



migra

10

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA DE AGUILUCHO CENIZO



 Iberdrola
España
Fundación


70
AÑOS
SEO
BirdLife

Este documento constituye la décima monografía
del programa Migra de SEO/BirdLife

www.migraciondeaves.org



Programas de seguimiento de avifauna de SEO/BirdLife

 **sacre**
Tendencia de las aves en primavera

 **sacin**
Tendencia de las aves en invierno

 **noctua**
Tendencia de las aves nocturnas

 **paser**
Anillamiento de las aves en primavera

 **aves y clima**
Fenología de las aves

 **migra**
Maración de las aves

 **censos**
Tamaño de población de las aves

 **acuáticas**
Censo de las aves acuáticas

 **atlas en primavera**
Distribución de las aves en primavera

 **atlas en invierno**
Distribución de las aves en invierno

 **eBird**
Registro global de aves

 **IBA**
Áreas importantes para las aves

 **mortalidad infraestructuras**
Registro de mortalidad

El programa **Migra** es uno de los programas de seguimiento de poblaciones de aves de Ciencia Ciudadana de SEO/BirdLife creados para conocer todos los parámetros biológicos de cada especie de ave y trabajar con ellos en su conservación.

Autores

Beatriz Arroyo, Mario Fernández-Tizón y Sara Puche

Autores de los capítulos (por orden alfabético)

Beatriz Arroyo, Beatriz Rodríguez, Mario Fernández-Tizón y Sara Puche

Gestión de datos de aves marcadas

Ana Bermejo (SEO/BirdLife), Alfonso Godino (AMUS), Manuel Galán y Fernando Garcés (GREFA), Mario Fernández-Tizón y Sara Puche (IREC)

Marcajes de ejemplares

Javier de la Puente (SEO/BirdLife), Juan Martínez Dalmau (GREFA) y Fernando Garcés Toledano (GREFA)

Fotografía de portada

© Tatavasco

Fotografías de interior

Alberto Remacha, Alex Alderic Jero/Shutterstock, Alfonso Godino (AMUS), Dennis Jacobsen/Shutterstock, François Mougeot, Jorge Remacha, Romuald Cisakowski/Shutterstock, Tatavasco, Vishnevskiy Vasily/Shutterstock, Vitaly Ilyasov/Shutterstock

Ilustraciones

Juan Varela

Elaboración de mapas

Jesús Pinilla

Diseño y maquetación

Noemí Alonso

© De la edición:

SEO/BirdLife

C/ Melquiades Biencinto 34. 28053 Madrid. España

Tel. +34 914 340 910 - Fax +34 914 340 911

seo@seo.org - www.seo.org

I.S.B.N.: 978-84-127360-3-8

DOI: 10.31170/0101

Cita recomendada para la obra completa /

Suggested citation for complete book

Arroyo, B., Fernández-Tizón, M. y Puche, S. (Eds.) 2024. *Comportamiento espacial de la población española de aguilucho cenizo*. Monografía n.º 10 del programa Migra. SEO/BirdLife. Madrid. DOI 10.31170/0101

Cita recomendada para capítulos /

Suggested citation for chapters

Arroyo, B., Puche, S. y Fernández-Tizón, M. 2024. Patrones migratorios del aguilucho cenizo. En Arroyo, B., Fernández-Tizón, M. y Puche, S. (Eds.) 2024. *Comportamiento espacial de la población española de aguilucho cenizo*. Monografía n.º 10 del programa Migra. SEO/BirdLife. Madrid. DOI 10.31170/0101

Reservados todos los derechos.

El texto puede ser utilizado libremente para trabajos y campañas de conservación, así como en el ámbito de la educación y de la investigación, siempre y cuando se indique la fuente de forma completa. El titular del copyright requiere que todo uso de su obra le sea comunicado con el objeto de evaluar su impacto. Para la reproducción del texto en otras circunstancias, o para uso en otras publicaciones, en traducciones o adaptaciones, debe solicitarse permiso. Correo electrónico: migracion@seo.org. Para más información sobre los temas tratados en este documento: migracion@seo.org

All rights reserved.

The text can be used for the development of conservation campaigns, as well as in the field of education and research, as long as the source is fully indicated. The owner of the copyright requires knowing all the uses of this publication, to assess its impact. For the reproduction of the text in other circumstances, or for use in other publications, in translations or adaptations, permission must be requested. For more information: migracion@seo.org

MIGRACIÓN Y ECOLOGÍA ESPACIAL DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA DE AGUILUCHO CENIZO

Publicado por



Con la financiación de:



Los datos que han hecho posible esta publicación han sido aportados por:



Agricultura, Ganadería
y Medio Ambiente







ÍNDICE

01	PRÓLOGO	8	Habitats utilizados.....	62	
02	INTRODUCCIÓN	11	En síntesis.....	65	
	El aguilucho cenizo: características y ecología.....	11	06	COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE LA INVERNADA	67
	Tendencias poblacionales y problemática de conservación en España.....	13	Localización y extensión de las áreas de invernada.....	67	
	Revisión de los conocimientos sobre ecología espacial de la especie.....	14	Residencias utilizadas en periodo invernal: número, duración.....	70	
03	METODOLOGÍA	17	y distancia entre residencias sucesivas.....	70	
	Datos disponibles.....	17	Fidelidad interanual a las residencias utilizadas durante el periodo.....	74	
	Preparación y tratamiento de datos.....	18	de invernada		
	Evaluación de patrones migratorios.....	20	Uso del espacio durante el periodo de invernada: áreas de campeo.....	76	
	Determinación del tamaño de áreas de residencia (áreas de campeo).....	20	Habitats utilizados.....	78	
	Determinación de los habitats en las zonas de residencia.....	22	En síntesis.....	78	
	Análisis estadísticos.....	22	07	RESUMEN	81
04	PATRONES MIGRATORIOS DEL AGUILUCHO CENIZO	25	08	SUMMARY	85
	Parámetros migratorios: fenología, duración y distancias recorridas.....	26	09	BIBLIOGRAFÍA	89
	Rutas migratorias.....	28	10	AGRADECIMIENTOS	93
	Paradas migratorias.....	34			
	En síntesis.....	39			
05	COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE EL PERIODO REPRODUCTOR	41			
	Residencias utilizadas durante el periodo de reproducción:.....	42			
	número, tiempo de utilización y distancias entre residencias sucesivas				
	Fidelidad interanual a las residencias utilizadas durante.....	50			
	el periodo de reproducción				
	Uso del espacio durante el periodo de reproducción: áreas de campeo.....	58			



01

La posibilidad técnica de integrar un receptor GPS en un dispositivo alimentado con energía solar y de un tamaño lo suficientemente reducido como para que no supere el 3% del peso de un ave de, digamos, 120 gramos, de forma que tal dispositivo acumule y transmita a través de la red de telefonía móvil miles de localizaciones espaciales, ha revolucionado la ornitología. Pero no sólo: los investigadores que hasta hace a penas quince años consideraban un logro científico disponer de una localización quincenal de un ave marcada con un radioemisor terrestre, se enfrentan ahora a la necesidad de gestionar cantidades ingentes de datos espacial y temporalmente autocorrelacionados, lo que resulta imposible en la práctica sin el desarrollo paralelo de nuevas técnicas de gestión de datos y estadística espacial. De esta forma, desarrollo tecnológico y capacidad analítica se retroalimentan, permitiendo a los científicos refinar sus preguntas sobre cómo y por qué se mueven y viajan las aves y otros animales, así como vislumbrar el papel de estos movimientos en el funcionamiento de los ecosistemas. Una vez más, la ornitología, el estudio de las aves, contribuye a expandir las fronteras de la ecología.

