

Estrategias Marinas en España, implementación del D11: Ruido Submarino

Manuel Bou Cabo
Instituto Español de Oceanografía

ASAMBLEA PROTECMA – Jornada “Retos tecnológicos para la monitorización y reducción del impacto del Ruido Submarino” 22 de Junio de 2021

Índice

- Que son las EEMM?
- ¿Por qué es importante considerar el ruido como un contaminante?
- Descriptor Ruido D11
- Implementación del D11 en España
- Próximos pasos en la evaluación de ruido
- Conclusiones

¿ Que son las Estrategias Marinas ?



Las Estrategias marinas pueden definirse cómo:

Herramientas de gestión destinadas a **alcanzar o lograr el BEA** (GES) en el medio marino, que deben ser definidas por **cada Estado Miembro** para cada región o subregión y que serán actualizadas en plazos de **seis años**.

El BEA debe contemplar el uso sostenible de los mares con un nivel de actividad humana que sea compatible con la conservación de los ecosistemas marinos.

BEA → Es un concepto dinámico que debe evaluarse periódicamente.



Estrategias Marinas
Objetivo: lograr el Buen Estado Ambiental del Medio Marino



Directiva
2008/56/CE
Marco sobre la
Estrategia
Marina



Ley 41/2010, de 29
de diciembre, de
protección del
medio marino

¿ Que son las Estrategias Marinas ?



Descriptor como concepto clave.

Concebidos como “temáticas” en torno a las que estructurar la definición del BEA y la determinación del estado del medio marino.



En azul, descriptores de estado; **en rojo**, descriptores de presiones.

Las Estrategias Marinas se caracterizan por:

- Ciclos de 6 años
- Estructura en 5 fases

Primer ciclo: 2012-2018



Segundo ciclo 2018-2024

- EI, definición BEA, OOAA
- Programas de Seguimiento
- Programas de Medidas- en proceso



¿ Que son las Estrategias Marinas ?



Herramientas de
coordinación a nivel
UE
MSFD Coordinated
Implementation
Strategy (CIS)

Equipo de Estrategias Marinas (ESP)

MITERD-DGCM: Coordinador

Instituto Español de Oceanografía (IEO)

CEDEX

Otros: SEO, Alnilam, UB, etc

Administraciones y organismos implicados en las
distintas fases

10 Comunidades Autónomas litorales

AGE:

MITERD: DGBBD, (+FB, OAPN), DGCEA,
DGPEM, DGA

Otros: SGP, PdE, DGMM (+SASEMAR), MICINN,
etc

Fuerte componente de cooperación regional

- Convenio de OSPAR
- Convenio de Barcelona (UNEP/MAP)
- Reuniones a nivel subregional
- Proyectos específicos



Mediterranean
Action Plan
Barcelona
Convention

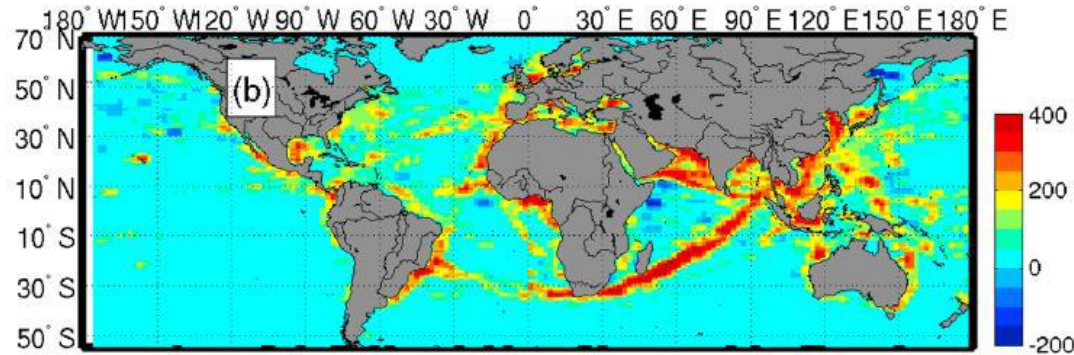


...el ruido como contaminante



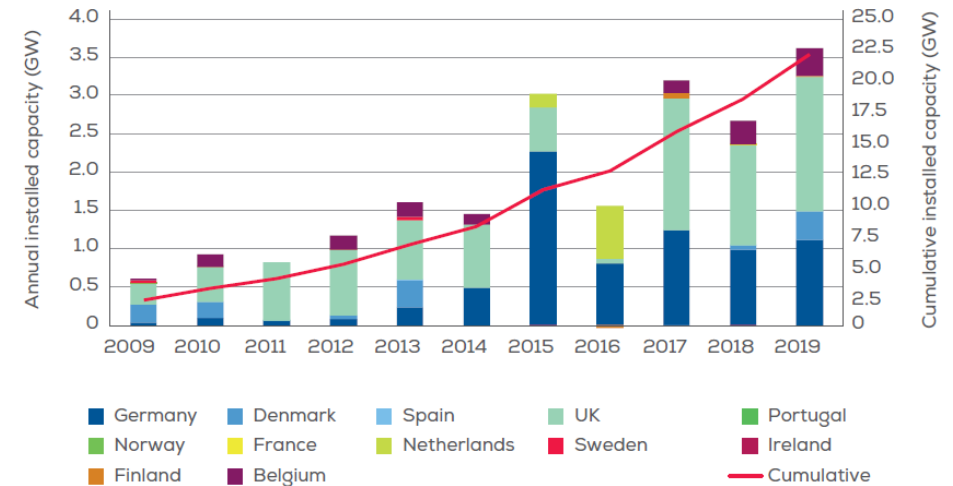
Presiones humanas generadoras de ruido submarino han aumentado en las últimas décadas.

Evolution of ship traffic 1992-2002 & 2003-2012 in percentage.



Ref. J., Anthropogenic pressure on the open ocean: The growth of ship traffic revealed by altimeter data analysis, *Geophys.Res. Lett.*, 41, 7924–7932, (2014)

Annual offshore wind installations by country vs cum capacity.



Source: WindEurope

Otras fuentes de ruido:

Uso del Sonar

Explosiones

Obras

Prospecciones sísmicas ..



Actualmente el 90% del transporte de mercancías se realiza a través del mar

Ejemplos ilustrativos del aumento de las fuentes de ruido en el mar



▲ A windfarm near Gdansk, Poland. Photograph: Gregory Wrona/Alamy

...el ruido como contaminante



Influencia del ruido en el medio marino.

