiar qué ocurre en la zona del copo de la red.

Por último, este proyecto hubiera sido imposible sin la colaboración del sector pesquero de la zona de estudio. Su participación ha sido esencial, y los pescadores han presentado gran interés en el proyecto COSTtERA desde el inicio y han colaborado en todos los puntos de este. Una vez más, se demuestra que la contar con la colaboración del sector pesquero es esencial para poder trabajar conjuntamente para la conservación del delfín mular u otras especies marinas.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

ACCOBAMS (2019) Review of bycatch rates of cetaceans in the Mediterranean Sea and the Black Sea. ACCOBAMSMOP7/ 2019/Doc29

ACCOBAMS, 2021. Estimates of abundance and distribution of cetaceans, marine mega-fauna and marine litter in the Mediterranean Sea from 2018-2019 surveys. By Panigada S., Boisseau O., Canadas A., Lambert C., Laran S., McLanaghan R., Moscrop A. Ed. ACCOBAMS - ACCOBAMS Survey Initiative Project, Monaco, 177 pp.

Allen, S. J., & Loneragan, N. R. (2010). Reducing dolphin bycatch in the Pilbara finfish trawl fishery.

Allen, S. J., Pollock, K. H., Bouchet, P. J., Kobryn, H. T., McElligott, D. B., Nicholson, K. E., ... & Loneragan, N. R. (2017). Preliminary estimates of the abundance and fidelity of dolphins associating with a demersal trawl fishery. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.

Bas, A. A., Christiansen, F., Öztürk, B., Öztürk, A. A., Erdoğan, M. A., & Watson, L. J. (2017). Marine vessels alter the behaviour of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Istanbul Strait, Turkey. *Endangered Species Research*, 34, 1-14.

Bearzi, G., E. Politi, and G.N. Di Sciara 1999. Diurnal behavior of free-ranging bottlenose dolphins in the Kvarneric (North Adriatic Sea). *Marine Mammal Science*. 15(4): 1065-1097.

Bearzi, G., Fortuna, C.M., Reeves, R.R., 2008. Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Rev.* 39, 92–123.

Bearzi, G., Fortuna, C., Reeves, R., 2012. *Tursiops truncatus* (Mediterranean subpopulation). In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2, [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), Accessed date: 19 January 2018.

Bonizzoni, S., Furey, N. B., & Bearzi, G. (2021). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the north-western Adriatic Sea: Spatial distribution and effects of trawling. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(3), 635-650.

Bonizzoni, S., Hamilton, S., Reeves, R. R., Genov, T., & Bearzi, G. (2022). Odontocete cetaceans foraging behind trawlers, worldwide. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1-51.

Brotons, J.M., Grau, A., Rendell, L., 2008. Estimating the impact of interactions between bottlenose dolphins and artisanal fisheries around the Balearic Islands. *Mar. Mamm. Sci.* 24, 112–127.

Browne, A., Welsford, D., & Lyle, J. (2005). Monitoring marine mammal interactions in the small pelagics fishery: stage one pilot study. Report to the Australian Fisheries Management Authority.

Chicote A. C., Amigó N., Sanromán D., Álvarez de Quevedo I. (2021a) Diagnosi de la interacció pesquera amb les espècies de cetacis a Catalunya. Informe tècnic. Generalitat de Catalunya Departament d'Acció climàtica, Alimentación i Agenda Rural.

Chicote A. C., Amigó N., Sanromán D., Andón N, Gazo M. (2021b) Informe de Seguiment hivernal de la població de dofí mular en l'àmbit del Parc Natural del Cabo de Creus. Informe tècnic Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural, Generalitat de Catalunya. Pp19

Chicote C.A. , San Roman D. , Amigó N., Andón N., Gazo M. (2022).The bottlenose population of the MPA Cap of Creus (northern Spain): abundance and distribution of the coastal population. European Cetacean Society. Ashood (Israel). Lecturer.

Chilvers, B.L., and P.J. Corkeron. 2001. Trawling and bottlenose dolphins' social structure. Proceeding of the Royal Society of London. 268: 1901-1905.

Ciotti, M. (2006). La pesca nel medio Adriatico nel Settecento tra innovazione delle tecniche e conservazione delle risorse. La pesca nel medio Adriatico nel Settecento tra innovazione delle tecniche e conservazione delle risorse, 0-0.

