

Análisis de la ingestión de plásticos en juveniles de tortuga boba (*Caretta caretta*) varadas en Tenerife, Islas Canarias

Plastic ingestion in juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) stranded in Tenerife, Canary Islands



Fotografía de Sergio Hanquet

Marina Tortosa García de Ceca

Máster en Biología Marina: Biodiversidad y Conservación

Junio 2021

La **Dra. Natacha Aguilar de Soto**, cargo en la Universidad de La Laguna y la **Dra. Ana Liria-Loza**, investigadora postdoctoral de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, como Tutora Académica y Tutora Externa, respectivamente,

DECLARAN:

Que la memoria presentada por la Graduada en Ciencias Ambientales, **Dña. Marina Tortosa García de Ceca** titulada “**Análisis de la ingestión de plásticos en juveniles de tortuga boba (*Caretta caretta*) varadas en Tenerife, Islas Canarias**”, ha sido realizada bajo su dirección y consideran que reúne todas las condiciones de calidad y rigor científico requeridas para optar a su presentación como Trabajo de Fin de Máster, en el Máster Oficial de Postgrado en Biología Marina: Biodiversidad y Conservación de la Universidad de La Laguna, curso 2020-2021.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firman el presente informe favorable en San Cristóbal de La Laguna, a 26 de junio de 2021:



Fdo. Dra. Natacha Aguilar Soto



Fdo. Dra. Ana Liria-Loza

Tortuga boba, caguama, tartaruga caretta, kawama, maiwa, pawikan, perunthalai amai, tortue caouanne, honu marega, tsu-tsi. Animal adorado y respetado en diversas culturas. Inspiración de leyendas y símbolos mitológicos. Presente a lo largo de la historia como estándar de paciencia, sabiduría y fuerza; signo de larga vida, buena suerte y protección.

“Pacífica y salvaje.

Inspira y expira, y vuelve a inspirar para volver a sumergirse.

*Tranquila, dedicada cuidadosamente a existir, a desaprender la prisa.
Soltar los músculos del corazón y dejarlos latir a su ritmo. Buscar el
calor del sol que se mezcla con el agua, la arena y la sal,*

y con todo lo que el mar implica.”

Agradecimientos

Con este trabajo pongo fin a un año largo, dulce y de constante aprendizaje, en el cual las tortugas, desde la primera que encontré nadando en libertad hasta la última que vi en un centro de recuperación, han sido las indudables protagonistas. He dedicado mi tiempo, mis fuerzas y todo mi interés en saber y aprender sobre ellas durante todos estos meses, y no han hecho más que confirmar y reforzar mi amor por la biología marina.

En primer lugar, agradecer infinitamente a mis padres por el esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional; y por todo el amor volcado en mí siempre. Por convertirme en la persona que soy y ayudarme a llegar donde estoy hoy. A mis hermanos mayores, por ser mis mayores referentes y ejemplos a seguir como persona.

A mis amigas y amigos, por recorrer cientos de kilómetros para venir a verme y traerme un cachito de casa y de Madrid. A mis compañeros de máster, mi comuna, por ser la familia que me faltaba en la isla. A mi compañero de llamadas, lloros y alegrías, por darme siempre fuerzas y ánimo. Gracias infinitas.

Gracias al Centro de Recuperación de Fauna Silvestre “La Tahonilla” por enseñarme tanto durante mis prácticas. A Ana, Patricia y Natacha por tutelarme y darme la oportunidad de conocer desde dentro el increíble mundo de las tortugas marinas y la investigación.



Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El plástico en los océanos.....	1
1.2. Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de la Unión Europea (MSFD)	2
1.3. Tortugas marinas como animal bioindicador de basuras marinas.....	3
1.4. Tortuga boba (<i>Caretta caretta</i>): generalidades y modo de vida.....	4
1.5. Amenazas para las tortugas marinas en las Islas Canarias	7
1.6. Centros de recuperación de fauna marina de Canarias.....	10
3. OBJETIVOS	12
4. MATERIAL Y MÉTODOS	13
4.1. Atención a las tortugas marinas ingresadas en el CRFS “La Tahonilla”	13
4.2. Protocolo INDICIT para la recogida de muestras y su evaluación	13
4.3. Análisis de las muestras de basura marina	14
4.5. Análisis estadístico de datos.....	18
5. RESULTADOS	20
6. DISCUSIÓN	26
7. CONCLUSIÓN	31
8. BIBLIOGRAFIA.....	33
ANEXO: Tablas de datos de las tortugas muestreadas	37

Resumen

El aumento exponencial de los desechos plásticos en el medio marino ha sido considerado un problema mundial y una de las principales amenazas que impactan actualmente en la biodiversidad marina: más de 700 especies se han visto afectadas, incluyendo las siete especies existentes de tortugas marinas. La Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de la Unión Europea (MSFD) está desarrollando e implementando una serie de descriptores para evaluar el estado ambiental de las aguas marinas de la UE. Debido a su rango de distribución geográfica, comportamientos alimenticios y de hábitat, el Proyecto INDICIT propone a las tortugas marinas como bioindicadores idóneos para la monitorización de basuras marinas (Descriptor 10, MSFD). En el presente estudio se han analizado los datos de ingestión de 37 individuos de tortuga boba, la especie de tortuga más frecuente en las Islas Canarias, que ingresaron en el CRFS “La Tahonilla” desde julio de 2018 hasta noviembre de 2020. Los plásticos encontrados han permitido establecer un porcentaje de incidencia de la isla de Tenerife (11,9%) y contrastar hipótesis acerca de las posibles causas y efectos de esta incidencia. Estos resultados, junto con los obtenidos en estudios similares, confirman que las tortugas marinas, y en concreto la tortuga boba, son buenos bioindicadores para conocer el estado de contaminación de las aguas europeas.

Palabras clave: basura marina, *Caretta caretta*, Islas Canarias, plástico, tortugas marinas

Abstract

The exponential increase of plastic debris in the marine environment has been considered a global problem and one of the main threats currently impacting marine biodiversity: more than 700 species have been affected, including the seven existing species of sea turtles. The EU Marine Strategy Framework Directive (MSFD) has developed some descriptors to assess the environmental status of EU marine waters. Due to their range of geographical distribution, feeding and habitat behaviors, the INDICIT Project proposes sea turtles as suitable bio-indicators for marine litter monitoring (Descriptor 10, MSFD). In the present study, we have analyzed the ingestion data of 37 individuals of loggerhead turtles, the most frequent turtle species in the Canary Islands, that entered the CRFS "La Tahonilla" from July 2018 to November 2020. The plastics found have allowed us to establish an incidence percentage for the island of Tenerife (11.9%) and to contrast hypotheses about the possible causes and effects of this incidence. These results, together with those obtained in similar studies, confirm that sea turtles, and specifically loggerhead turtles, are good bioindicators to know the state of pollution of European waters.

Keywords: Canary Islands, *Caretta caretta*, marine debris, plastic, sea turtles

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El plástico en los océanos

Se desconoce la cantidad exacta de desechos plásticos que ingresan en el medio marino, pero se estima que supera los 8 millones de toneladas anuales y supone el 80% de la composición de la basura encontrada en los mares y playas (MacArthur, 2017). Desde 1950, la producción mundial de plásticos ha aumentado en un 9% anual (PlasticsEurope, 2012). Su ligereza, la gran capacidad de dispersión y el potencial para transportar contaminantes orgánicos e inorgánicos, como metales pesados y bifenilos policlorados (PCB), los convierten en una gran amenaza ambiental (Nelms *et al.*, 2016).

Como resultado de la acción de las olas, la exposición a los rayos UV y la abrasión física, el plástico que es transportado por el mar se va fragmentando en trozos más pequeños (Andrady, 2015). Su biodegradación completa puede requerir desde 450 años hasta un periodo indeterminado (Chamas *et al.*, 2020), por lo que en su larga permanencia en el océano puede dañar o incluso matar a muchos organismos, por ingestión o enredos, especialmente a aquellos incapaces de discriminar la basura marina y que confunden los desechos plásticos con alimento. Se tiene constancia de que al menos 700 especies de animales marinos ingieren plásticos, desde organismos del zooplancton hasta las grandes ballenas (Gall y Thompson, 2015). En algunos estudios se ha comprobado que al menos el 43% de las especies de cetáceos existentes y el 36% de las aves marinas del mundo se ven afectadas (Katsanevakis, 2008). En el caso de las tortugas marinas, las siete especies que existen actualmente en el mundo han reportado algún tipo de afectación por plásticos (Nelms *et al.*, 2016). Sin embargo, estos elementos no solo afectan a los animales, ya que se ha comprobado que los plásticos viajan a través de la cadena trófica acumulándose progresivamente en los niveles más altos hasta llegar a los principales depredadores: los humanos (Nelms *et al.*, 2018). Dado su pequeño tamaño (< 5 mm), los microplásticos son los que dispersan con mayor facilidad hasta llegar a los humanos (Carbery *et al.*, 2018).

La incidencia de los desechos marinos, en especial los plásticos, y su alto potencial para causar daños al medio marino, ha provocado que se reconozca como un problema mundial, y actualmente está incluido entre las principales amenazas que impactan a la biodiversidad marina. Este problema ha sido reconocido en numerosos acuerdos globales y regionales, entre ellos, la Directiva Marco de la Estrategia Marina de la Unión Europea (MSFD) (Gall y Thompson, 2015).

1.2. Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de la Unión Europea (MSFD)

La Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de la Unión Europea (MSFD), Directiva 2008/56/EC, fue creada en 2008 para asegurar la protección de la biodiversidad marina y promover el uso sostenible del medio marino en toda Europa, del cual depende también nuestra salud y las actividades económicas y sociales que se relacionan con el mar. El objetivo es la obtención del Buen Estado Ambiental (siglas en inglés, GES: *Good Environmental Status*) de las aguas marinas de la UE para 2020, considerando un total de once descriptores cualitativos. El descriptor número 10 es específico sobre “basuras marinas”, y determina que se logra el nivel óptimo de GES cuando “las propiedades y cantidades de basura marina no causan daño a las costas y al medio ambiente” (Comisión Europea, 2008/56/EC). Uno de los indicadores para monitorizar este descriptor es el indicador 10.2.1, que en concreto habla de la “Tendencia de las cantidades y composición de basura ingerida por animales marinos” (Galgani *et al.*, 2013).

En 2010 se decidió establecer un Subgrupo Técnico para abordar de manera eficiente y desarrollar el descriptor 10 (TSG-ML). Hasta 2010, solo un animal marino era considerado bioindicador de la ingestión de plástico: el fulmar boreal (*Fulmarus glacialis*). Sin embargo, no era un bioindicador adecuado para usar en otras regiones europeas ya que esta especie no está presente en las aguas del sur de Europa, por lo que los investigadores expertos del TSG-ML comenzaron la búsqueda de otros posibles animales bioindicadores. Para ello, tuvieron en cuenta los requisitos básicos que permitieran seleccionar a las especies objetivo (MSFD, 2013):

- "Disponibilidad de muestras: las muestras de una especie indicadora deben estar disponibles con un número adecuado de individuos en un amplio período de tiempo y espacio".
- "Consumo regular de plástico: la frecuencia de aparición y las cantidades de plástico que se encuentran en el estómago deben ser lo suficientemente altas para el estudio de tendencias a lo largo del tiempo y patrones geográficos".
- “Hábitos de alimentación marina: el contenido del estómago solo debe reflejar el medio marino. Por ejemplo, muchas gaviotas ingieren basura, pero se alimentan parcialmente en la tierra, incluidos los vertederos de basura”.

Las tortugas marinas, y en concreto la tortuga boba, parecen cumplir estos requisitos. Además, cuentan con una serie de características que las hacen idóneas para su estudio.

1.3. Tortugas marinas como animal bioindicador de basuras marinas

Las tortugas marinas tienen un amplio rango de distribución geográfico en las aguas europeas (Atlántico y Mediterráneo), utilizan diferentes hábitats y comportamientos alimenticios según la especie y la fase de su ciclo de vida (nerítico y pelágico), pasan la mayor parte de su vida en los cinco primeros metros de la columna de agua (donde se acumula la basura flotante, principalmente compuesta por plásticos), y son poco selectivas en su alimentación, lo que hace que tiendan a ingerir y enredarse en gran cantidad de desechos marinos. Estas cuatro características hacen a las tortugas marinas particularmente vulnerables a los impactos de la contaminación por plásticos y, por lo tanto, buenos bioindicadores para medir los impactos de las basuras marinas en las aguas europeas. En la mayoría de las regiones, destacando las Islas Canarias, se observa de manera habitual un gran número de tortugas varadas, capturadas accidentalmente o enredadas, lo que proporciona un número adecuado de ejemplares para llevar a cabo un programa de seguimiento (Matiddi *et al.*, 2017). Además, las tortugas marinas se han considerado como especie insignia, debido a su capacidad para atraer la atención de los diferentes grupos sociales y concienciar sobre los impactos que afectan al medio marino (Monzón-Argüello *et al.*, 2020).

