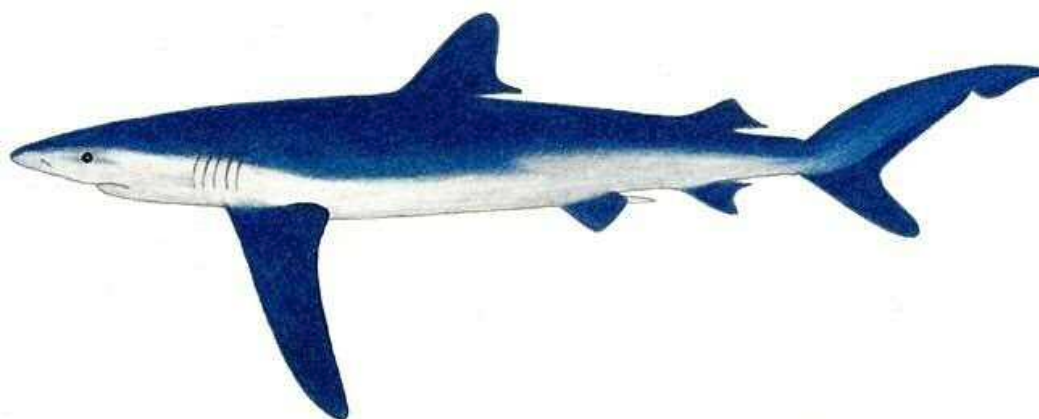




Institut
de Ciències
del Mar



Ecología espacial de la tintorera *Prionace glauca* en el Mediterráneo occidental: adquisición de nuevos conocimientos a través del uso de sensores, marcadores tróficos y modelos ecosistémicos



Joan Navarro, Marta Coll y Pablo Cermeño

INFORME FINAL DEL PROYECTO

“PROGRAMA DE RECERCA I CONSERVACIÓ DEL ZOO DE BARCELONA 10a edició, any 2018 ”

Diciembre 2021

INTRODUCCIÓN

La tintorera se distribuye principalmente en el ecosistema pelágico a lo largo de todo el planeta, incluido el mar Mediterráneo. Hasta hace poco se suponía que esta especie ocupaba preferentemente las aguas superficiales y subsuperficiales, pero datos preliminares mediante el uso de telemetría y de dieta sugieren que explota también hábitats de mar profundo, llegando a explotar recursos presentes entre 500- 1.000 m de profundidad. En relación a sus movimientos de alimentación en el Mediterráneo, el conocimiento actual es bastante reducido, pero algunos resultados preliminares sugieren que los patrones de movimiento de la tintorera varían considerablemente entre edades y que es capaz de alimentarse tanto en organismos marinos pelágicos como demersales, incluyendo peces, cefalópodos y otros invertebrados. Hasta ahora, la mayoría de la información relacionada con los movimientos oceánicos de esta especie se ha obtenido a partir de estudios basados en datos pesqueros. Los movimientos espaciales de este tiburón pelágico en el Mediterráneo siguen siendo en su mayoría desconocidos y algunas hipótesis como el aislamiento entre las poblaciones mediterráneas se han debatido.

Desde un punto de vista de conservación, la tintorera es considerada una especie en peligro crítico por la UICN en la cuenca mediterránea. Esto es debido principalmente a la sobrexplotación pesquera. Además, es una especie incluida dentro de los acuerdos ICCAT (Comité Permanente de Investigación y Estadísticas de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico). La mortalidad por pesca se estima que está próxima a ser mayor del nivel óptimo capaz de detener el declive del stock mediterráneo. Los altos valores de mortalidad de peces grandes (reproductores) son motivo de especial preocupación. Además, similar a otras especies de grandes depredadores pelágicos como el atún rojo *Thunnus thynnus*, existen fuertes deficiencias en los datos científicos disponibles para guiar el manejo de esta especie en este momento crucial, particularmente en las conexiones potenciales dentro de las poblaciones mediterráneas y en relación a su comportamiento espacial. Los datos científicos remarcan la importancia de entender los movimientos de esta especie y la necesidad de integrar esta información en los modelos de evaluación. Sin embargo, hoy en día esta información está dispersa e incompleta en la cuenca mediterránea. Además, el papel ecológico de esta especie dentro del ecosistema marino mediterráneo y sus interacciones tróficas con el compartimento pelágico y demersal también está muy poco estudiado y hay varios aspectos de estas relaciones ecológicas que deben ser aclarados. Hasta la fecha la gran mayoría de los modelos ecológicos multiespecie no incluyen esta especie o la

