

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- FUNDAMENTOS BÁSICOS SOBRE ACÚSTICA	4
3.- EL SONIDO EN EL MAR	8
4.- COMUNICACIÓN EN LOS CETÁCEOS	11
5.- CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MARINA	16
6.- INVESTIGACIÓN BIOACÚSTICA DE CEMMA	17
7.- INVESTIGACIÓN ACÚSTICA LIFE+INDEMARES	19
7.1.- ACCIÓN 1: Preparación del instrumental	20
7.2.- ACCIÓN 2: Campañas de prospección	23
7.3.- ACCIÓN 3: Divulgación y difusión	56



INDEMARES



1.- INTRODUCCIÓN

La **acústica** es la ciencia que estudia los diversos aspectos relativos al son, particularmente los fenómenos de generación, propagación y recepción de las ondas sonoras en diversos medios, así como su transducción, su percepción y sus variadas aplicaciones tecnológicas. La acústica tiene un carácter fuertemente multidisciplinario, abarcando cuestiones que van desde la física pura hasta la biología y las ciencias sociales.

La presencia de sonidos es constante en el mar: oleaje, erupciones volcánicas, terremotos y emisiones de origen animal son algunas de las fuentes naturales que generan este sonido. Pero actualmente hay una grande variedad de sonidos generados de manera artificial, sonidos de origen antropogénico, como son los procedentes de las emisiones de motores de embarcaciones, sonares, aerogeneradores o prospecciones petrolíferas.

La comunicación entre los ser vivos puede definirse como el intercambio de información entre los miembros de una misma especie, entre los miembros de diferentes especies o entre los organismos y su medio. La comunicación es el medio por el cual las sociedades de animales se mantienen unidas, organizando su conducta social en modelos de actividades coordinadas entre los individuos de una misma especie. Para conocer la comunicación de una especie es importante determinar la calidad de la señal (visual, auditiva, táctil o química: olfativa o gustativa), el medio en el cual se transmite la señal, los mecanismos que originan la señal (estructuras anatómicas) y las funciones objetivo de las señales como: cuidados parentales, agresiones, atracción sexual, etc. La señal es entonces el vehículo por el cual los organismos intercambian información o se comunican entre sí o con su medio.

Los cetáceos, son capaces de comunicarse entre sí (conversar) y algunos de ellos conocer su medio ambiente (detectar su alimento y navegar) usando un sistema de sonar biológico. Construyen una imagen sonora de su ambiente. Con este mecanismo, pueden conseguir una amplia gama de actividades entre las que se cuentan la alimentación, la relación y la orientación.



INDEMARES



2.- FUNDAMENTOS BÁSICOS SOBRE ACÚSTICA

¿Qué es el Sonido?

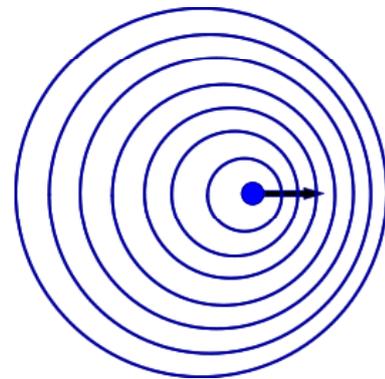
Podemos definir el sonido como una onda que se propaga a través de la materia. La onda acústica, puede definirse a su vez, como alternativas comprensiones (zonas de alta presión) y refracciones (baja presión) de moléculas dentro de un medio elástico (sólido, líquido, gaseoso) que es recibido en un receptor como cambios de presión.

Las ondas acústicas son clasificadas como ondas longitudinales porque la energía es propagada paralelamente a la velocidad de propagación.

Naturaleza del sonido

El sonido es la sensación producida en el oído por la vibración de las partículas que se desplazan a través de un medio elástico que las propaga. Por eso, deben existir dos factores para que exista el sonido:

- Una fuente de vibración mecánica.
- Un medio elástico de propagación de la perturbación.



Como hablamos de variaciones (perturbaciones, vibraciones, etc), claro está que debe haber un valor estático, a partir del cual se producen estas variaciones. En el caso del aire, el valor estático nos lo da la presión atmosférica.

Desde un punto de vista físico, el sonido es una sucesión de ondas, por lo que comparte todas las propiedades características del movimiento ondulatorio, y puede ser descrito utilizando la terminología propia de la mecánica ondulatoria.

Propiedades básicas de las ondas acústicas

Las ondas acústicas se caracterizan por su amplitud, frecuencia, longitud de onda, fase e intensidad.

Amplitud (Ia):

Es una medida de la variación máxima del desplazamiento, u otra magnitud física, que varía periódicamente en el tiempo.

Es proporcional a la máxima distancia de vibración a la que una partícula en vibración esta desplazada del resto. Es el cambio, en presión, al paso de la onda por

medio y está relacionada con la cantidad de energía con la que cuente, una amplitud mayor llevará más carga energética.

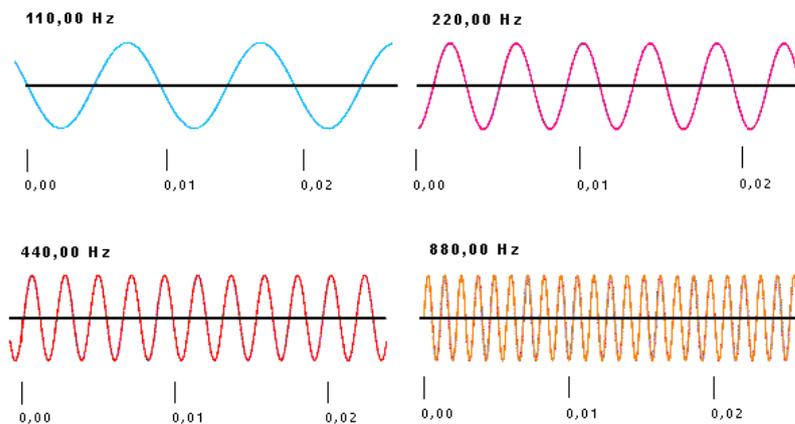
Las pequeñas variaciones en la amplitud producen sonidos débiles, bajos. Por otro lado, las grandes variaciones producen sonidos fuertes, altos.

Las ondas van debilitándose en amplitud conforme van alejándose de su punto de origen: es lo que se conoce como atenuación de la onda. Aunque la amplitud de las ondas decrece, su longitud de onda y su frecuencia permanecen invariables, ya que estas dependen sólo del foco emisor.

La disminución de la amplitud de onda se debe a dos razones:

- A la Ley cuadrática inversa, que se refiere a algunos fenómenos físicos, en particular a fenómenos ondulatorios como son el sonido y la luz, en los que la intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia al centro donde se origina, es lo que define la disminución de la amplitud del sonido en el mar.
- La absorción de la vibración, que es un proceso de disipación, por lo cual parte, de la potencia sonora es absorbida por algún material que sea un aislante acústico.

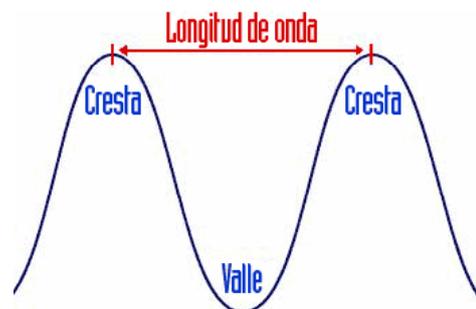
La unidad de la amplitud en una onda sonora es la sobrepresión atmosférica y, por tanto, las unidades para la amplitud pueden ser el pascal (Pala), el milibar (mb) o cualquiera otra unidad de presión.



Longitud de onda (•-lambda)

Es la distancia entre dos comprensiones sucesivas o la distancia que recorre la onda en un ciclo de vibración.

Se mide en unidades de longitud.



INDEMARES



Frecuencia (f)

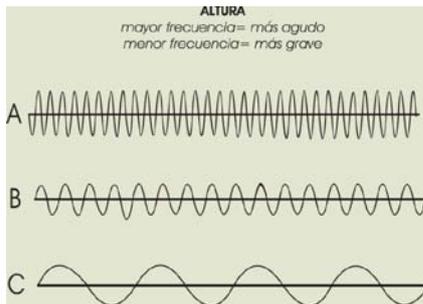
Es el número de ciclos por segundo. También se podría definir como el ritmo de oscilación o vibración de las partículas de la onda acústica.

Se mide en Hertzios (Hz).

Hz= ciclos / s.

Para el oído humano un aumento en la frecuencia es percibido como un sonido de tono alto (más agudo).

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

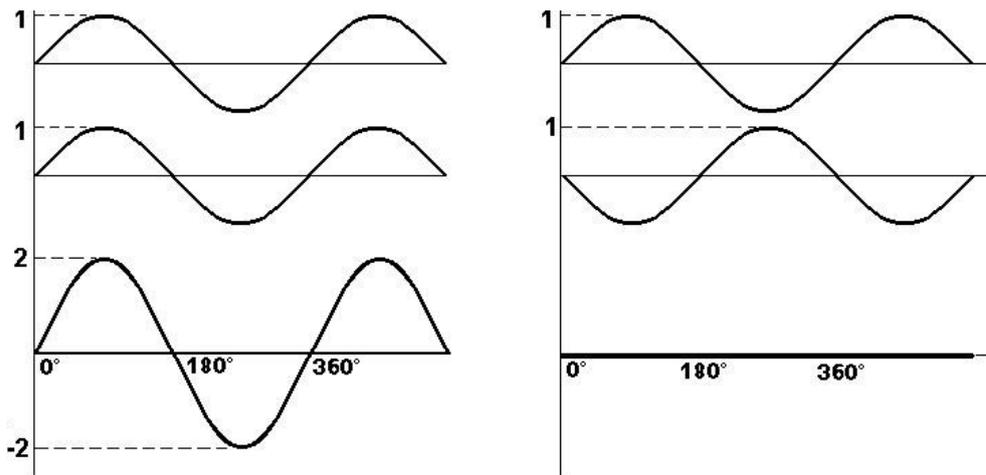


A mayor f menor λ .

C= velocidad del sonido (m/s)

Fase (ϕ):

Sería el alineamiento de una onda respecto a otra en función del tiempo. Se mide en ángulos y está menos relacionada con la percepción de la intensidad del sonido. Cuando esa distancia, tiempo o ángulo es cero, se dice que las ondas están en fase. Por el contrario, cuando las ondas no están en fase, se dice que están desfasadas. Es lo que se conoce como (Desfase) y puede producir distorsión en el sonido e, incluso, anularlo. Dos ondas idénticas desfasadas 180° (es decir, en contrafase) se cancelan.



Ondas en fase se suman y duplican su amplitud. Ondas fuera de fase 180° se suman y se cancelan.



INDEMARES



Intensidad (I)

Es la energía fluendo por unidad de tiempo y unidad de área en la dirección de propagación. La energía por unidad de tiempo es la potencia, por lo que se podría definir la intensidad como la potencia acústica por unidad de área. La unidad sería W/m².

Cuando hay un incremento de la amplitud del sonido, hay un aumento de la intensidad del sonido. La intensidad es proporcional al cuadrado de una presión acústica (P).

$$I = P^2$$

La impedancia acústica (Z)

Se define cómo la resistencia que ofrece un medio para la transmisión del son; es característica de cada material y es análoga a la resistencia eléctrica.

La impedancia acústica es el ratio entre la presión y la velocidad que produce esta en la partícula. Su unidad es el Rayl (Pa*s/m²). Las variaciones en ella, en el límite entre dos medios, es una determinación importante de cuanta energía será reflejada. (Ley de Snell).

La impedancia acústica en el aire es de 4,15x 10² Kg/sm² y en el agua es 1,5 x 10⁶ Kg/sm². Por lo que la una misma presión sonora la Intensidad será menor en el agua que en el aire.

Medición de la Intensidad del sonido

Se podría medir la Intensidad directamente pero es más donado detectar y medir los cambios de presión (P) y a partir del valor obtenido calcular la intensidad (I).

El uso de la P como unidad de medida enfrenta a los acústicos con dos problemas:

El rango de diferencias de P que el oído humano puede detectar (10μPala - 100,000,000 μPala).

La forma en la que el oído humano procesa diferencias en P.

Por estas razones se introdujo la Escala Decibelio y su unidad, el decibelio (dB), que es a dimensional. El dB compara sistemáticamente una P o una I con una unidad de referencia. La escala decibelio es logarítmica (lo que facilita los cálculos).



INDEMARES



Velocidad del Sonido (c)

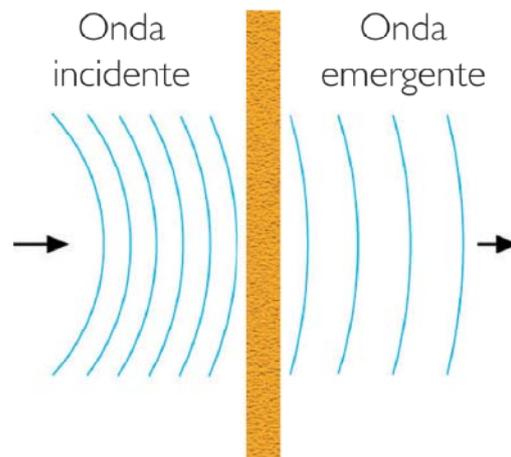
Se define cómo la velocidad con que la vibración se propaga a través de en medio elástico (sólida, líquida o gaseosa). La velocidad de propagación del sonido es mayor en el agua que en el aire, siendo la velocidad del sonido en el agua del mar aproximadamente 1500 m/s y en el aire 340m/s (aproximadamente 4,5 veces mayor en agua que en el aire).

