



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Cambios estacionales en la distribución del uso del hábitat en juveniles de un año de tortuga boba (*Caretta caretta*) nacidas en playas del Mediterráneo occidental.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Evaluación y Seguimiento Ambiental de Ecosistemas Marinos y Costeros

AUTOR/A: Pina Cubells, Carlos

Tutor/a: Belda Pérez, Eduardo Jorge

Cotutor/a externo: ABALO MORLA, SARA

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Cambios estacionales en la distribución
del uso del hábitat en juveniles de un
año de tortuga boba (*Caretta caretta*)
nacidas en playas del Mediterráneo
occidental.”**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Autor:

Carlos Pina Cubells

Tutor:

Eduardo Jorge Belda Pérez

Cotutora:

Sara Abalo-Morla

GANDIA, 2022

Resumen:

La tortuga boba (*Caretta caretta*) es una especie prioritaria y vulnerable, y entender qué hábitats frecuenta y cómo los utiliza es fundamental para aplicar medidas de conservación eficaces. Es necesario realizar estudios sobre fases tempranas de la especie y su dispersión y hábitat, para conocer qué zonas habitan y tomar medidas de gestión adecuadas. El objetivo principal del presente TFM es estudiar los cambios en el uso del hábitat a lo largo del año para juveniles de tortuga boba nacidos en playas del levante español.

En este estudio, para poder obtener los datos, se ha realizado el marcaje y seguimientos satelital de ejemplares post-neonatos o juveniles jóvenes de 1 año.

El tratamiento y post-procesado de datos se ha hecho con el software "R", mediante el cual se han obtenido las estimaciones de uso de hábitat ("home range") y las cartografías para visualización de datos. Como resultado, se ha visto que los juveniles de tortuga boba presentan estados de movimiento variables y el "home range" refleja distintas preferencias de hábitat dependiendo de la época del año.

Conocer estas preferencias aumenta el conocimiento de la especie durante las fases tempranas de post-neonatos o juveniles, y contribuye a mejorar su gestión.

Palabras clave: tortuga boba, *Caretta caretta*, home range, uso de hábitat, juveniles.

Abstract:

The loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) is a priority and vulnerable species, and understanding which habitats it frequents and how it uses them is essential to implement effective conservation measures. It's necessary to carry out studies on the early phases of the species and its dispersion and habitat, to find out which areas it inhabits and take management measures. The main objective of this TFM is to study the changes in the use of the habitat throughout the year for juvenile loggerhead sea turtles born on the beaches of the Spanish Mediterranean coasts.

In this study, to obtain the data, the tagging and satellite monitoring of post-hatchling specimens or young 1-year-old juveniles have been carried out.

The treatment and post-processing of data has been done with the "R" software, through which estimates of habitat use ("home range") and cartographies for data visualization have been obtained. As a result, it has been seen that juvenile loggerhead sea turtles present variable states of movement and the "home range" reflects different habitat preferences depending on the season of the year.

Knowing these preferences increases the knowledge of the species during the early phases of post-hatchlings or juveniles, and contributes to improve its management.

Keywords: loggerhead turtle, *Caretta caretta*, home range, habitat use, juvenile.

Los datos presentados en este estudio han sido cedidos a Carlos Pina Cubells con el único fin de la realización de este Trabajo de Final de Máster, y cualquier uso de estos datos o de los resultados del presente estudio requieren de la solicitud de autorización a los propietarios de los datos (solicitar por e-mail a edbelpe@upv.es).

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Metodología	12
2.1. Obtención de los datos	12
2.2. Preprocesamiento de los datos	14
2.3. Procesamiento de los datos	15
3. Resultados y discusión	18
4. Conclusiones	44
5. Líneas futuras	46
6. Agradecimientos	46
7. Bibliografía	47
ANEXOS	
ANEXO I. Asociar localizaciones a profundidad	I
ANEXO II. Preparación de los datos y cálculo del “home range” por estaciones.....	III

1. Introducción

Actualmente se está observando una tendencia a que la tortuga boba (*Caretta caretta*) realice eventos de anidación en las costas españolas mediterráneas, fuera de las zonas tradicionales de anidamiento ubicadas en el Mediterráneo oriental. Esta tendencia se está produciendo desde el año 2001, y se está acentuando durante los últimos años (Tomás et al., 2008; Abalo-Morla et al., 2018; Abalo-Morla et al., 2022; Hochscheid et al., 2022). Este proceso colonizador de la tortuga boba en el Mediterráneo occidental pone en evidencia la necesidad de mejorar conocimientos existentes sobre su hábitat y sus rutas de dispersión, porque se trata de una especie catalogada como vulnerable en España y es una especie prioritaria de la Directiva de Hábitats, para así poder tomar las medidas de gestión necesarias que contribuyan a paliar las amenazas de origen antrópico, que pueden dañarlas o amenazar su supervivencia. Por ello, a raíz de estos eventos de anidación se ha empezado a estudiar por primera vez en el Mediterráneo la dispersión y uso de hábitat de post-neonatos de tortuga boba, además, con la particularidad de que proceden de eventos de anidación que, según la hipótesis más aceptada actualmente, forman parte de un proceso colonizador en el Mediterráneo occidental, donde hasta recientemente sería muy poco probable encontrar neonatos o individuos tan jóvenes. Actualmente sólo hay dos estudios al respecto: Abalo-Morla et al. (2018) y Abalo-Morla et al. (2022). Cabe definir el concepto de post-neonato, como aquel ejemplar de tortuga boba que abarca el periodo desde unos días después de la eclosión hasta que cumple el año de vida.

La tortuga boba pertenece a la Familia Cheloniidae, integrada por siete especies de tortugas marinas, caracterizadas por presentar una concha o caparazón duro y cuyas extremidades están modificadas en forma de aletas para nadar, siendo su taxonomía la siguiente (Tabla 1):

Tabla 1. Taxonomía de la tortuga boba.

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrata
Clase	Reptilia
Subclase	Anapsida
Orden	Testudines
Familia	Cheloniidae
Género	<i>Caretta</i>
Especie	<i>Caretta caretta</i>

La tortuga boba tiene la cabeza de un tamaño relativamente grande y presenta entre 4 y 5 escudos en la parte prefrontal. Su caparazón es de coloración marrón a rojizo, con 1 escudo nual, 5 escudos vertebrales y 5 pares de escudos costales donde los ejemplares jóvenes tienen quillas, entre 11 y 13 escudos marginales y 2 escudos supracaudales. Además, la cabeza y las aletas, que no son retráctiles en el caparazón, están cubiertas por escamas córneas; muestran dos uñas en cada extremidad y no poseen dientes (Segurado-Chillón, 2016) (Figura 1).

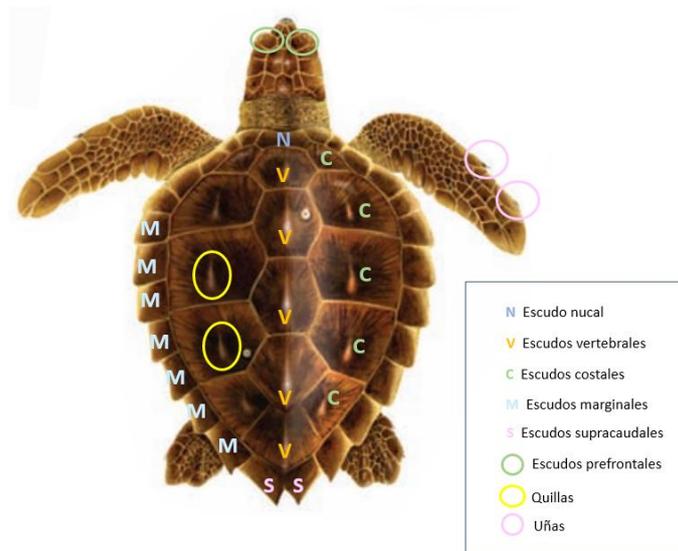


Figura 1. Partes de la tortuga boba (Adaptada de Witherington, 2015).

La tortuga boba se distribuye por todos los océanos templados del mundo, siendo la especie de tortuga marina más común en el Mar Mediterráneo (Figura 2) (Luschi y Casale, 2014).

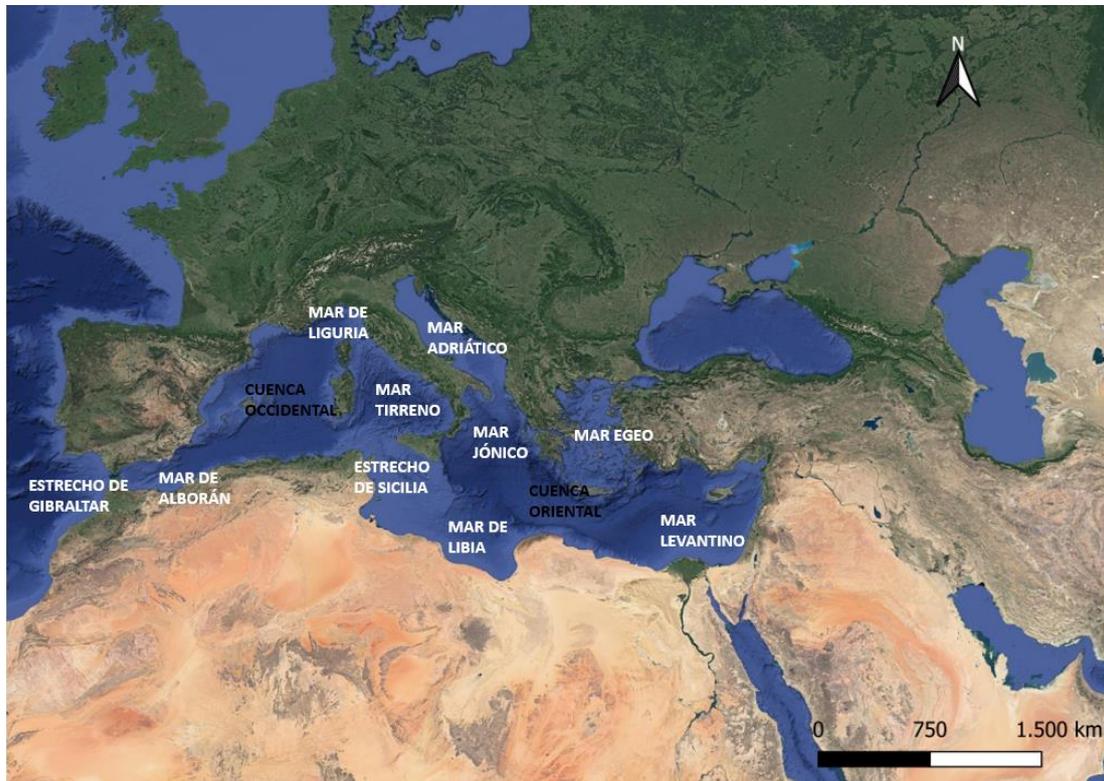


Figura 2. Mar Mediterráneo con sus principales sectores geográficos (Elaboración propia).

En el Mediterráneo occidental se pueden encontrar dos poblaciones distintas: por un lado la mediterránea y por otro lado la población noratlántica (Segurado-Chillón, 2016). Además, las poblaciones de tortuga boba se encuentran en regresión a nivel mundial aunque la población mediterránea presenta una tendencia poblacional ascendente, apareciendo en el libro rojo de especies amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)¹ como vulnerable a nivel mundial y en estado de preocupación menor en el Mediterráneo, en el anexo I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)², y también en la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, denominado Convenio de Bonn³. En la Unión Europea se

¹ [Libro rojo de especies amenazadas de la UICN.](#)

² [Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres \(CITES\).](#)

³ [Convenio de Bonn.](#)

⁴ [Diario oficial de las comunidades Europeas, 1997 –8.11.97/L305/50-](#)

⁵ [BOE-A-1990-8432.](#)

cataloga como especie de interés comunitario⁴, mientras que en España se cataloga como especie de interés especial⁵ (Báez y Camiñas, 2004).

Su ciclo vital (Figura 3) se caracteriza por un temprano desarrollo en la zona oceánica seguido de un desarrollo posterior en la zona nerítica. Tradicionalmente, se ha supuesto que el ciclo vital se compone de una primera fase oceánica de neonatos a post-neonatos durante el primer año de vida (desde que entran al mar hasta que tienen <24 cm de longitud recta del caparazón) (SCL, por sus siglas en inglés, straightline carapace length) (Abalo-Morla et al., 2022), en la que se desplazan de forma pasiva porque los factores oceanográficos y meteorológicos tienen su mayor influencia sobre las tortugas. No obstante los últimos estudios realizados sobre esta fase del ciclo vital han desvelado que los post-neonatos y los juveniles pequeños sí presentan una dispersión activa (Febrer-Mesquida, 2017). Seguidamente presentan una fase juvenil que en general abarca desde 1 a los 10 años. La fase juvenil pequeña (24-40 cm SCL) es fundamentalmente oceánica, y la fase de juvenil grande (>40 cm SCL y hasta que alcanzan la fase de sub-adulto) puede frecuentar tanto hábitats neríticos como oceánicos. La fase de sub-adulto abarca entre 10 a 30 años, donde habitan zonas neríticas y en menor medida oceánicas; y por último una fase adulta, en principio con zonas de alimentación en hábitats neríticos (Bolten et al., 2003; Witherington, 2015; Febrer-Mesquida, 2017).

¹ [Libro rojo de especies amenazadas de la UICN.](#)

² [Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres \(CITES\).](#)

³ [Convenio de Bonn.](#)

⁴ [Diario oficial de las comunidades Europeas, 1997 –8.11.97/L305/50-](#)

⁵ [BOE-A-1990-8432.](#)



Figura 3. Fases del ciclo vital de la tortuga boba (Adaptada de Witherington, 2015).

En cuanto a su alimentación, *Caretta caretta* presenta tres fases ecológicas principales y que se relacionan con su ciclo vital: la fase pelágica (post-neonatos), cuando las tortugas bobas se alimentan de presas pelágicas; una fase nerítica intermedia (juveniles), cuando cambian de hábitats de forrajeo pelágico-oceánico a bentónicos-neríticos; y finalmente la fase demersal, cuando nadan cerca del fondo para comer especies bentónicas (adultos) (Alessandro y Antonello, 2010). Cabe destacar que es precisamente en la fase oceánica, durante sus primeros años de vida (entre los dos y siete), el período sobre el que hay mayores lagunas de conocimiento, conociéndose como “lost years” (años perdidos) (Febrer-Mesquida, 2017).

Esta especie presenta el rango de anidación más amplio entre los reptiles marinos, abarcando desde latitudes tropicales hasta templadas. Como todas las especies de tortugas marinas existentes, la tortuga boba ha sobrevivido a grandes cambios climáticos en el pasado alterando el equilibrio entre la colonización y la extinción local (Maffucci et al., 2016). Las tortugas bobas muestran filopatría, es decir, regresan a sus lugares de origen para reproducirse y nidificar, una estrategia que aumenta el éxito reproductivo pero establece ciertos límites a la diversidad genética y la adaptabilidad de las poblaciones (Cury, 1994). Por tanto, la expansión del rango de anidación debe ocurrir a través del auto-reclutamiento, lo que significa que la anidación ocasional de tortugas en latitudes y longitudes diferentes a las de su zona habitual de

nidificación está asociada con la producción de crías hembras que sobreviven para anidar décadas más tarde en el mismo lugar (Hamann y Kennedy, 2012). Aun así, para conseguir una expansión exitosa del área de distribución se debe hacer frente a la amenaza del desarrollo humano y la falta de conciencia, vigilando estos nuevos hábitats y tomando las medidas de gestión necesarias. Ya que, cualquier medida efectiva, aunque sea sobre un número pequeño de ejemplares, puede contribuir a incrementar la población Mediterránea de tortuga boba (Hochscheid et al., 2022).

Como respuesta adaptativa al cambio climático actual, la tortuga boba ha comenzado a anidar de forma constante más allá del límite norte y oeste del área tradicional de nidificación de la especie en la cuenca del Mediterráneo (Maffucci et al., 2016; Hochscheid et al., 2022). Este aumento del rango de nidificación se relaciona con un calentamiento significativo de la temperatura de la superficie del mar y de la tierra (que es donde se pueden desarrollar los huevos) en primavera y verano, lo que ofrece una zona térmica más amplia adecuada para la anidación. Sin embargo, se ha observado que las crías que parten de esta ubicación (norte del Mediterráneo occidental) experimentan una temperatura del mar invernal baja que puede afectar a su supervivencia y, por lo tanto, dificultar la estabilización del sitio colonizado mediante el auto-reclutamiento (Maffucci et al., 2016). Por ende, las restricciones térmicas durante fases iniciales de desarrollo de tortuga boba pueden limitar la posibilidad de crecimiento de la población en estas nuevas localizaciones también en un futuro cercano, a pesar de las condiciones cada vez más favorables en los sitios de anidación (Maffucci et al., 2016).