incluyen dentro de grupos funcionales agregándola con otros peces pelágicos de gran tamaño.

Todos estos problemas son cruciales para poder establecer medidas de gestión eficientes. Las medidas de manejo de acuerdo con el asesoramiento científico, los patrones de consumo sostenibles y la protección de las áreas de alimentación y de reproducción son medidas esenciales para reducir la mortalidad por pesca a niveles sostenibles y salvar a esta especie actualmente casi en peligro. Entre estas medidas se encuentra el establecimiento de áreas no explotadas que deberían coincidir con sus principales áreas de reproducción y alimentación. Además, a causa del cambio climático, hay que tener en cuenta que el cambio en las posibles presas de esta especie, como son, entre otros, los peces pelágicos pequeños, puede tener un impacto importante.

El presente proyecto científico tiene como objetivo recopilar información crucial sobre la ecología espacial de la tintorera y el papel ecológico en el Mediterráneo occidental, y poner esta información a disposición de la comunidad científica y los gestores de los recursos marinos para fines de gestión.

Investigar la ecología espacial de la tintorera como herramienta para una gestión efectiva

El manejo efectivo de la pesquería de la tintorera requiere una comprensión detallada de los movimientos, los hábitats que utiliza y el comportamiento de alimentación de este depredador apical de valor comercial y ecológico. Los hábitats vitales ocupados por la tintorera incluyen aquellos que son esenciales para (i) el desove, (ii) la búsqueda de alimento y (iii) las áreas transitadas entre (i) y (ii). Los avances recientes en seguimiento remoto y procedimientos analíticos han introducido nuevas capacidades para estudiar las distribuciones espaciales y los hábitos tróficos de los depredadores marinos en la naturaleza. Estos avances tecnológicos pueden proporcionar información sobre la ecología animal que puede ser utilizado en biología de la conservación tanto de poblaciones protegidas como explotadas. El uso de marcas archivo satelitales (PSAT) o marcas internas han mejorado nuestra comprensión del uso del hábitat y las preferencias de varias especies marinas, integrando datos biológicos y físicos de etiquetas electrónicas con conjuntos de datos de observación oceánica de satélites, boyas y modelos numéricos.

Además, la información obtenida mediante el análisis de isótopos estables N y C (análisis de isótopos estables SIA), en depredadores marinos ayudan a cuantificar con

precisión sus hábitos tróficos. Durante la última década, SIA se ha convertido en una herramienta cada vez más popular y efectiva para estudiar los hábitos tróficos de los organismos marinos. Este enfoque se basa en el hecho de que las relaciones de isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en los tejidos del consumidor reflejan los de sus presas de manera predecible, por lo que es un buen indicador de la dieta y el nivel trófico durante la formación del tejido. La información para el análisis de SIA en este proyecto se complementará con la información de alimentación a partir de análisis de contenido estomacal y también a partir de información publicada sobre la ecología trófica de la especie para comprender mejor los patrones de alimentación. Esta información también se utilizará para calibrar el modelo ecosistémico.