Por todos estos motivos, el proyecto europeo “*Implementation of the indicator of marine litter on sea turtles and biota in RSC and MSFD áreas*” (desarrollado en 2 fases, INDICIT e INDICIT II), propuso a las tortugas marinas como especie indicadora de basuras marinas en las aguas del sur de Europa, desarrollando el indicador “Basura ingerida por tortugas marinas” y definiendo los valores umbral para los cuales se logra un buen estado ambiental. Este proyecto, financiado por la Unión Europea, está constituido por doce socios de ocho países diferentes, comprometidos con las políticas medioambientales destinadas a la protección del medio marino. El objetivo de este proyecto es desarrollar protocolos estandarizados de monitorización del impacto de la basura en la fauna marina a través de diferentes indicadores: IND1. “Macro-basura ingerida por tortugas marinas (desechos > 1 mm)”, IND2. “Enredo de la fauna marina en desechos flotantes (tortugas, mamíferos, aves)” y IND3. “Micro-basura ingerida por peces/tortugas marinas (desechos <1 mm)” (INDICIT consortium, 2018).

Actualmente, se conocen en todo el mundo dos familias y siete especies de tortugas marinas. La familia *Dermochelidae* tan solo recoge a la tortuga laúd (*Dermochelys coriácea*) mientras que la familia *Cheloniidae* incluye a las seis especies restantes: la

tortuga boba (*Caretta caretta*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga plana (*Natator depressus*), la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) y la tortuga olivácea (*Lepidochelys olivácea*) (IAC Secretariat, 2004). Estas especies se identifican y diferencian según sus caracteres morfológicos. Los más usados son el número de escudos laterales del caparazón, la presencia o ausencia de uñas y el número de escudos prefrontales (Wyneken, J., 2001).

De las siete especies de tortugas marinas, seis pueden verse con más o menos frecuencia en aguas canarias, que son, por orden de abundancia de avistamientos: la tortuga boba, la tortuga verde, la tortuga laúd, la tortuga carey, la tortuga olivácea y la tortuga lora o golfina, aunque de estas dos últimas se tienen registros altamente ocasionales (Monzón-Argüello *et al.*, 2020). Las Islas Canarias son un archipiélago situado en el atlántico oriental que forma parte de la subregión biogeográfica de la Macaronesia, constituida por un grupo de archipiélagos de origen volcánico caracterizados por tener unas plataformas estrechas y pendientes muy pronunciadas, llegando a alcanzar los 3000 m de profundidad (Herrera, 1997). De todas las especies de tortugas, la tortuga boba es la especie más frecuente la región de la Macaronesia y en Canarias (Carrillo y Alcántara, 2014), aunque solo nidifica en el archipiélago de Cabo Verde.

1.4. Tortuga boba (*Caretta caretta*): generalidades y modo de vida

La tortuga boba una especie migratoria que suele frecuentar el Atlántico nororiental en busca de alimento en su etapa juvenil. Se caracteriza por tener la cabeza grande en relación al tamaño del caparazón, el cuello robusto y el caparazón marrón o pardo-rojizo con 5 escudos dorsales y 5 escudos laterales. Como en todas las tortugas marinas, la cabeza y aletas no son retractiles en el caparazón y están cubiertas de escamas. Cuando son jóvenes, tienen quillas en los escudos dorsales y en los recién nacidos la coloración del caparazón es muy oscura, para camuflarse al emerger del nido (generalmente de noche) y favorecer el metabolismo permitiendo una mayor absorción del calor. En los extremos de sus aletas tienen dos uñas. En la cabeza, presentan dos pares de escudos prefrontales, dos postorbitales, y tres pares de escamas infra marginales (Figura 1). Otro carácter compartido con el resto de las tortugas marinas es la carencia de dientes, en su lugar tiene mandíbulas fuertes en forma de pico cubiertas por una estructura de queratina (ranfoteca) (Wyneken, 2001).

El dimorfismo sexual no se observa hasta que son ejemplares adultos, próximos a la madurez sexual. Los machos parecen tener tamaños ligeramente superiores a las hembras, pero la diferencia más evidente se encuentra en la longitud de la cola, que puede llegar a los 40 cm en el caso de los machos, mientras que en las hembras no supera los 5 cm (Marco *et al.*, 2015).

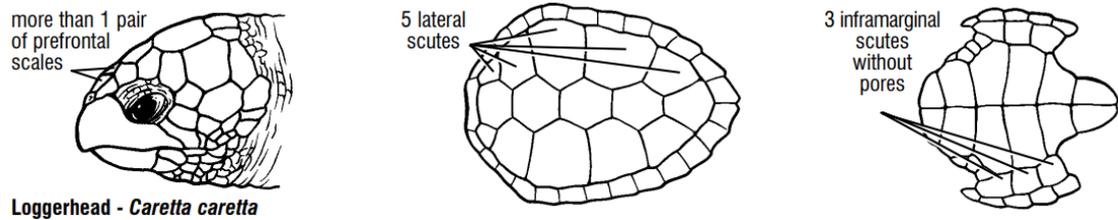


Figura 1. Características para la identificación de *Caretta caretta* (Wyneken, 2001)

Actualmente, según las categorías de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la especie *Caretta caretta* se encuentra “en peligro” dentro de la Lista Roja de Especies Amenazadas. Aunque la extinción de la especie a nivel mundial es poco probable a corto y medio plazo, se considera vulnerable por la situación de algunas de las subpoblaciones en las que está dividida (Figura 2), que deben evaluarse de manera independiente (Tabla 1) (IUCN, 2017).

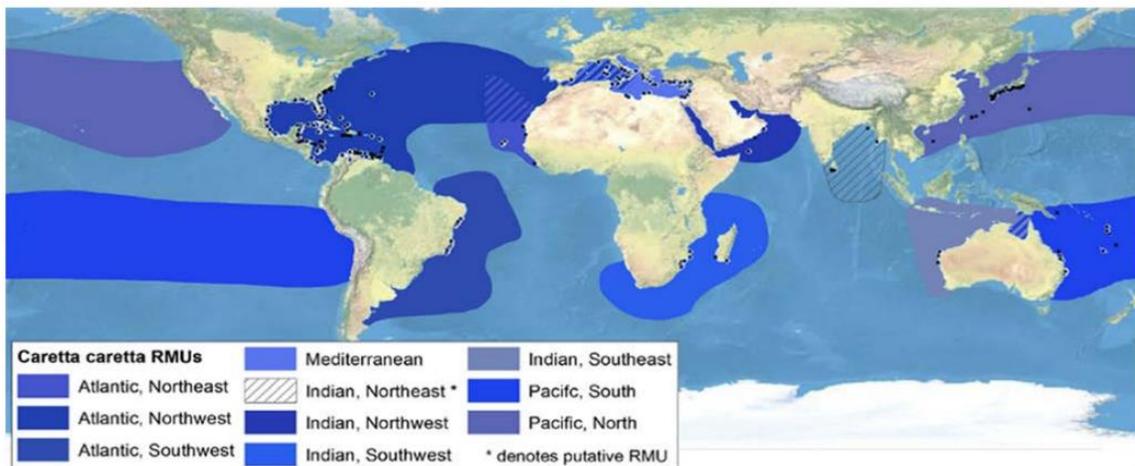


Figura 2. Mapa de las 10 subpoblaciones de *Caretta caretta* y sitios de anidación (Wallace *et al.* 2010).

Tabla 1. Evaluación de las subpoblaciones de *Caretta caretta* (IUCN, 2017).

SUBPOPULATION	Criterion A1-A2 (popn reduction)	Criterion A4 (popn reduction moving window)	Criterion B (geographic range)	Criterion C (small popn size and decline)	Criterion D (very small or restricted popn)	Criterion E (quantitative analysis)	OFFICIAL IUCN CATEGORY AND CRITERION
North West Atlantic	Least Concern	Not assessed	Least Concern	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Least Concern
North East Atlantic	Data Deficient	Not assessed	Endangered B2ab(iii)	Least Concern	Vulnerable D2	Not assessed	Endangered B2ab(iii)
Mediterranean	Least Concern	Not assessed	Least Concern	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Least Concern
South West Atlantic	Least Concern	Not assessed	Least Concern	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Least Concern
North West Indian	Endangered A2b	Critically Endangered A4b	Least Concern	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Critically Endangered A4b
North East Indian	Data Deficient	Not assessed	Endangered B2ab(iii)	Data Deficient	Critically Endangered D	Not assessed	Critically Endangered D
South West Indian	Least Concern	Not assessed	Near Threatened B2	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Near Threatened B2
South East Indian	Data Deficient	Not assessed	Near Threatened B2	Data Deficient	Least Concern	Not assessed	Near Threatened B2
North Pacific	Least Concern	Not assessed	Least Concern	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Least Concern
South Pacific	Critically Endangered A2b	Not assessed	Least Concern	Not assessed	Least Concern	Not assessed	Critically Endangered A2b
GLOBAL	Vulnerable A2b	Not assessed	Least Concern	Least Concern	Least Concern	Not assessed	Vulnerable A2b

Las principales zonas de anidación de *Caretta caretta* se encuentran en Norteamérica (Península de Florida), Cabo Verde, Brasil, Japón, Omán y Grecia. Existen registros históricos que sugieren la existencia de nidificación en la isla de Fuerteventura (Lopez-Jurado, 2007), aunque actualmente no nidifica en Canarias de manera natural (OAG, 2018). Las crías, tras nacer en las playas de arena, nadan cientos y hasta miles de kilómetros alejándose de las costas y abandonando las playas de anidación para llegar a las zonas de alimentación (Avens y Snover, 2013). Las tortugas marinas son animales de crecimiento lento, madurez sexual tardía y un ciclo de vida complejo, comparado con otras especies marinas. La tortuga boba es la especie de tortuga marina con la etapa oceánica más larga, aunque la duración de este periodo es muy variable, se estima que oscila entre los 6 y los 12 años en el Atlántico (Figura 3) (Margaritoulis *et al.*, 2003).

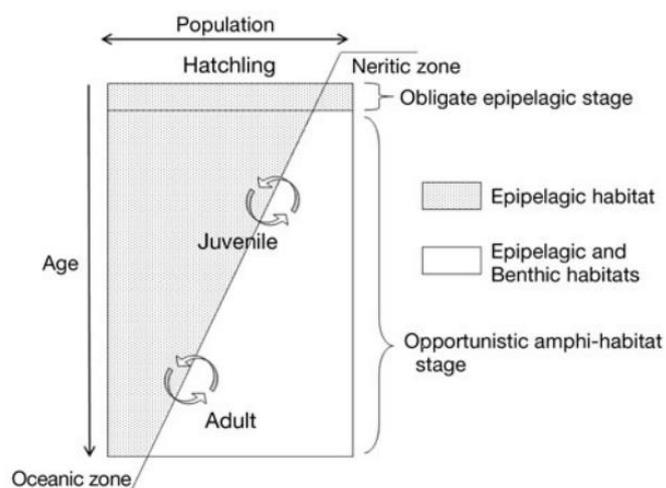


Figura 3. Relación entre las etapas de desarrollo, etapas ecológicas, hábitats y zonas oceanográficas de *Caretta caretta* (Casale *et al.*, 2008).

Pasan sus primeros años en zonas de convergencia, alimentándose de una gran diversidad de especies marinas (crustáceos, larvas de peces, algas, medusas, etc.) (Witherington, 2002). Las tortugas marinas a medida que crecen cambian el tipo de alimento, en dietas que varían según la especie (Avens y Snover, 2013). En el caso de la tortuga boba adulta, su dieta se basa generalmente en crustáceos y moluscos (Troëng, 2004; Casale *et al.*, 2008), aunque son muy oportunistas. En general, se alimentan de forma pelágica de diferentes organismos oceánicos, los cuales pueden ser confundidos fácilmente o estar mezclados con plástico. Las tortugas bobas juveniles, predominantes en este estudio, se alimentan principalmente de organismos planctónicos (como cnidarios o ctenóforos) y, en menor medida, de presas bentónicas (como crustáceos, esponjas o moluscos) (Frick *et al.*, 2009).

Una de las zonas de alimentación más importantes de juveniles de tortuga boba se encuentra en las aguas del Atlántico nororiental, observándose frecuentemente en los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias. El origen de estas tortugas macaronésicas se encuentra principalmente en la costa este de EE. UU., según los estudios genéticos realizados con juveniles de tortuga boba localizados en Azores (Bolten *et al.*, 1998) y Madeira (Dellinguer, 2007). Sin embargo, en el caso específico de Canarias los análisis genéticos muestran la presencia de individuos juveniles procedentes de las poblaciones reproductoras de Florida, México y Cabo Verde (Monzón-Arguello *et al.*, 2009).

Cuando alcanzan la madurez sexual y se convierten en ejemplares adultos, realizan grandes migraciones desde las zonas de alimentación hasta las zonas de reproducción, recorriendo hasta miles de kilómetros y aprovechando las principales corrientes oceánicas para llevar a cabo sus grandes movimientos migratorios (Bentivegna *et al.*, 2007). Con el tiempo, estas corrientes oceánicas han pasado de transportar, junto con la fauna marina, millones de toneladas de plásticos. El enmallamiento e ingestión de estos materiales supone una gran amenaza para las tortugas marinas, que acaban varando o flotando en las costas de Canarias y otros archipiélagos (Monteiro *et al.*, 2018).

1.5. Amenazas para las tortugas marinas en las Islas Canarias

En Canarias, del total de tortugas marinas que llegan a los centros de recuperación de fauna, el 25% de los ejemplares ingresan por causas de origen natural (mordeduras de tiburones, enfermedades epidérmicas, anemia, etc.), mientras que el 75% de ingresos

restantes corresponden a lesiones y accidentes derivados de las actividades humanas (Ruiz et al., 2000).