Así, hasta muy recientemente, la llamada ecología espacial, analizaba las relaciones entre localizaciones estáticas para describir la estructura espacial de poblaciones y comunidades. Frecuentemente, dichas localizaciones correspondían a individuos de una población de organismos sésiles (por ejemplo, plantas, de ahí la importancia de estos estudios en ecología vegetal), o bien resumían las localizaciones de organismos móviles en forma de centroides y otros descriptores del uso del espacio, estimados mediante distintos procedimientos. Hoy, gracias a los avances mencionados, la ecología espacial puede dar cuenta del dinamismo espaciotemporal subyacente a escala individual.



PRÓLOGO

El trabajo coordinado y dirigido por Beatriz Arroyo, Mario Fernández Tizón y Sara Puche en Comportamiento espacial de la población española de aguilucho cenizo hace uso de (y contribuye a) estos avances en ecología espacial y del movimiento para dar un paso de gigante en el conocimiento que hasta ahora se tenía sobre los movimientos estacionales y uso del espacio de esta rapaz migratoria amenazada.

El aguilucho cenizo une a su condición de migrador transahariano su carácter de ave esteparia que cría en paisajes agrícolas abiertos y pastizales, hábitats crecientemente alterados, bien por la intensificación agraria, bien por el abandono que modifica su estructura. Tanto la alteración del hábitat reproductor, como las transformaciones ligadas al cambio climático que están conduciendo a la desertificación del Sahel, su principal área de invernada, hacen imprescindible conocer cómo se mueve esta especie, qué factores gobiernan comportamientos como la agregación reproductora, la fidelidad a las localidades de cría, el alcance de sus movimientos prospectivos pre y posreproductores, la elección de rutas migratorias, o la duración y extensión espacial de paradas en dichas rutas. Sólo con un buen conocimiento de estos aspectos clave de su biología se podrá diseñar una estrategia eficiente para conservar el aguilucho cenizo.

Recuerdo cómo, hace ya 30 años, mientras hacía trabajo de campo en la Reserva de Villafáfila, me entretenía observando el planeo rasante de los aguiluchos sobre los campos de cereal. Se les veía por allí desde abril hasta agosto y me encantaba ver a los jóvenes del año progresar en sus habilidades voladoras o reposar sobre las pacas de trigo recién segado. En ese momento,

no imaginaba que una parte importante de los cenizos que veía en Villafáfila podían estar simplemente prospectando la zona para acabar criando a cientos de kilómetros, o haber llegado allí tras haber criado a cientos de kilómetros, como nos enseña esta monografía. Esta lección, que se aplica a muchas otras especies de aves migradoras, sobre todo de carácter estepario, es clave para su conservación: los aguiluchos cenizos ibéricos no son de ningún sitio en particular, utilizan toda la Península para luego migrar e invernar en una vasta franja del Sahel occidental. Por tanto, tomemos nota para que las estrategias de conservación de las especies y de gestión del medio, tan dispares en sus diferentes escalas de gobernanza, estén alineadas en sus objetivos y así conseguir que especies como el aguilucho cenizo puedan persistir.

Manuel B. Morales Prieto

Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid





Beatriz Arroyo

EL AGUILUCHO CENIZO: CARACTERÍSTICAS Y ECOLOGÍA

El aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) es un ave rapaz de mediano tamaño, de alas relativamente largas y estrechas y vuelo ágil. Tiene un claro dimorfismo sexual tanto en plumaje como en tamaño: los machos, grises, pesan cerca de 260 g y una longitud de ala de 365 mm, mientras que las hembras, pardas, tienen un peso medio de 350 g y 372 mm de ala (Cramp & Simmons 1980).

Tiene una dieta generalista, que puede incluir insectos, huevos, aves de pequeño o mediano tamaño, micromamíferos o incluso crías de mamíferos más grandes como conejos o liebres (Terraube & Arroyo 2011). Las aves aparecen como parte de la dieta en la mayoría de las zonas en las que se ha estudiado, aunque la importancia relativa de cada tipo de presa depende de su abundancia local y del hábitat, lo que confirma la estrategia oportunista de esta especie (Terraube & Arroyo 2011). No obstante, cuando la abundancia de un tipo de presa concreto es muy abundante en una zona, puede especializarse localmente en esta presa, como ocurre en zonas donde hay pululaciones de topillo campesino (Salamolard *et al.* 2000, Millon *et al.* 2008).

Como la mayor parte de las otras especies del género *Circus*, construye los nidos en el suelo y realiza normalmente una sola puesta por temporada reproductora, aunque puede realizar puestas de reposición en algunos casos si el fracaso ocurre pronto en el ciclo reproductor (Arroyo 1995, Arroyo *et al.* 2004). Tiene

un periodo de incubación de 30 días, los pollos realizan los primeros vuelos alrededor de 35 días después de la eclosión, y siguen siendo dependientes de los progenitores durante un periodo de 2-4 semanas tras estos primeros vuelos (Cramp & Simmons 1980).

Es una especie colonial facultativa (o semi-colonial): pueden criar de forma aislada, o formar agrupaciones más o menos laxas de nidos situados a decenas de metros unos de otros ("colonias"), de hasta varias decenas de parejas (Arroyo 1995), aunque frecuentemente son de menos de 10 (Arroyo *et al.* 2004). Teniendo en cuenta que en esta especie las parejas se forman de nuevo cada temporada reproductora, varios estudios indican que estas colonias probablemente sirven como un escaparate simultáneo de la calidad de muchos individuos, lo que permite evaluar rápidamente cada año la mejor opción de apareamiento que tiene cada uno de los individuos (Mougeot *et al.* 2001). Al mismo tiempo, las colonias proporcionan una defensa más eficaz contra los depredadores (Arroyo *et al.* 2001). Globalmente, el comportamiento social de la especie es marcado, no sólo en las zonas de reproducción, sino que también puede formar grandes dormitorios en las zonas de invernada de hasta varios miles de individuos (Cormier & Baillon 1991, Arroyo *et al.* 1995, Clarke *et al.* 1998).

Uno de los aspectos más característicos del aguilucho cenizo es su estrecha asociación actual con los medios agrarios para su reproducción. Mientras que históricamente criaba en zonas de vegetación herbácea o arbustiva no muy alta



Aguilucho cenizo macho cazando.
Male Montagu's harrier foraging.
© Dennis Jacobsen/Shutterstock

(Cramp & Simmons 1980), durante las últimas décadas ha sustituido sus medios naturales de nidificación por campos de cereal u otros cultivos anuales en muchas zonas de Europa occidental (Arroyo *et al.* 2003). Las primeras descripciones de la utilización de cereal como sustrato de nidificación se realizaron en España y Francia a principios del siglo XX (Sansinenea 1908, Frionnet 1925), y en la década de 1970 era un hábito considerado común en al menos varias zonas de estos dos países (Pérez Chiscano & Fernández Cruz 1971, Hiraldo *et al.* 1975, Garzón 1977, Berthemey *et al.* 1983). En zonas más orientales de Europa la colonización de medios agrícolas como hábitat de reproducción parece más reciente, aunque en todos los sitios su uso aumentó rápidamente tras los primeros casos. Por ejemplo, las primeras observaciones de aguiluchos criando en cereal en Alemania y Holanda ocurrieron en la década de 1970 (Clemens 1993, Koks *et al.* 2001), siendo actualmente superiores al 80% (Holker 1999). En Polonia, la cría en cultivos se describía como “muy escasa” en la década de 1980 y principio de la de 1990 (Krogulec 1993), mientras que es actualmente mayoritaria (Kyczynski & Krupinski 2013). En Rusia, las primeras descripciones de aguiluchos cenizos criando en cultivos fueron en la década de 1980 (Ivanovski 1993).