Objetivos del proyecto

Los objetivos de la presente propuesta son determinar **(1)** la distribución de esta especie, y **(2)** los hábitos de alimentación de la tintorera en el mediterráneo occidental. Esta información nos permitirá poder ayudar a la toma de decisiones en relación a la evaluación de posibles medidas futuras de gestión. Para investigar la distribución espacial y delimitar los terrenos principales, en este proyecto planteamos instrumentar diferentes tintoreras con marcas electrónicas en la costa del mar catalán. Sin embargo, como consecuencia de diferentes contratiempos asociados principalmente con el estado de alarma asociado a la pandemia de la Covid, hemos tenido que utilizar otro tipo de información para poder describir la distribución de la especie en esta zona del mediterráneo occidental. En particular, hemos utilizado datos de presencia de la especie a partir de observaciones a bordo de embarcaciones de pesca, durante los años 2017-2019. Para investigar los hábitos tróficos de la tintorera, hemos utilizado el análisis de los valores isotópicos de tejidos de diferentes individuos capturados por artes de pesca en la zona de estudio.

RESULTADOS

Distribución espacial de la tintorera en el mediterráneo occidental

Para responder a estos objetivos planteamos instrumentar entre 3 y 5 tintoreras con marcas electrónicas en la costa del mar catalán. La información de estos sensores permite desarrollar modelos oceanográficos que se relacionen con los movimientos de la tintorera. Este marcaje, como se comentó en la memoria del proyecto, lo estamos

