

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Máster de Evaluación y Seguimiento Ambiental de Ecosistemas Marinos y
Costeros.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Seguimiento y uso de hábitat de hembras reproductoras de
tortuga boba, *Caretta caretta*, en las costas mediterráneas
española”

TRABAJO FINAL DE MÁTER

Autor/a:

Silvia Vilariño León

Tutor/a:

Eduardo Jorge. Belda Pérez

GANDIA, 04 de Agosto del 2020

Índice

Abstract	2
Agradecimientos	3
1.Introducción	4
2. Materiales y Métodos	7
2.1 Ciclo de vida de la Tortuga Boba.....	7
2.2 Dispositivo de seguimiento: marcas de seguimiento satelital	8
2.3 Análisis de los datos de localizaciones.....	10
2.3.1 Filtrado de datos	10
2.3.2 Definición trayectorias y su visualización	10
2.4 Análisis de posibles puestas a partir de las localizaciones.	11
2.5 Análisis de los usos del hábitat.....	13
2.5.1 Análisis descriptivo del movimiento	13
2.5.2 Fragmentación de la trayectoria en segmentos homogéneos.....	14
3. Resultados	15
3.1 Evaluación de posibles puestas	15
3.2 Visualización de posibles puestas y las trayectorias globales	18
3.3 Análisis de trayectorias y sus movimientos.....	21
3.4 Fragmentación de la trayectoria	22
4.Discusión.....	24
4.1 Posibles eventos de nidificación.....	24
4.2 Descripción de trayectorias y sus áreas de uso.....	25
4.3 Ajuste a los modelos de movimiento continuo.....	26
4.4 Segmentación de la trayectoria.....	26
5.Conclusión.....	26
6. Bibliografía	29

Seguimiento y uso de hábitat de hembras reproductoras de la tortuga boba, *Caretta caretta*, en las costas mediterráneas españolas.

Abstract

In this study, satellite tracking of breeding females of the Mediterranean loggerhead turtle (*Caretta caretta*) found on beaches on the Spanish coast between 2018-2019 was carried out. The objective of the study was the description of nesting events and the analysis of habitat use carried out during satellite monitoring. The trajectory of each individual was defined, and possible nesting events were evaluated. We analyze habitat use by visualizing and analyzing trajectories. The analysis of the trajectories was carried out by fitting them to the more accepted continuous movement models, and segmentation into homogeneous fragments based on the average distance traveled every 12 h. The results show exploratory movements and landings on Spanish and Algerian coastal beaches, recording for the first time the use of the Algerian coast as a habitat of possible interest. Data sets could not be fitted to continuous motion models, but the results of the segmentation were significant. This study highlights the need for a longer satellite monitoring that allows defining the habitats used in this Mediterranean region, and that can take a complete record of the colonization of this species on the Spanish coast.

Key words: satellite tracking, loggerhead turtle, Mediterranean Sea, breeding, habitat use.

Resumen

En este estudio se realizó el seguimiento satelital de hembras reproductoras de tortuga boba del Mediterráneo (*Caretta caretta*) encontradas en playas de la costa española entre el 2018-2019. El objetivo del estudio fue la descripción de eventos de nidificación y el análisis del uso de hábitat realizado durante el seguimiento. Se definió la trayectoria de cada individuo, y se evaluaron los posibles eventos de nidificación. Analizamos el uso del hábitat mediante la visualización y análisis de las trayectorias. El análisis de las trayectorias se realizó mediante su ajuste a los modelos de movimiento continuo, más aceptados, y la segmentación en fragmentos homogéneos en función de la distancia media recorrida cada 12 h. Los resultados evidencian movimientos exploratorios y salidas a tierra en playas de costa españolas y argelina, registrando por primera vez el uso de costa argelina como hábitat de posible interés. No se pudieron ajustar los conjuntos de datos a los modelos de movimiento continuos, pero los resultados de la segmentación resultaron significativos. Este estudio resalta la necesidad de realizar un seguimiento satelital más prolongado que permita definir los hábitats usado en esta región del mediterráneo, y que pueda tomar registro completo de la colonización de esta especie en costa española.

Palabras Claves: Seguimiento satelital, tortuga boba, Mediterráneo, nidificación, uso del hábitat.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido posible gracias a la financiación de las marcas y del seguimiento por parte del Instituto de Gestión Integrada de Zonas Costeras, y por la Fundación Oceanográfica. Los costes de seguimiento los datos vía satélite, ARGOS, se financiaron a cargo del Fondo de sostenibilidad de I+D+i clave 88701537 de E.Belda de la UPV, y cuando estos recursos se agotaron, fue pagado de forma privada por E.Belda y J. Tomás.

También, quiero agradecer a las personas que avisaron al 112 e hicieron posible la localización y marcaje de las tres hembras. Así mismo, quiero destacar la colaboración recibida de la Generalitat Valencia, y con especial mención quiero agradecer a J.A. Pujol y J. Eymar, O. Revuelta, S. Abalo y V. Crespo, por su colaboración, noches de trabajo y horas de sueño perdidas para hacer posible este proyecto.

E.Belda, J. Tomás y J.L. Crespo y/o las instituciones que representan son los propietarios de estos datos que me han cedido con el único fin de poder realizar este TFM.

1.Introducción

Las evidencias físicas y biológicas de los efectos del cambio climático en el Mar Mediterráneo han sido registradas a lo largo de décadas por múltiples estudios de diferentes disciplinas. El grupo de trabajo de Vargas-Yáñez et al. (2008) llevó a cabo un análisis hidrográfico en series de tiempo basado en los datos obtenidos de las estaciones de Eco-málaga y el estrecho de Gibraltar, cuyo resultado mostraron la existencia de un claro calentamiento en ambas áreas. Ambas áreas se encuentran influenciadas por diferentes dinámicas y condiciones oceanográficas y meteorológicas. La coincidencia del proceso en estas dos diferentes áreas nos indica, según concluyeron, que los cambios observados simplemente reflejan un proceso a mayor escala. Además, evidenciaron que las tendencias de calentamiento no son procesos lineales ni constantes, y que los ciclos duraderos de varios años pueden producir aceleraciones de las tasas de calentamiento como en el caso de la década de los 90s o una reducción de ellas como en el caso de 2001 a 2005.

Se han observado dos efectos impulsados por el cambio climático en las capas de agua superficiales: la tendencia positiva del aumento de temperatura y el incremento de la frecuencia de eventos excepcionales. Estos efectos producen cambios visibles que están impactando sobre los ciclos de vida, el esfuerzo reproductor y la demografía de la biota marina mediterránea y de estos resultan sutiles respuestas adaptativas como ajustes fisiológicos y procesos microevolutivos. Una de las consecuencias directas de este calentamiento, entre otras, es el simultáneo incremento de especies termo-tolerantes en detrimento de especies estenotermas por lo que se producirán cambios en las áreas de distribución y dinámicas poblacionales de todas las especies que lo habitan. Las especies estenotermas se encuentran concentradas en la cuenca Noroeste del mar mediterráneo mientras que las especies termófilas se encuentran más focalizadas en la cuenca Este mediterránea (Lejeune et al., 2010).

La tortuga boba, *Caretta caretta*, es la especie de tortugas marina predominante a lo largo de todo el Mar Mediterráneo, y sus principales zonas de anidación se encuentran concentradas en la cuenca Este. Principalmente, esta subpoblación anida en las playas de Grecia, Turquía y Chipre (Casale and Margaritoulis, 2010). La población global de la tortuga boba presenta una tendencia de crecimiento negativa, pero a pesar de ello, está catalogada como vulnerable (VU) según la Lista Roja de la UICN (International Union for Conservation of Nature). La subpoblación mediterránea presenta una tendencia de crecimiento positiva y se encuentra catalogada como preocupación menor (Least Concern, LC). Mientras que en España, esta especie es incluida como vulnerable por el Real Decreto 139/2011, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (Del Estado, B. O., 2011), conocido como la CNEA (Catálogo Nacional de Especies Amenazadas).

Las amenazas de las tortugas marinas varían a lo largo de las distintas regiones que habitan, pero las categorías más generales incluyen la pesca accidental, pesca comercial (como la toma de estas para explotación de recursos primarios; huevos, carne, piel o productos de tortugas), el desarrollo urbanístico costero, contaminación

ambiental (principalmente, plásticos y residuos tóxicos), enfermedades provocadas por organismos patógenos y cambio climático (Wallace et al., 2011).

Estudios centrados en la evaluación del estado de su conservación a un nivel más específico desarrollaron un criterio y un proceso de evaluación para categorizar estado de conservación de las distintas unidades de regionales para cada especie de tortuga marina. Esta evaluación se basó en índices de riesgo y amenaza, entendiendo como riesgo la viabilidad de la población, y como amenazas todos los impactos antropogénicos directos e indirectos (Wallace et al., 2011). Los resultados obtenidos dicha evaluación para las unidades regionales mediterráneas (n=4), indican que el estado de conservación prevalente fue LR-HT (Low Risk-High Threats). El cual definieron como unidades regionales que presentan una larga, estable y/o incrementada abundancia, con una elevada diversidad bajo y con un grado de amenaza relativamente alto. Destacaron que esta categoría es robusta en la actualidad, pero si las amenazas no cesan, estas unidades pueden sufrir disminución de su abundancia en el futuro. Indicaron que garantizando la disminución de estas amenazas, interviniéndolas antes de que el impacto se vuelva más significativo, a nivel poblacional, podremos minimizar su impacto a nivel regional e incluso evitar que se manifieste.

Por otro lado, en este estudio la comisión pesquera mediterránea indico que el riesgo de amenaza más elevado se debe por pesca accidental (Wallace et al., 2011). La probabilidad de su pesca accidental es muy alta. El Mar Mediterráneo está considerado una de las zonas más importantes del mundo para la industria marítima, ya que supone una ruta clave en el comercio mundial dada su posición estratégica entre el canal de Suez, Gibraltar y el Bósforo, siendo una de las zonas del mundo de mayor tráfico marítimo (Sabatini L. y Castells M., 2013)

La subpoblación mediterránea tiene su origen en una colonización secuencial de individuos atlánticos: La primera durante el Pleistoceno antes del último periodo glacial máximo hace unos 20.000-200.000 años donde alcanzaron la cuenca este del Mediterráneo, la segunda la región de Calabria en el Holoceno, y la tercera la consideran dentro del Mediterráneo central y en proceso (Carreras et al., 2017). Los estudios genéticos sobre la subpoblación Mediterránea parecen indicar que esta subpoblación no se mantiene por inmigración de individuos procedentes del Atlántico, lo que acentúa la importancia de medidas de conservación regional (Broderick, A. C. et al., 2002).

En las últimas décadas, estudios recientes han registrado y confirmado la puesta esporádica de nidos a en el Mediterráneo Occidental, principalmente en las costas de la Península Ibérica y en Italia (Llorente et al., 1992; Tomas et al., 2002, 2008; Carreras et al., 2018). Este hecho es raro ya que no se considera dentro del área de distribución, y anidación habitual registrado para esta especie dentro del Mar Mediterráneo (Margaritoulis, 2005). Estos nidos tienen como progenitores tanto individuos de origen atlántico como mediterráneo (Carreras et al., 2018)

Esto sugiere una línea atractiva e importante de estudio para muchos investigadores, que se pregunta cuál es la naturaleza de estos eventos, y ven la posibilidad de estar registrando un evento de colonización de esta especie, en una región del Mediterráneo en la raramente se había encontrado anteriormente. El estudio filogenético de Carreras et al. (2018) sugieren que los eventos esporádicos de anidación del Mediterráneo oeste se pueden considerar como una nueva población potencial dentro del escenario de un aumento de temperaturas.

En cuanto, al uso del hábitat por parte de los individuos adultos de esta especie al igual que para otras especies de tortugas marinas, se asume que dividen su tiempo entre varias zonas de alimentación, de fidelidad variable, y la zona de anidamiento. Realizando movimientos migratorios constantes en los que las tortugas van y vuelven, en función de la época del año, recorriendo miles de kilómetros entre una zona y otras (e.g. Haywood et al., 2020; Luschi, P. & Casale, P., 2014; Broderick et al., 2007; Hays et al, 2006).