3.- EL SONIDO EN EL MAR

La heterogeneidad de las masas de agua en el océano, con diferencias en temperatura, salinidad, y por lo tanto densidad, así como de presión a la que se ven sometidas, hace que la transmisión de sonido en el mar sea un proceso complejo al verse afectado por estos parámetros.

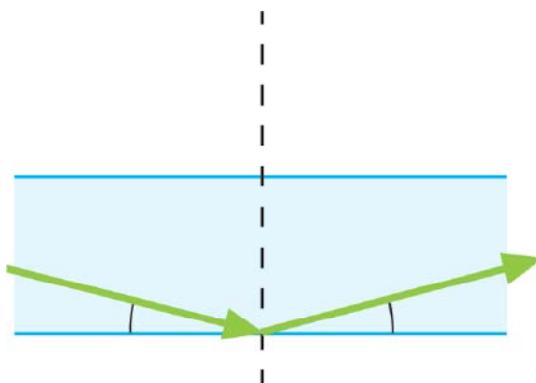
Entre los procesos físicos que afectan a la transmisión del son, y que están influidos por los cambios en el tipo de medio y las distintas masas de agua, podemos mencionar la reflexión, la refracción y la difracción o dispersión.

Asimismo, cuanto más alejado esté el receptor de la fuente emisora de sonido menor será la recepción del sonido, no recibiendo ninguna señal al alejarse una distancia determinada de la fuente. Esto es debido a los fenómenos de difusión y absorción.



Transmisión del sonido en el mar

La absorción es la conversión de energía acústica en energía calorífica. La energía acústica contenida en un sonido provoca que las moléculas de en medio comiencen a vibrar cuando el sonido pasa a través de él.



La reflexión es la desviación que sufre la onda al encontrarse con un objeto o en el límite entre dos medios de distintas características.



INDEMARES

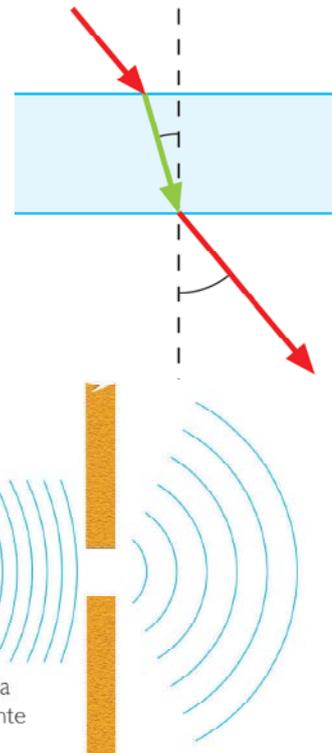


Los ecos se pueden considerar reflexiones, al igual que un espejo refleja la luz, superficies duras como la de los cánones submarinos reflexan el sonido. La cantidad de sonido que es reflejada y transmitida depende de las propiedades acústicas de los dos medios y del ángulo de incidente. Cuanto más similares sean dos medios habrá más transmisión y menos reflexión.

Cuando una onda acústica llega al fondo del océano parte de la energía será transmitida a este según el medio, y parte de la energía será reflejada al medio de origen, el océano. La cantidad que se refleje dependerá de la composición del fondo; Fondos rocosos transmitirán más sonido que fondos arenosos.

La refracción es un cambio en la dirección de la onda sonora cuando pasa de un medio a otro, hay una cierta inclinación de la onda hacia región de menor velocidad del son. La refracción implica un cambio en la velocidad y longitud de onda.

La difracción o dispersión se produce cuando el sonido, se encuentra con determinados obstáculos, se dispersa. Una onda sonora al encontrarse con un pequeño obstáculo lo rodea, así como sí se encuentra con uno pequeño agujero lo atravesará. La difracción dependerá del tamaño del objeto y de la longitud de onda. Las ondas con mayor longitud de onda, y por lo tanto con frecuencias más bajas, tienen más capacidad para rodear los obstáculos y se verán menos afectadas.



Pérdida por Transmisión (TL)

Es el resultado de la pérdida de intensidad de un sonido al propagarse por el medio. Se debe a los procesos de absorción, dispersión, reflexión y refracción. Por lo tanto, la pérdida por transmisión también puede ser estimada añadiendo los efectos de la difusión geométrica, la absorción y anomalías (La). Dentro de las pérdidas por anomalía se incluyen pérdidas por dispersión, y la pérdida debida a la reflexión y refracción en el límite entre dos medios.

$$TL = TL \text{ difusión} + TL \text{ absorción} + La$$

Para simplificar trataremos solamente con las pérdidas por difusión y absorción.

$$TL = TL_{\text{difusión}} + TL_{\text{absorción}}$$

La Pérdida por Difusión es el componente principal de la pérdida de transmisión.

Hay dos formas de difusión:

- La **difusión esférica** asume un medio homogéneo o uniforme que es típico de aguas profundas (> 2000 m). Desde la fuente emisora el sonido se



INDEMARES



difundirá en forma de ondas esféricas, y la intensidad variará inversamente el cuadrado de la distancia desde la fuente. La pérdida por transmisión en la difusión esférica será:

$$TL \text{ d. esférica} = 20 \log (R / R_0) \quad R < R_1$$

R = distancia del receptor a la fuente emisora.

R0= distancia de referencia, *usualmente 1m.

R1= profundidad de la columna de agua o de la capa de densidad. Es la distancia en la que acaba la difusión esférica y comienza la cilíndrica..

• Con la **difusión cilíndrica** el nivel de sonido decrece 6 dB cuando la distancia se duplica y 20 dB cuando aumenta por un factor de 10. La difusión cilíndrica es apropiada cuando el medio no es homogéneo, típico de las aguas poco profundas (< 200 m) o estratificadas. Ocurre cuando el sonido es reflejado o refractado de la superficie oceánica, del fondo o de capas de agua de distinta densidad, de acuerdo con la Ley de Snell. La distancia de la fuente al receptor debe ser mayor que distancia al fondo, a la superficie o a la capa de densidad. La intensidad varía inversamente a la distancia de la fuente y la pérdida por transmisión, en la transmisión cilíndrica será:

$$TL \text{ d. cilíndrica} = 20 \log *R_1 + 10 * \log (R / R_0) \quad R > R_1$$

La pérdida por transmisión en la difusión cilíndrica es menor que en la difusión esférica, y el nivel de intensidad del sonido decrece 3 dB si se duplica la distancia y 10 dB cuando se multiplica por un factor de 10.

Señal de la relación del sonido (SNR)

La posibilidad de que una señal acústica sea detectada depende no sólo del nivel de la señal recibida, sino también del ruido ambiental. El valor expresara en dB.

La señal del sonido (SNR) compara el nivel de la señal recibida por el receptor con el nivel de ruido de ambiente y de una indicación de si el receptor será capaz de detectar una señal concreta en presencia de un determinado nivel de ruido ambiente.

De la energía acústica que recibe el receptor una parte será de la fuente emisora de la señal que interesa recibir, el blanco, y otra parte será procedente del ruido de ambiente. Para que a señal procedente del blanco pueda ser detectada por el receptor debe ser mayor que el ruido ambiente, por lo tanto el valor SNR (Signal to Noise Ratio) debe ser mayor que cero.

$$SNR = SIL \text{ recibido} - NL \text{ (en dB)} \geq DT$$

SIL recibido: nivel de la señal que llega al receptor

NL: nivel de ruido ambiente.

DT: ES el rango de detección que ven determinado por el sistema. Si SNR es menor que DT a señal no será detectada.



INDEMARES

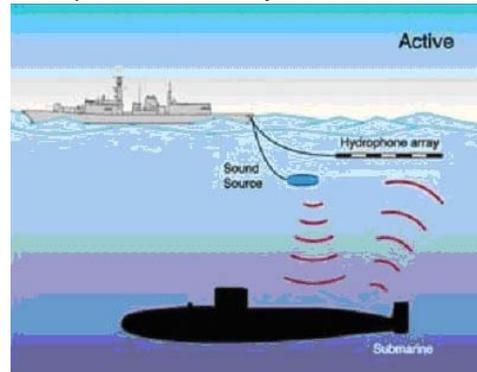


Ecuación del Sonar

La ecuación del sonar trata con todos los aspectos de la generación, propagación y atenuación del sonido. Están basadas en la relación entre el nivel de señal recibida y el ruido de fondo o ruido ambiente (Signal to Noise Ratio).

La ecuación del sonar está determinado por los parámetros sonar que vienen determinados por el emisor de la señal acústica, el receptor, el medio y, en el caso de un sonar activo, el objeto a detectar, el blanco.

En el sonar activo se lanza una señal mediante un emisor. Dicha señal al encontrar un obstáculo vuelve a ser recogida, al rebotar por un receptor. Mediante el análisis de tiempos se puede establecer, conocida la celeridad del sonido en el medio, donde está el obstáculo. Mediante haces de sondas se puede hoy en día conocer la forma del mismo e incluso su composición, teniendo en cuenta cuanta señal es absorbida y cuanta devuelta.



El sonar Pasivo se limita a escuchar el sonido que proviene de los objetos que se encuentran sumergidos. Estos dispositivos reciben directamente el ruido producido por el objeto y el camino que recorre la onda es la distancia existente entre el objeto y el receptor del ruido.

4.- COMUNICACIÓN EN LOS CETÁCEOS

Un 20% de los mamíferos resuelven la orientación y la localización de objetos, en momentos de visibilidad limitada mediante, la potenciación del sentido del oído.

La evolución de los cetáceos desde hay 65 millones de años permitió destacar el sistema auditivo como sentido principal para comunicarse, para orientarse y para comprender el mundo que los rodea. A través de este sentido desarrollaron una nueva forma de comunicación y de relación con el medio, única en el reino animal, denominada ecolocalización que lleva a cabo a acción de detectar y comprender el medio a través de la emisión de ondas sonoras y la recepción del eco de estas ondas cuando rebotan con objetos distantes. El proceso de ecolocalización fue detectado en los cetáceos odontocetos, entre los que se encuentran los delfines, marsopas, calderones, zifios y cachalotes.

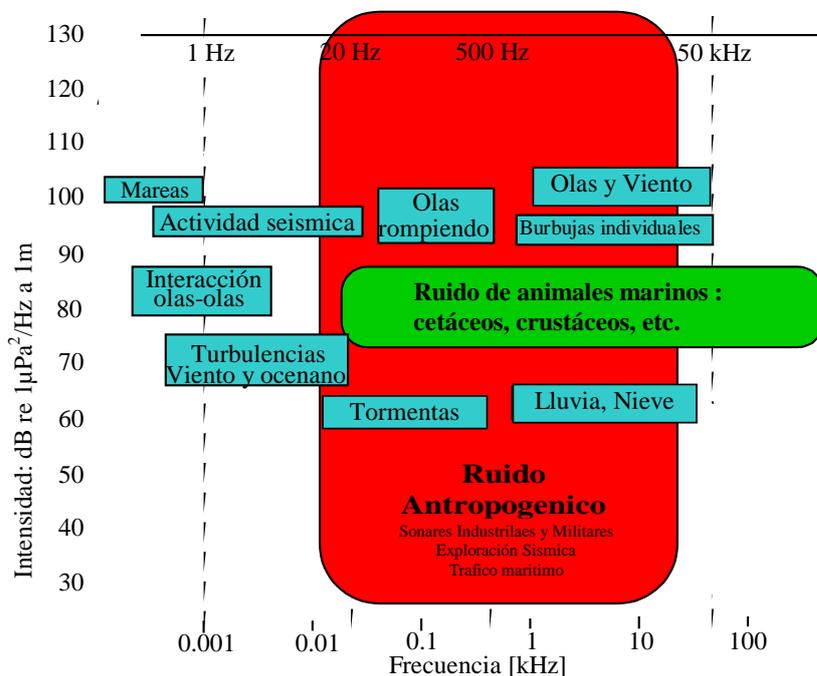
Aunque no todas las especies de cetáceos realizan el proceso de ecolocalización, el sonido es fundamental para la vida de todas estas especies. Los cetáceos emplean el sonido para detectar y capturar las presas, para orientarse, detectar los depredadores y comunicarse con otros miembros del grupo o de otros grupos.

Señales acústicas en los odontocetos

Las señales producidas por los cetáceos van desde infrasonidos (< 20 Hz), producidos por las grandes ballenas, hasta ultrasonidos (> 20 kHz), como los clicks de las marsopas, pasando por el rango audible (20 Hz - 20 KHz) como pueden ser los silbidos y clicks de delfines y cachalotes, siendo los cetáceos más sensibles a los sonidos en el rango de su vocalización.