Puede suponerse que la utilización de campos de cereal para reproducirse permitió la expansión poblacional de la especie, ya que la disponibilidad de campos de cultivo es, globalmente, mucho mayor que la de los medios naturales donde criaba originalmente, al menos en Europa occidental. Aunque no hay datos cuantitativos del tamaño de la población en España o Francia a principios del siglo pasado que permitan confirmar esta hipótesis, la información disponible en Polonia apoya esta posibilidad. En este país se estimaba una población reproductora de cerca de 500 parejas a principios la década de 1990, cuando la reproducción en cereal era escasa (Krogulec 1993), mientras que la población actual se estima en cerca de 3500 parejas (Krolikowska *et al.* 2017).

En cualquier caso, y a pesar de ese posible efecto positivo en la distribución de la especie, la utilización de cultivos como sustrato de nidificación, teniendo en cuenta que la agricultura moderna es más intensiva, se ha convertido actualmente en una trampa ecológica. Así, la pérdida de nidos y polladas en el momento de la cosecha del cereal está considerada como uno de los factores más importantes en la dinámica poblacional de la especie, que es por tanto dependiente de medidas de conservación para mantener una productividad suficiente que permita la viabilidad de las poblaciones (Arroyo *et al.* 2002, Santangeli *et al.* 2014, 2015).

TENDENCIAS POBLACIONALES Y PROBLEMÁTICA DE CONSERVACIÓN EN ESPAÑA

En la Europa Comunitaria, el grueso de la población reproductora se encuentra en España (ca. 35%), junto con Francia (23%) y Polonia (21%) (Trierweiler 2010, Birdlife International 2015). Nuestro país, por tanto, tiene una contribución muy importante en la conservación de esta especie a nivel europeo.

En España, la población se estimó en unas 6000-7400 parejas reproductoras en 2006 (Arroyo & García 2007). La distribución espacial de la población reproductora española está sesgada hacia el oeste, con las mayores poblaciones en las regiones fronterizas con Portugal. En particular, Extremadura, Andalucía, Castilla y León y Galicia fueron las cuatro regiones con mayores poblaciones en 2006 (Arroyo & García 2007). Estas zonas, además, tienen la mayor favorabilidad ambiental para la reproducción de la especie (Estrada & Arroyo 2012). Es decir, los aguiluchos son globalmente más abundantes en zonas más favorables, lo cual es esperable desde el punto de vista ecológico. No obstante, a escalas espaciales más pequeñas se encontraban muchas diferencias entre la favorabilidad y la abundancia, con zonas como Andalucía donde la abundancia local es mayor que la esperable por favorabilidad ambiental, y otras como Castilla y León donde la favorabilidad ambiental es muy alta, pero las densidades locales eran más bajas de lo esperado según la favorabilidad (Estrada & Arroyo 2012). Estas discrepancias podrían estar explicadas por variaciones en la abundancia de alimento entre zonas, o por su comportamiento semi-colonial (ver más abajo), que incluye la importancia de la imitación social en la elección de la zona de reproducción (Estrada & Arroyo 2012).

Un segundo censo nacional realizado en 2017 indicó un declive poblacional de cerca del 23-27% respecto al 2006, siendo especialmente marcado en territorios tradicionalmente muy importantes para la especie en España, como Galicia (donde se observa un declive de más del 60%), Extremadura (más del 40%) o Andalucía (más del 20%; Arroyo *et al.* 2019). No se conocen con certeza las causas del declive observado entre los dos censos, que sería importante estudiar y cuantificar en un futuro próximo. No obstante, en al menos varios casos las tendencias observadas parecen asociadas a cambios de uso de suelo. Por ejemplo, en el caso de Galicia, otros estudios habían indicado antes del censo del 2017 el fuerte declive observado en la zona, y lo asocian a la destrucción de

matorral natural (hábitat principal de nidificación del cenizo en dicha región) para la producción de maíz (Tapia *et al.* 2016). En Extremadura se ha descrito también el impacto del aumento de las viñas en espaldera en detrimento del cereal, lo que ha llevado a la especie a desaparecer de ciertas zonas utilizadas tradicionalmente (Pinilla 2015). No obstante, también se ha observado en esta comunidad autónoma un declive de la productividad en las últimas décadas en zonas donde la especie se reproduce de forma tradicional, a pesar de las campañas de protección, asociado a un aumento de la depredación de nidos y de la mortalidad de pollos por temperaturas altas (Berger-Geiger *et al.* 2019). Esto último es particularmente importante, ya que un estudio mostró que la favorabilidad ambiental de la península ibérica para el aguilucho cenizo descendería, particularmente en el sur, en los supuestos de cambio climático, que predicen un aumento global de la temperatura (Estrada *et al.* 2010). Es decir, es posible que las condiciones ambientales de zonas tradicionalmente importantes para la especie como Extremadura o Andalucía estén empeorando actualmente debido a los cambios climáticos observados, además de o en combinación con los cambios de uso de suelo.

Por otro lado, y como se ha mencionado anteriormente, es necesario que existan estrategias que permitan la protección de los nidos y los pollos en el momento de la cosecha, las cuales deberían mantenerse en el tiempo. Por ello, es necesario buscar herramientas sostenibles de conservación a largo plazo, tanto pensando en el esfuerzo humano como el económico. En ese sentido, una evaluación comparando la eficacia relativa y el coste de distintas medidas (Santangeli *et al.* 2014) sugiere que, a pesar del coste económico asociado, sería más eficiente priorizar el retraso de cosecha en aquellas situaciones en que agrónomicamente sea posible, y sobre todo en los casos en que los aguiluchos sean coloniales (y, por tanto, existan varios nidos en la misma parcela). En otros casos, es necesario buscar las herramientas más adecuadas para cada caso. En el caso de dejar rodales sin cosechar alrededor del nido, se ha demostrado que es mucho más eficaz utilizar vallados metálicos a su alrededor para evitar la depredación post-cosecha (Santangeli *et al.* 2015, Berger-Geiger *et al.* 2019).

Actualmente existen campañas de monitorización y conservación de la especie en muchas zonas de España, incluyendo Extremadura, Andalucía, Cataluña, Madrid, La Rioja, la Comunidad Valenciana o algunas zonas de Castilla y León o Castilla-La Mancha. Análisis preliminares indican que los declives poblacionales observados entre el 2006 y el 2017, una vez se tiene en cuenta los cambios de

uso de suelo, son menos marcados en cuadrículas situadas en regiones donde se realizan campañas continuas de conservación (Castel López 2018). Es decir, estas campañas son eficaces para la especie incluso en los casos en los que se observan declives, ya que mitigan las tendencias negativas atribuidas a otras causas. No obstante, es preocupante ver que en comunidades como Extremadura, Andalucía o La Rioja se observan declives poblacionales a pesar de las campañas regulares de protección de nidos, lo cual indica que las estrategias de conservación deberían tener en cuenta todos los factores de amenaza simultáneamente para que sean eficaces.

REVISIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE ECOLOGÍA ESPACIAL DE LA ESPECIE

El aguilucho cenizo es una rapaz con una ecología espacial compleja, con amplios movimientos en todas las fases de su ciclo vital.

Es una especie migradora subsahariana, con las áreas de reproducción en el Paleártico occidental (desde la península ibérica y el norte de Marruecos al oeste, hasta el sur de Suecia en el norte, y las estepas de Asia central en el este) y las zonas de invernada repartidas en el Sahel, África oriental y el subcontinente indio. Sus alas largas y delgadas le permiten poder realizar vuelos tanto planeando como aleteando, y esta flexibilidad en el tipo de vuelo la hace menos dependiente de las condiciones climáticas y de las corrientes térmicas para realizar sus migraciones. Esto les permite no sólo utilizar una amplia franja horaria para desplazarse, pudiendo utilizar más horas del día en la migración que otros planeadores obligados, sino poder migrar en un frente geográficamente amplio y atravesar grandes distancias de mar abierto si las condiciones meteorológicas son favorables (Schlaich & Klaassen 2021).

Existe un patrón general de conectividad migratoria entre las poblaciones reproductoras y las invernantes, con las reproductoras en el oeste de Europa invernando en zonas más occidentales del Sahel, mientras que las reproductoras en el este de Europa invernán en África oriental, y las de Asia en India (Schlaich & Klaassen 2021). No obstante, en las zonas de invernada llegan a solapar individuos de varias zonas de reproducción, ya que los individuos de una misma población reproductora se pueden distribuir a lo largo de una vasta área longitudinal dentro de la zona de invernada (Limiñana *et al.* 2012a).

La información existente hasta el momento indica que los aguiluchos cenizos utilizan varias áreas de invernada secuencialmente, desplazándose hacia el sur a lo largo de la temporada a medida que las condiciones ambientales cambian con las lluvias y la abundancia de ortópteros (Trierweiler & Koks 2009, Trierweiler *et al.* 2013, Schlaich 2019). Cuando finaliza la invernada, los individuos vuelven a las zonas de reproducción siguiendo la misma ruta que la utilizada en otoño, aunque desplazándose ligeramente más hacia el oeste debido a los vientos dominantes del este sobre el desierto del Sáhara (Limiñana *et al.* 2013, Schlaich & Klaassen 2021).

Los aguiluchos cenizos son fieles a las zonas de invernada entre años (Limiñana *et al.* 2012a, Trierweiler *et al.* 2013, Schlaich 2019), y en su mayoría también fieles a sus áreas reproductivas (Arroyo *et al.* 2004, Janowski *et al.* 2018), aunque la dispersión reproductora puede ser amplia en algunos casos, sobre todo después de fracasos reproductores (Arroyo *et al.* 2004). La dispersión natal, en cambio, es bastante grande, y aunque parte de los individuos vuelve a la zona donde nacieron a reproducirse (Janowski *et al.* 2018), una gran parte puede desplazarse a muchos kilómetros de su área natal (Limiñana *et al.* 2012b, Chadoeuf *et al.* 2017).

La amplia movilidad de la especie también se observa en los movimientos realizados durante la época reproductora. En general, pueden desplazarse a grandes distancias del nido para adquirir alimento (Guixé & Arroyo 2011). Asimismo, se han descrito movimientos post-reproductores y pre-migratorios que pueden ser amplios, de individuos que visitan zonas reproductoras presumiblemente para alimentarse antes de volver a iniciar su vuelo migratorio hacia el África subsahariana, o bien para adquirir información sobre la calidad de áreas potenciales para reproducciones futuras (Limiñana *et al.* 2008).

La mayor parte de la información sobre el comportamiento espacial de la especie está basada en datos de otros países. Concretamente, un equipo neerlandés (de la Dutch Montagu's Harrier Foundation, <https://grauwekiekendief.nl/>), ha marcado numerosos individuos desde Francia hasta el este de Europa para estudiar movimientos y conectividad migratoria (Trierweiler & Koks 2009). En España, previo a los marcajes incluidos en el presente trabajo, la información ha sido bastante escasa, basada en el marcaje de 10 individuos con emisores Argos en Castellón por un equipo de la Universidad de Valencia (Limiñana *et al.* 2008, 2011), y de varios individuos con emisores VHF marcados en Extremadura por AMUS o en Cataluña por el Centre de Ciència i tecnologia Forestal de Catalunya (Arroyo

et al. 2009, Guixé & Arroyo 2011). En este trabajo, presentamos información de movimientos de 61 individuos de aguilucho cenizo marcados con emisores GPS en España en el periodo 2013-2022 (24 machos y 31 hembras adultas, 3 hembras y 1 macho subadultos y 2 juveniles). De esta forma, este trabajo representa una puesta al día muy relevante, al aportar información de individuos reproductores en una de las zonas más importantes para la conservación de la especie a nivel comunitario.



Macho juvenil de aguilucho cenizo.

Montagu's harrier juvenile male.

© Tatasasco



Mario Fernández-Tizón y Beatriz Arroyo

DATOS DISPONIBLES

El presente trabajo está basado en el marcaje de individuos de aguilucho cenizo con emisores GPS. Esta tecnología es actualmente fundamental para profundizar en el conocimiento del uso del espacio en especies móviles. Esencialmente, los dispositivos GPS graban las posiciones donde se encuentran (en adelante **localizaciones**). Existen multitud de modelos de GPS que difieren en su rendimiento, variables recogidas, peso, precio, etc.

Se dispuso para este trabajo de información de 61 ejemplares marcados, distribuidos por todo el territorio nacional (Fig. 1): 28 de ellos del programa “SEO/BirdLife Migra Program in Spain” disponible en la plataforma Movebank (entre los que se cuentan 6 ejemplares marcados en Andalucía, 3 en Cataluña, 2 en Castilla-La Mancha, 10 en Castilla y León, 2 en Extremadura, 1 en Galicia, 1 en La Rioja y 3 en el País Vasco; marcajes realizados en distintos tipos de colaboración con las comunidades autónomas o diputaciones provinciales mencionadas entre 2016 y 2021), 8 del programa de marcaje de GREFA en 2019-2021 (3 en Castilla-La Mancha y 5 en Madrid) y 25 de AMUS marcados entre 2019 y 2022 (17 en Andalucía y 8 en Extremadura). El tipo de emisores varió entre programas y años de estudio (Tabla 1), así como la duración de su funcionamiento, que depende de muchos factores, incluyendo la capacidad de la batería o factores casuísticos (por ejemplo la muerte del individuo, fallos técnicos, etc.). Esto conlleva que la información que cada emisor proporciona pueda ser desigual, abarcando diferentes periodos (Tabla 2).

Tabla 1. Emisores utilizados.

Table 1. Transmitters used.