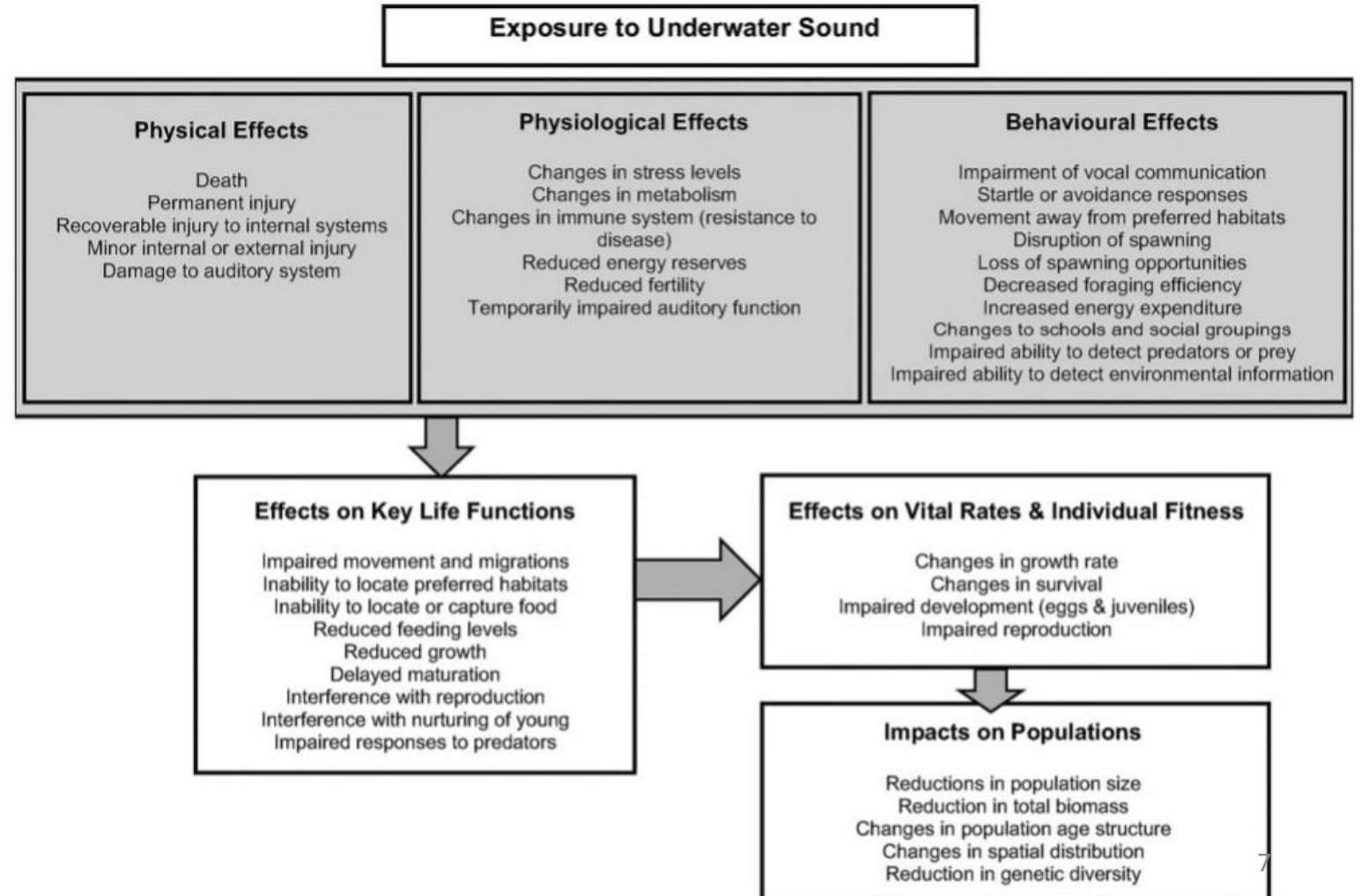
El sonido se propaga de manera mas eficiente que la luz en el agua



Sound waves travel far faster and far further through water than they do through air: roughly 1500m per second in seawater, compared to just 340m per second in air – more than four times faster. © Allexandar | Getty

- Luz ha desaparecido por completo a unos pocos centenares de m en profundidad
- Sonido puede viajar varios km's dependiendo de las propiedades del medio y la frecuencia considerada.

Hawkins, A. D., and Popper, A. N. A sound approach to assessing the impact of underwater noise on marine fishes and invertebrates. – ICES Journal of Marine Science, 74: 635–651.



...el ruido como contaminante



E.g. Physical effects due to underwater noise
Marine mammals

Table 1. Species group designations for Navy Phase 3 auditory weighting functions.

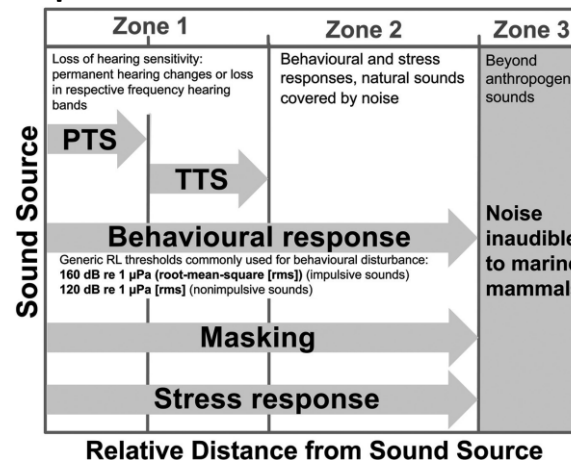
Code	Name	Members
LF	Low-frequency cetaceans	Family Balaenidae (right and bowhead whales) Family Balaenopteridae (rorquals) Family Eschrichtiidae (gray whale) Family Neobalaenidae (pygmy right whale)
MF	Mid-frequency cetaceans	Family Ziphiidae (beaked whales) Family Physeteridae (Sperm whale) Family Monodontidae (Irrawaddy dolphin, beluga, narwhal) Subfamily Delphininae (white-beaked/white-sided/ Risso's/bottlenose/spotted/spinner/striped/common dolphins) Subfamily Orcininae (melon-headed whales, false/pygmy killer whale, killer whale, pilot whales) Subfamily Stenoninae (rough-toothed/humpback dolphins) Genus <i>Lissodelphis</i> (right whale dolphins) <i>Lagenorhynchus albirostris</i> (white-beaked dolphin) <i>Lagenorhynchus acutus</i> (Atlantic white-sided dolphin) <i>Lagenorhynchus obliquidens</i> (Pacific white-sided dolphin) <i>Lagenorhynchus obscurus</i> (dusky dolphin)
HF	High-frequency cetaceans	Family Phocoenidae (porpoises) Family Platanistidae (Indus/Ganges river dolphins) Family Iniidae (Amazon river dolphins) Family Pontoporiidae (Baiji/ La Plata river dolphins) Family Kogiidae (Pygmy/dwarf sperm whales) Genus <i>Cephalorhynchus</i> (Commerson's, Chilean, Heaviside's, Hector's dolphins) <i>Lagenorhynchus australis</i> (Peale's or black-chinned dolphin) <i>Lagenorhynchus cruciger</i> (hourglass dolphin)
SI	Sirenians	Family Trichechidae (manatees) Family Dugongidae (dugongs)
OW	Otariids and other non-phocid marine carnivores (water)	Family Otariidae (eared seals and sea lions) Family Odobenidae (walrus) <i>Enhydra lutris</i> (sea otter) <i>Ursus maritimus</i> (polar bear)
PW	Phocids (water)	Family Phocidae (true seals)

Mamíferos marinos , valores umbrales en relación a TTS/PTS

Table 10. Summary of weighting function parameters and TTS/PTS thresholds. SEL thresholds are in dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ and peak SPL thresholds are in dB re 1 μPa .

$W(f) = C + 10 \log_{10} \left\{ \frac{(f/f_1)^{2a}}{[1 + (f/f_1)^2]^a [1 + (f/f_2)^2]^b} \right\}$						Non-impulsive		Impulse			
Group	a	b	f ₁ (kHz)	f ₂ (kHz)	C (dB)	TTS Threshold SEL (Weighted)	PTS Threshold SEL (Weighted)	TTS Threshold SEL (Weighted)	peak SPL (Unweighted)	PTS Threshold SEL (Weighted)	Peak SPL (Unweighted)
LF	1	2	0.20	19	0.13	179	199	168	213	183	219
MF	1.6	2	8.8	110	1.20	178	198	170	224	185	230
HF	1.8	2	12	140	1.36	153	173	140	196	155	202
SI	1.8	2	4.3	25	2.62	186	206	175	220	190	226
OW	2	2	0.94	25	0.64	199	219	188	226	203	232
PW	1	2	1.9	30	0.75	181	201	170	212	185	218

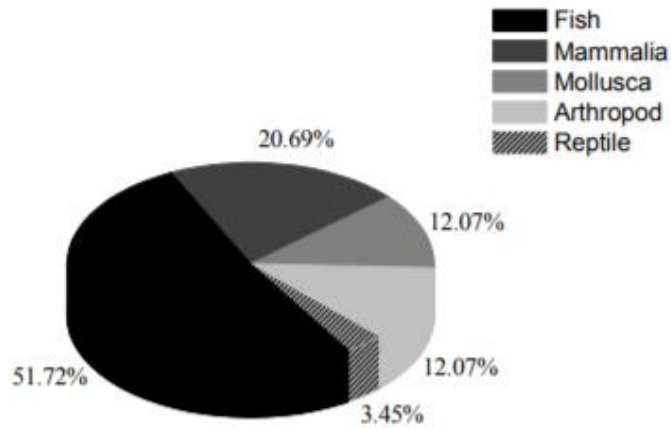
TECHNICAL REPORT 3026 December 2016 **Auditory Weighting Functions and TTS/PTS Exposure Functions for Marine Mammals Exposed to Underwater Noise** J. J. Finneran