Podríamos agrupar las señales producidas por los cetáceos en sonidos tonales o silbidos (whistles), señales pulsadas breves o chasquidos (clicks) y señales pulsadas menos definidas como lloros, gemidos (moans), gruñidos,.... También gritos (craking) que están constituidos por series de chasquidos.

En general las especies que emiten silbidos suelen ser sociales y vivir en grandes grupos como es el caso de los delfines, y las que no emiten silbidos van en grupos de pocos individuos o aislados, pero hay alguna excepción, a esta afirmación, como puede ser el caso de los cachalotes o las orcas; estas especies suelen ir en grupos de varios individuos pero no se detecta la emisión de silbidos. En este esquema (adaptado de Potter y Delory, 1999) se puede observar la presencia del ruido natural y antropogénico en el mar donde se superponen la contaminación acústica (rojo) a los sonidos naturales (azul) y biológicos (verde).



INDEMARES



Sonidos tonales: Los silbidos

La mayoría de los silbidos producidos por los cetáceos tienen una frecuencia menor a 20 KHz, encontrándose dentro del rango audible para los humanos. Durante los silbidos la frecuencia va variando, así como las amplitudes de las porciones ascendentes y descendentes.

El patrón de frecuencia del silbido puede ser modulado, ascendente, descendente, ascendente-descendente o descendente-ascendente; estando constituido el silbido por uno de estos patrones aislado o repetido, o por una combinación de los distintos tipos.

No podemos afirmar con total certeza cuál es la función de los distintos sonidos producidos por los cetáceos, pero los estudios realizados hasta lo de ahora nos hacen pensar que la producción de silbidos esté relacionada con una función social. Los odontocetos producirían los silbidos para comunicarse con otros individuos dentro del grupo, sobre todo sería importante para mantener la cohesión madre- cría.

Estudios recientes indican la existencia de los llamados "silbidos firma" en delfines. Cada individuo de delfín emitiría un silbido característico que sería similar al nombre para las personas.

Señales pulsadas breves: chasquidos (clicks) de ecolocalización

Mediante la ecolocalización los cetáceos odontocetos obtienen una información precisa y detallada del medio: pueden detectar objetos a grandes distancias diferenciando en forma y composición.

Las señales empleadas son de promedio y alta frecuencia, alta intensidad y direccionales. Cuanto mayor sea la frecuencia de la señal menor va a ser la distancia a que se pueda transmitir pero mayor va a ser la resolución, lo que facilitará la detección y reconocimiento del objeto. La frecuencia de estas señales variará de unas especies a otras.

Otra característica de las señales de ecolocalización es la frecuencia de repetición. La frecuencia de repetición puede definirse como el número de eventos (señales) por unidad de tiempo. Las repeticiones de señales en el tiempo dependen de la frecuencia de repetición y se denomina serie o tren de clicks.

Los odontocetos emplearían la ecolocalización para relación con el medio, funciones sociales y detección y captura de presas.

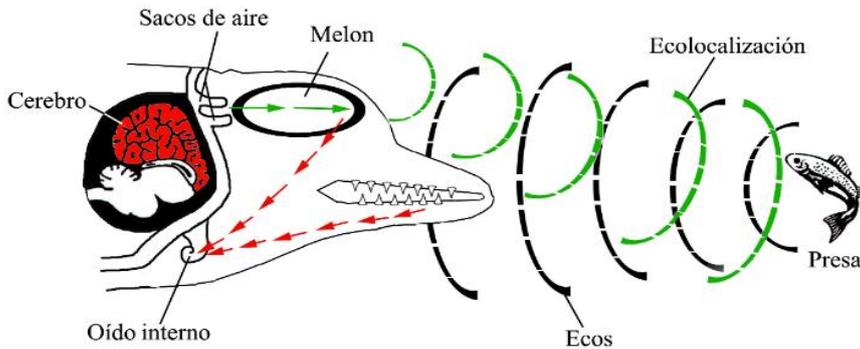


INDEMARES



Señales pulsadas poco definidas

Sonidos variados de diferente tipo: lloros, gemidos (moans), trilos (trills), mugidos (moos), gruñidos, etc.



Emisión y recepción del sonido en odontocetos

Los delfines emiten de forma continua chasquidos y silbidos. Los primeros consisten en pequeños pulsos de 300 sonidos por segundo que se generan desde un complejo de sacos aéreos situados justo debajo del espiráculo y que se utilizan para la ecolocalización de los objetos, funciona como un sonar.

Los pulsos de sonidos se emiten desde su cabeza, la estructura que permite la propagación de los sonidos está situada en el melón, que es un abombamiento de la frente que está situada justo debajo y delante del espiráculo y sobre los maxilares y premaxilares superiores, consta principalmente de un paquete de grasa y aceite, rodeada de musculatura, y actúa como una pantalla acústica que mejora la resolución de la emisión de sonidos.

Al igual que el sistema utilizado por los murciélagos, estos pulsos de sonidos retornan al delfín en forma de ecos después de rebotar en los objetos que se encuentran en su camino.

El animal analiza los ecos para desplazarse y para calcular la distancia y el lugar en el que se encuentran sus presas, algunas veces tan pequeñas como un camarón.

La mandíbula está formada por un hueso especial, presenta un grosor fino y tiene una estructura dura, casi vítrea, está hueca casi en su totalidad ensanchándose en su parte trasera, en su interior se disponen una estructura aceitosa que ayuda a la transmisión del eco reflejado por los objetos, siendo dirigido a la zona posterior, hacia el oído.

Distancias de detección

Se toma una esfera de 7.6 cm de diámetro como objeto a escanear por uno delfín entrenado. Fue detectado en el 50% de los casos a 113 metros de distancia. En cambio una esfera de 2,5 cm de diámetro fue detectado en el 50% de los casos a 72 metros de distancia. Una beluga detecta esta esfera a 80 metros y una falsa orca 120 metros.

Función de la emisión de chasquidos:

- Observación de objetos.
- Discriminación sutil de objetos
- Discriminación de las diferencias *morfológicas superficiales.

No se conoce en qué medida los animales utilizan estas diferencias en la naturaleza. La visión interna de los objetos es especulativa. Se sabe que pueden detectar redes de 0.5 mm de diámetro. Frecuencias de 100 KHz pueden detectar las redes a 30 metros. Cuando los animales van en grupo utilizan ecolocalización a pesar de saber que no existen objetos algunos que escanear y que no lo dirigen a otros congéneres por lo que se especula con algún intercambio de información. Las presas podrían quedar aturdidas por el eco. Con unos niveles de 236 Db el 50% de los pescados quedan*aturdidos, desorientados y en estado de shock.

Señales acústicas en los mysticetos

Los odontocetos son los únicos cetáceos que adquirieron una verdadera capacidad de ecolocalización. Pero se tienen algún sentido acústico comparable al de los odontocetos, en el mejor de los casos, es muy primitivo.

Los mysticetos, cetáceos sin dientes y con barbas, utilizan sonidos de baja frecuencia para comunicarse y crean melodías complejas. Se caracterizan por emitir señales pulsadas y de baja frecuencia (20 Hz). Este tipo de sonidos tienen mayor longitud de onda y, por lo tanto, recorrerán mayores distancias que los de alta frecuencia. Esto supondrá una ventaja para animales que migran grandes distancias y están separados cientos de kilómetros de otros individuos de su especie, como es el caso de muchas especies de ballenas.

Existen algunos datos referentes a algunas especies que emiten chasquidos de frecuencia bastante concreta y se propuso que podrían tener la función del sonar: detectar objetos y determinar la profundidad. Sin duda esa información sería útil para los mysticetos, si por ejemplo, pudiera recibir información sobre la topografía del fondo durante sus largas migraciones estacionales a lo largo de los mares, esto les permitiría reconocer determinados puntos característicos (montes submarinos, dorsales oceánicas, fosas profundas,...) y utilizarlas como hitos en su camino. Más de momento es simple hipótesis.



INDEMARES



5.- CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MARINA

Desde mediados del siglo XX, la investigación acústica imprimió un esfuerzo sustancial sobre el estudio de los cetáceos, por lo que se dispone hoy de muchos datos científicos sobre su sistema acústico y su dependencia de las señales acústicas como fuente de información y sistema de comunicación en medio marino.

El ruido submarino producido por actividades humanas aumenta cada día e incluye el tráfico marítimo, la explotación y producción de gas y petróleo, lo sonar industrial y militar, las fuentes sonoras de experimentación industrial, los explosivos submarinos, etc. De hecho, no existe ningún rincón del mundo que no esté afectado por la contaminación acústica.

Dentro del conjunto de los factores de riesgo que pesan sobre el hábitat marino, esta contaminación constituye una de las mayores amenazas a corto plazo y escala mundial para el equilibrio de los océanos. Dado que los cetáceos dependen del son en todos los aspectos de sus vidas, no cabe duda de que son especialmente vulnerables a las fuentes de ruido artificial.

Los cetáceos son altamente dependientes de su sistema auditivo para su supervivencia.

Los cetólogos están cada vez más preocupados por la contaminación acústica de los océanos derivada del intenso tráfico marítimo, los muestreos sísmicos, la extracción del petróleo o los dispositivos de sonar, elementos que pueden estar teniendo importantes impactos negativos en muchas especies.

Estudios referentes a las respuestas de los cetáceos a la contaminación acústica incluyen la evitación a la fuente del ruido y la alteración del comportamiento.

Algunos odontocetos ocasionalmente se acercan a embarcaciones y nadan cerca de ellas, y cetáceos habituados al tráfico marino se aproximan a los barcos, aparentemente para socializar

Más, los conocimientos a respecto de los efectos del ruido en la fisiología y psicología de los mamíferos marinos son aún escasos.

La constatación de mortalidades masivas y de cetáceos en diferentes aguas del mundo, parece claro que las fuentes de ruido, los diferentes niveles de intensidad, pueden afectar de forma negativa las poblaciones de cetáceos.

El impacto de estas fuentes puede variar de forma significativa, desde causar molestias y desplazamiento de poblaciones o lesiones de distinta gravedad en el sistema auditivo: de ligeras reversibles, crónicas e irreversibles produciendo sorderas permanentes y hasta la muerte inmediata del animal.

La modernización y el aumento del tráfico marítimo, junto con prácticas de exploración geológica, prospecciones petrolíferas y el empleo militar de sonar activos



INDEMARES



ocasionaron efectos negativos en la fauna marina y en los cetáceos. Nos últimos años, en el Estado Español afectaron a las poblaciones de cetáceos existentes en las aguas del Golfo de Vizcaya, Islas de Canarias, Estrecho de Gibraltar, costa Mediterránea e Islas Baleares.

Las plataformas petrolíferas afectan a la distribución de las ballenas a distancias de más de 50 km. A pesar de todo, no existen experimentos que lo demuestren cómo causa y efecto.

Niveles de 143 db en el rango de 20 a 1000 Hz fueron determinados a 1 km de una plataforma de petróleo de California, lo que indica que un amplio rango de frecuencias son audibles la distancias significantes de esas plataformas. Los taladros utilizados en la extracción de petróleo generan sonidos con fuertes tonos en bajas frecuencias (< 20 Hz)

El conocimiento científico actual sobre el efecto del ruido en mamíferos marinos y su hábitat es insuficiente para entender la relación entre frecuencias, intensidades y duración de las exposiciones que pueden llevar consecuencias negativas.

Ante estas incertidumbres se considera que:

“El diseño de parámetros objetivos para asesorar la conservación de la biodiversidad marina es necesario para establecer normativas nacionales y europeas sobre contaminación acústica marina (López et al, 2003)”.

En esta línea la CEMMA adecuó la metodología de la investigación acústica a sus trabajos de investigación marina, aplicándola como herramienta de monitorización habitual y como herramienta de conservación de la biodiversidad.

6.- INVESTIGACIÓN BIOACÚSTICA

Antecedentes de los estudios de acústica en Galicia

Ría de Vigo y Ensenada de Baiona

Desde o ano 2003, a CEMMA comenzó a desarrollar los primeros estudios de cetáceos en Galicia, mediante el proyecto “*Variaciones poblacionales de Delfín mular y Marsopa después del vertido del Prestige en el ámbito del Parque Nacional de las Islas Atlánticas y aguas exteriores*”, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente. Se incorporaron los primeros T-POD (Passive Porpoise Detector), y se procedió a su colocación en bateas de la Ría de Vigo y de la ensenada de Baiona. El estudio propuesto tenía como principal objetivo, mejorar el conocimiento actual sobre las poblaciones de Delfín mular (*Tursiops truncatus*) y Marsopa (*Phocoena phocoena*).

Más concretamente se trataría de objetivar su distribución temporal, grado de residencia y uso del hábitat en las áreas de las Islas Estelas, ensenadas de San Simón y Baiona así como en las áreas contiguas do Parque Nacional de las Islas



INDEMARES



Atlánticas (Costa da Vela y ensenada de Cangas). Básicamente se trata de establecer de modo experimental la idoneidad de la metodología acústica pasiva y omnidireccional en el seguimiento de los delfines mulares y las marsopas de la costa gallega.