En el Mediterráneo, a partir de los estudios de seguimiento satelital hemos conocido que las hembras de esta especie tras realizar su puesta se dirigen a las zonas neríticas alimentación, cerca de la costa de Túnez (Luschi, P. et al., 2018). Otros estudios como el de Haywood et al. (2020), profundizan en la fidelidad de hábitat que usan tras su periodo reproductor sugiriendo que la mayoría tortugas bobas del mediterráneo acuden a zonas neríticas de alimentación, en las que incluyen Túnez y la región Adriática. Además, este estudio registra por primera vez un comportamiento distinto por hembras de la población norte de Chipre. Estas se alimentaron en zonas oceánicas tras su periodo reproductor, e indican que este comportamiento había sido registrado de manera ocasional.

Esta información nos permite conocer cuáles son las áreas de mar Mediterráneo más importantes para la conservación de la especie (Mazor, T., et 2016; Hays, G. C., et al., 2019; Shillinger et al., 2008). En nuestro caso al tratarse de una posible colonización incipiente para la región occidental del mar Mediterráneo, aun no conocemos cuáles son sus áreas de alimentación, y no tenemos tampoco definidas sus zonas de puesta. Por esto es importante obtener información de sus desplazamientos y definir estas áreas.

El objetivo del presente estudios es realizar la descripción de posibles eventos de nidificación, a partir del seguimiento de hembras de tortuga boba marcadas con emisores satelitales en playas españolas, definir la trayectoria, clasificar el tipo de movimiento y analizar el uso de hábitat realizado durante el periodo reproductor y post-reproductor. Todo ello a partir de las localizaciones obtenidas vía telemetría satelital e implementando los últimos avances en herramientas analíticas del movimiento.

2. Materiales y Métodos

2.1 Ciclo de vida de la Tortuga Boba

En lo referente al hábitat y ecología de esta especie, las hembras de tortuga boba anidan en playas de arena insulares y continentales en las regiones templadas y subtropicales. El periodo de reproducción en el Mediterráneo se inicia a finales de la primavera y verano, mientras que la eclosión de los nidos se inicia en verano y se prolonga durante el Otoño (Marco et al., 2015). Una vez han eclosionado los huevos, las crías comienzan una fase oceánica en los mayores sistemas de corrientes, los giros oceánicos. Estos son identificados como sus áreas de desarrollo, en mar abierto, hasta que alcanzan la madurez sexual (Putman and Mansfield, 2015). Se estima que esta fase de desarrollo puede durar de 4-19 años (Avens and Snover, 2013), y además el tiempo dependerá de múltiples variables fisioecológicas. Después los juveniles pasan a una etapa del desarrollo en hábitat neríticos, donde encuentran mayor variabilidad de alimento y donde crecen hasta alcanzar la madurez sexual, alrededor de los 10-39 años (Avens and Snover, 2013). Esto acentúa el interés de su conservación y especial seguimiento, ya que es una especie que tarda mucho tiempo en alcanzar la madurez sexual, y esto aumenta el riesgo a la hora de predecir su dinámica poblacional.

Los individuos de tortuga boba se caracterizan por ser altamente migratorios y por usar diversos hábitats a lo largo de su vida, alternando sus zonas de ocupación en función de múltiples variables ambientales y ecológicas (Dujon et al., 2018). La mayoría de los individuos que se encuentran en aguas españolas tienen una vida principalmente oceánica con una alimentación pelágica (Marco et al., 2015). Algunos autores como Bolten y Witherington (2003), defienden que, durante los periodos no reproductivos, los adultos de esta especie residen en zonas neríticas costeras de alimentación que coincide con hábitats de desarrollo juvenil. No obstante, hay estudios sobre el análisis del comportamiento de tortugas bobas del Mediterráneo Central (Luschi et al., 2018), que sugieren que los individuos adultos presentan una alta plasticidad comportamental, y aportaron más información sobre los movimientos ecológicos de la subpoblación mediterránea de esta especie.

Hay que destacar que la reproducción por parte de las hembras no presenta una periodicidad anual, sino que estas suelen dejar 1 o 2, raramente, y 3, principalmente, temporadas de reposo. Esta frecuencia puede variar con el tiempo tanto a nivel poblacional como individual en función de condiciones ambientales como la temperatura o la disponibilidad del alimento. A pesar de ello se estima que cada hembra puede anidar entre 1-7 veces por temporada con una media de 3-5 según zona (Marco et al., 2015). En el Mediterráneo oriental, la frecuencia de puestas es menor que en Cabo Verde o Florida (Broderick et al., 2003), oscila entre 1.8-2.2 por hembra (Broderick et al., 2002). El proceso de anidación tiene una duración estimada de 67.4 minutos con una desviación estándar de $\pm 16,97$ y un rango que va desde los 39 min hasta los 140 min. (Díaz-Merry y López-Jurado, 2004). No se tiene datos para el Mediterráneo Occidental.

El intervalo de tiempo entre anidaciones consecutivas puede variar entre 10-18 días (Marco et al., 2015), por lo que asumimos que este es el tiempo necesario para desarrollar los huevos completamente. Además, según indican Hays et al. (2002), las temperaturas altas del agua pueden reducir sensiblemente el tiempo transcurrido entre puestas

sucesivas. El periodo de incubación de los huevos oscila entre 47-62.3 días para los individuos del Mediterráneo (Margaritoulis et al., 2003). Por otro lado, la temperatura fundamental (pivotal temperatura), conocida como la temperatura constante de incubación necesaria para producir el 50% de cada sexo, se estima para esta especie en 29,3 °C (Mrosovsky et al., 2002). En cuanto a los machos de esta especie, se considera que estos son el principal motor del flujo de genes, y además se estima que estos se reproducen, si es posible, temporada tras temporada (Marco et al., 2015)

2.2 Dispositivo de seguimiento: marcas de seguimiento satelital

El estudio se desarrolló entre la primavera y verano de 2018 y 2019. En 2018, se marcaron tres hembras de tortuga boba mediante dispositivos de seguimiento satelital, mientras que, en 2019, no fue posible marcar a ninguna hembra. Se emplearon los tres tipos de dispositivos de seguimiento que se indican en la **Tabla 1**. Las tortugas fueron localizadas por personas que estaban esas noches en las playas y que avisaron al 112.

Existe en la Comunidad Valenciana, un protocolo interno en el cual si el 112, numero de emergencia en España, recibe un aviso de una tortuga en playa, este se redirecciona y se avisa a la “Red de Varamientos de tortugas y cetáceos”, que es gestionada por la Unidad de Zoología Marina del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Por último, la red de varamientos da aviso al grupo de marcado de tortugas marinas de la Comunidad Valenciana, en el que colaboran investigadores y personal de la Genralitat Valenciana, la Universitat de Valencia (J. Tomás), el Oceanogràfic de Valencia (J.L. Crespo) y la Universitat Politècnica de València. (E. Belda).

El marcaje de los individuos se llevó a cabo durante el periodo reproductor del verano de 2018. Tres fueron el total de hembras que se pudieron marcar ese verano intentando realizar puestas en diferentes playas (**Tabla 1**). En este estudio analizaremos los datos de estas tres hembras. Dos de las tres hembras marcadas fueron observadas excavando nidos, pero no realizaron puesta. Las tres tortugas fueron retenidas al detectarse que volvían al mar. En las ecografías realizadas, previas al marcaje, en las tres hembras se detectaron sus folículos preovulatorios, pero solo una de ellas presentaba huevos formados con cascara incipiente en estado ovulatorio (Crespo et al., 2018).

Tabla 1: Resumen General de las marcas satelitales usadas, el número días de seguimiento, las coordenadas del lugar de marcaje, su localidad y las distintas identificaciones.

Hembras Marcadas	ARGOS ID	Localidad de encuentro	Coordenadas	Fecha de encuentro	Seguimiento (Días)	Tipo de marca satelital
Yaiza	33052	Alboraia	39,51° N 0,32° W	27/06/2018	191	Wildlife computer SPLASH10-BF-334
Maria	60623	Benicassim	40,02° N 0,049° E	30/06/2018	14	Wildlife computer SPOT-352
Ana	36422	La Zenia	37,91° N 0,72° W	08/07/2018	129	Sirtrack F6G

Las hembras sólo se retuvieron en la playa el tiempo necesario para su marcaje y toma de muestras biológicas, dejándolas volver al mar inmediatamente después. El tiempo que se tardó en marcar a las hembras osciló entre 1 y 4 horas, desde que se recibió el aviso en el 112.

Se contaba con una autorización del Ministerio de agricultura, Pesca Alimentación y Medio Ambiente para el marcado satelital y recogida de muestras biológicas de hembras reproductoras de tortuga boba en el litoral mediterráneo español (ref: DIV/BDM/AUTSPP/3812017), trabajos coordinados por E. Belda) y por la autorización de la Generalitat Valenciana. Ambas autorizaciones son necesarias pues se trata de especies en el CNEA y catalogadas como Vulnerables, y con competencia de ambas administraciones.

El seguimiento se realizó mediante el sistema de satélites ARGOS de CLS (<http://www.argos-system.org/>). Este sistema dispone de seis satélites en órbita polar. Estos reciben la señal de radio (401.620-401.680 Mhz) emitida por la marca, y estas señales son reenviadas por los satélites a estaciones de CLS en tierra, donde se procesa y estiman la localización basándose en el efecto doppler. Las marcas emiten cuando la tortuga está en superficie, en intervalos de 30-45 segundos según la marca. Se necesita que el satélite reciba varios mensajes para que sea posible triangular la posición de la marca. Según la calidad y precisión de las localizaciones, ARGOS clasifica las localizaciones en 7 clases (Clases: 3, 2, 1, 0, A, B, Z). La precisión de estas localizaciones oscila dependiendo diversos factores, aun así, estudios recientes definen su precisión como < 250 m, 250-500 m, 500-1500 m, >1500 m, para las clases 3, 2, 1, y 0, respectivamente. Mientras que las clases A y B, se consideran localizaciones auxiliares, con error desconocido porque no presenta las 4 señales mínimas necesaria para determinar su error. Por último, la clase Z, se definen todas aquellas localizaciones que no pasan, al menos, dos de las pruebas de plausibilidad de ARGOS (Witt *et al.*, 2010).

Las marcas van equipadas con sensores de temperatura y sensores de seco-húmedo húmedo, y en el caso de las dos marcas de Wildlife, además se les puede programar que, si el animal está en seco durante un cierto tiempo, registré y envíe señales de este evento (en inglés “hallout”). De esta manera podemos saber si el animal ha estado en seco y durante cuánto tiempo. Si este evento de “hallout” coincide con una posición en playa, es posible que esté realizando una puesta.

Además de la localización por ARGOS, dos de las marcas contaban con un sistema de localización similar a un GPS, denominado Fastloc GPS que permite que en muy pocos de segundo pueda obtenerse una localización con una precisión de apenas unos pocos metros de error. Este sistema no es tan preciso como un GPS, pero dado que las tortugas puede que estén muy poco tiempo en superficie, el Fastloc permite obtener estimas de localización, algo que muchas veces no es posible con un GPS que puede necesitar varios minutos para localizar un número suficiente de satélites para establecer una posición. El sistema de Fastloc sólo detecta los satélites que están a la vista de la marca. En función de qué satélites se han detectado y la hora a la que se puede procesar a posteriori la localización. Su precisión ronda los 50 metros dependiendo del número de satélites localizados y empleados para determinar la posición.

Todos los dispositivos fueron unidos al caparazón de las tortugas con resina epoxy y fibra de vidrio según el procedimiento estándar. La resina usada fue West System, resina de dos componentes (105 +204). Antes de adjuntar estos dispositivos a las tortugas, se limpió el caparazón con isopropanol al 70% para ayudar a eliminar las grasas

2.3 Análisis de los datos de localizaciones.

2.3.1 Filtrado de datos

Las localizaciones obtenidas fueron registradas con el sistema de coordenadas decimal, datum WGS 1984, tanto para ARGOS como para Fastloc GPS. En ambos estudios (Joo et al., 2019 y Calabrese, et al., 2016), la primera parte de este proceso consiste en una limpieza exhaustiva de los datos, que comienza con la aplicación de un filtro y finaliza con la visualización del conjunto de datos.