De todas estas presiones antrópicas, la que más lesiones causa es el enmallamiento e ingestión de basuras marinas, afectando a cerca del 50% de las tortugas varadas en Canarias (Figura 4). Quedar atrapadas en redes de pesca abandonadas y otros tipos de basura marina puede llegar a provocar lesiones necróticas en las extremidades afectadas, además de inhibir la capacidad de escapar de la depredación o alimentarse normalmente. Sin embargo, también es cierto que el éxito en la recuperación de animales enmallados suele ser mayor que en el resto de los accidentes, llegando a liberar al medio a numerosos ejemplares (Orós *et al.*, 2016).

La segunda causa antrópica de ingreso de tortugas más común, afectando a un 9,6% de los ejemplares, son los traumatismos y lesiones originadas por la ingestión de anzuelos e hilos derivados de la pesca accidental, seguida de la intoxicación por vertidos (3,2%) y las colisiones y atropellos por parte de las embarcaciones de pesca y recreo (4%). En este último caso, la afectación de los órganos vitales causada por la fracturación del caparazón genera un mayor número de muertes (Figura 4) (Liria-Loza, en prensa).

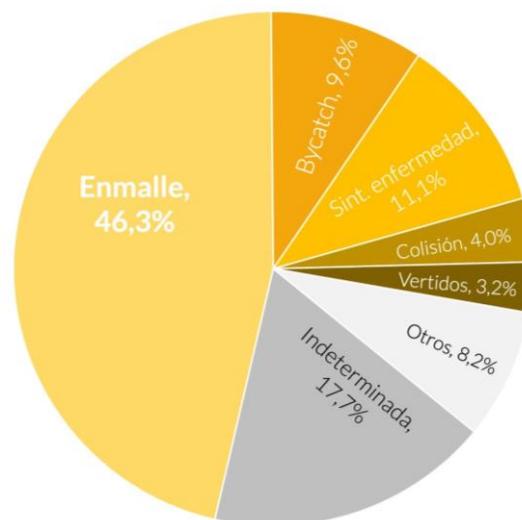


Figura 4. Causas de ingreso en CRFS de tortugas marinas varadas en las Islas Canarias entre 1987 y 2019 (n=4500) (Liria-Loza, en prensa)

Las tortugas marinas pueden ingerir plásticos por consumo directo o indirecto. La ingestión directa o accidental ocurre cuando los desechos se mezclan con alimentos normales, o, dado que las tortugas marinas se alimentan principalmente de forma visual, debido a la identificación errónea de plásticos como presas. La ingestión indirecta ocurre

cuando las presas, como medusas, moluscos o crustáceos, presentan partículas de microplásticos en sus tejidos, las cuales pasan a formar parte del organismo de la tortuga por transferencia trófica (Schuyler et al., 2012).

La ingestión de plásticos puede dar lugar a numerosos efectos negativos en estos animales, y aunque no sean letales a niveles bajos, pueden causar efectos secundarios que aumenten la probabilidad de muerte. La presencia de plásticos en la dieta supone una reducción de la absorción y asimilación de nutrientes y, en su lugar, una mayor absorción de toxinas, que pueden tener un impacto negativo en las tasas de crecimiento, fecundidad y supervivencia de las tortugas (Bjorndal *et al.*, 1994). La muerte total generalmente ocurre cuando el tracto digestivo se obstruye o es perforado por alguno de los plásticos ingeridos, pero la mayoría de los desechos pueden permanecer en el intestino meses o incluso atravesar todo el sistema digestivo y ser excretados sin causar ningún daño letal (Hoarau *et al.*, 2014). Además, las tortugas de edades tempranas tienen un mayor riesgo de mortalidad por la ingestión de plásticos, debido al menor tamaño de sus tractos digestivos, la rápida saturación de los nutrientes y la menor capacidad para compensar la dilución dietética aumentando la ingesta (Schuyler *et al.*, 2012).

Todos estos efectos negativos se ven reflejados en la condición corporal del animal. Una mala condición corporal puede tener un gran impacto en los comportamientos y procesos fisiológicos tales como las migraciones, reproducción o anidación. Además, puede aumentar el riesgo de las tortugas marinas a ser depredadas y acabar influyendo de manera significativa en la dinámica de las poblaciones y comunidades (Thomson *et al.*, 2009).

Los índices de condición corporal suelen evaluarse teniendo en cuenta medidas de masa y longitud del animal, pero cuando se trata de ejemplares grandes y situaciones donde los tiempos de manipulación no pueden prologarse, estas medidas pueden ser difíciles de obtener (Thomson *et al.*, 2009). El índice de condición corporal puede ser establecido subjetivamente valorando el aspecto físico del animal en una escala de 1-5, donde el 1 corresponde a un aspecto demacrado, con ojos hundidos y pérdida de musculatura, mientras que el 5 corresponde a una tortuga obesa. El índice de condición corporal número 3 es el normal (Norton *et al.*, 2015). Por otro lado, para el cálculo del índice de condición corporal objetivo según la masa y longitud del animal, se utiliza una fórmula estándar: $ICC = [\text{peso (kg)} / \text{LRC}^3 (\text{cm}^3)] \times 10,000$, donde LRC es el largo recto del caparazón.

En el caso de las tortugas marinas, tan solo la tortuga verde (*Chelonia mydas*) cuenta con valores de referencia del índice de condición corporal, desarrollados por Bjorndal *et al.* (2000). En tortuga boba (*Caretta caretta*), se tiene constancia de estudios que han determinado el índice de condición corporal siguiendo parámetros subjetivos como la forma del plastrón y el aspecto de la piel (Nolte *et al.*, 2020), pero actualmente no existen valores de referencia de ICC para esta especie.

La tortuga boba ha demostrado en numerosos estudios una gran tolerancia a la ingestión y presencia de basuras marinas en su sistema digestivo, y es capaz de defecar la mayoría de estos elementos debido a su amplio tracto digestivo (Campani *et al.*, 2013, Hoarau *et al.*, 2014). Los centros de recuperación de fauna marina que albergan ejemplares de esta especie juegan un gran papel en estos estudios, proporcionando muestras de los desechos encontrados en el tracto digestivo durante las necropsias de animales muertos o muestras localizadas en las heces de animales vivos. En definitiva, pueden ofrecernos una información clave para estimar los efectos negativos potenciales de las basuras marinas en la supervivencia de la tortuga boba.

1.6. Centros de recuperación de fauna marina de Canarias

En el archipiélago canario existen tres centros de recuperación de fauna silvestre principales que dependen de sus respectivos cabildos insulares: el CRFS de Tafira en Gran Canaria y el CRFS “La Tahonilla” en Tenerife; un Centro de Recuperación y Conservación de Tortugas Marinas en la isla de Fuerteventura, localizado en Morro Jable y dependiente del Cabildo Insular; y además cinco sistemas de atención a fauna marina en el resto de las islas, dependientes todos ellos de los respectivos Cabildos Insulares y del Organismo Autónomo de Parques Naturales (OAPN, MITECO) en la Graciosa. Los CRFS son entidades dedicadas a la protección del medio, tanto terrestre como marino, y que tienen como principal objetivo el rescate, rehabilitación, recuperación y liberación de ejemplares de animales accidentados, enfermos o debilitados. En la mayoría de las ocasiones, son encontrados y recogidos por los ciudadanos y otros organismos públicos, como fuerzas y cuerpos de seguridad del estado, y entregados a los CRFS. El fin último es liberar estos animales al medio natural contribuyendo así a la conservación de las poblaciones naturales (Montesdeoca, 2017).

Actualmente, las poblaciones de tortugas marinas de todos los océanos están muy amenazadas. Para asegurar su protección y conservación es muy importante identificar las principales amenazas que están impactando sobre ellas. Los datos recogidos por los CRFS son de gran importancia y nos dan una valiosa información sobre dichas amenazas, en que proporciones se producen y en qué grado están afectando a las poblaciones (Calabuig y Liria-Loza, 2007).

3. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son, en primer lugar, descriptivos. Mediante el análisis de la basura marina encontrada en las muestras recogidas en el CRFS “La Tahonilla” se pretende estudiar la incidencia de la contaminación plástica en las tortugas, colaborando con el desafío del proyecto INDICIT.

Por otro lado, las muestras nos proporcionarían valiosa información para testar hipótesis acerca de cómo la ingestión de estas basuras afecta a la condición corporal de las tortugas o los posibles factores que condicionan esta ingestión.

Por lo tanto, los objetivos se enumeran de la siguiente manera:

1. Identificar, clasificar y categorizar la “basura marina” ingerida por las tortugas ingresadas en el Centro de Recuperación de Fauna Silvestre (CRFS) de “La Tahonilla”, del Cabildo de Tenerife, desde julio de 2018 hasta noviembre de 2020.
2. Establecer el “umbral básico” (*baselines*) o frecuencia de ingestión de basuras marinas en las tortugas varadas en la isla de Tenerife para complementar los análisis del proyecto INDICIT sobre la frecuencia, la cantidad y la composición de la basura ingerida por las tortugas marinas localizadas en aguas de Canarias.
3. Identificar la cantidad, tamaño y composición media de basuras ingeridas por tortugas marinas recuperadas en aguas de Tenerife.
4. Testar hipótesis acerca de las posibles causas que influyen en la frecuencia de ingestión y el impacto de esta frecuencia sobre la condición corporal de las tortugas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Atención a las tortugas marinas ingresadas en el CRFS “La Tahonilla”

Todas las tortugas muestreadas en este estudio pertenecen a la especie *Caretta caretta* y fueron encontradas en las costas de la isla de Tenerife, desde julio de 2018 hasta noviembre de 2020, varadas en la costa, flotando a la deriva, enmalladas o capturadas accidentalmente por artes de pesca. Cada ejemplar tiene un número identificativo y una ficha individual donde se recoge el municipio de localización, la fecha de ingreso en el centro y el diagnóstico presuntivo de ingreso.

Además, para cada ejemplar de tortuga ingresada se toman medidas del peso y de la longitud estándar del caparazón:

- Largo recto del caparazón (LRC)
- Largo curvo del caparazón (LCC)
- Ancho recto del caparazón (ARC)
- Ancho curvo del caparazón (ACC)

Durante su estancia y recuperación en el centro, las tortugas se encontraban en tanques individuales, con un volumen de agua adecuado e independiente para cada tortuga, según su tamaño y las recomendaciones del veterinario. Las tortugas se alimentaron tres veces a la semana con productos de pesca como sardinas, boquerones y crustáceos. La cantidad de alimento suministrada diariamente a cada tortuga se calcula en relación al tamaño del animal y corresponde aproximadamente al 5% de su peso. El agua de los tanques se cambió entre dos y tres veces por semana, dependiendo de su estado.

4.2 Protocolo INDICIT para la recogida de muestras y su evaluación

Para medir el impacto de la basura en tortugas marinas, los 12 socios de 8 países del Mediterráneo y del Atlántico del proyecto INDICIT han elaborado un protocolo de monitorización para el indicador “Ingestión de basuras por tortugas marinas”, estandarizado para todos los países miembros de la Unión Europea. Este protocolo propone una metodología específica para evaluar la basura marina ingerida, su composición y abundancia; evaluar el impacto de esta en los ambientes marinos y establecer los valores umbral de presencia en las tortugas (INDICIT consortium, 2018; Matiddi *et al.*, 2019).

Para llevar a cabo el muestreo es necesario contar con individuos de tortugas marinas que hayan ingresado en un CRFS y permanezcan en el un mínimo de 5 días, sin importar la especie, estado o causa de ingreso. Es necesario la aprobación del veterinario del CRFS para realizar los muestreos, además de disponer de los materiales necesarios para ello. Se debe medir la longitud curva del caparazón de cada tortuga, así como su peso, el día del ingreso del animal y el día del alta.

El muestreo puede realizarse tanto en ejemplares vivos como en individuos muertos. En tortugas vivas, se realiza a través del muestreo de heces. Es necesario que cada tortuga se encuentre de forma individual en un tanque y que este tenga una entrada y salida de agua visible. El protocolo INDICIT recomienda colocar un filtro de 1 mm en la salida de agua del tanque, de tal manera que cada vez que el agua se cambia se recoge todo el material defecado por la tortuga (tanto orgánico como inorgánico), pero también puede realizarse de forma visual, revisando visualmente el agua del tanque para detectar la presencia de plásticos y microplásticos. En este estudio se utilizó el método de recogida visual de las basuras defecadas. En el caso de las tortugas muertas, se lleva a cabo una necropsia y se analiza la composición del esófago, estómago e intestinos, puntos clave para la presencia y acumulación de basura marina. En este estudio solo se recogieron datos de cuatro tortugas muertas.

La talla mínima que han de tener las basuras para considerarlas parte del indicador “Basura ingerida por tortugas marinas” tiene que ser de al menos 1 mm, lo que incluye microplásticos (1-5mm), mesoplásticos (5-25mm) y macropásticos (<25mm).

El personal trabajador del CRFS “La Tahonilla” fue instruido y capacitado sobre la importancia de realizar correctamente el muestreo. Toda la basura defecada por una misma tortuga a lo largo de toda su estancia se introdujo en un mismo bote de muestras, adecuadamente etiquetado y conservado a temperatura ambiente.

4.3. Análisis de las muestras de basura marina

Las muestras de basura marina se han analizado siguiendo los protocolos del Proyecto INDICIT.