Se obtienen los primeiros registros acústicos (gráficos) de delfín mular (*Tursiops truncatus*) y de marsopa (*Phocoena phocoena*) en la zona de Moaña en la Ría de Vigo y en la zona de las bateas de Panxón y de la ensenada de Baiona.

Estos registros se utilizaron como indicativo da presencia de los animales en las diferentes áreas establecidas para su estudio.

Proyecto “Os sons do mar”

Diseño, elaboración y puesta a punto de nuevos aparatos (los SEDRA, por la empresa Marexi) para el registro acústico de cetáceos en las aguas de Galicia, proyecto financiado por la Fundación Pedro Barrié de la Maza.

Colocación de T-POD’s en bateas de las Rías de Arousa, Pontevedra, Vigo ensenada de Baiona.

Implementación del hidrófono de arrastre como herramienta de estudio en las campañas de prospección en aguas da plataforma de Galicia.

Pruebas y puesta a punto de los SEDRA en las bateas.

Se obtuvieron los siguientes resultados preliminares:

- La presencia de delfín mular (*Tursiops truncatus*) y más frecuente no interior das rías.
- A presencia de marsopa (*Phocoena phocoena*) y más frecuente en el exterior de las rías.
- Formulación de la hipótesis: ¿posible segregación espacial entre las dos especies?
- El margen Sur de las rías se encuentra más degradado (presencia nula de cetáceos debido a elevada contaminación acústica causada por el tráfico marítimo y la presencia de puertos de importancia).
- Mayor presencia de cetáceos en el margen Norte de las rías (debido a las causas anteriores).
- Primeros pasos para la elaboración de un mapa acústico de las rías.
- Diseño, construcción e puesta a punto dos SEDRA (permiten o registro acústico gráfico y sonoro, mayor autonomía y mayor capacidad de almacenaje de datos en formato digital).
- Primeros registros acústicos de cetáceos (Delfín común, *Delphinus delphis*) en las aguas de la plataforma de Galicia mediante el uso do hidrófono de arrastre en las campañas de prospección marítima.

Proyecto “Amigos do mar Século XXI.

El objetivo final de este proyecto es contribuir a aportar información sobre los cetáceos, tanto mediante la dotación de medios para el funcionamiento de la CEMMA



INDEMARES



como con la puesta en marcha de nuevas técnicas de estudio. Siendo financiado por la Consellería de Medio Rural.

Objetivos específicos:

- Dotar a los equipos de la CEMMA de medios y materiales necesarios para el trabajo de estudio del medio y de las especies, coordinación de equipos y garantía de medios para el voluntariado.
- Establecer materiales y métodos de verificación de las poblaciones y estudio de su comportamiento de una forma no intrusiva.

7.- INVESTIGACIÓN ACÚSTICA LIFE INDEMARES

El **Objetivo principal** de este estudio es la comparativa de los datos obtenidos de forma visual con los obtenidos a través de la acústica y ajustar el valor de la detectabilidad de las especies de cetáceos.

Los **Objetivos específicos** son:

- Establecer materiales y métodos de validación de las poblaciones y el estudio de su comportamiento de una forma no intrusiva.
- Incorporación de material de divulgación de acústica a la edición de materiales de educación ambiental, vídeo y libro, generales del proyecto LIFE INDEMARES de la CEMMA.

ACCIONES

ACCIÓN 1: Preparación del instrumental.

- Adquisición de materiales técnicos.
- Instalación en las embarcaciones a utilizar.
- Preparación y entrenamiento del personal en su funcionamiento.
- Establecimiento de las campañas.

ACCIÓN 2: Campañas de prospección desde la embarcación por el Cañón de Avilés y el Banco de Galicia con el hidrófono de arrastre.

- Realización de dos campañas de 6 días cada una para el Cañón de Avilés, durante los años 2009, 2010 y 2011.
- Realización de una campaña de 8 días para el Banco de Galicia, durante los años 2009, 2010 y 2011.
- Establecimiento de bancos de material gráfico y acústico.
- Recopilación y elaboración de datos.

ACCIÓN 3: Divulgación y difusión. Recogida de material videográfico de alta calidad y edición de materiales de educación ambiental.

Material adjunto al material de educación medio ambiental general del proyecto presentado por CEMMA, video y libro.

- Se pretende llevar a cabo estudios de distribución poblacional, comportamiento social en base a la acústica e identificación en base al material videográfico.
- Realización de un MAPA ACÚSTICO, para exponer de una forma visual las grabaciones acústicas obtenidas, definiendo especie, localización, espectrograma y grabación sonora.



INDEMARES



- Con el material gráfico recogido se elaborará material de educación ambiental mediante la edición de materiales divulgativos y educativos, vídeo y libro, sobre la acústica, la metodología y resultados de las investigaciones realizadas.

7.1.- ACCIÓN 1: Preparación del instrumental

Para la realización de este punto estuvimos los primeros meses del 2009 trabajando en la adquisición del diferente equipamiento y el trabajo de preparación y entrenamiento del personal, encargado del proyecto, como la adquisición del equipamiento necesario para llevar a cabo las diferentes campañas que teníamos propuestas.

- Adquisición de materiales técnicos.
- Instalación en las embarcaciones a utilizar.
- Preparación y entrenamiento del personal en su funcionamiento.
- Establecimiento de las campañas.



Adquisición de materiales técnicos

El **Hidrófono de arrastre** es una herramienta fundamental para llevar a cabo censos acústicos, que permiten la detección de la presencia de los animales a través del sonido, aun que no sean avistados. Además permite la grabación y creación de archivos y bancos de estos sonidos que permitan caracterizar de forma más clara las especies de cetáceos que sean objeto del estudio.

El sistema consiste en un hidrófono sujeto a un cable de una longitud determinada, en este caso 100 m., que se lleva en arrastre por la popa de la embarcación utilizada para los embarques. En el barco, el extremo del cable va conectado a la parte electrónica necesaria para la recogida y registro de las señales.



Recogida de las señales

El funcionamiento del hidrófono se ajusta a los principios básicos de trabajo de estos aparatos. Se trata de un transductor piezoeléctrico que recoge las variaciones de las ondas de presión que se desplazan por un medio elástico, en este caso el medio acuático. El transductor va protegido en una carcasa plástica que hace las veces de aislante. El transductor junto con la carcasa conforma lo que sería el hidrófono. Este tipo



de hidrófonos suelen ser multidireccionales, lo que quiere decir, que son capaces de recibir señales acústicas desde cualquier dirección.

El extremo del cable va conectado a una interface analógica-digital, que transforma la señal acústica analógica recogida por el hidrófono, a formato digital.

Seguidamente, la interface se conecta con una grabadora digital que registra el sonido en dicho formato. Gracias a que podemos conectar unos auriculares a la grabadora, se puede escuchar el sonido registrado por el hidrófono en tiempo real.

Metodología de trabajo con Hidrófono de Arrastre

A metodología de trabajo con hidrófono de arrastre es muy específica. Pasa por el establecimiento de un área geográfica de estudio, la temporalización y el diseño de los muestreos, la logística y preparación de la plataforma para llevar a cabo el trabajo, la adecuación del aparataje a dicha plataforma, el desarrollo de las pruebas que sean necesarias, y finalmente la realización de los muestreos.

Para llevar a cabo el censo acústico con el hidrófono de arrastre, se diseñaron una serie de transeptos. En el momento del diseño se intentó cubrir la mayor cantidad de superficie posible.

Para la realización de los muestreos acústicos se utilizó un hidrófono de arrastre omnidireccional. Se trata de un hidrófono modelo C54XRS, fabricado por Cetacean Research Technology. Permite registrar frecuencias entre 0,006 e 203 kHz, y tiene una ganancia de 20 dB y una ganancia efectiva de -165 dB (re 1V/ μ Pa) (diferencia entre la ganancia y la sensibilidad del transductor).



El hidrófono va conectado a un cable de 100 metros de longitud, especialmente preparado para el trabajo submarino en el agua salada.

El extremo del cable se conecta a una caja interface analógico-digital, que funciona con una pila de 9 V, que es la fuente de energía del hidrófono. Para nuestro trabajo adquirimos un filtro de alto paso de 500 Hz, que va colocado entre la interface y la grabadora digital. Este filtro permite eliminar todas las frecuencias por debajo de los 500 Hz, lo que evita la captación en el registro de los ruidos de fondo que pueden interferir en el objetivo del trabajo.



Después, el filtro se conecta a una grabadora digital. Se trata de una grabadora digital profesional compacta, modelo M-AUDIO Microtrack II 24/96, con soporte para

gravar sonidos de elevada frecuencia, de hasta 96 kHz. Esta grabadora almacena las grabaciones en una tarjeta Compact Flash, que puede ser descargada en un ordenador con un lector de tarjetas o a través de una conexión USB. Se utilizaron dos tarjetas de este soporte, una de 8 GB y otra de 2 GB.

Conectado a la grabadora, teníamos un juego de auriculares Panasonic de alta fidelidad, para poder escuchar la grabación registrada en tiempo real.

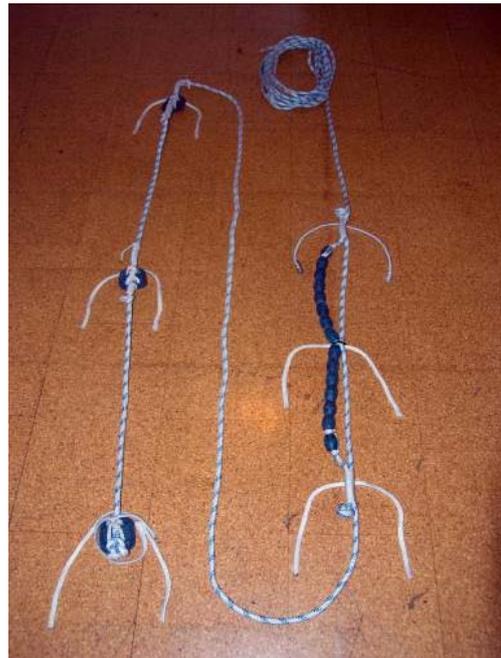
Para la fijación del sistema la plataforma de trabajo, se ideó un sistema de costuras de cabos y mosquetones, que además de amarrar el conjunto del cable y el hidrófono a la embarcación, permitió proteger el cable y aliviar las tensiones que sufre el mismo debido a la resistencia generada por el agua durante la navegación.

La velocidad máxima a la que puede trabajar el hidrófono es de 8 nudos. A partir de esta velocidad se genera mucha tensión, y el hidrófono no se hunde, por lo que iría rebotando por la superficie del agua. Se puede trabajar a velocidades menores, e incluso con la embarcación totalmente parada, solo habría que vigilar la profundidad de la zona por la que se está navegando.

Finalmente, se elaboró un sistema para lastrar el cable desde la popa de la embarcación. La medida favoreció el hundimiento del propio cable desde el comienzo, y por lo tanto un mayor hundimiento del hidrófono. Esto permite evitar en mayor medida las turbulencias provocadas por el motor de la embarcación, y el ruido de fondo asociado a la misma. El sistema consiste en una línea de cabo lastrada, a la que se le colocan unas guías por las que se introduce el cable.

Es un sistema similar al utilizado en las artes de pesca del bonito, para hundir las líneas, y los anzuelos con el cebo.

Además del hidrófono, siempre se llevaron a bordo varios prismáticos para llevar a cabo observación durante a navegación. También se contaba con una cámara fotográfica réflex digital para documentar los avistamientos y el trabajo a bordo.