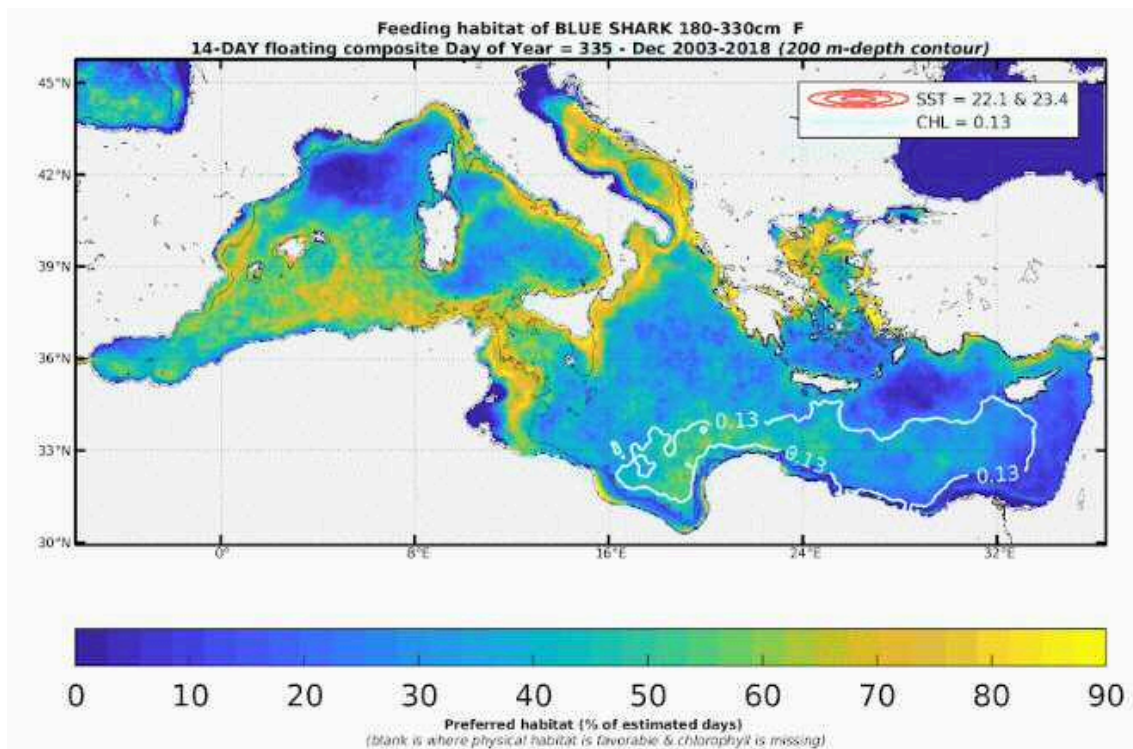
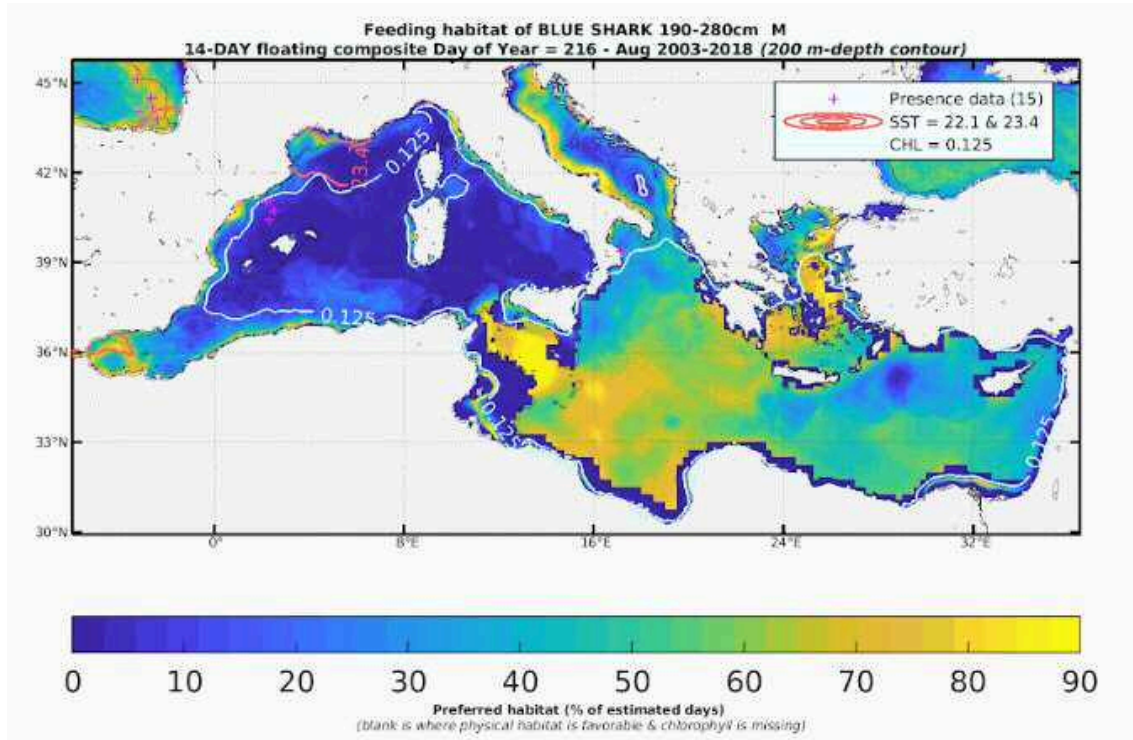
desarrollando en colaboración con barcos recreativos, especializados en la pesca sin muerte, usando la técnica de brumeo para atraer al tiburón al anzuelo. Sin embargo, como ya explicamos en la memoria intermedia del proyecto, hasta la fecha, a pesar de haber realizado un total de 20 salidas con la finalidad de la captura de la especie (ver Figura 1), y como consecuencia de las restricciones asociadas al estado de alarma de la Covid, no hemos conseguido capturar ningún individuo de tintorera de un tamaño adecuado para su instrumentación.

