

INFORME FINAL

Marcaje y seguimiento remoto de 12 individuos de tortuga boba de zonas neríticas capturados accidentalmente en redes de arrastre para evaluar la eficacia de su rehabilitación

OCTUBRE 2025

LIFE IP INTEMARES

Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español



LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

Lote 2: Realización del marcaje y seguimiento remoto de 12 individuos de tortuga boba de zonas neríticas capturados accidentalmente en redes de arrastre para evaluar la eficacia de su rehabilitación.

LIFE IP INTEMARES (LIFE 15 IPE ES 012) Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español, con Nº Expediente: FB 42/2022.

Autoría: Fundación Oceanogràfic



Coordinación y revisión:

Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Edita:

El proyecto LIFE INTEMARES avanza hacia el objetivo de lograr una gestión eficaz de los espacios marinos de la Red Natura 2000, con la participación activa de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas. La Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico coordina el proyecto. Participan como socios el propio ministerio, a través de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación y la Subdirección para la Protección del Mar; la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Sostenibilidad, así como de la Agencia de Medio Ambiente y Agua; el Instituto Español de Oceanografía; AZTI; la Universidad de Alicante; la Universidad Politécnica de Valencia; la Confederación Española de Pesca, SEO/BirdLife y WWF-España. Cuenta con la contribución del Programa LIFE de la Unión Europea.



Coordina



Socios



Agradecimientos:

Al personal de los centros de recuperación, Arca del Mar del Oceanogràfic y Fundación CRAM, por su dedicación y cuidado de la fauna marina. A las asociaciones EDMAKTUB y ANSE, por su implicación y profesionalidad en el trabajo de campo. Y en especial a aquellas cofradías, patrones y marineros que han colaborado entregando las tortugas capturadas accidentalmente, y a los que día a día se suman más embarcaciones. Gracias.

Fecha de edición:

Octubre de 2025

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN EJECUTIVO..... | 4 |
| 2. EXECUTIVE SUMMARY..... | 5 |
| 3. RESUMEN DE ACTUACIONES..... | 7 |
| 3.1. Antecedentes y objetivos..... | 7 |
| 3.2. Resumen de las actividades previstas..... | 9 |
| 3.3. Detalles de la ejecución de las actividades..... | 10 |
| 3.4. Resultados obtenidos..... | 27 |
| 3.5. Discusión y conclusiones..... | 53 |
| 4. BIBLIOGRAFÍA..... | 62 |

ANEXO I – FICHAS INDIVIDUALES

1. Grupo captura accidental
 - a. Cataluña
 - b. Valencia
2. Grupo control
 - a. Cataluña
 - b. Valencia

ANEXO II- ANALÍTICAS SANGUÍNEAS

1. RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente documento es la descripción y análisis de todos los trabajos realizados en el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES (LIFE 15 IP ES012 INTEMARES) para la selección, marcaje satelital y seguimiento remoto de 12 individuos de tortuga boba de zonas neríticas capturadas accidentalmente en redes de arrastre que hayan pasado por centros de recuperación y 12 individuos sanos capturados en mar abierto, que actuarán como grupo control, para evaluar la eficacia de la rehabilitación de las primeras. En este informe se incluyen los datos de cada individuo, la justificación técnica y veterinaria para su selección e identificación, datos biométricos y muestras biológicas tomadas, la selección de las marcas satelitales y el marcaje, seguimiento, así como el análisis de los datos obtenidos.

Para alcanzar los objetivos y completar las tareas del contrato de forma correcta, inicialmente se realizaron reuniones de coordinación con los diferentes servicios de biodiversidad, centros de recuperación y agentes que operan dentro de la red de varamientos de las comunidades autónomas de Cataluña, Baleares y Comunidad Valenciana y los promotores de la actuación (Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la Fundación Biodiversidad).

Los ejemplares de ambos grupos se seleccionarían en Cataluña, Islas Baleares y Comunidad Valenciana, sin embargo, dado que el personal técnico de la administración del Gobierno balear confirmó la ausencia de ejemplares procedentes de captura accidental por embarcaciones de arrastre, los individuos que iban a ser marcados en esta región fueron repartidos de forma equitativa entre las otras dos zonas incluidas en la licitación (Cataluña y Comunidad Valenciana). La selección de los individuos para el marcaje ha seguido criterios científico-técnicos, derivando en el marcaje de 6 ejemplares procedentes de captura accidental en Cataluña, 6 ejemplares control procedentes de mar abierto en Cataluña, 7 ejemplares procedentes de captura accidental por arrastre y 7 ejemplares control en la Comunidad Valenciana, ya que, en este caso, se añadió un individuo adicional de cada grupo como una mejora del contrato. Se seleccionaron animales mayores a 10 kilogramos que presentaran embolia gaseosa moderada o severa como consecuencia de la pesca accidental por arrastre para el grupo procedente de centros de recuperación, y animales mayores a 10 kilogramos que no mostraron alteraciones en el examen de salud ni en las pruebas complementarias para el grupo control capturado en mar abierto.

Tras el ingreso al centro de recuperación de los animales procedentes de pesca accidental por arrastre, se realizaron evaluaciones veterinarias completas incluyendo exploración física, análisis sanguíneo, estudio radiográfico y ecográfico. Los animales fueron identificados individualmente mediante fotoidentificación y microchip, y se obtuvieron datos biométricos y muestras biológicas de cada individuo. Con respecto a los individuos del grupo control, se realizaron evaluaciones veterinarias a bordo de la embarcación para asegurar su correcto estado de salud, incluyendo una exploración física, análisis sanguíneo y ecografía.

Previo a la suelta de todos los ejemplares, se realizó el marcaje satelital de los individuos lo que permitió conocer su supervivencia dentro de los primeros dos meses posteriores. Con el objetivo

de homogenizar los datos obtenidos a través de los emisores satelitales y a efectos comparativos, las tortugas de ambos grupos fueron liberadas en mar abierto en áreas similares.

El análisis de los datos obtenidos durante la selección de los ejemplares y del seguimiento satélite, ha permitido afirmar que la recuperación de las tortugas marinas procedentes de pesca accidental por arrastre es efectiva. Por un lado, el tratamiento en el centro de recuperación incrementa la supervivencia de aquellos ejemplares afectados de condiciones potencialmente mortales. Mientras que, la readaptación al medio marino, comportamiento y supervivencia a medio plazo se ha demostrado efectiva en condiciones naturales y en comparación con grupo control.

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of the present document is to describe and analyze all activities conducted within the framework of the LIFE IP INTEMARES project (LIFE 15 IP ES012 INTEMARES) related to the selection, satellite tagging, and remote tracking of 12 loggerhead turtles from neritic areas accidentally captured in trawl fisheries and admitted to recovery centers, as well as 12 healthy individuals captured in the open ocean, which served as a control group. The aim was to evaluate the effectiveness of rehabilitation procedures for the former group. This report includes individual-level data, the technical and veterinary rationale for their selection and identification, biometric information and biological samples collected, the criteria and procedures for satellite tag selection and deployment, subsequent tracking, and the analysis of the data obtained.

To fulfil the project objectives and ensure the correct execution of contractual tasks, initial coordination meetings were held with biodiversity services, wildlife recovery centers, and stakeholders involved in the stranding networks of the autonomous communities of Catalonia, the Balearic Islands, and the Valencian Community, as well as with the entities promoting the action (the General Subdirectorate for Terrestrial and Marine Biodiversity of the Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge, and the Biodiversity Foundation).

Individuals from both groups were initially intended to be selected in Catalonia, the Balearic Islands, and the Valencian Community. However, given that technical staff from the Balearic regional administration confirmed the absence of specimens from accidental trawl captures, the individuals planned for tagging in that region were evenly reassigned to the remaining two areas included in the tender (Catalonia and the Valencian Community). The selection of individuals followed scientific and technical criteria, ultimately resulting in the tagging of 6 individuals from accidental captures in Catalonia, 6 control individuals from open-ocean capture in Catalonia, 7 individuals from accidental trawl captures, and 7 control individuals in the Valencian Community. In the latter case, one additional specimen per group was included as a contract enhancement. For the recovery-center group, animals weighing over 10 kg and exhibiting moderate to severe gas embolism as a consequence of trawl capture were selected, whereas control animals weighing over 10 kg and showing no abnormalities during health examinations or complementary diagnostic tests were chosen from open-ocean captures.

Upon admission to the recovery center, turtles originating from accidental trawl capture underwent comprehensive veterinary assessments, including physical examination, hematological analysis, and radiographic and ultrasonographic evaluation. Each animal was individually identified through photo-identification and microchipping, and biometric measurements and biological samples were collected. For individuals in the control group, veterinary evaluations were conducted on board the vessel to confirm adequate health status, including physical examination, blood analysis, and ultrasonography.

Prior to release, all individuals were equipped with satellite transmitters, which enabled assessment of post-release survival during the first two months. To standardize data obtained from satellite transmitters and facilitate comparisons, turtles from both groups were released offshore in similar areas.

The analysis of data collected throughout the selection process and satellite monitoring demonstrated that the rehabilitation of sea turtles admitted after accidental trawl capture is effective. Treatment provided by recovery centers significantly increases survival in individuals affected by potentially life-threatening conditions. Furthermore, post-release readaptation to the marine environment, behavior, and medium-term survival were shown to be adequate under natural conditions and comparable to those of the control group.

2. RESUMEN DE ACTUACIONES

2.1. Antecedentes y objetivos

El presente informe recoge los trabajos realizados en el marco de la licitación con expediente nº FB 42/2022 que, a su vez, da respuesta a lo recogido en las acciones A2.4 (Mejora de conocimiento de las especies para su gestión) y C1.1 (Proyectos de conservación y recuperación de hábitats y especies) del proyecto LIFE IP INTEMARES y que tienen como objetivo mejorar el conocimiento de las especies marinas protegidas para tratar de diseñar medidas que mitiguen los impactos antrópicos que sufren y mejorar así su estado de conservación.

En este contexto, aunque resulta complejo cuantificar a nivel global el impacto real de las pesquerías, la captura accidental (bycatch) se consideran una de las principales amenazas para las tortugas marinas. La pesca de arrastre de fondo, empleada principalmente para capturar crustáceos y peces demersales, provoca también la captura incidental de tortugas cuando se alimentan o descansan en el lecho marino, constituyendo una de las principales fuentes de bycatch a nivel mundial (M. Parga et al., 2020). Las principales consecuencias para la salud de los ejemplares capturados incluyen aspiración de agua o ahogamiento, alteraciones fisiológicas derivadas de la inmersión forzada (acidosis metabólica, hipoxia y anoxia), miopatía de captura y embolia gaseosa o síndrome de descompresión (García-Párraga et al., 2014; García-Párraga & Crespo-Picazo, 2019; M. Parga et al., 2017). Asimismo, se han registrado lesiones traumáticas e incluso asfixia por compresión (M. Parga et al., 2017; M. L. Parga et al., 2020). Tras la captura, las tortugas pueden encontrarse vivas, muertas o en estado comatoso; en muchas ocasiones, la ausencia de diagnóstico y tratamiento veterinario puede derivar en la muerte de los ejemplares (M. L. Parga et al., 2020). Factores como la duración y profundidad del lance, la velocidad de ascenso, la temperatura del agua y la frecuencia de captura influyen directamente en las tasas de mortalidad (Fahlman et al., 2017; Gerosa & Casale, 1999).

En este contexto, una de las principales consecuencias sobre el estado de salud de las tortugas marinas derivadas de la captura accidental por arrastre es la embolia gaseosa (EG) y el síndrome descompresivo (DCS). Este proceso se describió por primera vez en tortugas marinas capturadas en pesquerías de arrastre y redes de enmalle en España (García-Párraga et al., 2014). La EG consiste en la formación de burbujas de gas en vasos sanguíneos y tejidos sobresaturados tras la descompresión, mientras que el DCS es el diagnóstico clínico asociado, que engloba un amplio espectro de manifestaciones derivadas de dicha formación de burbujas. Aunque la EG leve puede ser subclínica, los casos moderados o graves suelen asociarse con signos clínicos de DCS que aparecen horas después de la captura, debido a la alteración del flujo sanguíneo y al daño tisular provocado por las burbujas. Los signos más evidentes incluyen alteraciones del comportamiento y síntomas neurológicos, como hiperactividad inicial seguida de letargo progresivo, paresia de las extremidades, estupor y pérdida de sensibilidad e incapacidad de buceo.

Estudios realizados en el Mediterráneo español han reportado la presencia de EG en el 43–55% de las tortugas capturadas en redes de arrastre (Fahlman et al., 2017). En ejemplares con EG grado 3 o superior, la probabilidad de mortalidad supera el 50% (García-Párraga et al., 2023). Otros estudios de campo indican que el 43% de las tortugas con EG murieron dentro de las 2 horas posteriores a su captura, y un 20% adicional murió en los 6 días siguientes (Parga et al., 2020). Según los datos históricos del centro de recuperación Arca del Mar de la Fundación Oceanogràfic, durante los últimos 10 años, aproximadamente el 55% de las más de 600 tortugas procedentes de captura accidental en la Comunidad Valenciana han sufrido algún grado de embolia gaseosa a consecuencia de la interacción con pesca (Crespo-Picazo, J.L., 2024)

El presente contrato tiene como objetivo recopilar datos sobre la selección, toma de muestras, identificación, marcaje, liberación y posterior análisis de 13 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*) capturados accidentalmente en zonas neríticas mediante redes de arrastre. El estudio buscó evaluar la eficacia de su rehabilitación y su capacidad de readaptación al medio natural, en comparación con otros 13 individuos sanos que conformaron el grupo control, capturados en la misma zona nerítica y marcados con el mismo tipo de emisor. A efectos comparativos, se seleccionaron ejemplares con diagnóstico de EG como principal patología derivada de la interacción accidental.

Dada la potencial gravedad de la embolia gaseosa y el síndrome de descompresión (**Imagen 1**), su alta prevalencia en tortugas capturadas accidentalmente y el escaso conocimiento sobre su fisiopatología y consecuencias a largo plazo, resulta fundamental evaluar la supervivencia de los ejemplares que han sufrido EG tras completar el proceso de rehabilitación, y compararla con la de animales sanos. Este análisis permite aproximar la efectividad real de los tratamientos aplicados, así como la capacidad de readaptación de las tortugas al medio natural, proporcionando información crítica para mejorar las estrategias de conservación y manejo de la especie.



Imagen 1- Tratamiento de urgencia y examen ecográfico de una tortuga boba diagnosticada con EG.

2.2. Resumen de las actividades previstas

Para poder acometer los objetivos establecidos en este informe final, se planeó llevar a cabo las siguientes actividades:

1) Coordinación con las administraciones y entidades locales

2) Selección de individuos

- **Individuos procedentes de captura accidental**

- a) Evaluación veterinaria
 - i) Anamnesis
 - ii) Exploración general
 - iii) Exploración física
 - iv) Exploración neurológica
 - v) Evaluación dentro del agua
 - vi) Pruebas complementarias
 - 1. Diagnóstico por imagen
 - 2. Analítica sanguínea

- **Individuos del grupo control**

- a) Campañas oceanográficas
- b) Captura de las tortugas en mar abierto
 - i) Evaluación veterinaria
 - (1) Anamnesis
 - (2) Exploración general
 - (3) Exploración física
 - (4) Exploración neurológica
 - (5) Pruebas complementarias
 - a. Diagnóstico por imagen
 - b. Analítica sanguínea

3) Identificación, recogida de datos biométricos y muestras biológicas

4) Marcaje, suelta y resultados del seguimiento satelital

2.3. Detalles de la ejecución de las actividades

Para completar las acciones requeridas en la presente licitación se realizó la selección, toma de datos y muestras biológicas, identificación, marcaje y análisis de los datos satelitales obtenidos de 24 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*) previstos en la licitación de los trabajos, así como en dos ejemplares adicionales, uno de cada grupo, propuestos como mejora. Los individuos se dividieron en dos grupos principales, 13 ejemplares procedentes de captura accidental por pesca de arrastre y 13 ejemplares capturados en mar abierto y sanos que actuaron como grupo control.

1) Coordinación con las administraciones y entidades locales

Previo a comenzar la selección de los individuos se llevó a cabo una serie de reuniones de coordinación con los servicios de biodiversidad, centros de recuperación y agentes que operan dentro de las redes de varamientos de las distintas regiones implicadas en el contrato para concretar las actuaciones necesarias para el buen desarrollo de estas. Por regiones, las instituciones con las que se coordinó los trabajos y permisos pertinentes fueron:

- Cataluña
 - Servicio de Fauna y Flora de la Generalitat de Cataluña.
 - Red de Rescate de Fauna Marina y Agentes rurales.
 - Fundación para la Conservación y Recuperación de Animales Marinos (CRAM).

- Islas Baleares
 - Servicio de Protección de Especies del Gobierno Balear.
 - Consorcio de Recuperación de la Fauna, Islas Baleares (COFIB).
 - Centro de rescate de Fauna marina, Fundación Palma Aquarium.

- Comunidad Valenciana
 - Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio, Generalitat Valenciana.
 - La gestión del servicio de rescate y rehabilitación de fauna marina se lleva a cabo por la Fundación Oceanogràfic a través del centro de recuperación (Arca del mar) según convenio con la Conselleria Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio.

Adicionalmente, se ha mantenido la comunicación y coordinación de las acciones, así como los permisos pertinentes para la realización de estas, con la Subdirección General de Biodiversidad

Terrestre y Marina, Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Si bien estaba previsto que los ejemplares de ambos grupos se seleccionarían en Cataluña, Islas Baleares y Comunidad Valenciana, dado que el personal técnico de la administración del Gobierno balear confirmó la ausencia de ejemplares procedentes de captura accidental por embarcaciones de arrastre durante las reuniones de coordinación, los individuos pendientes de marcar en esta región fueron repartidos de forma equitativa en las otras dos zonas incluidas en la licitación (Cataluña y Comunidad Valenciana).