Desglosamos estos datos por campaña y año, en la siguiente tabla:

CAÑÓN DE AVILÉS	km CA	KM BG	Horas CA	Horas BG	Registros CA	Registros BG
2009 I	600	1078,61	51	50,65	3	3
2009 II	700		29		1	
2010 I	655	738,986	42,88	62	5	24
2010 II						
2011 I	450,264	1001,683	33	82	9	25
2011 II	451,04		38		10	

Una vez analizadas las 388,53 horas de grabaciones, los datos que obtenemos de los diferentes registros son:

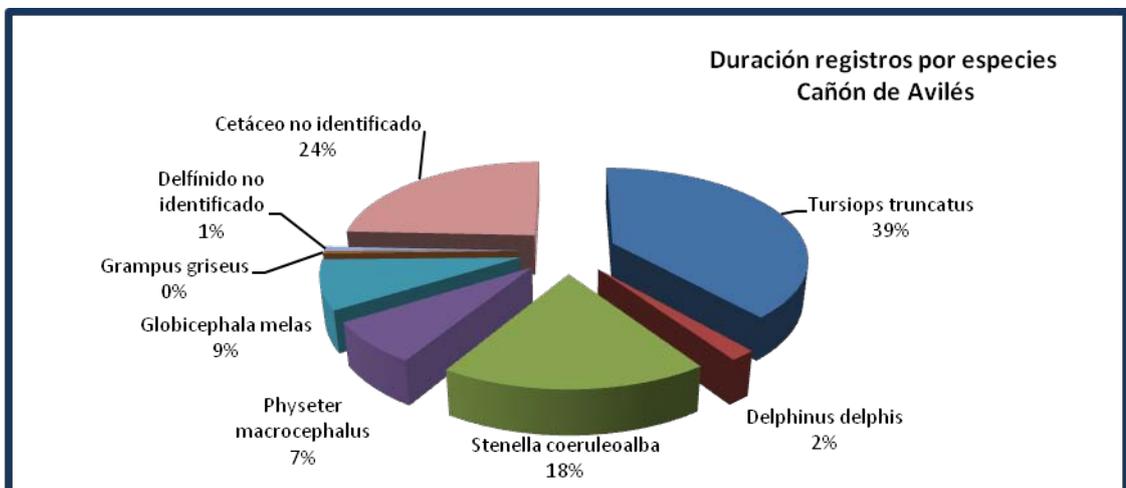
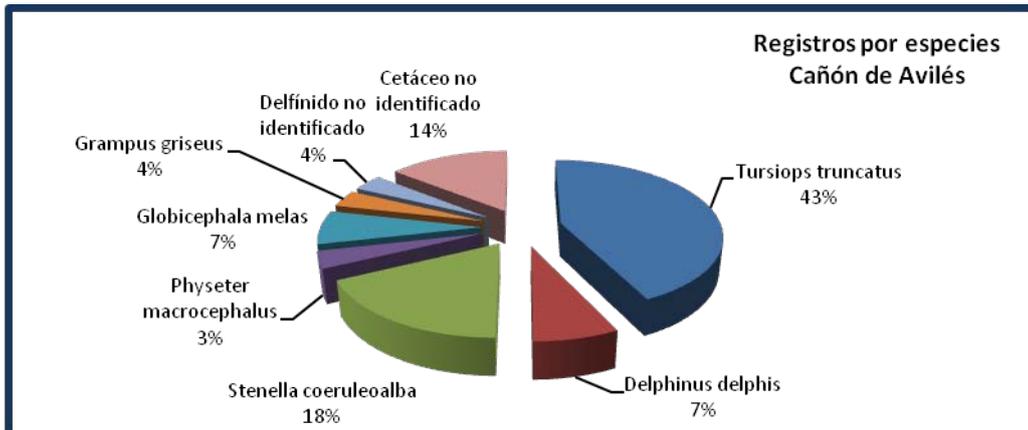
• CAÑÓN DE AVILÉS (2009-2011)

CAÑÓN DE AVILÉS		
Especies	Nº de registros	Duración
<i>Tursiops truncatus</i>	12	148
<i>Delphinus delphis</i>	2	7
<i>Stenella coeruleoalba</i>	5	70
<i>Physeter macrocephalus</i>	1	28
<i>Globicephala melas</i>	2	33
<i>Grampus griseus</i>	1	1
<i>Delfínido no identificado</i>	1	3
<i>Cetáceo no identificado</i>	4	93



INDEMARES





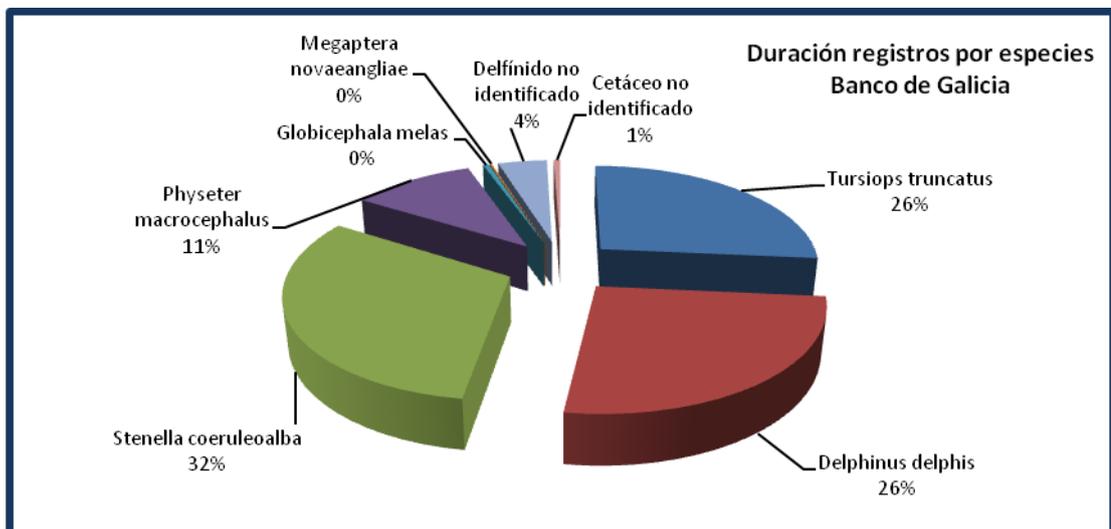
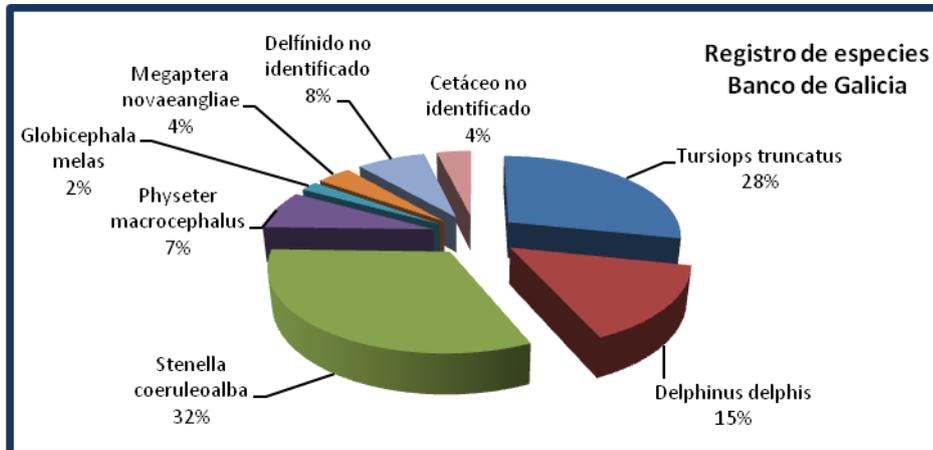
• BANCO DE GALICIA (2009-2011)

BANCO DE GALICIA		
Especies	Nº de registros	Duración
<i>Tursiops truncatus</i>	15	343
<i>Delphinus delphis</i>	8	335
<i>Stenella coeruleoalba</i>	17	409
<i>Physeter macrocephalus</i>	4	138
<i>Globicephala melas</i>	1	7
<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	2
<i>Delfínido no identificado</i>	4	55
<i>Cetáceo no identificado</i>	2	7



INDEMARES





Análisis de los registros acústicos

Los cetáceos, sobre todo los odontocetos, emiten un amplio espectro de señales acústicas, si bien las más reconocidas son dos: los silbidos, como medio fundamental de comunicación dentro de un contexto social; y los chasquidos o “clicks” de ecolocalización, que utilizan para reconocer y controlar su entorno. En este caso, también son el tipo de señales más sencillas de identificar a la hora de llevar a cabo el registro acústico mediante la grabación con un hidrófono.

Tras llevar a cabo la catalogación e identificación de los registros acústicos obtenidos, se procede a su análisis, a través del tratamiento de los sonidos y la obtención de los espectrogramas.



INDEMARES

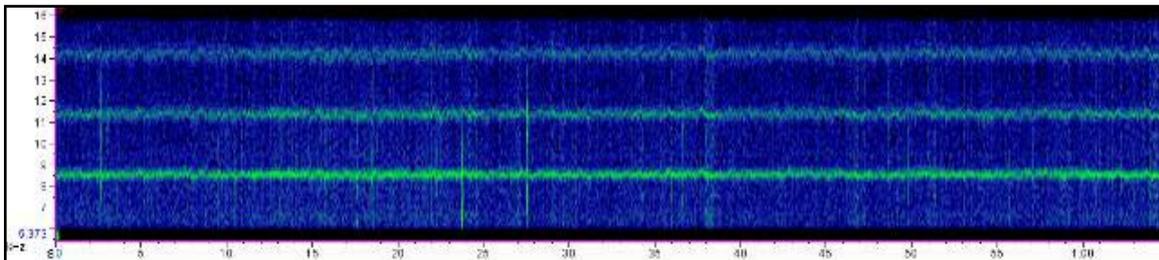


Se trata de varios pulsos de ecolocalización aislados de muy poca duración.

Fueron recogidos el día 26/08 antes de llevarse a cabo el avistamiento, aunque no fue posible identificar la especie.

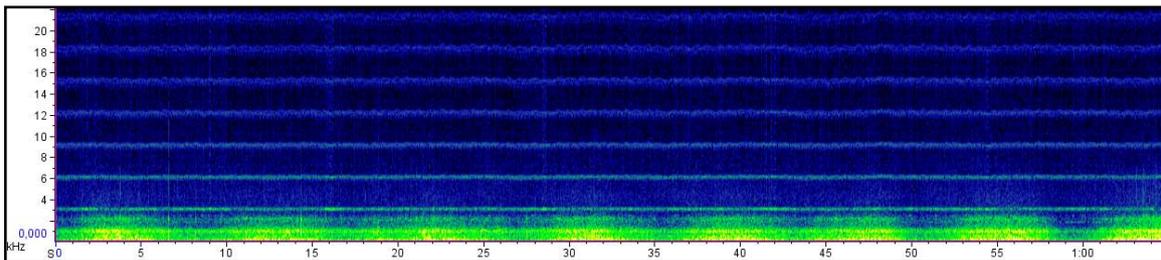
Al tratarse de un registro breve y de muy poca intensidad no ha sido posible identificar la especie.

Registro	CA1_2009_ACUSTICA_C NI_01
Fecha	26/08/2009
Latitud (N)	43° 43,592'
Longitud (W)	005° 58,719'
Hora	10:25
Duración	1
Especie	<i>Cetáceo no identificado</i>
Tipo de registro	Ecolocalización



Pulsos de ecolocalización débiles, correspondientes con el avistamiento de calderón o delfín gris del día 27/08.

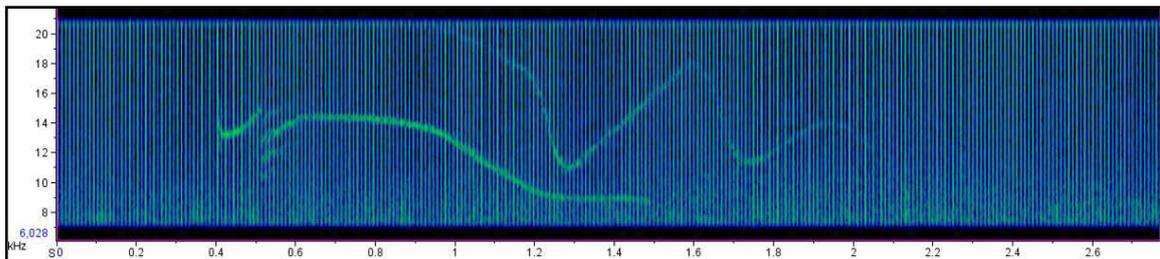
Registro	CA1_2009_ACUSTICA_G GR_01
Fecha	27/08/2009
Latitud (N)	43° 36,657'
Longitud (W)	006° 00,238'
Hora	16:27
Duración	1
Especie	<i>Grampus griseus</i>
Tipo de registro	Ecolocalización



Banco de Galicia

Registro de silbidos de delfín listado. Se observa como el rango de frecuencias varía entre los 8 kHz y los más de 20 kHz en algunas ocasiones.

Registro	BG_2009_ACUSTICA_SC O_01
Fecha	18/09/2009
Latitud (N)	42° 36,359'
Longitud (W)	012° 08,624'
Hora	14:44
Duración	4
Especie	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos



INDEMARES

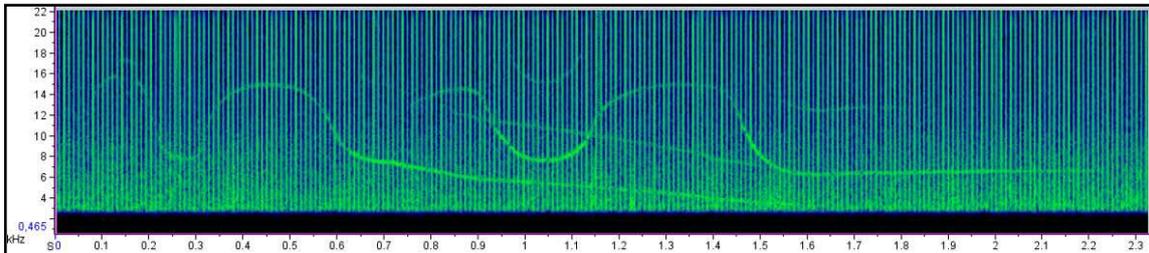


Registro de silbidos obtenido durante el avistamiento de delfín mular llevado a cabo el día 18/09.

Gracias a la cercanía de los animales se obtuvieron registros claros y de gran intensidad.