	Empresa	Peso	Dispositivos instalados	Entidad
Ornitela 10/15	Ornitela	10-12g	12	AMUS
		15-18g		
OMNI 2G	Interrex	7,7-9,5g	4	AMUS
Nano-GPS	Interrex	3,7g	3	SEO/BirdLife
Mini 2G-Lite	Interrex	5,8-6,7g	1	AMUS
Solar 12g PTT	Microwave Telemetry	12g	1	SEO/BirdLife
Ornitela 10/15	Ornitela	10-12g	8	GREFA
		15-18g		
Ornitela 10/15	Ornitela	10-12g	24	SEO/BirdLife
		15-18g		
Backpack S	ANITRA	9-12g	8	AMUS

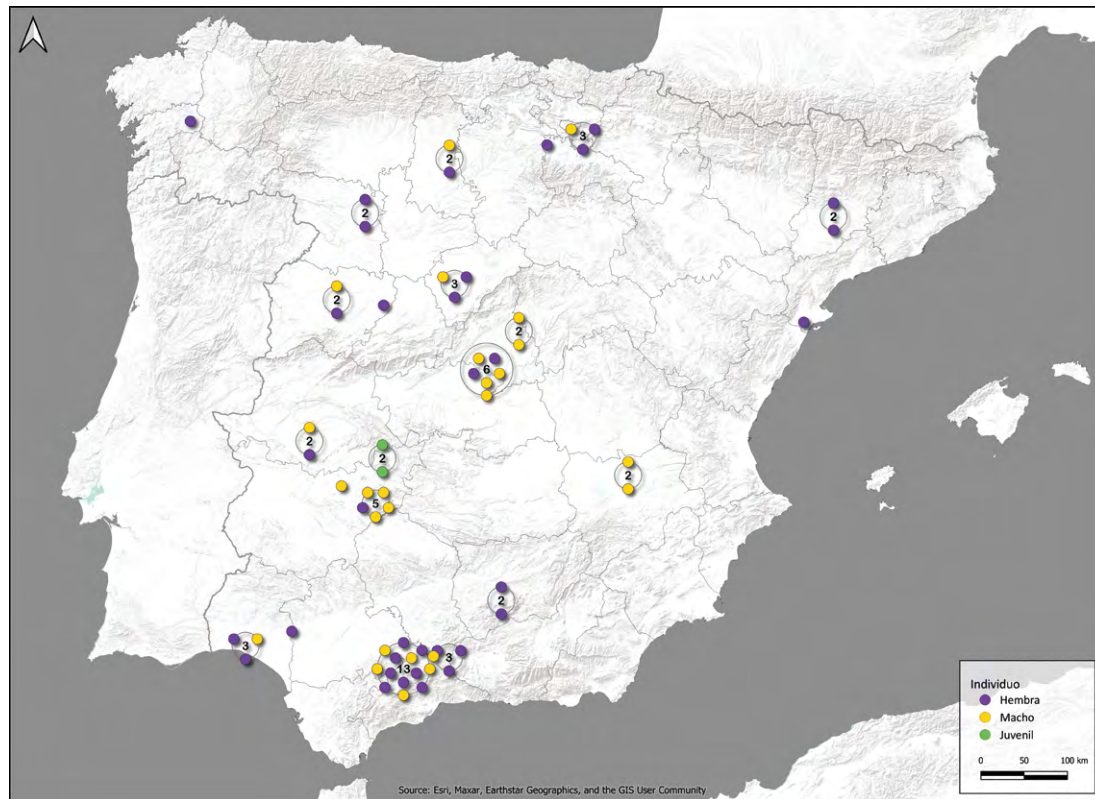


Figura 1. Mapa de zonas de captura de los individuos marcados. En amarillo machos, en morado hembras y en verde juveniles.

Figure 1. Map indicating capture areas of tagged individuals. In yellow, males; in purple, females; and in green, juveniles.

PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

Se asignó a cada localización una fase vital (reproducción, migración post-nupcial, migración prenupcial o invernada). La determinación del cambio entre fases vitales se hizo de forma manual y visual para cada individuo: el inicio y final de las migraciones, que es evidente en esta especie, se determinó observando los días en los que se iniciaba un desplazamiento de varias decenas de km con direccionalidad clara y alta velocidad. Se consideró “invernada” todo el periodo entre el fin de la migración post-nupcial y el inicio de la prenupcial. Se consideró “periodo reproductor” todo el periodo entre el fin de la migración prenupcial y el inicio de la siguiente post-nupcial.

Para cada una de estas fases se determinaron también (de forma manual) si las localizaciones correspondían a una zona de residencia o a un periodo de transición. Definimos como zonas de **residencia** aquellos grupos de localizaciones consecutivas con posiciones distantes a menos de 10 km unas de otras en las que el individuo pasaba más de dos días. Definimos los movimientos entre residencias como **transiciones**. Cuando un movimiento de más de 10 km empezaba

Tabla 2. Tamaños muestrales utilizados en este trabajo para cada fase vital. Se indica el número de ejemplares marcados de los que se dispone de información, y entre paréntesis el número de temporadas totales (hay individuos que se han monitorizado durante varios años seguidos).

Table 2. Sample sizes used in this work for each life stage. The number of tagged individuals for which information is available is indicated, and in brackets the number of total seasons (some individuals have been monitored for several years).

	Número de ejemplares marcados				Número de ejemplares analizados															
	M	H	J	T	Reproducción				Migración prenupcial				Invernada				Migración post-nupcial			
					M	H	J	T	M	H	J	T	M	H	J	T	M	H	J	T
Totales	25	34	2	61	25(46)	34(63)	2(3)	61(112)	13 (22)	15 (31)	1 (1)	29 (54)	20(33)	25(43)	1(1)	46(77)	23 (41)	29 (52)	2 (2)	54 (95)
Completas					11(19)	11(25)	1(1)	23(45)	13 (21)	14 (29)	1 (1)	28 (51)	13(22)	15(32)	1(1)	29(55)	20 (33)	26 (44)	1 (1)	44 (78)
Incompletas					25(27)	34(38)	2(2)	61(67)	1 (1)	2 (2)	0 (0)	3 (3)	11 (11)	11(11)	0	22(22)	8 (8)	8 (8)	1 (1)	17 (17)

