

INFORME FINAL

**MARCAJE Y SEGUIMIENTO REMOTO DE 12
INDIVIDUOS DE TORTUGA BOBA CAPTURADOS
EN TRASMALLOS Y/O AMPUTACIONES DEBIDO A
ENMALLAMIENTOS**

ENERO 2025

LIFE IP INTEMARES

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

LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

Lote 1: Realización del marcaje y seguimiento remoto de 12 individuos de tortuga boba capturados en trasmallos y/o con amputaciones debido a enmallamientos, que se liberan al medio natural tras su rehabilitación en centros de recuperación de fauna silvestre.

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 Sostenibilidad y Medio Ambiente, 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



ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2. EXECUTIVE SUMMARY.....	2
3. RESUMEN DE ACTUACIONES.....	4
3.1. Antecedentes y objetivos.....	4
3.2. Resumen de las actividades previstas.....	7
3.3. Detalle de la ejecución de las actividades.....	8
3.4. Resultados obtenidos.....	18
3.5. Discusión y conclusiones.....	39
4. BIBLIOGRAFÍA.....	43

ANEXO I - FICHAS INDIVIDUALES

1. Tortugas procedentes de Murcia
2. Tortugas procedentes de Canarias
3. Tortugas procedentes de Andalucía y Ceuta
4. Tortugas procedentes de Galicia

ANEXO II – REUNIONES DE COORDINACIÓN

1. Reunión de coordinación Murcia
2. Reunión de coordinación Canarias
3. Reunión de coordinación Andalucía y Ceuta
4. Reunión de coordinación Galicia

1. RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente documento es la descripción 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 de 12 individuos de tortuga boba rescatados en el Atlántico y Mediterráneo Español frente a las comunidades autónomas de Andalucía, Región de Murcia, Galicia y Canarias después de haber sufrido episodios de enmallamiento y recibir tratamiento en un centro especializado para su recuperación. 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 y análisis de los datos obtenidos que tienen como objetivo comprobar la supervivencia de los individuos y valorar así la efectividad de las técnicas de recuperación aplicadas en el centro.

Para alcanzar los objetivos y completar las tareas del contrato de forma correcta, en las primeras fases de los trabajos se realizaron reuniones de coordinación con diversas instituciones locales, regionales y nacionales incluyendo centros de recuperación y autoridades medioambientales para determinar la probabilidad de receptionar animales que hubiesen sufrido este tipo de episodios, valorar su integración en el programa y coordinar la selección para el marcaje en función del estado veterinario de los individuos.

La selección de los individuos para el marcaje ha seguido unos criterios científico-técnicos y veterinarios que han permitido seleccionar una media de 3 ejemplares por comunidad autónoma, excepto en Canarias donde se seleccionó un individuo extra del que se ofreció en la oferta presentada como una mejora en el presente contrato. En Andalucía únicamente se pudo seleccionar un ejemplar por motivos biológicos y operativos, y se acordó con la dirección de los trabajos la sustitución de estos individuos por ejemplares que cumplieran las características técnicas procedentes del centro de recuperación de Ceuta. La selección se basó en la prioridad de animales varados por enmallamiento, con criterios específicos relacionados con la pérdida de aletas o lesiones. En Andalucía, Ceuta, Murcia y Canarias, la mayoría de las tortugas cumplían los requisitos de varamientos por enmallamiento con amputaciones parciales o totales de las aletas pectorales, mientras que en Galicia se seleccionaron tortugas que fueron capturadas accidentalmente en redes de trasmallo.

Durante su ingreso, se realizaron evaluaciones veterinarias completas incluyendo una exploración física, análisis sanguíneo completo y radiografías. Aproximadamente el 70% de las tortugas presentaban una condición corporal baja y signos de ingestión de cuerpos extraños, como materiales de pesca. Los animales fueron identificados individualmente mediante fotoidentificación y microchip, y se obtuvieron datos biométricos y muestras biológicas de cada individuo.

Previo a su suelta, se realizó el marcaje satelital de los individuos lo que permitió conocer su supervivencia, distribución y uso del hábitat. En algunas ocasiones, las tortugas fueron liberadas desde la playa, mientras que en otras desde embarcaciones, dependiendo de la logística y del lugar de suelta. Además, se organizaron eventos de divulgación con

educadores ambientales para sensibilizar al público sobre la conservación de las tortugas marinas y las amenazas que enfrentan.

Tras el análisis de los datos obtenidos, las tortugas marcadas con amputaciones o procedentes de redes de trasmallo en este contrato han mostrado, aparentemente, una buena capacidad de adaptación al medio marino. Se detallan los aspectos más relevantes que se han podido obtener del seguimiento y las recomendaciones de gestión en base a estos. No obstante, la cantidad de datos obtenidos en el momento de la redacción de este documento es pequeña por lo que se recomienda continuar con esta línea de trabajo marcando un mayor número de individuos para obtener resultados estadísticamente más sólidos, y continuar realizando el seguimiento a futuro de los animales marcados.

2. EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this document is to describe all the work carried out within the framework of the LIFE IP INTEMARES project (LIFE 15 IP ES012 INTEMARES) for the selection, satellite tagging, and monitoring of 12 loggerhead turtles rescued in the Atlantic and Mediterranean coasts of Spain, specifically off the autonomous communities of Andalusia, Murcia, Galicia, and the Canary Islands after suffering an entanglement and receiving treatment in a specialized centre for their recovery. This report includes data on each individual, the technical and veterinary justification for their selection and identification, biometric data and biological samples taken, the selection of satellite tags and the tagging, monitoring, and analysis of the data obtained, with the objective of checking their survival and the effectivity of the recovery techniques applied in the different centres.

In order to achieve the objectives and complete the tasks of the contract correctly, during the first steps of the work coordination meetings were held with various local, regional, and national institutions, including recovery centres and environmental authorities to determine the probability of receiving animals that had suffer this types of episodes, assessing their integration to the program and coordinate the selection for tagging these animals according to their health status.

The selection of individuals for tagging followed scientific-technical and veterinary criteria that allowed for an average of 3 specimens per autonomous community, except for the Canary Islands, where an additional individual to the offer presented was selected as an improvement in the current contract. In Andalusia, only one individual could be selected for biological and operational reasons, and it was agreed with the direction of the program to replace the others with animals meeting the technical criteria from the Ceuta recovery centre. The selection was based on prioritizing stranded animals due to entanglement, with specific criteria related to flipper loss or injuries. In Andalusia, Ceuta, Murcia, and the Canary Islands, most of the turtles met the requirements for entanglement strandings with partial or total amputations of the pectoral flippers, while in Galicia, the turtles selected were accidentally captured in gillnets.

Upon admission, complete veterinary evaluations were carried out, including a physical examination, complete blood analysis, and X-rays. Approximately 70% of the turtles presented low body condition and signs of foreign body ingestion, such as fishing materials. The animals were individually identified using photo-identification and microchips, and biometric data and biological samples were collected from each individual.

Prior to their release, satellite tagging of the individuals was carried out, which allowed us to know their survival, distribution and habitat use. In some cases, turtles were released from the beach, while in others, they were released from boats, depending on logistics and the release site. In addition, outreach events were organized with environmental educators to raise public awareness about sea turtle conservation and the threats they face.

From the analysis of the data obtained, it appears that the turtles tagged with amputations or bycaught in set nets under this contract have shown a good ability to adapt to the marine environment. The main findings of the monitoring and the management recommendations based on them are detailed. However, the amount of data available at the time of writing is still scarce and it is recommended to continue in this line of work by tagging a larger number of individuals to obtain more solid statistical results and continuing to monitor tagged animals in the future.

3. RESUMEN DE ACTUACIONES

3.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El centro de recuperación de fauna marina, Arca del Mar del Oceanogràfic, es el centro de referencia de la red de varamientos de la Comunidad Valenciana (integrada por la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural y Emergencia Climática de la Generalitat Valenciana, la Universidad de Valencia y la Fundación Oceanogràfic) para el cuidado de las especies marinas varadas y los programas de conservación e investigación asociados en esta región. El Arca del Mar representa una de las labores más destacadas dentro de las actividades de conservación directa de la Fundación Oceanogràfic.

A través de este centro, puesto en marcha en 2007, se atiende, se recupera y se devuelve al mar aquellos individuos aparecidos en la costa heridos o enfermos, o procedentes de su captura accidental por las pesquerías locales a lo largo de la Comunidad Valenciana, dando cobertura a cualquier elasmobranchio, mamífero marino o tortuga marina que requiera de ayuda. Sin embargo, son las tortugas marinas, y en concreto la tortuga boba (*Caretta caretta*), la que supone el mayor número de individuos ingresados. Desde la apertura del centro, han sido atendidas más de 850 tortugas capturadas accidentalmente, varadas, o con signos de enfermedad. Estos animales han ingresado con diferentes tipos de lesiones y gravedad, se les ha proporcionado la asistencia requerida durante el proceso de recuperación y se han liberado de vuelta al mar. Aunque principalmente los ingresos de tortugas se deben a la tortuga boba (*Caretta caretta*), también se han atendido varamientos de tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y tortuga lora (*Lepidochelys kempii*). El mayor número de ingresos en el centro de recuperación ocurren durante los meses de invierno y se deben a la captura accidental por pesquerías tanto en redes de trasmallo como en redes de arrastre. Durante el verano es frecuente que aparezcan tortugas enmalladas varadas en playa o flotando en la superficie del mar.

Para el desarrollo de las actividades y de la atención a los animales se cuenta con un equipo multidisciplinar con experiencia demostrada en el campo del cuidado, manejo, marcaje y seguimiento de tortugas marinas, así como el apoyo técnico y logístico del equipo del Oceanogràfic, incluyendo diferentes instalaciones (centro de recuperación, laboratorios) y los departamentos de educación, contenidos y divulgación. Asimismo, se trabaja en red con el resto de los centros de recuperación del litoral español y administraciones locales, así como universidades y otros centros de investigación nacionales e internacionales lo que permite el adecuado desarrollo del trabajo. Gracias a las instalaciones específicas para fauna marina de las que se dispone, se colabora de forma estrecha con instituciones y administraciones para el apoyo en la recuperación de fauna marina frente a situaciones específicas o casos complejos.

En este contexto, el objetivo de las actuaciones del presente contrato ha sido seleccionar, recoger datos y muestras biológicas, realizar el marcaje con emisores satelitales y el seguimiento de 12 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*) capturados accidentalmente en redes de trasmallo y/o con amputaciones debido a enmallamientos rescatadas y recuperadas en las

comunidades autónomas de Andalucía, Murcia, Ceuta, Galicia y Canarias, en coordinación con las redes de varamientos y equipos de los centros de recuperación de las citadas comunidades para comprobar la efectividad de las técnicas de recuperación empleadas. En este caso, las tortugas se recuperaron en los centros asignados en las comunidades donde se produjeron los varamientos con el apoyo y asesoramiento de la Fundación Oceanogràfic.

El enmallamiento es uno de los principales problemas a los que se enfrentan las tortugas marinas en todo el mundo (**Figura 1**). Este término se refiere a la situación en la que las tortugas quedan atrapadas en redes de pesca, ya estén activas o abandonadas, o en otros desechos o basura marina. A pesar de la diferente ecología y comportamiento de las siete especies de tortugas marinas, el mecanismo del proceso de enmalle es el mismo y afecta a todas ellas (Wilcox et al., 2015).



Figura 1. Varamiento de tortuga boba enmallada en basura marina.

En el caso de las redes de trasmallo, las tortugas son capturadas accidentalmente de forma pasiva (Gerosa & Casale, 1999; Gilman et al., 2009) ya que probablemente son atraídas por la presencia de pescado o invertebrados atrapados en la red. Dependiendo del tipo de interacción las tortugas pueden sobrevivir, morir de forma aguda después de la interacción o de forma más tardía luego de semanas o meses. A veces, las consecuencias del enmalle o de la captura pueden verse mitigadas gracias a la acción veterinaria y a la atención que reciben los animales en los centros de recuperación. El estado de salud de las tortugas se ve afectado debido a la aspiración de agua salada, el ahogamiento y las consecuencias de la hipoxia debido a una inmersión forzada ya que el calado de las redes ocupa un largo periodo de tiempo. También puede haber lesiones producidas secundarias al efecto mecánico de la red sobre la tortuga o a la acción de depredadores oportunistas (M. Parga et al., 2017). En algunos casos particulares las tortugas también pueden sufrir embolia gaseosa. De todas las artes de pesca en el Mediterráneo, la pesca de trasmallo es la que mayor mortalidad provoca en los animales capturados pese a la atención veterinaria.

En cuanto a los enmallamientos propiamente dichos con basura, redes o desechos, dependiendo de la localización, la gravedad, la cronicidad y del tipo de interacción, las tortugas pueden sufrir unos efectos adversos inmediatos ya que típicamente provocan una restricción del movimiento en los individuos afectados, como sería el daño físico, las miopatías de captura y la inmersión

prolongada o ahogamiento. Los enmallamientos también pueden tener consecuencias a largo plazo en la salud de las tortugas más difíciles de evaluar, como inmunosupresión e infecciones secundarias, disminución en la tasa de crecimiento o de la tasa reproductiva.

Las tortugas enmalladas pueden quedar atrapadas por la red de pesca o la basura marina debajo de la superficie y ahogarse, experimentar movilidad reducida o impedida que no les permita alimentarse o incluso sufrir una obstrucción de las vías respiratorias secundaria a la compresión o una reducción en el flujo sanguíneo en las extremidades. De hecho, en la mayoría de los casos, los individuos afectados mueren a causa de esto si no hay intervención humana, presentando heridas y/o aletas necrosadas a causa de la compresión generada por el enmallamiento (Laist, 1997) o procesos sépticos debido a la diseminación sistémica de la infección (Orós, Déniz, et al., 2004).

La gravedad de las lesiones causadas por la compresión ejercida por el enmalle viene determinada en gran medida por la localización, cronicidad, grado de constricción y tipo de material enmallado. Dependiendo de estos factores el daño en el tejido afectado variará desde la aparición leve de edema en la porción distal de la extremidad hasta la necrosis y pérdida completa de la aleta. Se considera frecuente la aparición de material enmallado en más de una extremidad. Muchas veces la gravedad de las lesiones requiere la amputación de la aleta. En general la mayoría de las lesiones se concentran en las aletas pectorales ya que las aletas posteriores se encuentran protegidas por el caparazón.

El objetivo de tratar las lesiones producidas en las aletas es conservar la mayor cantidad de tejido viable posible para poder mantener la funcionalidad motora y evitar amputaciones completas. De forma general los animales muestran una buena capacidad de adaptación al medio y muestran conductas normales después de la amputación de cualquiera de las aletas, sin embargo, cuando se requiere de una doble amputación, ya sea de ambas aletas pectorales o de aletas contralaterales, el pronóstico es reservado siendo animales irrecuperables o que requieren de eutanasia.