Figura 1. A) barco recreativo dónde intentamos capturar tintoreras en la costa del litoral barcelonés. Se observa a un miembro del equipo subiendo a bordo un atún rojo capturado en esa jornada de pesca. B) y C) imágenes de los dos modelos de marcas de seguimiento remoto que utilizaremos para el marcaje de tintoreras



Como alternativa, hemos utilizado datos de presencia de la especie en mar abierto, a partir de modelos espaciales realizados como fruto de un workshop en el que participamos dos de los miembros del proyecto en ISPRA (Italia). En este modelo, actualmente en proceso de revisión (Druon et al. under review en *Frontiers in Marine Science*) hemos podido definir la distribución de esta especie en todo el Mediterráneo (Figura 2)

FIGURA 2. Distribución potencial de machos y hembras de tintorera en el Mediterráneo a partir de un modelo espacial realizado con todos los datos de seguimiento con emisores y de observaciones a bordo de embarcaciones a nivel global (Druon et al. under review en *Frontiers in Marine Science*)

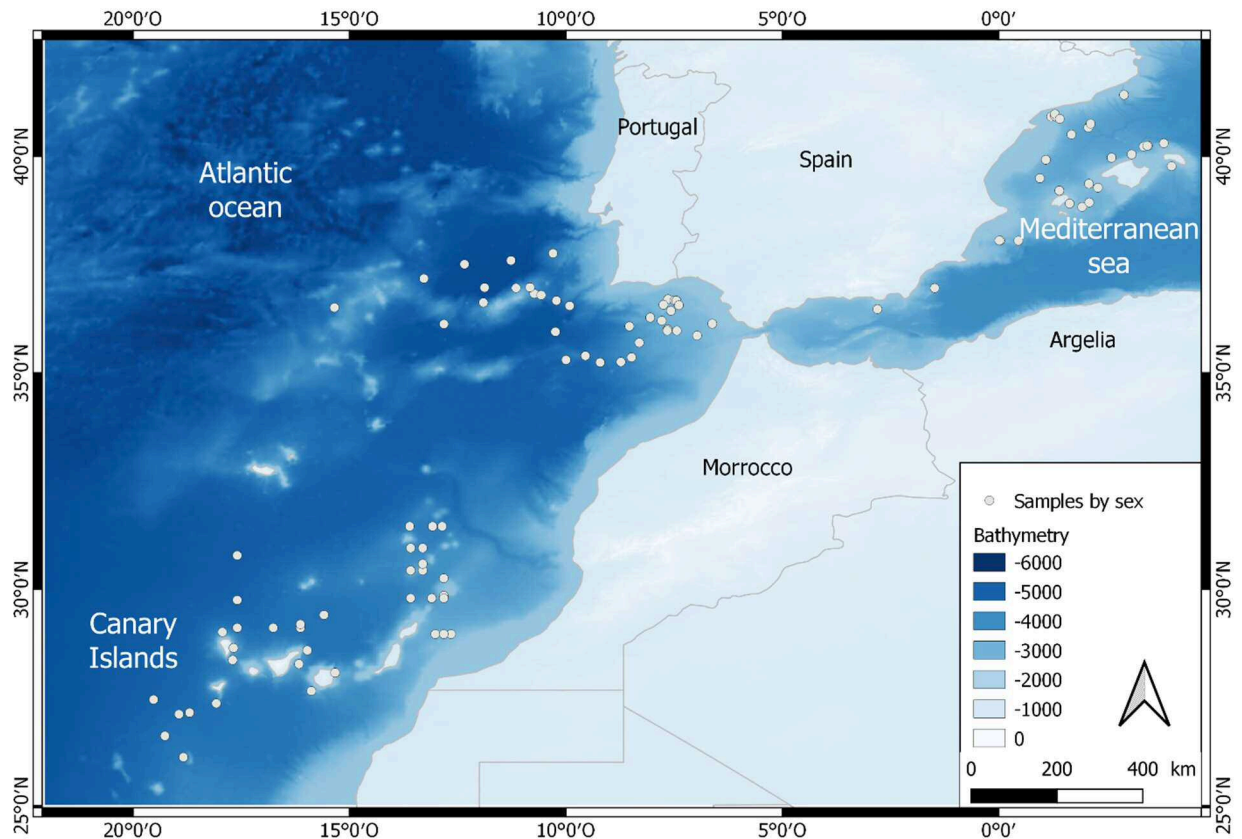


Comentar, que a pesar de que no se han podido instrumentar estos individuos con marcas electrónicas, este año 20212 pretendemos colocar al menos 3 marcas electrónicas en 3 tintoreras para corroborar los resultados obtenidos mediante el modelo teórico.