A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy C. Gomez, J.W. Lawson, A.J. Wright, A.D. Buren, D. Tollit, and V. Lesage

...el ruido como contaminante

The percentage of studied marine species in different taxa being affected by anthropogenic noise

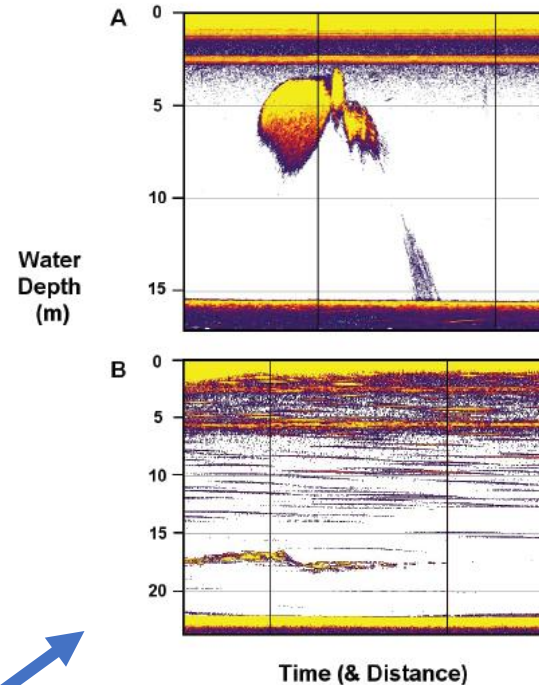


Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms.

Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 12304-12323; doi:10.3390/ijerph121012304

Respuesta de bancos de espadin y caballa frente emisión de ruido impulsivo con repetición para diferentes valores de fuente (10 señales cada 20s). Dispersión del banco (espadin) y cambio en la profundidad (caballa) fueron reportados.

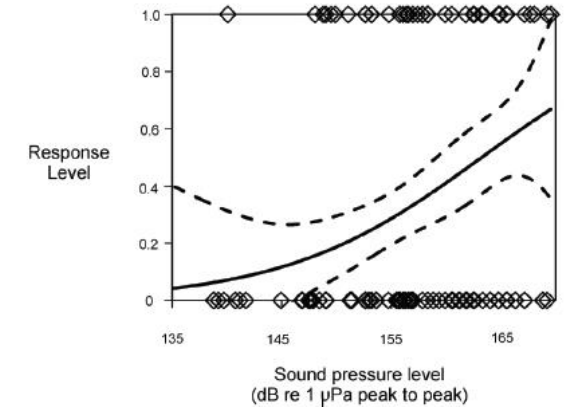
E.g. Studies of fish Behavioural effects



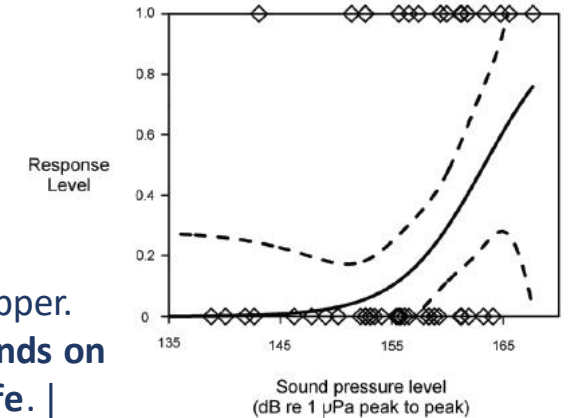
Anthony D. Hawkins and Arthur N. Popper.
Assessing the Impact of **Underwater Sounds** on
Fishes and Other Forms of Marine Life. |
Acoustics Today | Spring 2014



Sprat



Mackerel



Descriptor de ruido D11



D11.1 - Ruido impulsivo

The proportion of days and their distribution within a calendar year, over geographical locations whose shape and area are to be determined, and their spatial distribution in which source level or suitable proxy of anthropogenic sound sources, measured over the frequency band 10 Hz to 10 kHz, exceeds a value that is likely to entail significant impact on marine animals (11.1.1).

Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A., Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V., **Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications**, JRC Scientific and Policy Report EUR 26555 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014, doi: 10.2788/27158

D11.2 - Ruido Continuo

Commission Decision in relation with continuous noise:

- Trends in the ambient noise level within the 1/3 octave bands 63 and 125 Hz (centre frequency) (re 1µPa RMS; average noise level in these octave bands over a year) measured by observation stations and/or with the use of models if appropriate (11.2.1).

BEA definición asociada a ruido submarino:

“El nivel de ruido continuo y/o impulsivo a una determinada frecuencia introducido en el medio a través de las actividades humanas **no tiene efectos negativos obre los ecosistemas marinos.**”

... “no tiene efectos negativos sobre los ecosistemas marinos” ➡ Definición de valores umbrales (TV)

- No existe consenso, acerca de la metodología a seguir para calcular y aplicar valores umbrales en la evaluación de ruido.
- La UE a través del grupo técnico TGnoise está trabajando en el desarrollo de propuestas metodológicas que los estados miembros puedan aplicar posibilitando una armonización en los resultados.



quietMED2



quietMED



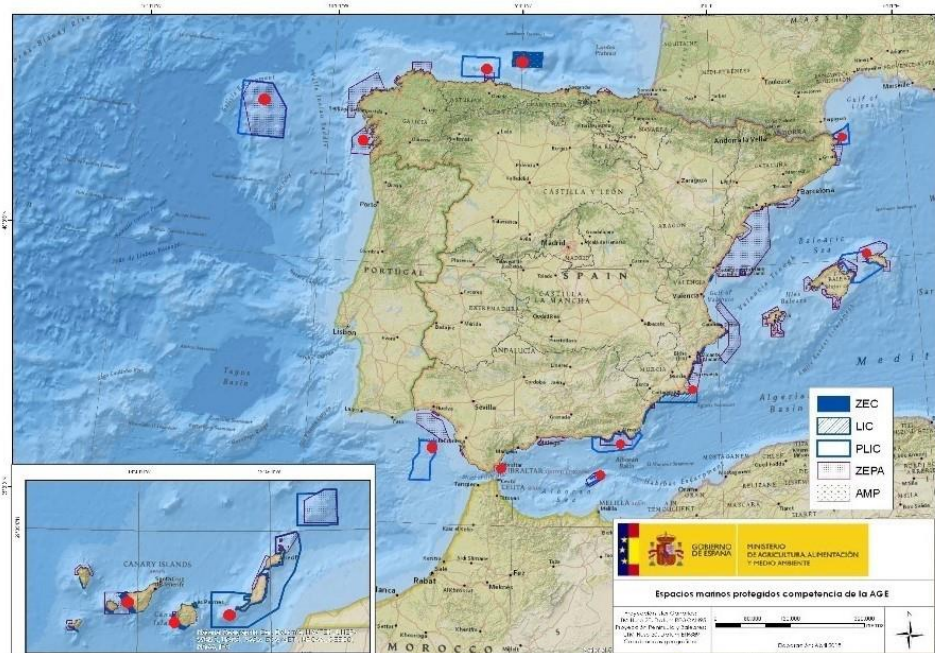
Los resultados de los diferentes proyectos de investigación, convenios regionales etc., tratan de avanzar en diferentes áreas cubriendo las brechas de conocimiento en el ámbito de la evaluación de impacto debido a ruido submarino.