Debido a estas características, resulta fundamental entender y cuantificar la relación e interacciones entre la dispersión y los cambios ambientales en todas las etapas vitales de la tortuga boba para predecir la expansión del rango de la especie con el cambio climático. De este modo, se podrán realizar acciones y tomar las medidas necesarias para el adecuado desarrollo de la especie en las nuevas localizaciones y evitar el detrimento de la especie.

Para aumentar el conocimiento sobre la tortuga boba y contribuir a la conservación de las poblaciones de la especie, se han desarrollado técnicas y tecnologías que permiten el seguimiento de los ejemplares de manera remota gracias al uso de sistemas satelitales. El marcaje satelital, cuando se lleva a cabo de forma efectiva, proporciona información significativa sobre cada individuo de estudio, tanto de las rutas como de las velocidades y, además, permite recopilar la información rápidamente (Godley et al., 2008). Por otro lado, existe una técnica conocida como “headstarting”, que consiste en incubar huevos y criar tortugas en cautiverio durante un periodo determinado (dependiendo del lugar o del programa en cuestión, en España suele ser de 1 año aproximadamente), hasta que alcanzan un tamaño en el que ya no están sujetas a la depredación de muchos de sus depredadores naturales, como peces, aves e invertebrados (Frazer, 1992). Gracias a esta técnica, se han realizado varios estudios para conocer mejor la supervivencia, distribución y uso de hábitat de post-neonatos de tortuga boba, con el fin de contribuir a su conservación reduciendo el riesgo de mortalidad en los primeros años de vida de las tortugas. También, permite que las tortugas alcancen un tamaño adecuado para poder marcarlas y seguirlas vía satélite (Mansfield et al., 2014, 2017; Abalo-Morla et al., 2018, 2022).

Existen estudios que han empleado el marcaje satelital para conocer la dispersión y el comportamiento migratorio de la tortuga boba en el Mediterráneo. En cuanto a los adultos, Alpanidou et al. (2022) muestra que las áreas de alimentación se alojaron principalmente dentro de la zona nerítica con la mayoría de los sitios adecuados ubicados en el Mediterráneo central y oriental, siendo el mar Adriático y la meseta de Túnez, los más relevantes. El mar Levantino y partes del mar Egeo se incluyeron entre las áreas del Mediterráneo oriental cubiertas por áreas críticas de alimentación para las tortugas bobas, con coberturas más bajas detectadas en el mar Jónico. En el Mediterráneo occidental, las zonas de alimentación se identificaron principalmente a lo largo de las costas francesa y española, y el mar de Alborán alberga una proporción muy pequeña. En cuanto a la parte oceánica de las zonas de

alimentación destacan principalmente las partes central y oriental de la cuenca, adyacentes al hábitat nerítico. De acuerdo con Bradai et al. (2009), el Golfo de Gabes (Túnez) es un importante lugar de presencia y alimentación de tortuga boba durante el invierno. También llega a dicha conclusión Casale et al. (2013), documentando la costa del norte de África (Túnez) como un área importante de alimentación y residencia para ejemplares adultos de tortuga boba. El estudio de Luschi et al. (2013) documentó migraciones latitudinales desde las áreas de alimentación del norte hacia las aguas del sur, ampliando e integrando los hallazgos anteriores al documentar la migración otoñal hacia el sur, la residencia invernal y el comportamiento previo a la anidación de las tortugas bobas del Mediterráneo de tamaño adulto.

Es decir, Túnez, mar Adriático, mar levantino, mar Egeo y costas españolas y francesas destacan por presencia de tortuga boba debido a ser zonas de alimentación. También, todos estos estudios apuntan a que los adultos de tortuga boba migran hacia el sur del Mediterráneo durante la época otoñal y permanece allí durante el invierno, migrando durante primavera-verano a zonas más al oeste.

Por otro lado, existen estudios que se centran en estados de vida más tempranos, permitiendo conocer la dispersión de la tortuga boba a lo largo de su ciclo de vida. Como por ejemplo, el estudio de Chimienti et al. (2020), que ha demostrado que mares pequeños como el Mediterráneo albergan importantes hábitats compartidos por tortugas bobas en diferentes etapas de vida, destacando el mar Tirreno Meridional y la plataforma continental de Túnez debido a que presentan tanto hábitats de tipo nerítico como oceánicos en estrecha proximidad. Pero más importante aún, es la conclusión que comparte con Luschi et al. (2018), afirmando que las tortugas bobas juveniles y adultas comparten un área de alimentación oceánica comparativamente pequeña en el mar Tirreno Meridional que presenta características de mesoescala oceanográfica bastante predecibles (como pueden ser corrientes, frentes y remolinos que mejoran la productividad primaria y agregan zooplancton) y, por lo tanto, lo

convierte en un buen candidato para conservación del océano. Además, Casale et al. (2007) ha demostrado que, en el Mediterráneo, parte de las tortugas en fase oceánica permanecen en la misma área oceánica, y que todas las tortugas en fase nerítica permanecen en la misma área nerítica. El estudio de Casale et al. (2012a) presenta la zona del Adriático como lugar de residencia permanente o estacional de tortugas juveniles, mostrando nuevamente que parte de la población griega pasa toda su vida en diferentes hábitats del área relativamente pequeña del norte de Jónico/Adriático. También, Casale et al. (2018) amplía la información, documentando que en el Mediterráneo occidental destacan las aguas sur de España, Marruecos, Islas Baleares, el estrecho de Sicilia y el estrecho del mar Jónico, gracias a datos de palangres pelágicos; y en el Mediterráneo oriental, varias tortugas han tomado su residencia en el mar Jónico, y aguas de Siria y Egipto en busca de alimento.

Es decir, los estudios acerca de las zonas del Mediterráneo (Figura 2) habitadas por juveniles de tortuga boba han conseguido vislumbrar que: el mar Tirreno, la plataforma continental de Túnez y el Adriático (Mediterráneo central); aguas del sur de España, Marruecos, Islas Baleares, estrecho de Sicilia y el estrecho del mar Jónico (Mediterráneo occidental); y mar Jónico, y aguas de Siria y Egipto (Mediterráneo oriental) son áreas frecuentadas por dichos ejemplares. En cuanto al estudio de dispersión y hábitat de post-neonatos de tortuga boba en el Mediterráneo, la información disponible actualmente es muy escasa, apenas dos estudios abordan esta cuestión con datos empíricos obtenidos mediante seguimiento por satélite (Abalo-Morla et al., 2018, 2022). Por ello, se deben seguir realizando estudios con ejemplares juveniles de pequeño tamaño y/o post-neonatos de tortuga boba para conocer qué zonas habitan y poder tomar medidas adecuadas de gestión y conservación. En este sentido, también, Abalo-Morla et al. (2022) ha revelado que la superficie actual ocupada por las Áreas Marinas Protegidas (AMP) en el Mar Mediterráneo parece ser insuficiente para contribuir a los objetivos de conservación de la tortuga boba. Esto se debe a que en las principales áreas de distribución de hábitat de la especie, ubicadas en el mar de Alborán, la cuenca de Argelia, el canal de Sicilia, el noroeste de

Túnez, el mar Tirreno y el norte del mar Jónico, las tortugas se encuentran más allá de los límites de las AMP.

El “home range” puede definirse como el área que normalmente utiliza un animal o grupo de animales durante las actividades asociadas con la alimentación, el descanso, la reproducción y la búsqueda de refugio (Burt, 1943). Es decir, es un área que puede variar en el tiempo y cuya superficie es ocupada por una especie durante una parte de su vida o un periodo del año, bien sea para alimentarse, desplazarse, reproducirse o buscar refugio, dentro de la cual existen mayores posibilidades de encontrar la especie de interés que fuera de ella. Con ello, se pueden conocer aquellas zonas donde resultaría necesario tomar medidas de actuación para proteger la tortuga boba en sus primeros años de vida, y conseguir un mayor reclutamiento en su edad adulta en la cuenca del Mediterráneo.

En el presente estudio se pretende observar el patrón estacional de uso de hábitat de ejemplares de tortuga boba de 1 año de edad, procedentes de eventos de nidificación en la costa española. El hecho de tener nidos en las costas españolas, fuera del rango habitual de nidificación, y post-neonatos y/o juveniles procedentes de dichos nidos es algo nuevo. Asimismo, en general para todo el Mediterráneo, apenas existe información sobre el uso y distribución del hábitat de post-neonatos y/o juveniles, excepto Abalo-Morla et al., 2018, 2022. Debido a esta situación de desconocimiento, se hace necesario realizar estudios sobre los primeros años de vida de la tortuga boba y su dispersión y hábitat, para conocer las zonas que habitan y poder tomar las medidas de gestión necesarias. En este caso, se va a realizar una estimación de la distribución del uso del hábitat o “home range” (término en inglés, el cual se empleará en adelante), para conocer cuál es la zona con mayor probabilidad de distribución de uso de los juveniles de tortuga boba en diferentes periodos o estaciones, en función de los datos de localizaciones observadas gracias al seguimiento satelital.

2. Metodología

2.1. Obtención de los datos

En el presente estudio se han empleado datos de tortugas bobas obtenidos mediante seguimiento satelital de ejemplares marcados y liberados en el Mediterráneo occidental durante el periodo 2017 – 2021. Todos ellos son ejemplares juveniles, es decir, de alrededor de 1 año de edad, procedentes de varios nidos y se han liberado todos en las costas españolas desde varias localizaciones (Tabla 2). Los datos se han obtenido mediante diferentes proyectos y financiación obtenida por E.J. Belda, J. Tomás y S. Abalo-Morla y colaboradores (J. Tomás y S. Abalo-Morla).

Tabla 2. Información de los datos de seguimiento satelital.

Argos ID	Nombre ID	Lugar de suelta	Fecha de suelta	Días de seguimiento
34232	Benicarló	39.310, -0.290	19/10/2017	152
163093	Burriana	39.310, -0.290	19/10/2017	261
44324	Castelló	39.310, -0.290	19/10/2017	264
34233	Cullera	39.310, -0.290	19/10/2017	69
160302	Denia	39.310, -0.290	19/10/2017	270
44325	Gandia	39.310, -0.290	19/10/2017	291
163095	Santa Pola	39.310, -0.290	19/10/2017	276
34231	Vinarós	39.310, -0.290	19/10/2017	269
44326	Torreveija	39.310, -0.290	19/10/2017	337
224405	Ana	36.480, -4.736	01/10/2021	230
224406	Marina	36.480, -4.736	01/10/2021	267
224407	Eucrante	36.480, -4.736	01/10/2021	44
224408	Flor	36.480, -4.736	01/10/2021	0
224409	Alfonsina	36.480, -4.736	01/10/2021	105
224410	Intemares	41.080, 1.180	01/10/2021	269
224411	Bel.la	41.080, 1.180	01/10/2021	184
224412	Hunter	41.080, 1.180	01/10/2021	0
224413	Vicent	41.080, 1.180	01/10/2021	211
224414	West	41.080, 1.180	01/10/2021	0
220873	Ardo	39.180, -0.220	15/10/2021	29

220874	Mar	39.180, -0.220	15/10/2021	171
220875	Raúl	39.180, -0.220	15/10/2021	153
204914	Xereca	38.845, 1.400	07/10/2020	177
204915	Fameliar	38.845, 1.400	07/10/2020	313
204916	Gonella	38.845, 1.400	07/10/2020	132
204917	Marina2	38.845, 1.400	07/10/2020	120
204918	Tanit	38.845, 1.400	07/10/2020	244
204919	Savina	38.845, 1.400	07/10/2020	24
206655	Argonauta	37.600, -0.630	06/10/2020	302
206656	Bobico	37.600, -0.630	06/10/2020	73
206657	Careto	37.600, -0.630	06/10/2020	165

Las tortugas marcadas (Tabla 2) proceden de programas de cría en cautividad (o “headstarting”) y han sido seleccionadas dependiendo de si el tamaño era adecuado para el marcaje, evitando así interferir en su capacidad motora y de comportamiento. En concreto, la condición es que su peso fuese suficiente para que se pudieran marcar de forma que el peso de la marca no fuese > del 3% del peso del animal, haciendo una selección aleatoria de entre aquellos ejemplares que cumplían ese requisito cuando fuera posible (más ejemplares disponibles con un peso suficiente para ser marcados).

Los datos de las ubicaciones se han obtenido a través del sistema Argos, el cual clasifica siete clases de ubicación (LC) con precisión decreciente (3, 2, 1, 0, A, B, Z). Las clases LC 3, 2 y 1 presentan errores estimados por Argos de menos de 250 m, 500 m y 1500 m, respectivamente (Abalo-Morla et al., 2022).

2.2. Preprocesamiento de los datos

Una vez obtenidos los archivos de datos con las localizaciones registradas por los satélites para cada tortuga, primeramente se ha revisado cada archivo de datos para eliminar aquellos registros previos al “date of deployment” y los posteriores al “end of deployment”. Esto debe ser así porque el “date of deployment” corresponde con el día en el que se ha realizado la suelta de cada ejemplar de tortuga boba, por tanto, cualquier registro anterior puede corresponder a localizaciones en tierra bien por estar aún en el centro de recuperación o en cualquier punto previo a la suelta en el mar. El “end of deployment” corresponde con la fecha en la que el seguimiento por satélite deja de ser adecuado, bien por muerte o por captura accidental del ejemplar. De este modo, los datos con los que se va a realizar el análisis son adecuados, eliminando cualquier registro que pueda interferir o deformar los resultados finales, al tener localizaciones que serían inadecuadas. El filtrado de los datos es un paso necesario para poder trabajar con buenos datos y no cometer el error de trabajar con valores atípicos u “outliers”.

Los valores atípicos son observaciones o medidas que son sospechosas porque son mucho más pequeñas o mucho más grandes que la gran mayoría de las observaciones. Estas observaciones son problemáticas porque pueden distorsionar los resultados. El problema es que, a veces, unos pocos valores atípicos son suficientes para distorsionar los resultados del grupo (alterando el rendimiento medio, aumentando la variabilidad, etc.) (Hoenner et al., 2012).

Seguidamente, se ha realizado un filtrado de datos, eliminando los datos de aquellos ejemplares que no han proporcionado más de 30 localizaciones y los de ejemplares cuyo seguimiento ha durado menos de 90 días. Cabe destacar, que se han descartado también las tortugas con marcas que han fallado, porque al incluirlas el SSM era erróneo y no se podían obtener buenos resultados. Por ello, el número final de tortugas que se han incluido para realizar el procesamiento de los datos asciende a 21 ejemplares.

Posteriormente, se han juntado todos los datos disponibles de los diferentes ejemplares en un solo archivo de datos, pero solamente con las categorías necesarias para el análisis, a ser estas: nombre para identificar a la tortuga (id), la fecha en la que se registran los datos por los satélites, la clase de localización (lc), longitud y latitud. Así, se han conseguido preparar los datos acorde a la función 'fit_ssm' que se ejecutará más adelante.

2.3. Procesamiento de los datos

Una vez recopilada adecuadamente toda la información necesaria en un archivo de datos, se ha empleado el software libre de programación "R" para realizar el análisis de los datos (R Core Team, 2022).

Concretamente, se ha empleado el paquete 'adehabitatHR', el cual contiene funciones relacionada con el análisis del área de distribución, permitiendo estimar el "home range" con distintos métodos (Calenge, 2011). Y un modelo de espacio de estado (SSM, por sus siglas en inglés que quiere decir "Space State Models") para establecer la trayectoria de cada tortuga con una localización por día, empleando dichas localizaciones para el análisis del "home range". Los SSM constituyen una herramienta estadística muy flexible que permite describir, modelar y pronosticar una serie de valores futuros a partir de los datos observados en varias ramas del conocimiento (Ariza-Hernández, 2010). Estos modelos se han aplicado previamente para modelar los movimientos de animales marinos, incluidas las tortugas marinas (Jonsen et al., 2007; Hoenner et al., 2012).

Se ha ejecutado el SSM, mediante la función 'fit_ssm' del paquete 'bsam' de "R", para la que los datos ya están preparados (como se ha visto anteriormente). Con esta función se ha ajustado un modelo de espacio de estado de conmutación jerárquica (hDCRWS) a los datos para dar una estimación de posición a intervalos regulares de 24 horas. Se han ejecutado dos cadenas de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) para 120 000 iteraciones descartando las primeras 60 000 muestras como un filtrado y reteniendo cada décima muestra de las 60 000 muestras restantes

supuestas posteriores a la convergencia de cada cadena para reducir la autocorrelación de la muestra, es decir, los parámetros del modelo y las ubicaciones estimadas se han calculado utilizando 6 000 muestras de MCMC. Con ello, queda descrito cómo se ha hecho el modelo.

Una vez procesado el SSM, las ubicaciones se han empleado para estimar los rangos de distribución de las tortugas bobas y las estimaciones de densidad relativa de los datos.