Primero, realizamos una limpieza básica de los datos, donde se eliminaron todos aquellos registros incompletos de latitud y longitud (eliminamos los datos NA, “Not Aviable”), registros que sean duplicados según fecha y hora por último se filtraran en función de su calidad y otros parámetros. Para ello usaremos el software de R de computación estadística (R Core Team, 2013), y el paquete del Filtrador de Localizaciones de Argos (`argosfilter`) (Freitas, C., & Freitas, M. C., 2010), el cual usaremos para el filtrado de nuestros conjuntos de datos. Este contiene una serie de funciones que elimina duplicados en función de la fecha y filtra nuestros datos en base a un parámetro predefinidos, incluidos en la función `sdafilter` (Freitas, C., & Freitas, M. C., 2010). En nuestro caso, se usaron los parámetros definidos por defecto ($V_{max} = 2$ m/s; $ang = c(15,25)$; $distlim = c(2500,5000)$). Se filtraron aquellas posiciones improbables debidos a que la velocidad de movimiento de la tortuga fuese demasiado elevada ($V_{max} = 2$ m/s) o que fuesen erráticos (filtrando por el ángulo del movimiento).

Por otro lado, a las localizaciones GPS, se les reclasificó con una nueva clase de precisión, clase 4, ya que estos datos son más precisos que cualquier dato obtenido con el sistema ARGOS. Todas las localizaciones obtenidas con este sistema fueron conservadas.

2.3.2 Definición trayectorias y su visualización

Tras el filtrado, todas las localizaciones fueron transformadas a la proyección UTM con el fin de facilitar los cálculos relativos de medidas basada en la distancia. Para obtener la distancia total recorrida y su velocidad media hemos usado el paquete R de Análisis del movimiento animal (`AdehabitatLT`) (Calenge, C., 2011), con el cual tras definir previamente las trayectorias con las funciones que integra, y tras convertirlas al sistema UTM, calculamos su valor para cada tortuga. También se calcularon estos parámetros con el paquete R de Visualización y análisis de datos de localización animal (`Move`) (Kranstauber, B. et al., 2017). Con dicho paquete, se definió una trayectoria de tipo II

que corresponde con trayectorias en las cuales el tiempo se encuentra definido para cada localización. Además, todas las trayectorias definidas presentaban un carácter irregular debido a la frecuencia de muestreo.

Tras definir su trayectoria, estas se representaron en un mapa de coordenadas dentro de su contexto geográfico adecuado, y con su batimetría. La batimetría fue incluida con el paquete de R para importar, trazar y analizar datos batimétricos y topográficos (*marmap*), el cual toma los datos de la NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) (Pante, E. et al., 2015). Esta visualización nos permitirá discernir entre las diferentes zonas de paso diferenciándolas en zonas neríticas y zonas pelágicas. Esto nos informará del tipo de hábitats más usado por nuestras tortugas en su etapa reproductora y postreproductora, cuyo límite lo estableceremos de forma individual basándonos en los resultados obtenidos en el siguiente apartado.

Tras su definición clasificaremos cada trayectoria, atendiendo a las tres principales formas de tipos de movimientos más reconocidas, y descritas en el estudio de Mingozzi et al. (2016). Estos tres tipos son los siguientes: Local, dispersivos y migratorios.

2.4 Análisis de posibles puestas a partir de las localizaciones.

Con el objetivo de definir si las localizaciones de tierra registradas, por los diferentes dispositivos de localización de cada tortuga, puedan considerarse como eventos de anidación real, posibles o simplemente son salidas esporádicas “exploratorias”. Hemos considerado una serie de criterios que han de cumplirse en todos los casos para poder afirmar o no la anidación real o posible por parte de las hembras marcadas de esta especie.

Primero aislaremos las localizaciones que se encuentren cercanas a la costa hasta unos 2 km, aproximadamente, o en tierra firme, en horario nocturno (22:00 a 6:00), ya que este es el momento de anidamiento definido para las hembras de tortuga boba. En la mayoría de casos, también, tomaremos localizaciones en las horas previas para poder apreciar su direccionalidad.

Por otro lado, es importante conocer cuál es el estado de las gónadas y el estado hormonal de estos individuos el día de su marcaje (Estado inicial, estado de referencia) para saber si su ciclo reproductor está activo, y conocer de si estas fueron observadas anidando o no, toda esta información fue extraída del estudio de Crespo-Picazo et al. (2018). Si las gónadas no presentan huevos puede ser debido a que ya los ha nidificado, o simplemente, todavía no los ha desarrollado. Aun así, el individuo puede tener el ciclo reproductor activo.

Relacionando todo esto con las evidencias observadas se puede obtener información considerando los datos sobre la ecología reproductora de las hembras de esta especie. En nuestro caso nos basaremos en los resultados obtenidos de las ecografías y análisis realizados *in situ* previos al marcaje, las observaciones obtenidas en el momento del mismo, la información adicional obtenida con el seguimiento vía satelital y las observaciones posteriores.

Basándonos en el intervalo entre anidamientos, considerando lo como el tiempo necesario para el desarrollo de huevos, y en el estado inicial (momento del marcaje), podemos clasificar las noches cercanas a tierra como posibles intentos de mayor o menor probabilidad en base al primer criterio establecido, **el criterio de compatibilidad temporal de la formación de los huevos**. Un ejemplo de la aplicación del primer criterio sería; si la tortuga no presenta huevos el día del marcaje, y si presenta posiciones en tierra a los pocos días (1-5 días), teniendo en cuenta que necesita de 10-18 días para desarrollarlos completamente, descartaremos esas posiciones como posibles eventos de anidación debido a una incompatibilidad temporal y lo consideraremos un acercamiento a costa o salida de tierra exploratoria (definido con la clasificación **D**), pero si por el contrario, estas posiciones son temporalmente compatibles con el periodo de gestación estimado, entonces, podremos considerándolos como posibles eventos de anidación más probables según el criterio de compatibilidad temporal de la formación de huevos. Todas las posiciones que cumplan el criterio de compatibilidad temporal, serán clasificadas como la letra **C**, la cual indicará, según este estudio, una baja pero existente probabilidad de que el evento de anidación fuese posible o real, en caso contrario, recibirán la clasificación **D** de nula probabilidad.

Tras cumplir este criterio, las localizaciones se someterán al segundo criterio establecido, **el criterio de la duración del proceso de anidación**, en los casos que exista dicha información mediante sensores de seco y húmedo, de lo contrario haremos una aproximación entre el tiempo transcurrido entre su primera posición y la última cerca de tierra. Un ejemplo la aplicación de este criterio sería; Si la posición de tierra es de más de 10 días desde la ecografía nula, y además la duración de la salida a Tierra ronda entre 50-85 min, podríamos considerarlo como un posible intento puesto que, como se cita en la bibliografía, la duración media estimada del proceso de anidación se estima en 67,4 min (SD= $\pm 16,97$). Si la salida a tierra presenta duraciones inferiores o no tenemos datos suficientes, esta salida se mantendrá en la categoría **C**. En caso de que cumplan el criterio se categorizaran con la letra **B**, la cual indica una probabilidad media-alta de que el evento de anidación sea posible o real. Hay que destacar, que en pocos casos fue posible la obtención de datos de su tiempo en tierra (Hallout) mediante el sensor de seco-húmedo. En la mayoría de las localizaciones carecemos de esta información. Aun así, en los casos que sea posible, estimamos el tiempo de tierra explorando la diferencia de tiempo entre estas localizaciones y sus posteriores.

Aun así, seguimos hablando de posible intento con una probabilidad “media-alta” ya que la única forma de confirmarlo sería que cumpliera con el último criterio, **el criterio de veracidad**. Sólo con la observación del nido en la playa podemos asegurar con fiabilidad que el evento de anidación ha sido completado y real como para tomar registro de él, categorizando la localización con la **A**. Por lo tanto, para cada una de nuestras tortugas, contabilizaremos el total de las localizaciones en tierra, y estimaremos cuantas de estas son salidas esporádicas/exploratorias, posible eventos o anidaciones. En base a los resultados, en nuestro estudio definiremos el fin que el periodo reproductor, consecuentemente, el inicio de periodo post-reproductor como el día siguiente de la última fecha de detección en Tierra registrada para cada una de las hembras marcadas como un límite arbitrario de carácter individual.

2.5 Análisis de los usos del hábitat

2.5.1 Análisis descriptivo del movimiento

Antes y después de la limpieza, cada conjunto de localizaciones fue representadas mediante un gráfico de dispersión con el objetivo de identificar problemas y aspectos generales de nuestros datos reales (Calabrese et al., 2016). El diagnóstico visual es importante no solo para reconocer datos erróneos ni identificar posibles fallos en el seguimiento, sino que también nos puede ayudar a reconocer el modelo de movimiento que más se ajusta a nuestros datos. Para ello tenemos que hacer lo que otros autores denominan el proceso exploratorio de señales (Fleming et al. 2014). En nuestro caso seguiremos el proceso definido en el estudio de Calabrese *et al.* (2016), en el cual se presenta un nuevo paquete de R sobre modelado del movimiento en tiempo continuos (*ctmm*), implementa todas las funciones básicas necesarias para realizar un análisis descriptivo de los movimientos animales e incluye todos los modelos de movimiento más robustos definidos hasta la fecha.

Según indica este estudio primero hemos de empezar con un diagnóstico visual que nos permita detectar grandes erratas. En segundo lugar se realiza el proceso exploratorio de señales, para ello extraemos los variogramas pertenecientes a cada conjunto de localizaciones y los interpretamos. Tras su interpretación seleccionaremos una serie de modelos candidatos, en base a las características de los variogramas. Seleccionamos el modelo de movimiento que mejor pueda ajustarse a nuestros datos basándonos en los modelos teóricos expuestos en el estudio de Calabrese et al. (2016) (ver **Tabla 2**, adaptada del estudio de Calabrese et al., 2016). Una vez hemos seleccionado los modelos candidatos, estos serán ajustados al conjunto de datos, y, por último, optaremos por el modelo de movimiento continuos que presente el mejor ajuste a nuestros datos. Todo esto con el fin de representar el modelo que mejor describa el uso del hábitat realizado por nuestras tortugas marcadas. Si nuestros datos no se ajustan a ningún modelo, entonces realizaremos una fragmentación del movimiento en segmentos homogéneos en base a la distancia recorrida, tal y como se explica en el siguiente apartado.

Tabla 2: Tabla adaptada del estudio de Calabrese et al., 2016. Incluye los modelos de movimiento continuos más comunes, y sus características de posición y velocidades, y además se indica si son aptos para la definición de un área de residencia.

Modelos de Movimiento	Posiciones Autocorrelacionadas	Velocidades Autocorrelacionadas	Área de Residencia (Home Range)
Independent Identically Distributed (IID)	No	No	Si
Brownian Motion (BM)	Si	No	No
Ornstein-Uhlenbeck (OU)	Si	No	Si
Integrated Ornstein-Uhlenbeck (IOU)	Si	Si	No
Ornstein-Uhlenbeck F (OUF)	Si	Si	Si

2.5.2 Fragmentación de la trayectoria en segmentos homogéneos

Para fragmentar nuestras trayectorias implementaremos el método de Gueguen (2001), este método se basa en la partición Bayesiana de una secuencia. Asume que biológicamente, una autocorrelación positiva en alguno de los parámetros descriptivos (distancia, ángulos, etc.) puede significar que el comportamiento de un animal está cambiando con el tiempo (ej.: hay periodo durante los cuales los animales se alimenta y otros durante los cuales descansan). Por lo tanto, la idea principal sobre la que se basa este método es en dividir la trayectoria en segmentos homogéneos en base a estos parámetros (Calenge, C., 2011). En nuestro caso, trataremos de identificar segmentos homogéneos en base a las distancias recorridas cada 12 h, para ver si hay cambios en la distancia que recorren en función del tiempo, y los compararemos entre el periodo reproductor y el período postreproductor.