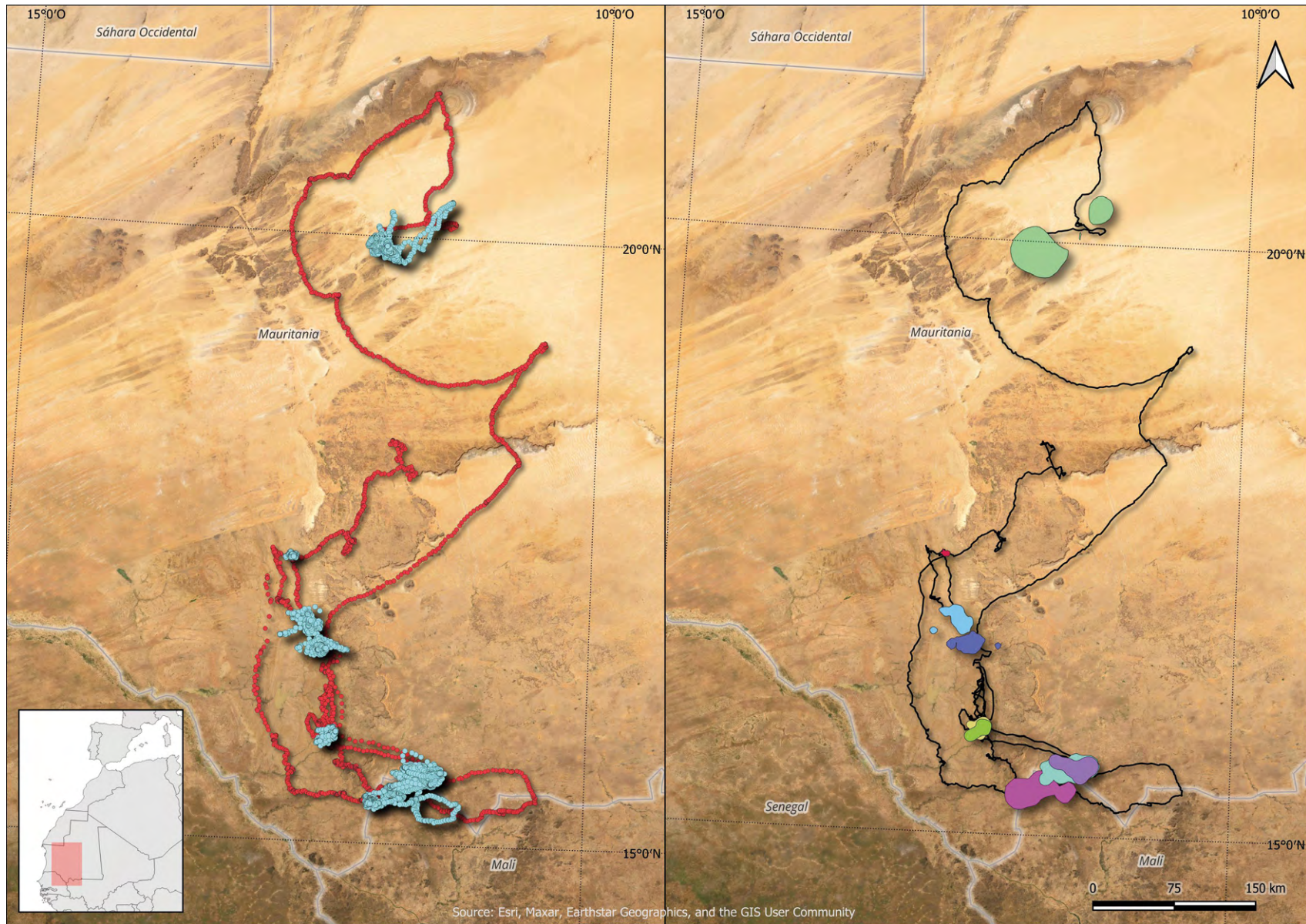


Figura 2. Ejemplo de transformación de datos brutos de posición (localizaciones), a residencias y movimientos transicionales, para el periodo de invernada 2019-2020 del ejemplar 180226. La imagen de la izquierda muestra en rojos puntos clasificados como transicionales y en azul claro los clasificados como residencias. La de la derecha muestra los datos una vez procesados, es decir, los kernel 90 de cada residencia (con diferentes colores), y las transiciones entre éstas (líneas negras).

Figure 2. Example of transformation of raw position data (locations) to residences and transitional movements for the 2019-2020 wintering period for bird 180226. The image on the left shows in red the points classified as transitional and in light blue those classified as residences. The image on the right shows the processed data, i.e. the kernel 90 area of each residence (each marked with a different colour) and the transitions between them (black line).

y acababa en la misma residencia y duraba menos de dos días, lo consideramos un **movimiento exploratorio** que, según la definición anterior, se incluyó en un periodo de residencia. Para cada zona de residencia se calculó un área de campeo (Fig. 2), y un centroide (centro geométrico de todas las posiciones consideradas en dicha residencia).

Asimismo, se determinó la hora de amanecer y atardecer en cada localización por medio del paquete de R *StreamMetabolism* (Sefick 2023). Este paquete tiene en cuenta la fecha asociada a cada posición y sus coordenadas para estimar la hora de amanecer y atardecer. Comparando estas horas con la de la posición se determinó la **fase del día** (nocturna o diurna) para cada localización.

En todas las fases, se determinó si existían localizaciones atípicas (**outliers**), no fiables, debidas posiblemente a errores en el funcionamiento del emisor. Se identificaron dichas posiciones teniendo en cuenta cualquiera de los siguientes criterios:

- Valores inusuales de coordenadas. Se eliminaron las observaciones cuyas coordenadas (grados) en sistema WGS84 fueran mayores de 180 o menores de -180 para la longitud, o mayores de 90 o menores de -90 para la latitud.
- Valores altos de Horizontal Dilution of Precision (HDOP). Un valor de HDOP mayor de 10 se considera asociado a unas coordenadas poco precisas.
- Valores altos de velocidad. Calculando la distancia recorrida entre una posición y la anterior, y el tiempo pasado entre ambas, se calculó la velocidad para esa posición y la anterior. Se consideró un umbral de 25 m/s para determinar una velocidad demasiado alta para ser considerada como un dato fiable.

Si una posición cumplía con al menos uno de estos criterios se consideró como candidato a *outlier*. Estas posiciones fueron después revisadas manualmente, para confirmar o desechar su excentricidad (por ejemplo, durante determinadas condiciones en la migración, el umbral de velocidad considerado se supera ampliamente y ciertas observaciones con este criterio no se consideraron *outliers*). Toda localización considerada como *outlier* se eliminó para todos los análisis.

Se clasificaron las diferentes fases vitales como **completas** si se conocían tanto el inicio como el final de las mismas. En contraposición, algunas fases vitales se consideraron incompletas, porque el emisor dejó de funcionar o porque empezara a funcionar una vez la fase vital ya se había iniciado.

EVALUACIÓN DE PATRONES MIGRATORIOS

Para cada migración se calcularon segmentos diarios, utilizando una única localización al día, siendo la más tardía dentro de las categorizadas como nocturnas, y nunca más allá de las 5:00 AM. Se calculó la distancia lineal entre estas localizaciones nocturnas como **distancia lineal** recorrida por día, además de la longitud de la trayectoria recorrida durante cada día (**distancia real**). A partir de estas dos variables, se calculó el índice de linealidad, definido como la relación entre la distancia lineal y la distancia real; este valor varía entre 0 (para las rutas tortuosas) y 1 (para las rutas rectas).

Considerando sólo las migraciones completas, se identificaron las fechas de inicio y fin de cada una, la duración (diferencia en días entre la fecha de inicio y fin de cada migración), la distancia lineal total (distancia lineal entre el punto de partida y el de llegada), la distancia real total (suma de la longitud de todas las trayectorias realizadas), y el índice de linealidad global comparando ambas variables. También se determinaron las paradas migratorias, definidas como los periodos de residencia que ocurren en medio de la fase migratoria. Según la definición de residencia descrita anteriormente, se consideró como **parada migratoria** a las localizaciones consecutivas en una misma zona durante un mínimo de 2 días consecutivos con posiciones distantes a menos de 10 km unas de otras. Si se detectaban paradas en la migración, pero por una duración inferior a 2 días, se definieron como “**pausas migratorias**”.

Teniendo en cuenta que el emisor Argos usado en 2013 no tenía suficientes posiciones diarias y periodos con menos información, aunque las migraciones de este individuo estuvieran completas, solo se incluyó la información del mismo para la estima de fechas de inicio y final de las migraciones o desplazamientos totales, y para la estima de la ruta migratoria, pero no para la estima de pausas o paradas migratorias ni para la estima de distancias diarias recorridas al no ser los datos comparables.