En este contexto, los objetivos del presente informe final han sido recoger los datos incluidos en la memoria de coordinación, el informe 1 sobre la selección, toma de muestras e identificación, y el informe 2 sobre el marcaje, liberación, seguimiento y posterior análisis de los datos de 13 ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*) capturados accidentalmente en redes de trasmallo y/o con amputaciones rescatadas y recuperadas en las comunidades autónomas de Andalucía, Murcia, Galicia y Canarias, en coordinación con las redes de varamientos y equipos de los centros de recuperación de las citadas comunidades. Se incluyeron 4 animales de Canarias, 3 de Galicia y Murcia, 2 de Ceuta y 1 de Andalucía. Asimismo, se adjuntan las fichas, fotografías, base de datos y SIG de los animales seleccionados.

3.2. RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS

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

- 1) **Coordinación con las administraciones y entidades locales**
- 2) **Selección de individuos**
- 3) **Evaluación veterinaria**
 - a) Anamnesis
 - b) Exploración general
 - c) Exploración física
 - d) Exploración neurológica
 - e) Evaluación dentro del agua
 - f) Pruebas complementarias
 - i) Diagnóstico por imagen
 - ii) Analítica sanguínea
 - g) Biometría y pesaje
- 4) **Identificación y marcaje**
 - a) Identificación individual
 - b) Marcaje satélite
- 5) **Suelta y acciones divulgativas**
- 6) **Resultados del seguimiento satelital**
- 7) **Discusión y recomendaciones**

3.3. DETALLE DE LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se ha llevado a cabo la selección, identificación y toma de datos y muestras y posterior marcaje y seguimiento de 13 tortugas marinas rescatadas de las aguas del Atlántico y Mediterráneo español frente a las comunidades autónomas de Andalucía, Ceuta, Murcia, Galicia y Canarias. Se escogieron 3 animales por comunidad, excepto en Canarias donde se seleccionaron 4 individuos como mejora al contrato y en Andalucía donde únicamente se pudo seleccionar una tortuga ya que no había animales que cumplieran con las características propuestas, por lo que de esta manera se terminaron seleccionando dos animales varados en la costa de Ceuta. La siguiente información puede encontrarse a su vez en la Memoria de coordinación y en el Informe 2.

1) Coordinación con 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 la red de varamientos las distintas regiones implicadas en el contrato para concretar las actuaciones necesarias para el buen desarrollo de estas. Un resumen de estas se encuentra presente en Anexo II entregado junto con este informe. Por regiones, las instituciones con las que se previno coordinar los trabajos y permisos pertinentes fueron:

- Galicia
 - Servizo de Conservación da Biodiversidade Dirección Xeral de Patrimonio natural- Xunta de Galicia.
 - Coordinadora para o Estudo dos mamíferos Mariños (CEMMA).
 - Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina. Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
 - Área de Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Fundación Biodiversidad.
 - Fundación Oceanogràfic.

- Andalucía
 - Servicio de Geodiversidad y Biodiversidad, Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad, Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Junta de Andalucía.
 - Agencia de Medio Ambiente y Agua. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.
 - Centro de Gestión del Medio Marino Andaluz (CEGMA) del Estrecho
 - Seashore Environment and Fauna.
 - Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina. Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
 - Área de Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Fundación Biodiversidad.
 - Fundación Oceanogràfic.

- Región de Murcia
 - Dirección General de Patrimonio Natural y Acción Climática. Consejería de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor. Gobierno de la Región de Murcia.
 - Centro de recuperación de Fauna Silvestre “El Valle”. Dirección General de Patrimonio Natural y Acción Climática de la Consejería de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor.
 - Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina. Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
 - Área de Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Fundación Biodiversidad.
 - Fundación Oceanogràfic.

- Canarias
 - Servicio de la Oficina de Apoyo al Órgano Ambiental de Gran Canaria.
 - Servicio de la Consejería de Sostenibilidad Medioambiental del Cabildo de Fuerteventura.
 - Asociación para el Desarrollo Sostenible y la Conservación de la Biodiversidad.
 - Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina. Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
 - Área de Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Fundación Biodiversidad.
 - Fundación Oceanogràfic.

- Ceuta
 - Centro de Estudios y Conservación de la Fauna Marina de Ceuta (CECAM).
 - Fundación Oceanogràfic.

2) Selección de individuos

En coordinación con las redes de varamientos y equipos de los centros de recuperación de las citadas comunidades, se acordó que se seleccionarían ejemplares procedentes de varamientos asociados a enmallamientos, a efectos de diseño experimental y para aumentar la validez de los datos. Dentro de esta categoría, el orden de prioridad de selección fue:

- a. Pérdida completa de una de las aletas delanteras.
- b. Pérdida parcial de una de las aletas delanteras
- c. Pérdida de una de las aletas posteriores
- d. Lesiones derivadas del enmallamiento sin pérdida de la aleta/s afectadas.

Si no se cumplían estos criterios, o pese a cumplirse alguno de estos criterios, no se cumplían los requisitos generales de salud, se seleccionarían ejemplares procedentes de captura

accidental en redes de trasmallo. Dentro de esta categoría, el orden de prioridad de selección fue:

- e. Aspiración de agua y neumonía como consecuencia de la interacción.
- f. Alteraciones fisiológicas a nivel analítico (alteración enzimas musculares y cambios bioquímicos generales, así como cambios hematológicos).
- g. Alteraciones de la flotabilidad.
- h. Presencia de lesiones externas asociadas a la captura accidental.

Los individuos que fueron seleccionados en las comunidades autónomas de Andalucía, Ceuta, Murcia y Canarias se encontraban dentro de la primera categoría y prioridad, a excepción de un ejemplar dentro de la segunda prioridad. Esto quiere decir que 9 tortugas marinas dentro de este contrato procedían de varamientos asociados a enmallamientos con pérdida completa de una de las aletas delanteras (**Figura 2**), y una tortuga marina seleccionada en Murcia presentaba una pérdida parcial de una de las aletas delanteras. En cuanto a Galicia, los ejemplares seleccionados fueron capturados de forma accidental en redes de trasmallo.



Figura 2. Tortuga marina con amputación de aleta delantera y necrosis de tejido a causa de un enmalle.

Además de esto, se seleccionaron individuos que finalizaron correctamente su proceso de recuperación, remitieron los signos clínicos de sus patologías iniciales y mostraron parámetros de salud normalizados. A su vez, se observó que los animales amputados mostraran un patrón de natación que les permita moverse y desarrollar todos los comportamientos naturales en el agua.

Dentro de esta selección de individuos se tuvo en cuenta el peso de las marcas disponibles sumado al material de anclaje, para que los mismos no superaran el 3% del peso corporal del individuo en ningún caso.

3) Evaluación veterinaria

Se realizaron evaluaciones veterinarias y pruebas complementarias que determinaron el estado de salud de los animales, permitieron establecer un diagnóstico inicial al momento del ingreso, y comprobaron su completa recuperación antes del marcaje y liberación al mar. Estas evaluaciones y pruebas brindaron una serie de datos descritos a continuación.

- Anamnesis

Al ser 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 como:

- Fecha y puerto de desembarque o zona de varamiento.
- Comportamiento.
- Evolución del estado general de la tortuga.
- Tipo de material enmallado.
- En ejemplares procedentes de captura accidental:
 - Tiempo de calado de la red.
 - Profundidad.
 - Coordenadas del punto de captura.

- Exploración general

Se realizó en el momento de la admisión en el centro. A su vez, se corroboró si presentaban identificaciones previas mediante lectura de microchip en la zona cervical y aletas delanteras, puente y fosas inguinales, así como identificaciones externas con marcas metálicas o cicatrices. Los datos obtenidos en la exploración general fueron:

- Especie.
 - Tamaño (estimación edad aproximada, franja poblacional).
 - Género (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.
- Exploración física
 - 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.
- Exploración neurológica motora y sensorial
 - Datos biométricos: LRC, ARC, LCC, ACC, Lcab y Acab, y peso (kg).
 - Evaluación dentro del agua.
 - Habilidad en el buceo.
 - Flotabilidad.
 - Respiración.
 - Visión (Respuesta de la tortuga al alimento y elementos del entorno).
 - Natación y movimiento de aletas.
 - Comportamiento general.
 - Analítica sanguínea

Tras la exploración general, se obtuvo una muestra sanguínea del seno cervical dorsal y se conservó en tubos de heparina litio y suero para poder llevar a cabo el completo estudio hematológico y bioquímico por paciente. A su vez se realizaron dos frotis sanguíneos en fresco en portaobjetos de cristal para la evaluación morfológica de las líneas celulares. Los valores obtenidos de estos análisis fueron:

- Hematología
 - Hematocrito
 - Hemoglobina
 - Recuento total estimado de la serie blanca
 - Diferencial de la serie blanca en frotis
- Bioquímica
 - 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).

- Diagnóstico por imagen
 - Estudio radiográfico con vistas dorsoventral (D-V), laterolateral (L-L) y craneocaudal (CR-CD).

Además de estos datos se obtuvieron y almacenaron las siguientes muestras biológicas de los individuos seleccionados:

- Muestra de sangre
 - Muestra de suero y plasma sueroteca (-80°C) para estudios hormonales o toxicológicos.
 - Genética.
 - Epibiontes. Mapeado, registro y conservación en alcohol 70º y congelación a -20°C.
- Muestra de heces
 - Parasitología, conservación en alcohol 70º.
 - Dieta, conservación en seco o congelación -20°C.
 - Microplásticos, conservación en seco o congelación -20°C.
 - Macroplásticos, conservación en seco.

En las tortugas marinas la temperatura de incubación de los huevos determina el sexo de los ejemplares. El rápido aumento de las temperaturas en el mundo pone de manifiesto la necesidad de evaluar cómo se ven afectadas las proporciones de los sexos en estos animales, sin embargo, esto supone un importante reto al carecer de dimorfismo externo hasta la edad adulta y de cromosomas sexuales heteromórficos, por lo tanto, el sexaje ha de realizarse mediante la visualización directa de las gónadas mediante laparoscopia. La información sobre los sexos de las tortugas es especialmente relevante para el estudio del impacto del aumento de las temperaturas y para la gestión de los eventos de anidación que se han estado observando durante los últimos años en las playas españolas y los programas de conservación asociados.

En correlación con lo descrito anteriormente, se pudo realizar la determinación del sexo de los tres individuos juveniles varados en la región de Murcia. Únicamente se realizó en estos ejemplares porque, debido a criterios técnicos y científicos, se consideró una ventaja realizar el sexaje mediante el traslado de los individuos a las instalaciones de la Fundación Oceanogràfic donde se realizó el procedimiento.

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 (lidocaína) vía intradérmica. El proceso se realizó bajo anestesia general mediante la administración de Propofol vía intravenosa a una dosis de 4 mg/kg. 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

anormalidades y una vez retirada la óptica se suturaron ambas incisiones con material reabsorbible.

4) Identificación y marcaje

- Identificación individual

Previo a la suelta al mar, cada individuo se identificó individualmente mediante fotoidentificación para retratar el patrón de escamas del área dorsal y 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.

- Marcaje satélite

Actualmente existen varias casas comerciales a nivel internacional que se dedican a la producción de diferentes sistemas para el estudio por telemetría de animales en su medio, incluyendo emisores satelitales dotados de tecnología Argos, con posibilidad de incluir también GPS. Pese a la creciente demanda para su uso en especies marinas, la oferta actual sigue siendo limitada en algunos aspectos. Para el presente trabajo se ha seleccionado el uso de emisores de la casa comercial Lotek®, empresa con amplia experiencia en el diseño de tecnología para el seguimiento de fauna silvestre, con una línea de trabajo específica para el medio marino.

Dentro de la citada casa comercial, las marcas de la serie KiwiSat® Glue-On son trackers de ubicación altamente versátiles para aplicaciones marinas resistentes. Cuando están en la superficie, las marcas envían transmisiones cortas al sistema satelital de Argos. Las transmisiones consecutivas recibidas en un solo pase de satélite se utilizan para calcular la ubicación del transmisor. Las ubicaciones están disponibles en línea casi en tiempo real con precisiones de hasta 250 m.

Dentro de la oferta de productos de la compañía, la serie KiwiSat® Glue-On dispone de una diversa gama de modelos que permite ajustar la marca a la talla del individuo a seguir. Están diseñados para ser compactos con un área frontal mínima para reducir la resistencia en el agua y disponen de una forma hidrodinámica adaptada a su uso en tortugas marinas. Además, esta marca dispone de una batería por lo que el envío de señales al satélite no depende del estado de carga de las baterías solares.

Se propuso el uso de los siguientes modelos en función de los tamaños de los ejemplares rescatados (**Figura 3**):

- K2G 173^a, peso: 34 gr, tamaño: 60 x 27 x 17 mm, esperanza vida batería: 292 días.
- K2G 276^a, peso: 112 gr, tamaño: 78 x 43 x 27 mm, esperanza vida batería: 575 días.
- K2G 276B, peso: 120 gr, tamaño: 82 x 44 x 33 mm, esperanza vida batería: 575 días.
- K2G 576E, peso: 360 gr, tamaño: 138 x 78 x 50 mm, esperanza vida batería: 1439 días.



Figura 3. Emisores satelitales de diferentes tamaños

Metodología de marcaje

Una vez que los animales se habían recuperado y de forma previa a la suelta se llevaron a cabo los siguientes pasos (**Figura 4**):

- Inmovilización de los animales mediante la colocación en una plataforma elevada o en una caja para restringir sus movimientos y asegurar que no se pueda comprometer la integridad de los individuos ni del personal realizando el procedimiento.
- Selección del punto más alto del caparazón como área de marcaje. Generalmente este punto suele estar localizado a la altura de los dos primeros escudos vertebrales y parte de los escudos costales adyacentes.
- Limpieza y lijado del área seleccionada con papel de lija para eliminar el exceso de queratina.
- Limpieza con acetona o alcohol para quitar la grasa que pueda haber en la zona.
- Mezcla de los componentes de la resina epoxi según instrucciones del fabricante. Aplicación sobre el caparazón y colocación de una lámina de fibra de vidrio que sea algo más extensa que el emisor a colocar. Después se agrega más epoxi y se coloca el transmisor.
- Refuerzo de la zona de unión del transmisor a la fibra de vidrio con más resina. En caso necesario se puede añadir más fibra y resina en el cuerpo y lados del emisor satelital con cuidado de no cubrir los sensores.
- Secado al aire.
- Uso de pintura anti-fouling (opcional).