De esta comparación esperamos que durante la época reproductora la media de la distancia recorrida sea mayor que en el periodo postreproductor, puesto que, si nos basamos en el ciclo de vida de esta especie, esperamos que durante esta época no se alimente y solo se desplace en busca de un buen sitio para anidar. Mientras que durante el periodo postreproductor, esperamos que los desplazamientos realizados sean más cortos debido a la falta de energía y a la necesidad de encontrar una zona de alimentación en la cual recuperarla, en donde merodeará hasta que tenga energía suficiente para realizar desplazamiento de mayor distancia.

Para esto utilizaremos el paquete R de Análisis del movimiento animal (*AdehabitatLT*) (Calenge, C., 2011), cuyo manual indica que primero tenemos que discretizar el conjunto de datos. En nuestro caso, discretizamos la trayectoria en el tiempo para obtener una trayectoria de tipo regular. Para ello, tomamos una posición cada 12 h, en las horas del día con mayor cobertura para los satélites de ARGOS, que en nuestro caso es sobre las 8:00-8:10 y entre las 20:00-20:10 h (ver **Figura 1-a**, Anexo). Tras su discretización en el tiempo (12h; 43200 sec.), implementaremos el modelo de segmentación en función de su distancia recorrida con el método de Gueguen (2001). Cada trayectoria será redefinida para que las horas encajen con horas de buena cobertura para mejorar la precisión de los resultados y facilitar así su discretización. Desatacar que este enfoque se basa en la hipótesis de paso independiente dentro de cada segmento. Para finalizar este método, realizamos el test Wald y Wolfowitz, con el fin de confirmar la validez de este enfoque.

3. Resultados

3.1 Evaluación de posibles puestas

Para facilitar la lectura de los resultados comenzaremos siempre por el individuo con menos días de seguimiento, María, y acabaremos con Yaiza que es la tortuga que presenta el conjunto de datos más completo. En el caso de María con tan solo 15 días de seguimiento (ver **tabla 1**) y un total de 111 localizaciones filtradas, observamos hasta un total de tres noches cerca de Tierra a los pocos días de su marcaje, **ver tabla 3**. Hay que tener en cuenta que es la única que mostró huevos en la ecografía previa al marcaje. Este individuo podría cumplir con el criterio de compatibilidad temporal de la formación de los huevos, pero las observaciones realizadas en búsqueda de sus nidos fueron fallidas, a pesar de que se encontraron rastros no se localizó ningún nido y además los datos se contaminaron. Los últimos registros de María le sitúan en el Puerto de Sagunto, y sus marcas estuvieron emitiendo allí hasta el final de la transmisión al cabo de 15 días de seguimiento

Tabla 3: Noche cercana a Tierra detectadas para María, su número de posiciones cercanas, la localidad costera más cercana, el intervalo horario analizado, la evaluación y sus observaciones. Entre paréntesis se indica el número de localizaciones que se rescataron del filtrado que aparece incluida en el **Anexo**.

MARIA ID					
Noche cerca de Costa	N. ° de posiciones cercanas	Localidad Costera	Intervalo horario	Evaluación	Observaciones
30/06/2018-01/07/2018	-	Platja Els Terrers, Castellón. (España)	-	-	Ecografía positive
01-02/07/2018	10 (1)	Burriana, Castellón. (España)	21:00-08:00 h	C	No se registran posiciones de tierra prolongadas para poder anidar
02-03/07/2018	5	Puerto de Sagunto, Valencia (España)	20:00-23:00 h	D	Datos contaminados

La siguiente tortuga en analizar será Ana con 129 días de seguimiento. En **la tabla 4**, se muestran las noches cercanas a tierra, detectadas para la tortuga Ana. En este caso la tortuga sale a los pocos días del marcaje 6-7 día, no los consideramos suficiente como para desarrollar completamente los huevos necesarios para su anidamiento, y nos acogeremos a los datos bibliográficos para descartar estas noches como anidaciones. Sin embargo, al cabo de 20 días esta tortuga vuelve a acercarse a tierra y en este caso si podría cumplir con el criterio de compatibilidad temporal.

Para todos estos casos hemos incluido en el Anexo, la recopilación de las localizaciones obtenidas en cada noche que las tortugas se acercaron a costa, en orden de ocurrencia. Estas visualizaciones fueron necesarias para la detección, interpretación y evaluación de las noches cercanas a costa. Según su última noche cerca de tierra, Ana inició su periodo postreproductor el día 27/07/2018, tras el cual se dirigió mar a dentro hasta zonas pelágicas.

Tabla 4: Noche cercana a Tierra detectadas para Ana, su número de posiciones cercanas, la localidad costera más cercana, el intervalo horario analizado, la evaluación y sus observaciones. Entre paréntesis se indica el número de localizaciones que se rescataron del filtrado que aparece incluida en el **Anexo**.

ANA ID					
Noche cerca de Costa	N.º de posiciones cercanas	Localidad Costera	Intervalo horario	Evaluación	Observaciones
08-09/07/2018	-	Cala Capitán, Orihuela, Alicante (España)	23.30-01:30 h	-	Marcaje con ecografía nula.
14-15/07/2018	9	La Manga, Murcia (España)	17:00-05:00 h	D	Las posiciones no llegan a tocar tierra y las más cercanas no son en horario nocturno.
15-16/07/2018	8	Punta Prima, Alicante (España)	21:00-08:00 h	D	Se dirige a Tierra, pero el intervalo de tiempo entre sus posiciones más cercanas no es suficiente para un evento de anidación.
25-26/07/2018	8 (2)	La Zenia, Alicante (España)	17:00-06:00 h	B	No hay registro de nidos en las proximidades, ni datos de hallout.
26-27/07/2018	4 (2)	La Marina, Alicante. (España)	20:00-08:00 h	C	Cerca de costa, pero no se aprecian intervalos que puedan cumplir con el segundo criterio.

Por último, la tortuga Yaiza, con un total de 191 localizaciones y con datos de hallout, fue el registro de movimiento más completo, y en el que mejor se evidencia estas noches cercanas a costa, ya que son distantes espacial y temporalmente, **tabla 5**. Hay que tener en cuenta el error de localización hemos considerado también posiciones muy cercanas a costa, pero estas posiciones pueden descartarse como posibles eventos de anidación en algún caso según los criterios establecidos. Por otro lado, se presenta el inconveniente de que las tres últimas tomas de Tierras detectadas para este individuo fueron en costa argelina, a la cual no tenemos acceso ni grupos de apoyo que ayudaran con observaciones directas, aun así, los sensores de seco nos informan de que la duración de estas salidas es de más de 1 h, para la localización (2), (3) y (5), y 42 min para la posición (4). Yaiza inicia su periodo postreproductor el día 08/07/2018.

Tabla 5: Noche cercana a Tierra detectadas para Yaiza, su número de posiciones cercanas, la localidad costera más cercana, el intervalo horario analizado, la evaluación y sus observaciones.

YAIZA ID					
Noche cerca de Costa	Nº de posiciones cercanas	Localidad Costera	Intervalo horario	Evaluación	Observaciones
27-28/06/2018	-	Port Saplaya, Alboraiá, Valencia (España)		-	Marcaje con ecografía nula.
28-29/06/2018	5	Puebla de Farnals, Valencia (España)	19:30-06:30 h	D	Posible toma de tierra. El Halo ut indica que salió 62 min a superficie/tierra.
29-30/06/2018	4	Cullera, Valencia (España)	19:30-07:30 h	D	Vacío horario entre de 5 horas.
30/06/2018-01/07/2018	6	Jávea, Alicante (España)	19:30-07:45 h	D	Vacío horario de 21:00 a 03:00.
05-06/07/2018	14	Beni Haoua, Provincia de Chlef (Argelia)	19:00-09:00 h	D	No llegó a tocar Tierra, y llego muy tarde sobre las 07:00 AM.
06-07/07/2018	5	Damous, Provincia de Chlef (Argelia)	19:30-23.30 h	B	Hallout de 69 min, falta información por no poder de visitar la zona.
	6	Larhat, Tipasa (Argelia)	23:30-07:15 h	C-B	Hallout de 42 min.
07-08/07/2018	7	Gouraya, Tipasa (Argelia)	18:30-06:30 h	B	Hallout de 69 min. Falta información por no poder de visitar la zona.

3.2 Visualización de posibles puestas y las trayectorias globales

Tras aislar estas noches, de la trayectoria global de cada tortuga, hemos representado los tramos de movimientos cercanos costa en los cuales se dieron estas noches junto con una batimetría básica. La tonalidad más clara representas las zonas más someras (hasta 200m). Como era de esperar esto coincide con las imágenes de las localizaciones individuales usadas en el anterior apartado (ver imágenes en el **Anexo**). En la **figura 1**, se observa el caso de María y Ana. En el caso de María su conjunto de datos fue muy pequeño y se encuentra representado su movimiento al completo, pero en Ana solo representamos sus movimientos cercanos a costa. La gran diferencia de días de seguimiento de María, con respecto al resto, y la contaminación de los datos hace que no sea apropiado seguir con el análisis de su movimiento y finalizamos aquí su análisis descriptivo.

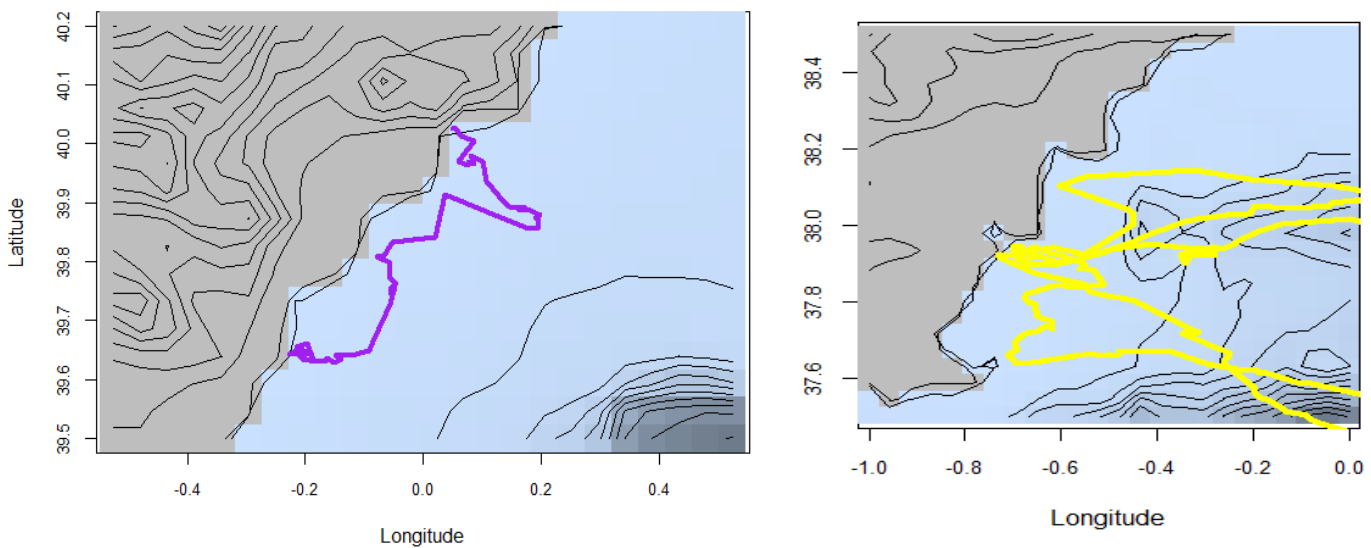


Figura 1: Representación de la trayectoria global realizada por parte de la hembra María, a la izquierda en color morado, y el fragmento de la trayectoria de Ana cercana costa española se representa a la derecha en color amarillo. Las figuras se representan en sistemas de coordenadas decimales, y fueron diseñadas con el software R. Batimetría por la NOAA

Aun así, consideraremos que todos los datos de María son durante su época reproductora, puesto que día que se marcó si se observaron huevos en su interior, y que esta no puede acabar su periodo reproductor debido a algún incidente desconocido, y en la **figura 1**, podemos observar que esta tortuga no se desplaza a mar abierto en ningún momento, y que siempre se mantuvo cerca de costa en zona nerítica (10 a 200 m).