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE ÁREAS DE RESIDENCIA (ÁREAS DE CAMPEO)

Para la determinación de áreas de campeo se tuvo en cuenta que los diferentes modelos de emisores utilizados tenían distintas programaciones y funcionamiento, y por tanto registraron diferente frecuencia de posiciones diarias. Dado que el

tamaño estimado de áreas de campeo depende de la frecuencia de posiciones, para obtener datos comparables entre individuos se realizó un submuestreo de datos, descartando posiciones de los emisores con mayor frecuencia de registro para homogeneizar el número de posiciones por unidad de tiempo entre todos los emisores utilizados. Se utilizaron sólo posiciones diurnas, eliminando los *outliers*, y con un intervalo entre posiciones de 3600 segundos (es decir, 1 localización cada hora), que es el que permitía la homogeneización de datos entre los diferentes emisores (un análisis del número de posiciones diarias que se obtenía para cada tipo de emisor utilizando diferentes intervalos de muestreo indicó que utilizando intervalos de menos de 3600 segundos había grandes diferencias entre modelos de emisor en el número de localizaciones diarias disponibles, mientras que con un intervalo de 3600 segundos dichas diferencias desaparecían).

Para la determinación de áreas de campeo también se eliminaron los movimientos de transición, así como los datos del individuo marcado en 2013 con un emisor Argos, ya que los datos obtenidos con este emisor no eran suficientemente precisos para obtener áreas de campeo.

La determinación de las áreas de campeo se realizó con modelos kernel, que son mapas de densidad que reflejan la probabilidad de encontrarnos posiciones dentro del área que delimitan. Se utilizó el paquete de R *adehabitatHR* (Calenge 2006). Dentro de la función *kernelUD*, se dejó el valor por defecto para el suavizador "href". Este parámetro, aunque puede sobreestimar el área de campeo, permite obtener unas buenas estimas de ésta, sobre todo cuando la muestra es grande (Kie 2013). El marco de trabajo inicial que utiliza *kernelUD* viene determinado por las coordenadas máximas y mínimas de longitud y latitud de las posiciones usadas. Para evitar problemas como líneas de densidad abiertas, o niveles de probabilidad no calculables, se amplió el marco de trabajo inicial aumentando su extensión en un factor del doble del rango de coordenadas, tanto para la longitud como para la latitud, para las coordenadas iniciales y finales. Los niveles de probabilidad usados para los kernel fueron los de 90 y 50.

Para las fases de migración o invernada, se calculó un área de campeo para cada parada migratoria o área de invernada separadamente (es decir, para cada zona de residencia). En el caso del periodo reproductor, se calculó un área de campeo para cada residencia, pero también un área de campeo por semana (considerando sólo las localizaciones de residencias, es decir, excluyendo las transiciones), para determinar variaciones temporales en los movimientos.



Macho melánico de aguilucho cenizo.

Melanistic Montagu's harrier male.

© Tatavasco

DETERMINACIÓN DE LOS HÁBITATS EN LAS ZONAS DE RESIDENCIA

La información referente a los tipos de hábitat fue obtenida de GlobCover v2.3 (Bontemps *et al.* 2012). Estos datos provienen de la Agencia Espacial Europea y fueron obtenidos en 2009. El uso de estos datos permite la comparación de hábitats a nivel mundial, aunque existen ciertas diferencias según la zona. Esta versión cuenta con 22 categorías de hábitats y un tamaño de píxel de 300m de lado. Para un análisis más sencillo, estas categorías se agruparon en 8 categorías generales (ver equivalencias en Tabla 3).

Utilizando los paquetes *sf* y *raster de R* (Hijmans 2015, Pebesma 2018) se extrajo el número de píxeles de cada categoría de hábitat dentro de cada kernel. A partir de esta información, se calculó la proporción del total de cada kernel que pertenecía a cada una de estas categorías.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los análisis estadísticos se realizaron con R 4.2.1 (R Core Team 2023).

En el capítulo de **migración**, para evaluar factores que afectan a los parámetros migratorios (día de inicio, distancia, velocidad, duración) se realizaron Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM), con “individuo” y “año” como factores aleatorios, ajustando una distribución gaussiana.

Para evaluar si las rutas pre y post-nupciales un mismo individuo están desplazadas, se testó si la longitud (en grados) de las ubicaciones variaba entre las fases migratorias (pre y post-nupcial) con un GLMM, incluyendo “trayecto migratorio” e “identificador de individuo” como factores aleatorios.

Para evaluar la repetibilidad de los trayectos migratorios, se calculó la distancia entre diferentes rutas de la siguiente manera: se determinó el punto donde cada ruta cruzaba un valor fijo de latitud geográfica (cada grado), y se calculó la distancia entre los puntos de diferentes rutas a dicha latitud (distancia longitudinal). Se estimó, posteriormente, con un GLMM con “individuo” y “ruta migratoria” como factores aleatorios, si la distancia entre rutas variaba en función de dicha ruta pertenecía al mismo individuo o a individuos distintos, y si dicha ruta era de la misma o distintas fases migratorias (pre o post-nupcial).

Tabla 3. Asignación de cada categoría de hábitat de GlobCover 2009 a una categoría simplificada utilizada para los análisis.

Table 3. Assignment of each GlobCover 2009 habitat category to a simplified category used for the analyses.

Hábitat GlobCover 209	Hábitat simplificado
Artificial surfaces and associated areas (Urban areas >50%)	urbano
Bare areas	suelo desnudo
Built up areas	urbano
Closed (>40%) broadleaved deciduous forest (>5m)	bosque
Closed (>40%) broadleaved forest or shrubland permanently flooded - Saline or brackish water	bosque
Closed (>40%) needleleaved evergreen forest (>5m)	bosque
Closed to open (>15%) (broadleaved or needleleaved, evergreen or deciduous) shrubland (<5m)	matorral
Closed to open (>15%) broadleaved evergreen or semi-deciduous forest (>5m)	bosque
Closed to open (>15%) grassland or woody vegetation on regularly flooded or waterlogged soil - Fresh, brackish or saline water	pastizales
Closed to open (>15%) herbaceous vegetation (grassland, savannas or lichens/mosses)	pastizales
Closed to open (>15%) mixed broadleaved and needleleaved forest (>5m)	bosque
Cropland	agrícola
Grassland	pastizales
Lichen Mosses / Sparse vegetation	pastizales
Mosaic cropland (50-70%) / vegetation (grassland/shrubland/forest) (20-50%)	mosaico
Mosaic forest or shrubland (50-70%) / grassland (20-50%)	mosaico
Mosaic grassland (50-70%) / forest or shrubland (20-50%)	mosaico
Mosaic vegetation (grassland/shrubland/forest) (50-70%) / cropland (20-50%)	mosaico
Open (15-40%) broadleaved deciduous forest/woodland (>5m)	bosque
Open water	agua
Post-flooding or irrigated croplands (or aquatic)	agrícola
Rainfed croplands	agrícola
Shrubs cover areas	matorral
Sparse (<15%) vegetation	pastizales
Trees cover areas	bosque
Vegetation aquatic or regularly flooded	agua
Water bodies	agua

También se utilizaron GLMM, con las variables “año” e “individuo” como factores aleatorios, para evaluar los factores que influyen en la probabilidad de realizar paradas migratorias, ajustando una distribución binomial.

El análisis de los factores que influyen en la duración de cada parada migratoria se hizo con un GLMM con distribución binomial negativa, y las variables “individuo” e “identificador de ruta migratoria” como factores aleatorios.

En el capítulo de **reproducción**, se utilizó también un GLMM (con distribución Poisson e “individuo” como factor aleatorio) para evaluar la diferencia del número de residencias entre sexos.

Por otro lado, se utilizó un Modelo Aditivo Generalizado Mixto (GAMM) para evaluar el tiempo de utilización de cada residencia en función de la fecha en la que empieza a utilizarse, utilizando “Individuo” e “individuo*año” como factores aleatorios, y ajustando la variable respuesta (duración de la ocupación en días) a una distribución Poisson. Para este análisis se utilizó sólo la información de las temporadas completas.