Se exploraron las muestras de heces recogidas en busca de desechos plásticos. Los plásticos presentes en las muestras fueron contados, pesados (con un margen de 0.001 g),

medidos (con un margen de 0.1 cm) y descritos con el mayor nivel de detalle posible, siguiendo la guía de la MSFD para la monitorización de desechos marinos en los mares europeos (Galgani *et al.*, 2013). Se clasificaron en “ítem”, unidad de plástico individual, y “pieces”, piezas en las que se fragmenta un ítem. En las figuras 4, 5 y 6 se observan tres muestras de contenidos plásticos localizados en tres tortugas (ID: 11587, 11989 y 12002) en las que aparecen todos los plásticos separados y preparados para medir y pesar.

Los ítems y pieces encontrados fueron clasificados según las siguientes categorías establecidas por el protocolo INDICIT: plástico industrial (IND PLA), tipo lámina (USE SHE), filamento (USE THR), espumas o foam (USE FOA), fragmentos (USE FAG), otros plásticos (USE POTH), basuras no plásticas (OTHER), comida natural (FOO) y restos naturales no identificados como dieta (NFO). En la Tabla 2 se describe cada categoría.

Por último, todos los plásticos encontrados se clasificaron según el color y en función del tamaño como microplásticos (1-5 mm), mesoplásticos (5-25 mm) y macroplásticos (> 25 mm).

Las basuras no plásticas, la comida (FOO) y los restos naturales no identificados como dieta (NFO) no fueron incluidos en el análisis general de la ingestión de desechos, pero, aun así, estos datos fueron recogidos y pesados debido a su gran utilidad para estudios de dietas.

Tabla 2. Clasificación de los ítems de basura marina encontrados en tortugas establecida por el consorcio INDICIT, siguiendo la guía de la Directiva Marco de Estrategias Marinas (MSFD) (Galgani et al., 2013).

TIPO	CÓDE	DESCRIPCIÓN
Plástico industrial	IND PLA	Gránulos de plástico industriales, generalmente cilíndricos pero a veces también ovalados, esféricos o cúbicos, o presuntos artículos industriales, utilizados para las esferas pequeñas (vítreos, lechosos ...)
USE - tipo lámina	USE SHE	Restos flexibles y muy finos, p. ej. De bolsas, papel de aluminio, bolsas agrícolas, bolsas de basura ...
USE - filamento	USE THR	Materiales con forma de filamento o hilo: p. ej. Trozo de hilo de nylon, fragmentos de red, restos de ropa y/o tejidos...
USE - foam	USE FOA	Plásticos de espuma, p. ej., espuma de poliestireno, goma suave (como en el relleno de colchón) ...
USE - fragmentos	USE FRAG	Fragmentos de plásticos duros quebradizos. Plásticos de tipo más grueso, que pueden ser ligeramente flexibles, pero nunca similares a USE - SHE.
Otros plásticos	USE POTH	Cualquier otro tipo de plástico, incluidos elásticos, goma densa, filtros de cigarrillos, piezas de globos, balas de pistola de aire, etc. Especificar en la columna "Notas".
Basuras no plásticas	OTHER	Otros tipos de basuras de composición diferente del plástico
Comida Natural	FOO	Alimento natural de tortugas marinas (por ejemplo, trozos de cangrejos, medusas, fragmentos de algas, etc.)
Restos naturales no identificados como dieta	NFO	Cualquier elemento natural, pero que no pueda considerarse como alimento nutritivo normal para las tortugas marinas (piedras, fragmentos de madera, piedra pómez, etc.)



Figuras 5, 6 y 7. Fotografías del material defecado por 3 ejemplares distintos del estudio.

Así mismo, y con el objetivo de comparar las dos metodologías (recogida visual de y recogida mediante filtros) que recomienda el Proyecto INDICIT, durante los meses de marzo, abril y mayo de 2021 se muestrearon los tanques de las tortugas sustituyendo el método visual de recogida de las muestras por la disposición de filtros de 1 mm en los desagües de los tanques, para recoger todo el material (orgánico e inorgánico) defecado por cada tortuga. A su vez, el uso de esta metodología requiere:

- La evisceración del alimento que se suministra a las tortugas, para evitar la contaminación de las muestras por basuras ingeridas por las presas;
- Tener en cuenta los diferentes materiales usados en el CRFS tanto para la limpieza de las tortugas y de los tanques, con el fin de evitar contaminación por materiales externos no ingeridos por las tortugas.

Todos los análisis estadísticos que se detallan a continuación se han realizado con las muestras recogidas por observación visual en 37 tortugas (figura 7).



Figura 8. Total de muestras obtenidas por muestreo visual, en 37 tortugas bobas.

4.5. Análisis estadístico de datos

Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software estadístico SPSS v. 25, fijando un nivel de significancia de 0,05.

En primer lugar, se ha estimado el porcentaje de tortugas afectadas por ingestión de basuras marinas y plástico con respecto al total de tortugas ingresadas durante los meses del muestreo, con el fin de obtener un porcentaje de incidencia/frecuencia.

El rango de CCL y peso de las tortugas era muy amplio (17-5-67,1 cm), por lo que se procedió a separar el total de tortugas en dos grupos, tal y como proponen algunos estudios (Digka *et al.*, 2020; Margaritoulis *et al.*, 2003): juveniles pequeños (CCL < 40 cm) y juveniles grandes y subadultos (CCL > 40 cm). Posteriormente se estimó el tamaño y peso medio de las tortugas del estudio.

Se calculó el promedio del peso y número total de plásticos encontrados en cada tortuga, tanto en general como por grupos: juveniles pequeños y juveniles grandes y subadultos. Los resultados se presentan como media \pm error estándar de la media. Se calculó también la categoría de plástico más abundante (lamina/SHE, fragmento/FRAG, filiformes/THR, espuma/FOAM y otros/OTHER) y el tamaño predominante (macro, meso y micro).

Para explorar una posible relación entre la ingestión de desechos según el tamaño corporal de la tortuga se procedió al cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, utilizando la CCL como variable independiente y el número de “pieces” total por tortuga como variable dependiente, fijando una significancia estadística de 0.05. Para realizar el análisis de correlación, en primer lugar, se llevó a cabo una transformación logarítmica de la variable “pieces” para conseguir la normalidad de los datos.

Se calculó el índice de condición corporal de las tortugas para estimar su estado nutricional en función de la ingesta de plásticos. En la actualidad no existen valores de referencia para *Caretta caretta*, así que se estudió la existencia de una posible correlación entre el índice de condición corporal y el número de plásticos ingeridos, con el objetivo de evaluar indicios de desnutrición en tortugas con gran número de plásticos. Para el cálculo del índice de condición corporal se utilizó la fórmula descrita anteriormente en el apartado 1.5.: $ICC = [\text{peso (kg)} / \text{LRC}^3 (\text{cm}^3)] \times 10,000$, donde LRC es el largo recto del caparazón (Norton *et al.*, 2015). Para realizar el análisis de correlación con el coeficiente

de Pearson, se utilizaron las variables “ICC” y “pieces”, la cual hubo que transformar logarítmicamente para conseguir la normalidad de los datos.

Teniendo en cuenta las diferentes causas de varamiento de las tortugas, se estudió la relación entre estas y la cantidad de plásticos ingeridos por cada tortuga, utilizando el análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, utilizando la variable “pieces” como variable independiente y “causa de ingreso” (indeterminada, enfermedad, enmallamiento, colisión, bycatch, bycatch/enmalle y sana) como factor o variable de clasificación para separar la muestra en distintos grupos, con el fin de comprobar si alguna de las diferentes causas antrópicas de ingreso tuviera relación con una mayor ingesta de basura marina.

Para el último análisis estadístico del estudio se volvió a utilizar el análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, esta vez comparando el número de plásticos encontrados en tortugas con la zona de la isla en la que habían varado, utilizando la variable “pieces” como variable independiente y “zona de varamiento” (norte, sur, este u oeste de la isla) como factor o variable de clasificación para separar la muestra en distintos grupos. De esta manera se pretende comprobar si el factor “zona de varamiento” influye sobre la variable “pieces”.

5. RESULTADOS

Desde julio de 2018 hasta noviembre de 2020, un total de 311 tortugas marinas ingresaron en el Centro de Recuperación de Fauna Silvestre “La Tahonilla”, en La Laguna, tras ser encontradas a lo largo de la costa y aguas de la isla de Tenerife.

De las 311 tortugas, 37 (11,9%) presentaron basuras marinas, de las cuales 36 (11,6%) contenían algún elemento plástico y la tortuga restante contenía dos anzuelos de metal con sus respectivos hilos de nylon (Anexo: Tabla 2). A pesar de no ser plásticos, estos materiales se han incluido en los análisis estadísticos porque son ingeridos por igual, actúan de manera similar a los plásticos en la dilución de nutrientes y pueden causar daños físicos similares. De estos 37 ejemplares (todos de tortuga boba), una ingresó muerta, tres murieron en el centro durante el proceso de recuperación, y el resto fueron liberadas. En total, se recolectaron 43,5 g de basura marina, compuesta por 222 ítems y 541 piezas.

El tamaño medio y desviación estándar de las tortugas en las que se encontraron basuras marinas fue de $39,68 \pm 12,68$ cm de CCL (longitud del caparazón curvo), y su peso medio fue de $10,14 \pm 10,61$ kg. La tortuga más pequeña midió 17,5 cm y pesó 0,8 kg, y la de mayor tamaño 67,1 cm y 37,9 kg. En cuanto a las etapas de edad, 19 de ellas eran juveniles pequeños (<40 cm), 14 juveniles grandes (de 40 a 60 cm) y cuatro ejemplares que pueden considerarse subadultos (≥ 60 cm) (Anexo: Tabla 1).

El promedio de plásticos ingeridos por tortuga fue de $6,00 \pm 9,20$ ítems y $14,62 \pm 28,30$ piezas. El mayor número de plásticos (34 ítems y 150 piezas) fue encontrado en la tortuga más grande de 51 kg y 67,1 cm de CCL (ID 10808). Del total de ítems, se localizaron 15 tipo lamina (USE SHE), 13 tipo filamento (USE THR) y 6 fragmentos (USE FRAG). La media de plásticos encontrados en ejemplares de juveniles pequeños (<40 cm) fue de $5,05 \pm 9,11$ ítems y $9,89 \pm 18,35$ piezas, mientras que en juveniles grandes o subadultos (≥ 40 cm) fue de $7,00 \pm 9,45$ ítems y $19,61 \pm 35,89$ piezas. Existen grandes diferencias en la ingestión de basuras marinas entre las tortugas muestreadas, tanto por estadíos como en el total de los individuos. Este hecho se ve reflejado en las desviaciones estándar, claramente mayores que la media del número de plásticos ingeridos. Las muestras de ejemplares juveniles grandes y subadultos mostraron valores más altos de basura ingerida que los juveniles pequeños, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