En el caso de Ana, podemos observar que se desplaza hacia mar adentro a zonas pelágicas al poco de tomar costa y vuelve, alternándose entre zonas neríticas y zonas pelágicas (más de 200 m de profundidad). También hay que recalcar que la figura no recoge en detalle la Manga del Mar menor, por eso puede parecer que las trayectorias no llegan a costa, pero se comprobaron y estas coinciden con la playa de la Manga la cual la NOAA no recoge bien su delimitación costera, ver Anexo.

Por último, la **figura 2** representa las noches cercanas a tierra de Yaiza que en este caso se registraron en dos costas diferentes, en costa española y argelina. Además de merodear cerca de ambas costas, estas costas se diferencian no solo en el país, sino también geográficamente, tal y como muestra la batimetría. La costa española es más somera y presenta un desnivel de profundidad más suavizado, mientras que en la costa argelina presenta desniveles más profundos, reduciendo su zona nerítica a un área más pequeña pegada a la línea de costa. Por otro lado, en este caso se observa que la tortuga se mantiene en zona nerítica tanto en costa española como en la argelina, exceptuando el periodo de tránsito entre costas que evidentemente tuvo que pasar por zona pelágica.

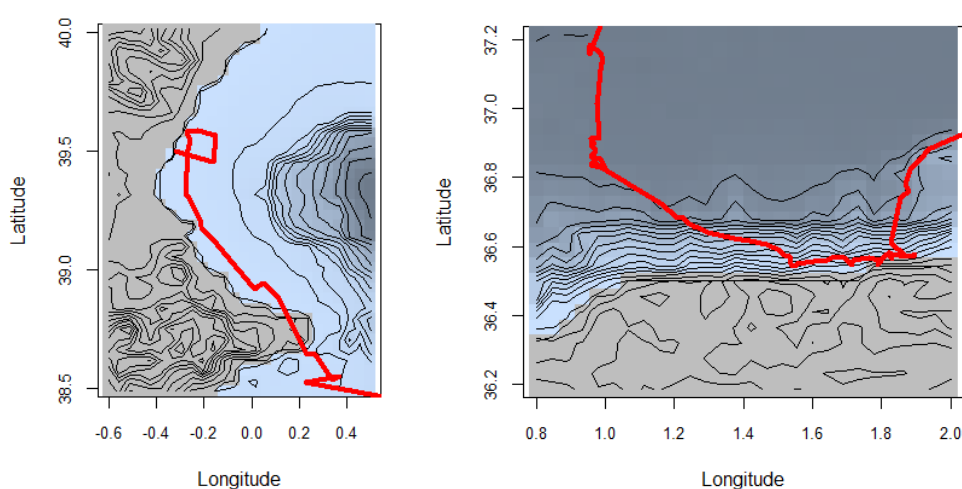


Figura 2: En la imagen de la izquierda se representa la trayectoria de Yaiza dentro de costa española, mientras que en la derecha se representa su trayectoria por costa argelina. Batimetría por la NOAA.

Tras representar esto y comparar lo con las imágenes del Anexo, pudimos observar que las trayectorias representadas en la **figura 3 y 4**, referentes al movimiento completo detectado para Ana y Yaiza, respectivamente, concuerdan en su mayoría con las trayectorias definida con R.

En el caso de Ana, **ver figura 3**, esta realiza acercamiento a costa y los alterna con desplazamientos a mar abierto, si alcanzar zonas muy profundas. Tras su última toma de tierra este individuo se desplaza a mar abierto alcanzando áreas pelágicas en las cuales se pierde la transmisión de esta tortuga. El inicio de su trayectoria fue definido, a partir los datos resultantes del filtrado y según el paquete R usado, el día 09/07/2018 a las 03:09:36 h y el fin fue el día 12/10/2018 a las 16:18:56. La distancia media recorrida calculada fue de 2442.87 km, con una velocidad media de 2.9 m/s. El total de localizaciones tras su filtrado fueron 607 localizaciones.

La trayectoria de Yaiza, **ver figura 4**, es más clara, tal y como observamos en la figura este individuo merodea por costas españolas, y tras 10 días se dirige con un rumbo bastante fijo hacia la costa argelina, donde toma otras posiciones de tierra. Tras su última posición en tierra esta se dirige mar a dentro y alcanza una zona pelágica donde

merodea en círculos hasta que finaliza su transmisión. El inicio de trayectoria quedó registrado como el día 28/06/2018 a las 00:11:00 y el fin el día 30/10/2018 a las 19:53:55. La distancia media recorrida para esta tortuga fue de 4224.42 km y su velocidad media fue de 2.33 m/s. El total de localizaciones resultantes tras su filtrado fueron 713 localizaciones.

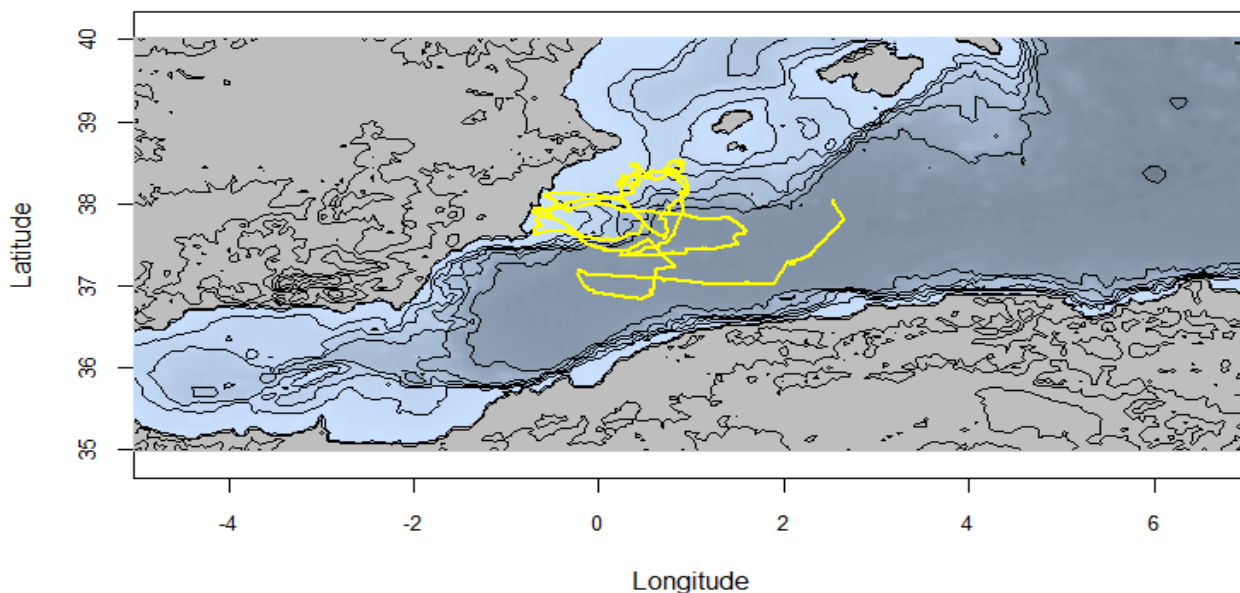


Figura 3: La línea amarilla representa la trayectoria completa definida para Ana con los distintos paquetes de R.

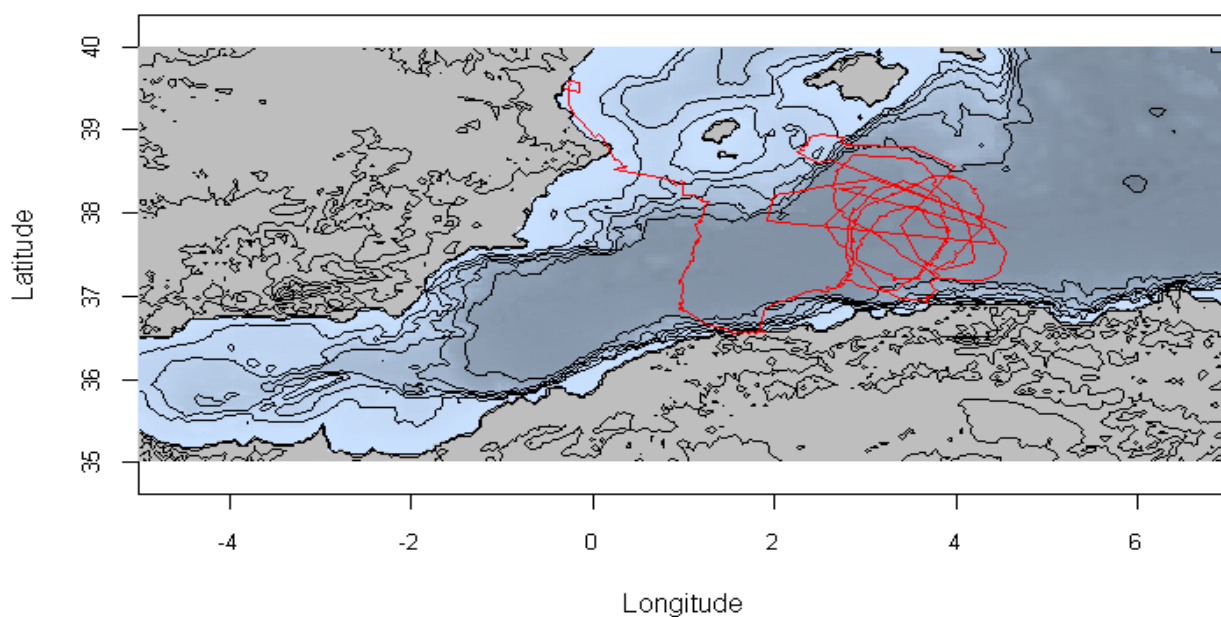


Figura 4: La línea roja representa la trayectoria completa definida para Yaiza con los distintos paquetes de R.

3.3 Análisis de trayectorias y sus movimientos

En este apartado solamente analizamos los datos de Ana y Yaiza, ya que el conjunto de datos de María fue muy corto. Tras la visualización de los dos conjuntos de datos no se observaron datos perdidos ni anómalos, pero en el caso de Yaiza, si detectamos la ausencia de datos durante un pequeño periodo de tiempo largo, de tal a tal. Tras esto, hemos extraído el variograma a escala de tiempo pequeña (horas) y a escala de tiempo larga (día-meses), para realizar la exploración de señales según hemos indicado en el anterior apartado.

Los resultados obtenidos de los variogramas de la trayectoria de Ana, ver **figura 5**, no nos muestran que se puedan ajustar a ninguno de los modelos propuestos, comparando con **figura 2-a** extraída del estudio de Calabrese et al., (2016). Si nos fijamos en la parte izquierda, esta figura toma forma de curva ascendente que puede indicar modelos con IOU e OUF que presentan velocidades correlacionadas (ver **tabla 2**), mientras que en la parte derecha deberíamos obtener una asíntota, en el caso de ser un modelo OUF, o una línea recta ascendente, en el caso de ajustarse a un modelo IOU (ver **fig. 2-a**).

El exploratorio de señales solo nos informa de la existencia de velocidades correlacionadas. Los datos de Ana no se pueden ajustar a ningún modelo ya que el resultado obtenido a escala larga, **fig. 5** derecha, no se parece en nada al esperado (**fig. 2-a**). Finalmente, al no poder asociar el conjunto de los datos de Ana a ningún modelo candidato, a escala temporal larga, no continuamos con el ajuste por carecer de modelos candidatos.