... descriptor 11 en España



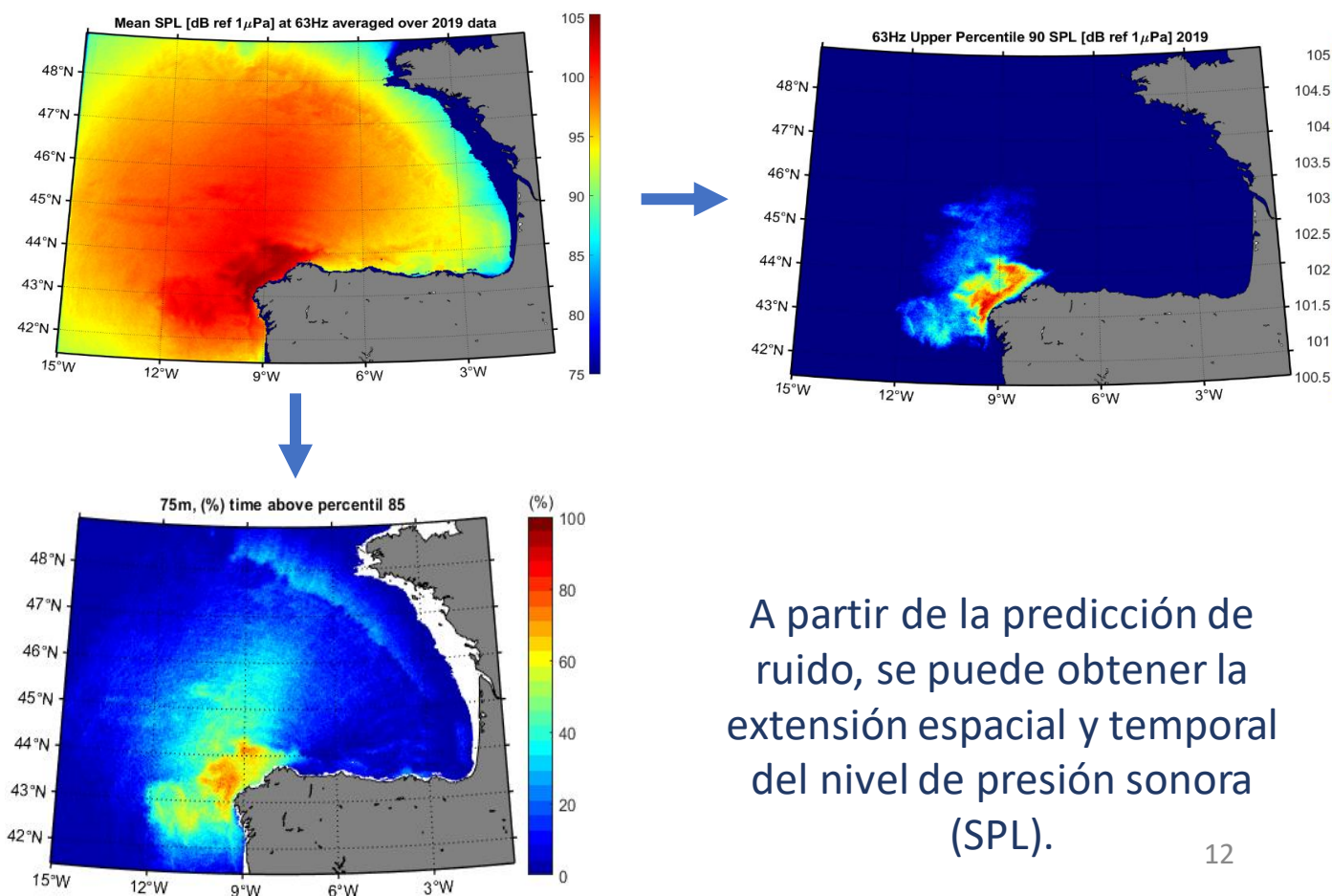
Actividades desarrolladas en el marco de las EEMM D11.

Monitorización del nivel de ruido presente en las 5 DM del territorio español.



Posibles localizaciones para los fondeos de la red de estaciones de medida para el seguimiento, vigilancia y validación de modelos de ruido submarino en las cinco demarcaciones marinas.

Modelización del nivel de ruido presente en las 5 DM del territorio español.



A partir de la predicción de ruido, se puede obtener la extensión espacial y temporal del nivel de presión sonora (SPL).

... descriptor 11 en España

Monitorización del nivel de ruido presente en las 5 DM del territorio español.

Dispositivo autónomo pasivo desarrollado integralmente por el equipo de la **UPV – ITEAM**.

2013

- ✓ 20 days.
- ✓ 32 GB.
- ✓ 10 KHz.



2016

- ✓ 40 days.
- ✓ 64 GB.
- ✓ 24 KHz.



Technical Specifications.

- Ultra low power consumption
- Bandwidth: 10Hz-96kHz.
- Sample rate: 192kHz
- 2 audio inputs
- Autonomy: Up 4 months with duty cycle 5 minutes on – 10 minutes off.
- Open source software associated
- Type D batteries

2019

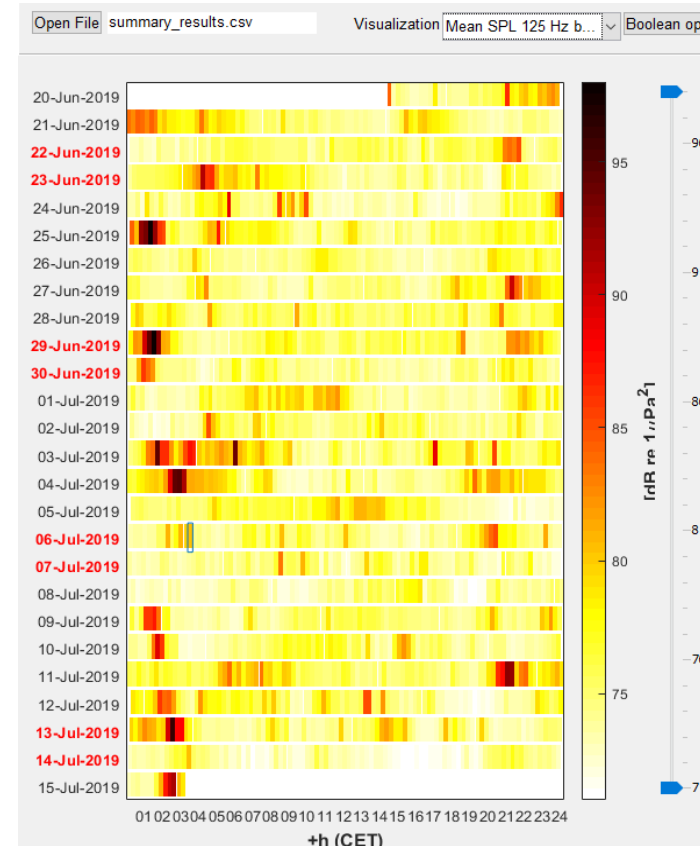
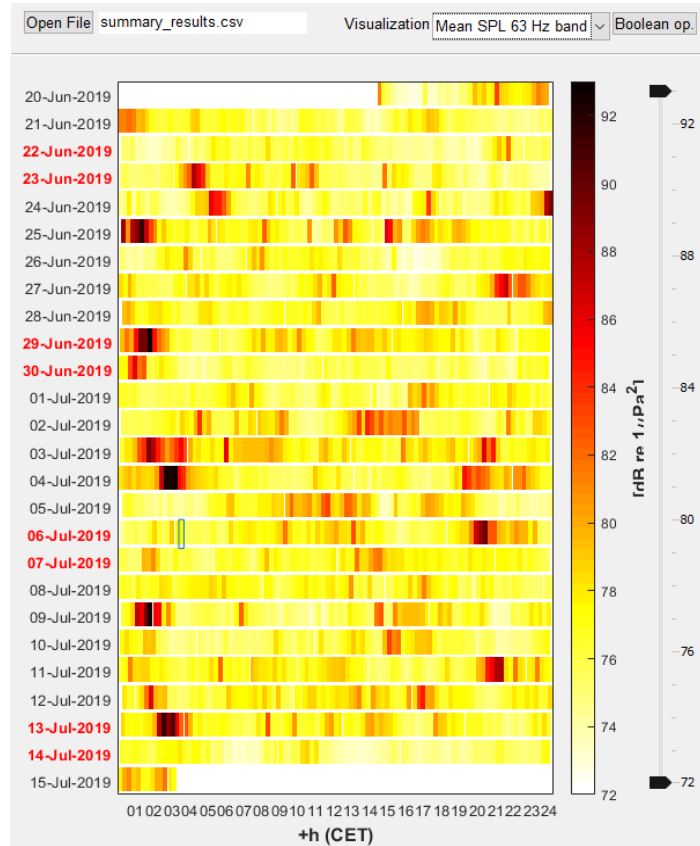
- ✓ 4 months.
- ✓ 2 TB.
- ✓ 96 KHz.