Posteriormente, para eliminar aquellos datos de localizaciones que no eran válidas, se ha empleado la función 'filter', la cual permite indicar qué datos debe eliminar porque están en tierra y cuales dejar porque están en el mar. La forma elegida ha sido asociando las localizaciones disponibles a los datos de profundidad (Anexo I). Para ello, se han empleado los datos obtenidos con el SSM y se han seguido los siguientes pasos (Figura 4):



Figura 4. Diagrama del proceso de eliminación de puntos terrestres.

Como se puede ver en la Figura 4, para filtrar las localizaciones de tierra se han descargado los datos de batimetría disponibles en Gridded Bathymetry Data Download (GEBCO) (<https://download.gebco.net/>) indicando el área de interés, la cual abarca todo el Mar Mediterráneo, con el formato GRID 2D netCDF y pulsando 'Add basket' y 'View basket'. A continuación, se han leído los datos de batimetría en el software "R" y se ha creado un raster con las coordenadas del fichero que se ha descargado. Seguidamente, se han asociado los datos de batimetría al .csv de interés y se han filtrado las posiciones de tierra con la función 'filter'.

Por último, se ha realizado el cálculo del "home range" por estaciones mediante el siguiente proceso (Figura 5):

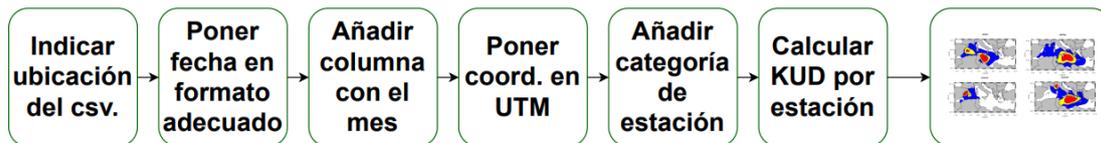


Figura 5. Diagrama del proceso de obtención del “home range”.

Como se puede ver en la Figura 5, en primer lugar, se han cargado los datos en formato .csv indicado la ubicación. Luego, se ha puesto la fecha en el formato adecuado para el procedimiento que, en este caso, ha sido del tipo “día mes año hora:minutos”. A continuación, se ha añadido una nueva columna indicando el mes para cada ubicación y poder identificar rápidamente la época del año. Posteriormente, se han añadido las coordenadas en formato UTM, ya que estaban en tipo geográficas, y una nueva categoría de estación, en función del mes. Y gracias al empleo de la distribución de utilización (UD), para definir la amplitud espacial del área de distribución y medir la intensidad espacial de uso, mediante el paquete ‘adehabitatHR’ se ha calculado la Kernel Utilization Distribution (KUD) con el ancho de banda de referencia como parámetro de suavizado. Este KUD es lo que se ha empleado como “home range”, permitiendo identificar las áreas de distribución de los ejemplares hasta unos niveles de contorno del 95%, pero para las áreas centrales se han utilizado dos niveles, 50% y 25% KUD (Anexo II). El “home range” se ha representado en mapas del Mar Mediterráneo, uno por cada estación, y en cada mapa se han representado 3 niveles del “home range”, el 95%, el 50% y el 25% correspondiéndose los dos últimos a “core areas”, esto es, áreas de mayor uso. La razón por la que se emplean esas “core areas” al 50% y 25% radica en la necesidad de proporcionar mayor flexibilidad a la hora de aplicar las medidas de gestión.

Todos los pasos realizados en el software “R” se pueden encontrar en el apartado de ANEXOS, donde se pueden visualizar dos scripts distintos: uno para asociar las localizaciones disponibles a los datos de profundidad y poder quedarse solamente con las que están en el mar (Anexo I); y otro, con la preparación de los datos y el cálculo del “home range” por estaciones (Anexo II).

3. Resultados y discusión

En primer lugar, los resultados del SSM son los esperados, al obtener un conjunto de posiciones diarias para cada tortuga, y las cuales servirán más adelante para obtener el "home range" mediante el uso del paquete 'adehabitatHR'. En la Figura 6, se observa un mapa representando todas las localizaciones que se han introducido en el SSM, incluidos los valores atípicos u "outliers" (cruces grises en el mapa) y las posiciones estimadas en el SSM para las tortugas (puntos coloreados). Gracias a la leyenda de la derecha, se sabe que el color refleja el "behavioural state" (b), esto es, los resultados del modelo en función del tipo de movimiento que realiza la tortuga: si su comportamiento es de residencia en la zona durante un periodo más bien corto = 1 (se entiende que se desplaza rápido); si el comportamiento es de residencia en la zona por periodos más largos de tiempo = 2 (se entiende que se desplaza lento). Por tanto, se puede ver que hay distintos tipos de movimiento.

Como se puede observar, a pesar de que ambos colores se pueden ver dispersos y presentes en todas las zonas, hay predominancia de los puntos de color rojizo, mostrando que la gran parte de los ejemplares juveniles de tortuga boba pasan mucha o bastante parte del tiempo en las zonas donde se han registrado las ubicaciones, es decir, varias zonas del oeste y centro del Mediterráneo se presentan como posibles zonas de larga estancia de juveniles de tortuga boba. Otra parte de los puntos son de color azul, indicando la presencia por poco tiempo de ejemplares juveniles en dichas zonas, aunque en esta ocasión se encuentran más dispersos que los de color rojo, y prevalecen en los extremos noreste y sur del Mar Mediterráneo. Por tanto, estas zonas se presentan como posibles hábitats de paso o residencia corta de juveniles de tortuga boba. En la parte este del Mar Mediterráneo se ve paridad entre los dos tipos de estado de movimiento.

Al igual que en el estudio de Abalo-Morla et al. (2022), los ejemplares de tortuga boba monitorizados han recorrido extensamente el Mar Mediterráneo, principalmente en la parte más occidental. Esto hace pensar que, o bien los juveniles de la especie *Caretta caretta* pasan

buena parte de su vida en la parte occidental del Mediterráneo, o bien los resultados se encuentran un poco sesgados al realizar el estudio solamente con ejemplares soltados desde dicha parte del Mediterráneo. También, hay que tener en cuenta el tiempo de seguimiento de los ejemplares, el cual no ha sido mayor de un año en ningún caso de los presentados.

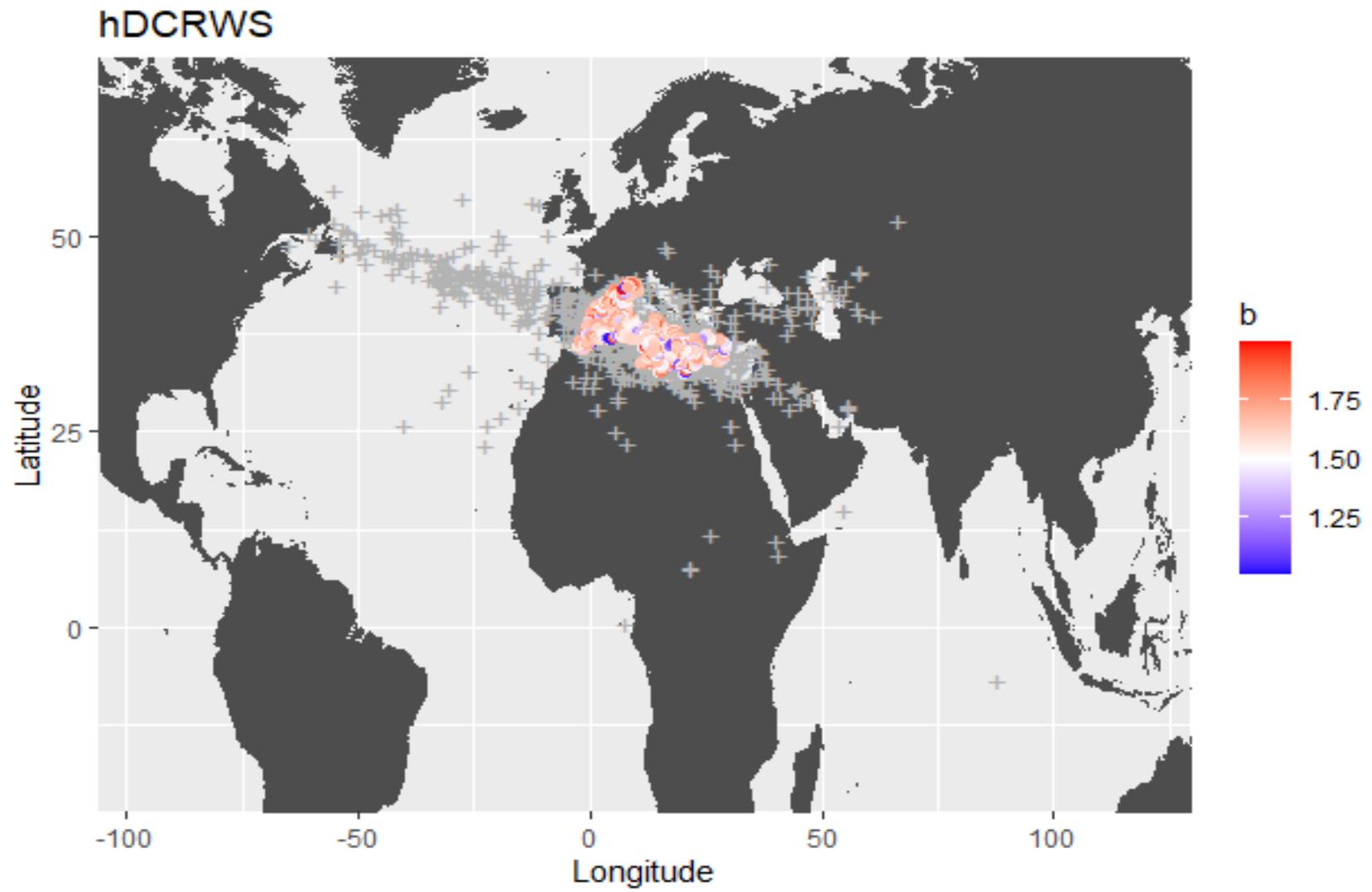


Figura 6. Mapa de posiciones estimadas del SSM incluyendo "outliers".

En las Figuras 7, 8, 9, 10 y 11 se ve cómo se ajusta el modelo (SSM) para los datos de tortuga boba, con el objetivo de diagnosticar la validez del SSM. En la Figura 7 se representan gráficas de las variables γ_1 , γ_2 , longitud y latitud; y en la Figura 8, 9, 10 y 11, se representan gráficas para los distintos ejemplares de tortuga boba.

La variable γ indica la direccionalidad del movimiento. Si está próxima a 1 indica que el movimiento es direccional, recto. Si está próxima a 0 indica que el movimiento es convoluto, da giros y vueltas. Esta variable es la que se utiliza para el análisis del movimiento, el “behavioural state”. Lo interesante es que los resultados (Figura 7) presentan γ_1 próximo a 1, y un γ_2 próximo a cero, lo que indica que sí se observan dos fases de movimiento diferentes en las tortugas. El movimiento recto o direccional es el comportamiento migratorio. Y por otro lado, el movimiento convoluto, es el comportamiento residente.

En las dos primeras gráficas de las Figuras 8, 9, 10 y 11 se observa que no hay grandes desviaciones, ya que los datos en color azul y rojo presentan una traza y una densidad igual o muy similar (misma forma en los diagramas), por lo que se deduce que deben ser similares, lo que valida el modelo. Aunque en la Figura 7 se observan mayores diferencias porque se evalúa el modelo en global, y se definen los “estados de comportamiento”, donde sí son muy similares las gráficas, por lo que se ajustan bien. Para γ_1 (Figura 7), aunque la densidad se encuentra desviada hacia la derecha, se ve una distribución simétrica para la estimación del parámetro, lo que sugiere que las muestras son extracciones aleatorias aproximadamente independientes de una distribución de parámetros y no sugiere motivo de preocupación (Hamra et al., 2013). Por tanto, los resultados son adecuados.

En las gráficas 3 y 4 de las Figuras 7, 8, 9, 10 y 11, lo que se ve es la Función de Autocorrelación (ACF, por sus siglas en inglés), que es una medida de la correlación entre las observaciones y permite saber qué dependencia tienen los datos de un período determinado con los mismos de hace k períodos anteriores. En este caso, interesa ver la autocorrelación entre los datos de

tortuga boba y, como se puede ver en la Figura 8, 9, 10 y 11, los valores son cercanos a 0 o tienden a él, lo que muestra poca autocorrelación ya que los valores cercanos a cero indican una ausencia de patrón espacial o indican autocorrelación espacial ausente (López, 2021).

La última gráfica, se corresponde con el ‘Gelman and Rubin’s shrink factor’ (‘G-B-R shrink factor’), que muestra la evolución del factor por el cual la varianza en la estimación se infla debido a la detención de la cadena después de que se ejecuta el número de iteraciones en lugar de continuar con el muestreo en el límite. Gelman y Rubin sugieren ejecutar cadenas de muestras de Gibbs hasta que los factores de contracción estimados sean inferiores a aproximadamente 1,1 para todos los parámetros de interés (Cowles, 1996). Como se puede observar en las Figuras 8, 9, 10 y 11, todas las gráficas convergen en 1 (o preferentemente hasta un valor máximo de 1,1, y siempre en todo caso inferior a 1,2, que sería el límite aceptable), por lo que resulta adecuado seguir realizando el tratamiento de datos.

De forma general, todas las gráficas muestran resultados adecuados indicando un buen ajuste del SSM. Por tanto, el modelo que se está empleando es adecuado para realizar el análisis de los datos de localizaciones de ejemplares juveniles de tortuga boba.

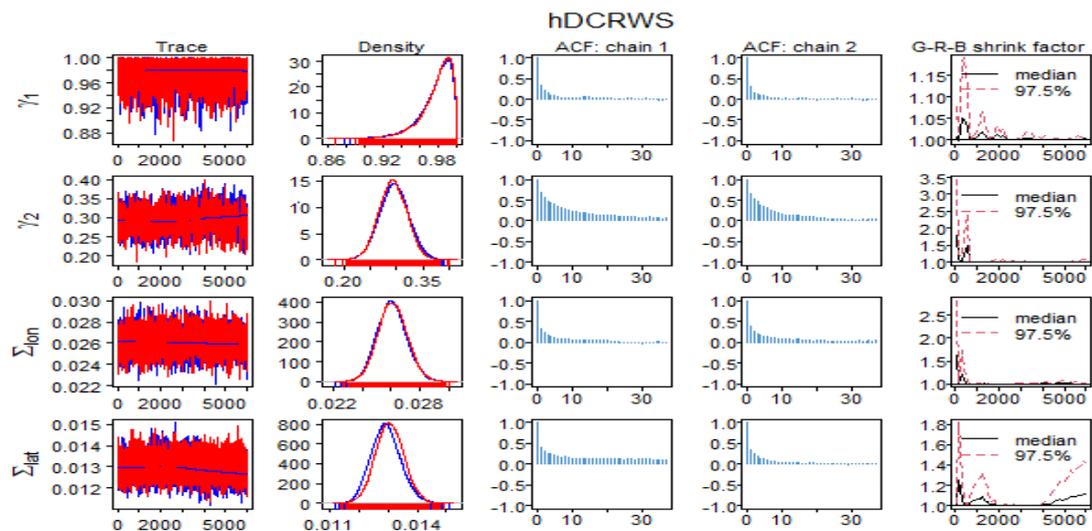


Figura 7. Análisis hDCRWS del SSM.

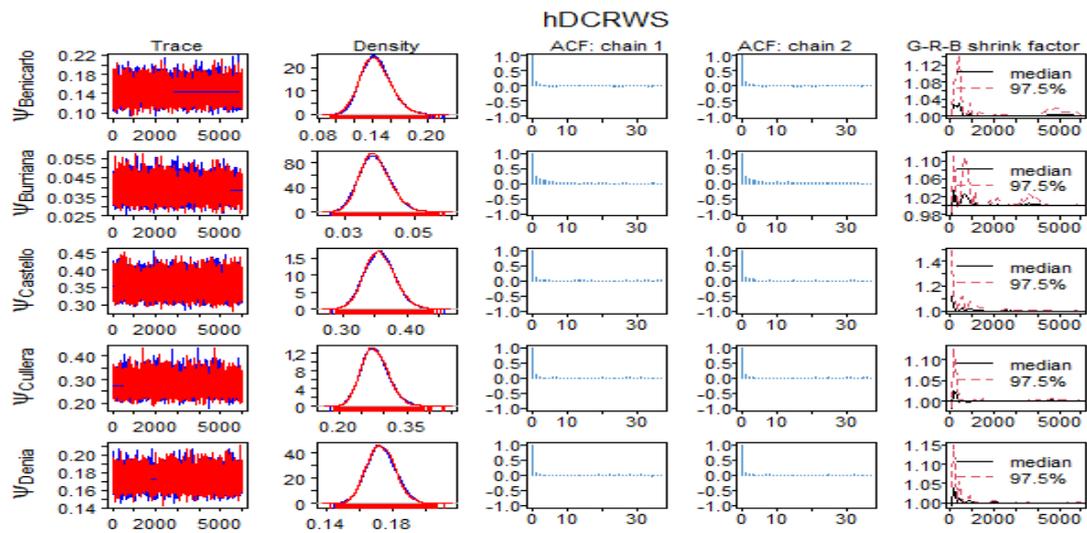


Figura 8. Análisis hDCRWS del SSM para cada tortuga.