2) Selección de individuos

En coordinación con las redes de varamientos y equipos de los centros de recuperación de las citadas comunidades, se procedió a la selección de 26 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*). Los individuos se dividieron en dos grupos principales, 13 ejemplares procedentes de captura accidental por pesca de arrastre y 13 ejemplares capturados en mar abierto y sanos que actuaron como grupo control para evaluar el grado de éxito en la recuperación de los primeros. Su selección se realizó en base a los siguientes aspectos:

- Estado de salud. Únicamente se marcaron ejemplares que hubieran completado el proceso de recuperación y superado las patologías asociadas a la captura accidental, habiendo normalizado los parámetros alterados en el examen inicial. De igual manera, en los ejemplares del grupo control, únicamente se incluyeron ejemplares de los que se obtuvieron resultados dentro de la normalidad en las pruebas del examen de salud realizadas a bordo de la embarcación en la que se realizaron las campañas.
 - Peso. Según las recomendaciones de marcaje y en base a la selección del tipo de marca realizada, el peso de esta y el material de anclaje no debe superar el 3% del peso del ejemplar, por lo tanto, dado que la marca pesa en torno a los 90 gr, se decidió seleccionar animales mayores de 10 kg para asegurar el correcto procedimiento de marcaje.
- **Individuos procedentes de captura accidental**

Los ejemplares procedentes de captura accidental (**Imagen 2**) se sometieron a una completa evaluación del estado de salud para establecer el diagnóstico de las consecuencias de la captura y poder establecer el tratamiento veterinario específico. Con el objetivo de homogenizar los casos y a efectos comparativos, se seleccionaron ejemplares con embolia gaseosa moderada o severa sometidos al mismo tratamiento terapéutico.



Imagen 2- Recogida de una tortuga procedente de pesca accidental por arrastre.

Para establecer el estado de salud y el diagnóstico inicial que permitió seleccionar los ejemplares, así como para determinar la completa recuperación antes del marcaje y suelta al mar, se llevó a cabo el siguiente protocolo y pruebas complementarias, en coordinación con las redes de varamientos y equipos de los centros de recuperación de las citadas comunidades:

a) Evaluación veterinaria

i) Anamnesis

Recopilación de toda la información previa relevante sobre el caso. Dado que son animales salvajes la información previa existente suele ser escasa. Sin embargo, se registró cualquier dato que pueda obtenerse de factores ambientales y circunstancias de la captura:

- Fecha y puerto de desembarque
- Climatología
- Estado del mar
- Orografía de la zona
- Observaciones previas
- Comportamiento
- Evolución del estado general de la tortuga
- Presencia de otros ejemplares o individuos de otras especies
- Propias de la captura:
 - Tiempo de calado de la red
 - Profundidad
 - Coordenadas del punto de captura

ii) Exploración general

Consistió en la evaluación visual fuera del agua en el momento de la admisión en el centro, se evaluó y registró la siguiente información:

- Especie
- Tamaño (estimación edad aproximada, franja poblacional)
- Sexo (solo en tortugas adultas)
- Nivel de actividad
- Condición corporal
- Respiración (frecuencia y sonidos respiratorios)
- Localización y severidad de heridas externas u otras anomalías
- Signos compatibles con ingestión de cuerpos extraños y/o enmallamientos en basura marina
- Presencia y cantidad de organismos epibiontes

iii) Exploración física

Se realizó de manera estandarizada de craneal a caudal, empezando por la cabeza y descendiendo hasta la cola. Se exploró las siguientes estructuras o sistemas:

- Cabeza (ojos y estructuras periorbitales, región timpánica, fosas nasales y ranfoteca)
- Cavidad oral
- Región cervical
- Sistema cardiorrespiratorio
- Piel
- Caparazón y Plastrón
- Epibiota
- Sistema musculoesquelético
- Cola y cloaca



Imagen 3-Examen radiológico.

iv) Exploración neurológica

Asimismo, se llevó a cabo la exploración neurológica de los individuos a nivel motor y sensorial adaptando el protocolo de evaluación neurológica propuesto por Chrisman et al. 1997, como se muestra a continuación.

- Fuera del agua

| Actividad | Incrementada | Normal | Reducida | Ausente | |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Estado mental | Alerta | Deprimido | Demente | Estuporoso | Comatoso |
| Postura de la cabeza | Nivelada | Inclinada hacia la izquierda | Girada hacia la izquierda | Inclinada hacia la derecha | Girada hacia la derecha |
| Movimientos de la cabeza | Normal | Disminuidos | Ausente | Descoordinado | Tremores |

| Pares craneales | I | D |
|------------------------------------|----------|----------|
| I – Olfatorio | | |
| II, VII - Amenaza | | |
| II, III – Reflejo pupilar | | |
| III, IV, VI – Estrabismo | | |
| V – Mandíbula tono / fuerza | | |
| V, VII – Reflejo palpebral | | |
| VIII – Nistagmo vestibular | | |
| IX, X – Deglución | | |
| XII – Lengua | | |

*Indicar estado: 4-incoordinado; 3-aumentado; 2-normal; 1-disminuido; 0-ausente; NE-no evaluado;

NA-no aplicable

- Dentro del agua

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Estado mental | Alerta | Deprimido | Demente | Estuporoso | Comatoso |
| Da vueltas compulsivamente | No | En ambas direcciones | Hacia la izquierda | Hacia la derecha | |
| Postura de la cabeza | Nivelada | Inclinada hacia la izquierda | Girada hacia la izquierda | Inclinada hacia la derecha | Girada hacia la derecha |
| Movimientos de la cabeza | Normal | Disminuidos | Ausente | Descoordinado | Tremores |
| Postura corporal | Nivelada | Inclinada hacia la izquierda | Inclinada hacia la derecha | Flotación pélvica | |

* Indicar la correspondiente

| | | | | | | |
|------------------------------------|--|-------------------|--------------------------|----------|------------------------|----------|
| Evasión visual OI | | | Aletas pectorales | | Aletas pélvicas | |
| Evasión visual OD | | Movimiento | I | D | I | D |
| Actividad general | | Fuerza | | | | |
| Respuesta de enderezamiento | | | | | | |
| Movimiento de la cola | | | | | | |

*Indicar estado: 4-incoordinado; 3-aumentado; 2-normal; 1-disminuido; 0- ausente; NE-no evaluado; NA-no aplicable

v) Evaluación dentro del agua

Generalmente se llevó a cabo tras la realización de las pruebas complementarias, en el momento de su traslado a los tanques de recuperación. Se evaluó y registró:

- Habilidad en el buceo
- Flotabilidad
- Respiración
- Visión (respuesta de la tortuga al alimento y elementos del entorno)
- Natación y movimiento de aletas
- Comportamiento general

vi) Pruebas complementarias

1. Diagnóstico por imagen

Durante el examen, en el momento de la admisión al centro, se llevó a cabo un estudio radiológico (**Imagen 3**) y ecográfico completo con el fin de detectar cualquier posible alteración y el alcance de estas mediante la combinación de ambos métodos:

- Radiografía

Con la tortuga en posición de decúbito esternal se llevó a cabo de forma rutinaria la toma de las vistas: dorsoventral (D-V), laterolateral (L-L) y craneocaudal (CR-CD) (**Imagen 4**).

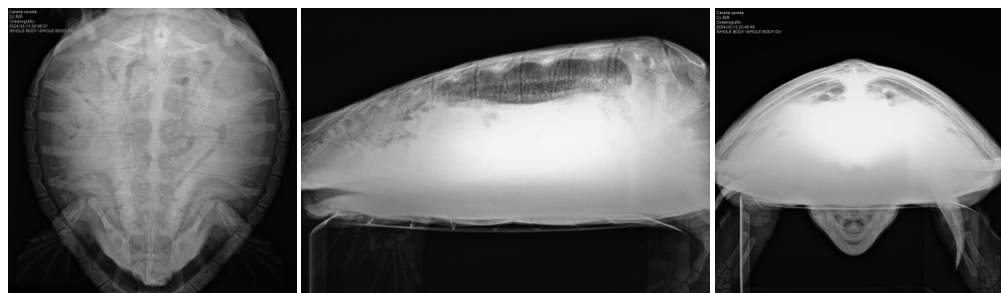


Imagen 4- Estudio radiológico completo, vistas dorsoventral (izq.), laterolateral (centro), y anteroposterior (dcha.).

- Ecografía

Se examinó la cavidad celómica y los tejidos accesibles de todos los animales en el momento de la admisión a través de las ventanas acústicas disponibles en tortugas marinas (dorsal cervical, ventral cervical, de forma bilateral en el espacio cervicobraquial, axilar, pre-femoral y post-femoral) con la tortuga en decúbito esternal (**Imagen 5**).



Imagen 5- Realización de ecografía.

2. Analítica sanguínea

Tras la exploración general en la admisión al centro, se obtuvo una muestra inicial de aproximadamente 5 ml de sangre por individuo del seno cervical dorsal con una jeringa de 5 ml y una aguja hipodérmica de 21 G y 40 mm previa desinfección de la zona con alcohol 96°C. La muestra obtenida se conservó en tubos de heparina litio, citrato sódico y suero para poder llevar a cabo el completo estudio hematológico y bioquímico por paciente. Se realizaron dos frotis sanguíneos en fresco en portaobjetos de cristal para la evaluación morfológica de las líneas celulares.

El análisis hematológico comprendió:

- Hematocrito
- Recuento total estimado de la serie blanca
- Evaluación morfológica diferencial del frotis

El análisis bioquímico incluyó un perfil completo:

- BUN (nitrógeno ureico en sangre)
- Ácido úrico (UA)
- Proteínas totales (PT)
- Lactato deshidrogenasa (LDH)
- Aspartato aminotransferasa (AST)
- Fosfatasa alcalina (FA)
- Creatina quinasa (CK)
- Colesterol (Cho)
- Triglicéridos (Tri)
- Albúmina (ALB)
- Calcio (Ca)
- Iones (Sodio, Cloro, Potasio)

Los chequeos de salud o parte de ellos fueron realizados de forma periódica para monitorizar la evolución de los pacientes y la respuesta al tratamiento, así como para establecer el alta del individuo. La evaluación de los ejemplares ingresados fue realizada por el servicio veterinario de cada uno de los centros, sin embargo, a efectos de estandarización de diagnóstico y tratamiento, se estableció la coordinación veterinaria necesaria para poder completar las acciones objeto de la presente licitación. Sin embargo, el análisis de las muestras de sangre de los ejemplares susceptibles de selección en el laboratorio del Oceanogràfic con el objetivo de poder compararlas adecuadamente, dada la variabilidad de resultados observadas en estas especies según la técnica y laboratorio empleado.

Por otro lado, en el caso de los siete individuos seleccionados en la Comunidad Valenciana que habían interactuado con artes de pesca, se pudo realizar la determinación del sexo mediante la visualización directa de las gónadas por laparoscopia (**Imagen 6**). Para llevar a cabo el procedimiento de la laparoscopia se procedió a la preparación del campo quirúrgico mediante el lavado de la zona ventral de la tortuga y de ambas fosas inguinales con povidona yodada. Posteriormente se aplicó anestesia local, en este caso lidocaína, vía intradérmica. El proceso se realizó bajo anestesia general mediante la administración de propofol vía intravenosa. A continuación, se realizó una incisión de aproximadamente 0.5cm en ambas fosas para poder introducir la aguja de Veress en el lado derecho y el trocar y la óptica en el lado izquierdo. A través de la aguja de Veress se introdujo CO₂ para distender la cavidad celómica y permitir la visualización directa de la gónada. Una vez diferenciada la gónada se procedió a realizar una inspección general de la cavidad celómica en busca de otras anomalías y una vez retirada la óptica se suturaron ambas incisiones con material reabsorbible.



Imagen 6- Determinación del sexo mediante laparoscopia.

En base a las pruebas anteriormente descritas, se seleccionaron los ejemplares procedentes de captura accidental por pesca de arrastre que:

- Superaron los 10 kg de peso.
- Fueron diagnosticados con un proceso de embolia gaseosa moderada o severa a consecuencia de la captura accidental.
- Recibieron tratamiento específico (consensuado con el resto de los servicios veterinarios de los centros) (**Imagen 7**).
- Remitieron la sintomatología, signos clínicos y normalizaron los valores analíticos en sangre tras el tratamiento.

- Mostraron un patrón de comportamiento, flotabilidad, natación y buceo normal, y se alimentaron con regularidad.
- Recibieron el alta por el servicio veterinario del centro.



Imagen 7- Detalle de un ejemplar dentro de la cámara hiperbárica.

- **Individuos del grupo control**

- a) Campañas oceanográficas

Para comenzar con las campañas se contó con el barco de investigación y el equipo de la asociación Alnitak, como estaba previsto, y se realizaron dos salidas en aguas de la Comunidad Valenciana a finales de 2023. Posteriormente, por problemas logísticos de dicha asociación, no pudieron continuarse las campañas oceanográficas programadas por lo que se acordó completar las campañas con otras instituciones con experiencia y logística similar (**Imagen 8**).



Imagen 8- Salidas en aguas de la Comunidad valenciana

Durante el año 2024 se contó con la colaboración de la Asociación Naturalista del Sureste (ANSE) en la embarcación “Else” para las campañas en la Comunidad Valenciana y la embarcación “Maktub” de la asociación EDMAKTUB para las campañas en Cataluña.

Al no haber conseguido capturar todas las tortugas requeridas para el grupo control durante este año, se continuó con las campañas durante la primavera-verano de 2025 para realizar el marcaje de los ejemplares necesarios.

Para las campañas que se llevaron a cabo en aguas de Cataluña, se utilizó como base el puerto de Vilanova i la Geltru, con el catamarán a vela de 14,15 metros de eslora y capacidad para doce tripulantes. Para las salidas en la Comunidad Valenciana se contó con una goleta danesa de 15 metros de eslora que tuvo como puerto base San Pedro del Pinatar y Cartagena, en la región de Murcia, por logística. Sin embargo, en este caso, se navegó dirección norte hacia aguas de la Comunidad Valenciana para realizar la búsqueda de los individuos. Se seleccionaron los días de navegación en base a las previsiones meteorológicas y condiciones oceanográficas teniendo en cuenta el momento más favorable según la biología de las tortugas marinas y la estación del año, por lo que se trató de realizar durante la primavera, momento en el que es más probable detectar un mayor número de ejemplares soleándose en superficie. Sin embargo, el estado del mar durante la franja temporal contemplada en el presente trabajo no permitió llevar a cabo las campañas en las fechas previstas (mayo-agosto 2024), por lo que se tuvieron que realizar en los meses posteriores según las previsiones meteorológicas de cada zona.

Para la realización del muestreo se realizaron transectos aleatorios para cubrir la zona de trabajo navegando a una velocidad media de 4 - 4.5 nudos. Tres personas observaron constantemente el mar sin prismáticos, cubriéndose el campo de visión de la parte frontal (180º), con especial esfuerzo en la zona delantera del barco. Se registró la presencia de tortugas y cetáceos durante cada transecto. Cuando se detectó algún indicio, se confirmó el avistamiento mediante el uso de prismáticos, registrándose los datos del avistamiento (posición, fecha y hora, número de animales avistados, comportamiento, estado del mar, etc.).

El esfuerzo durante las campañas dependió del estado del mar, priorizando las jornadas de trabajo en estados 0 y 1 de la escala Douglas, con el objetivo de maximizar las posibilidades de detección y captura de las tortugas. En el caso de detectar la presencia cetáceos y/o tortugas, la embarcación se desviaba del transecto para recoger datos e imágenes específicas. En el caso concreto de las tortugas, al realizar el avistamiento, el motor de la embarcación se disponía en neutro y se intentaba no alterar el comportamiento del animal.

Se realizaron un total de 16 salidas oceanográficas en la Comunidad Valenciana y 7 salidas en Cataluña, pudiendo completar así la selección de los 13 individuos control de tortuga boba

(*Caretta caretta*). En la siguiente tabla (**Tabla 1**) se pueden observar todas las salidas realizadas detallando el número de individuos de tortuga marina avistadas, capturadas y seleccionadas bajo el marco del contrato, así como el esfuerzo hecho en kilómetros recorridos.

Tabla 1- Individuos de tortuga boba (Caretta caretta) avistados en las salidas oceanográficas, detallando comunidad autónoma (CCAA), fecha de la salida y si fueron capturadas y/o seleccionadas para el grupo control. Además, se detalla el esfuerzo realizado en cada salida, reflejado en kilómetros recorridos.

| CCAA | Fecha salida | Nº tortugas avistadas | Nº tortugas capturadas | Nº tortugas seleccionadas | Esfuerzo (Km) |
|-----------------------------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| Cataluña | 13/03/2024 | 0 | 0 | 0 | - |
| | 25/05/2024 | 2 | 2 | 1 | 53,314 |
| | 26/05/2024 | 2 | 1 | 1 | 45,481 |
| | 29/05/2024 | 0 | 0 | 0 | 38,977 |
| | 30/05/2024 | 0 | 0 | 0 | 53,402 |
| | 05/06/2024 | 0 | 0 | 0 | 42,333 |
| | 06/06/2024 | 3 | 3 | 3 | 67,692 |
| Comunidad Valenciana | 13/06/2024 | 3 | 3 | 2 | 99,6 |
| | 14/06/2024 | 0 | 0 | 0 | 129,3 |
| | 17/06/2024 | 0 | 0 | 0 | 127 |
| | 03/07/2024 | 2 | 1 | 1 | 97,5 |
| | 04/07/2024 | 2 | 0 | 0 | 104,3 |
| | 09/07/2024 | 0 | 0 | 0 | 124,4 |
| | 11/07/2024 | 0 | 0 | 0 | 109,7 |
| | 24/07/2024 | 4 | 1 | 1 | 123,6 |
| | 25/07/2024 | 0 | 0 | 0 | 112,9 |
| | 22/05/2025 | 2 | 0 | 0 | 83,3 |
| | 29/05/2025 | 9 | 1 | 1 | 130 |
| | 30/05/2025 | 1 | 1 | 1 | 60,1 |
| | 05/06/2025 | 2 | 0 | 0 | 78,8 |
| | 06/06/2025 | 3 | 1 | 1 | 91 |

b) Captura de las tortugas en mar abierto

Para la captura manual de los ejemplares, se contó con un equipo mínimo compuesto por: responsable del proyecto, veterinario/a, biólogo/a, técnico/a con experiencia en captura mediante el método seleccionado, capitán de embarcación, persona para el registro de datos, fotografía y vídeo.

Dado que el comportamiento natural de las tortugas marinas incluye periodos de soleamiento en la superficie, este comportamiento representó una oportunidad propicia para su captura.

Durante los meses de primavera-verano, las tortugas fueron avistadas a distancia desde el punto de observación de la embarcación. Una vez localizada una tortuga, se detuvo la navegación a una distancia prudencial y se empleó una embarcación auxiliar para acercarse al equipo de captura (**Imagen 9**).