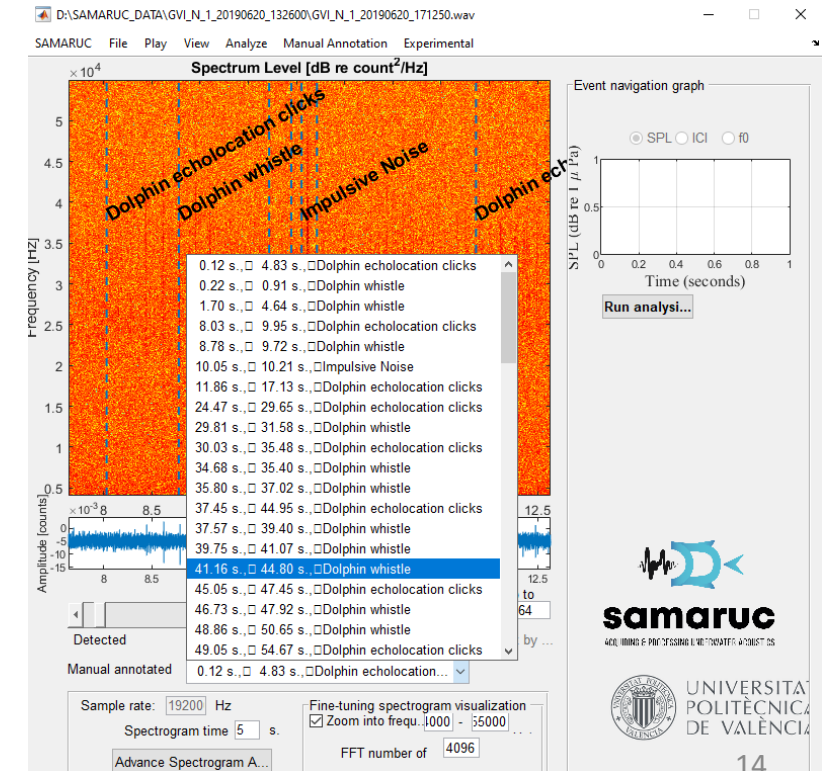
... descriptor 11 en España



Nivel de presión sonora @ 63Hz & 125Hz [SPL en dB ref 1μPa]



A través de la monitorización acústica se pueden realizar multitud de estudios, además de la evaluación del nivel de ruido.

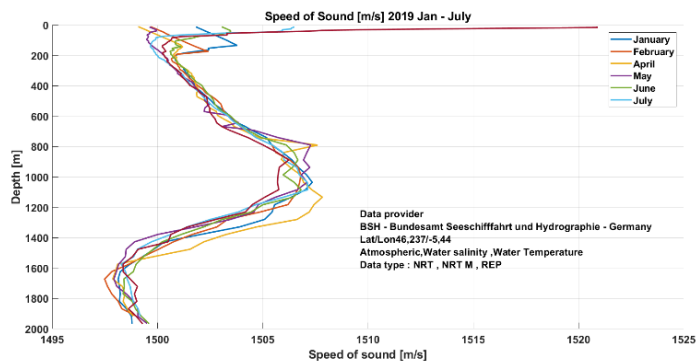
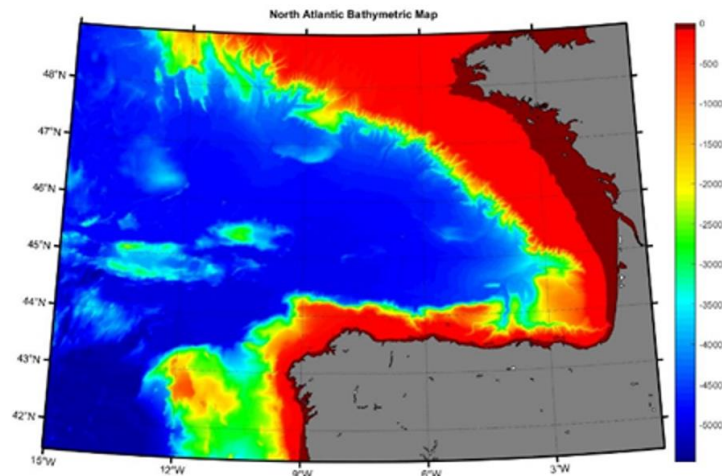


- ✓ Detección de ruido impulsivo
- ✓ Presencia/ausencia de cetáceos
- ✓ Densidad de señales bioacústicas
- ✓ Discriminación de especies (análisis espectral)

... descriptor 11 en España



Modelización del nivel de ruido presente en las 5 DM del territorio español.



Modelización Mapa de sonido (Paradigm)

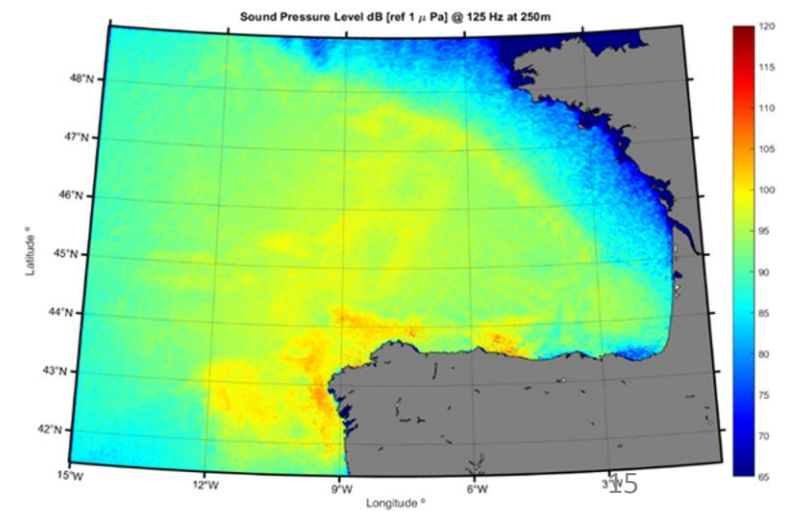
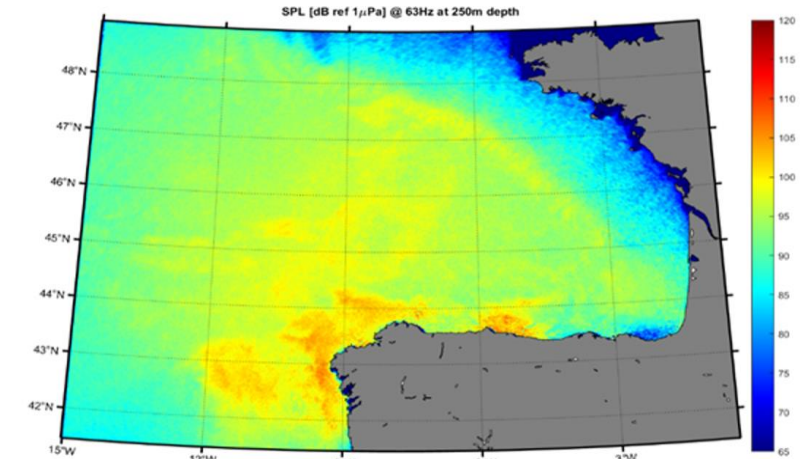
Condiciones ambientales

- Batimetría
- Velocidad sonido (P,S,T,Depth)

Niveles de fuente

- AIS data
- Nivel de fuente .
- Directividad de la fuente α, θ (azimut, zenit).