En el espectrograma se aprecian los patrones de modulación de los silbidos y se distinguen al menos 4 individuos silbando a la vez.

Registro BG_2009_ACUSTICA_TT	
R_01	
Fecha	18/09/2009
Latitud (N)	42° 51,176'
Longitud (W)	011° 42,995'
Hora	19:08
Duración	1
Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización

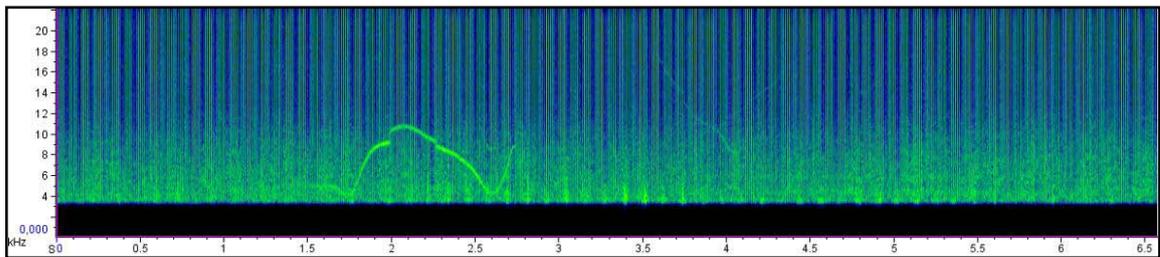


Registro de silbidos muy claros, y de gran intensidad gracias a la cercanía de los animales a la embarcación.

Se aprecian los registros de varios individuos emitiendo a la vez.

Incluso en varios espectrogramas se observa el mismo patrón, lo que indica que se trata del mismo individuo silbando.

Registro BG_2009_ACUSTICA_SC	
O_02	
Fecha	19/09/2009
Latitud (N)	42° 43,983'
Longitud (W)	011° 31,749'
Hora	18:37
Duración	4
Especie	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos



INDEMARES

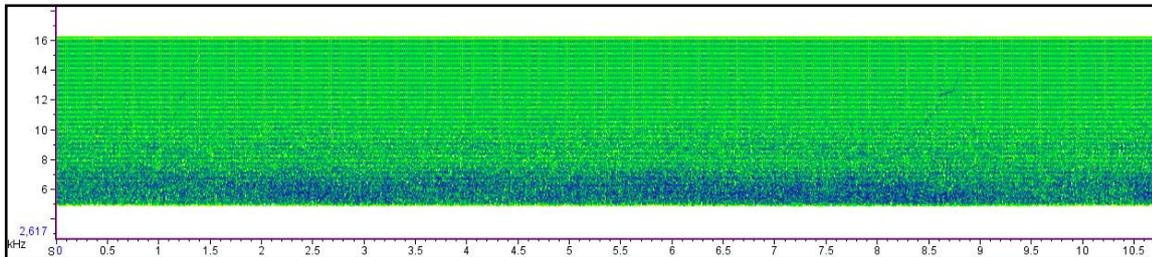


Cañón de Avilés II

Se obtuvieron registros de silbidos de delfín listado, aunque son muy breves y de muy poca intensidad, debido a que los animales se encontraban a una distancia considerable. Es el único registro obtenido en la campaña.

El espectrograma se encuentra algo saturado, a veces ocurre debido a las condiciones de mar y viento, o al ruido del motor.

Registro	CA2_2009_ACUSTICA_SC O_01
Fecha	07/10/2009
Latitud (N)	43° 52,658'
Longitud (W)	006° 18,428'
Hora	12:38
Duración	1
Especie	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos



INDEMARES



CAMPAÑAS 2010

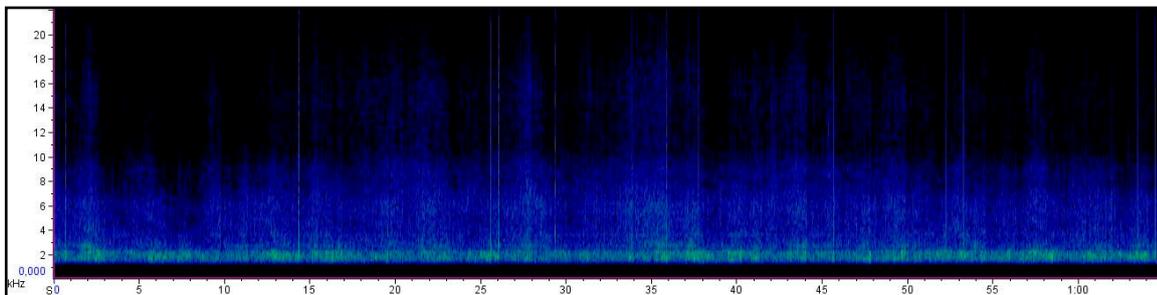
Con la mejora de la metodología específica y la realización de algunos ajustes en la instalación del hidrófono, se obtuvieron mejores resultados en el registro acústico. Las mejores condiciones climatológicas bajo las que se desarrollaron las campañas son otro aspecto a tener en cuenta para explicar el aumento en el número de registros obtenidos.

Cañón de Avilés I

Se trata de pulsos de ecolocalización, registrados de forma constante durante 45 minutos. Al no haber otro tipo de sonidos registrados, es difícil identificar la especie. Pueden ser de delfínidos, pero la ausencia de silbidos indica que puede tratarse de otro tipo, aunque la distancia a la que se pueden encontrar los animales, dificultaría el registro de los silbidos.

A lo largo de la campaña se llevaron a cabo tres registros de características similares. Sin embargo, los animales no fueron avistados en ninguna de las ocasiones, ni se obtuvieron registros más claros, por lo que no fue posible identificar la especie en ninguna de las ocasiones.

Registro	CA1_2010_ACUSTICA_C NI_03
Fecha	29/05/2010
Latitud (N)	44° 00,026'
Longitud (W)	006° 06,019'
Hora	11:55
Duración	45
Especie	<i>Cetáceo no identificado</i>
Tipo de registro	Ecolocalización

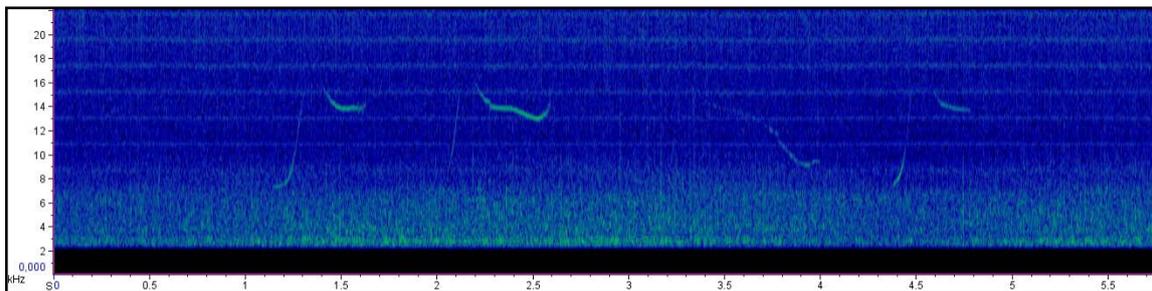


INDEMARES



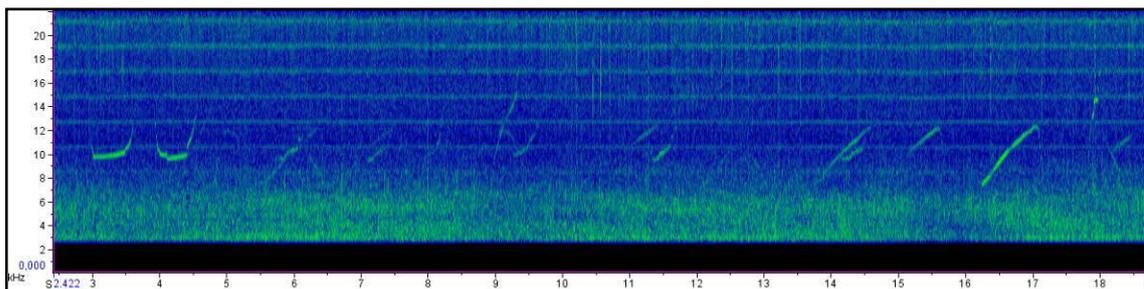
Silbidos y ecolocalización de delfín mular, registrados de un grupo de tamaño medio (12-15 individuos) avistado el día 31/05.

Registro	CA1_2010_ACUSTICA_TT R_01
Fecha	31/05/2010
Latitud (N)	43° 53,267'
Longitud (W)	006° 12,424'
Hora	12:28
Duración	16
Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización



Se registran silbidos y pulsos de ecolocalización de un grupo de delfines de mulares de 10-12 individuos avistado el día 31/05. El registro acústico tiene una duración de 3 minutos.

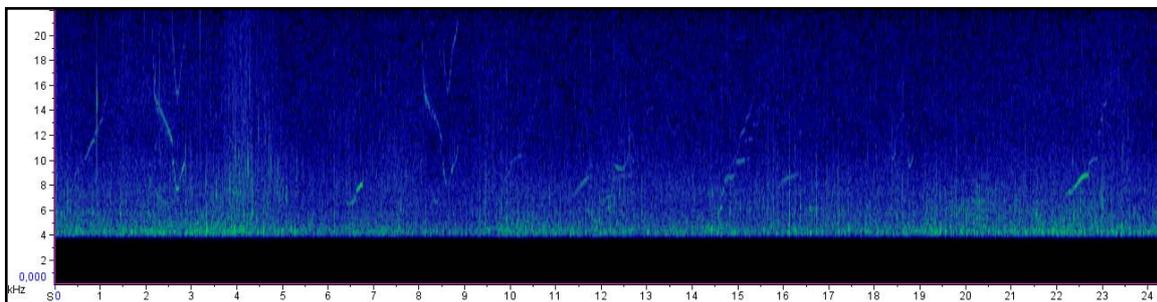
Registro	CA1_2010_ACUSTICA_TT R_02
Fecha	31/05/2010
Latitud (N)	43° 57,903'
Longitud (W)	006° 16,364'
Hora	13:20
Duración	3
Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización



Banco de Galicia

El registro se produce durante el avistamiento de un grupo de delfines comunes y delfines listados mezclados. Se trata de silbidos claros y pulsos de ecolocalización, en algunos casos incluso bufidos. Es complicado diferenciar los registros producidos por cada una de las especies sin llevar a cabo un análisis de los parámetros específicos de los silbidos, ya que las señales de ambas especies son muy similares.

Registro	BG_2010_ACUSTICA_ DDE+SCO_01
Fecha	16/05/2010
Latitud (N)	42° 32,772'
Longitud (W)	010° 59,951'
Hora	8:48
Duración	124
Especie	<i>Delphinus delphis</i> + <i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización



INDEMARES



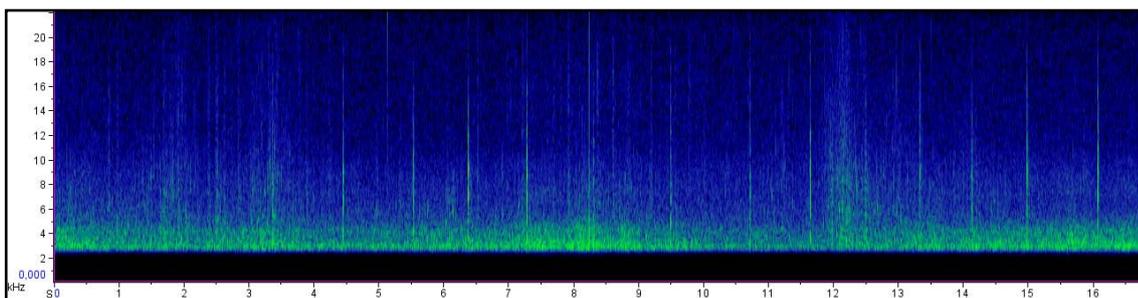
Cabe destacar que el registro es de larga duración; dio comienzo antes de producirse el avistamiento, y siguieron escuchándose bastante después de la finalización del mismo.

Es el primero de los cuatro registros de cachalote que se obtuvieron a lo largo de la campaña. Se trata de pulsos de ecolocalización muy claros.

En ninguno de los casos los animales fueron avistados, lo que indica que podrían encontrarse a una distancia considerable.

También hay que destacar que los cachalotes se caracterizan por emitir este tipo de señales cuando se encuentran sumergidos, bien cerca de la superficie o durante las largas inmersiones que llevan a cabo para la búsqueda de alimento.