Resultados del análisis de marcadores tróficos

A lo largo del proyecto, hemos recolectado un total de 208 muestras de tintorera capturados por pesquerías comerciales a lo largo del Mediterráneo occidental (Figura 3). Para ello hemos establecido una colaboración con numerosos barcos de pesca y hemos visitado de manera periódica las principales lonjas de pescado de la zona de estudio y también hemos aprovechado algunas campañas programadas en los proyectos del Plan Estatal RESNEP y PELDMEP, cuyos investigadores principales forman parte del presente proyecto. Para cada muestra recolectada hemos registrado la localización dónde ha sido recogido y la profundidad.

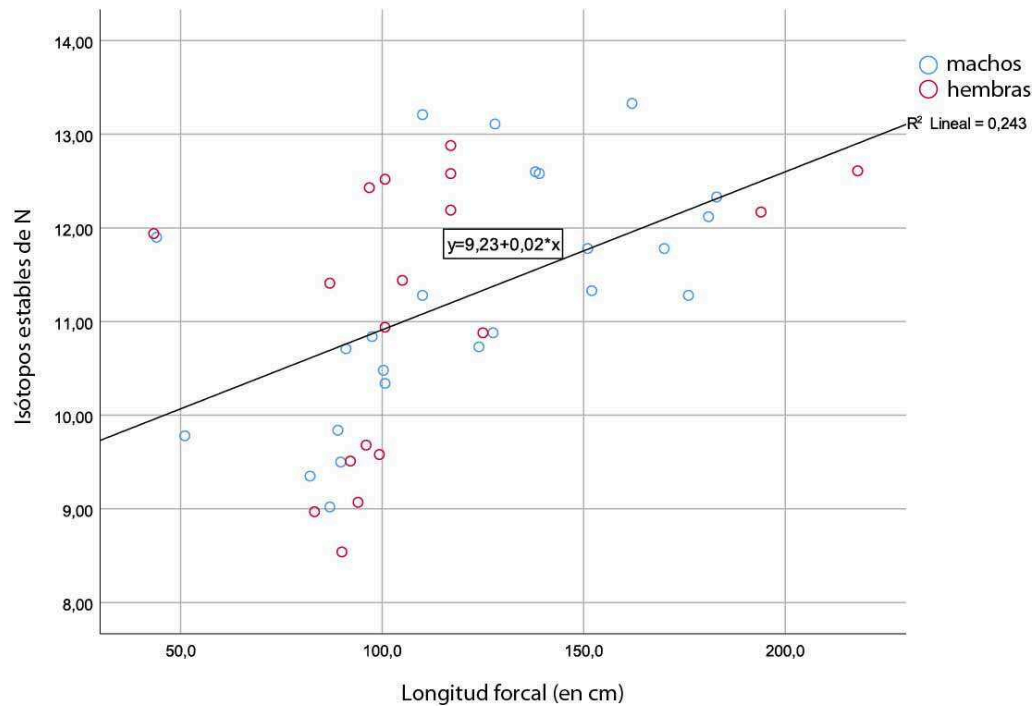
FIGURA 4. Puntos de captura y recogida de muestras de musculatura de tintoreras recogidas durante el año 2019 con la finalidad de analizar su ecología trófica mediante la determinación de marcadores isotópicos.