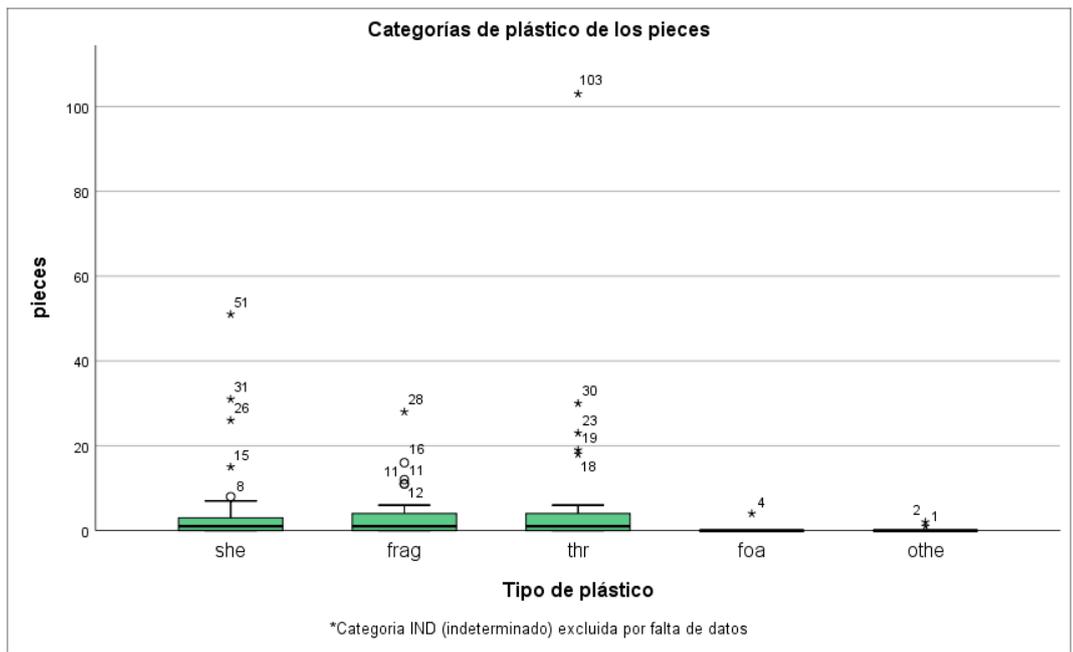
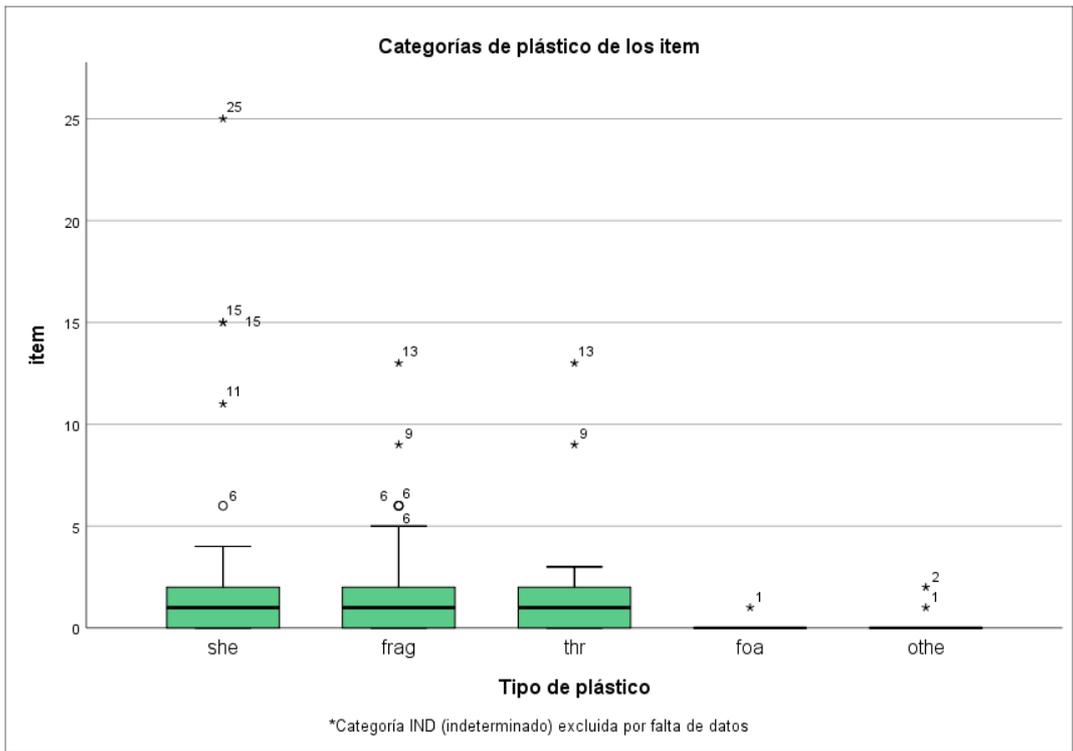
El peso promedio de los plásticos encontrados en el total de individuos de tortuga boba, sin distinción de tamaños/estadio, fue de $1,17 \pm 1,90$ g. El peso medio de los plásticos, calculado en cada estadio, fue de $0,78 \pm 1,32$ g en juveniles pequeños (<40 cm) y $1,59 \pm 2,34$ g en juveniles grandes o subadultos (≥ 40 cm). El máximo peso de plásticos fue de 7,29 g, encontrados en una tortuga de 9,9 kg y 45 cm de CCL (ID 12555). Las muestras de basuras ingeridas por juveniles grandes y subadultos presentaron pesos más altos que los juveniles pequeños, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Los resultados de todos los análisis descriptivos detallados anteriormente se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados descriptivos de los plásticos clasificados según los estadios y en el total de las tortugas.

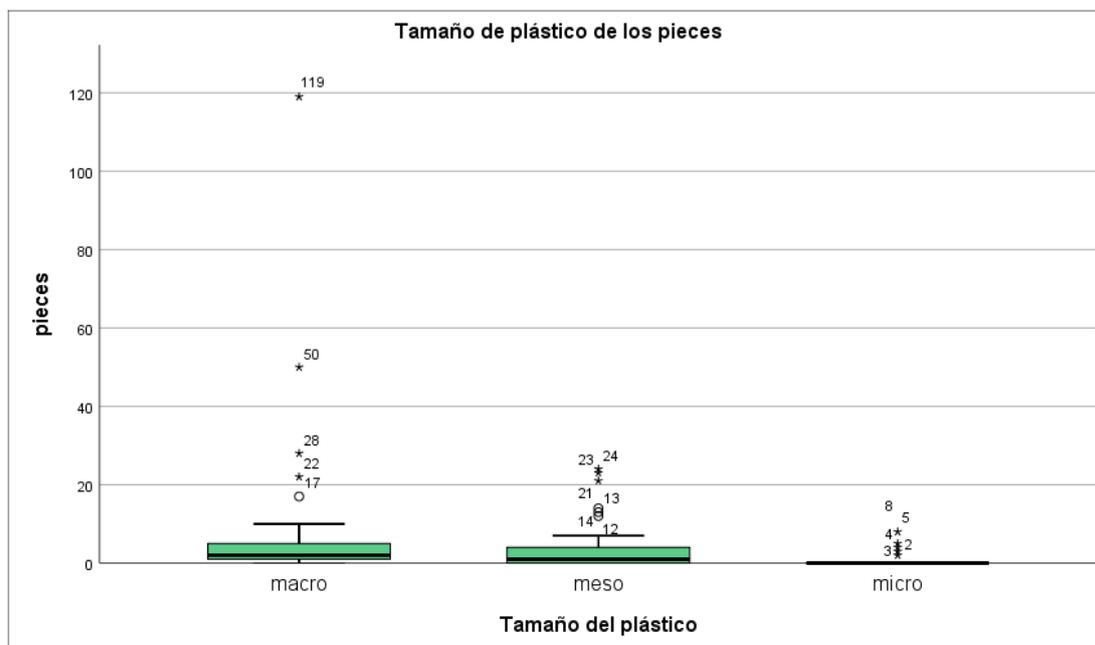
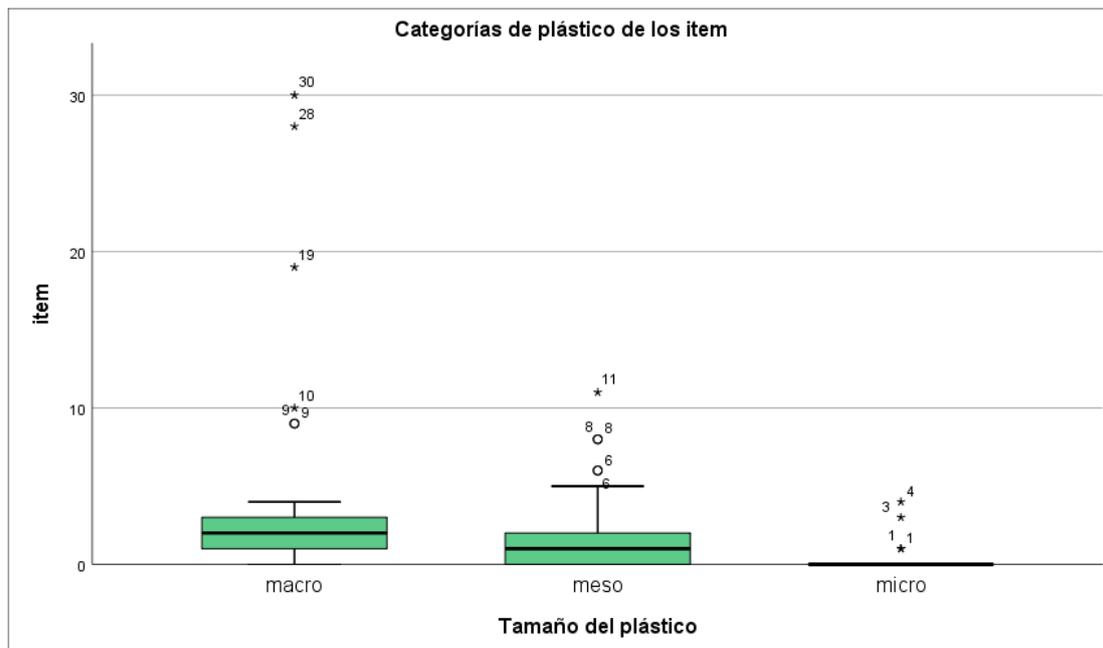
Etapas de edad	Juveniles pequeños	Juveniles grandes y subadultos	Total tortugas
	(CCL < 40 cm)	(CCL \geq 40 cm)	
Numero de tortugas	19	18	37
CCL media (cm)	$29,66 \pm 5,15$	$50,25 \pm 9,06$	$39,68 \pm 12,68$
Peso medio tortugas (g)	$3,41 \pm 1,69$	$17,25 \pm 11,44$	$10,14 \pm 10,61$
Peso total plásticos (g)	14,79	28,62	43,41
Media del peso de plásticos (g)	$0,78 \pm 1,32$	$1,59 \pm 2,34$	$1,17 \pm 1,90$
Total de plásticos (items)	96	126	222
Total de plásticos (pieces)	188	353	541
Media de plásticos por tortuga (items)	$5,05 \pm 9,11$	$7,00 \pm 9,46$	$6,00 \pm 9,20$
Media de plásticos por tortuga (pieces)	$9,89 \pm 18,35$	$19,61 \pm 35,89$	$14,62 \pm 28,30$

Considerando los datos obtenidos de los tipos de plásticos encontrados en basura marina ingerida por *Caretta caretta* (Anexo: Tabla 2), la categoría de plástico más abundante fue el plástico en forma de lámina (USE SHE) con 101 items y 173 pieces (46 % de items y 33% de pieces), seguido de los fragmentos (USE FRAG), con 65 items y 118 pieces (29% de item y 22% de pieces) y los plásticos filiformes (USE THR), con 52 items y 233 pieces (23% de item y 44% de pieces). El resto de tipo de basuras se hallaron en cantidades claramente menores, siendo un 1% de los ítems y pieces plásticos de espuma (USE FOAM) y un 1 % de los ítems y pieces de otros plásticos (USE OTHER) (Figuras 8 y 9).



Figuras 9 y 10. Categorías de plásticos de los ítem y piezas.

El tamaño de plásticos más abundante fue el macroplástico, suponiendo un 67% de los ítem y un 65% de los piezas. Los mesoplásticos representaron el 29% de los ítems y el 31% de los piezas; y los microplásticos el 4% de los ítems y piezas (Figuras 10 y 11).



Figuras 11 y 12. Tamaño de plásticos de los item y piezas.

La regresión lineal que relaciona las basuras ingeridas (transformación logarítmica de la variable “piezas” para cumplir con la normalidad de los datos) con el tamaño corporal de la tortuga, muestra un coeficiente de correlación de Pearson de $P=0,105$, con un nivel de significancia mayor de 0,05 ($p=0,887$), lo que indica que no existe una relación lineal entre el tamaño de la tortuga y la cantidad de plásticos ingeridos.

Los índices de condición corporal de las tortugas de este estudio se encuentran entre 0,943 y 1,688 (Anexo: Tabla 1). El análisis de regresión lineal entre las variables “piezas”

y “ICC” (transformación logarítmica de ambas variables para cumplir con la normalidad de los datos), se obtuvo un coeficiente de Pearson de $P=0,259$ con un p-valor mayor de 0,05 ($p=0,121$), indicando que las variables no se relacionan linealmente, por lo que la variable dependiente “ICC” no está influida por la variable “pieces” dentro del rango estudiado.

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor, utilizado para analizar la relación entre las basuras ingeridas (variable independiente “pieces”) y “causa de ingreso” (como factor o variable de clasificación para separar la muestra en distintos grupos), obtuvo un nivel de significación mayor que 0,05 ($F=0,580$), por lo que se aceptó la igualdad de las medias y, por lo tanto, se deduce que no existe diferencias significativas entre los grupos. El factor “causa de ingreso” no influye en la variable “pieces”. En la figura 12 se muestra el número de plásticos encontrados en las tortugas según la causa de ingreso en el CRFS.

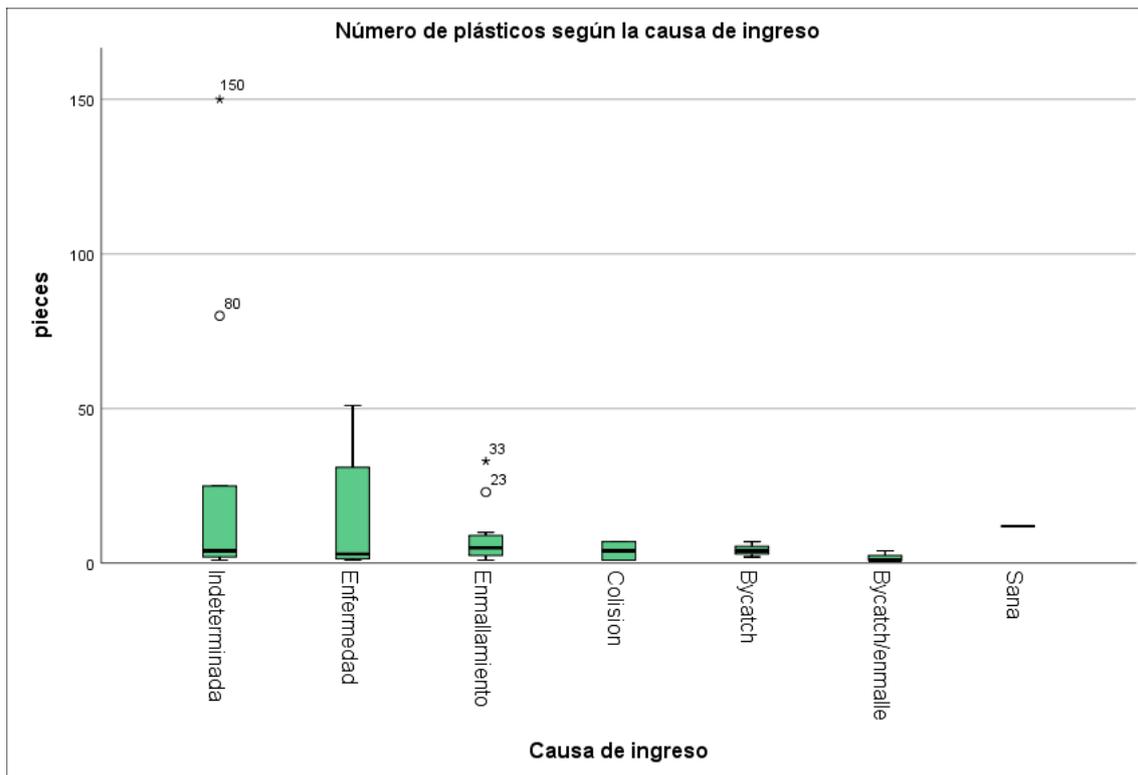


Figura 13. Número de plásticos encontrados en las tortugas en relación a las causas de ingreso.