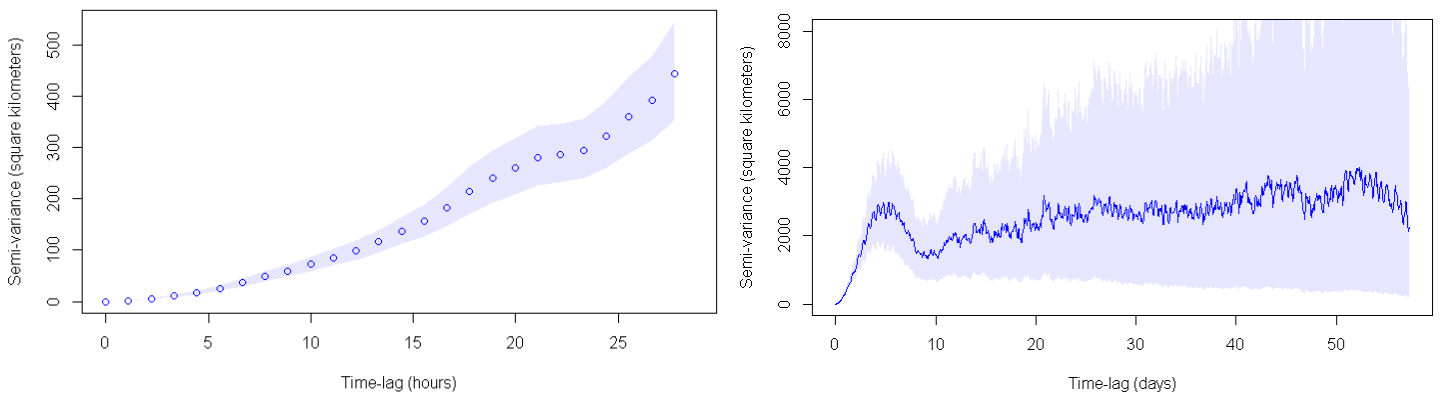


Figura 5: A la izquierda se representa el variograma de Ana para escala de tiempo pequeña, y a la derecha a escala larga.

En el caso de Yaiza, ver **figura 6**, ocurre lo mismo que con Ana. El variograma de la izquierda nos indica la existencia de velocidades correlacionadas, sugiriendo modelos como IOU o OUF, pero si nos fijamos en la figura derecha, los resultados no se ajustan a ninguno de los dos modelos (Ver **tabla 2** y **Fig. 2-a**). Finalmente, descartamos estos dos modelos ya que el variograma a escala larga no resulta parecido a los esperado para ningún modelo.

Por otro lado, en la visualización previa proceso exploratorio donde detectamos que los datos de Yaiza presentan un periodo bastante prolongado en el cual esta tortuga dejo de emitir, coincide con la caída de la semivarianza que observamos en el variograma, ver la **figura 6 derecha**.

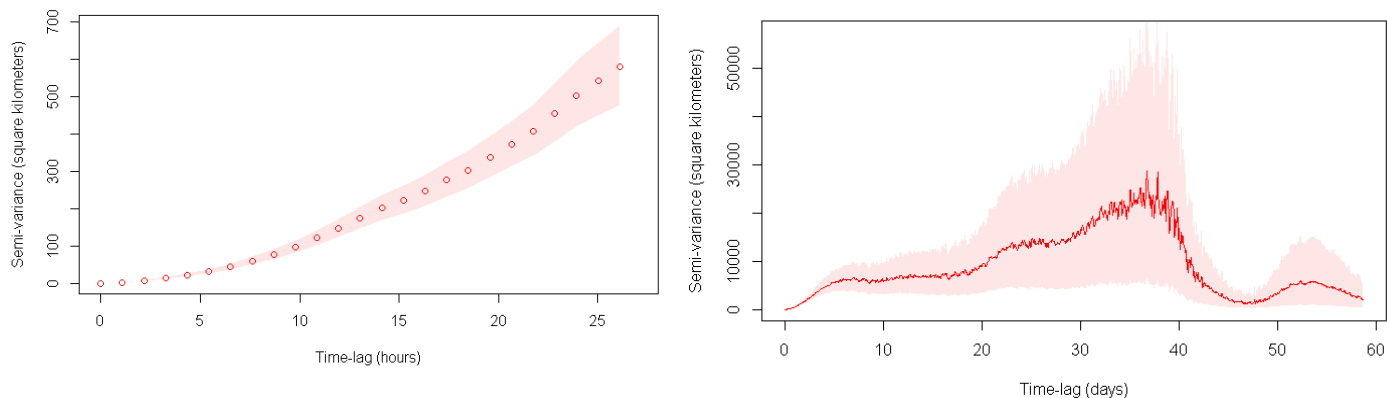


Figura 6: A la izquierda se representa el variograma de Yaiza para escala de tiempo pequeña, y a la derecha a escala larga.

3.4 Fragmentación de la trayectoria

Los resultados principales del proceso de fragmentación de la trayectoria de la tortuga Ana, ver **figura 7**, muestran la formación de tres grandes grupos en base a la distancia media. Con un P-value obtenido del Wawotest de $7.745e-6$, el cual indica que estos segmentos son independientes unos de otros. En la **figura 8**, hemos representado estos segmentos dentro de la trayectoria de la tortuga, y en ella podemos apreciar esta segmentación.

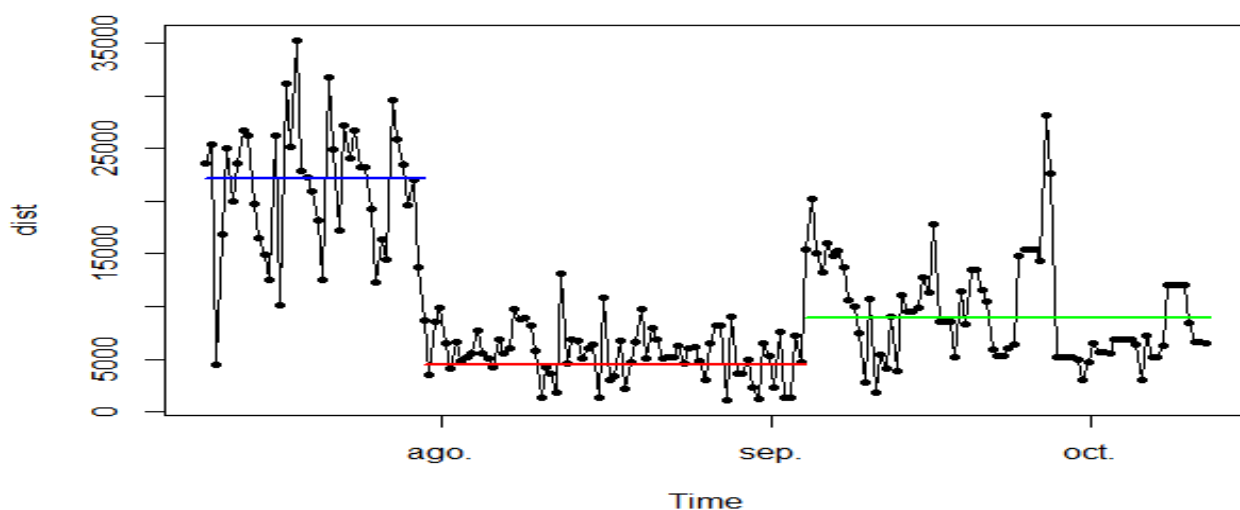


Figura 7: Distancia media entre localizaciones en función de tiempo y su segmentación obtenida con el método de Gueguen para la trayectoria de Ana.

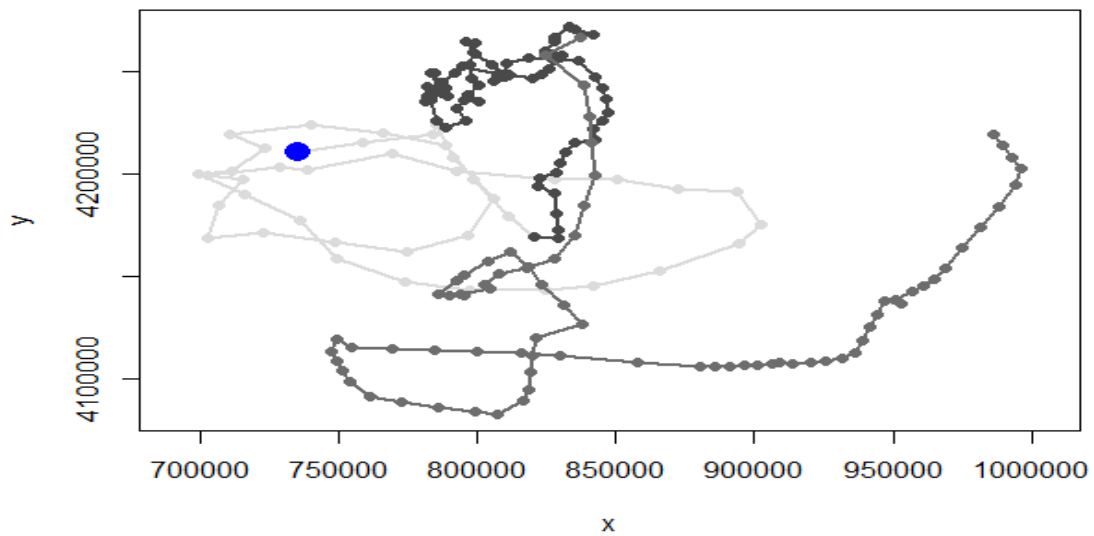


Figura 8: Segmentación de Gueguen sobre la trayectoria de Ana en representación de sus coordenadas. El punto azul indica el comiendo del seguimiento. El gris claro representa el primer segmento, el negro indica el segundo segmento y el gris el tercero

En el caso de Yaiza, previamente a su segmentación tuvimos que dividir su trayectoria en dos conjuntos de datos separados porque presentaba un periodo de tiempo sin datos. Tras dividir esta trayectoria obtuvimos una segmentación para cada parte, ver **figura 9**. El primer tramo segmentado obtuvo un valor de P-value de 0.052 en el test Wald y Wolfowitz, mientras que el segundo tramo el valor obtenido fue de 0.02. En la **figura 10**, hemos representado estos segmentos dentro de la trayectoria de la tortuga Yaiza, y en ella podemos apreciar esta segmentación.

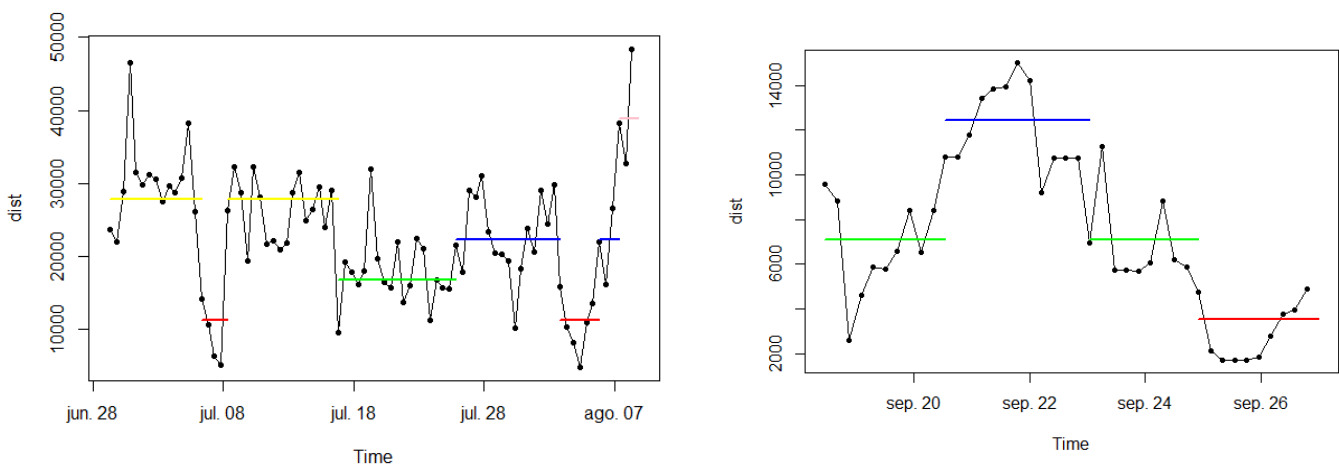


Figura 9: Distancia media entre localizaciones en función de tiempo y su segmentación obtenida con el método de Gueguen para Yaiza. A la izquierda se representa el primer tramo y la derecha el segundo tramo de Yaiza.