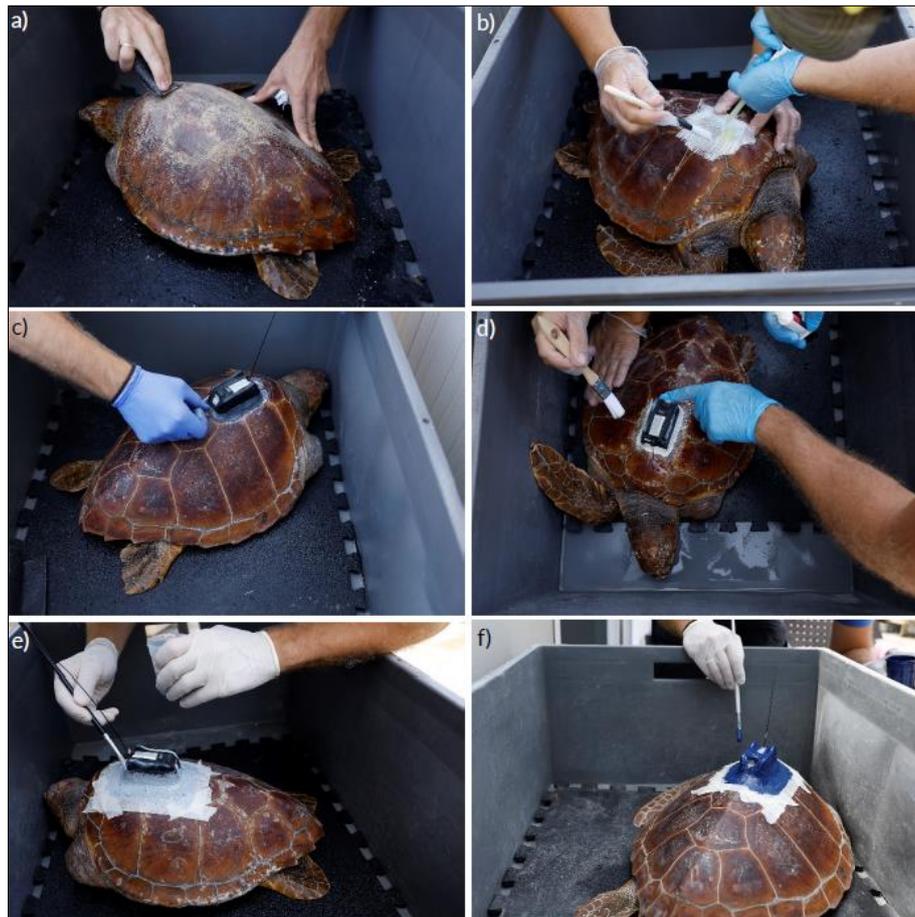


Figura 4. Colocación emisor satelital: Lijado del caparazón (a); Colocación fibra de vidrio (b); Colocación del dispositivo y fijado con resina epoxi (c); Refuerzo de la fijación del dispositivo (d); Pintura antifouling (e-f)

5) Suelta y acciones divulgativas

- Transporte de los ejemplares al punto de suelta

Las tortugas fueron transportadas hasta el punto de suelta en cajas resistentes sin agua, con suficiente ventilación y apoyadas en una colchoneta blanda para evitar la excesiva presión. Además, el ambiente fue controlado para mantener una temperatura entre 21-27°C y una humedad relativa adecuada.

- Suelta de las tortugas

La suelta de los individuos se llevó a cabo en coordinación con los centros de recuperación y las autoridades locales junto con el equipo de la Fundación Biodiversidad y el MITECO.

La suelta se realizó desde playa o desde embarcación en base a las posibilidades de los centros, las características de la zona y las condiciones del animal.

- Seltas desde playa: En el caso de individuos amputados, en el momento de la suelta se les depositó directamente en la orilla con el objetivo de facilitar su entrada al agua. Previamente se evaluó la idoneidad del lugar de la suelta teniendo en cuenta:
 - Degradación de la playa, zona de suelta y zona marina asociada.

- Actividades humanas profesionales (pesca profesional, tráfico marítimo) y de ocio (embarcaciones recreativas) en la zona y según la estación del año.
- Zonas industriales o presencia de aguas contaminadas.
- Sueltas desde embarcación: Para la suelta se utilizó en medida de lo posible una plataforma para acercarse a las tortugas al agua, en el caso de que no hubiera, se recurrió a una embarcación auxiliar, en este caso, ambas embarcaciones con el motor apagado.

En coordinación con las instituciones locales se organizó un equipo de educadores ambientales con experiencia para realizar las siguientes tareas:

- Preparación del evento, coordinación de autoridades, equipos y público.
 - Creación de contenidos de comunicación y educativos.
 - Establecimiento de las necesidades, dimensionado del público e inclusión de colectivos sociales locales en la asistencia.
- Establecimiento del perímetro necesario para asegurar la protección y bienestar de las tortugas durante la suelta.
- Dirección del acto. Manejo del público y divulgación de los contenidos.
 - Generalidades tortugas marinas y amenazas. Red de varamientos.
 - Estrategias de conservación a nivel local y nacional. Instituciones involucradas.
 - Participación ciudadana.
 - Proyecto de seguimiento satelital y estudio.
- Suelta de los ejemplares.
- Divulgación posterior.

6) Seguimiento satelital

El seguimiento se ha realizado a través de la empresa ARGOS CLS Francia, donde se dispone de un perfil específico para el seguimiento de las tortugas.

En base a los datos obtenidos se tratará de analizar los siguientes parámetros:

- Supervivencia mínima de los individuos.
- Dispersión
- Trayectoria
- Uso de hábitat

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS

Como resultado de las acciones descritas anteriormente, se han seleccionado, identificado, obtenido datos y muestras biológicas de 13 tortugas marinas rescatadas en las aguas del Atlántico y Mediterráneo español, además de su marcaje satelital y liberación. Asociado a esto se realizaron diferentes actos divulgativos y se realizó el análisis de los datos obtenidos a través del emisor. Finalmente se han podido establecer una serie de conclusiones y recomendaciones para ayudar a la gestión de estos animales en los centros de recuperación y poder establecer unos planes de conservación adecuados.

Las tortugas seleccionadas aparecieron frente a las Comunidades Autónomas de Andalucía, Región de Murcia, Galicia, Islas Canarias y la Ciudad Autónoma de Ceuta. Se escogieron 3 animales por comunidad, excepto en Canarias donde se seleccionaron 4 individuos (1 individuo adicional para cumplir con la mejora propuesta en la oferta de trabajos). En Andalucía únicamente se pudo seleccionar un individuo por motivos biológicos y operativos y se acordó la sustitución por ejemplares que cumplieran las características técnicas procedentes del centro de recuperación de Ceuta.

1) Selección de individuos

Para la selección de los individuos se priorizaron animales que tuvieran amputaciones completas de una de las aletas pectorales por lo que 9 de las 13 tortugas seleccionadas cumplieron este criterio. Únicamente hubo un caso en uno de los individuos de la región de Murcia (Rubia) que se realizó una amputación parcial de la aleta pectoral derecha ya que la parte más proximal de la extremidad no había sido afectada y el tejido resultaba viable. El resto de los individuos ya ingresaron con una amputación completa como en el caso de las tortugas procedentes de Ceuta, una de Murcia (Cc 776) y Caleta de Canarias o se tuvo que realizar la cirugía en los centros respectivos de cada comunidad debido a la necrosis completa del tejido.

Los tres animales procedentes de la Comunidad Autónoma de Galicia fueron capturados accidentalmente en redes de trasmallo en A Coruña y Lugo. Pese a que no presentaban lesiones y únicamente una (Ferdylan) mostró signos leves compatibles con una neumonía por aspiración de agua se consideraron animales interesantes para el marcaje debido a la escasez de tortugas en el Atlántico Norte.

El 100% de las tortugas seleccionadas pesaban más de 2 kg después de su proceso de recuperación y mostraron un buen estado de salud lo cual fue determinante para su selección para el proceso de marcaje.

En la tabla que se desarrolla a continuación (**Tabla 1**) se detallan básicos tenidos en cuenta para la selección de los individuos.

Tabla 1. Criterios básicos para la selección de los individuos incluyendo la Comunidad Autónoma donde ingresó la tortuga marina, su identificación individual (nombre), fecha de ingreso, causa del ingreso, patología, peso y evolución.

Comunidad Autónoma	ID	Fecha Ingreso	Causa ingreso	Patología	Peso (Kg)	Evolución
Canarias	Vega	03/02/2024	Varada en playa	Necrosis AAI. Amputación	2,6	Buena
	Atenea	29/03/2024	Varada en playa	Necrosis AAI. Amputación	7,55	Buena
	Hera	15/04/2024	Varada en playa	Necrosis AAD. Amputación	8,9	Buena
	Caleta	19/09/2024	Varada en playa	Amputación AAD	23,9	Buena
Murcia	Cc776	05/08/2023	Flotando en superficie	Amputación total AAI	2,0	Buena
	Rubia	22/08/2023	Varada en playa	Amputación parcial AAD Anzuelo en esófago	13,9	Buena
	Aguilas	02/09/2023	Varada en playa	Necrosis AAI y amputación	2,3	Buena
Andalucía	Cris	02/07/2024	Varada en playa	Necrosis AAD y amputación Anzuelo en esófago	2,1	Buena
Ceuta	Elma	19/07/2024	Varada en playa	Amputación AAI	35	Buena
	Manca	02/08/2024	Varada en playa	Amputación AAI	50	Buena
Galicia	Ferdylan	10/02/2023	Captura accidental en red de trasmallo	Neumonía por aspiración leve	2,23	Buena
	Geno	14/02/2023	Captura accidental en red de trasmallo	Sin patología	1,97	Buena
	Cicliña	22/02/2023	Captura accidental en red de trasmallo	Sin patología	2,05	Buena

2) Evaluación veterinaria, toma de datos biométricos y muestras biológicas

Todos los individuos seleccionados ingresaron a los centros de recuperación entre el año 2023 y 2024 y mostraron una evolución favorable durante su periodo de recuperación, sin embargo, el 70% de las tortugas tenían una condición corporal pobre en el momento de su ingreso probablemente debido a la movilidad impedida o reducida que sufren las tortugas enmalladas. Otro hallazgo para destacar es que casi la mitad de las tortugas mostraron signos compatibles con la ingestión de cuerpos extraños, ya fuera el propio material de enmalle u otro tipo de basura o anzuelos (**Figura 5**). De forma general todos los individuos mostraron un nivel de actividad normal en el momento del ingreso, con una exploración neurológica y en el agua sin nada que destacar a excepción de la tortuga ingresada en Andalucía que mostró un estado mental deprimido el cual mejoró en los días posteriores al ingreso.



Figura 5. Tortuga marina enmallada e ingestión del material de enmalle.

La mayoría de los individuos seleccionados con la excepción de las tortugas varadas en la ciudad autónoma de Ceuta eran juveniles, por lo que no tenían suficiente talla como para mostrar dimorfismo sexual y poder determinar el sexo de manera visual. Las dos tortugas de Ceuta fueron consideradas hembras adultas basándose en el largo curvo del caparazón y en la longitud de la cola. Se realizó el sexaje de las tortugas del centro de recuperación de Murcia mediante laparoscopia, siendo dos hembras y un macho. Únicamente se pudo realizar el sexaje de las tortugas de Murcia debido a consideraciones científico-técnicas y de salud, ya que la evolución de los animales fue muy favorable y la logística del traslado se consideró adecuada.

Se pudo obtener muestras de sangre de todos los ejemplares y los valores obtenidos tanto en la hematología como en la bioquímica se consideraron normales dentro de los rangos de referencia establecidos para la especie.

Los datos recolectados en la evaluación veterinaria se pueden encontrar en la siguiente tabla (**Tabla 2**) o en las fichas individuales de cada animal presentes en el Anexo I adjuntado junto con este informe.

Tabla 2. Datos obtenidos en la evaluación veterinaria, incluyendo la identificación individual del animal (nombre), edad, estado general, condición corporal, material enmallado, si había ingerido parte del enmalle, otras alteraciones observadas al ingreso, resultados de exploración en el agua, exploración neurológica y analítica sanguínea.

Comunidad autónoma	ID	Edad	Estado general	Condición corporal	Material enmallado	Ingestión cuerpo extraño	Otras alteraciones	Exploración en agua	Exploración Neurológica	Analítica sanguínea
Canarias	Vega	Juvenil	Bueno	2	No identificado	No	Erosiones en aletas y cuello	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Atenea	Juvenil	Bueno	2	No identificado	No	Erosiones caparazón	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Hera	Juvenil	Bueno	2	Bolsa de rafia	Bolsa de rafia	Heridas en ambas aletas	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Caleta	Juvenil	Bueno	3	No identificado	No	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
Murcia	Cc776	Juvenil	Bueno	3	No identificado	No	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Rubia	Juvenil	Bueno	2	Sedal de pesca	Anzuelo	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Cc778	Juvenil	Bueno	3	Bolsa de rafia	Fragmentos bolsa de rafia	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
Andalucía	Cris	Juvenil	Deprimida	2	Nylon de pesca	Nylon de pesca y anzuelo	No	Sin alteraciones	Deprimida	Sin alteraciones
Ceuta	Elma	Adulto	Bueno	3	No identificado	No	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Manca	Adulto	Bueno	3	No identificado	No	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
Galicia	Ferdylan	Juvenil	Bueno	2	Red de trasmallo	No	Sibilancias respiratorias	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Geno	Juvenil	Bueno	2	Red de trasmallo	No	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones
	Cicliña	Juvenil	Bueno	2	Red de trasmallo	Plásticos	No	Sin alteraciones	Sin alteraciones	Sin alteraciones

Se tomaron datos biométricos de todas las tortugas incluyendo el peso y las medidas estándar, siendo estas 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). En la tabla a continuación se recogen las medidas biométricas de cada individuo (**Tabla 3**).

A su vez, se obtuvieron muestras biológicas de todos los animales (**Tabla 4**). 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. Únicamente se localizaron epibiontes en dos tortugas, estos fueron retirados y conservados tanto en alcohol como congelados según protocolos específicos. Durante el proceso de recuperación se trató de obtener una muestra de heces, sin embargo, esto resultó difícil ya que las tortugas defecan en el agua por lo que dificulta la observación y la toma de muestras. Además, las heces de especies con alimentación de carácter más carnívoro como la tortuga boba (*Caretta caretta*) frecuentemente contienen fragmentos de crustáceos u otro material no digerible y a menudo se deshacen rápidamente.

Tabla 3. Datos biométricos de los animales seleccionados. LRC= Largo recto caparazón, ARC= Ancho recto caparazón, LCC= Largo curvo caparazón, ACC= Ancho curvo caparazón, Lcab= Largo cabeza, Acab= Ancho cabeza.

ID	Medidas					
	LRC	ARC	LCC	ACC	Lcab	Acab
Vega	-	-	30,3	28	-	-
Atenea	39,6	32,4	42,5	38,9	-	-
Hera	40,3	33,7	44	42,3	-	-
Caleta	60	55	58	47	-	-
Cc776	22	20	24,6	22,2	-	-
Rubia	46	37	48,5	44	-	-
Aguilas	23	21	24	22	7,5	6,5
Cris	25,5	23	26,5	24,5	7	6
Elma	-	-	64	61,8	11,4	7,78
Manca	-	-	76,1	74,1	16,8	13
Ferdylan	23,5	20	26	-	5	5
Geno	23	18,5	26	-	6	5
Cicliña	21	19	26	-	6	5

Tabla 4. Muestras de sangre (plasma, suero, genética), epibiontes y heces obtenidas de los individuos seleccionados, indicando especie en el caso de encontrar epibiontes.