Para estudiar la relación entre el número de basuras ingeridas por la tortuga según la zona de la isla en la que había varado, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor, utilizando la variable “pieces” como variable independiente y “zona de varamiento” (norte, sur, este u oeste de la isla) como factor o variable de clasificación

para separar la muestra en distintos grupos. El nivel de significación del estadístico F fue mayor que 0.05 ($F=0.798$), por lo que se aceptó la igualdad de las medias y, por lo tanto, se deduce que no existe diferencias significativas entre los grupos, es decir, que el factor “zona de varamiento” no influye en la variable “pieces”. En la figura 13 se muestran los plásticos encontrados en las tortugas clasificados según la zona de varamiento en la isla.

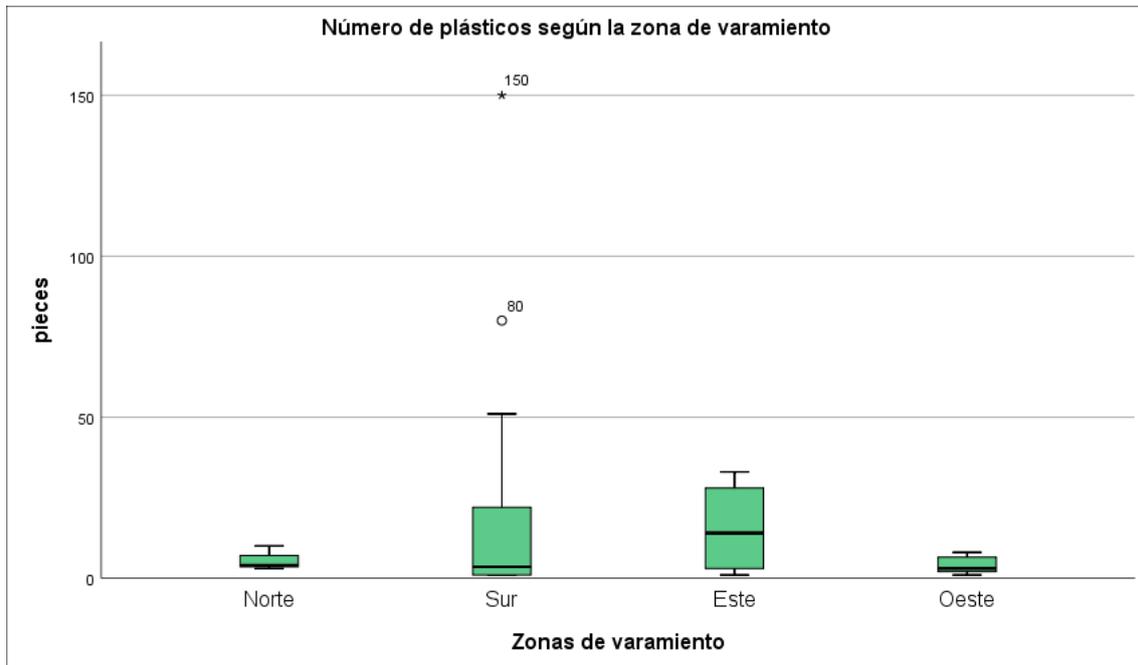


Figura 14. Número de plásticos encontrados en las tortugas en relación a la zona de varamiento.

Por último, se intento llevar a cabo la comparación entre las dos metodologías propuestas por el proyecto INDICIT para tortugas vivas (observación visual y filtración), pero tan solo dos ejemplares ingresaron en el CRFS durante los meses de marzo, abril y mayo de 2021. Aunque para el muestreo de los tanques se utilizaron los filtros de 1mm, estas tortugas apenas defecaron basuras marinas y ningún elemento plástico fue encontrado. La falta de datos conlleva que no pueda realizarse un análisis robusto para comparar ambas metodologías, por lo que todos los análisis descritos anteriormente se han realizado solo con las muestras recogidas por observación visual.

6. DISCUSIÓN

El estudio realizado refleja una alta incidencia de plásticos en tortugas bobas varadas en la isla de Tenerife, aunque podría considerarse baja en comparación con otros estudios realizados en *Caretta caretta* en el mar Mediterráneo y el océano Atlántico, tal y como se observa en la Tabla 4. Los resultados de este trabajo y los obtenidos en el estudio de Frick *et al.* (2009) muestran una menor incidencia de las basuras marinas en el océano Atlántico en comparación con el mar Mediterráneo (Tomás *et al.*, 2002; Campani *et al.*, 2013; Digka *et al.*, 2020; Biagi *et al.*, 2021), aunque el estudio realizado por Pham *et al.* (2017) en las Islas Azores eleva esta incidencia al 83% de las tortugas muestreadas. En el caso de Matiddi *et al.* (2017), la frecuencia tiene en cuenta, además de plásticos, el resto de la basura marina como papel, madera y metales. En el estudio de Frick *et al.* (2009) la frecuencia de ingestión de plásticos podría estar subestimada, dado que tan solo se tuvo en cuenta el contenido estomacal y no se revisaron los intestinos del animal, donde la basura marina suelen ser más abundante (Pham *et al.*, 2017; Tomás *et al.*, 2002).

Tabla 4. Comparación de la incidencia, número de muestras y rangos de CCL de varios estudios realizados en tortuga boba en el Mediterráneo y el océano Atlántico.

Referencia	Área de estudio	N	Rango de CCL (cm)	Frecuencia (%)
Presente estudio	Tenerife, Islas Canarias, España	37	17,5-67.1	11,90
Tomás <i>et al.</i> (2002)	Valencia, España	54	34,0-69,0	79,60
Casale <i>et al.</i> (2008)	Lampedusa, Italia	95	25,0-80,3	48,10
Frick <i>et al.</i> (2009)	Azores, Portugal	12	9,3-56,0	25,00
Campani <i>et al.</i> (2013)	Región de Toscana, Italia	31	29,0-73,0	71,00
Nicolau <i>et al.</i> (2016)	Costa de Portugal	95	25,4-75,5	59,00
Matiddi <i>et al.</i> (2017)	Toscana, Lazio, Campania y Cerdeña; Italia	150	21-82,7	85,00
Pham <i>et al.</i> (2017)	Azores, Portugal	24	10-70	83,00
Digka <i>et al.</i> (2020)	Costa de Grecia	36	22,5-80	72,00
Biagi <i>et al.</i> (2021)	Rimini, Italia	45	18-78	98,00

(N) Número de tortugas analizadas.
(CCL) Largo curvo del caparazón.

La gran diferencia de frecuencias entre los estudios puede deberse a numerosos factores como la estacionalidad, las diferencias en la metodología de los muestreos (tortugas vivas o muertas) y las necropsias (sólo estómago o todo el tracto digestivo), o el origen y fases del ciclo de vida de las tortugas muestreadas. Teniendo en cuenta estas limitaciones, los hallazgos sobre la frecuencia de ingestión de este estudio se encuentran en el extremo inferior del resto de investigaciones que analizan la incidencia de basuras en tortugas bobas del Mediterráneo y del Atlántico (Tabla 4). Sin embargo, la metodología utilizada en tortugas vivas (observación visual de heces) de este estudio debe tenerse en consideración a la hora de comparar los resultados obtenidos con el resto de

los estudios, incluso aquellos realizados por los países participantes en el Proyecto INDICIT.

Los resultados de este estudio indican una diferencia significativa en la ingestión de plásticos entre juveniles pequeños (<40 cm CCL) y juveniles grandes o subadultos (>40 cm CCL) de tortuga boba, siendo menor en juveniles pequeños. Sin embargo, no existe una correlación directa entre el CCL y el peso o número de plásticos ingeridos, al igual que en muchos otros estudios (Casale *et al.*, 2008; Digka *et al.*, 2020; Nicolau *et al.*, 2016; Tomás *et al.*, 2002). La diferencia significativa entre ambos grupos revela que la CCL es un factor a tener en cuenta y que determina en cierta manera la cantidad de residuos ingeridos por las tortugas, lo que podría venir determinado por el comportamiento alimenticio, donde los individuos de menor tamaño son estrictamente pelágicos, mientras que los de mayor tamaño pueden alternar la alimentación oceánica y bentónica. Sería interesante saber la una ingestión de basuras afecta del mismo modo a juveniles pequeños que a juveniles grandes y/o subadultos, o conocer la capacidad de estos animales para compensar los efectos nocivos de la presencia de plásticos en la dieta.

Se observa una clara dominancia de los plásticos laminados, la categoría más reportada en basuras ingeridas por tortugas marinas, como muestran también los estudios de Campani *et al.* (2013), Pham *et al.* (2017), Mattidi *et al.* (2017) y Nicolau *et al.* (2016). Su ubicuidad y naturaleza flotante podría explicar estos resultados y el hecho de que las tortugas se sientan más atraídas por estos elementos en forma de lámina, que probablemente confunden con medusas (Mattidi *et al.*, 2017), lo que concuerda con que la mayoría de los individuos muestreados en este estudio son juveniles, y su alimentación se basa principalmente en organismos planctónicos, como cnidarios y ctenóforos (Frick *et al.*, 2009).

Los macroplásticos y mesoplásticos son los tamaños más abundantes en las muestras analizadas. En este estudio se han incluido todos los plásticos superiores a 1 mm de tamaño, separándolos según su longitud en microplásticos (1-5mm), mesoplásticos (5-25 mm) y macroplásticos (>25 mm). Sin embargo, en algunos estudios existe un límite de tamaño distinto a partir del cual los plásticos dejan de incluirse en el análisis, como por ejemplo Pham *et al.* (2017), Nicolau *et al.* (2016) y Tomás *et al.* (2002), que deciden excluir los elementos de tamaños inferiores a 1, 5 y 10 mm respectivamente, considerándolos piezas fragmentadas de elementos más grandes. El Proyecto INDICIT ha estandarizado la metodología estableciendo 1 mm como límite inferior de tamaño de

las basuras ingeridas en tortugas marinas, teniendo de esta manera en consideración los microplásticos, el tamaño de plástico que más efectos subletales causa debido a sus propiedades físicas y su mayor capacidad de dispersión (Carbery *et al.*, 2018). Todavía no hay un consenso para la cuantificación de basuras, por ello en algunos estudios se opta por la clasificación en “ítems” y “pieces”, mientras que, en otros, se decide obviar las piezas fragmentadas supuestamente provenientes de elementos más grandes. Homogeneizar la metodología de cuantificación podría darnos resultados más representativos y la posibilidad de hacer comparaciones más rigurosas entre los diferentes estudios.

Cabría esperar que un mayor número de plásticos ingeridos pudiera impactar de alguna manera en el estado de salud y/o nutricional del animal, pero los resultados de este estudio muestran que el número de “pieces” no condiciona el índice de condición corporal de la tortuga. Aun así, sería conveniente impulsar investigaciones para establecer los niveles de referencia del índice de condición corporal para *Caretta caretta* y, de esta manera, poder comparar la cantidad de basuras ingeridas y dichos valores (pobre, medio y óptimo), como ya se ha hecho con la tortuga verde (*Chelonia mydas*), comparando el estado de salud de individuos con enfermedades como el fibropapiloma (Rossi *et al.*, 2019), la condición corporal y los cambios fisiológicos de individuos en época de reproducción (Jessop *et al.*, 2004) o el estado de la población de tortugas verdes en Baja California, México (Seminoff *et al.*, 2003).

Al igual que en el estudio realizado por Nicolau *et al.* (2016) en tortugas varadas en las costas de Portugal, este estudio tampoco muestra una correlación significativa entre las causas de ingreso y el número de plásticos ingeridos. Cabría esperar que una tortuga que haya sufrido enmallamiento tienda a ingerir más cantidad de basuras, dado que al quedar enredada se reduce su capacidad de movimiento y, por tanto, la capacidad de alimentarse eficazmente; incluso podría estar más tentada a ingerir fragmentos de las basuras que la enredan o flotan alrededor de ella (Nelms *et al.*, 2016). Sin embargo, también es necesario tener en cuenta las condiciones del animal, como por ejemplo la amputación de aletas o alguna enfermedad que reduzca su capacidad para alimentarse correctamente y discriminar los plásticos de las presas reales.