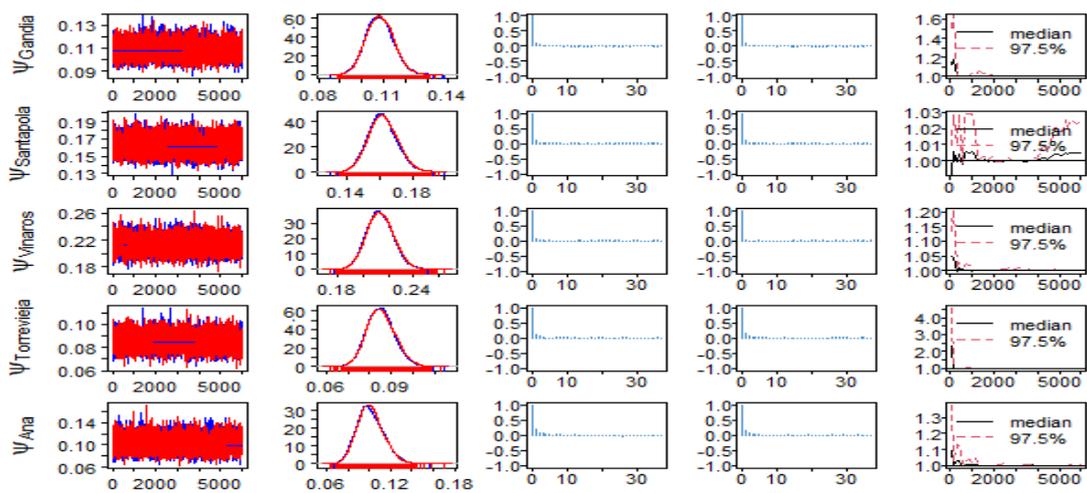


Figura 9. Análisis hDCRWS del SSM para cada tortuga.

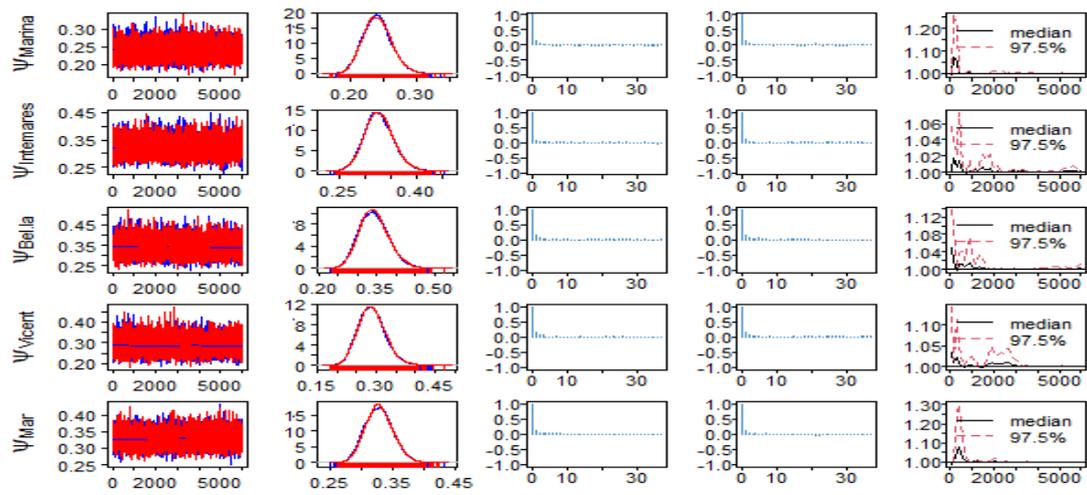


Figura 10. Análisis hDCRWS del SSM para cada tortuga.

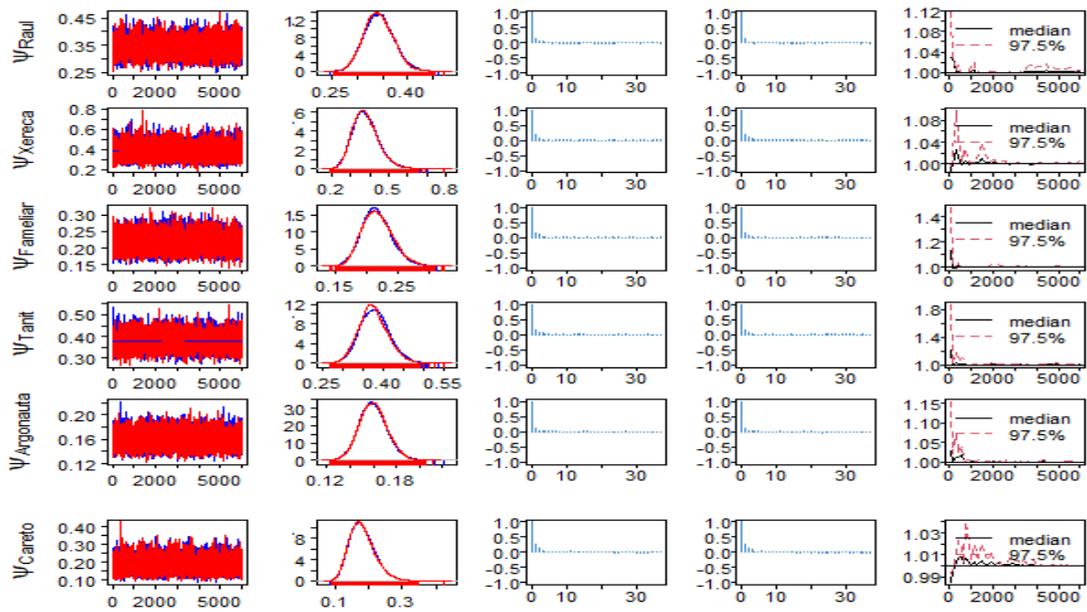


Figura 11. Análisis hDCRWS del SSM para cada tortuga.

A continuación, en las Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, y 32 se proporcionan las ubicaciones estimadas y los estados de comportamiento ("behavioural state" (b)) como series de tiempo dependiendo del ejemplar. Es decir, se ven los puntos de la muestra, los modelos calculados, y cómo se ajustan. Las ubicaciones observadas se trazan como círculos llenos y las ubicaciones estimadas como líneas azules con el intervalo de credibilidad del 95 % en forma de cinta.

Como se puede observar, en todas ellas el "behavioural state" o estado de movimiento realizado por los ejemplares juveniles de tortuga boba es muy variable, y no se puede encontrar ninguna tendencia clara sino que realizan tanto movimientos rápidos como lentos durante todas las épocas del año. Esto podría estar relacionado con sus necesidades biológicas, ya que alternan periodos en los que están alimentándose y periodos en los que se mueven hacia otras zonas porque no hay alimento.

Aun así, destacando algún caso más concreto, en la Figura 12 se puede ver que para Benicarló el "behavioural state" fue muy estable desde mitad de febrero hasta abril estando cercano a 1,7. Castelló (Figura 14) presenta un "behavioural state" más o menos estable en torno a 1,75 durante el verano. La tortuga Careto (Figura 24) presenta mayor estabilidad de movimiento de noviembre a diciembre y de enero a febrero. Fameliar (Figura 25) estabiliza su movimiento durante invierno y Vicent (Figura 31) durante el otoño, ambos en torno a 1,6. Y Xereca (Figura 32) resulta ser el ejemplar con un "behavioural state" con menos cambios bruscos.

Esta tendencia de combinar movimientos tanto rápidos como lentos durante etapas juveniles de tortugas marinas, coincide con lo observado por Luschi y Casale (2014), donde indican que durante la etapa juvenil las tortugas exhiben una variedad de comportamientos de movimiento asociados con sus necesidades específicas de alimentación.

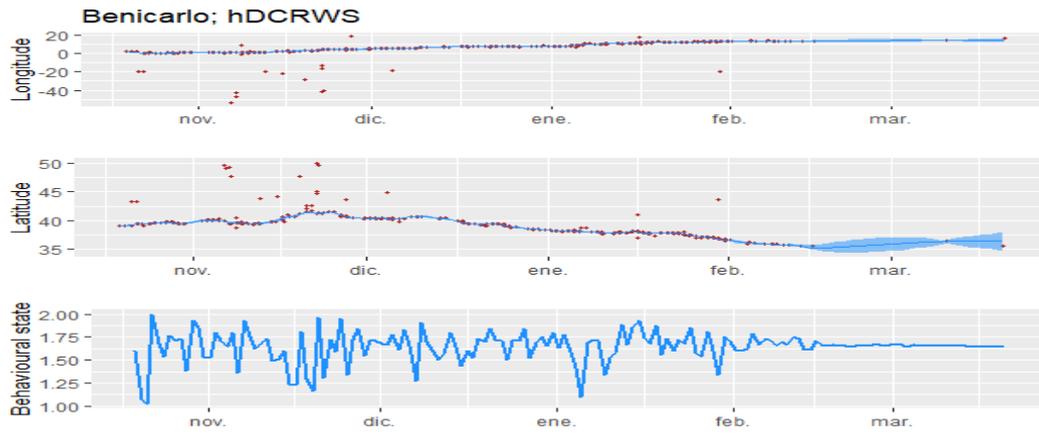


Figura 12. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Benicarló.

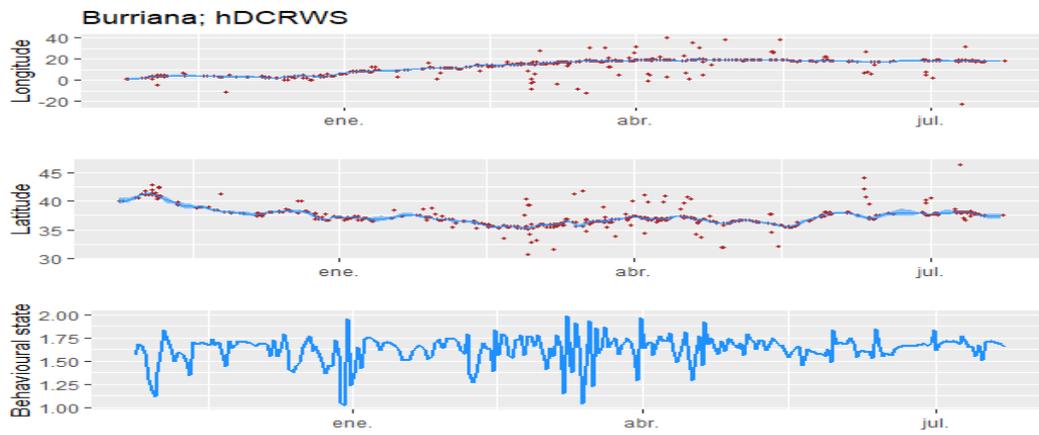


Figura 13. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Burriana.

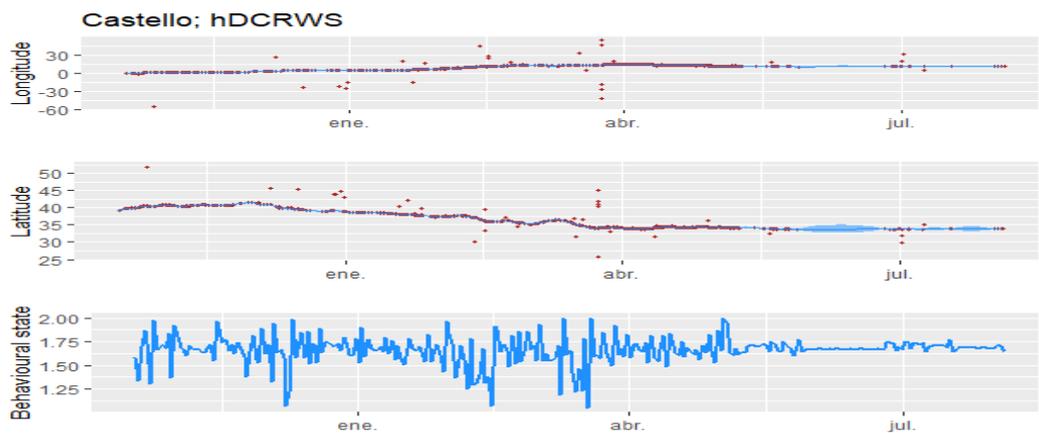


Figura 14. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Castelló.

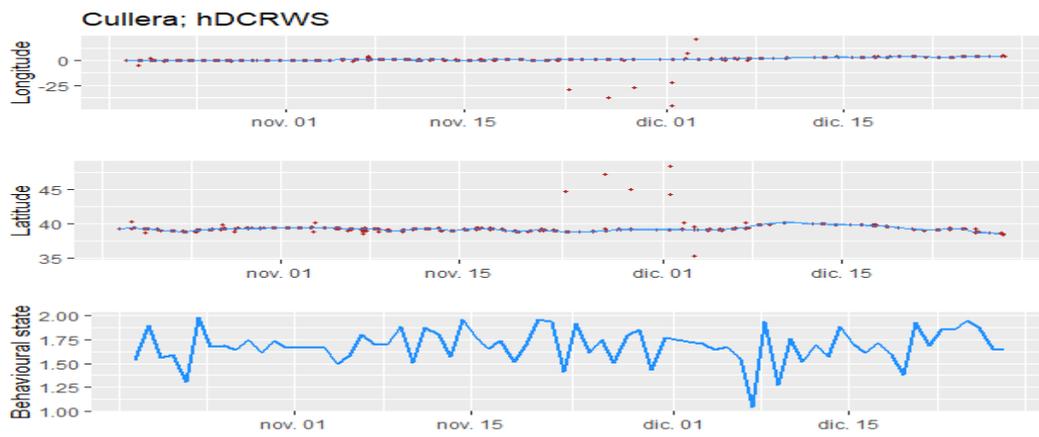


Figura 15. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Cullera.

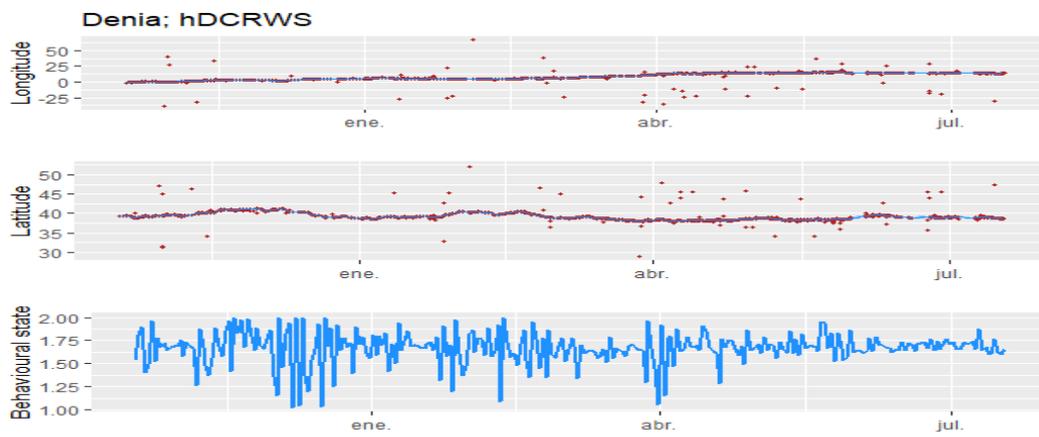


Figura 16. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Dénia.

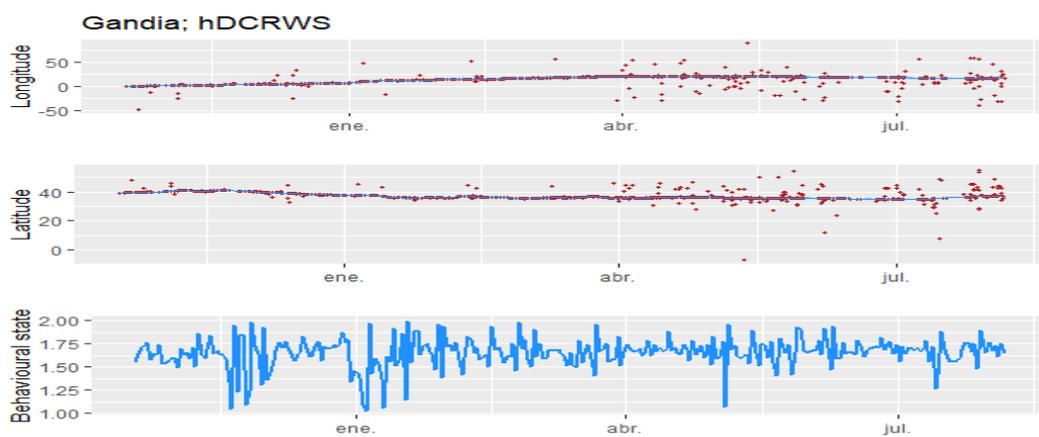


Figura 17. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Gandia.