Propagación del sonido



Niveles de fuente

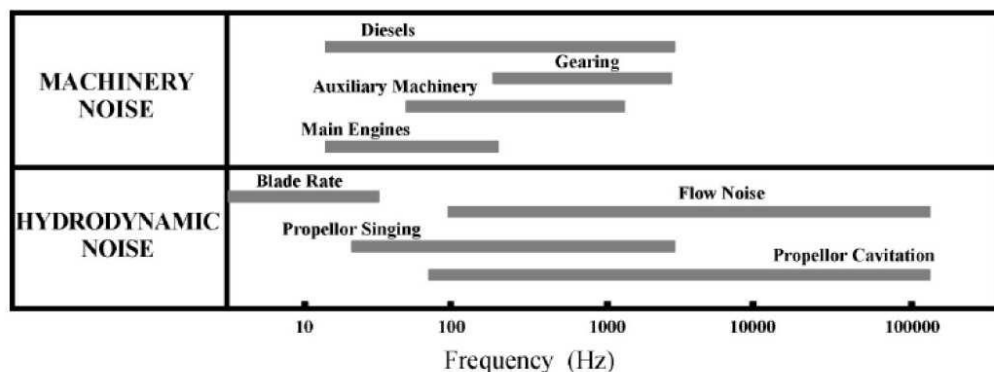
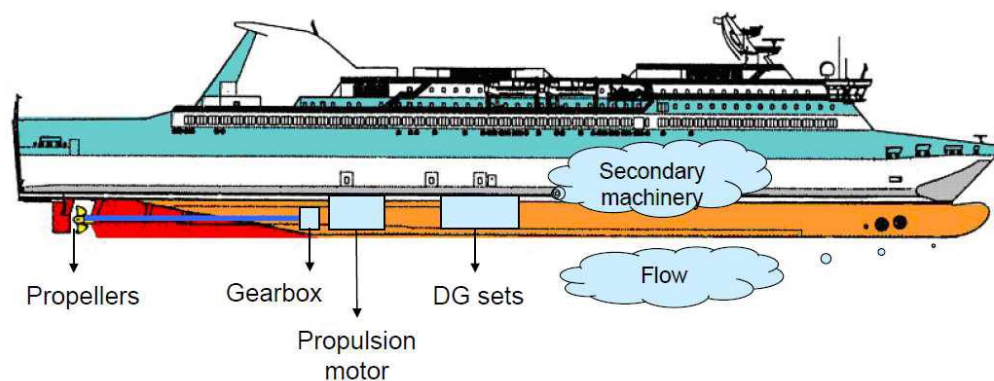
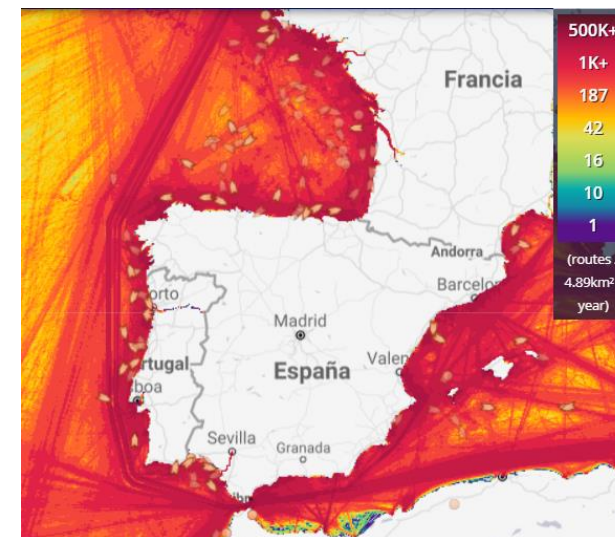


Figura extraída de:
AQUO, Achieve QUIeter Oceans by shipping noise footprint reduction
FP7 - Collaborative Project n° 314227 WP 2: Noise Sources Task T2.1

Fuente ruido compleja:

- Maquinaria interna
- Cavitación provocada por el movimiento de las hélices
- Flujo hidrodinámico a través de la estructura del barco.

Rutas /(4,89km²·año)



Cálculo del nivel de Fuente y posición de los barcos presentes en una DM se realiza mediante el tratamiento de los datos AIS (Automated Identification system).

Se establece una categorización por tipo de embarcación, velocidad, eslora, manga, tonelaje...

Propagación acústica

e.g. PE aproximación

Table 2.1

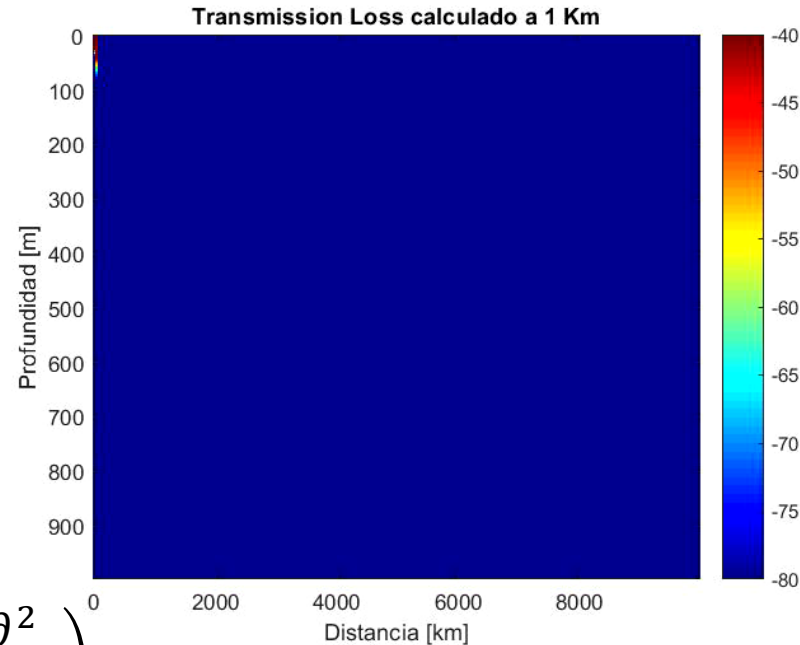
Parabolic equation	Coefficients			
	A	B	C	D
Tappert	1	1/2	1	0
Claerbout	1	3/4	1	1/4

$$\frac{\partial}{\partial r} u = ik_0 \left(\frac{A + Bq}{C + Dq} - 1 \right) u.$$

$$\frac{\partial}{\partial r} u = \left(\frac{i}{2} \cdot K_0 \cdot (n^2 - 1) + \frac{i}{2 \cdot K_0} \cdot \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \cdot u$$

$$\frac{\partial}{\partial r} u = \frac{u_m^{n+1} - u_m^n}{\Delta r}, \quad \text{Aprox Forward}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} u = \frac{u_{m+1}^n - 2 \cdot u_m^n + u_{m-1}^n}{\Delta z^2}, \quad \text{Aprox diff Central}$$



Técnicas de propagación

Modos normales

PE integración

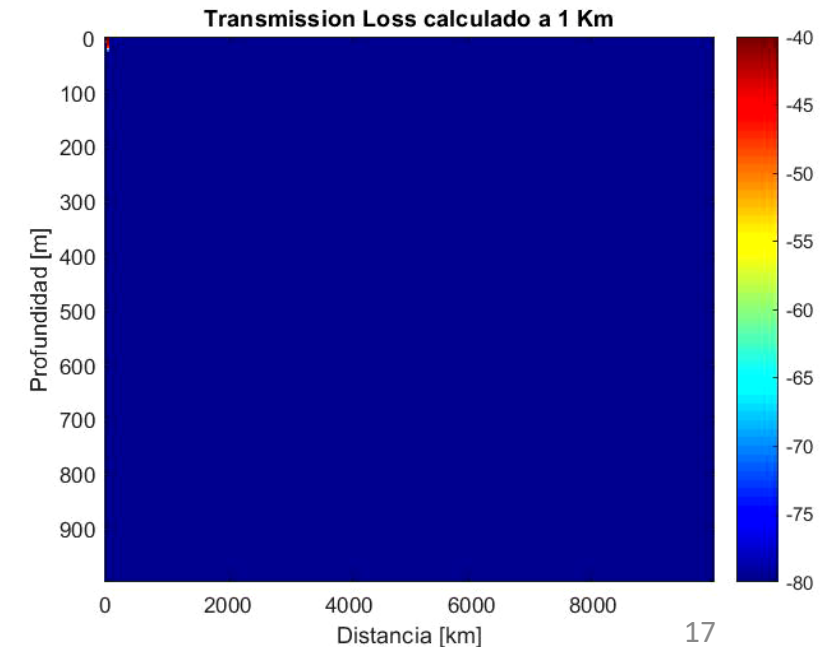
Teoría de rayos

.....