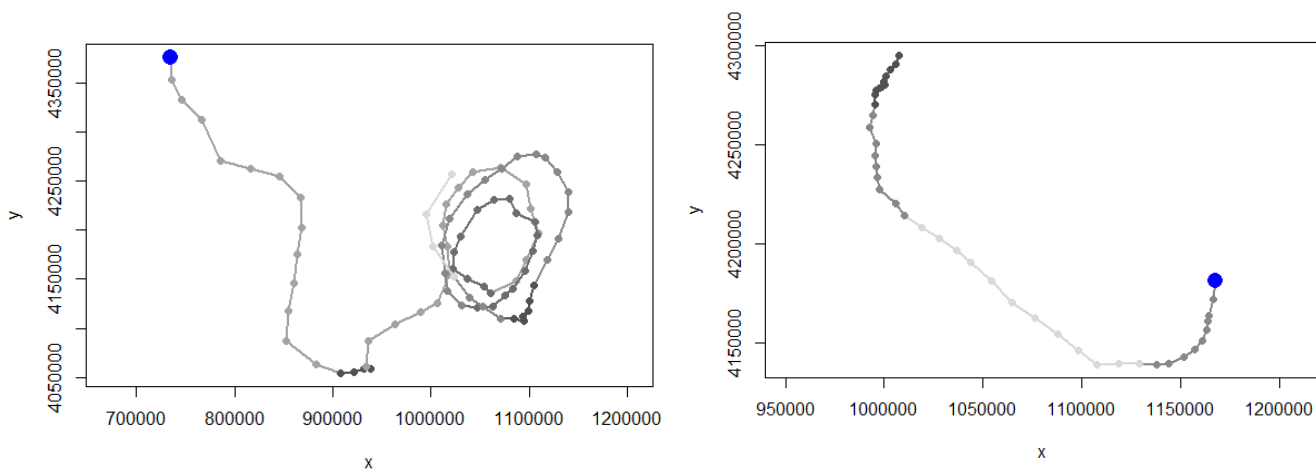


Figura 10: Segmentación de Gueguen sobre los dos tramos de Yaiza en representación de sus coordenadas. El punto azul indica el comienzo del seguimiento. La izquierda representa el primer tramo, y la derecha el segundo. La tonalidad de gris cambia con la separación en fragmentos.

4. Discusión

4.1 Posibles eventos de nidificación

Finalmente, los resultados expuestos sugieren que hubo un total de doce noches entre las tres hembras en las cuales se detectaron movimiento hacia tierra muy cercanos o en tierra. Durante estas noches, los resultados nos sugieren que las tortugas marcadas salen en playas diferentes cada noche, e incluso en playas diferentes la misma noche, como fue en el caso de la costa argelina de Yaiza. En los tres casos los resultados muestran que en algunas noches las tortugas salen a las playas, aunque no vaya a anidar tal como indica el estudio de (Crespo-Picazo et al., 2018).

Aunque, en el caso de María no pudimos analizar en profundidad su movimiento, sí que hay varias evidencias que indican que podría estar buscando o explorando zonas de anidación. Posiblemente, María salió a realizar una puesta, pero al ser molestada abandono la playa ya que salió en una muy playa muy concurrida. Por otro lado, el caso de María representar un ejemplo claro de contaminación del seguimiento. A María se la detectaron solo dos noches cerca de costa, tras su marcaje, y una de ellas pierde validez ya que acaba ahí su emisión con pocos días de seguimiento.

Ana parece tener cuatro acercamientos, dos de los cuales, podrían ser exploratorios ya que no habría tenido tiempo físico para gestar una puesta bien formada. Sin embargo, en sus últimas dos salidas podría haber realizado al menos una puesta, en una o en otra, aunque probablemente fuera en la última, ya que tras esto se dirige a mar abierto donde finaliza allí su emisión.

En cuanto a Yaiza, fue la tortuga con más registros de noche cerca de costa. Tres de ellas en costa española (cuatro contando el día de marcaje), y aunque los datos de los sensores nos indiquen intervalos prolongados en tierra, es imposible que en los casos de sus noches cerca de la costa española saliera a anidar, puesto que no se cumplió el periodo de desarrollo de los huevos. Sin embargo, tras su viaje hacia costa argelina sí pudo desarrollar completamente una puesta, por lo que sus noches cerca de costa argelina si parecen indicar una elevada probabilidad de que anidase, en al menos una de las tres noches, evento que hasta la fecha aún no había sido registrado para este tramo de costa según Casale et al., 2018. Hay que destacar que en el caso de Yaiza la noche más probable también fue la última que tomo tierra, ya que sus primeras localizaciones en costa cercana a Argelia ocurren al límite de las horas habituales de anidación (ya había luz diurna), su segunda noche salió dos veces siendo la última muy corta, y en su tercera noche salió y estuvo el tiempo necesario (69 min de hallout) y no volvió acercarse a costa de manera tan directa. Se pudo observar otro acercamiento, invadiendo la zona nerítica argelina, de la cual salió al poco y se volvió a adentrar en zona pelágica, dando vueltas en lo que parece ser un giro oceánico que deben usar para alimentarse tras el gasto de energía invertido en el periodo reproductor.

4.2 Descripción de trayectorias y sus áreas de uso

Por otra parte, las otras dos tortugas evidencian comportamientos muy diferentes durante el periodo reproductor que puede explicarse con una elevada plasticidad comportamental, ya registrada en otros estudios (Luschi et al., 2018). Ana parece merodear por una zona más focalizada, mientras que Yaiza se mueve con una gran direccionalidad, y entre costas de diferentes continentes, lo que puede ser el reflejo de la experiencia en años previos. La gran direccionalidad que muestran los resultados de Yaiza solo podría explicarse con la intención firme de desplazarse allí, ya que en estas zonas de mar abierto las corrientes tienen una gran influencia en el desplazamiento. Sin embargo, también presenta similitudes ya que la zona pelágica donde Ana finaliza su emisión tras su periodo reproductor coincide con la zona pelágica del Mar mediterráneo donde Yaiza parece ir a alimentarse durante su periodo postreproductor. Estos resultados nos sugiere que esta zona pelágica posiblemente sea una zona de alimentación tras la cual acudir al acabar el periodo reproductor de ambas tortugas, pero los resultados de Por último, estos movimientos no son locales, ni de momento tenemos evidencias de que pudiese ser migratorios, entendiendo como migratorios a movimiento repetido año tras año (periodo tras periodo), por lo tanto, los clasificaremos como movimientos dispersivos según los clasifica el estudio de Mingozi et al. (2016).

Además, este estudio sugiere que ambos individuos presentan diferentes finales del periodo reproductor. Esto puede ser debido a diversos factores tanto ambientales como fisiológicos que tiene su influencia a nivel individual, transcurriendo casi un mes de diferencia entre el fin de sus periodos. Ana finaliza a su periodo reproductor a finales de julio, mientras que Yaiza lo hace a principios de este mismo mes (20 días antes que Ana). Aun así, ambas tortugas parecen dirigirse a la misma zona en su periodo postreproductor.

4.3 Ajuste a los modelos de movimiento continuo

En cuanto al ajuste de los modelos de movimiento continuo más reconocidos (ver **tabla 2**), en ninguno de los dos casos fue posible ajustar los conjuntos de datos a los modelos existentes puesto que los variogramas obtenidos no sigue una tendencia clara como los presentados en el estudio de Calabrese et al., 2016 (ver **figura 2a**), aunque si hemos podido apreciar lo que parece una mezcla de modelos. Esto puede ser debido a la gran variabilidad de los datos de seguimiento obtenidos, que podrían estar mezclando dos tipos de movimiento diferentes como locales y dispersivos. Por ello, no obtuvimos unos resultados claros en los variogramas y no pudimos ajustarlo a un único modelo.

Estos resultados impiden que hayamos podido definir unas áreas concentras, territorios, como si lo hacen en otros estudios (Luschi, P.et al., 2018; Haywood et al, 2020). Esto puede ser debido al periodo corto de seguimiento (meses). Aun así, los resultados parecen indicar que estas tortugas exploran diferentes playas, distantes entre sí (varios centenares de kilómetros), y que, tras esto, acuden a la misma zona de mediterráneo occidental, la cual parece ser una zona de alimentación que no hemos podido concretar.

4.4 Segmentación de la trayectoria

Por último, al segmentar nuestra trayectoria en segmentos homogéneos en base a la distancia media recorrida con el método de Guenge (2001), resultados muy significativos como los obtenidos para Ana en el test de segmentos independientes, parecen confirma nuestra hipótesis de desplazamientos de larga distancia durante el periodo reproductor, y movimientos de menor distancia inmediatamente tras el inicio de su periodo postreproductor. Sin embargo, en el caso de Yaiza los resultados fueron poco significativos y no se aprecia claramente esta división ya que sus segmentos no son tan independientes unos de otros según el test de Wald y Wolfowitz, y sus resultados puede llevarnos a error.

La segmentación de Ana sugiere que, en su periodo reproductor, esta realiza desplazamiento de largar distancia, al inicio del seguimiento, lo que parece coincidir con un comportamiento exploratorio de playas. Mientras que al final de su seguimiento, periodo postreproductor, los desplazamientos son más corto, en comparación con su movimiento en periodo reproductor. Esto parece indicar Ana ha finalizado su comportamiento exploratorio, tras el cual se desplaza a zonas de alimentación realizando movimientos más cortos y lentos.

5. Conclusión

Concluimos que análisis de sus movimientos indican que estas hembras exploran varias playas lo que puede considerarse una evidencia de un comportamiento colonizador, que coincide con lo sugerido por el estudio de Carreras et al. (2018). No obstante, según indica la bibliografía, la mayoría de hembras de esta especie presenta un comportamiento filopátrico en periodo reproductor, volviendo a la misma playa de nacimiento para anidar (Luschi, P. & Casale, P., 2014).

La falta de evidencias y datos es muy grande, por lo que en la mayoría de los casos no podemos afirmar nada, pero los resultados sugieren que hay al menos dos comportamientos, uno exploratorio y otro de alimentación. Se necesitaría un registro de mayor duración (años), que abarque ambos periodos al completo, y que incluyan buena cobertura satelital en las horas nocturnas para poder obtener resultados más concluyentes. Aun así, este estudio muestra que en algunos casos las tortugas realizan salidas y/o desplazamientos exploratorios, a pesar de no poder anidar, resultados concuerdan con los obtenidos en el estudio de Crespo.Picazo et al. (2018). Por otro lado, se han registrado casos de elevada probabilidad en los que podría haber ocurrido un evento de anidación, tanto en costa española como en la costa argelina, registrando unos de los primeros posibles eventos de anidación en costa argelina en la cual anteriormente no habían sido descritos según Casale et al., (2018).

El seguimiento vía satelital sigue presentando muchas limitaciones, pero puede servir como herramienta de apoyo o seguimiento directo. Estos estudios son clave para la planificación de medidas de conservación de esta especie en costa española (Casale et al., 2018), y es necesario realizar estudios de larga duración con este tipo de seguimiento para poder definir las áreas más usadas por los individuos de esta especie en esta región del mediterráneo como el estudio de Haywood et al. (2020) realizó para la región Este del mar Mediterráneo. En base a tipo estudios se puede definir zonas o territorios concretos de alimentación que son necesarios para establecer las medidas de conservación y priorizar las zonas de actuación de las mismas.

En cuanto al uso de hábitat mediterráneo occidental, este estudio sugiere la existencia de una posible área de alimentación en zona pelágica entre la costa argelina y el sur de las islas baleares, pero es necesario un seguimiento más prolongado y con un mayor número de individuos para poder definir estas zonas. Por otro lado, del análisis de sus movimientos indican que estas hembras exploran varias playas, manteniéndose en zonas neríticas durante el periodo reproductor. Tras el fin del mismo, en uno de los casos, la hembra reproductora toma rumbo a zonas pelágicas con intención de alimentarse, un comportamiento distinto al habitual, que ya había sido registrado previamente otros estudios de manera ocasional (Haywood et al, 2020). También, estas observaciones parecen coincidir la elevada densidad observada en la cuenca Oeste del Mediterráneo entre el mar de Alborán y las Islas baleares, un área marina destaca por otros estudios (Casale, P. & Margaritoulis, D., 2010). Mientras que, en el otro caso, la hembra reproductora se mantiene en la zona nerítica alimentándose antes de dirigirse a zonas más pelágicas, lo que coincide con el comportamiento postreproductor definido para estar hembras por la mayoría de estudios (Luschi, P. et al., 2018; Luschi, P. & Casale, P., 2014; Broderick et al., 2007; Hays et al, 2006).