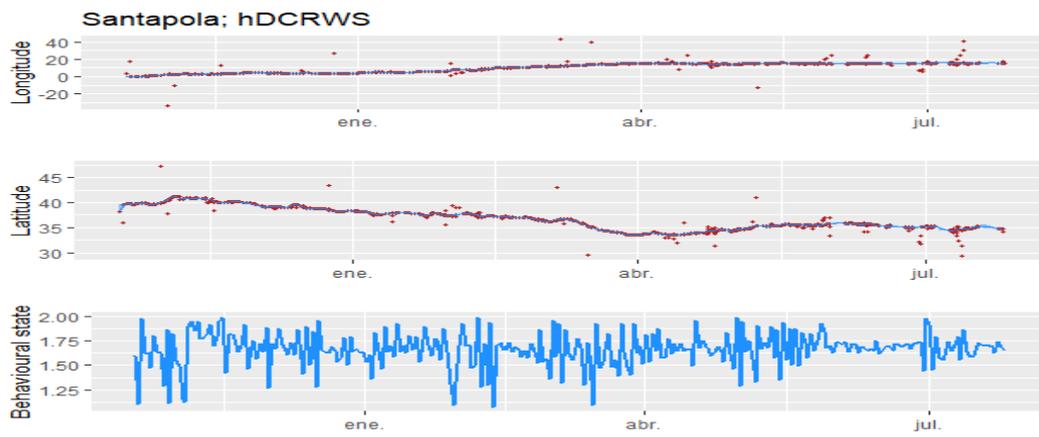


Figura 18. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Santa Pola.

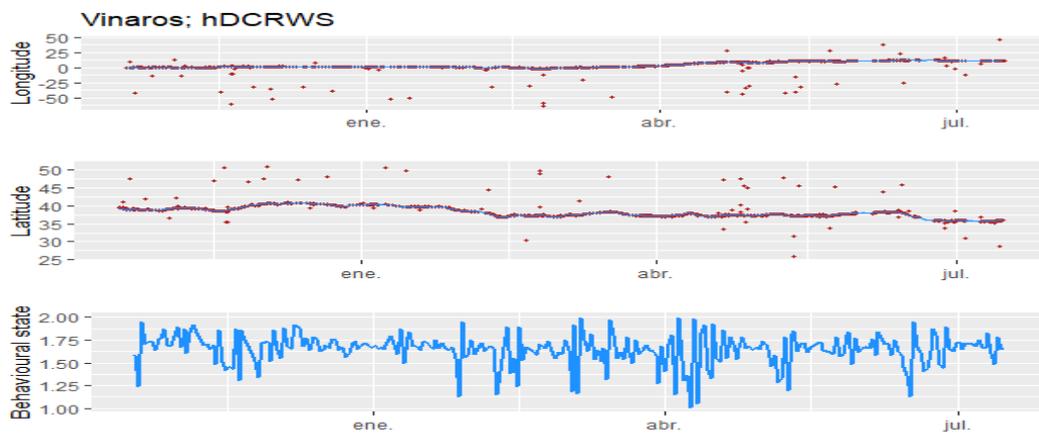


Figura 19. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Vinaròs.

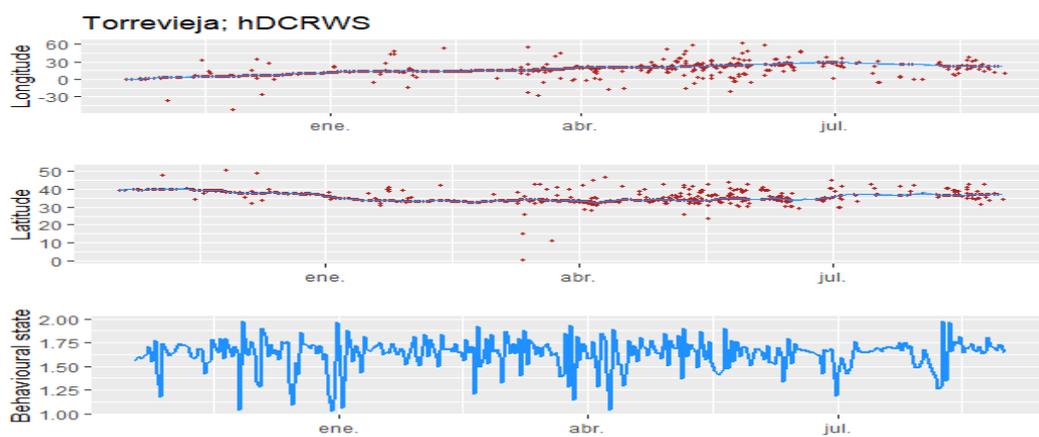


Figura 20. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Torrevieja.

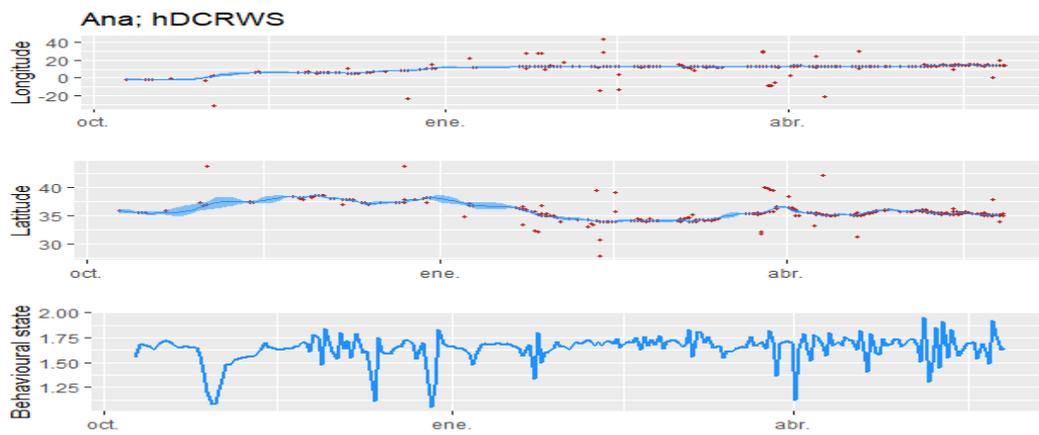


Figura 21. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Ana.

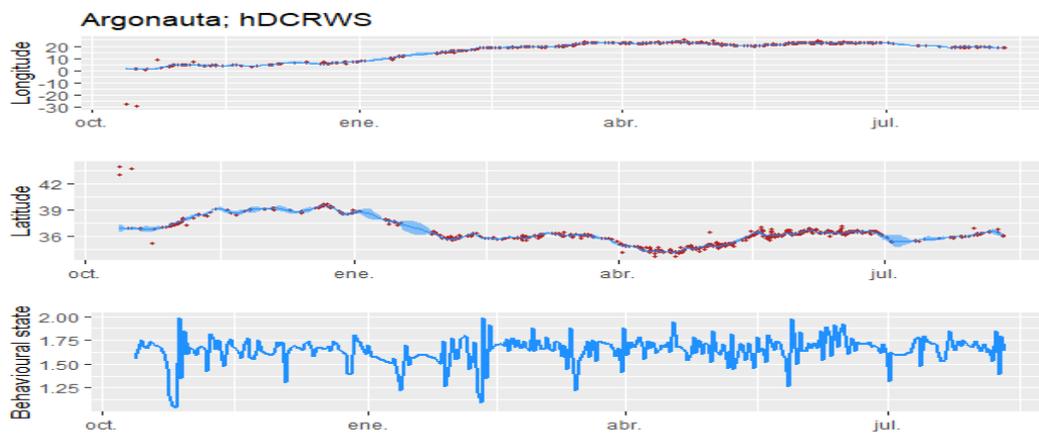


Figura 22. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Argonauta.

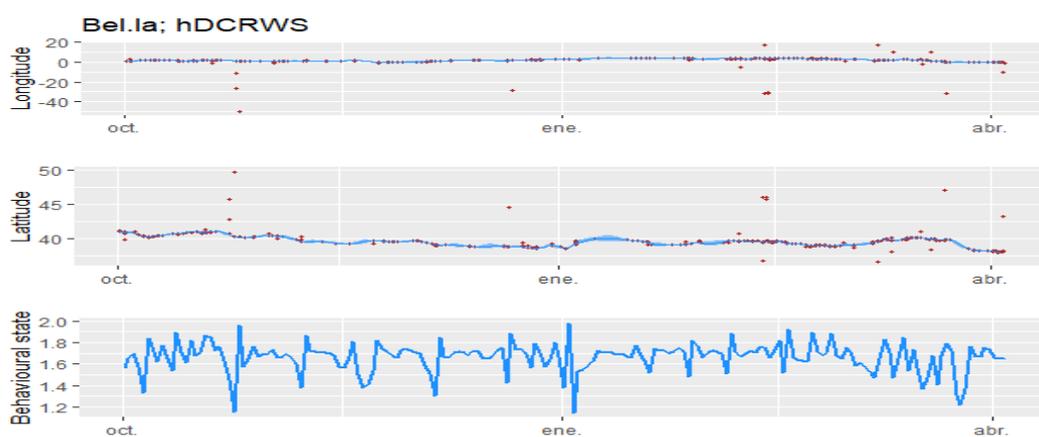


Figura 23. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Bel.la.

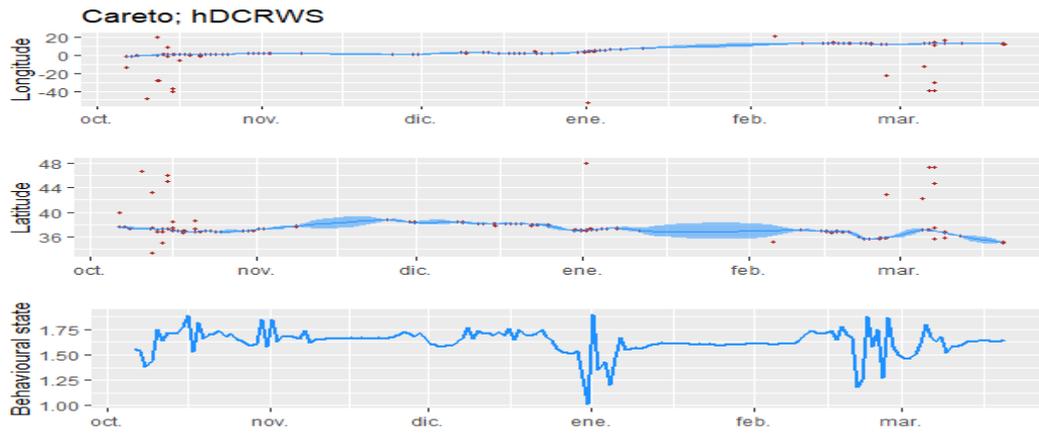


Figura 24. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Careto.



Figura 25. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Fameliar.



Figura 26. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Intemares.

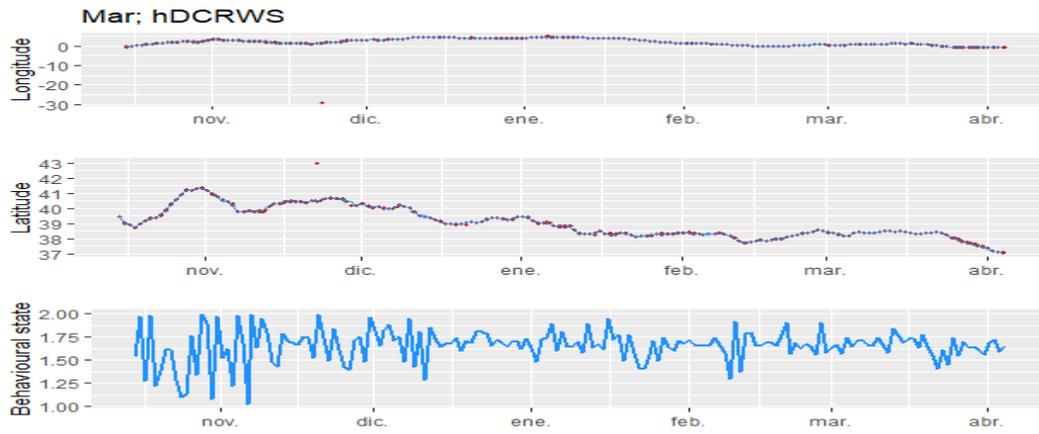


Figura 27. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Mar.



Figura 28. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Marina.

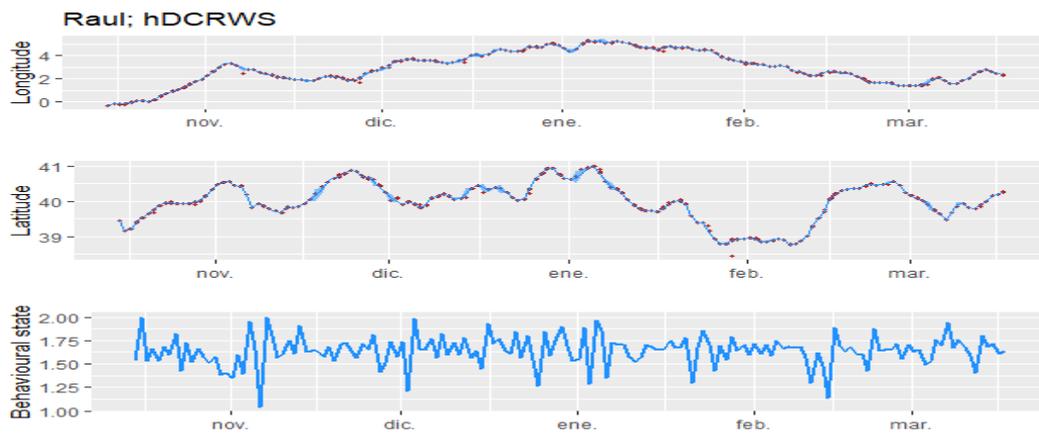


Figura 29. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Raúl.

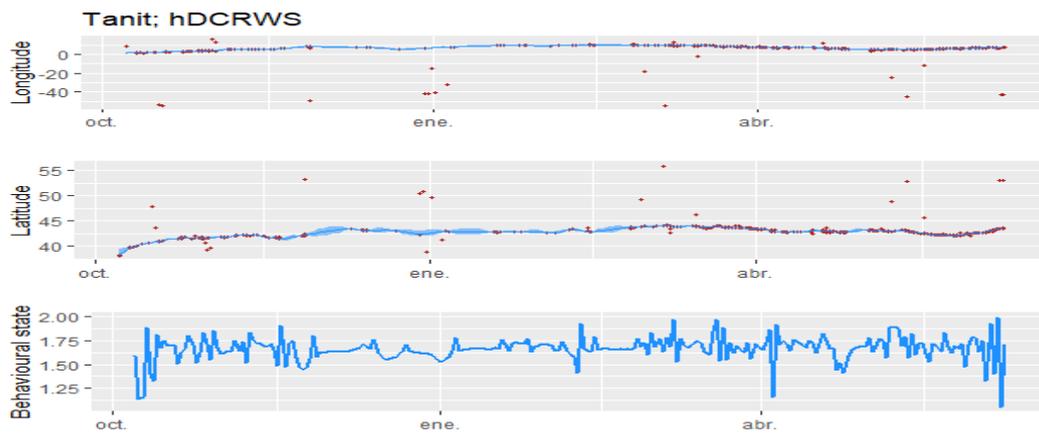


Figura 30. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Tanit.

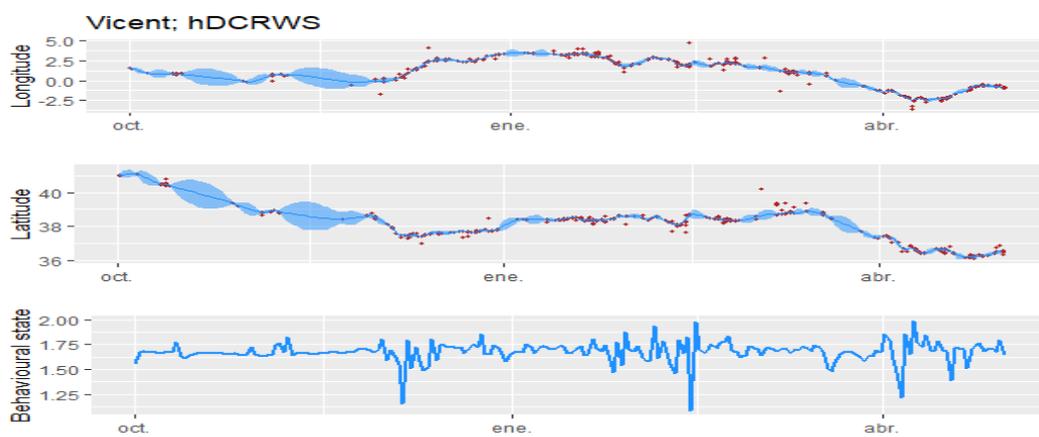


Figura 31. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Vicent.