63Hz Hard Bottom + PML

500Hz Hard Bottom – SVEL influence
Tapping sound on minimum sound speed
profile value



... pasos en la evaluación de ruido

Tendencia hacia la definición de modelos de riesgo que relacionen presión antropogénica con impacto adverso.

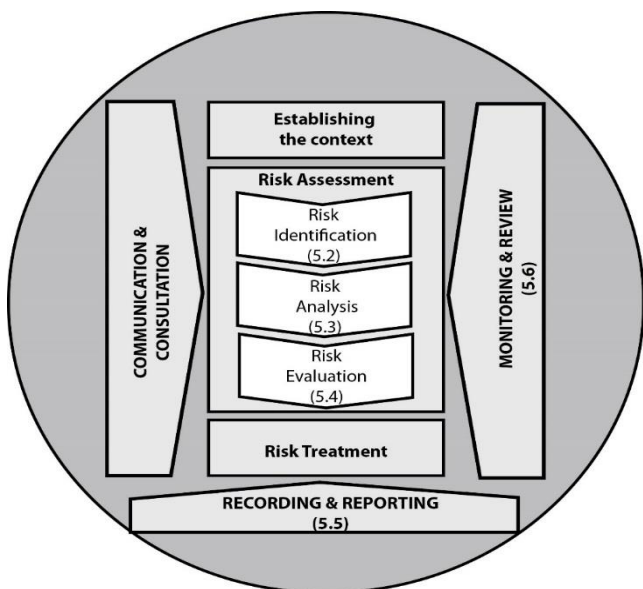


(Scheme of risk model)

Exemplified by

Application of Cumulative Probability Density Functions

Phase	ISO step		Continuous noise
Risk Identification	Data Gathering		Passive acoustic monitoring campaign- Bay of Biscay. June to September 2019.
Risk Analysis	Preliminary Analysis		
	Exposure (likelihood)	Pressure elements	Underwater acoustic continuous noise modelling, of N & NW. Atlantic Spanish marine demarcation through AIS data.
		State elements	These data must be validated using the acoustic monitoring campaign. Cetacean data for the Bay of Biscay were obtained thanks to the IEO PELACUS campaign. In this campaign density models for different species of marine mammals were acquired for the period 2007 - 2017. (Exemplified using Tursiop Truncatus density map)
	Sensitivity (consequence)		Quantitative data for cetacean's sensitivity to noise is absent or inconclusive and therefore a scoring process was designed to identify the most sensitive species.
Risk Evaluation			Exposure and sensitivity overlapped geographically for a single species to identify areas of highest risk



Caso de estudio Golfo de Vizcaya – RAGES.

**Identificación riesgo
Tráfico marítimo**

Variables ambientales

AIS data

Monitorización de ruido

Open Access Letter

New Insights into the Design and Application of a Passive Acoustic Monitoring System for the Assessment of the Good Environmental Status in Spanish Marine Waters



by  Guillermo Lara^{1,2,*},  Ramón Miralles^{1,2},  Manuel Bou-Cabo^{2,3},
 José Antonio Esteban^{2,4} and  Victor Espinosa^{2,4}

¹ Institute of Telecommunications and Multimedia Applications (iTEAM), Universitat Politècnica de València (UPV), Camino de Vera S/N, 46022 Valencia, Spain

² Unidad Mixta de Investigación IEO-UPV, Tinglados Muelle Frutero, 46370 Grau de Gandia, Valencia, Spain

³ Instituto Español de Oceanografía (IEO), C.O. Murcia, C/ el Varadero 1, 30740 Lo Pagan, Murcia, Spain

⁴ Instituto de Inv. para la Gestión Integrada de Zonas Costeras (IGIC), Universitat Politècnica de València (UPV), Campus Gandia, C/ Paraninf 1, 46730 Grau de Gandia, Valencia, Spain

* Author to whom correspondence should be addressed.

Evaluacion, riesgo de afeccion por enmascaramiento debido a ruido continuo.

- ✓ Modelo de nivel de ruido radiado al medio debido a trafico maritimo.
- ✓ Anualidad 2019 AIS.
- ✓ Variables ambientales mensuales (variación estacional).
- ✓ Se han considerado diferentes frecuencias en el rango [1kHz – 10kHz].
- ✓ Campaña de fondeo realizada el 20 Junio de 2019 en las coordenadas GPS N 43º 36,682 W 02º 39,419. 25 días de monitorización a una $F_s = 192\text{kHz}$.

... pasos en la evaluación de ruido



Análisis de riesgo.

Exposición a la presión.

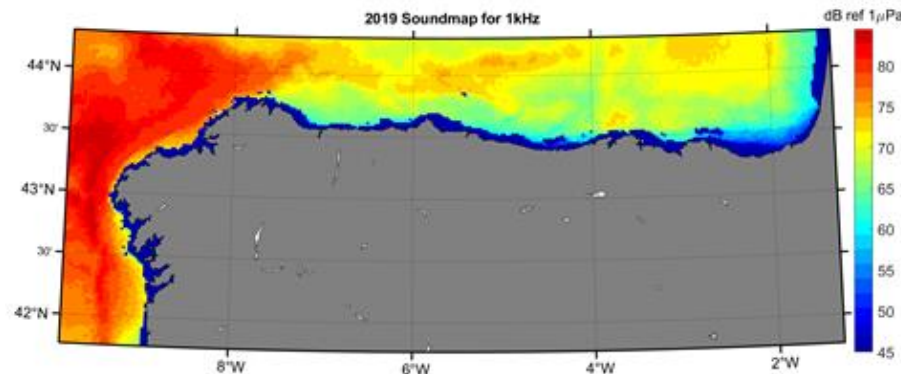
Mapa de ruido validado a través de las medidas experimentales.

Receptor de la presión (Tursiops Truncatus).

Densidad de población.

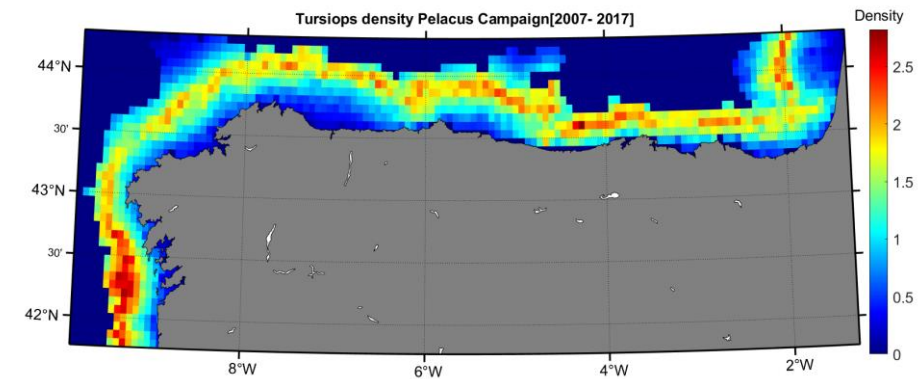
Modelización de ruido submarino

Desarrollo de modelos teóricos que permitan conocer la extensión espacial y temporal de ruido debido al tráfico marítimo. La variable considerada debe relacionar presión antropogénica con la afección considerada en la evaluación.