Este estudio muestra que la variabilidad del movimiento registrada es muy compleja de analizar, y no hemos podido ajustar los movimientos de las hembras marcadas a los modelos de movimiento continuos actuales.

Los modelos continuos definidos en el estudio de Calabrese et al. (2016) son muy restrictivos, y no parece incluir la variabilidad del movimiento dentro del modelo. Es decir, son modelos locales, o modelos dispersivos, no hay un modelo único que incluya ambos tipos de movimiento. Proponemos el desarrollo de modelos de movimiento continuo que puedan incluir la alternancia de periodos de desplazamiento locales y dispersión, ya que según el estudio de Calabrese et al (2016), la duración nuestro seguimiento ha sido la necesaria, en los casos de Ana y Yaiza, para poder ajustarlo a cualquiera de los modelos actuales, por lo que el no poder hacerlo, es debido a otra causa.

Por último, los resultados de la fragmentación parecen indicar que, si existen diferencias en el tipo de movimiento que realizan entre el periodo reproductor y el inicio del periodo postreproductor, mostrando desplazamientos de mayor distancia durante el periodo reproductor, y desplazamiento de menor distancia tras el final del mismo. Esto parece coincidir con lo esperado al realizar una gran inversión energética, tras la cual, los individuos tienden a recuperar el déficit energético generado en reproducción, y por ello, sus comportamientos se centran en realizar aquellos comportamientos que restauren este gasto energético, como es el acudir a zonas de alimentación, donde sin realizar gastos excesivos, puedan recuperar la energía invertida. Aun así, los resultados sólo se evidenciaron, claramente, en uno de los casos, por lo que para poder afirmar esta hipótesis necesitamos más hembras reproductoras. El flujo de energético desde el punto de vista ecológico, es una asignatura pendiente en lo relativo a la ecología de las tortugas marina, y no hay estudios previos que registren o analicen estos aspectos, por lo que carecemos de estudios de referencia.

6. Bibliografía

- Avens, L., & Snover, M. L. (2013). **Age and age estimation in sea turtles.** *The biology of sea turtles*, 3, 97-134.
- Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2002). **Estimating the number of green and loggerhead turtles nesting annually in the Mediterranean.** *Oryx*, 36(3), 227-235.
- Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2003). **Variation in reproductive output of marine turtles.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 288(1), 95-109.
- Broderick, A. C., Coyne, M. S., Fuller, W. J., Glen, F., & Godley, B. J. (2007). **Fidelity and over-wintering of sea turtles.** *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1617), 1533-1539.
- Calabrese, J. M., Fleming, C. H., & Gurarie, E. (2016). **ctmm: An R package for analyzing animal relocation data as a continuous-time stochastic process.** *Methods in Ecology and Evolution*, 7(9), 1124-1132.
- Calenge, C. (2011). **Analysis of animal movements in R: the adehabitatLT package.** *R Foundation for Statistical Computing, Vienna*.
- Carreras, C., Pascual, M., Tomás, J., Marco, A., Hochscheid, S., Castillo, J. J., ... & Cardona, L. (2018). **Sporadic nesting reveals long distance colonisation in the philopatric loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*).** *Scientific reports*, 8(1), 1435.
- Casale, P., Abbate, G., Freggi, D., Conte, N., Oliverio, M., & Argano, R. (2008). **Foraging ecology of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the central Mediterranean Sea: evidence for a relaxed life history model.** *Marine Ecology Progress Series*, 372, 265-276.
- Casale, P., Margaritoulis, D. (Eds.) (2010). **Sea turtles in the Mediterranean: Distribution, threats and conservation priorities.** Gland, Switzerland: IUCN. 294 pp.

- Casale, P., Broderick, A. C., Camiñas, J. A., Cardona, L., Carreras, C., Demetropoulos, A., ... & Lazar, B. (2018). **Mediterranean Sea turtles: current knowledge and priorities for conservation and research.** *Endangered species research*, 36, 229-267.
- Crespo-Picazo, J. L., Marco, V., Belda, E.J., Tomás, J., Abalo-Morla, S., Revuelta, O., Eymar, J. & García-Párraga, D. (2018). **Nesting females crawling into the beach: always to lay eggs?.**
- Del Estado, B. O. (2011). Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, **para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.** *BOE*, 46, 20912-20951.
- Díaz-Merry, A., López-Jurado, L. F. (2004). **Temporary sequences of ovoposition in loggerhead females from the Cape Verde islands.** Pp. 249-251. Proceedings of the 21st Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Tech.Memo. NMFS-SEFSC-528. Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A.
- Dujon, A. M., Schofield, G., Lester, R. E., Papafitsoros, K., & Hays, G. C. (2018). **Complex movement patterns by foraging loggerhead sea turtles outside the breeding season identified using Argos-linked Fastloc-Global Positioning System.** *Marine Ecology*, 39(1), e12489.
- Fleming, C. H., Calabrese, J. M., Mueller, T., Olson, K. A., Leimgruber, P., & Fagan, W. F. (2014). **From fine-scale foraging to home ranges: a semivariance approach to identifying movement modes across spatiotemporal scales.** *The American Naturalist*, 183(5), E154-E167.
- Freitas, C., Lydersen, C., Fedak, M. A., & Kovacs, K. M. (2008). **A simple new algorithm to filter marine mammal Argos locations.** *Marine Mammal Science*, 24(2), 315-325.
- Freitas, C., & Freitas, M. C. (2010). **Package ‘argosfilter’.**
- Hays, G. C., Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J., Houghton, J. D. R., & Metcalfe, J. D. (2002). **Water temperature and interesting intervals for loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles.** *Journal of Thermal Biology*, 27(5), 429-432.
- Hays, G. C., Hobson, V. J., Metcalfe, J. D., Righton, D., & Sims, D. W. (2006). **Flexible foraging movements of leatherback turtles across the North Atlantic Ocean.** *Ecology*, 87(10), 2647-2656.
- Hays, G. C., Bailey, H., Bograd, S. J., Bowen, W. D., Campagna, C., Carmichael, R. H., ... & de Bruyn, P. N. (2019). **Translating marine animal tracking data into conservation policy and management.** *Trends in Ecology & Evolution*, 34(5), 459-473.
- Haywood, J. C., Fuller, W. J., Godley, B. J., Margaritoulis, D., Shutler, J. D., Snape, R. T., ... & Broderick, A. C. (2020). **Spatial ecology of loggerhead turtles: Insights from stable isotope markers and satellite telemetry.** *Diversity and Distributions*, 26(3), 368-381.

- Iverson, A. R., Fujisaki, I., Lamont, M. M., & Hart, K. M. (2019). **Loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) diving changes with productivity, behavioral mode, and sea surface temperature.** *PloS one*, *14*(8), e0220372.
- Joo, R., Boone, M. E., Clay, T. A., Patrick, S. C., Clusella-Trullas, S., & Basille, M. (2019). **Navigating through the R packages for movement.** *arXiv preprint arXiv:1901.05935*.
- Kranstauber, B., Smolla, M., & Scharf, A. K. (2017). **Package'move': visualizing and analyzing animal track data.**
- Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., & Pérez, T. (2010). **Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea.** *Trends in ecology & evolution*, *25*(4), 250-260.
- Llorente, G. A., Carretero, M. A., Pascual, X., & Perez, A. (1992). **New record of a nesting loggerhead turtle *Caretta caretta* in western Mediterranean.** *British Herpetological Society Bulletin*, *42*, 14-17.
- Luschi, P., & Casale, P. (2014). **Movement patterns of marine turtles in the Mediterranean Sea: a review.** *Italian Journal of Zoology*, *81*(4), 478-495.
- Luschi, P., Mencacci, R., Cerritelli, G., Papetti, L., & Hochscheid, S. (2018). **Large-scale movements in the oceanic environment identify important foraging areas for loggerheads in central Mediterranean Sea.** *Marine Biology*, *165*(1), 4.
- Marco, A., Carreras, C., Abella, E. (2015). **Tortuga boba – *Caretta caretta*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles.** Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. http://digital.csic.es/bitstream/10261/108713/7/carcar_v3.pdf. Ultima fecha de visualización: 04/07/2020.
- Margaritoulis, D., Argano, R., Baran, I., Bentivegna, F., Bradai, M. N., Camiñas, J. A., ... & Godley, B. J. (2003). **Loggerhead turtles in the Mediterranean: present knowledge and conservation perspectives.** *Loggerhead Sea Turtles (editors: AB Bolten and BE Witherington)*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA, 175-198.
- Margaritoulis, D. (2005). **Nesting activity and reproductive output of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, over 19 seasons (1984–2002) at Laganas Bay, Zakynthos, Greece: the largest rookery in the Mediterranean.** *Chelonian Conservation and Biology*, *4*(4), 916-929.
- Mazor, T., Beger, M., McGowan, J., Possingham, H. P., & Kark, S. (2016). **The value of migration information for conservation prioritization of sea turtles in the Mediterranean.** *Global Ecology and Biogeography*, *25*(5), 540-552.
- Meratnia, N., & Rolf, A. (2004, March). **Spatiotemporal compression techniques for moving point objects.** In *International Conference on Extending Database Technology* (pp. 765-782). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Mingozi, T., Mencacci, R., Cerritelli, G., Giunchi, D., & Luschi, P. (2016). **Living between widely separated areas: long-term monitoring of Mediterranean loggerhead turtles sheds light on cryptic aspects of females spatial ecology.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 485, 8-17.
- Mrosovsky, N., Kamel, S., Rees, A. F., & Margaritoulis, D. (2002). **Pivotal temperature for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Kyparissia Bay, Greece.** *Canadian Journal of Zoology*, 80(12), 2118-2124.
- Pante, E., Simon-Bouhet, B., & Irisson, J. O. (2015). **marmap: Import, Plot and Analyze Bathymetric and Topographic Data R package version 0.9. 2.**
- Putman, N. F., & Mansfield, K. L. (2015). **Direct evidence of swimming demonstrates active dispersal in the sea turtle “lost years”.** *Current Biology*, 25(9), 1221-1227.
- Sabatini, L. & Castells, M. (2013). **Análisis del flujo del tráfico marítimo en el Mediterráneo Oriental.** Univesirsitat Politècnica de Catalunya (UPC). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/20409>. Última visualización: 04/07/2020
- Shillinger, G. L., Palacios, D. M., Bailey, H., Bograd, S. J., Swithenbank, A. M., Gaspar, P., ... Block, B. A. (2008). **Persistent leatherback turtle migrations present opportunities for conservation.** *PLoS Biology*, 6(7), e171. <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0060171>. Última visualización: 05/07/2020
- Team, R. C. (2013). **R: A language and environment for statistical computing.**
- Tomas, J., Mons, J. L., Martin, J. J., Bellido, J. J., & Castillo, J. J. (2002). **Study of the first reported nest of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, in the Spanish Mediterranean coast.** *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82(6), 1005-1007.
- Tomás, J., Gazo, M., Álvarez, C., Gozalbes, P., Perdiguero, D., Raga, J. A., & Alegre, F. (2008). **Is the Spanish coast within the regular nesting range of the Mediterranean loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*)?.** *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(7), 1509-1512.
- Ullmann, J., & Stachowitsch, M. (2015). **A critical review of the Mediterranean Sea turtle rescue network: a web looking for a weaver.** *Nature Conservation*, 10, 45-69.
- Vargas-Yáñez, M., García, M. J., Salat, J., García-Martínez, M. C., Pascual, J., & Moya, F. (2008). **Warming trends and decadal variability in the Western Mediterranean shelf.** *Global and Planetary Change*, 63(2-3), 177-184.
- Wallace, B. P., DiMatteo, A. D., Bolten, A. B., Chaloupka, M. Y., Hutchinson, B. J., Abreu-Grobois, F. A., ... & Bourjea, J. (2011). **Global conservation priorities for marine turtles.** *PloS one*, 6(9).

Witt, M. J., Åkesson, S., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Ellick, J., Formia, A., ... & Godley, B. J. (2010). **Assessing accuracy and utility of satellite-tracking data using Argos-linked Fastloc-GPS.** *Animal Behaviour*, 80(3), 571.