ID	Sangre			Epibiontes	Heces
	Plasma	Suero	Genética		
Vega	✓	✓	✓	X	X
Atenea	✓	✓	✓	X	X
Hera	✓	✓	✓	X	X
Caleta	✓	✓	✓	X	X
Cc776	✓	✓	✓	X	✓
Rubia	✓	✓	✓	X	X
Aguilas	✓	✓	✓	X	✓
Cris	✓	✓	✓	Balanos	X
Elma	✓	✓	✓	<i>Chelonibia testudinaria</i>	X
Manca	✓	✓	✓	X	X
Ferdylan	✓	✓	✓	X	X
Geno	✓	✓	✓	X	X
Cidiña	✓	✓	✓	X	X

3) Marcaje individual

- Identificación individual

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 exploración externa para visualizar marcas metálicas o cicatrices que indiquen identificaciones previas. Una de las tortugas varadas en Murcia (Cc776) se identificó como un individuo que había pertenecido al programa de *headstarting* realizado en el Conservación y Recuperación de Animales Marinos en Cataluña (CRAM). A las otras 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 una vez se habían recuperado de forma completa, con excepción de los dos individuos de Ceuta (Elma y Manca) debido a que en el momento de su recuperación no habían microchips disponibles en el centro de recuperación. La tabla a continuación (**Tabla 5**) muestra la identificación individual mediante microchip de los ejemplares seleccionados. Además, se realizaron fotografías de ambos laterales de la cabeza y de la zona dorsal para fotoidentificación.

- Emisores satélites

Los individuos fueron marcados según el protocolo descrito previamente sin experimentar complicación alguna. El número identificado a la plataforma de seguimiento se detalla en la siguiente tabla (**Tabla 5**). Se seleccionó el tamaño del dispositivo en función del peso de la tortuga para que no superara un 3% de su peso. Una vez marcados se realizó una comprobación dentro del agua para asegurar que el marcaje no alteraba los patrones de natación ni de buceo de los animales.

Tabla 5. Relación del individuo con el número de microchip y emisor satelital.

ID	Nº Microchip	ID Argos
Vega	900182000052537	243785
Atenea	977200007765174	243798
Hera	977200007765020	243793
Caleta	941000030151104	243768
Cc776	981098108541090	243778
Rubia	985113005451199	243792
Aguilas	985113005461395	243777
Cris	978101084181001	254354
Elma	-	254351
Manca	-	254350
Ferdylan	977200008030187	243774
Geno	977200008030796	243775
Cicliña	977200008033764	243776

Con el objetivo de evaluar los movimientos, distribución y uso de hábitat los animales se liberaron tan pronto finalizó el proceso de recuperación siempre y cuando las condiciones ambientales se considerarán favorables y se pudiera organizar un acto divulgativo asociado a la suelta.

4) Suelta y acciones divulgativas

En coordinación con los técnicos de los diferentes centros y las administraciones locales se llevó a cabo la selección del lugar y método de suelta teniendo en cuenta las características del área y de los individuos para que fuera óptima (Tabla 6). Los lugares seleccionados fueron en general playas de arena fina en zonas que permitieron llevar a cabo un plan de divulgación del evento para maximizar las opciones de educación ambiental. En algunos casos, como los tres individuos de Galicia y Caleta de Canarias, se decidió realizar las sueltas desde embarcación. En el caso de Caleta, la misma se realizó desde la embarcación “Mar Canario”, del Gobierno de Canarias, en la Zona de Especial Conservación (ZEC) de Teno-Rasca (Tenerife). En cuanto a las tortugas marinas seleccionadas en Galicia, las sueltas se realizaron desde la patrullera *Punta Roncadoira*, del Servicio de Guardacostas de Galicia, lo más lejos posible del área con mayor presión por parte de las pesquerías (coordenadas 42º23’744” 9º02’848” O).

Los animales amputados pasaron una media de 88 días hasta su completa recuperación y su puesta en libertad (Tabla 6). Este tiempo de rehabilitación es notablemente corto considerando la gravedad de la pérdida de un miembro y el proceso de recuperación tras la cirugía. La rápida recuperación de estos animales resalta su capacidad de adaptación y la efectividad de los protocolos de rehabilitación utilizados. Sin embargo, es fundamental continuar evaluando su supervivencia a largo plazo en el medio natural para optimizar las estrategias de recuperación y

reinserción. Las tortugas de Galicia (Ferdylan, Geno, Cicliña) han sido excluidas en el cálculo de esta media ya que, pese a no presentar patologías de gravedad, se mantuvieron el mayor tiempo en cautividad en espera al aumento de las temperaturas del agua para incrementar sus posibilidades de supervivencia y de adaptación al medio.

Tabla 6. Detalles del periodo de recuperación, fecha de ingreso, reintroducción y días en recuperación.

ID	Fecha ingreso	Fecha liberación	Días en recuperación	Lugar de suelta
Vega	03/02/2024	14/06/2024	132	Playa Blanca (Puerto del Rosario, Fuerteventura)
Atenea	29/03/2024	08/06/2024	71	Playa de El Puertillo de Arucas (Gran Canaria)
Hera	15/04/2024	08/06/2024	54	Playa de El Puertillo de Arucas (Gran Canaria)
Caleta	19/09/2024	24/10/2024	35	Zona de Especial Conservación (ZEC) de Teno-Rasca (Tenerife). Desde embarcación
Cc776	05/08/2023	27/10/2023	83	Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar
Rubia	22/08/2023	27/10/2023	66	Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar
Aguilas	02/09/2023	19/12/2023	108	Playa de Calblanque
Cris	02/07/2024	29/11/2024	150	Playa de Motril (Granada)
Elma	19/07/2024	24/10/2024	97	Playa de la recarga
Manca	02/08/2024	24/10/2024	83	Playa de la recarga
Ferdylan	10/02/2023	21/07/2023	161	Desde embarcación
Geno	14/02/2023	21/07/2023	157	Desde embarcación
Cicliña	22/02/2023	21/07/2023	149	Desde embarcación

Se trató de amplificar el impacto de la recuperación celebrando actos divulgativos asociados a las sueltas. Las campañas divulgativas contribuyen a la conservación del medio marino aumentando la percepción de las playas y el mar como ecosistemas que se han de proteger y respetar y destacando el valor ecológico de las tortugas marinas. Por lo tanto, otorgarles voz a estos eventos supone un reclamo muy importante para movilizar a la ciudadanía y promover la divulgación de cómo actuar frente al encuentro con un animal herido o como proteger a esta especie. Para ello, se contó con los equipos de cada Comunidad Autónoma con experiencia en la realización de sueltas de tortugas marinas públicas (**Figuras 6 -13**).



Figuras 6 y 7. Acto de reintroducción de 2 individuos en la playa de El Puertito de Arucas en el “Día de los Océanos” (izquierda), y suelta de la tortuga Caleta por el personal del CRFS La Tahonilla (derecha).



Figura 8. Suelta de dos ejemplares de tortuga boba con asistencia de Fernando López Miras, presidente de la Región de Murcia, el consejero de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor, Juan María Vázquez, y personal del CRFS 'El Valle', así como el subdirector de Biodiversidad y Cambio Climático de la Fundación Biodiversidad, Ignacio Torres.



Figura 9. Suelta de la tortuga marina “Cris” marcada con emisor satelital. En ella participó el concejal de Medio Ambiente, Marco Cortés, y personal del Centro de Gestión del Medio Marino Andaluz (CEGMA).



Figuras 10 y 11. Medios de comunicación junto con el personal del Centro de Estudios y Conservación de Animales Marinos de Ceuta (CECAM) en la Playa de la Recarga (izq.). Una de las tortugas dirigiéndose hacia el mar (dcha).



Figuras 12 y 13. Ferdylan, Geno y Cicliña previo a su suelta desde la embarcación. Tortuga marina liberada por personal del Instituto Galego de Formación en Acuicultura (Igafa) y la Coordinadora para el Estudio de los Mamíferos Marinos (Cemma).

5) Seguimiento satelital

A lo largo del periodo cubierto por el presente contrato se marcaron a las 13 tortugas bobas indicadas anteriormente y se llevó a cabo el posterior seguimiento satélite de los ejemplares, desde el momento de suelta tras el periodo de recuperación hasta la última emisión recibida. En el momento de redacción del presente informe cuatro de los ejemplares seguían emitiendo señales. El periodo de seguimiento fue variable, condicionado el inicio de este seguimiento por la aparición (varamiento / captura accidental) de los ejemplares con las características indicadas y el periodo necesario para la recuperación total de estos y su posterior reintroducción al mar.

Todos los emisores transmitieron datos de localización a través del sistema de satélites Argos (Maryland, EE.UU.), salvo uno de los ejemplares (243785) que no emitió señal alguna tras su reintroducción al mar en Fuerteventura (Islas Canarias), por lo que se cuenta con información de seguimiento de 12 ejemplares. Primero se llevó a cabo el filtrado de los datos de localización brutos para eliminar las localizaciones erróneas que mostraban una velocidad de movimiento

poco realista (> 100 km d⁻¹). Seguidamente, se utilizó la metodología descrita en Jonsen et al. 2023 (Hierarchical State Space Model within a Correlated Random Walk Framework) para: (1) homogenizar los tracks, (2) obtener una única estimación de localización por día de seguimiento. El modelo se ejecutó con 2 cadenas para 10.000 muestras Markov chain Monte Carlo con un burn-in de 7000 (thin = 5).

Se generaron datos de seguimiento para 12 tortugas durante una media de 85.63 ± 91.448 días (Tabla 7). Durante este periodo, las tortugas viajaron una media de $1,379.30 \pm 1,319.02$ km con una velocidad media de 19.05 ± 7.39 km d⁻¹.

Tabla 7. Relación de los ejemplares marcados, origen, causa de ingreso, fecha de suelta y última emisión recibida, días de seguimiento satélite hasta la redacción del presente informe, distancia recorrida y velocidad media diaria.

PTT	Nombre	Origen	Causa	Fecha de suelta	Fecha de última ubicación	Días de tracking	Distancia total	Velocidad media (km/d)	Transmisión activa
243774	Ferdylan	Galicia	Trasmallo	18/7/23	12/9/23	56	953.75	17.03	No
243775	Geno	Galicia	Trasmallo	21/7/23	25/8/23	35	926.69	26.48	No
243776	Ciclina	Galicia	Trasmallo	21/7/23	29/8/23	39	1199.58	30.76	No
243777	Aguilas	Murcia	Amputación	18/12/23	22/7/24	217	4368.88	20.23	No
243778	CC 776	Murcia	Amputación	23/10/23	1/5/24	191	2496.31	14.86	No
243792	Rubia	Murcia	Amputación	23/10/23	15/7/24	266	2898.77	14.94	No
243793	Hera	Canarias	Amputación	7/6/24	25/6/24	18	472.24	26.24	No
243798	Atenea	Canarias	Amputación	7/6/24	26/6/24	19	198.89	10.47	No
243785	Vega	Canarias	Amputación	28/5/24	N/A	0	N/A	N/A	No
243768	Caleta	Canarias	Amputación	24/10/24	25/11/24	32	333.00	10.42	No
254350	Elma	Ceuta	Amputación	21/10/24	25/11/24	35	932.54	26.64	Si
254351	Manca	Ceuta	Amputación	21/10/24	24/11/24	34	391.69	11.52	Si
254354	Cris	Andalucía	Amputación	29/11/24	5/12/24	6			Si

El siguiente mapa (Figura 14) muestra los patrones de movimiento en conjunto de los ejemplares marcados en las cuatro regiones. Se muestran los patrones de movimiento, únicos para cada zona, sin embargo, el escaso número de ejemplares marcados por cada región no permite realizar un análisis del conjunto de los ejemplares que pudiera mostrar un uso del hábitat representativo de la especie o grupo de edad.

El análisis del patrón de movimiento, distribución y velocidad de natación permitieron elaborar una hipótesis sobre la supervivencia, y adaptación de los ejemplares tras sufrir lesiones derivadas de su interacción con actividades humanas (redes de enmalle o amputaciones derivadas del enmalle con basura marina).

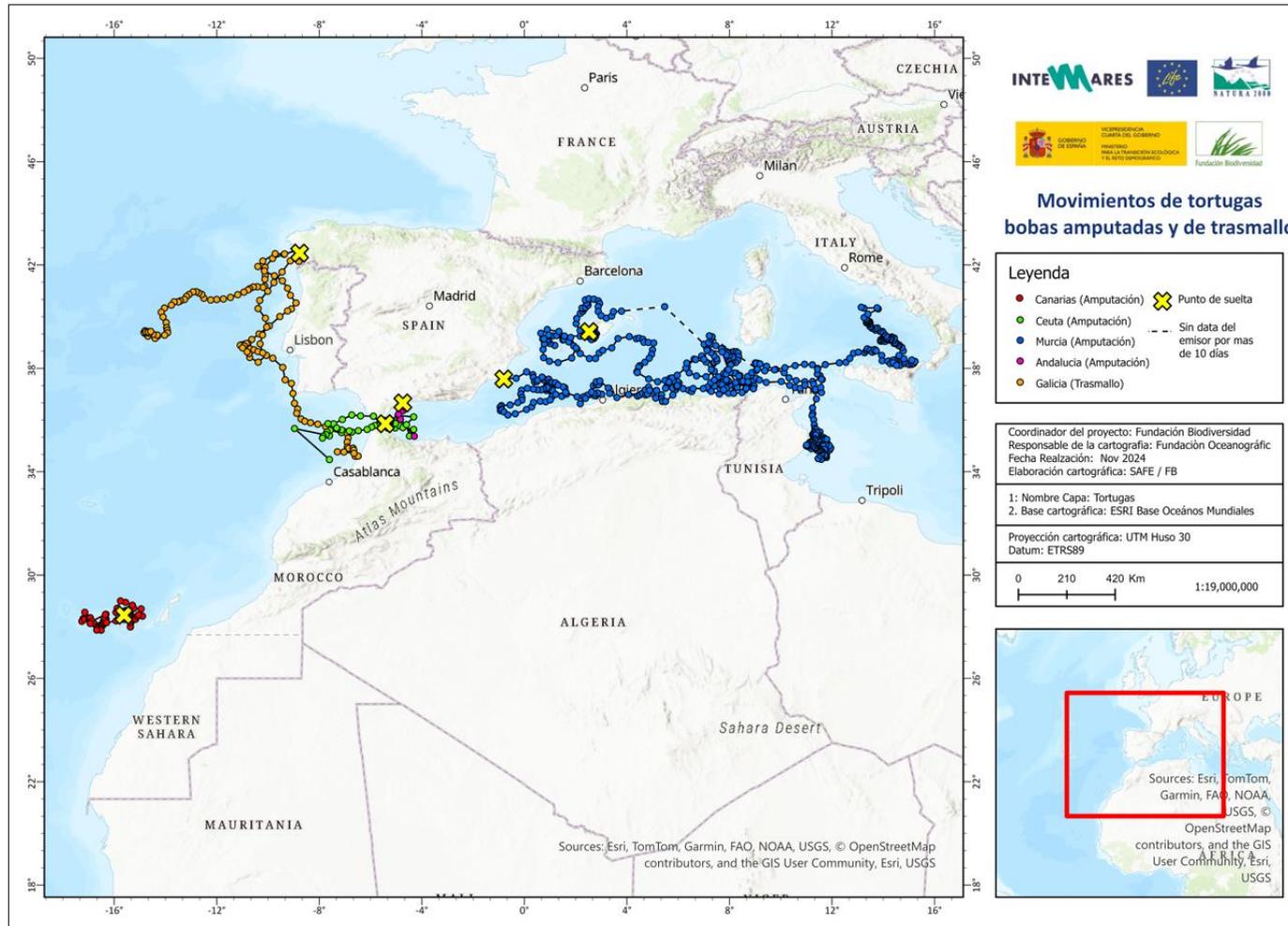


Figura 14. Trayectorias de los ejemplares marcados según área de origen (rojo para Canarias, verde para Ceuta, azul para Murcia, rosa para Andalucía y naranja para Galicia). La X en amarillo muestran los puntos de suelta.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por demarcaciones marinas (Figuras 15-18):