Imagen 9 - Embarcación auxiliar para la aproximación a los ejemplares.

Al alcanzar una proximidad adecuada, la persona encargada de la captura se aproximó nadando por la parte trasera del ejemplar, evitando movimientos bruscos o ruidos que pudieran alertarlo, hasta lograr sujetarlo firmemente con ambas manos por la región craneal y caudal del caparazón, impidiendo así que escapara.

Tras la inmovilización, la embarcación auxiliar asistió al personal en el agua para subir la tortuga a bordo y trasladarla a la embarcación principal, donde se procedió con su evaluación y marcaje (**Imagen 10**).



Imagen 10- Captura y examen de un ejemplar de C. caretta.

Ambas campañas oceanográficas llevadas a cabo en Cataluña y Comunidad Valenciana han permitido seleccionar 13 tortugas marinas que presentaban un correcto estado de salud para actuar como grupo control en este estudio. Se realizó un examen veterinario completo a bordo, de igual forma que la descrita anteriormente en los animales procedentes de pesca accidental, con ayuda de equipos de diagnóstico portátiles con el objetivo de tener una visión lo más amplia posible del estado de salud de los animales muestreados (**Imagen 11**). Mediante esta evaluación se obtuvieron datos de la anamnesis, exploración física y neurológica completa, y de las pruebas complementarias como analítica sanguínea y ecografía de todos los animales seleccionados.

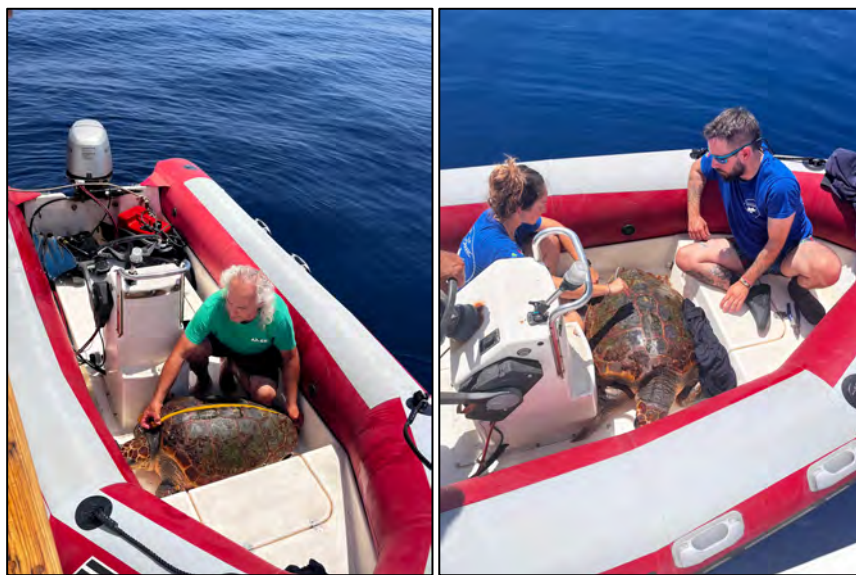


Imagen 11- Toma de datos biométricos y examen veterinario en uno de los ejemplares.

A pesar de la extensión del contrato para realizar campañas oceanográficas en 2025, en Cataluña no fue posible efectuar ninguna salida al mar debido a los fuertes vientos registrados, que alcanzaron niveles elevados en la escala de Beaufort, por lo que no fue posible obtener todos los ejemplares previstos en esta zona durante el periodo de tiempo previsto para las salidas al mar. Por este motivo, se acordó con la dirección de los trabajos, incluir un ejemplar procedente del centro de recuperación regional que cumpliera con las especificaciones técnicas establecidas en el contrato. En consecuencia, se seleccionó un individuo que había ingresado por captura accidental por pesca de trasmallo, pero que no presentó ninguna patología en el momento del ingreso y pudo considerarse sano, de esta manera pudo liberarse en un corto plazo de tiempo en las mismas condiciones que el resto del grupo control correspondiente a esa área.

3) Identificación, recogida de datos biométricos y muestras biológicas

Para completar las acciones requeridas en la Tarea 3 del contrato se identificaron individualmente y se recogieron datos biométricos y muestras biológicas de los ejemplares de tortuga boba seleccionados. Durante este momento también se procedió a la lectura de posibles identificaciones previas mediante microchip en la zona cervical y aletas delanteras, puente y fosas inguinales (**Imagen 12**), así como al registro de posibles identificaciones externas con marcas metálicas o cicatrices que indiquen identificaciones previas.



Imagen 12-Búsqueda de microchip.

Los ejemplares seleccionados se identificaron individualmente mediante foto-identificación observando el patrón de escamas a ambos lados de la cabeza, y se implantó de forma subcutánea en la región cervical izquierda un transponder pasivo FDX-B de Global-Ident®, 2,1 cm. Además, en el caso de la Comunidad Valenciana, los ejemplares procedentes de pesca accidental también fueron identificados individualmente mediante chapa metálica INCONEL del MITECO en la aleta delantera derecha. En el caso de Cataluña, los ejemplares del centro no se marcaron con chapa metálica siguiendo el protocolo de dicha CCAA.

Junto con la información recolectada del examen veterinario, se obtuvieron los datos biométricos y se almacenaron las siguientes muestras biológicas de los individuos seleccionados:

- Muestra de sangre
 - o Muestra de suero y plasma
 - o Genética
- Muestra de heces
- Epibiontes

4) Marcaje, suelta y resultados del seguimiento satelital

Los emisores que utilizados fueron los PSATs (Pop-Up Satellite Archival Tags) de la casa comercial Lotek®, ya que brindan datos de mortalidad, además del perfil de buceo (**Imagen 13**). Están diseñados para liberarse automáticamente después de un período de tiempo preestablecido, que en este caso fue de 2 meses, o en caso de que cumpliera algunos de los siguientes criterios de mortalidad: 24 horas a la misma profundidad, 24 horas en oscuridad o se encontraran a 500 metros de profundidad. El estudio del perfil de buceo proporcionó información vital para evaluar la recuperación y su readaptación al medio, permitiendo comparar los perfiles de ambos grupos y descifrar las posibles diferencias. El seguimiento y obtención de datos, se realizó vía la plataforma Argos.



Imagen 13- Tortuga marina marcada con emisor Pop-up

La suelta de los individuos marcados se llevó a cabo en coordinación con los centros de recuperación y las autoridades locales de manera coordinada con la dirección de los trabajos, una vez realizadas las pruebas donde se corroboró el correcto estado de salud y peso aproximado de los individuos.

Todos los ejemplares se liberaron desde una embarcación auxiliar lo más próximo al agua asegurando las condiciones de manejo, bienestar animal y científico-técnicas de los sistemas de seguimiento. Los individuos del grupo control se liberaron en el punto donde fueron capturadas, y los provenientes del centro de recuperación, en la misma área donde fueron capturadas las del grupo control con el objetivo de poder llevar a cabo la comparación (**Imagen 14 y 15**).



Imagen 14- Suelta de dos ejemplares marcados.



Imagen 15- Liberación de ejemplar ya marcado con Pop-up

2.4. Resultados obtenidos

1) Coordinación con las administraciones y entidades locales

Tal y como se mencionó anteriormente en el apartado de actividades realizadas, se acordó el marcaje satelital, asesoramiento para la liberación y seguimiento remoto de 13 ejemplares de tortuga boba procedentes de captura accidental por pesca de arrastre y capturados en mar abierto y sanos, 6 en Cataluña y 7 en Comunidad Valenciana, siendo un individuo de cada grupo una mejora al contrato incluida en la oferta de la Fundación Oceanogràfic.

La participación coordinada de las administraciones regionales, los centros de recuperación y las instituciones científicas permitió aumentar significativamente la eficacia de las actuaciones realizadas. Este marco de cooperación permite optimizar el uso de los recursos humanos y técnicos disponibles, favorece la homogeneización de las metodologías de atención, tratamiento y manejo en las distintas regiones, y facilita la estandarización de los procedimientos analíticos y de la interpretación de resultados, fortaleciendo así la comparabilidad de los datos obtenidos. Asimismo, la recopilación y evaluación conjunta de la información puede permitir establecer conclusiones más sólidas y desarrollar medidas de gestión que pueden aplicarse de manera más coherente y coordinada entre los diferentes territorios implicados.

2) Selección de individuos

En coordinación con las redes de varamientos y equipos de los centros de recuperación de las citadas comunidades, se procedió a la selección de 26 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*). Los individuos se dividieron en dos grupos principales, 13 ejemplares procedentes de captura accidental por pesca de arrastre y 13 ejemplares capturados en mar abierto y sanos que actuaron como grupo control para evaluar el grado de éxito en la recuperación de los primeros.

- Individuos procedentes de captura accidental

Los ejemplares procedentes de captura accidental se sometieron a una completa evaluación del estado de salud para establecer el diagnóstico y el tratamiento veterinario específico. Únicamente se seleccionaron animales con embolia gaseosa moderada o severa siguiendo la clasificación de los grados de embolia descrita por García-Párraga et al en 2014. En la siguiente tabla (**Tabla 2**) se detallan los ejemplares seleccionados y características:

Tabla 2- Individuos seleccionados del grupo de pesca accidental de cada comunidad autónoma (CCAA) indicando la fecha de ingreso, franja poblacional, sexo, peso y patología

| CCAA | ID | Fecha ingreso | Clasificación | SEXO | Peso (Kg) | LCC (cm) | PATOLOGÍA |
|----------------------|----------|---------------|---------------|--------|-----------|----------|-------------|
| Cataluña | DORA | 20/12/2023 | Juvenil | - | 12.5 | 46.5 | EG severa |
| | MATILDA | 04/01/2024 | Juvenil | - | 23.64 | 57 | EG moderada |
| | VALPA | 24/01/2024 | Juvenil | - | 15.3 | 48 | EG severa |
| | ZOE | 02/02/2024 | Juvenil | - | 12.55 | 46 | EG moderada |
| | FERNANDO | 15/02/2024 | Subadulto | - | 23.65 | 59 | EG severa |
| | APM | 04/03/2024 | Juvenil | - | 17.55 | 51 | EG severa |
| Comunidad Valenciana | Cc 577 | 09/01/2024 | Adulto | Hembra | 50 | 73 | EG severa |
| | Cc 803 | 31/01/2024 | Subadulto | Hembra | 37.98 | 66 | EG moderada |
| | Cc 804 | 31/01/2024 | Juvenil | Hembra | 12.6 | 47 | EG moderada |
| | Cc 808 | 06/02/2024 | Adulto | Hembra | 59 | 76 | EG severa |
| | Cc 809 | 07/02/2024 | Juvenil | Hembra | 15.78 | 50 | EG moderada |
| | Cc 812 | 12/02/2024 | Juvenil | Macho | 29.75 | 58 | EG severa |
| | Cc 828 | 13/03/2024 | Juvenil | Hembra | 13.87 | 48.5 | EG severa |

Todos los individuos seleccionados en este grupo ingresaron a los centros de recuperación en 2024 y mostraron una evolución favorable durante su estancia. El 100% de las tortugas presentó un cuadro de EG de moderada a severa (**Imagen 16**). El diagnóstico de esta patología se realizó con métodos de diagnóstico por imagen, principalmente por radiografía o combinando radiografía con ecografía. Asociado a esta patología, un tercio de los ejemplares mostró alteraciones en la exploración neurológica, principalmente un estado mental deprimido, con la excepción del caso Cc 577, que ingresó con un cuadro de hiperexcitación que posteriormente evolucionó a depresión.



Imagen 16- Radiografía de tortuga con embolia gaseosa severa

En cuanto al tratamiento, a todos los animales se les administró tratamiento de soporte, incluyendo fluidoterapia, antiinflamatorios esteroideos o no esteroideos y antibioterapia dependiendo del estado del animal. Se priorizó el tratamiento hiperbárico. En la Comunidad Valenciana, la recompresión en la cámara hiperbárica se realizó utilizando oxígeno medicinal mientras que en Cataluña se utilizó aire comprimido. Las tortugas fueron comprimidas a 1,6-1,8 ATA y la duración del tratamiento osciló en torno a las 12 horas, con una fase de descompresión gradual en 40 minutos. En la siguiente tabla (**Tabla 3**) se puede observar la información sobre la patología, alteraciones y tratamiento aplicado en cada individuo según los hallazgos obtenidos en la evaluación veterinaria.

Tabla 3- Individuos seleccionados del grupo de pesca accidental detallando la información obtenida en la evaluación veterinaria de cada animal, incluyendo patologías, tratamiento y días en recuperación.

| CCAA | ID tortuga | SEXO | Patología | Grado embolia | Otras alteraciones | Evaluación neurológica | Tratamiento | Días en recuperación |
|----------------------|------------|--------|-------------|---------------|---|------------------------------|---|----------------------|
| CATALUÑA | DORA | - | EG severa | 4/5 | - | Depresión leve | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 2 sesiones. | 84 |
| | MATILDA | - | EG moderada | 3/5 | Sonidos respiratorios | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión. | 69 |
| | VALPA | - | EG severa | 4/5 | - | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión. | 114 |
| | ZOE | - | EG moderada | 3/5 | Sonidos respiratorios | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión. | 40 |
| | FERNANDO | - | EG severa | 4/5 | Sonidos respiratorios, úlceras en plastrón y herida en fosa nasal | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión. | 27 |
| | APM | - | EG severa | 4/5 | Sonidos respiratorios | Depresión leve | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión. | 74 |
| COMUNIDAD VALENCIANA | Cc 577 | Hembra | EG severa | 4/5 | - | Excitación y luego depresión | Tratamiento de soporte. Terapia | 57 |

| | | | | | | | | |
|--|---------------|--------|-------------|-----|---|--------------------|--|-----|
| | | | | | | | hiperbárica 2 sesiones | |
| | Cc 803 | Hembra | EG moderada | 3/5 | - | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión | 35 |
| | Cc 804 | Hembra | EG moderada | 3/5 | - | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión | 35 |
| | Cc 808 | Hembra | EG severa | 4/5 | - | Depresión moderada | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 2 sesiones | 29 |
| | Cc 809 | Hembra | EG moderada | 3/5 | - | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión | 107 |
| | Cc 812 | Macho | EG severa | 4/5 | - | Depresión moderada | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 2 sesiones | 102 |
| | Cc 828 | Hembra | EG severa | 4/5 | - | Normal | Tratamiento de soporte. Terapia hiperbárica 1 sesión | 72 |

Tras el tratamiento hiperbárico, se realizó nuevamente una evaluación veterinaria completa. Cuatro individuos con EG severa no resolvieron el proceso con un único ciclo de terapia hiperbárica, administrándose nuevamente un ciclo más corto. Una vez eliminado todo el gas, las tortugas se trasladaron a los tanques de recuperación donde completaron el periodo de rehabilitación, donde la duración del tratamiento fue variable.

- Individuos del grupo control

Se realizó el examen a bordo de la embarcación de campaña con ayuda de equipos de diagnóstico portátiles con el objetivo de tener una visión lo más amplia posible del estado de salud de los animales muestreados. Se seleccionaron así los individuos que se encontraron en un buen estado de salud sin patologías detectables. Además, se procedió a la captura de un ejemplar que se encontraba flotando en superficie envuelto en una bolsa de rafia para retirar el enmalle.

Se les realizó una exploración física completa y un examen neurológico. Además, también se hizo un estudio ecográfico para descartar la presencia de patologías. Una vez se comprobó que eran animales sanos se procedió a la identificación y marcaje.

En la siguiente tabla (**Tabla 4**) se muestran los ejemplares seleccionados en cada comunidad autónoma para formar parte del grupo control. En la misma se indica la franja poblacional, peso aproximado y longitud curva del caparazón de los individuos.

Tabla 4- Individuos seleccionados del grupo control de cada comunidad autónoma (CCAA) indicando la fecha de ingreso, franja poblacional y peso.

| CCAA | ID TORTUGA | FECHA DE CAPTURA | FRANJA POBLACIONAL | PESO ESTIMADO (kg) | LCC (cm) |
|----------------------|------------|------------------|--------------------|--------------------|----------|
| CATALUÑA | Cc 7789 | 25/05/2024 | Adulto | 50-55 | 71 |
| | Cc 7200 | 26/05/2024 | Subadulto | 40-45 | 65 |
| | Cc 6446 | 06/06/2024 | Subadulto | 35-40 | 62 |
| | Cc 6566 | 06/06/2024 | Subadulto | 35-50 | 60.5 |
| | Cc 6995 | 06/06/2024 | Juvenil | 10-15 | 40 |
| | MERCE | 07/04/2025 | Juvenil | 23.9 | 45.3 |
| COMUNIDAD VALENCIANA | Cc 2487 | 13/06/2024 | Subadulto | 40-45 | 67 |
| | Cc 7698 | 13/06/2024 | Adulto | 50-55 | 74 |
| | Cc 6957 | 03/07/2024 | Adulto | 50-55 | 74 |
| | Cc 7081 | 24/07/2024 | Subadulto | 15-20 | 52 |
| | Cc 7596 | 29/05/2025 | Juvenil | 10-15 | 44 |
| | Cc 7051 | 30/05/2025 | Juvenil | 15-20 | 53,5 |
| | Cc 7802 | 06/06/2025 | Adulto | 60-70 | 78 |

Además de los 12 ejemplares de *C. caretta*) seleccionadas para el grupo control, se avistaron 15 individuos más en Comunidad Valenciana (**Imagen 17**) y 2 individuos más en Cataluña (**Imagen 18**) que o bien no cumplían con los requisitos técnicos y veterinarios o no lograron ser capturados. Gran parte de los individuos avistados, especialmente en la Comunidad Valenciana, no fueron sometidos a evaluación para su selección al no haber podido ser capturados. Sin embargo, cabe destacar que se consiguió capturar dos individuos de pequeño tamaño y menos de 1 kg de peso, uno en cada comunidad autónoma, que fueron identificados individualmente mediante microchip subcutáneo. Estos dos animales no fueron seleccionados para formar parte del grupo control, ya que no cumplían las condiciones técnicas y veterinarias en cuanto a tamaño y peso necesarios para recibir los equipos de marcaje satelital. Por otro lado, un ejemplar de la Comunidad Valenciana presentaba una bolsa de rafia alrededor del cuello y aleta pectoral derecha, sin embargo, no presentaba ninguna lesión asociada, por lo que se procedió a su identificación individual y suelta.