Connor, R.C., R.S. Wells, J. Mann, and A.J. Read. 2000. The bottlenose dolphin: social relationships in a fission- fusion society. Pages 91-126 in Janet Mann, Richard C. Connor, Peter Tyack, and Hal Whitehead eds. Cetacean Societies: Field Studies in Dolphins and Whales. University of Chicago Press, Chicago IL.

Cuvertoret-Sanz, M., López-Figueroa, C., Byrne, A. O., Canturri, A., Martí-Garcia, B., Pintado, E., ... & Domingo, M. (2020). Causes of cetacean stranding and death on the Catalanian coast (western Mediterranean Sea), 2012-2019. Diseases of Aquatic Organisms, 142, 239-253.

Díaz López, B. (2006). Interactions between Mediterranean bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and gillnets off Sardinia, Italy. ICES Journal of Marine Science, 63(5), 946-951.

Díaz Lopez, B., Shirai, J.A.B., 2007. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) presence and incidental capture in a marine fish farm on the north-eastern coast of Sardinia (Italy). J. Mar. Biol. Ass. U. K. 87, 113–117.

Díaz López, B., Addis, A., Fabiano, F. (2013). Ecology of common bottlenose dolphins along the North-western Sardinian coastal waters (Italy). Thalassas. 29. 35-44.

Gazo, M., Gonzalvo, J., & Aguilar, A. (2008). Pingers as deterrents of bottlenose dolphins interacting with trammel nets. Fisheries Research, 92(1), 70-75.

Goetz, S., Read, F. L., Begoña Santos, M., Pita, C., & Pierce, G. J. (2014). Cetacean-fishery interactions in Galicia (NW Spain): Results and management implications of a face-to-face interview survey of local fishers. ICES Journal of Marine Science, 71, 604–617.

Gonzalvo, J., Giovos, I., & Moutopoulos, D. K. (2015). Fishermen's perception on the sustainability of small-scale fisheries and dolphin–fisheries interactions in two increasingly fragile coastal ecosystems in western Greece. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 25(1), 91-106.

Hamer, D. J., Childerhouse, S. J., & Gales, N. J. (2012). Odontocete bycatch and depredation in longline fisheries: a review of available literature and of potential solutions. Marine mammal science, 28(4), E345-E374.

Jaiteh, V. F., Allen, S. J., Meeuwig, J. J., & Loneragan, N. R. (2013). Subsurface behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) interacting with fish trawl nets in northwestern Australia: Implications for bycatch mitigation. Marine Mammal Science, 29(3), E266-E281.

Jefferson, T. A. (2000). Population biology of the Indo-Pacific hump-backed dolphin in Hong Kong waters. Wildlife monographs, 1-65.

Labach, H., Azzinari, C., Barbier, M., Cesarini, C., Daniel, B., David, L., Dhermain, F., Di-Méglio, N., Guichard, B., Jourdan, J., Lauret, V., Robert, N., Roul, M., Tomasi, N., & Gimenez,

O. (2022). Distribution and abundance of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) over the French Mediterranean continental shelf. *Marine Mammal Science*, 38( 1), 212– 222. <https://doi.org/10.1111/mms.12874>

Maccarrone, V., Buffa, G., Di Stefano, V., Filiciotto, F., Mazzola, S., & Buscaino, G. (2014). Economic assessment of dolphin depredation damages and pinger use in artisanal fisheries in the Archipelago of Egadi Islands (Sicily). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 173–181.

Mackay, A. I. (2011). An investigation of factors related to the bycatch of small cetaceans in fishing gear (Doctoral dissertation, University of St Andrews).

Madsen, N., Pedersen, M., Jensen, K. T., Møller, P. R., Andersen, R. E., & Moeslund, T. B. (2021). Fishing with C-TUCs (Cheap Tiny Underwater Cameras) in a sea of possibilities. *The Journal of Ocean Technology*, 16(2), 19-30.