Registro	BG_2010_ACUSTICA_PM A_01
Fecha	16/05/2010
Latitud (N)	42° 22.811'
Longitud (W)	011° 14,458'
Hora	11:00
Duración	31
Especie	<i>Physeter macrocephalus</i>
Tipo de registro	Ecolocalización



INDEMARES

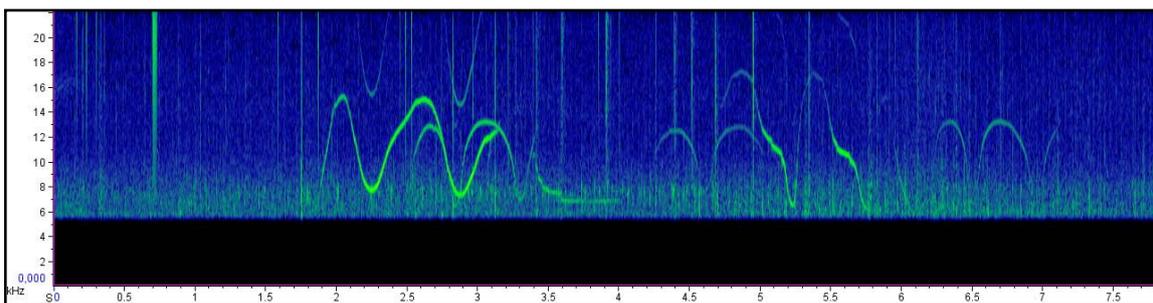


A lo largo de la campaña se obtuvieron un total de 5 registros acústicos de delfín mular.

En este caso se trata de un registro de silbidos y ecolocalización de gran calidad durante el avistamiento llevado a cabo el día 16/05.

Se trata de un grupo de unos 10-15 individuos que pasan muy cerca del barco, y persiguen al barco por la popa justo por donde se encuentra el hidrófono permitiendo obtener registros de gran intensidad.

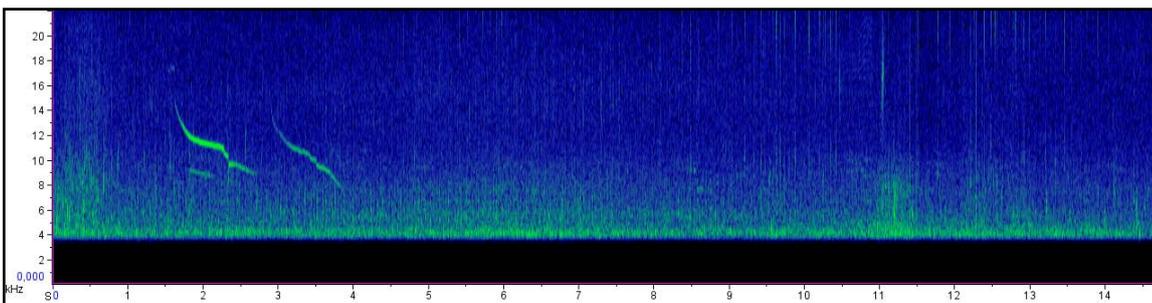
Registro	BG_2010_ACUSTICA_TT R_01
Fecha	16/05/2010
Latitud (N)	42° 11,417'
Longitud (W)	011° 30,959'
Hora	13:33
Duración	10
Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización



Otra de las especies de las que se recogieron varios registros es el delfín común. Se recogieron un total de 5 registros acústicos a lo largo de la campaña.

En este caso se trata de un registro de larga duración, en los que se recogieron silbidos y pulsos de ecolocalización. Cabe destacar la gran duración del registro, a pesar de que los animales no fueron avistados.

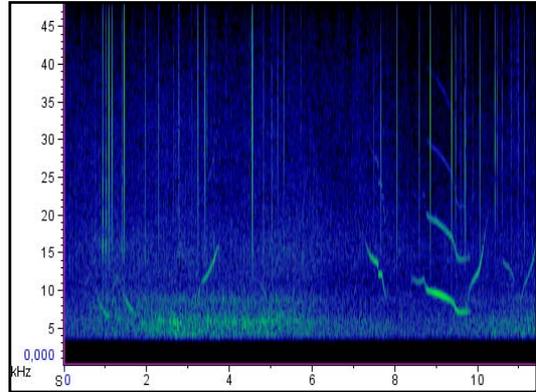
Registro	BG_2010_ACUSTICA_DD E_01
Fecha	17/05/2010
Latitud (N)	42° 49,920'
Longitud (W)	011° 22,012'
Hora	8:41
Duración	48
Especie	<i>Delphinus delphis</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización



CAMPAÑAS 2011

Tras comprobar que la mejora de la metodología durante el año 2010 se tradujo en una mejora significativa de los resultados, durante el año 2011 se introdujeron algunos cambios, como por ejemplo aumentar el rango de frecuencia de adquisición del sonido en el hidrófono.

De esta manera, si durante los años anteriores, la adquisición de los registros se limitaba a los 22 kHz, durante el año 2011 se aumentó hasta los 44 kHz. Con esta corrección, se obtuvieron nuevos registros, pero también se amplió el espectro de adquisición de las señales más típicas (silbidos y pulsos de ecolocalización).



Ejemplo de espectrograma donde se aprecia el aumento en la frecuencia de adquisición de la señal acústica hasta los 46 kHz.

Cañón de Avilés I

Durante la primera campaña al Cañón de Avilés se recogieron 3 registros acústicos de delfín listado.

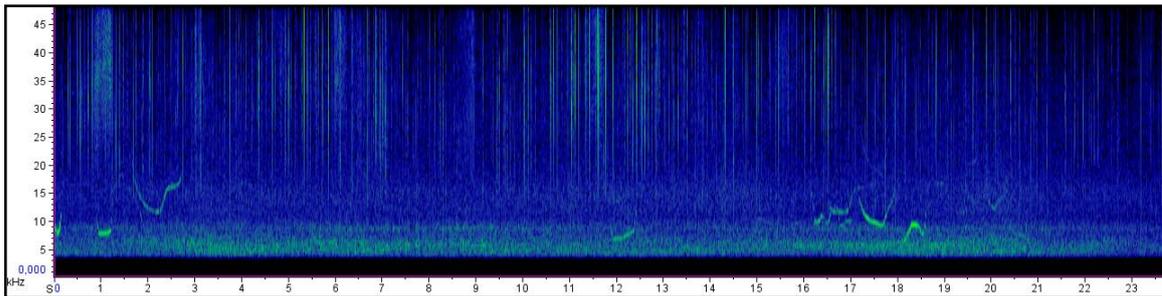


INDEMARES



En este caso se trataba de un grupo muy numeroso de animales, en el que además se observaron delfines comunes. Se registraron silbidos y pulsos de ecolocalización muy fuertes. Probablemente se trataba de un grupo en la búsqueda de alimento

Registro	CA1_2011_ACUSTICA_SC O_01
Fecha	03/06/2011
Latitud (N)	43° 55,832'
Longitud (W)	006° 08,852'
Hora	10:26
Duración	57
Especie	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización

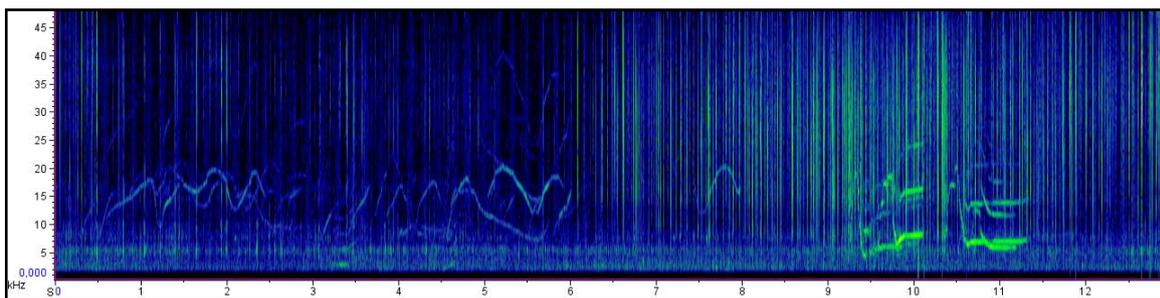


INDEMARES



Registros correspondientes con el avistamiento de un grupo muy numeroso de delfines mulares que mantuvieron una intensa interacción con la embarcación durante la navegación con el grupo para llevar a cabo las fotografías para el proceso de fotoidentificación de la especie. Esto permitió la obtención de registros acústicos de silbidos y fuertes pulsos de ecolocalización de gran calidad e intensidad.

Registro	CA1_2011_ACUSTICA_TT R_03
Fecha	03/06/2011
Latitud (N)	43° 49,673'
Longitud (W)	006° 19,816'
Hora	13:02
Duración	23
Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización



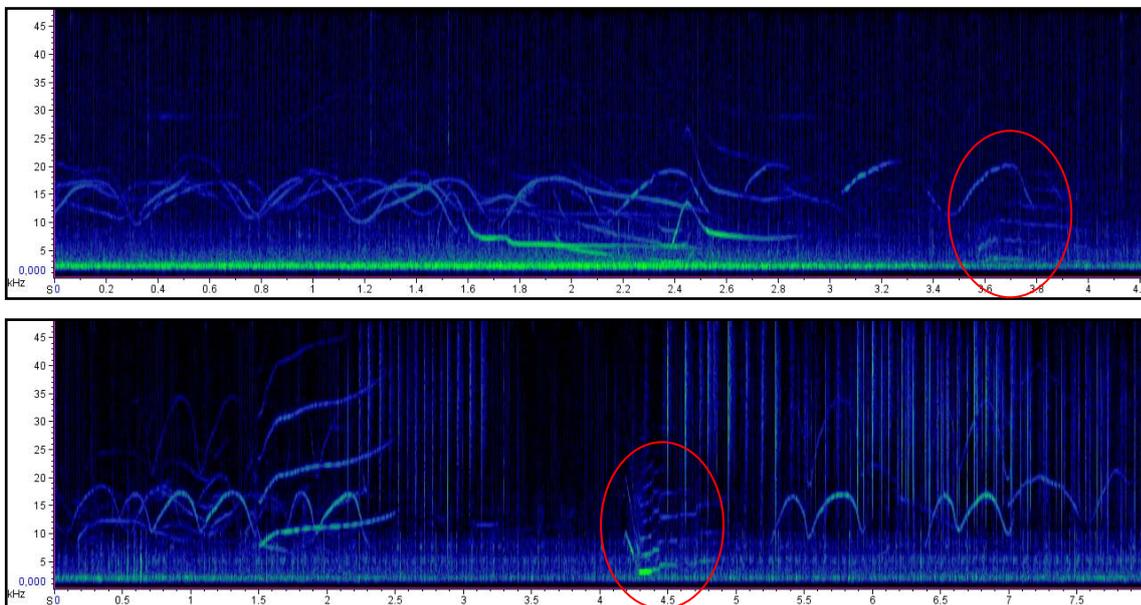
INDEMARES



Se trata de un registro que coincide en el tiempo con el anterior de delfín mular. Sin embargo, no se avistó ningún ejemplar de calderón, se registró su presencia durante el análisis posterior de las grabaciones.

Observando el espectrograma se aprecian claramente los silbidos (entre 7 y 20 kHz) y los pulsos de ecolocalización del grupo delfines mulares que estaban siendo fotografiados, y el registro correspondiente a los calderones es el silbido de 3 kHz que se observa poco después de la mitad del primer espectrograma.

Registro	CA1_2011_ACUSTICA_G ME_01
Fecha	03/06/2011
Latitud (N)	43° 49,483'
Longitud (W)	006° 20,110'
Hora	13:07
Duración	11
Especie	<i>Globicephala melas</i>
Tipo de registro	Silbidos



INDEMARES

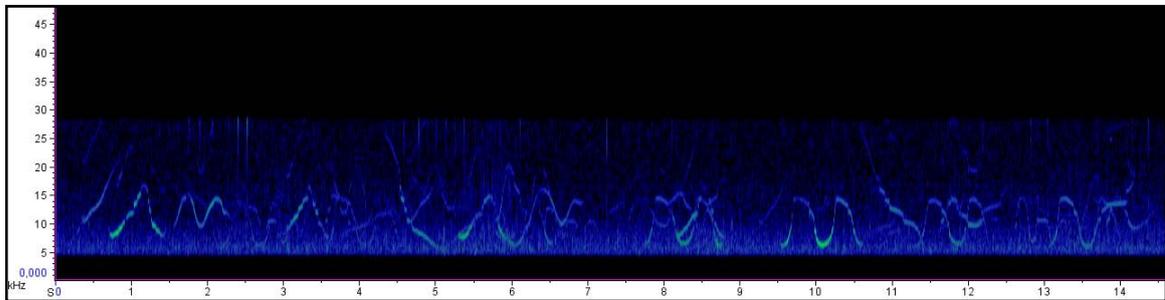


A lo largo de esta campaña se recogieron hasta 10 registros de delfín listado, siendo la especie de la que se consiguió obtener un mayor número de registros.

Además en la mayoría de los casos, la duración de los registros fue considerable. Es un claro indicador de la importancia de ésta área para la especie.

En el caso de este registro, se recogieron silbidos de un grupo muy numeroso, que fue registrado en las grabaciones 20 minutos antes de llevarse a cabo el avistamiento.