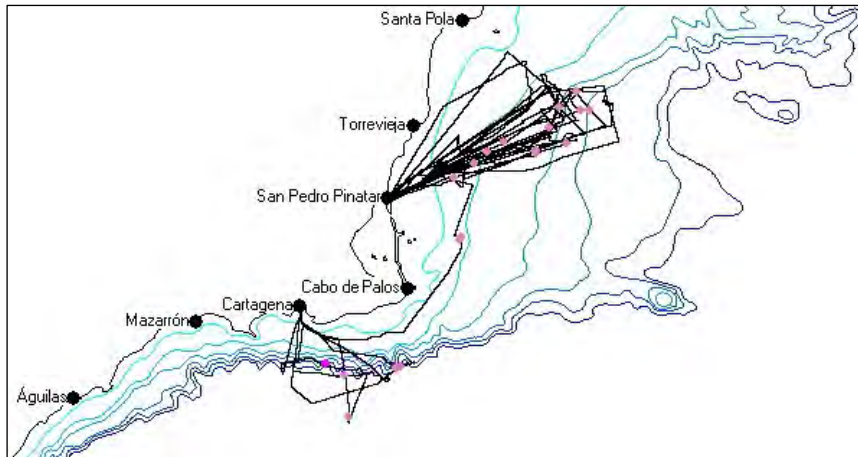


Imagen 17- Mapa con los transectos realizados en las salidas oceanográficas de 2024 y 2025 al sur de la Comunidad Valenciana. Los puntos rosados indican la posición de las tortugas avistadas durante cada salida.

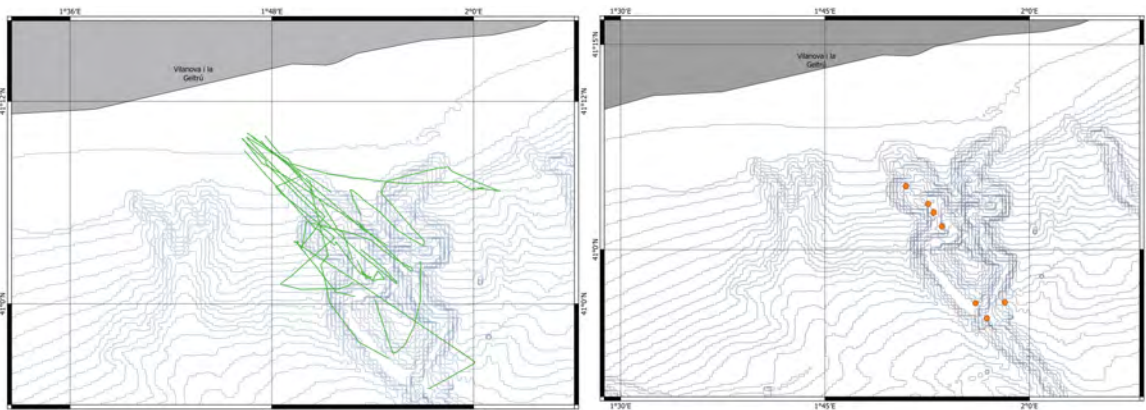


Imagen 18- Mapas con los transectos realizados (izquierda) y tortugas avistadas (derecha) en la zona de cañones submarinos reconocida como Área de Importancia de Mamíferos Marinos (IMMA), en Cataluña frente a Villanova i la Geltrú.

Asimismo, en cada salida oceanográfica se registraron un total de 27 avistamientos de otras especies, principalmente cetáceos, para los que se recogieron registros de avistamiento, indicando especie, coordenadas, profundidad y número de individuos (**Imagen 19 y 20**). En la siguiente tabla (**Tabla 5**) se detallan los avistamientos registrados.



*Imagen 19- Calderón gris (*Grampus griseus*) avistado.*

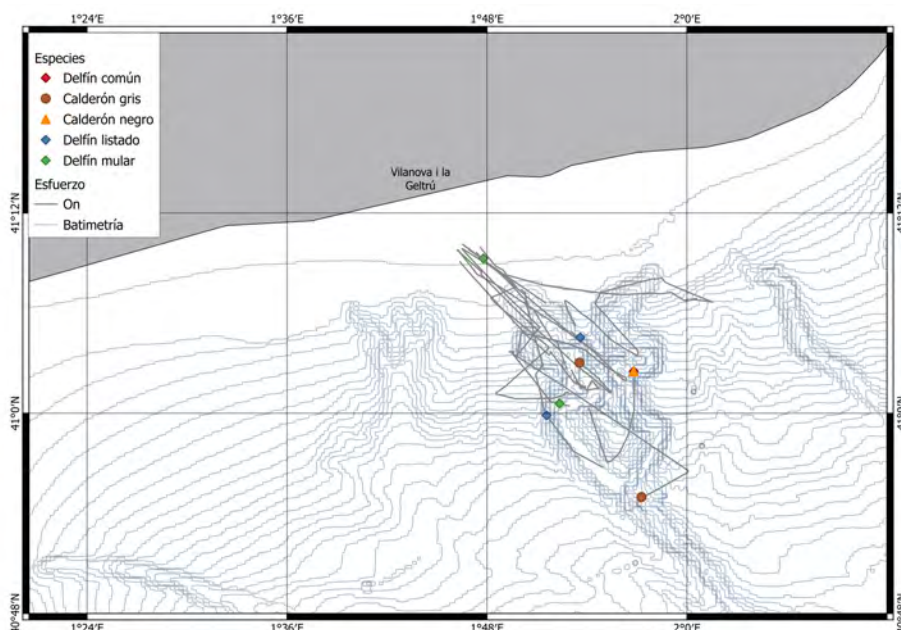


Imagen 20- Mapa con los cetáceos avistados en las salidas en la zona de cañones submarinos reconocida como Área de Importancia de Mamíferos Marinos (IMMA), en Cataluña frente a Villanova i la Geltrú.

Tabla 5- Salidas por comunidad autónoma, detallando especies observadas, número de individuos, coordenadas y profundidad del punto del avistamiento.

| CCAA | Fecha de salida | Especie | Número de individuos | Capturado | Seleccionado | Coordenadas | Profundidad |
|----------|-----------------|------------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------------------------|-------------|
| Cataluña | 13/03/2024 | - | - | - | - | - | - |
| | 25/05/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | No | N 41°01,703' E 1°53,569' | 1017 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 41°04,606' E 1°50,934' | 719 |
| | 26/05/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 41°03,308' E 1°52,569' | 937 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 41°02,705' E 1°52,973' | 954 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 5 | - | - | N 41°09,276' E 1°47,776' | 40 |
| | | <i>Stenella coreuleoalba</i> | 5 | - | - | N 41°02,515' E 1°56,804' | 1146 |
| | 29/05/2024 | <i>Delphinus delphis</i> | 60 | - | - | N 41°02,515' E 1°56,804' | 1146 |
| | | <i>Globicephala melas</i> | 12 | - | - | N 41°02,515' E 1°56,804' | 1146 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 2 | - | - | N 41°00,581' E 1°52,354' | 1206 |
| | 30/05/2024 | <i>Stenella coreuleoalba</i> | 10 | - | - | N 41°04,547' E 1°53,599' | 409 |
| | 05/06/2024 | <i>Grampus griseus</i> | - | - | - | N 41°03,028' E 1°53,549' | 946 |
| | 06/06/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 40°54,953' E 1°56,874' | 1513 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 40°56,135' E 1°58,192' | 1325 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|---------|----|----|-----------------------------|-----------------------------|-----|
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 40°56,068' E 1°56,047' | 1307 | |
| | | <i>Grampus griseus</i> | - | - | - | N 40°54,977' E 1°57,273' | 1590 | |
| | | <i>Stenella coreuleoalba</i> | - | - | - | N 40°59,869' E 1°51,582' | 951 | |
| COMUNIDAD VALENCIANA | 13/06/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 38°2,442' W 0°15,499' | 110 | |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 38°0,508' W 0°18,138' | 140 | |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | No | N 37°54,950' W 0°29,740' | 140 | |
| | 14/06/2024 | - | - | - | - | - | - | |
| | 17/06/2024 | <i>Cetáceo sin identificar</i> | 10 a 15 | - | - | - | N 38°0,995' W 0°9,924' | 420 |
| | | <i>Globicephala melas</i> | 55 a 65 | - | - | - | N 38°1,001' W 0°9,922' | 430 |
| | | <i>Globicephala melas</i> | 30 a 40 | - | - | - | N 37°58,978' W 0°10,127' | 430 |
| | | <i>Stenella coeruleoalba</i> | 4 | - | - | - | N 37°58,345' W 0°9,781' | 430 |
| | 03/07/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | - | N 37°54,785' W 0°21,832' | 160 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°56,021' W 0°17,069' | 700 |
| | 04/07/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°53,529' W 0°31,887' | 60 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°56,184' W 0°27,040' | 135 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | - | - | - | - | N 37°53,563' W 0°31,895' | 80 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 4 a 5 | - | - | - | N 37°56,382' W 0°19,585' | 190 |
| | 09/07/2024 | <i>Stenella coeruleoalba</i> | 20 a 30 | - | - | - | N 37°58,946' W 0°15,649' | 250 |
| | 11/07/2024 | <i>Stenella coeruleoalba</i> | 10 a 15 | - | - | - | N 37°59,215' W 0°17,779' | 380 |
| | 24/07/2024 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | - | N 38°0,175' W 0°14,768' | 210 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 38°0,209' W 0°13,465' | 200 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°55,222' W 0°21,767' | 150 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°51,713' W 0°34,912' | 100 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 1 a 2 | - | - | - | N 37°54,802' W 0°33,564' | 50 |
| | 25/07/2024 | <i>Tursiops truncatus</i> | 50 a 60 | - | - | - | N 37°52,521' W 0°34,154' | 100 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 40 a 60 | - | - | - | N 37°57,139' W 0°34,225' | 110 |
| 22/05/2025 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°59,743' W 0°14,613' | 100 | |
| | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°57,350' W 0°13,969' | 100 | |
| 29/05/2025 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | - | N 37°54,793' W 0°6,261' | 2500 | |

| | | | | | | | |
|--|------------|------------------------------|----------|----|----|-----------------------------|------|
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°53,229' W 0°6,925' | 2450 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°55,188' W 0°10,852' | 1950 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°54,755' W 0°10,587' | 1900 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°51,449' W 0°11,673' | 1400 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°52,715' W 0°13,214' | 900 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 37°53,172' W 0°13,701' | 900 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°54,278' W 0°14,342' | 800 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°56,965' W 0°16,039' | 100 |
| | | <i>Delphinus delphis</i> | 30 a 40 | - | - | N 37°13,491' W 0°43,773' | 2500 |
| | 30/05/2025 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 37°51,959' W 0°19,862' | 600 |
| | | <i>Stenella coeruleoalba</i> | 5 a 15 | - | - | N 37°27,754' W 0°52,016' | 800 |
| | 05/06/2025 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°52,317' W 0°11,855' | 1700 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°52,450' W 0°11,702' | 1000 |
| | | <i>Stenella coeruleoalba</i> | 50 a 60 | - | - | N 37°28,133' W 0°44,007' | 1000 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 80 a 140 | - | - | N 37°28,538' W 0°44,883' | 1000 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 20 a 25 | - | - | N 37°28,991' W 0°59,397' | 220 |
| | 06/06/2025 | <i>Caretta caretta</i> | 1 | Sí | Sí | N 37°49,077' E 0°12,965' | 800 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°49,094' W 0°13,918' | 800 |
| | | <i>Caretta caretta</i> | 1 | No | No | N 37°49,179' W 0°13,931' | 600 |
| | | <i>Tursiops truncatus</i> | 15 a 20 | - | - | N 37°28,543' W 0°43,788' | 250 |
| | | <i>Balaenoptera physalus</i> | 1 | - | - | N 37°29,747' W 0°49,376' | 300 |

3) Identificación, recogida de datos biométricos y muestras biológicas

Una vez que los individuos fueron seleccionados para su participación en el estudio, se llevó a cabo la búsqueda de métodos previos de identificación mediante la lectura de microchip en la zona cervical y aletas delanteras, puente y fosas inguinales, así como al registro de posibles identificaciones externas con marcas metálicas o cicatrices que indiquen identificaciones previas. Una de las tortugas incorporadas en el grupo de pesca accidental en la Comunidad Valenciana, Cc 577, había sido capturada previamente en 2021 y 2023. En cuanto a las tortugas de Cataluña, Matilda había sido identificada previamente en 2019 y Zoe fue capturada en la Comunidad

Valenciana en 2023. A las tortugas que no tenían identificaciones previas se les colocó un microchip FDX-B de Global-Ident®, 2.1 de forma subcutánea en el lado izquierdo del cuello. Además, se realizaron fotografías de ambos laterales de la cabeza y de la zona dorsal para fotoidentificación (**Imagen 21**). Siguiendo el protocolo de marcaje de la Comunidad Valenciana, a las tortugas capturadas de forma accidental en esta región, también se les identificó con una marca visual metálica INCONEL en la aleta delantera derecha.

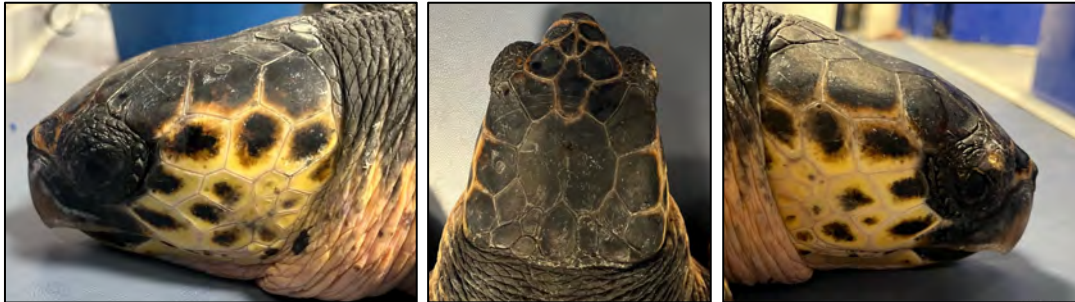


Imagen 21- Foto-identificación de un ejemplar seleccionado para el grupo control de la Comunidad Valenciana, donde se retrata el patrón de escamas en dorsal y ambos lados de la cabeza.

Se tomaron datos biométricos de todas las tortugas incluyendo el peso y las medidas estándar, como la longitud en recto del caparazón (LRC), ancho en recto del caparazón (ARC) longitud en curvo del caparazón (LCC), ancho en curvo del caparazón (ACC) longitud cabeza (Lcab) y ancho cabeza (Acab). Esta información puede observarse en la siguiente tabla (**Tabla 6**):

Tabla 6- Datos biométricos de las tortugas seleccionadas

| CCAA | Grupo | ID tortuga | Peso (Kg) | LRC (cm) | ARC (cm) | LCC (cm) | ACC (cm) | Lcab (cm) | Acab (cm) |
|----------------------|------------------|------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Cataluña | Pesca accidental | DORA | 12.5 | 44.5 | 37 | 46.5 | 43.4 | 10 | 8.5 |
| | | MATILDA | 23.64 | 53.5 | 46.5 | 57 | 55.5 | 12.5 | 7.4 |
| | | VALPA | 15.3 | 44.5 | 37.5 | 48 | 46 | 12.5 | 8 |
| | | ZOE | 12.55 | 43.5 | 36 | 46 | 41 | 12.5 | 8 |
| | | FERNANDO | 23.65 | 56.2 | 45.3 | 59 | 54 | 12 | 11 |
| | | APM | 17.55 | 47.5 | 39.5 | 51 | 46.5 | 10.9 | 8.5 |
| | Control | Cc 7789 | 50-55 | 67 | 64 | 71 | 68 | 16 | 15 |
| | | Cc 7200 | 40-45 | 59 | 55 | 65 | 61 | 15 | 13 |
| | | Cc 6446 | 35-40 | 56 | 56 | 62 | 59 | 12 | 10 |
| | | Cc 6566 | 35-50 | 57 | 56 | 60.5 | 58 | 11.5 | 10 |
| | | Cc 6995 | 10-15 | 37 | 31 | 40 | 36 | 9.5 | 9 |
| | | MERCE | 23.9 | 41.5 | 34.8 | 45.3 | 41.1 | 10.5 | 8 |
| Comunitat Valenciana | | Cc 577 | 50 | 70 | 54 | 73 | 68 | 16 | 15 |

| | | | | | | | | | |
|--|------------------|---------|-------|------|------|------|----|------|------|
| | Pesca accidental | Cc 803 | 37.98 | 63 | 51 | 66 | 58 | 15 | 13 |
| | | Cc 804 | 12.6 | 43 | 35 | 47 | 42 | 10.5 | 10 |
| | | Cc 808 | 59 | 71 | 60 | 76 | 74 | 16.2 | 15.1 |
| | | Cc 809 | 15.78 | 48.5 | 39.5 | 50 | 46 | 11 | 10 |
| | | Cc 812 | 29.75 | 52 | 44 | 58 | 53 | 12 | 10 |
| | | Cc 828 | 13.87 | 44 | 37.5 | 48.5 | 45 | 11.5 | 10 |
| | Control | Cc 2487 | 40-45 | 62 | 57 | 67 | 61 | 15 | 14 |
| | | Cc 7698 | 50-55 | 70 | 68 | 74 | 72 | 18 | 17 |
| | | Cc 6957 | 50-55 | 72 | 53 | 74 | 72 | 17 | 14 |
| | | Cc 7081 | 15-20 | 49 | 44 | 52 | 46 | 11.5 | 10 |
| | | Cc 7596 | 10-15 | 42 | 37 | 44 | 41 | 11 | 9 |
| | | Cc 7051 | 15-20 | 48 | 43 | 53,5 | 53 | 11 | 10 |
| | | Cc 7802 | 60-70 | 74 | 68 | 78 | 73 | 15 | 15 |

A su vez, se obtuvieron muestras biológicas de todos los animales recogidas en la tabla a continuación (**Tabla 7**). A partir de la muestra de sangre se realizó un estudio completo de hematología y bioquímica para evaluar el estado de salud y se almacenó suficiente suero y plasma como para realizar futuros estudios. También se tomaron muestras para la realización de estudios genéticos. El 65% de las tortugas seleccionadas para este contrato presentaban epibiontes en el momento de la captura siendo algas pardas y cirrípedos de la especie *Chelonibia testudinaria* en su mayoría que fueron retirados y conservados tanto en alcohol como congelados según protocolos específicos.