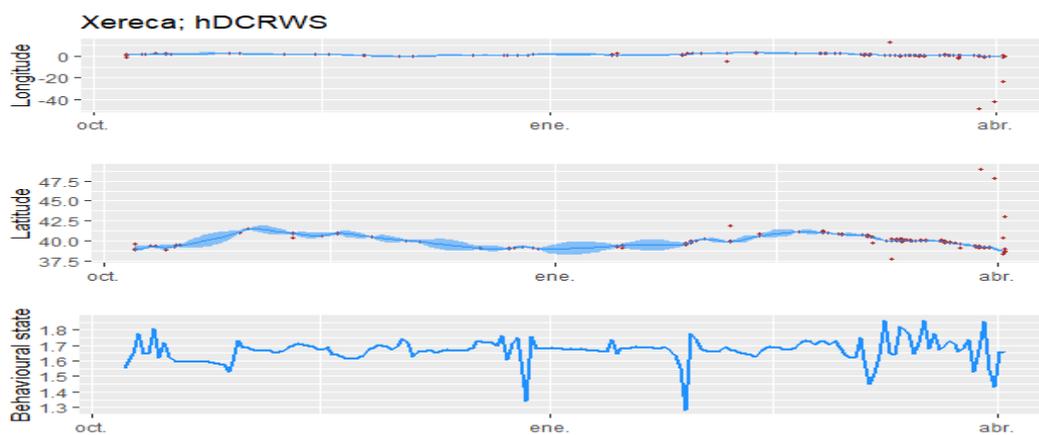


Figura 32. Gráficas de ubicaciones estimadas y estados de comportamiento para Xereca.

Como resultado final, en la Figura 33, 34, 35 y 36 se presentan los cuatro mapas donde se puede visualizar el “home range” estimado para los juveniles de la especie *Caretta caretta*, un mapa por cada estación. De esta forma, en cada uno se pueden ver 3 niveles del “home range” de 95% (color azul), 50% (color amarillo) y 25% (color rojo), correspondiéndose los dos últimos a “core areas”, es decir, aquellas áreas de mayor uso.

En la Figura 33, se puede observar el “home range” de los ejemplares juveniles de *Caretta caretta* durante el invierno, de forma que la superficie abarcada es bastante extensa, indicando elevado movimiento o mucha dispersión de los ejemplares marcados. Además, se observan tres “core areas” o áreas de mayor uso diferenciadas: por un lado, una más pequeña y con menor uso porque solamente hay color amarillo en el mar de Liguria (siendo la menos relevante); por otro lado, se pueden ver otras dos zonas de mayor uso durante el invierno porque predomina el color rojo en las costas españolas con gran uso en las Islas Baleares, y una zona abarcando aguas de Italia, Malta, Túnez y parte de Libia, destacando la costa sur de Sicilia, la costa norte de Túnez y Malta. Por tanto, durante el invierno, los ejemplares juveniles de *Caretta caretta* habitan tanto en la parte central como oeste del Mar Mediterráneo, sobre todo en aguas del este de España (destacando las Islas Baleares), Sicilia (estrecho de Sicilia), Malta y vagamente en el mar de Libia.

Estos resultados coinciden y reafirman lo observado por Abalo-Morla et al. (2022), donde indican que las Islas Baleares podrían ser un área importante para los juveniles de tortuga boba.

En la Figura 34, se puede ver el “home range” de ejemplares juveniles de tortuga boba durante la primavera, de forma que abarca prácticamente la totalidad del Mar Mediterráneo. Sin embargo, las áreas de mayor uso se encuentran bien concentradas en la parte central, con una superficie amplia que abarca desde las costas tunecinas, pasando por Libia y Malta, hasta las costas italianas y griegas (mar Jónico). Y destacar también parte del mar Tirreno y estrecho de Sicilia, aunque con menos uso. También, se ve un área de mayor uso muy pequeña y menos

frecuentada en las costas de la Provenza francesa. Por tanto, se puede deducir que los juveniles de *Caretta caretta* tienen como hábitat preferencial la parte central del Mar Mediterráneo durante la época primaveral, destacando las aguas de Malta, Sicilia, Grecia y este de Túnez, es decir, predominancia de hábitat en el mar Jónico, Malta y vagamente en el estrecho de Sicilia y mar Tirreno.

En la Figura 35, se puede observar el “home range” de ejemplares juveniles de *Caretta caretta* durante el verano, de manera que abarcan una superficie muy amplia en la parte centro y este del Mar Mediterráneo. Durante esta estación, se observan dos “core areas” o áreas de mayor uso: por un lado, una superficie pequeña y concentrada entre las aguas del noroeste de Italia, el sureste de Francia y la isla de Córcega (lo que es el mar de Liguria); por otro lado, una superficie más extensa que llega desde la costa este de Túnez hasta las islas griegas, encontrando mayor uso de los hábitats que van desde Malta y Sicilia, hasta Zakynthos y el Peloponeso en Grecia, lo que es el mar Jónico. Es decir, durante el verano, los ejemplares juveniles de tortuga boba habitan preferencialmente aguas que llegan desde Túnez hasta Grecia (pasando por Malta e Italia) y la parte norte de Córcega hasta el noroeste de Italia, a ser estos el mar de Liguria, el Jónico, Malta y menormente el estrecho de Sicilia y mar Tirreno.

En la Figura 36, se puede ver el “home range” de ejemplares juveniles de tortuga boba durante el otoño. Durante dicha estación, la superficie que ocupa la especie *Caretta caretta* es reducida y se encuentra bien concentrada en la parte oeste del Mar Mediterráneo, abarcando tan solo aguas del norte de Túnez, Argelia, Francia y España. Además, se ve un área de mayor uso solamente en aguas del este de España, desde las Islas Baleares hasta la Comunidad Valenciana y Cataluña. Por tanto, se puede deducir que, durante el otoño, los ejemplares juveniles de tortuga boba ocupan hábitats bastante específicos y concentrados en la parte oeste del Mar Mediterráneo, presentándose las costas españolas como las preferenciales. Sin embargo, los resultados para esta estación podrían estar sesgados debido al procedimiento seguido, ya que

los ejemplares se han soltado durante dicha estación (otoño) desde la costa mediterránea de España, al ser juveniles no presentan grandes capacidades de nado y el seguimiento no ha durado en ningún caso más de un año, por lo que no ha pasado el tiempo suficiente para que los ejemplares puedan desplazarse mayores distancias.

Estos resultados coinciden y reafirman lo observado por Abalo-Morla et al. (2022), donde indican que las Islas Baleares podrían ser un área importante para los juveniles de tortuga boba, y que un Área Marina Protegida (AMP) en la cuenca de Argelia podría ser de interés para la protección de tortugas bobas juveniles.

De forma general, se deduce que los ejemplares juveniles de *Caretta caretta* presentan un comportamiento migratorio y que presentan unos hábitats preferenciales distintos dependiendo de la estación del año. Durante invierno, primavera y verano, la superficie donde se les puede encontrar es bastante amplia, abarcando varias partes del Mar Mediterráneo. Sin embargo, durante el otoño se aprecia una ocupación de los hábitats que se encuentran en la parte oeste del Mar Mediterráneo, aunque este comportamiento está sesgado debido a que es la época en la cual se ha realizado la suelta de los ejemplares en las costas españolas.

Este comportamiento migratorio y definido por estaciones puede estar relacionado con varios factores, como puede ser la búsqueda de alimento, la temperatura del agua, la influencia de las corrientes marinas...

Algunos estudios apuntan a que las áreas frecuentadas y las rutas seguidas son el resultado de una combinación de patrones de circulación superficial y el nado activo de las tortugas (Bentivegna et al., 2007; Revelles et al., 2007). También, varios estudios indican que las áreas de residencia de los juveniles en las zonas oceánicas son mucho más amplias que en las zonas neríticas (Revelles et al., 2007; Cardona et al., 2009; Casale et al., 2012a). Esto último coincide con los resultados presentados, ya que se ve que las “core areas” del “home range” son más extensas en aguas oceánicas que en las partes neríticas. En cambio, la mayoría de los estudios,

apuntan a que el movimiento migratorio de *Caretta caretta* está relacionado con las corrientes marinas del Mediterráneo (Carr,1987; Bentivegna et al., 2007; Casale et al, 2012a; Casale et al., 2018).

Eso sí, los juveniles residen a largo plazo en zonas de alimentación oceánicas (pareciendo más común que en las neríticas), pero estas áreas suelen ser extensas por eso muestran propensión a deambular por zonas bastante grandes (Casale et al., 2012b). Este mismo estudio de Casale et al. (2012b), llega a indicar que en las áreas del Mediterráneo occidental no se observan patrones de movimiento estacional a través del seguimiento por satélite. Sin embargo, en el presente estudio se han observado algunos patrones en juveniles de tortuga boba liberadas en el Mediterráneo occidental. Por tanto, o bien se podría discutir dicha afirmación y sí que se ven patrones estacionales en juveniles de *Caretta caretta* a través del seguimiento por satélite y su posterior análisis; o bien, el movimiento estacional puede depender de otras causas. Puede ser debido al origen genético, ya que las tortugas bobas de origen atlántico que entran por el estrecho de Gibraltar (parte occidental) sí que pueden migrar hacia la parte centro o este del Mar Mediterráneo (Luschi y Casale, 2014).

Por tanto, los resultados del uso de hábitat en las diferentes estaciones apoyan los resultados previos indicados por Abalo-Morla et al. (2022), y la diferencia es que en el presente estudio se ha ampliado el número de individuos analizados por lo que tiene mayor validez. Respaldando, además, estudios previos que han señalado la cuenca de Argelia y el sur de las Islas Baleares como un área importante para la conservación de tortugas bobas en el Mediterráneo occidental para juveniles. Como se observa en Casale et al. (2018), donde señala Argelia y la cuenca levantina como nuevas zonas donde aparentemente empiezan a rastrearse tortugas en busca de alimento, resaltando la falta de estudios de seguimiento de juveniles pequeños en esta última.

Según Chimienti et al. (2020) y Casale et al. (2018), el mar Tirreno podría ser un área relevante de alimentación para juveniles de tortuga boba, lo cual, viendo los datos presentados en el presente estudio parece ser cierto. Ya que durante primavera (principalmente) y verano, se ve como parte de este mar es frecuentado en mayor o menor medida por los ejemplares rastreados.

Y según varios estudios, el estrecho de Sicilia, el noreste de Túnez, Malta y el mar Jónico parecen ser áreas de desarrollo importantes para juveniles de tortuga boba marcados en otras áreas mediterráneas (Bentivegna, 2002; Schofield et al., 2010; Casale et al., 2018; Luschi et al., 2018; Abalo-Morla et al., 2022). Todas esas localizaciones concuerdan con lo visto en los resultados del “home range” descrito en el presente estudio, principalmente para las estaciones de primavera y verano, pero con la relevancia de que los anteriores autores en general suelen hablar de zonas importantes para las tortugas que se reproducen en el Mediterráneo oriental en las zonas tradicionales de reproducción, y los datos presentados aquí son para las crías de un posible evento de colonización del Mediterráneo occidental. También, coinciden para invierno (aunque en esta estación el mar Jónico no es tan importante, pero el estrecho de Sicilia y Malta sí), pero no durante el otoño. Esto puede ser debido a que las tortugas provienen de nidos del Mediterráneo occidental, y lo que se observa es que se desplazan a áreas adecuadas para su desarrollo, que según otros estudios, son también relevantes para las tortugas juveniles procedentes de otras regiones. Esto demuestra que hacer una descripción de los lugares que ocupa la tortuga boba es difícil, y resultaría más eficaz hacerlo por estaciones (como en este estudio), pudiendo ver así ubicaciones distintas frecuentadas por la especie en cada época del año.

Cabe añadir que, como bien se ha visto en apartados anteriores (1. Introducción), la tortuga boba está anidando más allá del límite norte y oeste del área que se considera normal para su distribución. Por tanto, resultaría adecuado rastrear los ejemplares procedentes de estos nidos

fuera del rango habitual de anidación para la especie para conocer su uso de hábitat y su supervivencia en las nuevas regiones de nidificación. Es decir, es necesario realizar más estudios de seguimiento satelital y estimar el “home range” de *Caretta caretta* para conocer cómo le afecta el cambio climático.

Además, en este caso se puede observar (Figuras 33, 34, 35 y 36) que no todas las tortugas cruzan el estrecho de Sicilia hacia el Mediterráneo oriental (zona que se ha visto como importante), y por ello se ven “home range” en ambas cuencas. Se ve claramente que después de la suelta en otoño, durante el invierno, hay tortugas que inician su viaje al Mediterráneo oriental, otras permanecen en Islas Baleares o mar de Alborán y algún ejemplar se dirige hacia el mar de Liguria, que es en principio una zona no apta térmicamente para ejemplares post-neonatos o juveniles de tortuga boba, pero las localizaciones indican que han estado ahí y que han sobrevivido. Por tanto, el mar de Liguria, la costa este de España (destacando las Islas Baleares) se presentan también como nuevas zonas habitadas por la tortuga boba en sus etapas de vida iniciales.

A continuación se presentan los datos más destacables para cada estación:

- Invierno: las áreas de mayor uso se encuentran en el este de España (destacando las Islas Baleares), el estrecho de Sicilia y Malta.
- Primavera: destaca como área de mayor uso el mar Jónico y Malta, pero también con menos uso el mar Tirreno, estrecho de Sicilia y una pequeña área en la Provenza francesa.
- Verano: las áreas de mayor uso son el mar de Liguria, Malta, mar Jónico y menormente el estrecho de Sicilia y el mar Tirreno.
- Otoño: solamente se ven hábitats la parte oeste del Mar Mediterráneo, en la cuenca occidental, pero podría deberse a un sesgo en el procedimiento empleado porque los ejemplares se sueltan ahí en dicha estación y no hay datos del otoño al año siguiente.

Esas zonas son importantes hipotéticamente para las primeras fases de la tortuga boba, cuando sale del nido e inicia su dispersión en el mar.

Cabe destacar que, la identificación de “core areas” para la tortuga boba en el Mediterráneo occidental resulta fundamental para la conservación de la especie y el potencial proceso de colonización en la zona, debido al aumento de eventos de anidación en esta cuenca posiblemente como resultado de la adaptación de la especie al calentamiento global (Abalo-Morla et al., 2022).

Además, como bien se ha visto anteriormente, los juveniles de *Caretta caretta* muestran hábitats preferenciales dependiendo de la estación, lo que permite conocer dónde y cuándo se deben tomar medidas protectoras o cautelares para la especie, lo que llevaría a sugerir que planes de gestión dinámicos podrían ser más eficaces para estas especies altamente migratorias o con grandes capacidades de dispersión.

winter

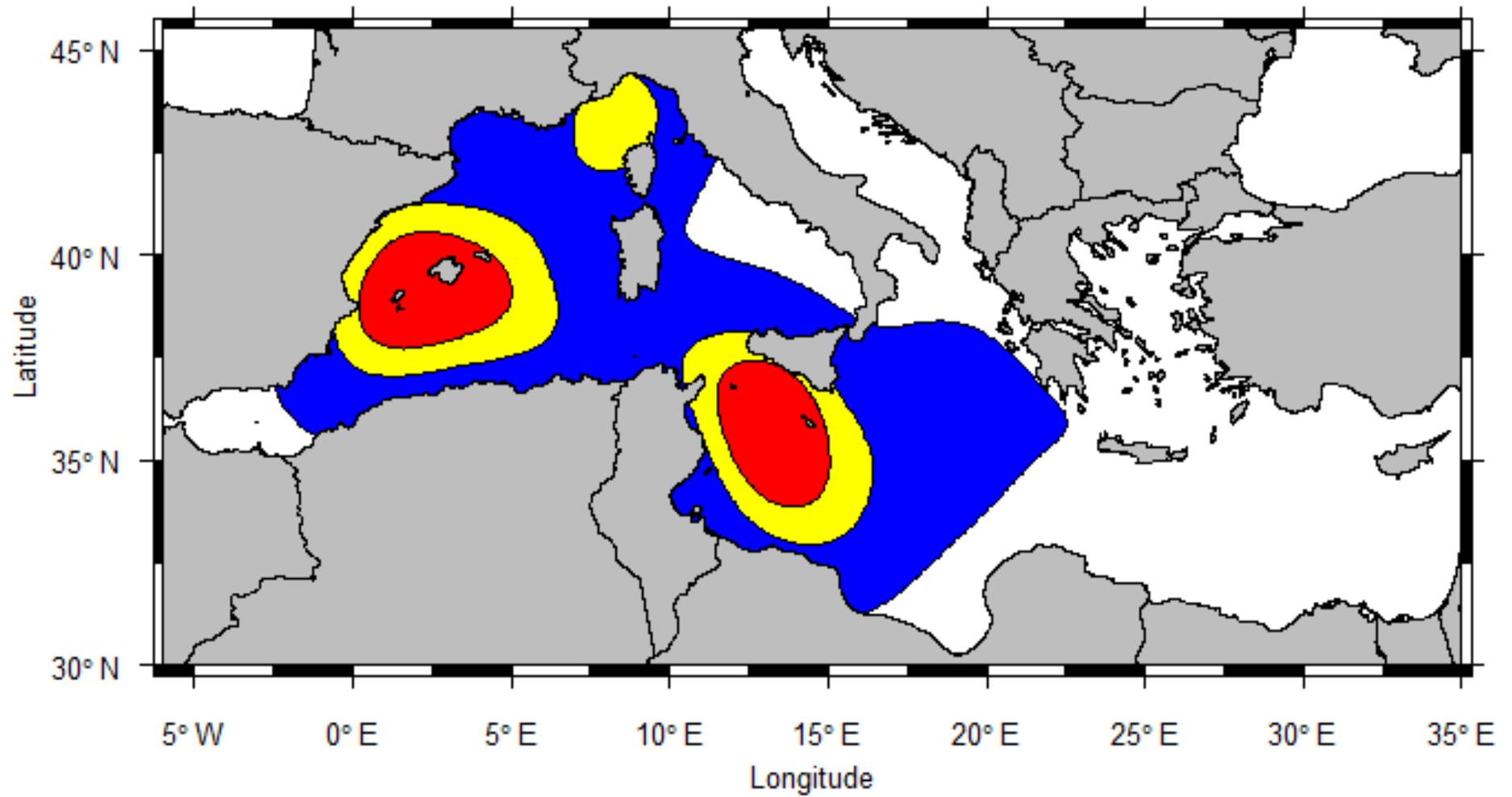


Figura 33. Mapa del "home range" para ejemplares juveniles de tortuga boba en la estación de invierno.