Registro	BG_2011_ACUSTICA_SC O_02
Fecha	21/09/2011
Latitud (N)	42° 32,015'
Longitud (W)	011° 12,756'
Hora	18:59
Duración	60
Especie	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos

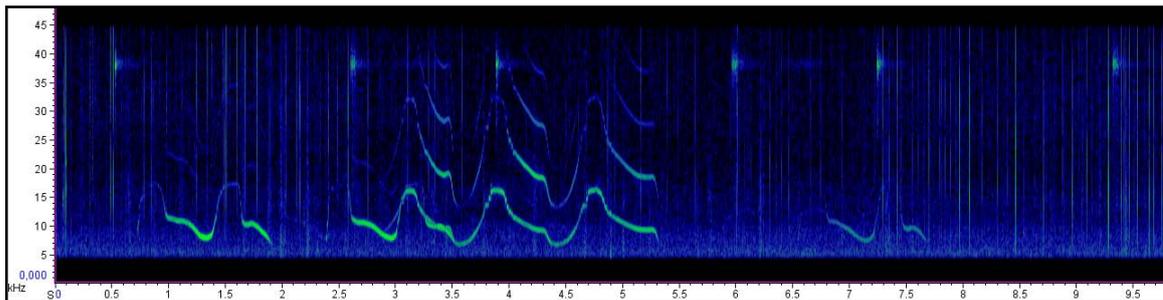


INDEMARES



El delfín mular es la segunda especie de la que se recogieron un mayor número de registros, hasta 9 en total. Al igual que ocurre con el delfín listado, el Banco de Galicia demuestra ser un área de gran importancia para el delfín mular, registrándose su presencia tanto en el censo acústico como en los transectos de observación durante los 3 años de campañas llevadas a cabo en el área. En este caso se trata de un registro de silbidos y pulsos de ecolocalización de gran intensidad recogidos durante el avistamiento de un grupo numeroso que se acercó al barco.

Registro	BG_2011_ACUSTICA_TT R_04
Fecha	24/09/2011
Latitud (N)	42° 52,654'
Longitud (W)	011° 41,078'
Hora	9:52
Duración	39
Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización

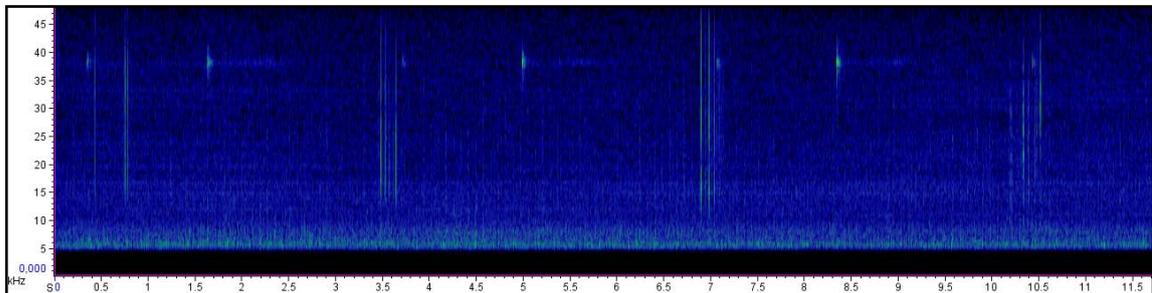


INDEMARES



Durante el avistamiento de un grupo de calderones mezclados con delfines mulares, se recogieron registros de pulsos de ecolocalización de los calderones. Es el primer registro de esta especie en el Banco de Galicia. La importancia de este registro es que los pulsos pueden estar relacionados con la búsqueda de alimento, lo que podría indicar que utilizan esta área para alimentarse.

Registro BG_2011_ACUSTICA_GM E_01	
Fecha	26/09/2011
Latitud (N)	42° 37,559'
Longitud (W)	011° 16,550'
Hora	19:30
Duración	7
Especie	<i>Globicephala melas</i>
Tipo de registro	Ecolocalización



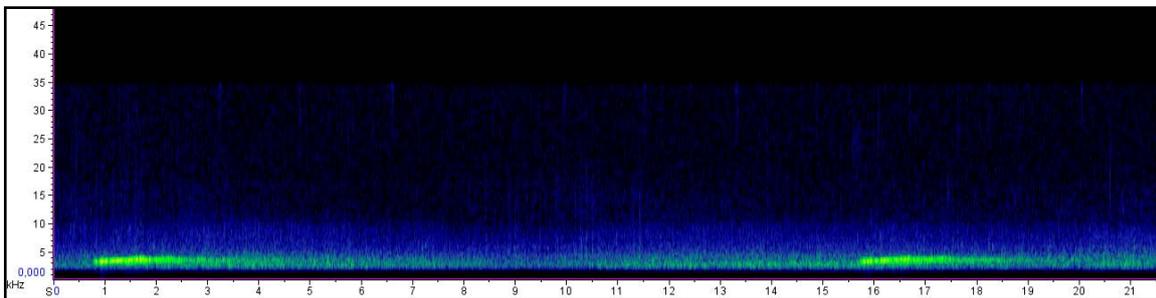
INDEMARES



Se trata de una grabación de gran importancia, ya que es el único registro de yubartas a lo largo de los 3 años de campañas en el Banco de Galicia.

Consiste en cuatro llamadas, que fueron registradas en un período de 4 horas durante el día 24/09. Sin embargo, a pesar de las excelentes condiciones climatológicas, no se avistaron ejemplares de esta especie. Observando el espectrograma, el patrón es exactamente el mismo, lo que indica que se trata del mismo animal. Es posible que se tratara de un solo animal que se encontraba en migración, aunque al tener solo registros acústicos es difícil concretarlo.

Registro	BG_2011_ACUSTICA_MN O_01
Fecha	24/09/2011
Latitud (N)	42° 37,559'
Longitud (W)	011° 16,550'
Hora	17:41
Duración	1
Especie	<i>Megaptera novaeangliae</i>
Tipo de registro	Llamadas

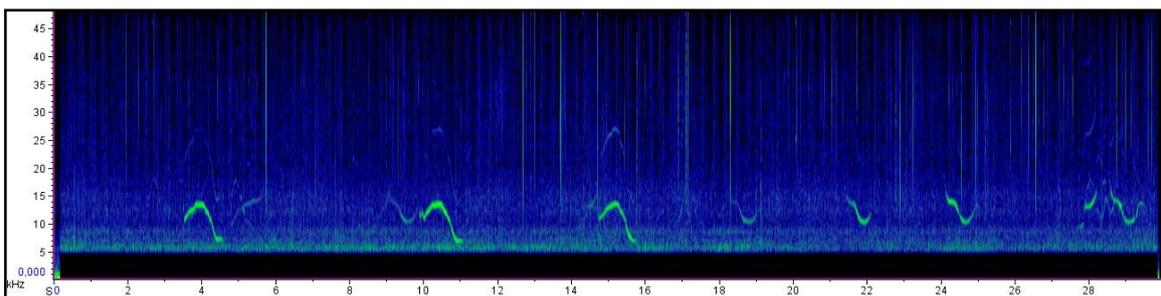


INDEMARES



Es el único registro acústico de delfín listado obtenido en esta campaña. Se trata de silbidos y pulsos de ecolocalización registrados durante el avistamiento de un grupo de pocos individuos que se acercó a navegar en la proa de la embarcación y posteriormente se quedaron atrás, permitiendo que el hidrófono registrara con mayor facilidad los sonidos que estaban emitiendo.

Registro	CA2_2011_ACUSTICA_SC O_01
Fecha	03/10/2011
Latitud (N)	44° 00,058'
Longitud (W)	006° 17,984'
Hora	13:32
Duración	10
Especie	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización

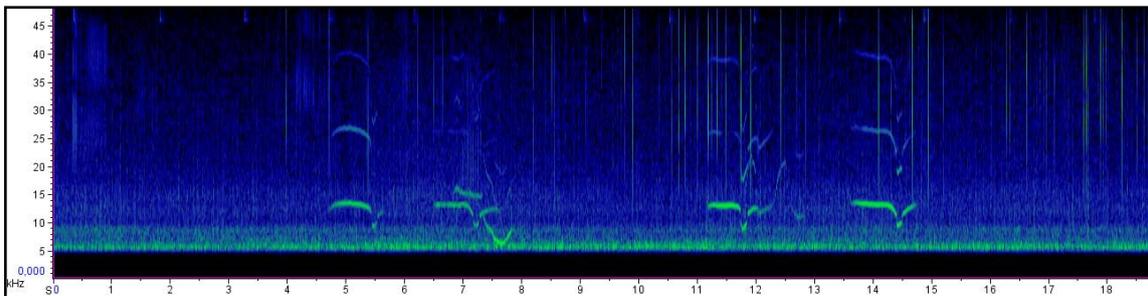


INDEMARES



Se trata de uno de los dos registros de delfín común recogidos en esta campaña. Se recogen silbidos y pulsos de ecolocalización de gran intensidad de un grupo muy numeroso que pasó a una cierta distancia de la embarcación.

Registro	CA2_2011_ACUSTICA_D DE_01
Fecha	04/10/2011
Latitud (N)	43° 52,834'
Longitud (W)	006° 29,860'
Hora	13:30
Duración	6
Especie	<i>Delphinus delphis</i>
Tipo de registro	Silbidos y ecolocalización

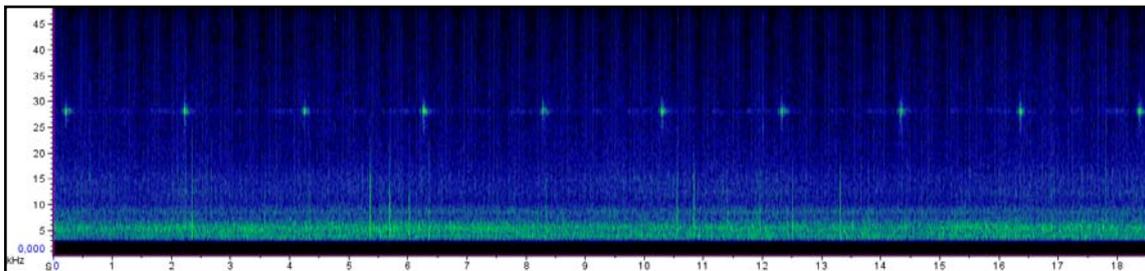


INDEMARES



Es el único registro acústico de cachalote recogido durante las 6 campañas en el área del Cañón de Avilés. Se trata de pulsos de ecolocalización de gran intensidad de un individuo que debía estar sumergido a gran profundidad en la procura de alimento. Se trata de un registro típico para esta especie cuando se encuentran sumergidos.

Registro	CA2_2011_ACUSTICA_P MA_01
Fecha	03/10/2011
Latitud (N)	43° 52,091'
Longitud (W)	006° 24,451'
Hora	15:12
Duración	28
Especie	<i>Physeter macrocephalus</i>
Tipo de registro	Ecolocalización



INDEMARES



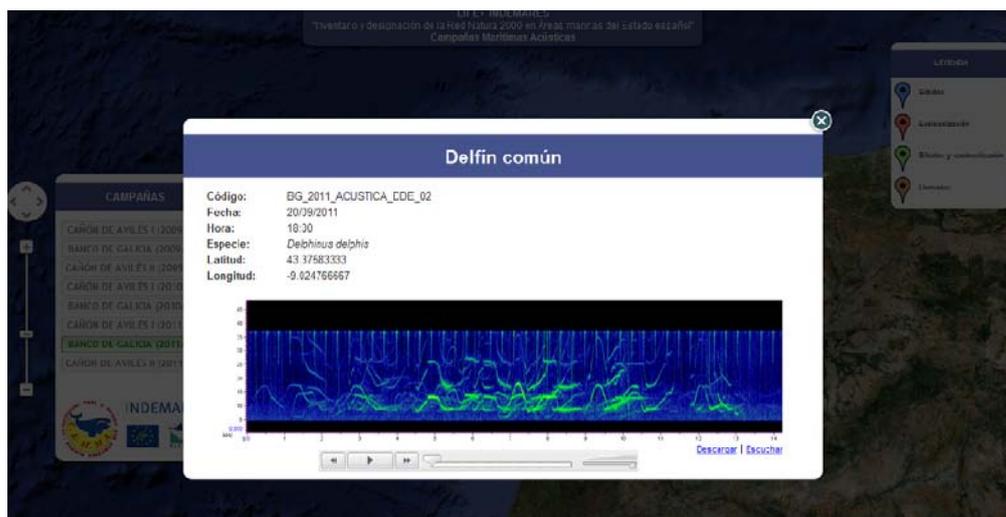
7.3.- ACCIÓN 3: Divulgación y difusión. Recogida de material videográfico de alta calidad y edición de materiales de educación ambiental.

Material adjunto al material de educación medio ambiental general del proyecto.

A parte de los materiales específicos: libro y video, se ha creado un mapa acústico, muy visual, de todos los registros recogidos en las diferentes campañas, en los diferentes años, en el que se muestra la especie, la posición del registro, el espectrograma y la grabación obtenida. Este mapa está colgado, como parte de difusión del proyecto LIFE INDEMARES, en la página web de CEMMA, como difusión del trabajo de bioacústica.

http://www.cemma.org/acustica_indemares/indice.html

Ejemplo de cómo se visualiza el mapa acústico:



INDEMARES