Tabla 7- Muestras biológicas recogidas de cada individuo seleccionado en Cataluña y Comunidad Valenciana.

| CCAA | Grupo | ID tortuga | Sangre | | | Epibiontes | Heces |
|----------|------------------|------------|--------|-------|----------|------------|-------|
| | | | Plasma | Suero | Genética | | |
| Cataluña | Pesca accidental | DORA | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | MATILDA | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | VALPA | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | ZOE | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | FERNANDO | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | APM | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | Control | Cc 7789 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 7200 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 6446 | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | Cc 6566 | Sí | Sí | Sí | No | No |

| | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---------|----|----|----|----|----|
| | | Cc 6995 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | MERCE | Sí | Sí | Sí | No | No |
| Comunidad Valenciana | Pesca accidental | Cc 577 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 803 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 804 | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | Cc 808 | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | Cc 809 | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | Cc 812 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 828 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | Control | Cc 2487 | Sí | Sí | Sí | No | No |
| | | Cc 7698 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 6957 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 7081 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 7596 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 7051 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |
| | | Cc 7802 | Sí | Sí | Sí | Sí | No |

4) Marcaje, suelta y resultados del seguimiento satelital

Los individuos fueron marcados según el protocolo descrito previamente sin experimentar complicación alguna (**Imagen 22**). El número identificado a la plataforma de seguimiento se detalla en la siguiente tabla (**Tabla 8**) junto con el resto de las identificaciones individuales utilizadas en cada tortuga marina.

Tabla 8- Tortugas seleccionadas con sus identificaciones, número de microchip, número de chapa y número de emisor satelital.

| CCAA | Grupo | ID tortuga | Nº Microchip | ID MITECO | ID emisor |
|----------|------------------|------------|-----------------|-----------|-----------|
| Cataluña | Pesca accidental | DORA | 94500002638622 | No | 243829 |
| | | MATILDA | 941000023938169 | No | 243803 |
| | | VALPA | 953000005068969 | No | 243825 |
| | | ZOE | 978101083456137 | 1304 | 243836 |
| | | FERNANDO | 94500002638636 | No | 243811 |
| | | APM | 941000011835887 | No | 243832 |
| | Control | Cc 7789 | 978101084267789 | No | 243828 |
| | | Cc 7200 | 978101084267200 | No | 243812 |
| | | Cc 6446 | 978101084266446 | No | 243826 |
| | | Cc 6566 | 978101084266566 | No | 243827 |

| | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | | Cc 6995 | 978101084286995 | No | 243819 |
| | | MERCE | 945000002739369 | No | 254572 |
| Comunidad Valenciana | Pesca accidental | Cc 577 | 982091061272367 | 100385 | 243810 |
| | | Cc 803 | 978101084266697 | 100139 | 243820 |
| | | Cc 804 | 978101084266404 | 5929 | 243801 |
| | | Cc 808 | 978101084301893 | 100240 | 243833 |
| | | Cc 809 | 978101084287478 | 100298 | 254569 |
| | | Cc 812 | 978101084287420 | 100248 | 243824 |
| | | Cc 828 | 978101084287259 | 5928 | 243821 |
| | | Control | Cc 2487 | 978101084282487 | No |
| | Cc 7698 | | 978101084287698 | No | 254560 |
| | Cc 6957 | | 978101084286957 | No | 254565 |
| | Cc 7081 | | 978101084287081 | No | 243802 |
| | Cc 7596 | | 978101084287596 | No | 254562 |
| | Cc 7051 | | 978101084287051 | No | 254566 |
| | Cc 7802 | | 978101084287802 | No | 254571 |

La suelta de los individuos marcados se llevó a cabo en coordinación con los centros de recuperación y las autoridades locales junto con el equipo de dirección de los trabajos.



Imagen 22- Dos individuos seleccionados para el grupo control (izquierda en Cataluña y derecha en Comunidad Valenciana) marcados con emisor Pop-Up previo a su liberación desde embarcación.

Dado que el objetivo fue la comparación entre los dos grupos, todos los ejemplares se liberaron en mar abierto. La suelta se hizo desde una embarcación auxiliar asegurando las condiciones de manejo, bienestar animal y científico-técnicas de los sistemas de seguimiento. Los individuos del grupo control fueron liberados en el mismo punto de su captura, mientras que las tortugas

procedentes de pesca accidental fueron trasladadas mar adentro, más allá de la plataforma continental, con el fin de garantizar condiciones similares a las del grupo control.

La **Tabla 9** presenta un resumen de la evolución de los ejemplares marcados. **En 18 individuos (69,2 %), los emisores se liberaron según lo preestablecido a los 60 días posteriores a la suelta, confirmando su supervivencia durante dicho periodo.** En cuatro ejemplares (15,4 %), los emisores se liberaron de forma prematura, antes de alcanzar los 60 días establecidos, lo que sugiere la posible muerte de los individuos. En los cuatro ejemplares restantes (15,4 %), no se obtuvo información completa de los emisores: en algunos casos se registraron únicamente datos parciales —como la distancia recorrida—, mientras que en otros no se recibió señal alguna, probablemente debido a fallos técnicos o a causas desconocidas que impidieron la conexión con el satélite y, por consiguiente, la transmisión de la información.

Tabla 9- Tortugas seleccionadas indicando número de emisor, fecha de marcaje, suelta del emisor, y días de recopilación de datos.

| Comunidad autónoma | Grupo | ID tortuga | ID emisor | Fecha de marcaje | Suelta emisor | Días |
|----------------------|------------------|------------|-----------|------------------|---------------|------|
| Cataluña | Pesca accidental | DORA | 243803 | 13/03/2024 | A término | 60 |
| | | MATILDA | 243829 | 13/03/2024 | A término | 60 |
| | | VALPA | 243836 | 13/03/2024 | A término | 60 |
| | | ZOE | 243811 | 13/03/2024 | A término | 60 |
| | | FERNANDO | 243825 | 17/05/2024 | A término | 60 |
| | | APM | 243832 | 17/05/2024 | 25/05/2024 | 8 |
| | Control | Cc 7789 | 243828 | 25/05/2024 | Sin señal | ? |
| | | Cc 7200 | 243812 | 26/05/2024 | Sin datos | ? |
| | | Cc 6446 | 243826 | 06/06/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 6566 | 243827 | 06/06/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 6995 | 243819 | 06/06/2024 | A término | 60 |
| | | MERCE | 254572 | 13/06/2025 | A término | 60 |
| Comunidad Valenciana | Pesca accidental | Cc 577 | 243810 | 06/03/2024 | 25/03/2024 | 19 |
| | | Cc 803 | 243820 | 06/03/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 804 | 243801 | 06/03/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 808 | 243833 | 06/03/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 809 | 254569 | 25/05/2024 | Sin señal | ? |
| | | Cc 812 | 243824 | 25/05/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 828 | 243821 | 25/05/2024 | 19/06/2024 | 25 |

| | | | | | | |
|--|---------|---------|--------|------------|------------|----|
| | Control | Cc 2487 | 254561 | 13/06/2024 | 30/06/2024 | 17 |
| | | Cc 7698 | 254560 | 13/06/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 6957 | 254565 | 03/07/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 7081 | 243802 | 24/07/2024 | A término | 60 |
| | | Cc 7596 | 254562 | 29/05/2025 | Sin señal | ? |
| | | Cc 7051 | 254566 | 30/05/2025 | A término | 60 |
| | | Cc 7802 | 254571 | 06/06/2025 | A término | 60 |

La siguiente tabla (**Tabla 10**) resume la información remitida por los emisores satélite, además de la información referida en apartados anteriores. Entre ellos se refleja la distancia recorrida, entendida esta como la distancia en línea recta entre el lugar donde se liberó a la tortuga y el lugar donde se desprendió el transmisor de esta. El porcentaje de datos de buceo recuperados, la profundidad máxima y profundidad media de las inmersiones, y la temperatura media.

Tabla 10- Resumen datos obtenidos del marcaje satélite.

| Emisor | Región | Grupo | Fecha suelta | Duración | Supervivencia | Distancia recorrida (km) | Datos de buceo recuperados (%) | Profundidad máxima de inmersión (m) | Profundidad media de inmersión (m) | Variación en profundidad de inmersión (sd) | Temp. Media (°C) |
|--------|--------|----------|--------------|----------|---------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|------------------|
| 243812 | CA | Control | 26/5/24 | N/A | Sin datos | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 243819 | CA | Control | 6/6/24 | 60 | Sí | 365.2 | 50.7 | 89.0 | 4.0 | 8.9 | 23.8 |
| 243826 | CA | Control | 6/6/24 | 60 | Sí | 429.5 | 39.4 | 71.8 | 6.8 | 10.8 | 23.2 |
| 243827 | CA | Control | 6/6/24 | 60 | Sí | 250.9 | 67.5 | 103.8 | 10.2 | 15.8 | 23.6 |
| 243828 | CA | Control | 25/5/24 | N/A | Sin datos | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 254572 | CA | Control | 13/6/25 | 60 | Sí | 435.9 | 43.1 | 134.5 | 7.0 | 14.7 | 24.3 |
| 243802 | CV | Control | 24/7/24 | 60 | Sí | 169.3 | 38.7 | 94.5 | 10.8 | 16.0 | 24.4 |
| 254560 | CV | Control | 13/6/24 | 60 | Sí | 392.0 | 73.1 | 163.3 | 18.4 | 29.1 | 22.9 |
| 254561 | CV | Control | 13/6/24 | 17 | Mortalidad | 484.2 | 68.1 | 110.3 | 10.4 | 14.7 | 20.3 |
| 254562 | CV | Control | 29/5/25 | N/A | Sin datos | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 254565 | CV | Control | 3/7/24 | 60 | Sí | 127.7 | 26.0 | 127.0 | 17.1 | 17.4 | 23.7 |
| 254566 | CV | Control | 30/5/25 | 60 | Sí | 364.6 | 9.3 | 82.5 | 6.8 | 16.1 | 25.4 |
| 254571 | CV | Control | 6/6/25 | 60 | Sí | 433.8 | 23.7 | 130.8 | 8.2 | 14.1 | 25.0 |
| 243803 | CA | Arrastre | 13/3/24 | 60 | Sí | 282.2 | 27.4 | 105.8 | 18.5 | 31.2 | 14.7 |
| 243811 | CA | Arrastre | 13/3/24 | 60 | Sí | 185.6 | 8.9 | 44.0 | 9.6 | 8.9 | 15.0 |
| 243825 | CA | Arrastre | 17/5/24 | 60 | Sí | 207.6 | 16.5 | 135.0 | 3.5 | 9.4 | 21.4 |
| 243829 | CA | Arrastre | 13/3/24 | 60 | Sí | 190.7 | 21.0 | 35.3 | 7.7 | 7.6 | 16.2 |
| 243832 | CA | Arrastre | 17/5/24 | 8 | Mortalidad | 182.6 | 85.2 | 72.0 | 4.1 | 7.8 | 19.6 |
| 243836 | CA | Arrastre | 13/3/24 | 60 | Sí | 134.9 | 13.5 | 44.0 | 11.2 | 9.4 | 13.8 |
| 243801 | CV | Arrastre | 6/3/24 | 60 | Sí | 194.7 | 25.8 | 39.0 | 3.7 | 4.9 | 16.5 |
| 243810 | CV | Arrastre | 6/3/24 | 19 | Mortalidad | 158.6 | 65.6 | 63.0 | 8.4 | 10.6 | 14.8 |
| 243820 | CV | Arrastre | 6/3/24 | 60 | No data | 160.5 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 243821 | CV | Arrastre | 25/5/24 | 25 | Mortalidad | 131.3 | 9.1 | 41.8 | 2.6 | 5.9 | 21.4 |
| 243824 | CV | Arrastre | 25/5/24 | N/A | Sin datos | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 243833 | CV | Arrastre | 6/3/24 | 60 | Sí | 579.0 | 31.2 | 63.3 | 6.1 | 8.2 | 16.3 |
| 254569 | CV | Arrastre | 25/5/24 | 60 | Sin datos | 695.7 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

Distancia recorrida: El objetivo principal fue el de detectar las posibles diferencias en los patrones de movimiento entre las tortugas con o sin EG (tortugas control vs tortugas capturadas accidentalmente en arrastre). Hay que tener en cuenta que, al utilizar la distancia total recorrida como métrica principal, las tortugas en las que los emisores duraron los 60 días completos tendrían más probabilidades de recorrer distancias más largas que las tortugas seguidas durante un período de tiempo más corto (**Imagen 23**).

Los emisores utilizados en este seguimiento proporcionan un dato sobre la profundidad de buceo y la temperatura cada 12 minutos. Por lo tanto, tras 60 días, la cantidad máxima de datos recuperados podría ser de 7200 datos. Así pues, el *porcentaje de datos de buceo recuperados* se ha calculado dividiendo el número total de puntos de datos entre 7200 (o entre un número inferior cuando se corrige para los individuos cuyo transmisor se liberó de forma prematura antes). Este dato permite demostrar que se dispone de una cobertura de datos bastante buena por parte de los emisores.

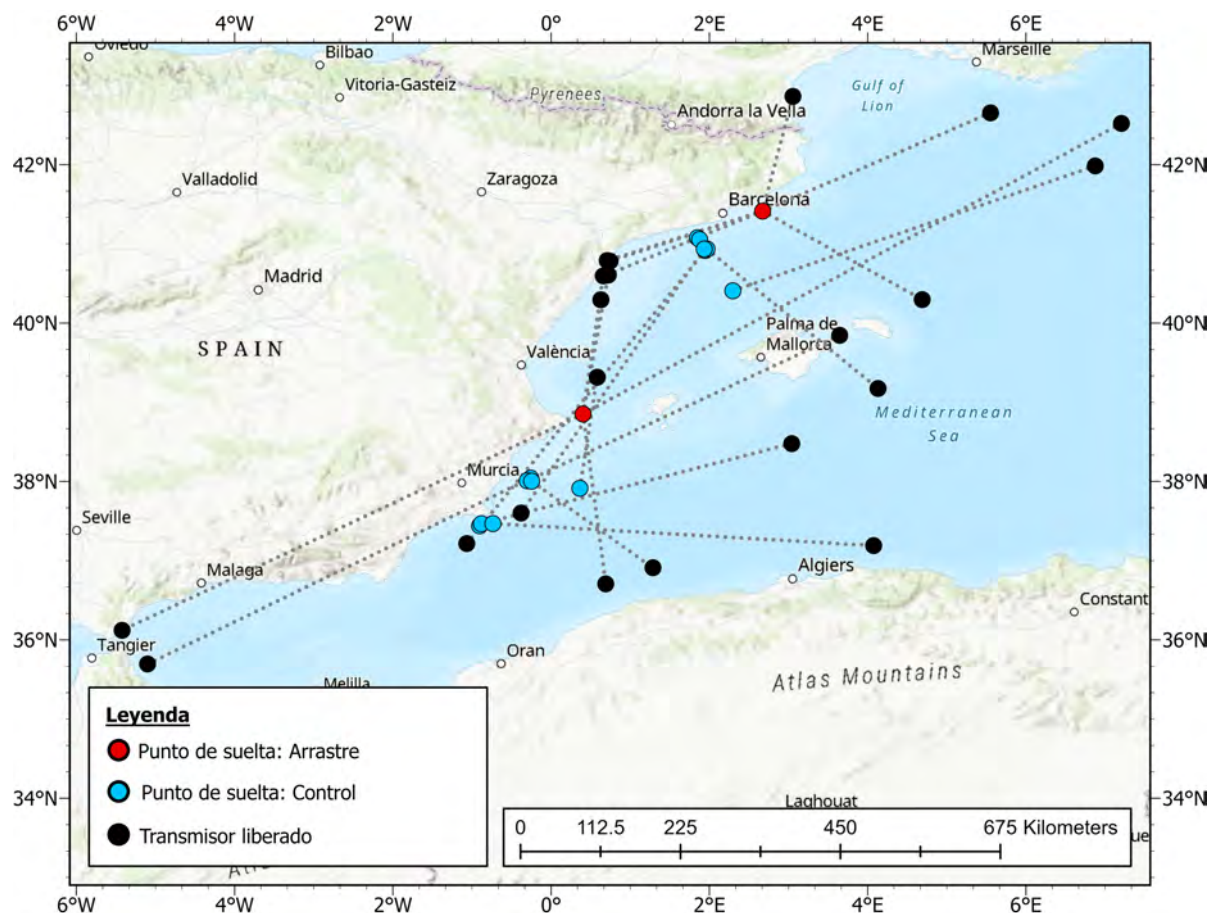


Imagen 23. Ubicaciones donde se liberaron los ejemplares marcados (punto azul se corresponde con ejemplares control, y el punto rojo con los ejemplares procedentes de captura accidental), así como los lugares donde se desprendieron de las tortugas (punto negro).

Tanto las tortugas que sufrieron un proceso de EG, como las tortugas control, migraron en diversas direcciones, sin seguir un patrón de distribución concreto. La distancia más corta recorrida fue de 127,7 km (ID: 254565, Valencia: Control), mientras que la más larga fue de 695,7 km (ID: 254569, Valencia: Arrastre).

Perfil de buceo: Los siguientes gráficos (Imágenes 24 a 28) muestran los perfiles de inmersión individuales de las tortugas incluidas en este estudio expresadas como la profundidad máxima alcanzada en cada inmersión a lo largo del periodo de registro del emisor (60 días en la mayoría de los casos).