DEMARCACIÓN NORATLÁNTICA

Galicia

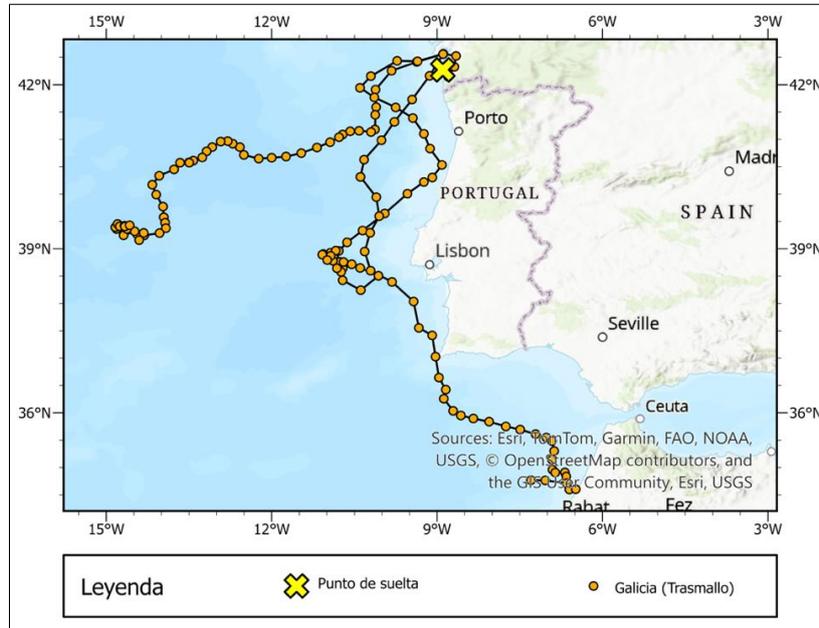


Figura 15. Trayectorias de los ejemplares marcados en Galicia (Ferdylan, Geno y Ciclina). Tortugas procedentes de captura accidental en redes de trasmallo.

Los ejemplares de tortuga boba marcados en Galicia (Figura 15), todas procedentes de captura accidental en redes de trasmallo (3 individuos), inmediatamente migraron hacia el sur, posiblemente en busca de aguas más calientes.

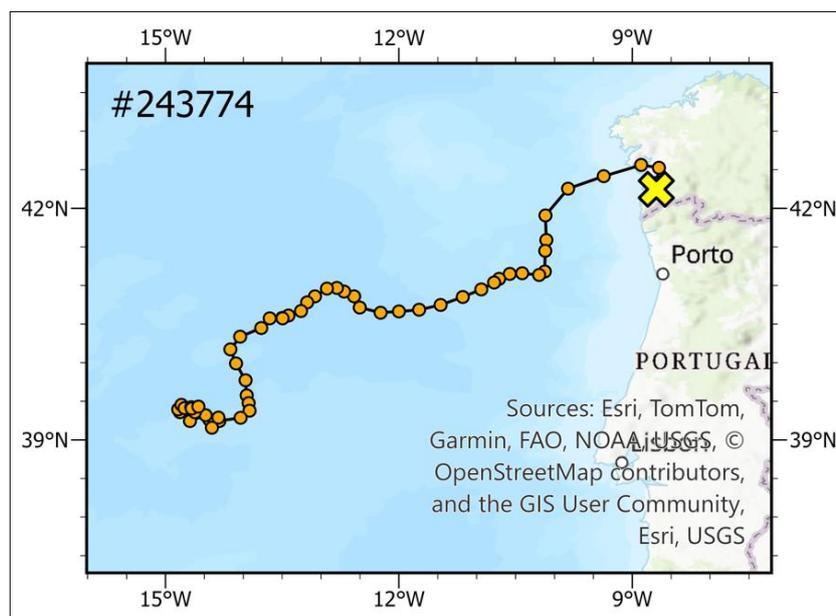


Figura 16. Trayectoria de Ferdylan en Argos. Trasmallo, Galicia.

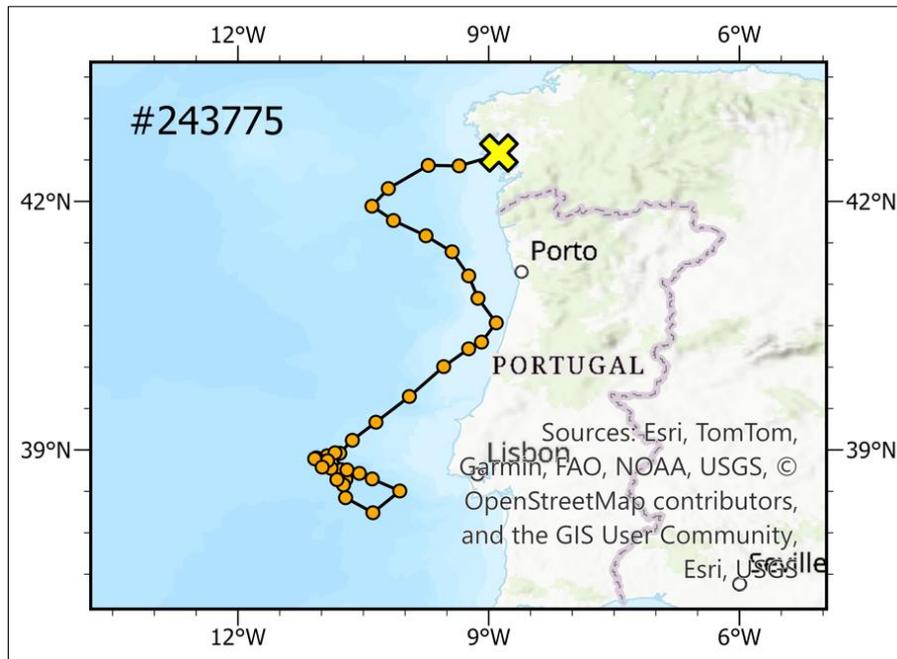


Figura 17. Trayectoria de Geno en Argos. Trasmallo, Galicia.

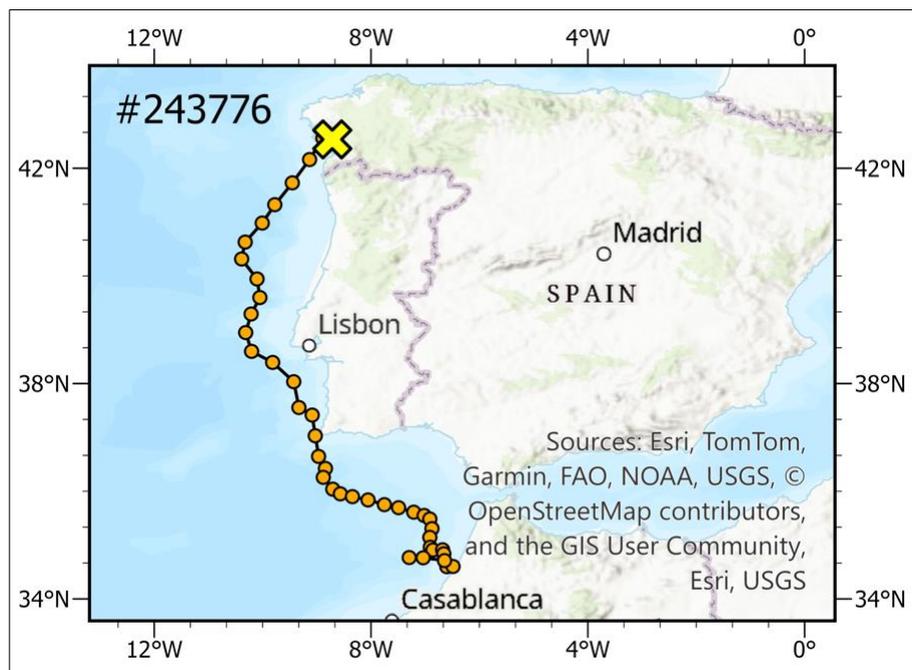


Figura 18. Trayectoria de Ciclina en Argos. Trasmallo, Galicia.

El comportamiento de estas tres tortugas coincide con los observado en ejemplares juveniles en el Atlántico Norte (Freitas et al., 2018). Individuos que se distribuyen en hábitats pelágicos lejos de costa y que migran asociados a la Corriente del Golfo a través del giro del Atlántico norte (Bjorndal et al., 2003; Bolten et al., 1998; Monzón-Argüello et al., 2009). En otros estudios, se ha reportado la migración de tortugas bobas juveniles en fase oceánicas hacia latitudes con temperaturas más adecuadas, en aguas entre 17°C y 20°C (Avens et al., 2003, Hawkes et al 2011; BMA do Canhoto 2014).

DEMARCACIÓN CANARIA

De las cuatro tortugas marcadas en las Islas Canarias (**Figura 19**), aunque una no llegó a emitir tras su reintroducción (sí que emitió los días previos en el centro de recuperación por lo que seguramente sufriese algún percance al contactar con el agua), dos de ellas transmitieron datos durante 18-19 días y el cuarto ejemplar se reintrodujo un mes antes de la redacción de este informe, sigue activo y transmitiendo, y se dispone de 32 días de datos hasta la fecha.

Los ejemplares se liberaron en las zonas recomendadas por el personal técnico y administraciones locales, respetando la isla de origen del varamiento. Dos de los ejemplares se liberaron en Gran Canaria (243793 y 243798) (**Figuras 19-21**), uno en Fuerteventura (243785) y el cuarto ejemplar en Tenerife (243768) (**Figura 22**). Los tres ejemplares seguidos permanecieron en aguas relativamente poco profundas y no se produjeron migraciones a hábitats más oceánicos, tal y como se ha observado en tortugas capturadas en la naturaleza en las mismas aguas (Varo-Cruz et al. 2016). Queda por determinar si esto representa una verdadera diferencia de comportamiento o es producto de la falta de datos.

Según las trayectorias de los ejemplares de Gran Canaria (**Figuras 19-21**), estas se vieron influenciadas por el sistema de corrientes situado al norte de la isla, realizando el giro anticiclónico que se produjo en esos días en la zona. Una de ellas (243798) permaneció en la zona, posiblemente realizando un nuevo giro, mientras que el otro ejemplar (243793) tomó la corriente del canal entre Gran Canaria y Tenerife, para posteriormente dirigirse al oeste de Tenerife en el área marina Zonas Especiales de Conservación (ZEC) de Teno – Rasca (ES7020017).

El ejemplar liberado en Tenerife (**Figuras 19 y 22**) ha mostrado un comportamiento cercano a costa desde su reintroducción, fundamentalmente por la franja costera oriental de Tenerife.

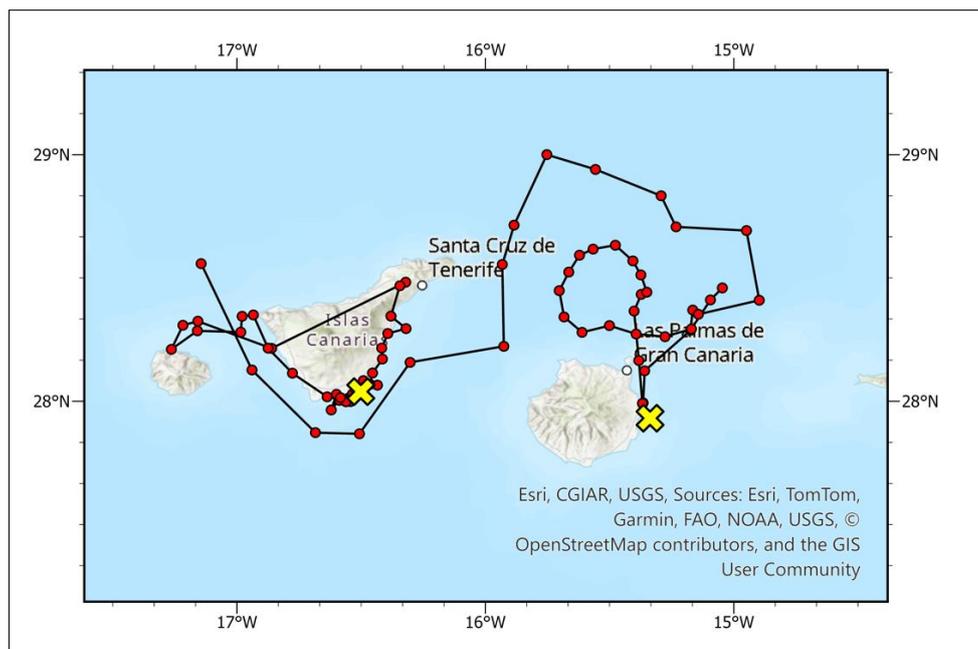


Figura 19. Trayectorias de tres de los cuatro ejemplares marcados en las Islas Canarias (Hera, Atenea, Vega y Caleta). Individuos con pérdida de una de las aletas pectorales debido a enmallamiento.