De estas muestras, hemos podido analizar su contenido isotópico, observando diferencias entre poblaciones en relación al nivel trófico de los individuos analizado a

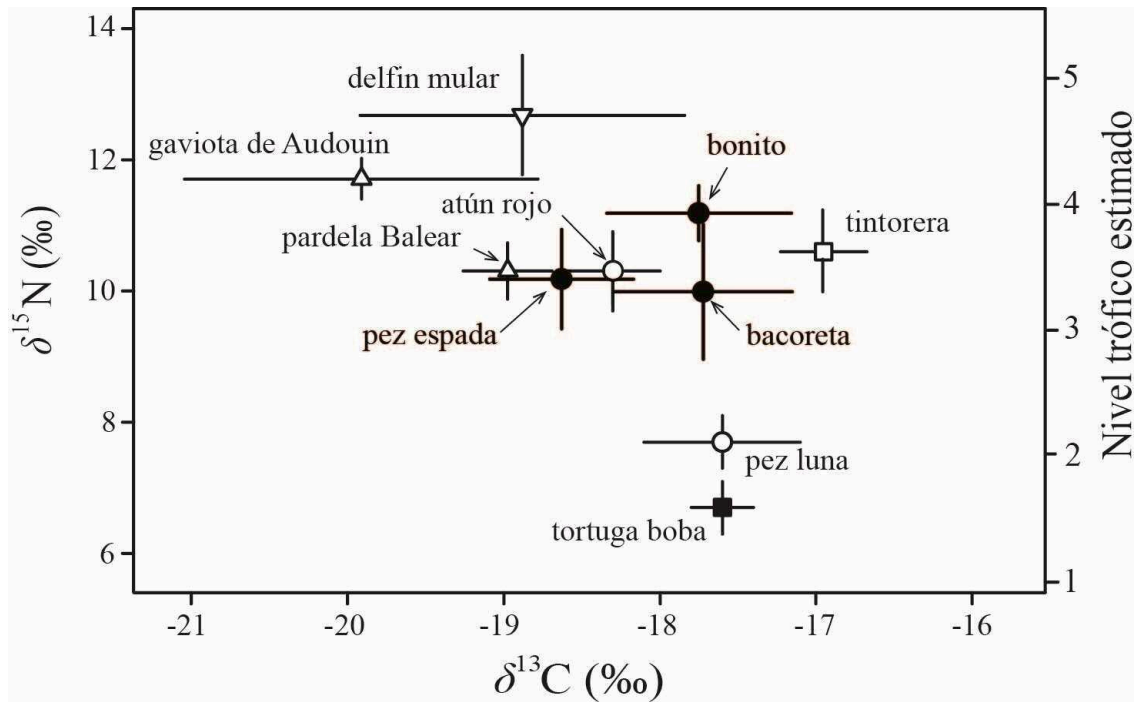
través de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 4). También hemos encontrado una correlación entre el nivel trófico y el tamaño de los individuos. En particular, los individuos de mayor tamaño presentan niveles tróficos más elevados.

FIGURA 5. Relación entre la talla y los valores de los isótopos estables de N en tintoreras capturadas a lo largo del mediterráneo occidental durante el año 2019.



Con esta información isotópica, junto con información isotópica previa para otros depredadores presentes en la zona de estudio (Figura 5), hemos comprobado que la tintorerera se encuentra situada a niveles tróficos superiores, actuando como un depredador apical en el mediterráneo occidental.