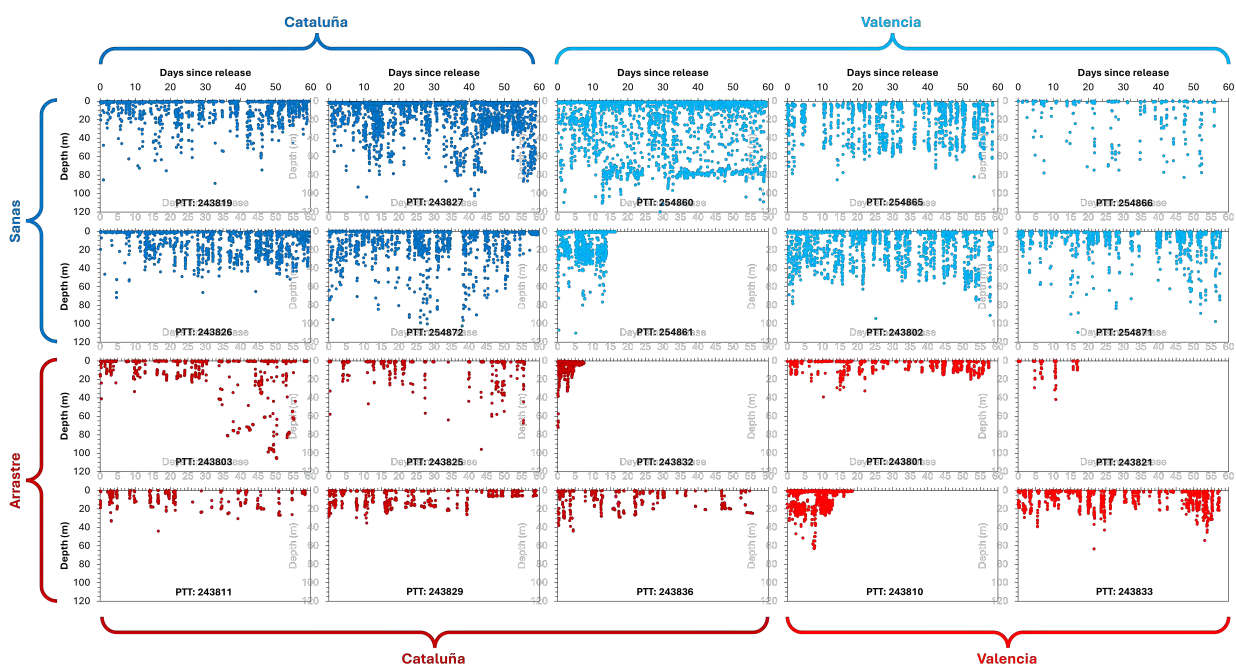


Imagen 24. Comparativa del perfil de buceo de los diferentes grupos, según método de captura y origen.

Estos gráficos nos permiten evaluar las tendencias temporales en los datos de inmersión de las tortugas, mientras que el resto de los comentarios específicos sobre las variables mostradas en la tabla 10 se analizarán en las secciones siguientes.

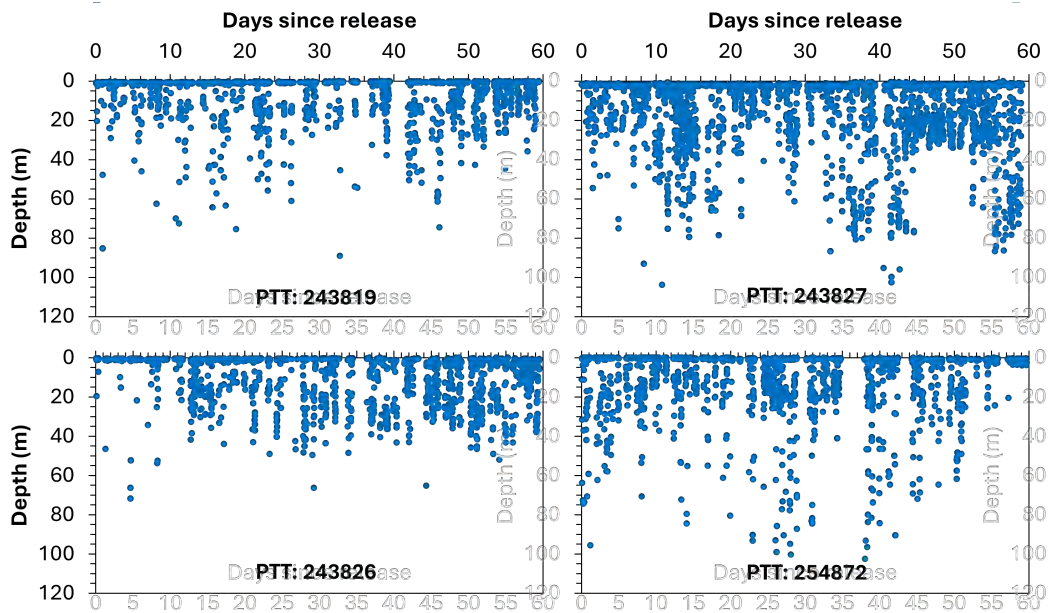


Imagen 25. Perfil de inmersión del grupo control de las tortugas capturadas en Cataluña.

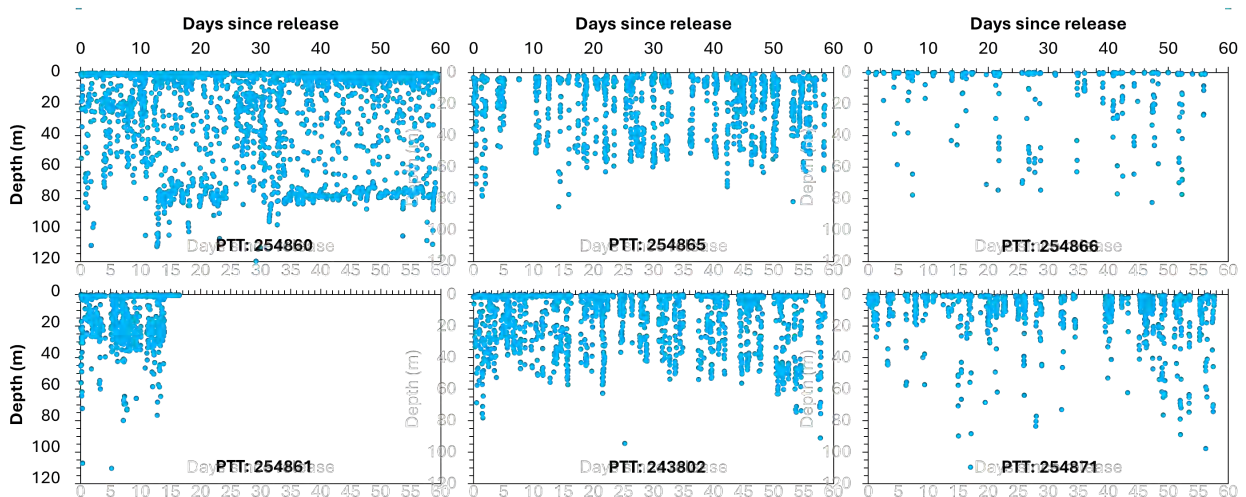


Imagen 26. Perfiles de inmersión correspondientes al grupo control de las tortugas capturadas en la Comunidad Valenciana.

En el caso de las tortugas del grupo de control, no se observaron cambios evidentes en la distribución vertical del hábitat, con inmersiones de similar profundidad a lo largo del tiempo. La profundidad máxima de inmersión fue de entre 82,5 y 134,5 m para este grupo. Por otro lado, el gran número de datos obtenidos en superficie en la gran mayoría de individuos (por ejemplo, 243827, 243819, 243826, 254872) indica que los individuos descansaban en la superficie, mientras que dos individuos (254860, 254861) muestran múltiples mediciones repetidas a la misma profundidad, lo que sugiere un descanso en el fondo marino. El descanso en la superficie y en el fondo marino son comportamientos típicos de las tortugas marinas, especialmente en condiciones de aguas más frías. Solo en un ejemplar de este grupo se recibió señal compatible con mortalidad (254861), el patrón de buceo inicial mostraba perfiles similares al resto, dentro

de lo considerado normal para la especie y el hábitat, sin cambios aparentes hasta el momento en el que se desprendió el satélite.

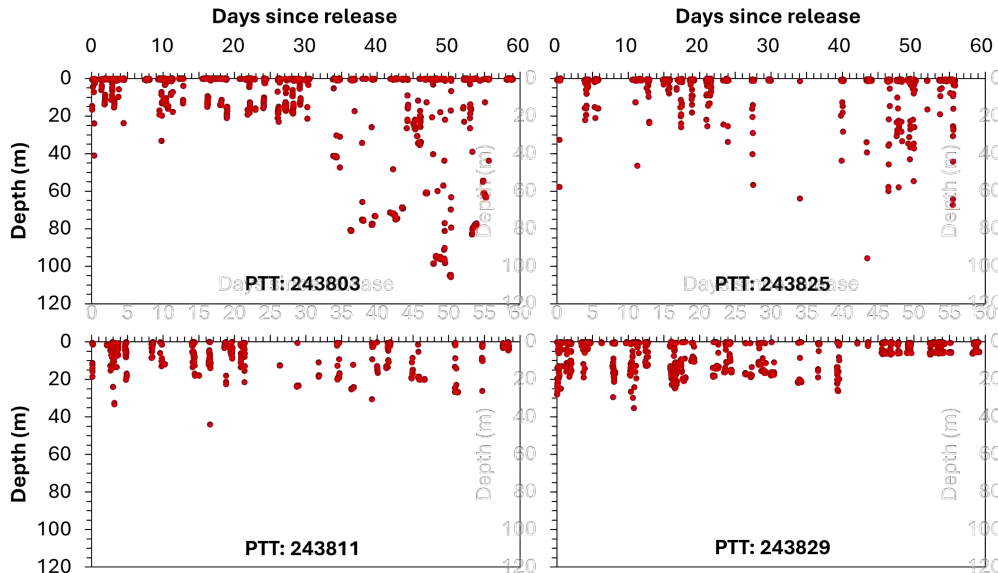


Imagen 27. Perfiles de inmersión correspondientes al grupo de las tortugas capturadas accidentalmente en embarcaciones de arrastre de Cataluña.

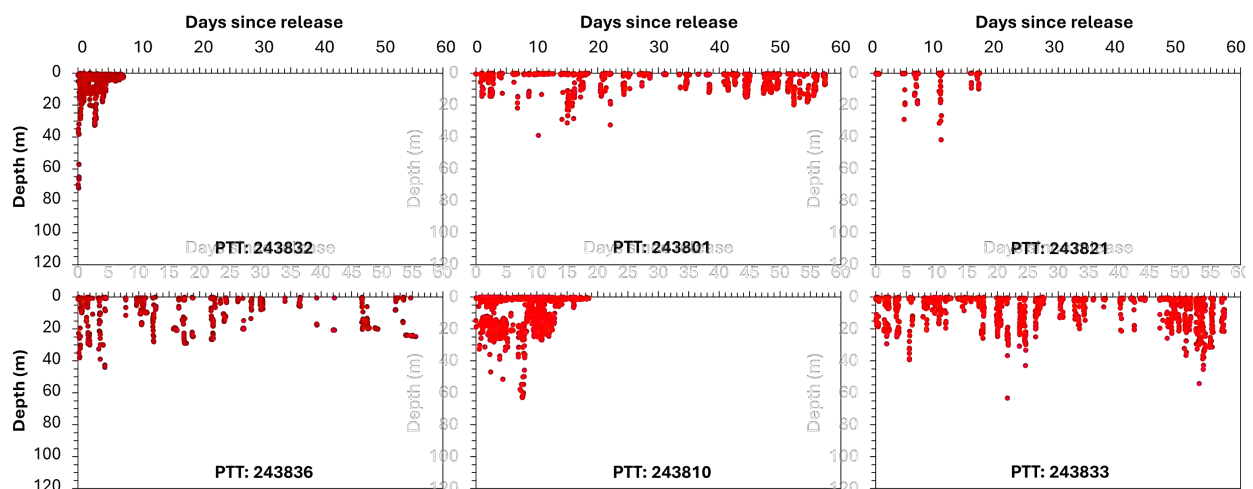


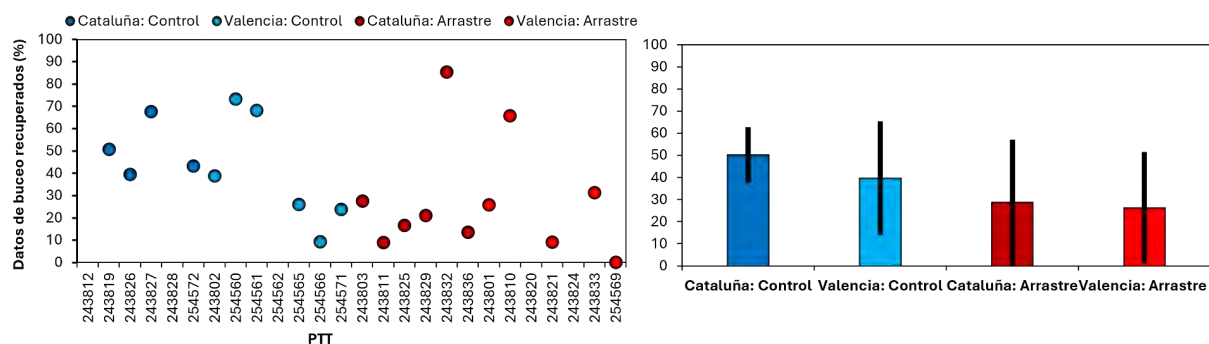
Imagen 28. Perfiles de inmersión correspondientes al grupo de las tortugas capturadas accidentalmente en embarcaciones de arrastre de la Comunidad Valenciana.

En el caso de las tortugas procedentes del grupo de captura accidental por arrastre, la mayoría de los individuos también mostraron una utilización constante de la profundidad en sus desplazamientos verticales a lo largo del tiempo (por ejemplo, 243811, 243829, 243836), aunque hubo menos pruebas de descanso en la superficie y se observaron cambios temporales en la utilización de la profundidad en algunas tortugas. En este grupo, la profundidad máxima de inmersión fue de entre 35,3 y 135 m. En tres tortugas la duración de las inmersiones decreció rápidamente (243810, 243821, 243832). Los emisores de esos tres ejemplares se liberaron de

y la liberación del transmisor, dividida por el número de días transcurridos antes de la liberación del dispositivo. Esta osciló entre 2,8 y 28,5 km. No se observaron diferencias estadísticas entre comunidad y grupo.

Esta métrica, junto a los datos señalados con anterioridad de la ausencia de un patrón de migración concreto en ambos grupos, concuerdan con los patrones de distribución y movimientos para la especie en el área de estudio.

Figura 2- Porcentaje de datos de buceo recuperados



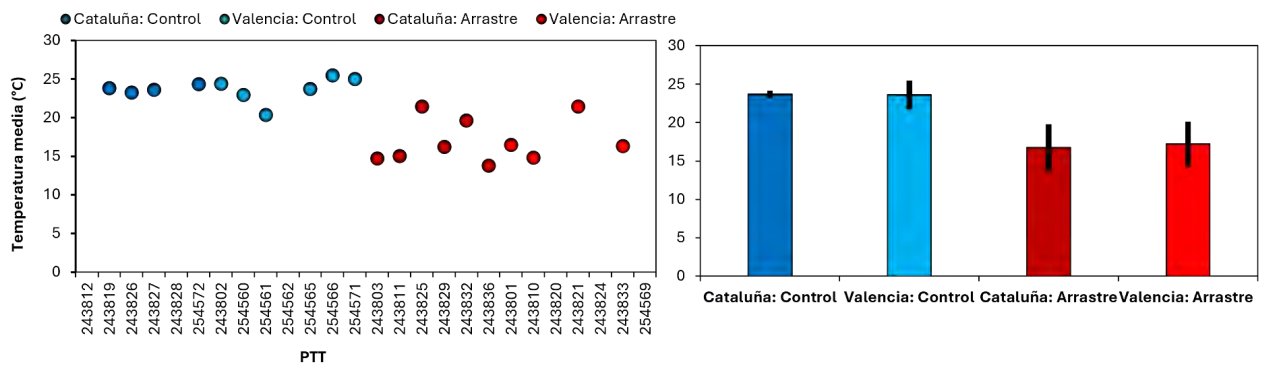
ANOVA - Datos de buceo recuperados (%)

| Cases | Sum of Squares | df | Mean Square | F | p |
|-------------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Comunidad | 45.880 | 1 | 45.880 | 0.078 | 0.784 |
| Grupo | 962.200 | 1 | 962.200 | 1.625 | 0.221 |
| Comunidad * Grupo | 253.461 | 1 | 253.461 | 0.428 | 0.522 |
| Residuals | 9471.638 | 16 | 591.977 | | |

Note. Type III Sum of Squares

El porcentaje medio de datos recuperados por tortuga fue del 27,4 % y osciló entre el 8,9 % y el 85,2 %. No se observaron diferencias estadísticas entre la comunidad de origen y el grupo. Esto demuestra que se obtuvo una cobertura de datos bastante buena y que el comportamiento de las tortugas no pareció influir estadísticamente en la cantidad de datos transmitidos.

Figura 3- Temperatura media



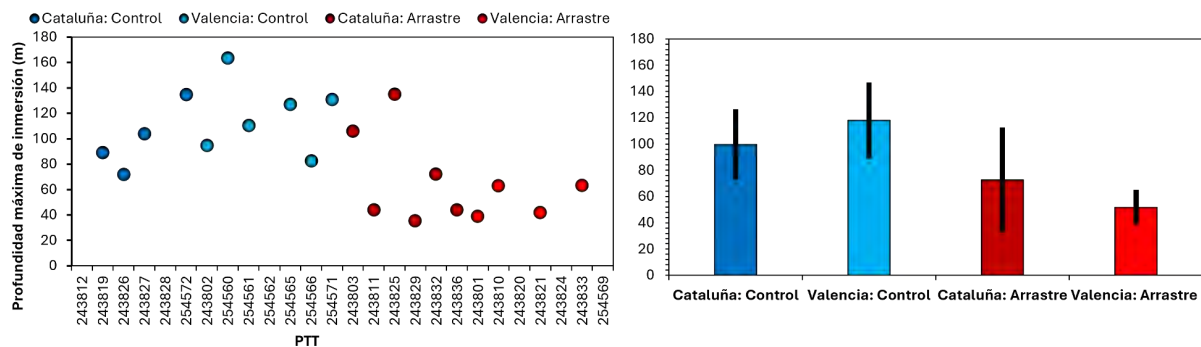
ANOVA - Temperatura media ▼

| Cases | Sum of Squares | df | Mean Square | F | p |
|-------------------|----------------|----|-------------|--------|--------|
| Comunidad | 0.154 | 1 | 0.154 | 0.028 | 0.870 |
| Grupo | 212.534 | 1 | 212.534 | 38.401 | < .001 |
| Comunidad * Grupo | 0.397 | 1 | 0.397 | 0.072 | 0.792 |
| Residuals | 88.554 | 16 | 5.535 | | |

Note. Type III Sum of Squares

Sobre las temperaturas registradas, el ANOVA reveló una diferencia estadística ($F_{1,16} = 38,40$, $p < 0,01$) en las temperaturas medias entre el grupo de control y el grupo de arrastre. Concretamente, las temperaturas fueron más cálidas para el grupo de control (23,6 °C) que para el grupo de arrastre (17,02 °C). Esta diferencia es acorde a los momentos del año en los que se dispuso de los ejemplares procedentes de captura accidental, posterior recuperación y suelta, y los meses en los que las condiciones del mar permitieron las campañas oceanográficas y las capturas de los ejemplares del grupo control. Esta diferencia en temperatura media podría explicar los patrones observados en la profundidad máxima en los perfiles de buceo.