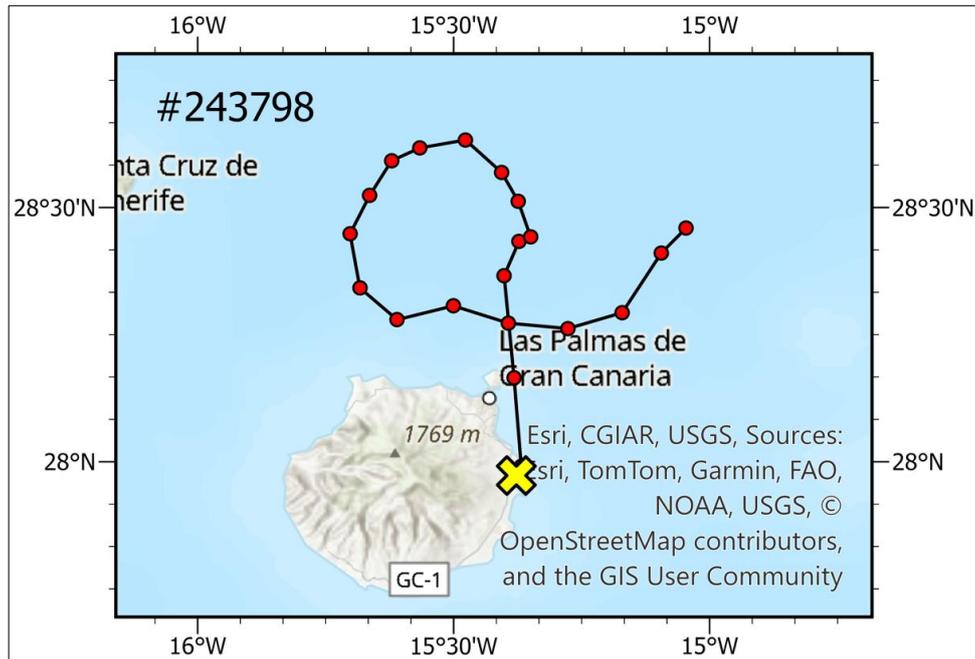


Figura 20. Trayectoria de Atenea en Argos. Amputación aleta pectoral, Gran Canaria, Islas Canarias.

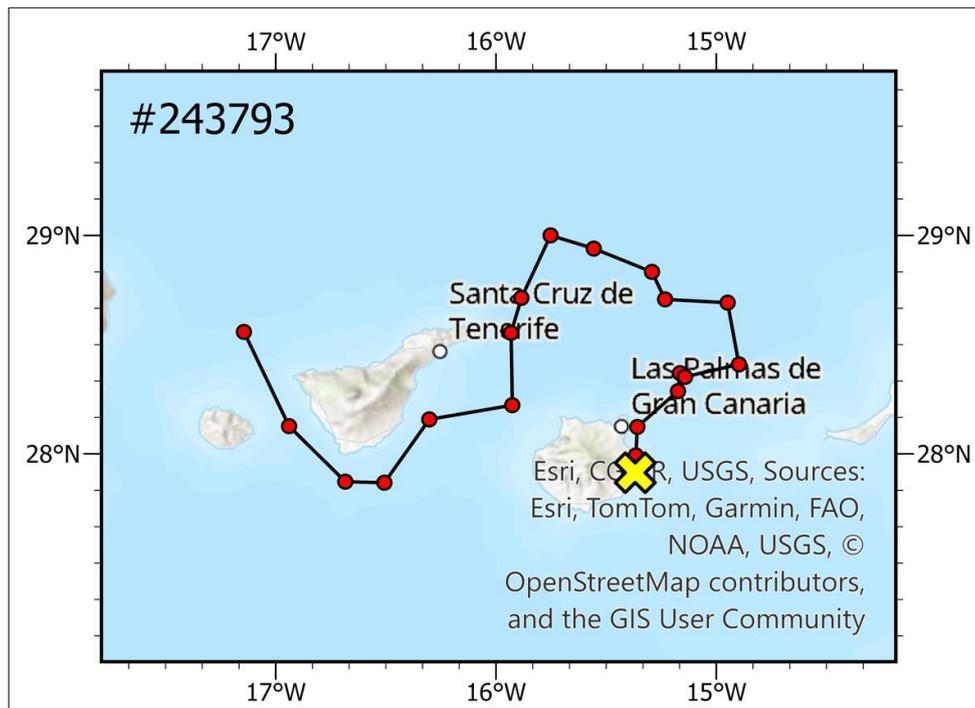


Figura 21. Trayectoria de Hera en Argos. Amputación aleta pectoral, Gran Canaria, Islas Canarias.

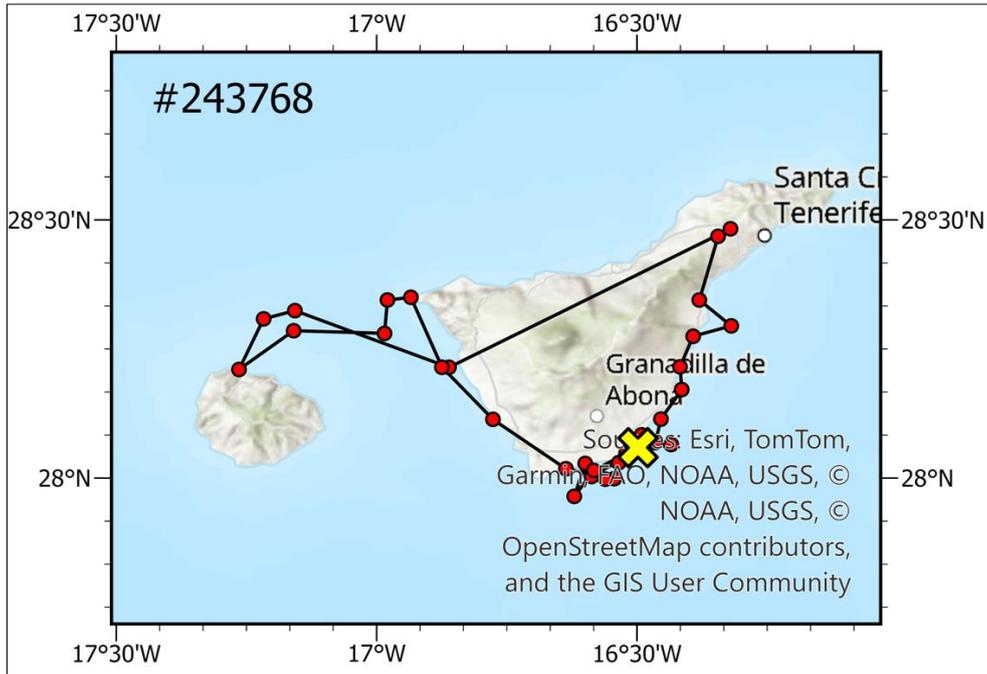


Figura 22. Trayectoria de Caleta en Argos. Amputación aleta pectoral, Tenerife, Islas Canarias.

DEMARCACIÓN ESTRECHO - ALBORÁN

Ceuta

Pese a la escasa disponibilidad de datos para el análisis, dada la reciente reintroducción de los ejemplares, las dos tortugas marcadas en Ceuta atravesaron el Estrecho de Gibraltar y se adentraron en aguas atlánticas (Figuras 23-25). Este hecho es relevante ya que Revelles et al. (2007) proponen que las tortugas de menos de 36,0 cm de longitud de caparazón (LCC) no son capaces de nadar contracorriente como para superar las fuertes corrientes superficiales que fluyen de oeste a este en el Estrecho de Gibraltar. Aunque la talla de estos dos ejemplares superó el umbral descrito por Revelles et al. (2007), el hecho de haber podido cruzar el Estrecho de Gibraltar y seguir la migración hacia el Océano Atlántico demuestra que son capaces de llevar a cabo comportamientos normales pese a estar amputadas de una aleta pectoral.

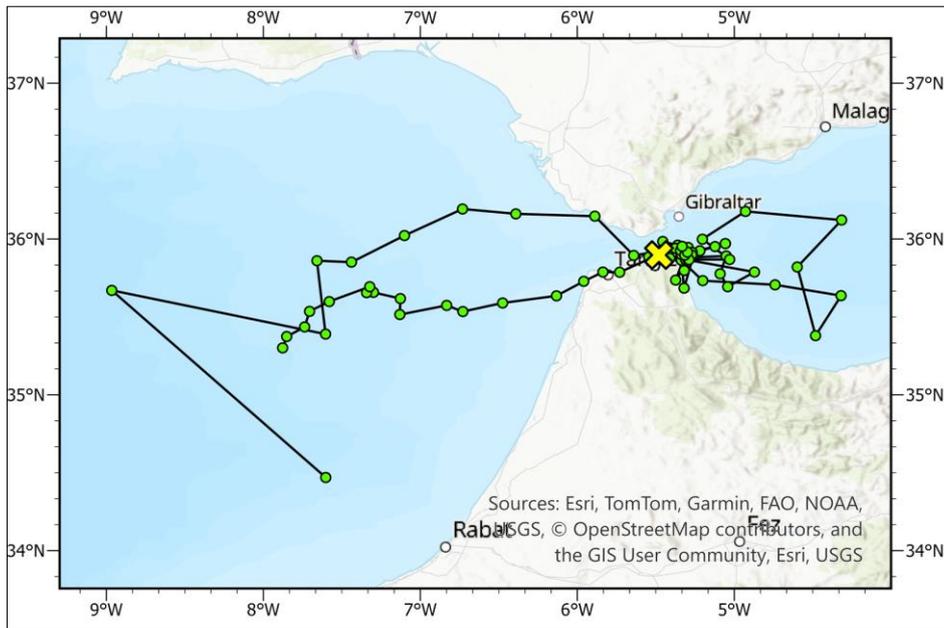


Figura 23. Trayectorias de las tortugas marcadas en Ceuta (Elma y Manca). Individuos con amputación total de una de las aletas pectorales.

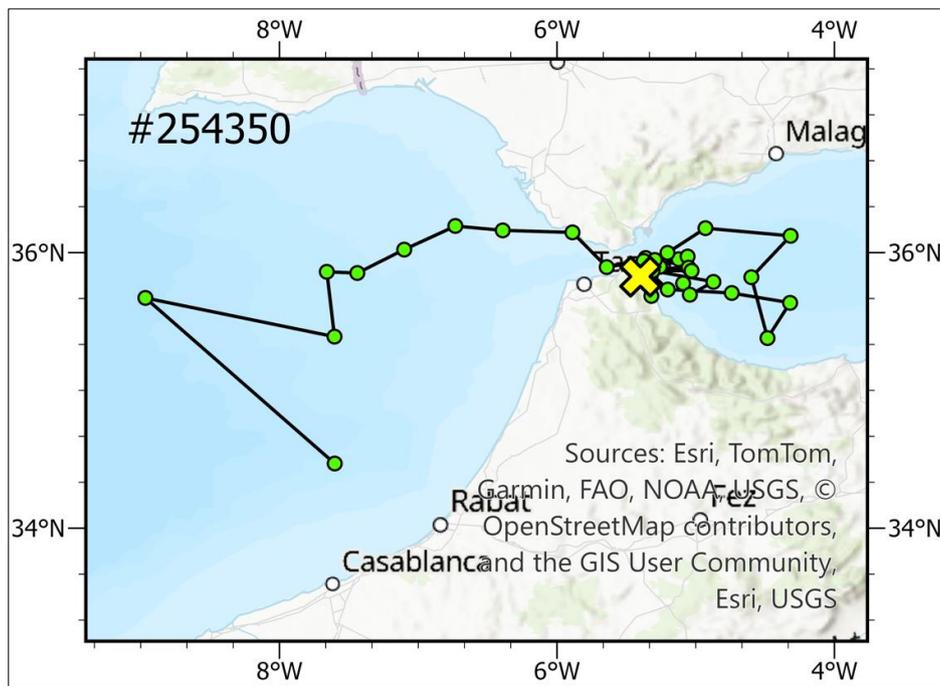


Figura 24. Trayectoria de Elma en Argos. Amputación aleta pectoral, Ceuta.

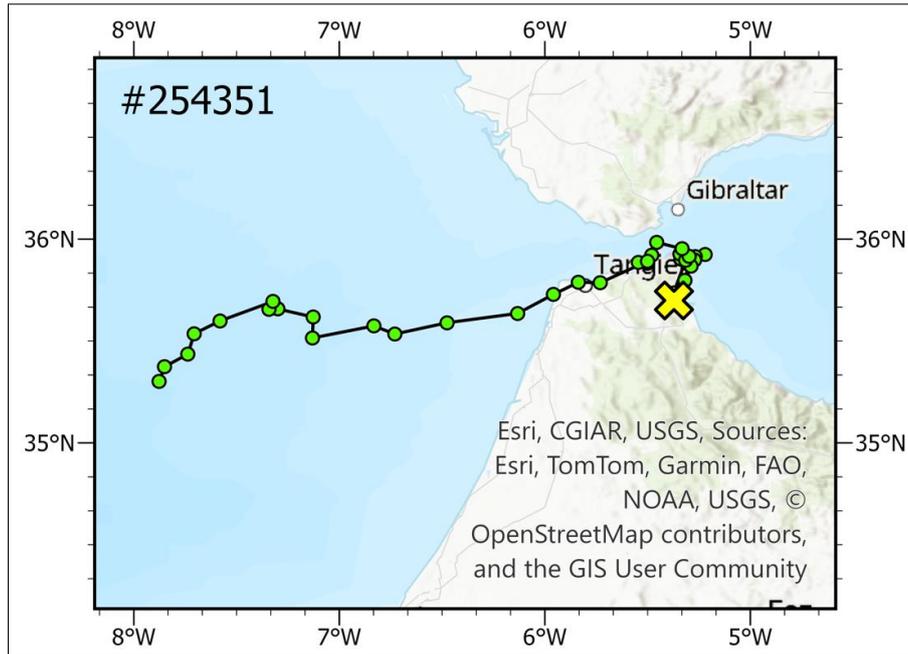


Figura 25. Trayectoria de Manca en Argos. Amputación aleta pectoral, Ceuta.

Andalucía

El ejemplar marcado en Andalucía (Figura 26) fue el reintroducido más recientemente por motivos biológicos, por lo que en el momento de la redacción del presente informe se disponían únicamente de 6 días de seguimiento. La trayectoria inicial se considera normal y compatible con lo observado con otros ejemplares marcados en la zona.

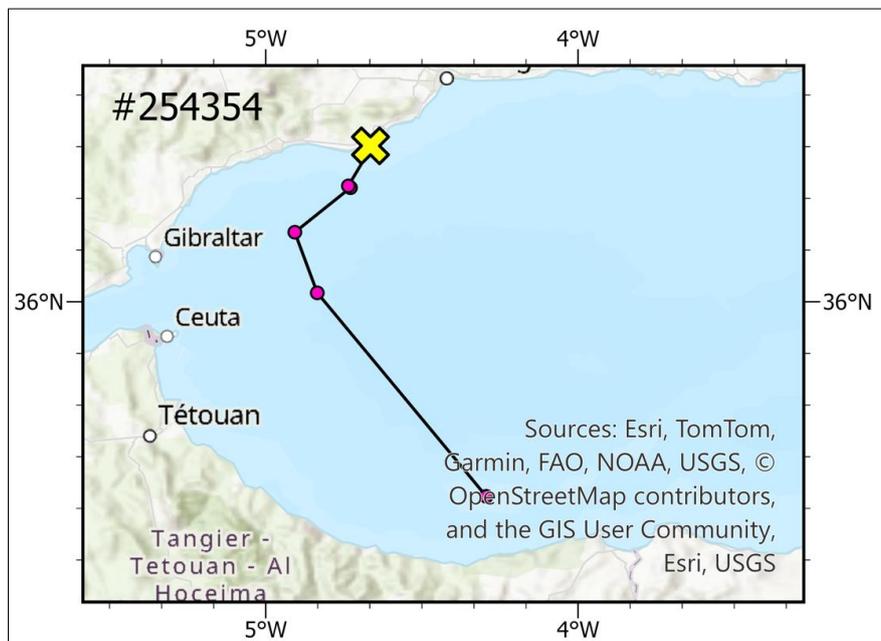


Figura 26. Trayectoria de Cris en Argos. Amputación aleta pectoral, Andalucía.