En la isla de Tenerife, las costas norte y noreste están expuestas e influenciadas por la corriente de Canarias, que arrastra los desechos plásticos desde el giro oceánico del Atlántico Norte hasta las playas ubicadas en estas zonas de la isla (Baztan *et al.*, 2014;

Parda, 2020). En concreto, el estudio realizado por Álvarez-Hernández *et al.* (2019) en seis playas de la isla de Tenerife con orientación norte y noreste, reveló un contenido de microplásticos de entre 2 y 115,5 artículos/m², llegando a encontrar hasta 2971,5 artículos/m² en una de las playas (Playa Grande, El Porís). Sin embargo, en este estudio, no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de basuras ingeridas en función de la zona de varamiento (norte, sur, este y oeste de la isla), contrariamente a los resultados obtenidos por Mattidi *et al.* (2017), que sí encuentra diferencias entre las tortugas encontradas en diferentes localidades de Italia. Este hecho puede deberse a que la gran mayoría de ejemplares muestreados en Tenerife son juveniles en su fase oceánica y el lugar de varamiento depende principalmente del tipo de afección (pesca activa, enmallamiento, colisión, etc.), el lugar donde se vio afectado el animal y las corrientes predominantes. Es decir, en Canarias no existe una selección activa de las tortugas por una zona concreta de la costa, algo que sí puede ocurrir en las tortugas localizadas en aguas de Italia.

Atribuir y probar que el fallecimiento de una tortuga se debe a la ingestión de plásticos y otras basuras marinas es muy complejo, sin embargo, es probable que aumenten exponencialmente la probabilidad de muerte de un individuo, puesto que la ingestión de basuras marinas puede suponer una serie de efectos subletales, mucho más frecuentes y mucho más difíciles de detectar (Hoarau *et al.*, 2014; Schuyler *et al.*, 2012). Prácticamente el total de los individuos muestreados en este estudio se recuperaron con éxito y fueron liberados, y tan solo en dos casos se tienen sospechas de que las basuras ingeridas pudieron haber desencadenado la muerte de los animales:

a) El primer caso corresponde a una tortuga boba que ingresó en noviembre de 2020 (ID 13278), con signos de ahogamiento, infección en los ojos y debilidad general. Se le aplicaron diferentes tratamientos para disminuir la infección y mejorar la circulación, pero finalmente murió tras pasar 11 días ingresada en el CRFS. Se le practicó la necropsia siguiendo las pautas del protocolo INDICIT y se encontró, entre la salida del estómago y la entrada del intestino, un plástico blando de color blanco que medía 140 x 84 mm y pesaba 0.595 g. Además, uno de los pulmones se encontraba muy inflamado e incluso desplazando algunos órganos. El hígado se encontraba en estado freático y la pared del intestino inflamada e infectada. Se pudo deducir que la ingesta del plástico, que fue encontrado obstaculizando el tracto digestivo, había jugado un papel importante en su muerte, desencadenando infecciones en el resto de los órganos.

b) El segundo caso corresponde al único ejemplar del estudio que ingresó cadáver, localizado en el sur de Tenerife en abril de 2019 en estado de composición muy avanzado. Se llevó a cabo la necropsia en el CRFS siguiendo el protocolo descrito, encontrándose un total de 138 piezas: 103 filamentos (thr), 11 fragmentos (frag) y 26 laminados (she). En total, 6.5 g de plásticos, todos ellos macroplásticos, entre los que se encuentran algunos fácilmente reconocibles como dos palillos de los oídos, una arandela redonda de más de 3 cm de diámetro y envoltorios de comida y de bebida. La gran cantidad de basura marina encontrada en el estómago, intestino y esófago del animal indica que la ingestión de estos elementos pudo ser la causa de su muerte.

Los resultados obtenidos en este y otros estudios, demuestran que las tortugas marinas, y en especial la tortuga boba, tienen gran resistencia a la ingestión de basura marinas, y más concretamente a la ingestión de plásticos. En general se observa una alta frecuencia de diferentes tipos de basura marina en comparación con la aparentemente baja mortalidad de las tortugas muestreadas en diferentes investigaciones (Hoarau *et al.*, 2014; Nelms *et al.*, 2016). Además, la gran mayoría de análisis realizados en animales muertos (necropsias) prueban una alta presencia de plásticos en las últimas secciones del intestino (Campani *et al.*, 2013; Matiddi *et al.* 2017; Nicolau *et al.*, 2016). Estos dos hechos indican que probablemente la mayoría de los plásticos atraviesan el tracto gastrointestinal de las tortugas y acaban siendo excretados, lo que convierte a estos animales en potentes bioindicadores para medir el impacto de la basura marina en los océanos y monitorizar la eficiencia de los planes de medidas para la mitigación de las basuras marinas que se lleven a cabo desde la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina.

7. CONCLUSIÓN

La mayoría de los estudios sobre el impacto de la ingestión de plástico en tortugas marinas se han realizado a través de necropsias en animales muertos, analizando la presencia de basuras marinas en esófago, estomago e intestino (Biagi *et al.*, 2021; Campani *et al.*, 2017; Digka *et al.*, 2020; Frick *et al.*, 2009; Mattidi *et al.*, 2017; Nicolau *et al.*, 2016; Pham *et al.*, 2017; Tomás *et al.*, 2002). Sin embargo, existen muy pocos estudios, como el presente, que hayan estudiado la frecuencia de plásticos en ejemplares vivos. Analizar muestras fecales ayuda a evaluar la distribución real de los plásticos en las diferentes etapas vitales de las tortugas marinas. Además, analizar y comparar los resultados encontrados mediante necropsias en ejemplares muertos y los derivados de las muestras fecales es de gran utilidad para entender como las basuras permanecen en el cuerpo de las tortugas marinas durante el proceso de digestión, así como los efectos negativos potenciales que puedan causar.

Si hay algo en lo que coinciden todos los estudios realizados sobre la ingestión de plásticos en tortugas bobas localizadas en aguas europeas, es en que estos animales son excelentes bioindicadores para medir el impacto de la basura marina en los océanos. Los resultados obtenidos en este estudio confirman que las tortugas de etapa oceánica que frecuentan las aguas de Canarias pueden usarse para evaluar la contaminación plástica en aguas del océano Atlántico. Sin embargo, es esencial estandarizar las metodologías diseñadas para la cuantificación de los niveles de ingestión de basura marina, así como el impulso de nuevas investigaciones sobre el impacto y los efectos nocivos de la ingestión de plásticos en la salud de las tortugas marinas. El protocolo propuesto por el proyecto INDICIT proporciona una metodología estandarizada para el análisis de la basura ingerida por las tortugas, de gran utilidad para homogenizar la recogida de datos a nivel europeo sobre la composición y abundancia de las basuras y evaluar los impactos de estos elementos en los ecosistemas marinos a través de programas de seguimiento. Mediante el uso de este protocolo se contribuye a la creación de una gran red de datos estandarizados, a partir de los cuales se puede establecer el GES y definir los criterios, apoyando a la Comisión Europea en la implementación del indicador “Basura ingerida por tortugas marinas”.

Tal y como reflejan este y muchos otros trabajos (Tomás *et al.*, 2002; Campani *et al.*, 2013), la contaminación por plásticos en los océanos constituye un gran problema a

escala mundial, tanto para las tortugas como para el resto de los animales marinos (Digka *et al.* 2017). Estos daños en el medio repercuten en el ser humano y, por tanto, es necesario impulsar medidas que mitiguen los impactos ocasionados por las basuras marinas. La reducción, reutilización y reciclaje de plásticos y una correcta gestión de los desechos antropogénicos podría generar importantes cambios, así como la creación de una legislación regional y mundial adecuada. Es importante promover, mediante programas de educación ambiental, una responsabilidad ecológica a nivel mundial para poder dar el valor que se merecen a los océanos y mares del mundo, que tantos recursos nos aportan y de los cuales la humanidad depende encarecidamente para sobrevivir.

Aunque para 2020 no se ha conseguido alcanzar el Buen Estado Ambiental (siglas en inglés, GES: *Good Environmental Status*), en los próximos años será posible alcanzarlo mediante la implementación de políticas efectivas que tengan como objetivo reducir la cantidad de basura en los mares y océanos del mundo, y en especial, reducir el consumo de plásticos. Comprobar la eficiencia de las medidas de mitigación que se lleven a cabo desde la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina será posible mediante la monitorización y seguimiento de las poblaciones de tortugas bobas presentes en las aguas europeas.

8. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez-Hernández, C., Cairós, C., López-Darias, J., Mazzetti, E., Hernández-Sánchez, C., González-Sálamo, J. y Hernández-Borges, J. 2019. Microplastic debris in beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 146:26-32.
- Andrady, AL. 2015. Persistence of plastic litter in the oceans. *Marine anthropogenic litter* (Eds.: Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, M.), Springer, Berlin, 57–72.
- Avens, L. y Snover, M. L. 2013. Age stimation in Sea Turtles. *The Biology of Sea Turtles* (Eds.: Wyneken, J., Lohmann, K. J., Musick, J. A.). CRC Press, Boca Raton, 3:97-133.
- Baztan, J., Carrasco, A., Chouinard, O., Cleaud, M., Gabaldon, J.E., Huck, T., Jaffrès, L., Jorgensen, B., Miguelez, A., Paillard, C. y Vanderlinden, J.-P., 2014. Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current. *Marine Pollution Bulletin*, 80:302–311
- Bentivegna, F., Valentino, F., Falco, P., Zambianchi, E. y Hochscheid, S. 2007. The relationship between loggerhead turtle (*Caretta caretta*) movement patterns and Mediterranean currents. *Marine Biology*, 151(5):1605-1614.
- Biagi, E., Musella, M., Palladino, G., Angelini, V., Pari, S., Roncari, C., Scicchitano D., Rampelli, S., Franzellitti, S. y Candela, M. 2021. Impact of Plastic Debris on the Gut Microbiota of *Caretta caretta* from Northwestern Adriatic Sea. *Frontiers in Marine Science*, 8:127
- Bjorndal, K.A., Bolten, A.B. y Lagueux, C.J., 1994. Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 28:154–158.
- Bjorndal K.A., Bolten A.B., Chaloupka M.Y. 2000. Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications*, 10:269–282
- Bolten, A. B., Bjorndal, K. A., Martins, H. R., Dellinger, T., Biscoito, M. J., Encalada, S. E. y Bowen, B. W. 1998. Transatlantic developmental migrations of loggerhead sea turtles demonstrated by mtDNA sequence analysis. *Ecological Applications*, 8(1):1-7.
- Calabuig Miranda, P. y Liria Loza, A. 2007. Recuperación de tortugas marinas accidentadas en las aguas del archipiélago canario entre los años 1998 y 2003. *Marine turtles: Recovery of extinct populations* (Eds. López-Jurado L. F. & Liria Loza A.), Las Palmas: Instituto Canario de Ciencias Marinas, 111-124.
- Campani, T., Bains, M., Giannetti, M., Cancelli, F., Mancusi, C., Serena, F., Marsili, L., Casini, S. y Fossi, MC. 2013. Presence of plastic debris in loggerhead turtle stranded along the Tuscany coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean Marine Mammals (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 74:225-230.
- Carbery, M., O'Connor, W. y Palanisami, T. 2018. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International*, 115:400-409.
- Carrillo, M. y Alcántara, E. (2014). Informe de las campañas de avistamiento de 2013. Programa de seguimiento de la tortuga boba (*Caretta caretta*) para evaluar el estado de conservación de la especie es las islas Canarias. Observatorio Ambiental Granadilla. 34 pp.
- Casale, P., Abbate, G., Freggi, D., Conte, N., Oliviero, M. y Argano, R. 2008. Foraging ecology of loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the central Mediterranean Sea: evidence for a relaxed life history model. *Marine Ecology Progress Series*, 372:265–276.
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum T., Jang, J.H., Abu-Omar, M., Scott, S.L. y Suh, S. 2020. Degradation Rates of Plastics in the Environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8:2494-3511.