spring

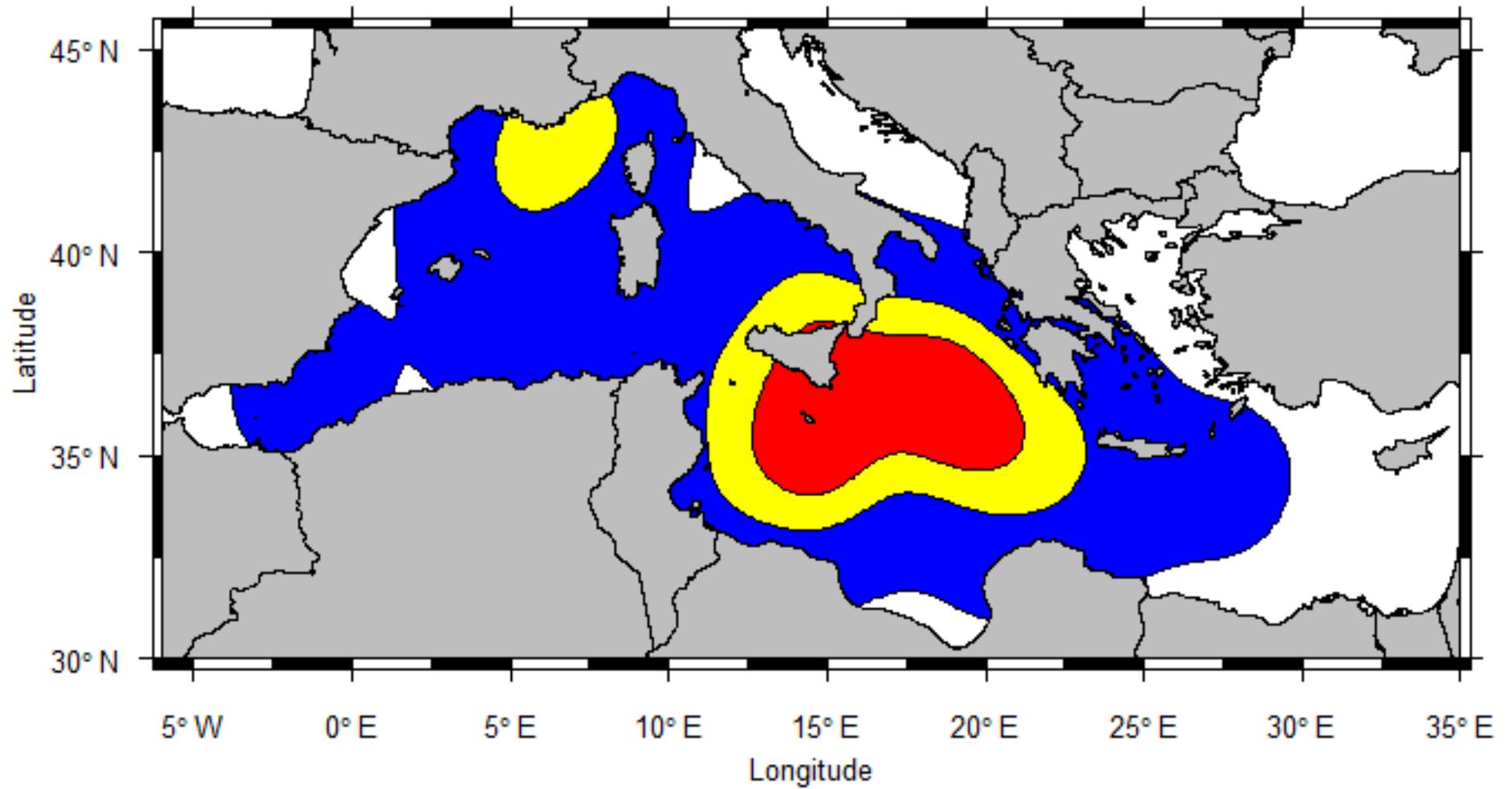


Figura 34. Mapa del “home range” para ejemplares juveniles de tortuga boba en la estación de primavera.

summer

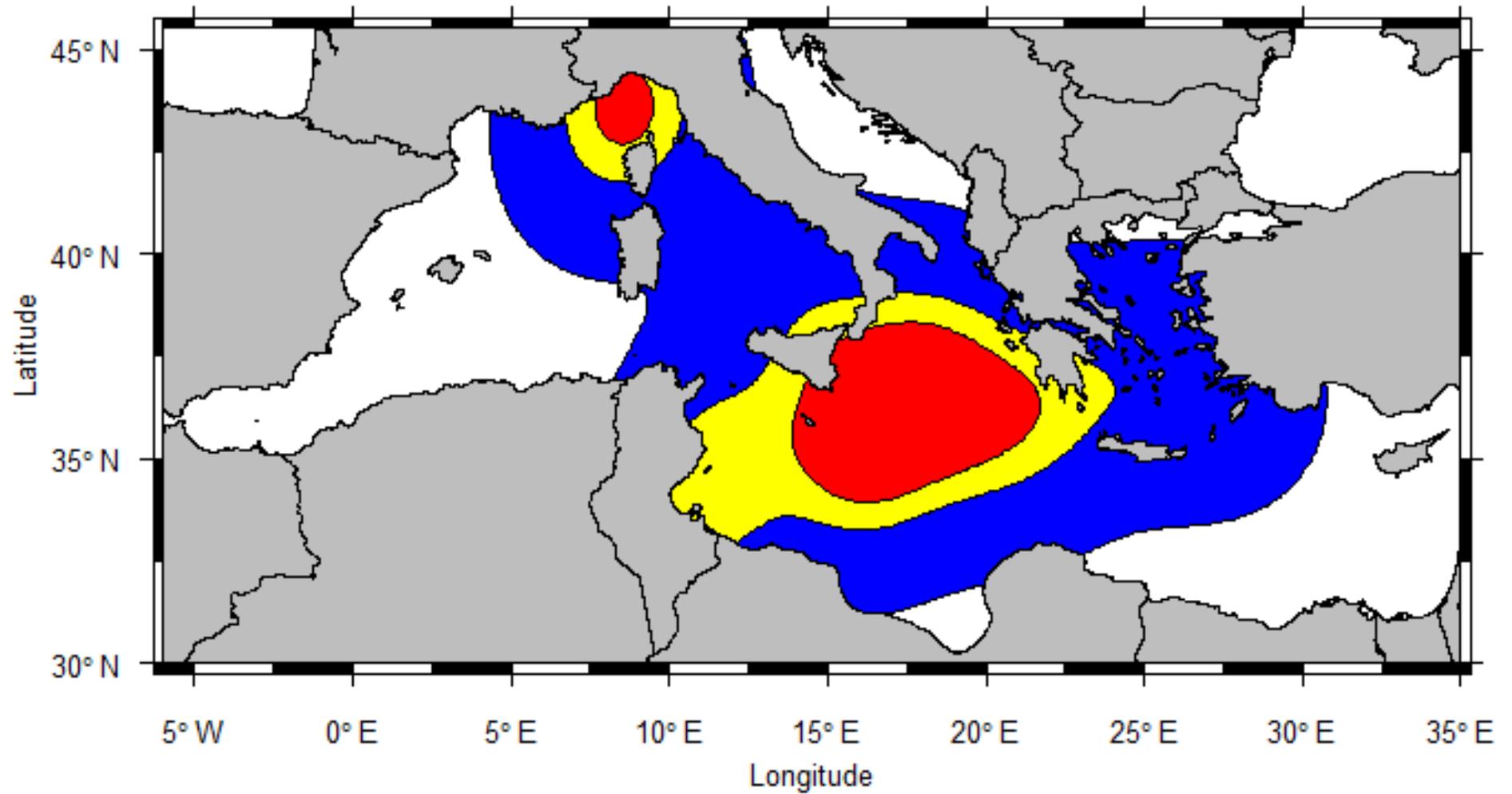


Figura 35. Mapa del “home range” para ejemplares juveniles de tortuga boba en la estación de verano.

autumn

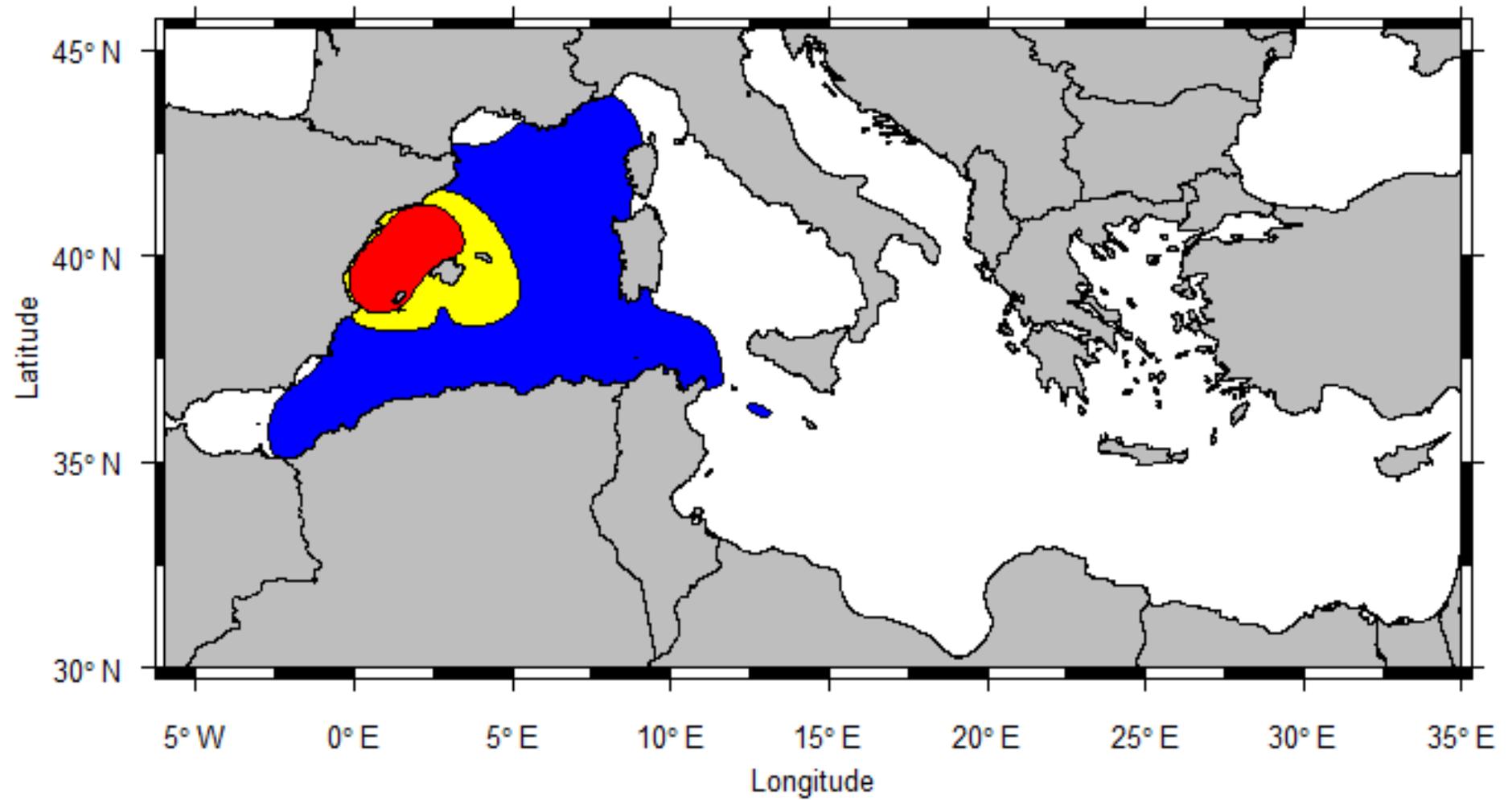


Figura 36. Mapa del “home range” para ejemplares juveniles de tortuga boba en la estación de otoño.

4. Conclusiones

- La metodología que se ha seguido para realizar el tratamiento de los datos de seguimiento satelital de ejemplares juveniles de tortuga boba, como el empleo del software “R”, el uso de los paquetes “adehabitathR” y “bsam”, y la ejecución de un SSM y KUD, ha resultado ser adecuada para los datos obtenidos mediante seguimiento satelital de la especie *Caretta caretta*. Además, el uso de dichas herramientas ha permitido plasmar los resultados en un formato visualmente comunicativo para el “home range”, como son los mapas.
- Los ejemplares juveniles de *Caretta caretta* han resultado ser de comportamiento migratorio, algo que cabía esperar. Pero, cabe destacar, que en este caso los estados de movimientos o “behavioural state” observados han sido muy variables, reflejando movimientos tanto de tipo rápido como lento independientemente del individuo o de la época del año. Esto podría estar relacionado con sus necesidades biológicas, ya que alternan periodos en los que están alimentándose y periodos en los que se mueven hacia otras zonas porque no hay alimento.
- Se presenta el “home range” estimado para ejemplares juveniles de tortuga boba por estaciones, indicando zonas donde es posible encontrarlas y “core areas” o áreas de mayor uso, que serían las zonas donde se ubican los hábitats preferenciales. Esto supone un avance en el conocimiento del comportamiento de los juveniles de *Caretta caretta*, que es una época temprana de su desarrollo donde no hay muchos datos. Gracias a esto, se puede observar que durante el invierno habitan en el este de España (destacando las Islas Baleares), el estrecho de Sicilia y Malta; durante la primavera se localizan en el mar Jónico y Malta principalmente, pero también pueden frecuentar parte del mar Tirreno, estrecho de Sicilia y una pequeña área en la Provenza francesa; en verano frecuentan el mar de Liguria, estrecho de Sicilia, Malta y mar Jónico; y durante el otoño, habitan las aguas del este de España que abarcan desde las Islas Baleares hasta la Comunidad

Valenciana y Cataluña. Esto podría estar indicando posibles áreas de desarrollo y de alimentación para juveniles pequeños de tortuga boba.

- De forma más genérica, se puede establecer que durante primavera y verano habitan más la cuenca oriental del Mediterráneo y en invierno la cuenca occidental y parte central. Para el otoño no se pueden mostrar afirmaciones concluyentes porque podría haber un sesgo de los datos debido a la metodología empleada, por la que la suelta se hizo en otoño y la capacidad de desplazamiento de los juveniles pequeños no era suficiente para llegar a zonas más lejanas. Además, se debe destacar el hecho de que los datos abarcan menos de un año, luego no se sabe que pasará al año siguiente.
- El mar de Liguria y la costa este de España (en especial las Islas Baleares) se presentan como nuevas zonas de hábitat preferencial de ejemplares de post-neonatos y juveniles de tortuga boba. Por ello, se deben realizar más seguimientos y estudios que comprendan estas zonas.
- Los ejemplares juveniles de tortuga boba muestran preferencia por distintos hábitats del Mar Mediterráneo dependiendo de la época del año.
- Poder conocer las zonas habitadas por juveniles de tortuga boba amplía más el conocimiento de la especie, y resulta esencial para poder tomar medidas o establecer áreas de protección que permitan conservar la especie. También, al ver diferencias del “home range” por estaciones permite conocer dónde y cuándo se deben tomar dichas medidas.