DEMARCACIÓN LEVANTINO-BALEAR

Murcia

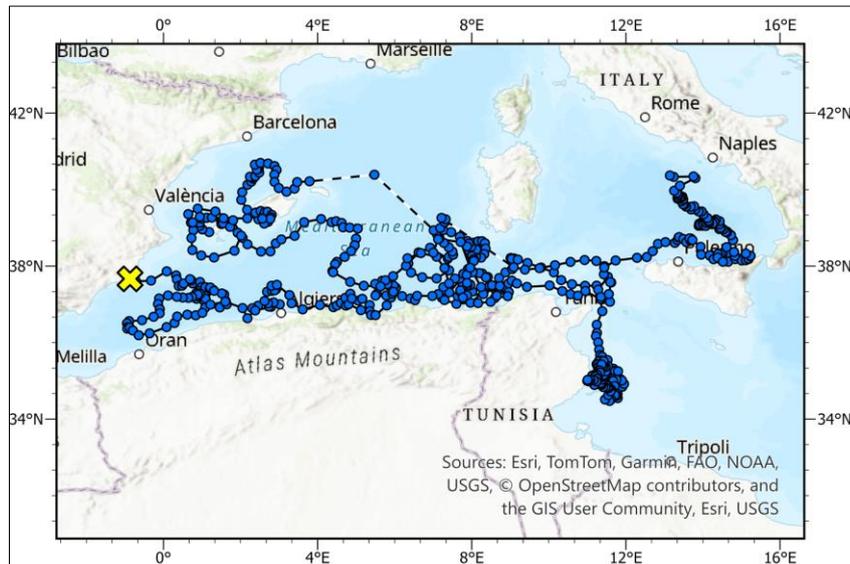


Figura 27. Trayectorias de los ejemplares marcados en Murcia (Aguilas, Cc776 y Rubia). Tortugas con pérdida de una aleta pectoral.

Las tortugas liberadas desde Murcia (**Figura 27-30**) comenzaron a migrar en dirección este hasta llegar a las zonas de alimentación en el Mediterráneo central, al sureste de Italia o en el Golfo de Gabes, Túnez. Ambos lugares son zonas reconocidas de alimentación para las tortugas bobas en el Mediterráneo (Luschi et al. 2018, Almpandou et al. 2022). La larga duración del seguimiento de los tres ejemplares, de más de 220 días de media, la larga distancia recorrida y la distribución de los ejemplares en zonas importantes para las tortugas en el Mediterráneo son pruebas de que las tortugas tras el proceso de recuperación y aún con graves secuelas como la amputación de una aleta pectoral son capaces de sobrevivir y regresar a zonas de importancia en su ciclo vital.

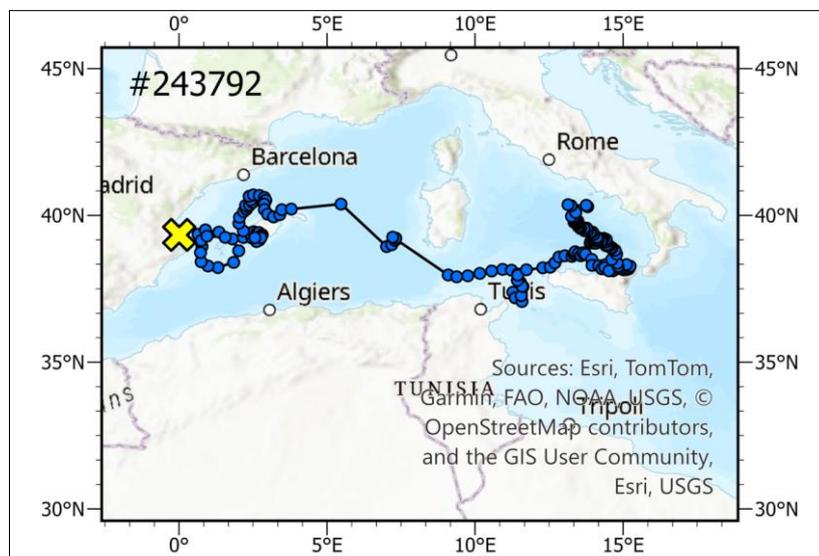


Figura 28. Trayectoria de Rubia en Argos. Amputación aleta pectoral.

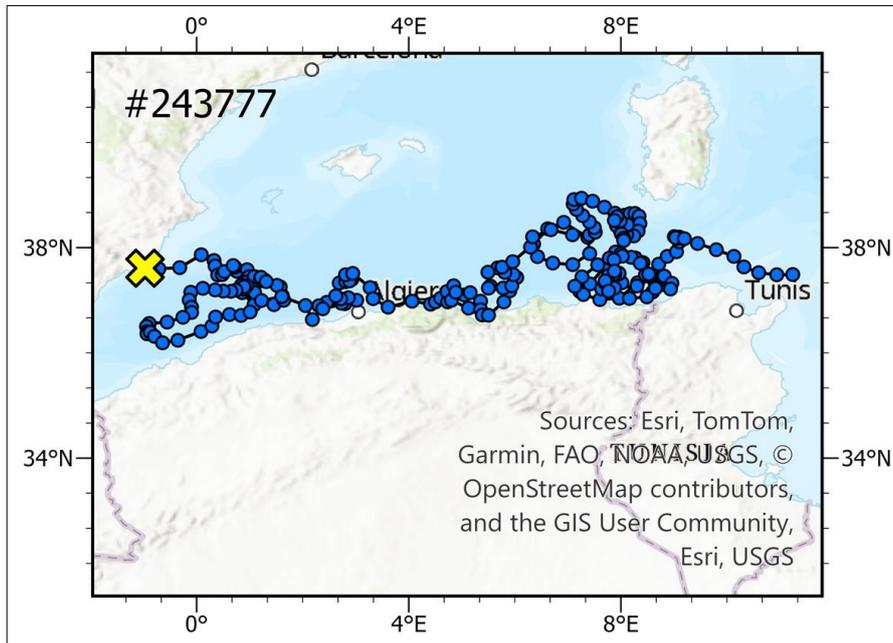


Figura 29. Trayectoria de Aguilas en Argos. Amputación aleta pectoral, Murcia.

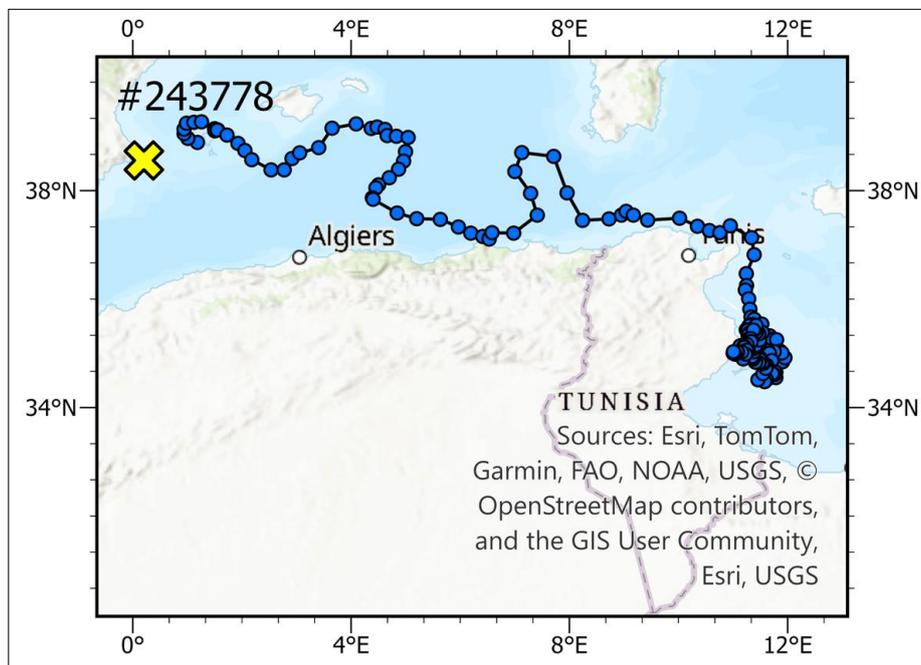


Figura 30. Trayectoria de Cc776 en Argos. Amputación aleta pectoral, Murcia.

Análisis de la velocidad de desplazamiento

En la siguiente figura se muestran los gráficos de las estimaciones de la velocidad de movimiento diaria a lo largo de la duración del seguimiento de cada animal (**Figura 31**). En base a estas estimas, las comparaciones con ejemplares no amputados (Bentivegna et al., 2007, Revelles et al., 2007b) muestran que las velocidades de desplazamiento no difieren con las obtenidas en los ejemplares marcados en Murcia y Estrecho (17.64 km/d), lo que sugiere que la amputación no afecta significativamente a la velocidad migratoria de larga distancia de las tortugas bobas en este estudio. Sin embargo, los ejemplares marcados en las Islas Canarias fueron notablemente más lentos que el resto de los animales. Esto posiblemente se deba al hecho de que estos animales mostraron un comportamiento más residente en agua menos profundas cercanas a las islas y no iniciaron un comportamiento más migratorio como el observado en otros ejemplares estudiados en la zona o los incluidos en este informe procedentes de otras áreas.

Los ejemplares marcados en Galicia, todos sin amputaciones ni otras secuelas de la captura accidental mostraron velocidades medias altas comparables a otros ejemplares en migración.

La reducción en la velocidad de movimiento de las tortugas recuperadas en Murcia 243778 y 243792, después de 100 días de seguimiento, sugiere que estos animales habrían alcanzado hábitats más propicios para la búsqueda de alimento y cambiaron a un comportamiento de alimentación más restringido en el área, permaneciendo un mayor espacio de tiempo en esas zonas (Mediterráneo central, sureste de Italia y Golfo de Gabes, Túnez).

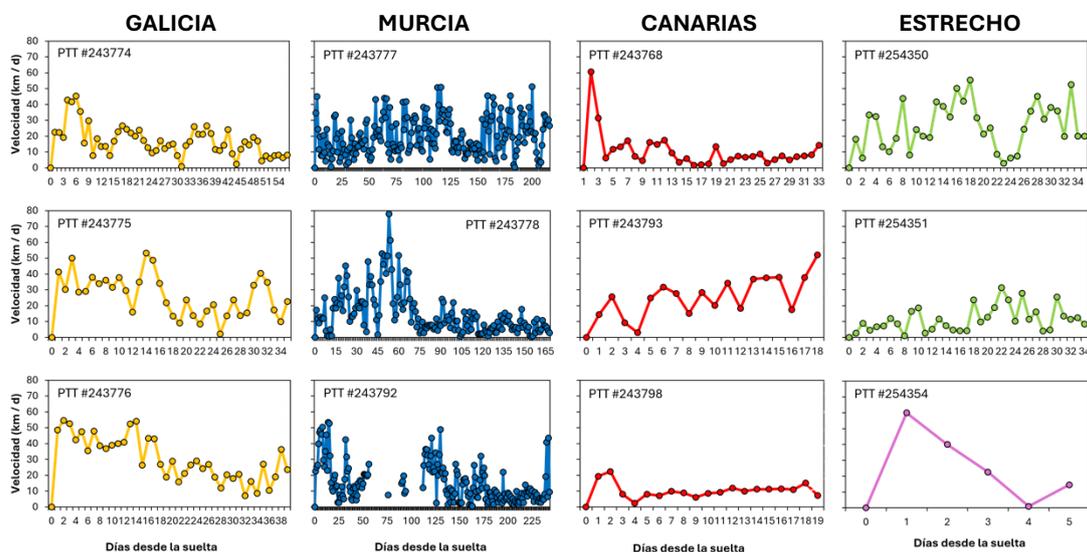


Figura 31. Estimaciones de la velocidad de movimiento diario de los ejemplares marcados durante el periodo de seguimiento.

3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Gracias a las actuaciones realizadas (detalladas anteriormente en el presente documento) se consiguió seleccionar y marcar con emisores de seguimiento satélite de forma satisfactoria los 13 ejemplares de tortuga boba esperados, aunque únicamente se pudo obtener información de 12 marcas satélites.

El margen temporal del contrato ha supuesto un desafío para cumplir con los requisitos legales, técnicos y biológicos, además de resultar, en términos estadísticos y de análisis, difícil el análisis en profundidad de la información obtenida. Sin embargo, se han podido evaluar aspectos concretos en individuos y áreas concretas que permiten entender mejor algunos fenómenos como la supervivencia de esos ejemplares y recomendar líneas de trabajo futuras.

En el caso de los animales descritos en el presente trabajo, según la severidad de las lesiones que presentaban, el enmallamiento supuso la pérdida parcial o completa de una de las aletas pectorales en 10 de los 13 animales seleccionados. El manejo, tanto a nivel médico como quirúrgico de las patologías derivadas del enmallamiento está ampliamente descrito (Boots et al., 2022; Church et al., 2009; Franchini et al., 2020) por lo que durante la cirugía y el proceso de recuperación se siguió las recomendaciones citadas por estos autores.

A pesar de la amputación de una extremidad, estos animales fueron capaces de compensar la pérdida de las aletas afectadas y mostrar un patrón de natación normal, por lo que fueron liberados de vuelta al medio natural, esperando una completa readaptación como se ha observado en casos similares (Cutajar et al., 2022; Monreal-Pawlowsky, et al., 2017; D.P. Robinson et al., 2021). Los resultados obtenidos del seguimiento satelital en estos estudios sugieren que la pérdida de extremidades no afecta de manera crítica a las habilidades migratorias, distancia recorrida y velocidad alcanzada ya que no existen diferencias significativas en estos parámetros entre tortugas amputadas y no amputadas (Cutajar et al., 2022). Estos resultados son consistentes con estudios previos que señalan que las tortugas rehabilitadas son capaces de realizar migraciones largas y mantener patrones normales de forrajeo (Cardona et al., 2009).

De la información obtenida durante la selección y el marcaje de los ejemplares del presente informe, pueden destacarse los siguientes aspectos:

- Pese a que los enmallamientos de fauna marina se consideran un fenómeno de especial preocupación en un contexto de contaminación del mar cada vez mayor (Nelms et al., 2016), es destacable la poca incidencia reportada en aguas de Galicia de ejemplares de tortuga boba enmallados en restos de redes u otro tipo de basura marina. Sin embargo, es reseñable el aumento de casos reportados de captura accidental por pesca de enmalle en las mismas aguas. Es necesaria una serie temporal más larga para analizar si esto responde a un evento aislado, a una tendencia al alza debida a cambios poblacionales y/o de distribución, o si el trabajo realizado con el sector pesquero está resultando en una colaboración activa de este en la conservación de la especie

independientemente de los cambios que se puedan producir en la especie en esta área en concreto.