Figura 4- Profundidad de inmersión



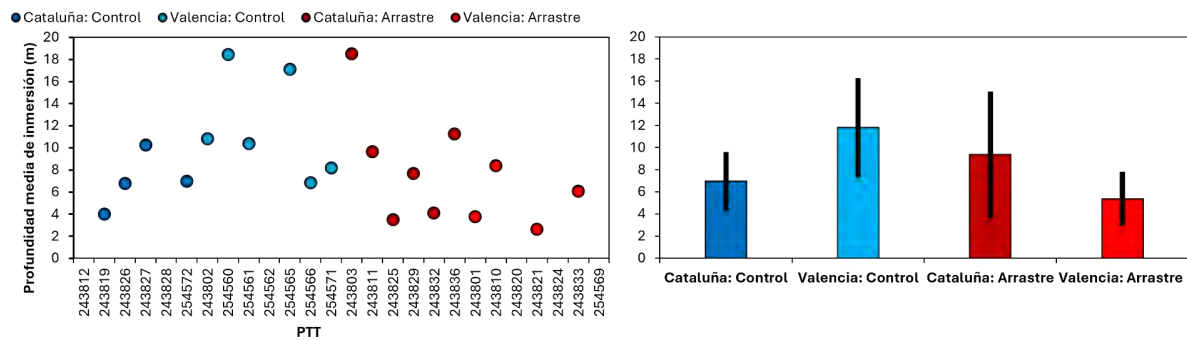
ANOVA - Profundidad media de inmersión (m)

| Cases | Sum of Squares | df | Mean Square | F | p |
|-------------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Comunidad | 1.323 | 1 | 1.323 | 0.070 | 0.795 |
| Grupo | 25.947 | 1 | 25.947 | 1.370 | 0.259 |
| Comunidad * Grupo | 93.987 | 1 | 93.987 | 4.961 | 0.041 |
| Residuals | 303.115 | 16 | 18.945 | | |

Note. Type III Sum of Squares

La prueba ANOVA puso de manifiesto una diferencia significativa ($F_{1,16} = 11,28$, $p < 0,01$) entre la profundidad máxima de inmersión de las tortugas de grupo control y las tortugas de arrastre, con profundidades máximas entre 82,5 y 134,5 metros para las tortugas de control, y entre 35,3 y 135,0 metros para las tortugas de arrastre. **Esta diferencia podría indicar que las tortugas con EG son menos propensas a bucear a tanta profundidad como las tortugas de control**, sin embargo, hay que tener en cuenta que también hubo una diferencia significativa en las temperaturas a las que se vieron sometidos ambos grupos (ANOVA ($F_{1,16} = 38,40$, $p < 0,01$); grupo control 23,6 °C, grupo de arrastre 17,02 °C). **Las tortugas del grupo control se vieron sometidas a aguas mucho más cálidas ya que se capturaron y liberaron durante los meses de primavera-verano, por lo que es probable que la capacidad de buceo sea mayor en unas condiciones de temperatura más favorables para el metabolismo y fisiología normal, así como, al contrario, en situaciones en las que la temperatura es menor, en aguas más frías, se reducen o comprometen algunos aspectos del comportamiento y fisiología. Es importante destacar que esta diferencia afecta a la profundidad máxima de buceo, refiriéndose a buceos esporádicos, no así a la profundidad media de buceo como se refleja en los siguientes gráficos.**

Figura 5- Profundidad media de inmersión



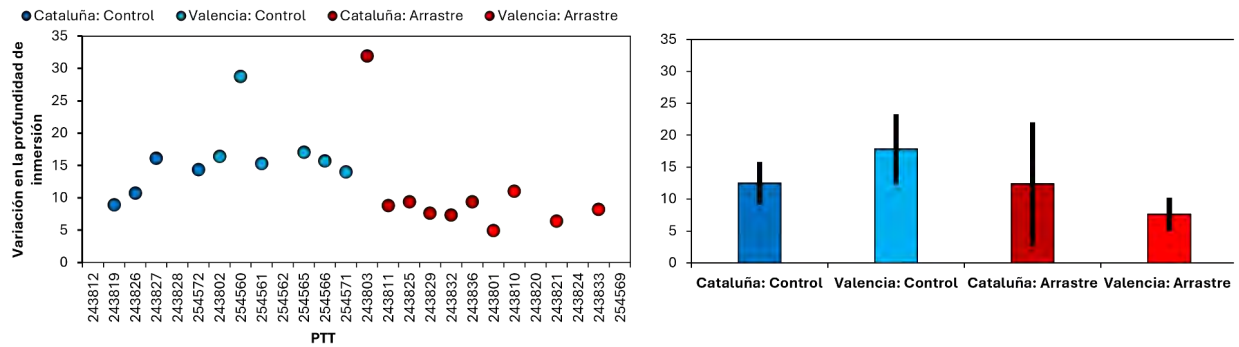
ANOVA - Profundidad media de inmersión (m)

| Cases | Sum of Squares | df | Mean Square | F | p |
|-------------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Comunidad | 1.323 | 1 | 1.323 | 0.070 | 0.795 |
| Grupo | 25.947 | 1 | 25.947 | 1.370 | 0.259 |
| Comunidad * Grupo | 93.987 | 1 | 93.987 | 4.961 | 0.041 |
| Residuals | 303.115 | 16 | 18.945 | | |

Note. Type III Sum of Squares

La profundidad media de buceo obtenida fue de 8,7 metros, con un rango de 2,6 a 18,5 metros. No se observaron diferencias estadísticas entre comunidad de origen y grupo, pero sí se observó una diferencia significativa en la interacción entre comunidad de origen y grupo ($F_{1,16} 93,98$, $p = 0,04$). Se observó que, mientras que la profundidad media de inmersión aumenta entre las tortugas del grupo control y las de arrastre en Cataluña, en la Comunidad Valenciana se observó el efecto contrario, por lo que ambos efectos se anulan entre sí. Esto probablemente se deba al tamaño relativamente pequeño de la muestra para cada categoría, aunque, en general, no hay una diferencia estadísticamente significativa clara. Esto demuestra que **ambos grupos siguen mostrando un uso similar de la profundidad en la columna de agua**. El hecho de que no se observen diferencias en la profundidad media respalda la idea de que las inmersiones a mayor profundidad de los animales del grupo de arrastre podrían haber estado limitadas por la temperatura del agua.

Figura 6- Variación en la profundidad de inmersión



ANOVA - Variación en la profundidad de inmersión (sd)

| Cases | Sum of Squares | df | Mean Square | F | p |
|-------------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Comunidad | 0.161 | 1 | 0.161 | 0.004 | 0.950 |
| Grupo | 136.533 | 1 | 136.533 | 3.434 | 0.082 |
| Comunidad * Grupo | 128.133 | 1 | 128.133 | 3.223 | 0.092 |
| Residuals | 636.058 | 16 | 39.754 | | |

Note. Type III Sum of Squares

En esta última comparativa sobre la variación en la profundidad de buceo, no se observaron diferencias estadísticas entre comunidad de origen y grupo. Como en el caso anterior, esto muestra que, **independientemente de la temperatura del agua, ambos grupos siguen mostrando un uso similar de la profundidad de la columna de agua.**

Figura 7- Evaluación de la supervivencia

Non-parametric Survival Analysis ▾

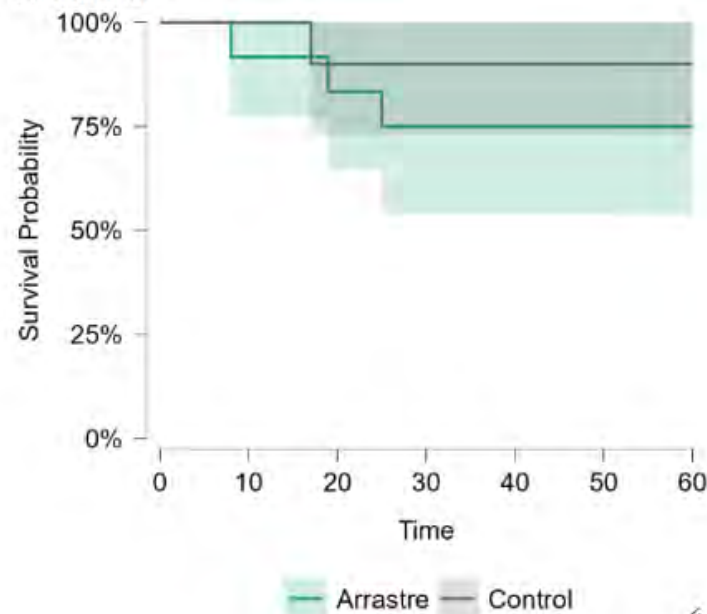
Kaplan-Meier Summary Table

| Strata | N | Events | Restricted Mean | Standard Error | Median Survival | 95% CI | |
|----------------|----|--------|-----------------|----------------|-----------------|--------|-------|
| | | | | | | Lower | Upper |
| Grupo=Arrastre | 12 | 3 | 49,333 | 5,429 | | | |
| Grupo=Control | 10 | 1 | 55,700 | 4,079 | | | |

Tests Table

| Test | Chi Square | df | p |
|----------------------------|------------|----|-------|
| Log-rank (Mantel-Haenszel) | 0,734 | 1 | 0,391 |

Survival Plot ▾



Se evaluó también la supervivencia mediante una prueba de Kaplan-Meier para evaluar si existieron diferencias en las tasas de mortalidad entre el grupo de control y las tortugas incluidas en el grupo de arrastre. No se identificaron diferencias significativas ($X^2 = 0,734$, $p = 0,391$) entre ambos grupos, aunque es importante recordar las limitaciones estadísticas del tamaño de la muestra. Sin embargo, pese a las limitaciones estadísticas, los resultados concuerdan con los obtenidos en un estudio complementario en uno de los centros de recuperación (Arca del Mar del Oceanogràfic) en el que **se observa una alta supervivencia de las tortugas tras el proceso de recuperación.**

2.5. Discusión y conclusiones

Gracias a las actuaciones realizadas, detalladas anteriormente en el presente documento, se ha conseguido seleccionar, tomar datos, obtener muestras biológicas, identificar, marcar mediante telemetría y analizar el seguimiento satelital de 26 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*). De estos ejemplares, 13 individuos procedían de la captura accidental en redes de arrastre en zonas neríticas y otras 13 eran individuos sanos capturados en mar abierto en las comunidades autónomas de Cataluña y Comunidad Valenciana.

Eficacia del proceso de recuperación

El traslado al centro de recuperación, diagnóstico y tratamiento de tortugas marinas procedentes de captura accidental en redes de arrastre ha demostrado ser efectivo, principalmente por la alta recuperación de los ejemplares admitidos en el centro, el tratamiento de las patologías detectadas y el aumento de la supervivencia a corto plazo.

Esta efectividad del proceso de recuperación deriva del tratamiento de las múltiples alteraciones del estado de salud observadas en las tortugas marinas a consecuencia de la interacción con la pesca de arrastre, que se pueden dar de forma individual o de forma concomitante en el mismo individuo. Estos procesos incluyen la aspiración de agua / ahogamiento, alteraciones fisiológicas derivadas de la inmersión forzada (acidosis metabólica, hipoxia, anoxia), miopatía por captura, y embolia gaseosa / síndrome descompresivo (García-Párraga et al., 2014; García-Párraga & Crespo-Picazo, 2019; M. Parga et al., 2017), así como lesiones traumáticas o incluso asfixia por compresión al permanecer sepultadas por toneladas de captura dentro de las redes (M. Parga et al., 2017; M. L. Parga et al., 2020).

El éxito del tratamiento y de la recuperación está condicionado también por el estado inicial de los ejemplares, ya que estas pueden aparecer vivas, muertas o comatosas en las artes de pesca, donde los ejemplares comatosos presumiblemente mueren si no se proporciona tratamiento o reanimación antes de devolverlos de nuevo al mar (National Research Council, 1990; M. L. Parga et al., 2020).

En este contexto, el diagnóstico de EG es una de las principales consecuencias de la interacción de las tortugas marinas con la pesca de arrastre. De hecho, según los datos de más de una década de estudio en la Comunidad Valenciana, el 60,2% de los ejemplares procedentes de la interacción con este arte de pesca, incluyendo ejemplares ingresados vivos y muertos, presentó algún grado de EG en el momento del examen (Crespo-Picazo, J.L. 2024). Este dato, sin embargo, se ha demostrado mayor en condiciones de campo, donde varios estudios a bordo de barcos de arrastre en el Adriático sur (USFWS Final Report 2020) y Atlántico sur (M.L. Parga et al., 2020)

obtuvieron diagnóstico de EG en el 100% de los ejemplares capturados y porcentajes de mortalidad entre el 47'8% y el 62'5% de los ejemplares liberados sin tratar de esta condición.

En casos leves de EG parece haber una reabsorción del gas sin tratamiento dentro de las 24 horas tras la captura accidental, pero se desconoce el impacto a largo plazo sobre los tejidos afectados. Esta reabsorción es más compleja en casos moderados y graves. Cabe destacar que, en el caso de EG moderada, la probabilidad de mortalidad supera el 50% si no se instaura tratamiento (García-Párraga et al., 2023) mientras que, las posibilidades de supervivencia con tratamiento se incrementan casi al 100%. Sin embargo, el único tratamiento eficaz hoy en día es la recompresión en cámara hiperbárica (HBOT) que únicamente puede realizarse tras el traslado a un centro de recuperación con equipamiento especializado. En condiciones de campo no existen opciones terapéuticas razonables.

Dado que se trata de una condición potencialmente mortal, la intervención frente a la EG debe ser inmediata para maximizar la supervivencia y reducir el daño tisular en órganos vitales. Se ha probado efectivo el tratamiento de urgencia frente al shock previo a la terapia hiperbárica, con medidas de soporte destinadas a recuperar la respiración espontánea y mantener la circulación, permitiendo mejorar la perfusión y oxigenación tisular. Esto incluye fluidoterapia intensiva, oxigenoterapia normobárica, fármacos cardiotónicos, estimulantes respiratorios, analgésicos e incluso antiinflamatorios no esteroideos, según el diagnóstico y criterio del veterinario/a.

La terapia hiperbárica en tortugas marinas todavía es un campo en desarrollo. Los tratamientos actuales se basan en protocolos extrapolados de medicina humana siguiendo las curvas de recompresión y descompresión, pero adaptando los tiempos a la anatomía y fisiología única de estos reptiles marinos. Un estudio demostró como la terapia hiperbárica mejora la función pulmonar inmediatamente tras el tratamiento (Portugues et al., 2018), pero el posible impacto a largo plazo de la isquemia temporal producida por la presencia de burbujas en órganos vitales está aún por desarrollar.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, el proceso de recuperación de tortugas capturadas accidentalmente en redes de arrastre, y con desarrollo de embolia gaseosa a consecuencia de esta, parece ser efectivo para su readaptación al medio marino. Pese a que la inclusión de un mayor número de ejemplares permitiría obtener unos datos estadísticos más robustos, las pruebas realizadas señalan que no existen diferencias significativas en los parámetros utilizados de referencia para evaluar su supervivencia y readaptación al medio. Estos parámetros incluyen, además del dato de supervivencia, aspectos básicos para esta como la distribución y capacidad de buceo.

La supervivencia es un parámetro complejo de evaluar en especies de gran resiliencia, migratorias y de vida marinas. En esta ocasión, el método considerado más adecuado fue el del uso de emisores pop-up gracias a los cuales se podría obtener, no solo el ratio de ejemplares que sobrepasan un cierto periodo de tiempo, sino, además, el comportamiento de estos ejemplares y la comparativa con aquellos seleccionados como grupo control. Esto es especialmente relevante en especies como las tortugas marinas, donde la elevada resistencia a procesos potencialmente mortales en otras especies les permite sobrevivir semanas en condiciones de inanición u otras circunstancias que provocarían la muerte temprana. Es por ello por lo que el periodo predeterminado de estudio de los emisores se estableció en 60 días, entendiendo este periodo como suficiente para expresar cualquier alteración derivada de la captura en base al conocimiento actual sobre las consecuencias de la pesca de arrastre (García-Párraga, et. al., 2014; García-Párraga & Crespo-Picazo, 2019; M. Parga et al., 2017). Sin embargo, y con el objetivo de que otras amenazas naturales o antropogénicas ajenas a este episodio de captura accidental pudieran alterar los resultados, se limita el tiempo de registro para la obtención de suficientes datos de parámetros de comportamiento. Es por ello por lo que estos resultados de supervivencia han de entenderse como resultado a medio plazo, ya que tiempos superiores de registro incrementan el riesgo de artefactos en los resultados de supervivencia. Esto es especialmente relevante durante los meses de menor temperatura del agua en la zona debido a la alta tasa de capturas accidentales. En concreto, los dos centros que han participado en los trabajos (CRAM y Arca del Mar de la Fundación Oceanogràfic) cuentan con múltiples registros anualmente de recapturas de individuos tratados con anterioridad, tanto en anualidades anteriores como dentro de la misma temporada de ingresos. Se ha observado que, pese a la reintroducción de los ejemplares en zonas alejadas del punto de captura, muchas tortugas vuelven a dicha zona, pues presumiblemente son zonas de alimentación importantes para la especie.