Densidad de población Delfín mular

Población de delfines obtenida a través de la campaña PELACUS, realizadas por el IEO entre [2007 – 2017]. Resultados obtenidos tras aplicar modelos aditivos generalizados (GAM's)



... pasos en la evaluación de ruido

Risk Evaluation

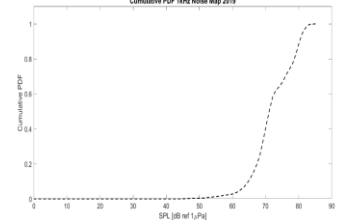
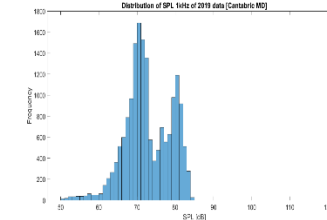
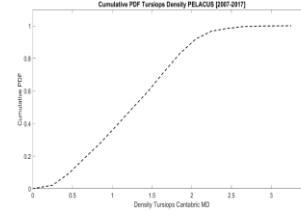
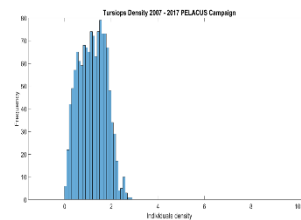
Evaluación del riesgo a través de la combinación de la exposición del receptor a la presión humana.

Se deben combinar las variables que dan cuenta del nivel de ruido y la población de animales de manera que permita evaluar el posible riesgo potencial de afección.

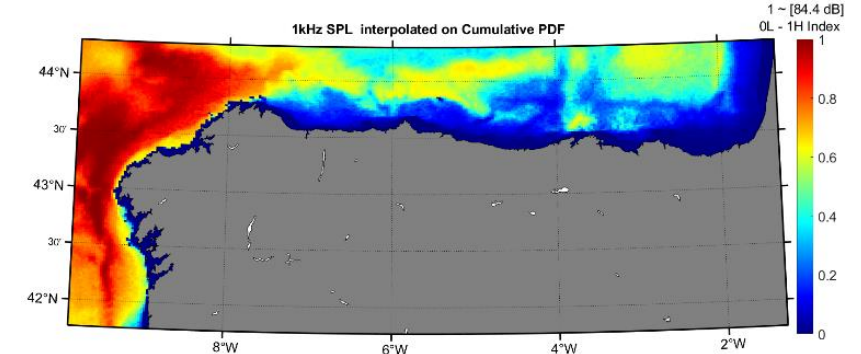
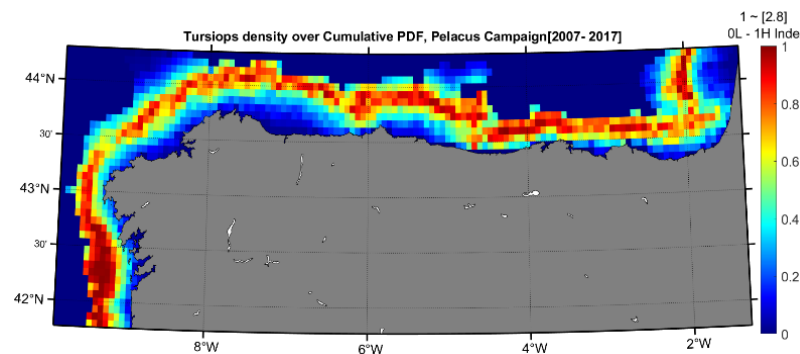
Normalized Cumulative Probability Density Functions calculated over:

Tursiops Truncatus

2019 Noise Map



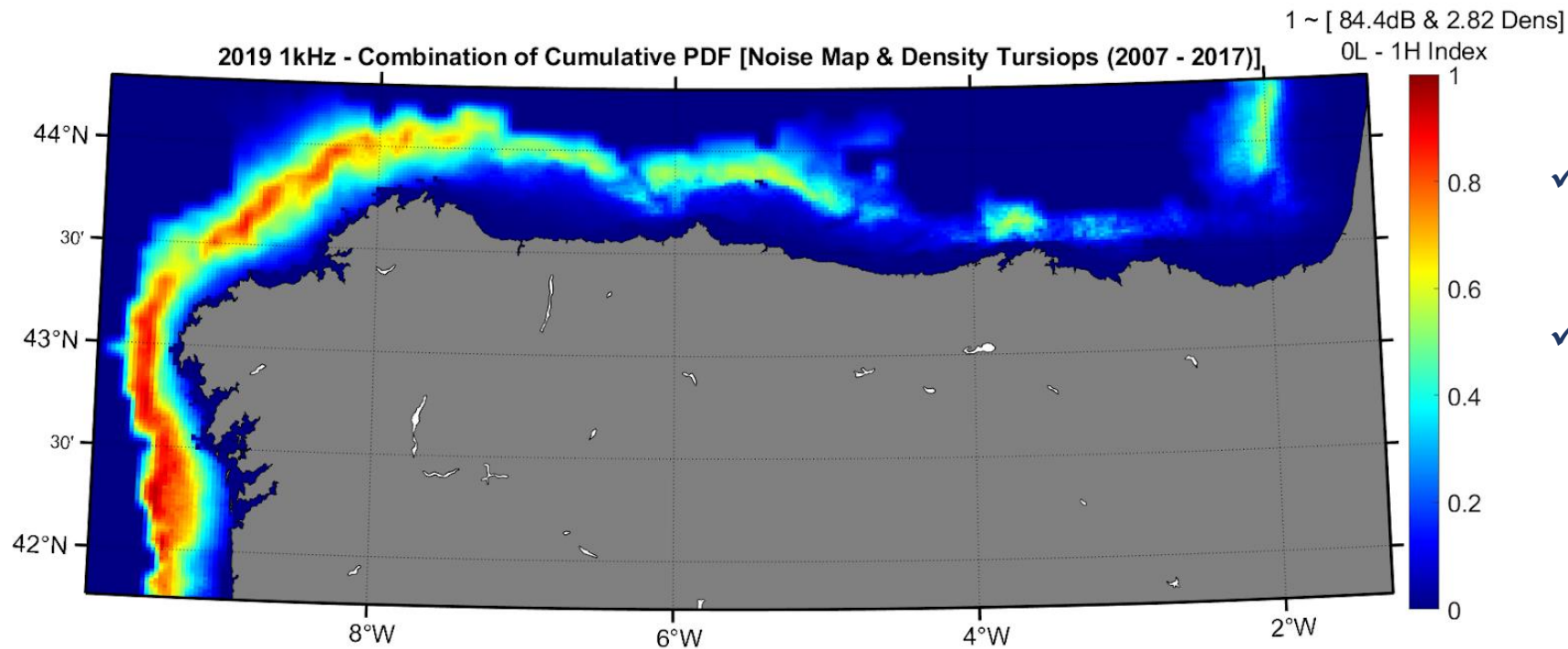
Normalized Variables 0 – 1
CPDF variable



... pasos en la evaluación de ruido



- El caso de estudio combina las funciones de densidad de probabilidad acumulada de la variable relacionada con la relación señal a ruido y la densidad de población de delfín mular.
- Variable de riesgo se define cómo $\longrightarrow P(\text{Risk}) = \text{CPDF}(\text{SPL}) \times \text{CPDF}(\text{Density population})$



- ✓ Fácil identificación de las zonas de mayor riesgo relativo.
- ✓ Variable normalizada relacionada con el máximo valor de SPL (~85dB) @ 1kHz y la densidad de población (~ 2.82).

- Las estrategias marinas brindan la posibilidad de realizar de manera cíclica un informe inicial del estado de las demarcaciones marinas estatales en relación a la mayoría de presiones que amenazan su buen estado medioambiental.
- El concepto de BEA depende del descriptor considerado y es un concepto dinámico que necesita ser reevaluado cada cierto tiempo.
- Las EEMM representan un marco idóneo para monitorizar el medio marino a largo término permitiendo realizar el estudio de la tendencia y la influencia de presiones acumuladas, así como el seguimiento tras la adopción de medidas de mitigación.

Gracias por vuestra atención