5. Líneas futuras

Como futuras líneas de investigación se exponen distintos aspectos relacionados con la temática que pueden resultar interesantes para desarrollar trabajos complementarios y que deberán ser analizados próximamente:

- Hacer más estudios como este, durante varios años, pudiendo sacar afirmaciones concluyentes sobre el “home range” de los juveniles de tortuga boba.
- Realizar más estudios con seguimiento satelital y estimación del “home range” de tortuga boba para conocer cómo le afecta el cambio climático.
- Hacer estudios que aúnen los resultados obtenidos en el presente estudio con las zonas de pesca o de tráfico marítimo, para observar el efecto antrópico sobre la especie, y poder tomar medidas de gestión adecuadas para evitarlos.
- Realizar seguimientos de ejemplares juveniles liberados desde otras zonas del Mar Mediterráneo y comprobar si ello supone un sesgo significativo para este tipo de estudios.

6. Agradecimientos

Todos los datos de seguimiento satelital empleados proceden de los programas de la Universitat Politècnica de València en ARGOS-CLS con números 5788 y 6297 titulado "Seguimiento de juveniles de tortuga boba". Estos programas se han financiado con diferentes fondos que incluyen el proyecto LIFE IP INTEMARES, con fondos propios de la UPV, contratos con la Universidad de Valencia y por financiación privada (EB).

7. Bibliografía

- ^ Abalo-Morla, S., Belda, E. J., March, D., Revuelta, O., Cardona, L., Giralta, S., Crespo-Picazo, J.L., Hochscheid, S., Marco, A., Merchan, M., Sagarmínaga, R., Swimmer, Y. y Tomás, J. (2022). Assessing the use of marine protected areas by loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) tracked from the western Mediterranean. *Global Ecology and Conservation*, 38, e02196.
- ^ Abalo-Morla, S., Marco, A., Tomás, J., Revuelta, O., Abella, E., Marco, V., ... & Belda, E. J. (2018). Survival and dispersal routes of head-started loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) post-hatchlings in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 165(3), 1-17.
- ^ Alessandro, L., y Antonello, S. (2010). An overview of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) bycatch and technical mitigation measures in the Mediterranean Sea. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20(2), 141-161.
- ^ Almpañidou, V., Tsalpaliou, V., Chatzimitor, A., Cardona, L., Claro, F., Hostetter, P., ... y Mazaris, A. D. (2022). Foraging grounds of adult loggerhead sea turtles across the Mediterranean Sea: key sites and hotspots of risk. *Biodiversity and Conservation*, 31(1), 143-160.
- ^ Ariza-Hernández, F. J. (2010). Modelo de espacio de estados con observaciones censuradas.
- ^ Báez, J. C., y Camiñas, J. A. (2004). La tortuga boba y su conservación. *Spin Cero*, 8, 55-58.
- ^ Bentivegna, F. (2002). Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry. *Marine Biology*, 141(4), 795-800.
- ^ 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.
- ^ Bolten, A. B., Lutz, P. L., Musick, J. A., y Wyneken, J. (2003). Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. *The biology of sea turtles*, 2, 243-257.
- ^ Bradai, M. N., Bentivegna, F., Jribi, I., El Ouaer, A., Maatoug, K., y El Abed, A. (2009, April). Monitoring of a loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, in the central Mediterranean via satellite telemetry. In *Second Mediterranean Conference on marine turtles* (p. 54).
- ^ Burt, W. H. (1943). Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of mammalogy*, 24(3), 346-352.

- ^ Calenge, C. (2011). Home range estimation in R: the adehabitatHR package. *Office national de la chasse et de la faune sauvage: Saint Benoist, Auffargis, France.*
- ^ Cardona, L., Revelles, M., Parga, M. L., Tomás, J., Aguilar, A., Alegre, F., ... y Ferrer, X. (2009). Habitat use by loggerhead sea turtles *Caretta caretta* off the coast of eastern Spain results in a high vulnerability to neritic fishing gear. *Marine Biology*, 156(12), 2621-2630.
- ^ Casale, P., Affronte, M., Scaravelli, D., Lazar, B., Vallini, C., & Luschi, P. (2012a). Foraging grounds, movement patterns and habitat connectivity of juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*) tracked from the Adriatic Sea. *Marine biology*, 159(7), 1527-1535.
- ^ Casale, P., Broderick, A. C., Camiñas, J. A., Cardona, L., Carreras, C., Demetropoulos, A., ... y Türkozan, O. (2018). Mediterranean sea turtles: current knowledge and priorities for conservation and research. *Endangered species research*, 36, 229-267.
- ^ Casale, P., Broderick, A. C., Freggi, D., Mencacci, R., Fuller, W. J., Godley, B. J., & Luschi, P. (2012b). Long-term residence of juvenile loggerhead turtles to foraging grounds: a potential conservation hotspot in the Mediterranean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22(2), 144-154.
- ^ Casale, P., Freggi, D., Basso, R., Vallini, C., y Argano, R. (2007). A model of area fidelity, nomadism, and distribution patterns of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 152(5), 1039-1049.
- ^ Casale, P., Freggi, D., Cina, A., & Rocco, M. (2013). Spatio-temporal distribution and migration of adult male loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea: further evidence of the importance of neritic habitats off North Africa. *Marine Biology*, 160(3), 703-718.
- ^ Chimienti, M., Blasi, M. F., y Hochscheid, S. (2020). Movement patterns of large juvenile loggerhead turtles in the Mediterranean Sea: Ontogenetic space use in a small ocean basin. *Ecology and Evolution*, 10(14), 6978-6992.
- ^ Cowles, M. K. (1996). Accelerating Monte Carlo Markov chain convergence for cumulative-link generalized linear models. *Statistics and Computing*, 6(2), 101-111.
- ^ Cury, P. (1994). Obstinate nature: an ecology of individuals. Thoughts on reproductive behavior and biodiversity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51(7), 1664-1673. <https://doi.org/10.1139/f94-167>
- ^ Dodd Jr, C. K. (1988). Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). FAO Synopsis.
- ^ Febrer Mesquida, A. (2017). Uso del hábitat y dispersión de juveniles de tortuga boba (*Caretta caretta*) mediante seguimiento via satélite.

- ^ Frazer, N. B. (1992). Sea turtle conservation and halfway technology. *Conservation biology*, 6(2), 179-184.
- ^ Godley, B. J., Blumenthal, J. M., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Hawkes, L. A., & Witt, M. J. (2008). Satellite tracking of sea turtles: where have we been and where do we go next?. *Endangered species research*, 4(1-2), 3-22.
- ^ Hamann, E. J., y Kennedy, B. P. (2012). Juvenile dispersal affects straying behaviors of adults in a migratory population. *Ecology*, 93(4), 733-740.
- ^ Hamra, G., MacLehose, R., & Richardson, D. (2013). Markov chain Monte Carlo: an introduction for epidemiologists. *International journal of epidemiology*, 42(2), 627-634.
- ^ Hochscheid, S., Maffucci, F., Abella, E., Bradai, M. N., Camedda, A., Carreras, C., ... y Tomás, J. (2022). Nesting range expansion of loggerhead turtles in the Mediterranean: phenology, spatial distribution, and conservation implications. *Global Ecology and Conservation*, 38, e02194.
- ^ Hoenner, X., Whiting, S. D., Hindell, M. A., y McMahon, C. R. (2012). Enhancing the use of Argos satellite data for home range and long distance migration studies of marine animals. *PLoS One*, 7(7), e40713.
- ^ López, P. E. B. (2021). Autocorrelación espacial-Índices para determinar su presencia en datos geográficos: Breve revisión de la literatura. *Universidad-Verdad*, (78), 48-61.
- ^ Luschi, P., Mencacci, R., Cerritelli, G., Papetti, L., y Hochscheid, S. (2018). Large-scale movements in the oceanic environment identify important foraging areas for loggerheads in central Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 165(1), 1-8.
- ^ Luschi, P., Mencacci, R., Vallini, C., Ligas, A., Lambardi, P., y Benvenuti, S. (2013). Long-term tracking of adult loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. *Journal of Herpetology*, 47(2), 227-231.
- ^ Luschi, P., y Casale, P. (2014). Movement patterns of marine turtles in the Mediterranean Sea: a review. *Italian Journal of Zoology*, 81(4), 478-495.
- ^ Maffucci, F., Corrado, R., Palatella, L., Borra, M., Marullo, S., Hochscheid, S., y Iudicone, D. (2016). Seasonal heterogeneity of ocean warming: a mortality sink for ectotherm colonizers. *Scientific reports*, 6(1), 1-9.
- ^ Mansfield KL, Wyneken J, Porter WP y Luo J (2014) First satellite tracks of neonate sea turtles redefine the 'lost years' oceanic niche. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 281:20133039. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3039>
- ^ Mansfield KL, Wyneken J, Rittschof D, Walsh M, Lim CM y Richards PM (2012) Satellite tag attachment methods for tracking neonate sea turtles, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 457:181–192, <https://doi.org/10.3354/meps09485> .

- ^ R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- ^ Revelles, M., Isern-Fontanet, J., Cardona, L., San Félix, M., Carreras, C., & Aguilar, A. (2007). Mesoscale eddies, surface circulation and the scale of habitat selection by immature loggerhead sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 347(1-2), 41-57.
- ^ Schofield, G., Hobson, V. J., Fossette, S., Lilley, M. K., Katselidis, K. A., & Hays, G. C. (2010). Biodiversity Research: fidelity to foraging sites, consistency of migration routes and habitat modulation of home range by sea turtles. *Diversity and Distributions*, 16(5), 840-853.
- ^ Segurado Chillón, A. (2016). Tortuga boba (*Caretta caretta*, Linnaeus 1758) en el Mediterráneo Occidental: proyecto “headstarting” en el Oceanogràfic de Valencia.
- ^ Tomás, J., Gazo, M., Álvarez, C., Gozalbes, P., Perdiguero, D., Raga, J. A., y 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.
- ^ Witherington, D. (2015). Tortuga cabeza (*Caretta caretta*). *LoggerheadLifeHistoryPosterSpanish -STC-DW*witherington.pdf. <https://conserveturtles.org/images/posters/LoggerheadLifeHistoryPosterSpanish-STC-DWwitherington.pdf>

ANEXOS

ANEXO I. Asociar localizaciones a profundidad

1. Cargamos nuestros datos después del SSM

```
datos<-read.csv("fit_def.csv",header=TRUE,sep=",", na.strings="NA", dec=".",
strip.white=TRUE, stringsAsFactors=FALSE)
head(datos)
```

2. Poner la fecha en el formato adecuado

```
fecha<-as.POSIXct(strptime(datos$date, "%Y-%m-%d %H:%M:%S", tz="GMT"))
datos$date=fecha
head(datos)
```

Filtramos localizaciones de tierra

1. Descargamos datos de batimetría de GEBCO (<https://download.gebco.net/>)

2. Indicamos el área que nos interesa, que cubra todo el Mediterráneo.

3. Seleccionamos formato GRID 2D netCDF

4. Add basket, view basket and download

5. Leemos los datos en R

```
library(ncdf4)
library(raster)
library(rasterVis)
NC<-nc_open("ruta acceso datos batimetria.nc")
NC
batimetria<-ncvar_get(NC, varid =NC$var$elevation)
```

6. Creamos un raster con los datos de batimetría

```
xmn (longitud minima) xmx (longitud maxima),
ymn (latitud minima), ymx (latitud maxima)
bat_raster<-raster(batimetria, xmn=30, xmx=46, ymn=-10, ymx=38,
crs="+proj=longlat +datum=WGS84")
bat_t<-t(bat_raster)
bat_flip<-flip(bat_t, direction='y')
plot(bat_flip)
```

7. Asociamos los datos de batimetría a nuestro .csv.

```
datos$batimetria<-sapply(1:nrow(datos), function(i){extract(bat_flip,
```

```
cbind(datos$lon[i],datos$lat[i], nl=1))  
head(datos)
```

8. Filtramos las posiciones en tierra

```
library(dplyr)  
datos_sea<-filter(datos, batimetria<0)
```

ANEXO II. Preparación de los datos y cálculo del “home range” por estaciones

#1. PREPARAR DATOS ACORDE A LA FUNCION fit_ssm

```
datos<-read.csv("localización_y_nombre_del_fichero.csv",header=TRUE,sep=","  
na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE, stringsAsFactors=FALSE)  
  
head(datos)
```

2. EJECUTAMOS EL STATE SPACE MODEL

IMPRESCINDIBLE instalar RJAGS desde el enlace

<http://www.sourceforge.net/projects/mcmc-jags/files>

```
install.packages("lubridate")  
  
library(lubridate)  
  
install.packages("chron")  
  
library(chron)  
  
install.packages("rjags")  
  
library(rjags)  
  
require(rjags)  
  
install.packages("bsam")  
  
library(bsam)  
  
require(bsam)  
  
head(datos)
```

2. Poner la fecha en el formato adecuado en función del csv cargado.

```
fecha<-as.POSIXct(strptime(datos$date, "%d/%m/%Y %H:%M", tz="GMT"))  
  
datos$date=fecha  
  
head(datos)
```

```
fit_ts_def<-fit_ssm(datos, model = "hDCRWS", tstep = 1, adapt = 60000, samples =  
60000, thin = 10, span = 0.2)  
  
map_ssm(fit_ts_def)  
  
diag_ssm(fit_ts_def)  
  
plot_fit(fit_ts_def)  
  
get_summary(fit_ts_def, file="fit_def.csv")
```

```
##### Calculo del home range por estaciones #####
```

```
# 1. Cargamos nuestros datos. Sustituir "UBICACION.csv" por la ubicación del fichero a analizar
```

```
datos<-read.csv("fit_def.csv",header=TRUE,sep="," , na.strings="NA", dec=".",  
strip.white=TRUE, stringsAsFactors=FALSE)
```

```
head(datos)
```

```
# 2. Poner la fecha en el formato adecuado en función del csv cargado.
```

```
fecha<-as.POSIXct(strptime(datos$date, "%d/%m/%Y %H:%M", tz="GMT"))
```

```
datos$date=fecha
```

```
head(datos)
```

```
## 3. Añadimos el mes en una columna
```

```
library(chron)
```

```
datos$month<-months(datos$date)
```

```
head(datos)
```

```
## 4. Poner las coordenadas en UTM
```

```
library(sp)
```

```
cord.dec=SpatialPoints(cbind(datos$lon, datos$lat),proj4string = CRS("+proj=longlat"))
```

```
cord.UTM<-spTransform(cord.dec, CRS("+proj=utm +zone=30"))
```

```
datos<-data.frame(datos,cord.UTM)
```

```
head(datos)
```

```
## 5. Añadimos la categoría de estación
```

```
datos$month
```

```
levels(datos$month)
```

```
datos$season<-datos$month
```

```
I1<-datos$month=="enero" | datos$month=="febrero" | datos$month=="marzo"
```

```
I2<-datos$month=="abril" | datos$month=="mayo" | datos$month=="junio"
```

```
I3<-datos$month=="julio" | datos$month=="agosto" | datos$month=="septiembre"
```

```

I4<-datos$month=="octubre" | datos$month=="noviembre" |
datos$month=="diciembre"

datos$season[I1] <- "winter"
datos$season[I2] <- "spring"
datos$season[I3] <- "summer"
datos$season[I4] <- "autumn"
datos$season<-as.factor(datos$season)
head(datos)

```

6. Calculamos el kernel por estación

```

library(adehabitatLT)
library(rworldxtra)
library(adehabitatHR)
library(colorRamps)
library(latticeExtra)
library(raster)
library(graphics)
library(rasterVis)
library(mapttools)
library(maps)
library(lubridate)
library(plotrix)
library(PBSmapping)
library(rgdal)
library(igraph)
library(oceanmap)
library(fields)

```

para los mapas, utilizar coordenadas geográficas

```

require(oceanmap)
library(raster)

```

```

worldmap <-oceanmap:::.get.worldmap(worldmap)
seasons<-c("summer", "autumn","winter","spring")
for(i in seasons){
  locs<-datos[c("lon","lat")]
  spdf<-SpatialPointsDataFrame(coords=locs,data=datos)
  kernelUD_estacion<-kernelUD(spdf[,7],h="href",grid=1000,extent=1,same4all=T)
  homerange25_estacion<-getverticeshr(kernelUD_estacion[[i]], 25)
  homerange50_estacion<-getverticeshr(kernelUD_estacion[[i]], 50)
  homerange95_estacion<-getverticeshr(kernelUD_estacion[[i]], 95)
  tiff(filename = paste(i,".tif"),
        width = 1000, units = "px", pointsize = 16,
        compression = c("none"),
        bg = "white")
  plotmap(worldmap, lon=c(-6, 35), lat=c(30, 45.5),fill.land=T,col.land =
"grey",grid=FALSE, resolution=0, main=i)
  plot(homerange95_estacion, col="blue",add=T)
  plot(homerange50_estacion, col="yellow", add=T)
  plot(homerange25_estacion, col="red", add=T)
  plotmap(worldmap, lon=c(-6, 35), lat=c(30, 45.5),fill.land=T,col.land =
"grey",grid=FALSE, resolution=0, add=T, main=i)
  dev.off()
  print(i)
}

```