En general, **en el presente estudio, las tortugas no parecen ajustar sus patrones de inmersión en respuesta a las posibles secuelas de EG.** Esta afirmación se sustenta en el hecho de que no se han observado diferencias significativas en la profundidad media de buceo o la varianza de profundidad entre las tortugas del grupo de arrastre y las del grupo control. Estas medias de los perfiles de buceo se asemejan a las descritas en otros estudios en los que se incorporan también estas mismas métricas, por lo que se consideran dentro de lo normal para la especie *Caretta caretta* (Swimmer et. al., 2014; Álvarez de Quevedo et. al, 2013). Sin embargo, a pesar de que existe una diferencia significativa en la profundidad máxima de inmersión, esto se debe probablemente a las diferencias en la temperatura del agua en el momento de la liberación entre los grupos de arrastre y control tal y como se ha observado en otros estudios (Swimmer et. al., 2006). En este caso concreto, los ejemplares del grupo control fueron capturados y liberados en el periodo de tiempo entre mayo y julio, donde la temperatura media del agua es considerablemente superior, sin embargo, los ejemplares del grupo control de arrastre fueron

capturados en los meses fríos y liberados al finalizar su periodo de recuperación. Por otro lado, en dos de los cuatro ejemplares en los que los emisores se liberaron de forma prematura, compatible con la muerte de estos, el perfil de buceo sí que parece alterarse los días previos a la muerte del ejemplar, lo que podría indicar dificultades en el buceo por debilidad o enfermedad, aunque no tendría por qué ser una consecuencia directa de la embolia gaseosa ya tratada sino secundario a otra patología o evento posterior. Esta disminución progresiva en el perfil de buceo se ha observado en estudios similares de campo tras la interacción con pesca de arrastre y el desarrollo de EG no tratada (USFWS Final Report 2020).

En última instancia, si comparamos los datos de mortalidad obtenidos en el presente trabajo, con aquellos obtenidos de trabajos similares en pesquerías de arrastre, pese a no ser directamente comparables por la ausencia de diagnóstico en uno de ellos (Maxwell et. al., 2018) y la ausencia tratamiento (M.L. Parga et al., 2020; USFWS Final Report 2020), la mortalidad obtenida en este trabajo es considerablemente menor a lo observado en otras condiciones, incluso sin saber la causa de muerte de los ejemplares de ambos grupos en el presente estudio, lo que demostraría que los tratamientos aplicados son adecuados para mejorar el grado de supervivencia de los individuos que han sufrido episodios de este tipo.

En cuanto a las limitaciones encontradas a la hora de realizar los trabajos, principalmente, más allá de aspectos logísticos y los problemas intrínsecos asociados a la detección y gestión de fauna silvestre que se han podido solventar sin mayor inconveniente durante el desarrollo de estos, se han encontrado dos factores limitantes. Por un lado, el margen temporal establecido para el desarrollo de los trabajos, que, aun siendo un requisito corriente y legal en el contrato, condiciona las labores de gestión de los ejemplares y campañas oceanográficas. Afortunadamente, gracias a la posibilidad de ampliación temporal, se pudo acometer el número de ejemplares previsto. Por otro lado, desde el punto de vista metodológico, y fundamentalmente desde el punto de vista comparativo, lo ideal hubiera sido poder comparar los perfiles de buceo y supervivencia de los animales no solo en la dimensión espacial, tal y como se hizo liberando a los ejemplares del grupo de arrastre en la misma zona que los del grupo control, sino también en la dimensión temporal, realizando las sueltas en la misma época del año, lo que habría reducido incertidumbres como la afección de la temperatura al comportamiento de los animales. Esto no pudo realizarse dada la imposibilidad de acceder a los ejemplares control a la vez que los ejemplares procedentes de captura accidental. En el caso de los ejemplares control, el limitante para las campañas de detección y captura de las tortugas en mar abierto son las condiciones meteorológicas, necesiéndose de la combinación de presencia de tortugas en superficie, soleándose como parte de su comportamiento normal, a la vez que las condiciones de viento y estado del mar permitan su detección. Estas condiciones se suelen dar con mayor probabilidad al final de la primavera, principios de verano, mientras que los ejemplares procedentes de captura accidental por arrastre suelen ingresar en el centro de

recuperación en los meses que comprenden desde noviembre a marzo. Esta disparidad temporal, exacerbada por las condiciones particularmente complejas del estado del mar durante los meses de primavera de estos dos últimos años, ha provocado que no se pudieran comparar los dos grupos en las mismas condiciones de temperatura. Afortunadamente, la información obtenida de los emisores, y el análisis estadístico de la misma, ha permitido llevar a cabo la comparativa pudiendo separar el factor temperatura tal y como se explica en este documento.

Otro aspecto que considerar en este tipo de estudios es el porcentaje de emisores que no han reportado información. Este hecho, aunque puede condicionar la validez de los resultados si el porcentaje es muy alto, es está dentro de la normalidad con este tipo de marcas. Las razones que explican los porqués de estas marcas que no reportan, incluyen:

- Predación, daño de la marca (**Imagen 29**).
- Gran presencia de biofouling, evitando que la marca transmita.
- Captura accidental del ejemplar y destrucción intencionada de la marca.
- Obstrucción de la marca por alguna razón evitando que suba a superficie o transmita.
- Fallo de la propia marca.



Imagen 29. Aspecto de una de las marcas recuperada con daños en la antena.

En el presente trabajo, un 15,4% (n=4) del total de los emisores no reportaron información alguna. Esto se enmarca en cifras similares a lo obtenido en otros estudios, un 16% (James et al., 2024) y un 21% (Sasso and Epperly 2007), aunque se han reportado porcentajes mayores, 29% (USFWS Final Report 2020), incluso del 70-80% en trabajos con peces pelágicos (Swimmer et al., 2006).

Recomendaciones para reducir el impacto de la pesca de arrastre sobre las poblaciones de tortugas en el área de estudio

En primer lugar, se recomienda impulsar las posibles medidas mitigadoras del impacto de la pesca profesional de la mano del sector pesquero, teniendo en cuenta las aportaciones de este y reconociendo su papel fundamental en la búsqueda de soluciones. Aquellas medidas que se propongan deberían incluir las herramientas que pongan en valor la implicación de los pescadores y compensen cualquier posible impacto económico, así como revaloricen las especies comerciales de las embarcaciones implicadas.

- Dada la estacionalidad de las capturas accidentales, en el caso de no poder llevar a puerto y tratar a los ejemplares afectados, se recomienda establecer medidas durante los meses de mayor incidencia con el objetivo de reducirla, tales como:
 - o Establecimiento de vedas. Estas medidas limitadas y temporales podrían aplicarse en zonas concretas en base a estudios previos de agregación de tortugas marinas, Delta del Ebro (Cardona et al., 2009), o frente a determinadas situaciones que favorezcan la interacción como las bajas temperaturas del agua (12°C-15°C).
 - o Establecer zonas de exclusión en base profundidad (zonas someras de agregación de ejemplares, zonas con exención de límite inferior de arrastre de 50 metros durante el periodo de mayor descenso de la temperatura del agua (12°C-15°C)).
- Establecimiento de medidas que minimicen el efecto de la captura accidental sobre los individuos:
 - o Limitar el tiempo de arrastre a 2:30 horas durante los meses de menor temperatura del agua, especialmente en calados superiores a los 65 metros de profundidad (Fahlman et al., 2017).
 - o Uso de sistema de exclusión de tortugas marinas adaptados al tipo de pesquería durante los meses de mayor incidencia. Se debería seguir en ese caso las recomendaciones de los dispositivos flexibles adaptados a la pesquería multiespecie del Mediterráneo, así como a las particularidades de cada región. (Lucchetti et al., 2016; Baldi et al., 2025), implementando pruebas piloto y modificaciones regionales.
 - o Uso de guía de buenas prácticas para el manejo correcto de los ejemplares tras la captura, y jornadas de capacitación del sector.
- Las recomendaciones para el manejo de una tortuga capturada accidentalmente incluyen:

- Si la operativa de pesca permite trasladar la tortuga a un centro de recuperación en un periodo corto de tiempo (dentro de las 24-48 horas), llevar el ejemplar a puerto. Coordinar el traslado a través del protocolo establecido en cada región (generalmente a través del teléfono de emergencias 112).
- Si la operativa de pesca no permite llevar el ejemplar a puerto en un periodo corto de tiempo, se recomienda devolver a la tortuga al agua en el menor tiempo posible si la condición del animal lo permite. Es importante recordar que, en el caso de animales con embolia gaseosa, cuanto mayor es el tiempo en superficie, mayor formación de gas se produce en las primeras horas tras la captura.
- Si la tortuga no presenta una condición adecuada para ser devuelta al mar (no responde a estímulos, alteración en el movimiento, signos de ahogamiento como espuma o agua en las narinas o boca....) y no puede ser trasladada a un centro de recuperación, el ejemplar debe colocarse en una zona tranquila, con sombra, alejada del exceso de calor, con la parte caudal de la tortuga ligeramente elevada por el tiempo que sea necesario. Si la condición del animal mejora, puede ser devuelto al agua si recobra la respiración y el movimiento de las aletas.

Recomendaciones para la gestión de la especie

Resulta prioritario continuar avanzando en la identificación, análisis y mitigación de las amenazas que afectan a la supervivencia de las tortugas marinas y como estas evolucionan en el tiempo. Para ello, se plantean las siguientes líneas de actuación:

- **Identificar factores de riesgo y áreas críticas**, con el fin de comprender las amenazas, mejorar la detección temprana e implementar medidas de mitigación. Integración de los resultados de las causas de muerte procedentes de las redes de varamientos con la evolución de las pesquerías. A su vez, integración de estos datos con la información obtenidos de campañas de censos (oceanográficas y aéreas) cada cinco años, así como de la evolución de otros factores dinámicos de la especie en respuesta a cambios ambientales (por ejemplo: evolución de la anidación en costas españolas).
- **Impulsar la sensibilización y capacitación** de los sectores profesionales implicados y de la sociedad en general mediante campañas de divulgación, tanto desde tierra como desde actividades marítimas.

- **Fomentar la investigación aplicada y la monitorización a largo plazo**, integrando datos sobre capturas accidentales, rehabilitación y ejemplares control para evaluar la eficacia de las medidas de conservación.
- **Reducir las interacciones con pesquerías** que ocasionan mortalidad tanto en juveniles como en adultos. Establecimiento de un sistema de seguimiento de las capturas accidentales, por entrega voluntaria de ejemplares y tratamiento, o por reporte de las capturas. Uso de vedas de la mano del sector para la reducción de las capturas en momentos críticos (bajas temperaturas, temporada de anidación).
- **Promover la cooperación internacional y regional**, dado que las tortugas marinas son especies altamente migratorias y la captura accidental es un problema a nivel mundial, se requieren estrategias coordinadas entre diferentes países y sectores productivos.
- **Reforzar la normativa y su cumplimiento**, incentivando buenas prácticas, así como sancionando actividades que incrementen el riesgo para las poblaciones de tortugas.
- **Desarrollar e implementar I+D+I** que permitan minimizar las interacciones negativas, implementar soluciones novedosas y monitorizar las poblaciones.

Propuestas de mejora para el protocolo de actuación

Para optimizar futuras intervenciones y mejorar la efectividad de la recuperación de las tortugas marinas, se considera fundamental dotar a las diferentes regiones costeras de las infraestructuras necesarias y los recursos tanto materiales como humanos, incluyendo la formación adecuada de los equipos. Estos recursos deben ir acordes con el tipo de casuística y la cantidad de ejemplares recibidos, pero en áreas donde existe la pesca de arrastre y otras artes en las que se dan situaciones de inmersión forzada, se ha de contemplar la disponibilidad de métodos de diagnóstico por imagen como la radiología digital y la ecografía, así como métodos de tratamiento de la embolia gaseosa, fundamentalmente tratamiento hiperbárico. De igual manera, el establecimiento proactivo de alianzas con los diferentes sectores que hacen uso del ecosistema marino e interacciona con fauna marina, es una línea de actuación imprescindible para conocer el alcance de los impactos y como fuente temprana de ejemplares afectados por estos posibles impactos.

La disponibilidad de los recursos necesarios permitirá poner en práctica el documento técnico “Protocolo común de actuación con tortugas marinas en redes de varamientos y centros de recuperación” del proyecto Life IP-PAF INTERAMES (LIFE 15 IPE ES 012). Esto podría facilitar que todos los ejemplares reciban atención uniforme, siguiendo criterios clínicos y diagnósticos comunes, y permitiendo en última instancia trabajar en protocolos comunes antes procesos específicos.

3. BIBLIOGRAFÍA

- Baldi, G., Scuratti, A., Angelini, V., Cerritelli, G., Dell'uomo, G., Moraes, K. L., ... & Casale, P. (2025). Turtle Excluder Devices for Multispecies Bottom Trawls in the Mediterranean: Current Performance and the Need for Further Adjustments. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 35(11), e70244.
- Cardona, L., Revelles, M., Parga, M. L., Tomás, J., Aguilar, A., Alegre, F., ... & Ferrer, X. (2009). Habitat use by loggerhead sea turtles *Caretta caretta* off the coast of eastern Spain results in a high vulnerability to neritic fishing gear. *Marine Biology*, 156(12), 2621-2630.
- Crespo-Picazo, J.L. Patología y causas de varamiento en tortugas marinas de la Comunidad Valenciana. Universidad Complutense de Madrid. 22 de mayo de 2024. (*Tesis doctoral*)
- de Quevedo, I. Á., San Félix, M., & Cardona, L. (2013). Mortality rates in by-caught loggerhead turtle *Caretta caretta* in the Mediterranean Sea and implications for the Atlantic populations. *Marine Ecology Progress Series*, 489, 225-234.
- Fahlman, A., Crespo-Picazo, J. L., Sterba-Boatwright, B., Stacy, B. A., & Garcia-Parraga, D. (2017a). Defining risk variables causing gas embolism in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in trawls and gillnets. *Scientific Reports*, 7(1), 2739. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02819-5>
- Fahlman, A., Crespo-Picazo, J. L., Sterba-Boatwright, B., Stacy, B. A., & Garcia-Parraga, D. (2017b). Defining risk variables causing gas embolism in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in trawls and gillnets. *Scientific Reports*, 7(1), 2739. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02819-5>
- García-Párraga, D., Crespo-Picazo, J., De Quirós, Y., Cervera, V., Martí-Bonmati, L., Díaz-Delgado, J., Arbelo, M., Moore, M., Jepson, P., & Fernández, A. (2014). Decompression sickness ('the bends') in sea turtles. *Diseases of Aquatic Organisms*, 111(3), 191-205. <https://doi.org/10.3354/dao02790>
- Garcia-Parraga, D., Crespo-Picazo, J. L., Sterba-Boatwright, B., Marco, V., Muñoz-Baquero, M., Robinson, N. J., Stacy, B., & Fahlman, A. (2023). New insights into risk variables associated with gas embolism in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in trawls and gillnets. *Conservation Physiology*, 11(1), coad048. <https://doi.org/10.1093/conphys/coad048>
- Interaction_of_Marine_Turtles_with_Fishe.pdf. (s. f.).
- James, M. C., Hall, K. E., Bond, E. P., Sherrill-Mix, S., & Plot, V. (2024). Post-release survival of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) incidentally hooked in a North Atlantic pelagic longline fishery. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1392582. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1392582>

- Lewison, R., Crowder, L., Read, A., & Freeman, S. (2004). Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(11), 598-604. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.004>
- Lewison, R. L., & Crowder, L. B. (2007). Putting Longline Bycatch of Sea Turtles into Perspective. *Conservation Biology*, 21(1), 79-86. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00592.x>
- Lucchetti, A., Punzo, E., & Virgili, M. (2016). Flexible Turtle Excluder Device (TED): an effective tool for Mediterranean coastal multispecies bottom trawl fisheries. *Aquatic Living Resources*, 29(2), 201.
- Mashkour, N., Jones, K., Kophamel, S., Hipolito, T., Ahasan, S., Walker, G., Jakob-Hoff, R., Whittaker, M., Hamann, M., Bell, I., Elliman, J., Owens, L., Saladin, C., Crespo-Picazo, J. L., Gardner, B., Loganathan, A. L., Bowater, R., Young, E., Robinson, D., ... Ariel, E. (2020). Disease risk analysis in sea turtles: A baseline study to inform conservation efforts. *PLOS ONE*, 15(10), e0230760. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230760>
- Maxwell, S. M., Witt, M. J., Abitsi, G., Aboro, M. P., Agamboue, P. D., Asseko, G. M., ... & Formia, A. (2018). Sea turtles and survivability in demersal trawl fisheries: Do comatose olive ridley sea turtles survive post-release?. *Animal biotelemetry*, 6(1), 11.
- Parga, M. L., Crespo-Picazo, J. L., Monteiro, D., García-Párraga, D., Hernandez, J. A., Swimmer, Y., Paz, S., & Stacy, N. I. (2020). On-board study of gas embolism in marine turtles caught in bottom trawl fisheries in the Atlantic Ocean. *Scientific Reports*, 10(1), 5561. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62355-7>
- Portugues, C., Crespo-Picazo, J. L., García-Párraga, D., Altimiras, J., Lorenzo, T., Borque-Espinosa, A., & Fahlman, A. (2018). Impact of gas emboli and hyperbaric treatment on respiratory function of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Conservation Physiology*, 6(1), cox074.
- Sasso, C. R., & Epperly, S. P. (2007). Survival of Pelagic Juvenile Loggerhead Turtles in the Open Ocean. *The Journal of Wildlife Management*, 71(6), 1830-1835. <https://doi.org/10.2193/2006-448>
- Swimmer, Y., Arauz, R., McCracken, M., McNaughton, L., Ballesteros, J., Musyl, M., ... & Brill, R. (2006). Diving behavior and delayed mortality of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* after their release from longline fishing gear. *Marine Ecology Progress Series*, 323, 253-261.
- Swimmer, Y., Empey Campora, C., Mcnaughton, L., Musyl, M., & Parga, M. (2014). Post-release mortality estimates of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in pelagic longline fisheries based on satellite data and hooking location. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(4), 498-510.
- US Fish and Wildlife Service, Final Report F19AP0001, Assessment of sea turtle by-cath in trawling fisheries from the Adriatic Sea and post-interaction mortality due to gas embolism. 2020.

- Wallace, B. P., Heppell, S. S., Lewison, R. L., Kelez, S., & Crowder, L. B. (2008). Impacts of fisheries bycatch on loggerhead turtles worldwide inferred from reproductive value analyses. *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1076-1085. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01507.x>
- Wallace, B. P., Kot, C. Y., DiMatteo, A. D., Lee, T., Crowder, L. B., & Lewison, R. L. (2013). Impacts of fisheries bycatch on marine turtle populations worldwide: Toward conservation and research priorities. *Ecosphere*, 4(3), 1-49. <https://doi.org/10.1890/ES12-00388.1>
- Wallace, B. P., Lewison, R. L., McDonald, S. L., McDonald, R. K., Kot, C. Y., Kelez, S., Bjorkland, R. K., Finkbeiner, E. M., Helmbrecht, S., & Crowder, L. B. (2010). Global patterns of marine turtle bycatch. *Conservation Letters*, 3(3), 131-142. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00105.x>