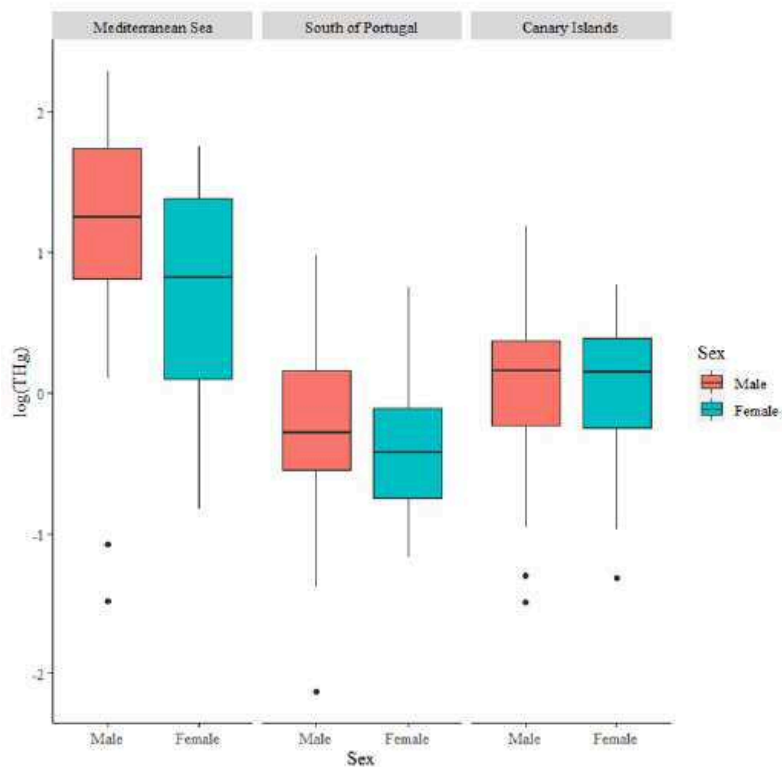
FIGURA 6. Comparación entre los valores isotópicos y el nivel trófico de la tintorera (cuadrado blanco) con otros depredadores presentes en el mediterráneo occidental.



Resultados del análisis de mercurio

Adicionalmente a los objetivos planteados en el proyecto. También hemos podido analizar las concentraciones de mercurio en todas las muestras recolectadas (Figura 4). El mercurio es un contaminante presente en el medio marino, que tiene la particularidad de bioacumularse a lo largo de las cadenas tróficas. Por ello, en la tintorera, una especie que hemos podido comprobar que se sitúa a niveles tróficos altos en el ecosistema marino (Figura 7), es una especie idónea para poder analizar este contaminante. Mediante estos análisis, hemos podido comprobar que, en el Mediterráneo, los valores de mercurio son claramente más elevados que el Atlántico, indicando una mayor presencia de este contaminante en nuestras aguas. Además, los valores de concentración de mercurio obtenidos son en su mayoría mucho más elevados que los valores considerados como dañinos para el ser humano si son consumidos.

FIGURA 7. Concentraciones de mercurio para hembras y machos de tintorera en el Mediterráneo, en el sur de Portugal y en Canarias.



DISEMINACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Hasta la fecha, fruto de este proyecto, hemos podido divulgar sus resultados en diferentes foros de internet, incluyendo páginas webs institucionales y redes sociales (principalmente Twitter). Además, cabe mencionar que uno de los participantes en el presente proyecto, presento los resultados preliminares de este proyecto en una mesa redonda del programa de televisión Caza y Pesca. En esta mesa redonda se puso de manifiesto la importancia de la coordinación entre pescadores recreativos y equipos científicos a la hora de gestionar de manera eficiente el medio marino.

Además, tres estudiantes de la Universitat de Bcelona han desarrollado sus Trabajos Fin de Máster en el marco de este proyecto:

- **ELENA FERNÁNDEZ** (2021) *Extinction risk analysis of elasmobranchs inhabiting the Mediterranean Sea*. Master in Marine Sciences: Oceanography and Marine Environment Management - Universitat de Barcelona. Supervised with Marta Coll.

- **ALBA VIDAL** (2021) ***Geographic differences in the trophic niche of a pelagic predator.*** Master in Marine Sciences: Oceanography and Marine Environment Management- Universitat de Barcelona. Supervised with Laura Cardador.
- **LOLA RIESGO** (2021) ***Environmental spatial variability affects the presence of Hg in a pelagic predator.*** Master in Marine Sciences: Oceanography and Marine Environment Management - Universitat de Barcelona. Supervised with Carola Sanpera

Fruto de estos TFMs se están preparando 3 artículos científicos para enviar a *Diversity and Distributions*, a *Science of the Total Environment* y a *Biological Conservation*, 3 revistas de gran prestigio en el campo de la ecología y conservación.