- Comisión Europea. 2008. Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco para la acción comunitaria en el ámbito de la política medioambiental marina (directiva marco de estrategia marina). *Official Journal European Union*, 164: 19-40.
- Dellinguer T. 2007. Comportamiento ecológico y conservación de las tortugas marinas en estado oceánico. *Recovery of extinct populations* (ed. López-Jurado, L. F. & Liria Loza, A.). Las Palmas: Instituto Canario de Ciencias Marinas.
- Digka, N., Bray, L., Tsangaris, C., Andreanidou, K., Kasimati, E., Kofidou, E., Komnenou A. y Kaberi, H. 2020. Evidence of ingested plastics in stranded loggerhead sea turtles along the Greek coastline, East Mediterranean Sea. *Environmental Pollution*, 263: A.
- Frick, M.G., Williams, K.L., Bolten, A.B., Bjorndal, K.B. y Martins, H.R. 2009. Foraging ecology of oceanic-stage loggerhead turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research*, 9:91–97.
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S. y De Vrees, L. 2013. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70:1055–1064,
- Gall, SC. y Thompson, RC. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92:170-179.
- Herrera Pérez, R. 1997. El medio marino de las Islas Canarias. *Revista de Medio Ambiente*, Gobierno de Canarias, 4.
- Hoarau, L., Ainley, L., Jean, C. y Ciccione, S. 2014. Ingestion and defecation of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from by-catches in the South-West Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 84:90–96.
- INDICIT consortium. 2018. Monitorización del impacto de la basura en tortugas marinas. Protocolo para la colecta de datos en ingestión y enmallamiento de tortugas marinas (*Caretta caretta* Linnaeus, 1758).
- Jessop, T. S., Hamann, M. y Limpus, C. J. 2004. Body condition and physiological changes in male green turtles during breeding. *Marine Ecology Progress Series*, 276:281-288.
- Katsanevakis, S. 2008. Marine debris, a growing problem: sources, distribution, composition, and impacts. T.N. Hofer (Ed.), *Marine Pollution: New Research*, Nova Science Publishers, New York, 53-100.
- López-Jurado, L. F. 2007. Historical review of the archipelagos of macaronesia and the marine turtles. *Marine Turtles: Recovery of Extinct Populations* (Eds. López-Jurado, L.F., Liria-Loza, A.), Las Palmas: Instituto Canario de Ciencias Marinas, 53-76.
- MacArthur, E. 2017. Beyond plastic waste. *Science*, 358 (6365), 843–843.
- Marco A., Carreras C. y Abella E. 2015. Tortuga boba – *Caretta caretta*. *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Margaritoulis, D., Argano, R., Baran, I., Bentivegna, F., Bradai, M., Camiñas, J., Casale, P., Metrio, G., Demetropoulos, A. y Gerosa, G. 2003. Loggerhead turtles in the Mediterranean Sea: present knowledge and conservation perspectives. *Loggerhead Sea Turtles*, 11
- Martín, V. O. M. (2004). Análisis del Plan Insular de Ordenación Territorial (PIOT) de Tenerife desde la perspectiva geográfica regional. Cabildo Insular de Gran Canaria, XV. *Coloquio de historia canario-americana*, 156-182.
- Matiddi, M., deLucia, G.A., Silvestri, C., Darmon, G., Tomás, J., Pham, C.K., Camedda, A., Vandeperre, F., Claro, F., Kaska, Y., Kaberi, H., Revuelta, O., Piermarini, R., Daffina, R., Pisapia, M., Genta, D., Sözbilen, D., Bradai, M.N., Rodríguez, Y., Gambaiani, D., Tsangaris, C., Chaieb, O., Moussier, J.,

- Loza, A.L., Miaud, C. 2019. Data Collection on Marine Litter Ingestion in Sea Turtles and Thresholds for Good Environmental Status. *Journal of Visualized Experiments*, 147.
- Matiddi, M., Hochscheid, S., Camedda, A., Bains, M., Cocumelli, C., Serena, F., Tomassetti, P., Travaglini, A., Marra, S., Campani, T., Scholl, F., Mancusi, C., Amato, E., Briguglio, P., Maffucci, F., Fossi, M.C., Bentivegna, F., de Lucia, G.A. 2017. Loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): A target species for monitoring litter ingested by marine organisms in the Mediterranean Sea. *Environmental Pollution*, 230:199-209.
- Monteiro, R. C., do Sul, J. A. I., & Costa, M. F. (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 238:103-110.
- Montesdeoca, N. 2017. Estudio de las causas de morbilidad y mortalidad en las aves silvestres ingresadas en el Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de Tafira, Gran Canaria (2003-2013). Doctoral dissertation, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Monzón-Argüello, C., C. Rico, C. Carreras, P. Calabuig, A. Marco & L.F. López Jurado, 2009. Variation in spatial distribution of juvenile loggerhead turtles in the Eastern Atlantic and Western Mediterranean Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 373: 79-86
- Monzón-Argüello, C., Rico, C., Carreras C., Calabuig, P., Marco, A., López Jurado, L.F. 2009. Variation in spatial distribution of juvenile loggerhead turtles in the Eastern Atlantic and Western Mediterranean Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 373:79-86.
- Monzón-Argüello, C., Varo-Cruz, N. 2020. Canary Islands (Spain). In: Kouerey Oliwina C.K., Honarvar S., Girard A., Casale P. (Eds.). Sea Turtles in the West Africa/East Atlantic Region. MTSG Annual Regional Report 2020. Report of the IUCN-SSC Marine Turtle Specialist Group, 2020.
- MSFD-TG. 2013. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. EUR 26113. *Publications Office of the European Union*, Luxembourg.
- Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley, B. J., Jarvis, D. S., and Lindeque, P. K. 2018. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238:999–1007.
- Nelms, SE., Duncan, EM., Broderick, AC., Galloway, TS., Godfrey, MH., Hamann, M., Lindeque, PK., Godley, BJ. 2016. Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73:165–181
- Nicolau, L., Marçalo, A., Ferreira, M., Sá, S., Vingada, J., Eira, C. 2016. Ingestion of marine litter by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in Portuguese continental waters. *Marine Pollution Bulletin*, 103(1-2), 179–185.
- Nolte, C. R., Nel, R., & Pfaff, M. C. 2020. Determining body condition of nesting loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the South-west Indian Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1–9.
- Norton, T., Wyneken, J. 2015. Índice de condición corporal en tortugas marinas. Georgia Sea Turtle Center
- OAG. 2018. Estado de conservación de la tortuga boba (*Caretta caretta*) en las islas Canarias, 2012-2017. Observatorio Ambiental Granadilla, Santa Cruz de Tenerife.
- Orós, J., Montesdeoca, N., Camacho, M., Arencibia, A., Calabuig, P. 2016. Causes of Stranding and Mortality, and Final Disposition of Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) Admitted to a Wildlife Rehabilitation Center in Gran Canaria Island, Spain (1998-2014): A Long-Term Retrospective Study. *PLoS ONE*, 11(2).
- Parda, J. Y. 2020. La problemática de los microplásticos en Canarias. Trabajo de Fin de Grado en Farmacia. Universidad de La Laguna.

- Pham, C. K., Rodríguez, Y., Dauphin, A., Carriço, R., Frias, J. P., Vandeperre, F., Bjørndal, K. A. 2017. Plastic ingestion in oceanic-stage loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) off the North Atlantic subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 121 (1-2), 222-229.
- PlasticsEurope. 2012. Plastics – the facts 2012. An analysis of European plastics production, demand and waste data for 2011. *Plastics Europe: Association of Plastic Manufacturers*, Brussels, 1–38.
- Rossi, S., Sánchez-Sarmiento, A. M., dos Santos, R. G., Zamana, R. R., Prioste, F. E. S., Gattamorta, M. A., Matushima, E. R. 2019. Monitoring green sea turtles in Brazilian feeding areas: relating body condition index to fibropapillomatosis prevalence. Marine Biological Association of the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(8):1879-1887.
- Ruiz A., Torrent A., Orós J., Calabuig Miranda, P., Déniz, S. 2000. Patologías y causas de mortalidad en tortugas marinas durante 1998 y 1999. Facultad de Veterinaria ULPGC. *Medio Ambiente Canarias*, 16: 23-27
- Schuyler, Q., Hardesty, B., Wilcox, CD., Townsend, K. 2012. To eat or not to eat? Debris selectivity by marine turtles. *PLoS ONE*.
- Secretariat of the Inter-American Convention for the Protection and Conservation of Sea Turtles (IAC). 2004. An Introduction to the Sea Turtles of the World. San José, Costa Rica.
- Seminoff, J. A., Jones, T. T., Resendiz, A., Nichols, W. J., & Chaloupka, M. Y. 2003. Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices to describe population status. Marine Biological Association of the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83 (6), 1355.
- Thomson, J.A., Burkholder, D., Heithaus, M.R., Dill, L.M. 2009. Validation of a Rapid Visual-Assessment Technique for Categorizing the Body Condition of Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Field. *Copeia*, 2: 251-255
- Tomás, J., Guitart, R., Mateo, R., Raga, J.A. 2002. Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 44 (3): 211-216.
- Troëng, S. 2004. Migraciones de las tortugas marinas. *Revista De Ciencias Ambientales*, 28: 20-30
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). The IUCN Red List of Threatened Species 2017-3. Ficha de *Caretta caretta*. Consultada en febrero 2021 en <http://www.iucnredlist.org/details/3897/0>
- Wallace, B.P., DiMatteo, A.D., Hurley, B.J., Finkbeiner, E.M. 2010. Regional management units for marine turtles: A novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *Plos One* 5 (12): 1-11.
- Witherington, B.E. 2002. Ecology of neonate loggerhead turtles inhabiting lines of downwelling near a Gulf Stream front. *Marine Biology*. 140: 843-853.
- Wyneken, J. 2001. The Anatomy of Sea Turtles. U.S. Department of Commerce NOAA Technical. *Memorandum NMFS-SEFSC*, 470: 1-172.

ANEXO: Tablas de datos de las tortugas muestreadas

Tablas 1 y 2: Información de las muestras recogidas en el CRFS “La Tahonilla” correspondientes a las 37 tortugas (*Caretta caretta*) afectadas por basuras marinas.

ID	CCL (cm)	Peso tortuga (kg)	Nº total de items	Nº total de piezas	Peso total de basuras marinas (g)	ICC	Causa de ingreso
10446	26,0	2,00	18	25	0,318	1,13792	Indeterminada
10452	40,0	9,25	3	3	0,03	1,44531	Sintomas de enfermedad
10506	26,0	2,00	2	4	0,007	1,13792	Enmallamiento
10519	30,0	4,38	1	1	0,014	1,62222	Colisión
10808	67,1	51,00	34	150	6,50	1,68812	Indeterminada
10814	50,0	13,90	6	7	1,003	1,11200	Colisión
10904	40,0	7,70	16	51	1,853	1,20313	Sintomas de enfermedad
11587	39,0	6,35	39	80	3,682	1,07048	Indeterminada
11604	32,0	3,65	1	1	4,812	1,11389	Enmallamiento
11886	37,0	6,10	1	1	0,04	1,20427	Indeterminada
11979	46,0	13,20	1	1	0,001	1,35613	Enmallamiento
11984	37,0	7,10	2	2	0,402	1,40169	Sintomas de enfermedad
11986	40,0	8,80	3	3	0,198	1,37500	Sintomas de enfermedad
11988	42,0	9,00	2	18	0,314	1,21477	Indeterminada
12002	52,5	18,00	24	40	5,59	1,24393	Sintomas de enfermedad
12004	33,0	4,45	5	8	0,799	1,23828	Enmallamiento
12017	64,0	34,75	4	7	0,029	1,32561	Bycatch
12076	49,0	15,30	1	1	1,82	1,30048	Indeterminada
12083	28,0	2,45	1	1	0,001	1,11607	Bycatch/enmalle
12089	60,0	23,65	1	2	1,51	1,09491	Indeterminada
12106	22,8	1,48	4	22	0,772	1,24870	Sintomas de enfermedad
12121	30,2	3,60	1	1	0,004	1,30702	Bycatch/enmalle
12124	31,0	3,05	2	2	0,056	1,02380	Enmallamiento
12125	30,0	3,50	1	4	1,150	1,29630	Indeterminada
12143	30,0	3,35	1	1	0,073	1,24074	Sintomas de enfermedad
12157	63,5	30,00	1	2	0,209	1,17166	Bycatch
12292	51,5	14,15	2	3	0,191	1,03594	Enmallamiento
12311	26,0	1,94	2	5	0,224	1,10378	Enmallamiento
12415	26,0	2,06	4	10	0,104	1,17205	Enmallamiento
12457	29,0	2,75	6	12	0,247	1,12756	Capturada sana
12541	41,0	6,50	5	23	0,67	0,94311	Enmallamiento
12555	45,0	9,90	17	33	7,294	1,08642	Enmallamiento
12941	17,5	0,80	1	4	0,287	1,49271	Bycatch/enmalle
13056	42,0	8,90	4	6	0,175	1,20127	Enmallamiento
13216	54,0	18,00	1	2	0,637	1,14312	Indeterminada
13278	57,0	18,55	1	1	0,595	1,00166	Sintomas de enfermedad
13280	33,0	3,80	4	4	1,794	1,05741	Bycatch

(ICC) Índice de condición corporal
(CCL) Largo curvo del caparazón

ID	Tipo												Tamaño					
	ítem						pieces						ítem			pieces		
	she	frag	thr	foa	other	ind	she	frag	thr	foa	other	ind	macro	meso	micro	macro	meso	micro
10446	6	9	3	0	0	0	8	11	6	0	0	0	3	11	4	3	14	8
10452	2	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	1	0	2	1	0
10506	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	1	3	0
10519	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
10808	15	6	13	0	0	0	26	11	103	0	0	0	28	6	0	119	21	0
10814	4	2	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	4	2	0	5	2	0
10904	11	4	1	0	0	0	15	6	30	0	0	0	9	8	0	8	13	0
11587	25	5	9	0	0	0	51	6	23	0	0	0	30	8	1	50	24	2
11604	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
11886	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
11979	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
11984	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0
11986	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0
11988	1	1	0	0	0	0	2	16	0	0	0	0	2	0	0	17	1	0
12002	15	6	3	0	0	0	31	6	3	0	0	0	19	5	0	28	12	0
12004	4	1	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	2	3	0	3	5	0
12017	1	0	3	0	0	0	1	0	6	0	0	0	3	1	0	6	1	0
12076	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	1	0	10	3	0
12083	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
12089	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
12106	2	0	2	0	0	0	3	0	19	0	0	0	4	0	0	22	0	0
12121	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
12124	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0
12125	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	2	2	0
12143	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
12157	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
12292	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0
12311	0	1	1	0	0	0	0	1	4	0	0	0	1	1	0	4	1	0
12415	0	1	3	0	0	0	0	5	5	0	0	0	2	2	0	3	4	3
12457	0	6	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	1	2	3	0	7	5
12541	1	3	1	0	0	0	1	4	18	0	0	0	2	3	0	2	4	0
12555	3	13	1	0	0	0	4	28	1	0	0	0	9	6	1	6	23	4
12941	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0
13056	1	1	2	0	0	0	2	1	3	0	0	0	3	1	0	4	2	0
13216	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0
13278	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
13280	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	4	0	0	4	0	0