- En base a los datos obtenidos del marcaje de tortugas bobas en Galicia, la supervivencia a corto plazo, adaptación al medio y patrones de migración normales en ejemplares procedentes de captura accidental es aparentemente viable. Sin embargo, el escaso número de ejemplares marcados no permite asegurar estadísticamente este hecho, por lo que es recomendable aumentar los esfuerzos de seguimiento de estos casos para poder evaluar en profundidad y asegurar estadísticamente esta afirmación.
- De los ejemplares amputados procedentes de las demarcaciones Levantino-Balear, Estrecho-Alborán y Canarias (10 tortugas en total) en su gran mayoría han sido ejemplares clasificados como juveniles, marcándose únicamente un ejemplar considerado como adulto en base a la talla del largo curvo del caparazón (LCC).
- Pese al reducido número de ejemplares seguidos (12 en total), las limitaciones temporales y las diferentes áreas geográficas, el seguimiento ha permitido certificar que: **las tortugas marinas procedentes de centros de recuperación con amputaciones derivadas del enmallamiento en basura marina son capaces de adaptarse y sobrevivir a corto y medio plazo.** El desarrollo de comportamientos complejos como
 - o el uso de rutas y zonas reconocidas dentro de la biología de la especie, tanto en el mar Mediterráneo como en el océano Atlántico,
 - o distribución en zonas de alimentación y de agregación de tortugas marinas reconocidas,
 - o migraciones a larga distancia,
 - o velocidades de migración comparables a las de individuos control,
 - o e incluso la migración a través de desafíos relevantes como el Estrecho de Gibraltar,permiten soportar la hipótesis de que los ejemplares tienen capacidad de adaptarse según su condición física, sobrevivir y desarrollar comportamientos normales. Por ello se recomienda:
 - Continuar los esfuerzos dedicados en los centros de recuperación nacionales destinando los recursos necesarios para la adecuada atención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de ejemplares enmallados. Esto incluye las instalaciones veterinarias y de mantenimiento en recuperación adecuadas, así como la formación del personal.
 - Mantener y reforzar las campañas de detección de ejemplares enmallados en mar abierto, involucrando a los diferentes sectores que hacen uso del mar, tanto profesionales como de la sociedad en general.
- De los cuatro ejemplares marcados en Canarias, uno no emitió tras la reintroducción, y dos dejaron de emitir cerca de la tercera semana tras una correcta emisión de señales y seguimiento adecuado con comportamientos aparentemente normales. Se desconoce si la interrupción del seguimiento se dio por problemas técnicos o si el marcado

comportamiento de distribución cercano a costa favoreció la interacción con otras amenazas que comprometieran su supervivencia.

- A nivel general, se recomienda aumentar el número de ejemplares seguidos tras su reintroducción en las diferentes demarcaciones, fundamentalmente en aquellas con marcadas diferencias oceanográficas y con afecciones a diferentes poblaciones de tortugas marinas. Esto permitiría establecer análisis estadísticos y modelos que nos ayuden a entender mejor la aparente viabilidad de estos ejemplares, así como profundizar en aspectos como la pérdida de seguimiento en los ejemplares de Canarias.
- Se recomienda analizar los datos en conjunto con información existe de otros proyectos o acciones en curso que están generando datos con el mismo objetivo dentro del litoral mediterráneo español. Esto permitirá obtener datos más robustos y emitir un análisis en profundidad del fenómeno.
- Para evaluar la contribución a la conservación de la especie de estos individuos tras la aparente supervivencia a corto y medio plazo es necesario conocer su supervivencia hasta la fase adulta y su reclutamiento como individuos reproductivos. En ese sentido se ha descrito el éxito reproductivo de hembras con amputaciones parciales y totales (Marco et al., 2024). Para ello se recomienda el marcaje pasivo (microchip) y otros sistemas de identificación individuales que permitan reconocer a los ejemplares tratados en centros de recuperación si alcanzan la fase adulta.
- Por último, se recomienda seguir trabajando en la detección, comprensión y mitigación de las amenazas que comprometen la supervivencia de las tortugas marinas. Se recomienda:
 - Minimizar las interacciones y el grado de amenazas de aquellas actividades humanas que puedan suponer la mortalidad de individuos juveniles y merman las posibilidades de alcanzar la fase adulta (tanto de individuos amputados como de ejemplares sin lesiones).
 - Detectar los factores de riesgo, puntos calientes y épocas del año en las que se producen más enmallamientos con basura marina. Comprensión del fenómeno, mitigación y aumento de la detección de ejemplares en esas zonas.
 - Sensibilizar a los sectores profesionales implicados y de la sociedad con campañas de divulgación y concienciación con el fin de reducir los vertidos de desechos y basura marina provenientes tanto de tierra como de actividades que se desarrollan en el mar.

Principales limitaciones y dificultades encontradas

Se han identificado diversas limitaciones y dificultades que condicionaron la obtención de datos y el análisis de los resultados. La realización de un estudio tan específico, en lugares concretos de la geografía costera española, y en una franja temporal limitada, dificulta la obtención del número deseado de ejemplares, especialmente de aquellos con lesiones las aletas debido al enmalle en basura marina. Un reto adicional consistió en la coordinación con los distintos centros de recuperación, ya que cada institución trabaja bajo protocolos y disponibilidad de recursos diferentes, lo que generó dificultades a la hora de estandarizar los tratamientos, el seguimiento y la liberación de los animales. A la hora de establecer conclusiones robustas y estadísticamente significativas, el limitado número de ejemplares nos obliga a seguir trabajando en esta línea con la incorporación de un mayor número de ejemplares, lo que permitirá a futuro obtener una mejor imagen de la supervivencia y adaptación de ejemplares en estas condiciones.

Propuestas de mejora para el protocolo de actuación

Para optimizar futuras intervenciones y mejorar la efectividad de los estudios de seguimiento, se considera fundamental establecer un protocolo de actuación estandarizado que unifique el tratamiento de los animales en función de la gravedad del enmallamiento. Esto permitiría asegurar que todos los ejemplares reciban una atención homogénea, siguiendo criterios médicos y quirúrgicos comunes. A efectos de estandarización, es importante que las diferentes regiones cuenten:

- Protocolos equiparables de detección, comunicación, recogida y traslado de ejemplares afectados a un centro de recuperación.
- Centro de recuperación de referencia con equipamiento diagnóstico, medios terapéuticos, profesionales con formación específica e instalaciones adecuadas para llevar a cabo el proceso completo de recuperación.
- Puesta en común de un protocolo de evaluación y tratamiento de estos procesos, o discusión de las diferentes opciones terapéuticas.
- Establecimiento de la condición física adecuada, adaptación a la natación, buceo, así como el resto de los parámetros que se consideren necesarios para recibir el alta previo a la reintroducción al mar.
- Definición de un programa de seguimiento de estos casos, tanto de forma pasiva como activa que permita evaluar la efectividad de la recuperación, la supervivencia, así como la mejora constante de los protocolos.

Por otro lado, se recomienda la ampliación del período de seguimiento satelital, lo que facilitaría la evaluación a largo plazo de los aspectos mencionados anteriormente como la supervivencia, adaptación y patrones de comportamiento de las tortugas liberadas. Asimismo, resulta esencial reforzar la coordinación entre todos los centros implicados para homogeneizar la recopilación de datos y los protocolos de liberación, garantizando así la coherencia y comparabilidad de la información obtenida.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Almpandidou V, Tsalpalou V, Chatzimentor A, Cardona L, Claro F, Hostetter P, Kaska Y, Liu W, Mansui J, Miliou A, Pietroluongo G. Foraging grounds of adult loggerhead sea turtles across the Mediterranean Sea: key sites and hotspots of risk. *Biodiversity and Conservation*. 2022 Jan;31(1):143-60.
2. Avens, L., Braun-McNeill, J., Epperly, S., & Lohmann, K. J. (2003). Site fidelity and homing behavior in juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Marine Biology*, 143, 211-220.
3. Bentivegna, F., Valentino, F., Falco, P., Zambianchi, E., & Hochscheid, S. (2007). The relationship between loggerhead turtle (*Caretta caretta*) movement patterns and Mediterranean currents. *Marine Biology*, 151, 1605-1614.
4. Bjorndal, K. A. (2003). Estimates of survival probabilities for oceanic-stage loggerhead sea turtles. *Fish. Bull*, 10, 732-736.
5. Bolten, A. B., Bjorndal, K. A., Martins, H. R., Dellinger, T., Biscoito, M. J., Encalada, S. E., & Bowen, B. W. (1998). Transatlantic developmental migrations of loggerhead sea turtles demonstrated by mtDNA sequence analysis. *Ecological Applications*, 8(1), 1-7.
6. Boots, M., Gardner, B. R., & Booth, R. (2022). Contrast radiography to determine limb viability in entangled sea turtles with constriction injuries. *Australian Veterinary Journal*.
7. Cardona, L., Fernández, G., Revelles, M., & Aguilar, A. (2012). Readaptation to the wild of rehabilitated loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) assessed by satellite telemetry. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22(1), 104–112. <https://doi.org/10.1002/aqc.1242>
8. Cardona, L., Revelles, M., Parga, M. L., Tomás, J., Aguilar, A., Alegre, F., Raga, A., & 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. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1288-9>
9. Casale, P. (2008). Incidental catch of marine turtles in the Mediterranean Sea: Captures, mortality, priorities. WWF Italy, Rome.
10. Church, M. L., Grafinger, M. S., Harms, C. A., Lewbart, G. A., Christian, L. S., & Beasley, J. F. (2009). Surgical Repair of Severe Flipper Lacerations in a Loggerhead, *Caretta caretta*, and a Kemp's Ridley, *Lepidochelys kempii*, Sea Turtle. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 40(4), 744–751. <https://doi.org/10.1638/2008-0163.1>
11. Cutajar, M., Ferlat, C., Attard, V., & Gruppetta, A. (2022). Tracking *Caretta caretta*: Movement patterns following rehabilitation in Malta. *Xjenza Online*, 10(1), 2–14. <https://doi.org/10.7423/XJENZA.2022.1.01>
12. do Canhoto, B. M. A. (2014). Foraging areas and associated environmental preferences of juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*).
13. Franchini, D., Valastro, C., Ciccarelli, S., Ricciardi, M., Lenoci, D., Corrente, M., & Di Bello, A. (2020). Assessment of residual vascularization of the limb as a prognostic factor to avoid sea turtle flipper amputation. *Journal of Wildlife Diseases*, 56(1), 145–156.
14. Freitas, C., Caldeira, R., & Dellinger, T. (2019). Surface behavior of pelagic juvenile loggerhead sea turtles in the eastern North Atlantic. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 510, 73-80.
15. Gerosa, G., & Casale, P. (1999). Interaction of marine turtles with fisheries in the Mediterranean.
16. Gilman, E., Gearhart, J., Price, B., Eckert, S., Milliken, H., Wang, J., ... & Ishizaki, A. (2010). Mitigating sea turtle by-catch in coastal passive net fisheries. *Fish and Fisheries*, 11(1), 57-88.

17. Hawkes, L. A., Witt, M. J., Broderick, A. C., Coker, J. W., Coyne, M. S., Dodd, M., ... & Godley, B. J. (2011). Home on the range: spatial ecology of loggerhead turtles in Atlantic waters of the USA. *Diversity and Distributions*, 17(4), 624-640.
18. Jonsen, I. D., Grecian, W. J., Phillips, L., Carroll, G., McMahon, C., Harcourt, R. G., Hindell, M. A., Patterson, T. A. (2023). aniMotum, an R package for animal movement data: Rapid quality control, behavioural estimation and simulation. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(3), 806–816.
19. Laist, D. W. (1997). Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In *Marine debris: sources, impacts, and solutions* (pp. 99-139). New York, NY: Springer New York.
20. Luschi P, Mencacci R, Cerritelli G, Papetti L, Hochscheid S. Large-scale movements in the oceanic environment identify important foraging areas for loggerheads in central Mediterranean Sea. *Marine Biology*. 2018 Jan;165:1-8.
21. Marco, A., Sáez, A., Martins, S., Abella-Pérez, E., Clarke, L. J., & Crespo-Picazo, J. L. (2024). Successful reproduction of female loggerhead sea turtles with severe limb amputations. *Animal Conservation*, 27(3), 386-395.
22. Monreal-Pawlowsky, T., Marco-Cabedo, V., Membrive, G. P., Sanjosé, J., Fuentes, O., Jiménez, E., & Manteca, X. (2017). Environmental enrichment facilitates release and survival of an injured loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) after ten years in captivity. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 5(4), 182–186.
23. Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., ... & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(2), 165-181.
24. Orós, J., Torrent, A., Calabuig, P., & Déniz, S. (2005). Diseases and causes of mortality among sea turtles stranded in the Canary Islands, Spain (1998–2001). *Diseases of aquatic organisms*, 63(1), 13-24.
25. Revelles, M., Carreras, C., Cardona, L., Marco, A., Bentivegna, F., Castillo, J. J., ... Aguilar, A. (2007). Evidence for an asymmetrical size exchange of loggerhead sea turtles between the Mediterranean and the Atlantic through the Straits of Gibraltar. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 349(2), 261–271. doi:10.1016/j.jembe.2007.05.018
26. Revelles, M., Isern-Fontanet, J., Cardona, L., San Félix, M., Carreras, C., & Aguilar, A. (2007). Mesoscale eddies, surface circulation and the scale of habitat selection by immature loggerhead sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 347(1-2), 41-57.
27. Robinson, D. P., Hyland, K., Beukes, G., Vettan, A., Mabadikate, A., Jabado, R. W., Rohner, C. A., Pierce, S. J., & Baverstock, W. (2021). Satellite tracking of rehabilitated sea turtles suggests a high rate of short-term survival following release. *PLOS ONE*, 16(2), e0246241. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246241>
28. Robinson, N. J., Deguzman, K., Bonacci-Sullivan, L., DiGiovanni Jr, R. A., & Pinou, T. (2020). Rehabilitated sea turtles tend to resume typical migratory behaviors: Satellite tracking juvenile loggerhead, green, and Kemp’s ridley turtles in the northeastern USA. *Endangered Species Research*, 43, 133–143.
29. Varo-Cruz N, Bermejo JA, Calabuig P, Cejudo D, Godley BJ, López-Jurado LF, Pikesley SK, Witt MJ, Hawkes LA. New findings about the spatial and temporal use of the Eastern Atlantic Ocean by large juvenile loggerhead turtles. *Diversity and Distributions*. 2016 Apr;22(4):481-92.
30. Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Peel, D., & Hardesty, B. D. (2015). Understanding the sources and effects of abandoned, lost, and discarded fishing gear on marine turtles in northern Australia. *Conservation biology*, 29(1), 198-206.