Macias Lopez D, Garcia Barcelona S, Baez JC, de la Serna JM, Ortiz de Urbina JM (2012) Marine mammal bycatch in Spanish Mediterranean large pelagic longline fisheries, with a focus on Risso's dolphin (*Grampus griseus*). *Aquat Living Resour* 25: 321–331

Milani, C., Vella, A., Vidoris, P., Christidis, A., Koutrakis, E., Sylaios, G., Kallianiotis, A. (2017). Encounter rate and relative abundance of bottlenose dolphins and distribution modelling of main cetacean species in the North Aegean Sea (Greece). *J. Black Sea/Mediterranean Environment*. 23. 101-120.

Parra, G. J. (2006). Resource partitioning in sympatric delphinids: space use and habitat preferences of Australian snubfin and Indo-Pacific humpback dolphins. *Journal of Animal Ecology*, 862-874.

Pennino, M. G., Rotta, A., Pierce, G. J., & Bellido, J. M. (2015). Interaction between bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and trammel nets in the Archipelago de La Maddalena, Italy. *Hydrobiologia*, 747(1), 69-82.

• Read, A. J., Drinker, P., & Northridge, S. (2006). Bycatch of marine mammals in U.S. and global fisheries. *Conservation Biology*, 20, 163–169.

• Reeves, R. R., Read, A. J., & Notarbartolo di Sciara, G. (2001). Report of the workshop on interactions between dolphins and fisheries in the Mediterranean: Evaluation of mitigation alternatives. Instituto Centrale per la Ricerca Applicata al Mare, Rome, Italy.

Revuelta O, Domenech F, Fraija-Fernandez N, Gozalbes P, Novillo O, Penades-Suay J, Tomas J (2018) Interaction between bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and artisanal fisheries in the Valencia region (Spanish Mediterranean Sea). *Ocean Coast Manage* 165: 117–125

Santana-Garcon, J., Wakefield, C. B., Dorman, S. R., Denham, A., Blight, S., Molony, B. W., & Newman, S. J. (2018). Risk versus reward: Interactions, depredation rates, and bycatch mitigation of dolphins in demersal fish trawls. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 75(12), 2233-2240.

Stephenson, P., & Chidlow, J. C. (2003). Bycatch in the Pilbara Fish Trawl Fishery. Final Report to National Heritage Trust. Western Australian Department of Fisheries, Perth.

Stephenson, P. C., & Wells, S. (2007). reducing dolphin catches with pingers and exclusion grids in the Pilbara trawl fishery.



Tixier, P., Gasco, N., Duhamel, G., & Guinet, C. (2015). Habituation to an acoustic harassment device (AHD) by killer whales depredating demersal longlines. *ICES Journal of Marine Science*, 72(5), 1673-1681.

Tudela, S. (2004). Ecosystem effects of fishing in the Mediterranean: An analysis of the major threats of fishing gear and practices to biodiversity and marine habitats. In *Studies and Reviews, General Fisheries Commission for the Mediterranean*. No 74. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Wakefield, C. B., Blight, S., Thomson, A. W., Syers, C., & O'Donoghue, S. (2014). Independent observations of catches and subsurface mitigation efficiencies of modified trawl nets for endangered, threatened and protected megafauna bycatch in the Pilbara Fish Trawl Fishery.

Zollett, E. A., & Read, A. J. (2006). Depredation of catch by bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Florida king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) troll fishery.



## 11. ANEJOS

A continuación, se enumeran los diferentes anejos de este documento, estos se pueden consultar en la carpeta FV1.3\_2.1\_3.1\_3.3\_3.4\_4.2\_Informe\_Final\_COSTtERA adjunta en esta entrega.

- 11.1. ANEJO Ia - Anejo\_Ia\_Permiso cetáceos\_A
- 11.2. ANEJO Ib - Anejo\_Ib\_Permiso cetáceos\_B
- 11.3. ANEJO II - Hoja de esfuerzo
- 11.4. ANEJO III - Hoja de avistamiento
- 11.5. ANEJO IV - Comportamiento
- 11.6. ANEJO V - Inmersión
- 11.7. ANEJO VI – Protocolo Foto-Id
- 11.8. ANEJO VII – Catálogo Foto-Id
- 11.9. ANEJO VIII – Avistamientos
- 11.10. ANEJO IX - Compromiso Voluntarios
- 11.11. ANEJO X - Vídeos submarinos
- 11.12. ANEJO XI – Permisos de embarque