Para evaluar si la distancia entre residencias sucesivas varía entre sexos o en relación a la fecha en la que se realiza el desplazamiento, se utilizó un GLMM con “individuo” como factor aleatorio, y el log de la distancia como variable respuesta ajustado a una distribución normal.

También se utilizó un GLMM con “individuo” como factor aleatorio para testar las diferencias en el tamaño del área de campeo (distribución normal) entre sexos

Para evaluar cómo varía el área utilizada a lo largo del periodo reproductor se utilizó un GAMM con el tamaño del área utilizada cada semana (ajustada a una distribución binomial negativa) como variable respuesta, e “individuo” y “individuo*año” como variables aleatorias. Se calculó el valor de theta a utilizar según el resultado de un GAM con la misma estructura de efectos fijos. También se utilizaron GAMMs con la misma estructura de efectos aleatorios para evaluar si el porcentaje de hábitats agrícolas o hábitats en mosaico variaba con la semana, ajustando en este caso una distribución normal.

En el capítulo de **invernada**, para evaluar si la duración de la ocupación de cada residencia varía en función del orden de utilización de las mismas, se realizó

un GLMM con “individuo” e “individuo*año” como factores aleatorios, y una distribución poisson.

Para evaluar si la distancia entre residencias sucesivas varía entre sexos o en relación a la fecha en la que se realiza el desplazamiento, se utilizó un GLMM con “individuo” como factor aleatorio, y el log de la distancia como variable respuesta ajustado a una distribución normal.

Para evaluar cómo varía la localización de las residencias utilizadas a lo largo del periodo invernal se utilizó un GAMM con la latitud del centroide de la residencia (ajustada a una distribución normal) como variable respuesta, e “individuo” y “individuo*año” como variables aleatorias.

Finalmente, se utilizaron GLMMs con “individuo” como factor aleatorio para testar las diferencias en el tamaño del área de campeo (distribución normal) entre sexos y en relación al orden de utilización durante el invierno, y entre sexos y fases vitales (invernada o reproducción).

En todos los casos, se presentan los resultados de ANOVA tipo 3 de los modelos GLMM, así como resultados gráficos de los resultados obtenidos en el modelo. En el caso de GAMMs, sólo se presentan los resultados gráficos. Asimismo, en los resultados descriptivos de forma general se muestra la media y la desviación estándar.





04

PATRONES MIGRATORIOS DEL AGUILUCHO CENIZO

Beatriz Arroyo, Sara Puche y Mario Fernández-Tizón

Como muchas otras aves, el aguilucho cenizo abandona las zonas de reproducción antes de la llegada del invierno, para viajar hasta el África subsahariana (Cramp & Simmons 1984). Aunque el anillamiento científico, el marcaje con dispositivos de lectura a distancia y las observaciones en campo en zonas de concentración de individuos (como Gibraltar) ya permitieron evaluar algunas cosas sobre su comportamiento migratorio, como la fenología de la migración, las zonas principales de invernada o la suposición de una migración parcialmente circular (Bernis 1980, Finlayson 1992, García & Arroyo 1998, Panuccio *et al.* 2005, Panuccio & Agostini 2006), fue sobre todo cuando empezó a disponerse de emisores satelitarios cuando empezó a comprenderse mejor el comportamiento migratorio de esta especie. Por ejemplo, 10 individuos marcados en Castellón en 2006 con emisores ARGOS permitieron obtener un mayor conocimiento acerca de la migración post-nupcial de la especie, incluyendo información de la distancia total recorrida y las velocidades diarias (Limiñana *et al.* 2007), y las primeras 2 hembras marcadas en Holanda indicaron la existencia de una división migratoria de los individuos que crían en esa zona, pudiendo migrar vía la península ibérica o hacia el este, a través de Italia (Trierweiler *et al.* 2007). Posteriormente, un gran esfuerzo de marcaje de un equipo holandés en varias poblaciones europeas (desde Francia a Bielorrusia) ha permitido evaluar la variabilidad en las rutas migratorias entre distintas poblaciones. Así, los aguiluchos que crían al oeste de Europa, incluyendo Francia, migran a través de la península ibérica, mientras que los del centro de Europa migrarían a través de Italia y los que crían más al este

de Alemania a través de Grecia. Estos marcajes han aportado además gran información sobre las velocidades de migración, la influencia del viento en las rutas utilizadas, y destacado que este periodo representa un momento de importante mortalidad para la especie (Trierweiler *et al.* 2013, Klaassen *et al.* 2014, Schlaich & Klaassen 2021).

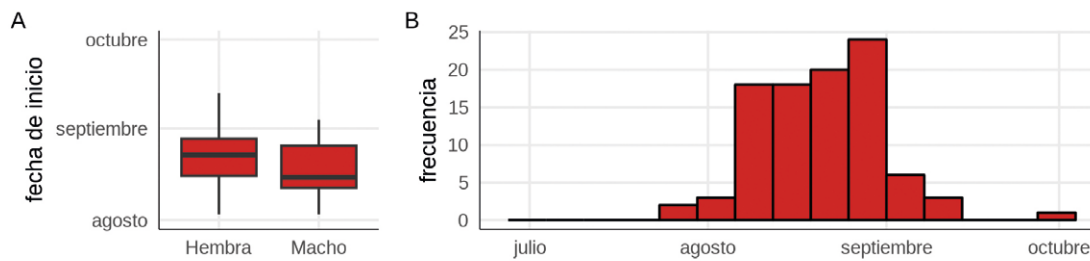
No obstante, información para la población reproductora en España había sido, hasta la fecha, relativamente escasa, con la excepción de la aportada por el estudio realizado en Castellón mencionado anteriormente. En el periodo 2013-2022 se obtuvieron datos de 54 individuos de aguilucho cenizo (23 machos y 27 hembras adultas, 2 hembras subadultas y 2 juveniles) que han proporcionado información de 149 viajes migratorios (95 post-nupciales y 54 prenupciales). Algunos individuos no completaron las rutas migratorias mientras que de otros se obtuvieron datos de hasta cinco años consecutivos. Concretamente, para la migración post-nupcial del aguilucho cenizo se contaba con información de 78 migraciones completas y 17 parciales, y para la migración prenupcial se contaba con información de 51 migraciones completas y 3 parciales.

A continuación, se describen, a partir de estos datos, las rutas migratorias, la fenología y los patrones de movimiento de los aguiluchos cenizos reproductores en España durante la migración post-nupcial y prenupcial, las diferencias entre ambas, así como las posibles diferencias entre machos y hembras, o entre juveniles y adultos.

PARÁMETROS MIGRATORIOS: FENOLOGÍA, DURACIÓN Y DISTANCIAS RECORRIDAS

La **fecha** media de inicio de la migración post-nupcial en España es el 20 de agosto (± 10.5 días, $n=95$), aunque la variabilidad es alta y abarca dos meses (Fig. 3), desde el 28 de julio al 29 de septiembre (este último dato se corresponde a uno de los dos jóvenes marcados). El inicio de la migración post-nupcial no varía de forma significativa entre sexos, ni con la latitud de origen de la migración (GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.48$, $P=0.49$ y $\text{Chi}^2_1=0.32$, $P=0.85$ respectivamente).

migración postnupcial



migración prenupcial

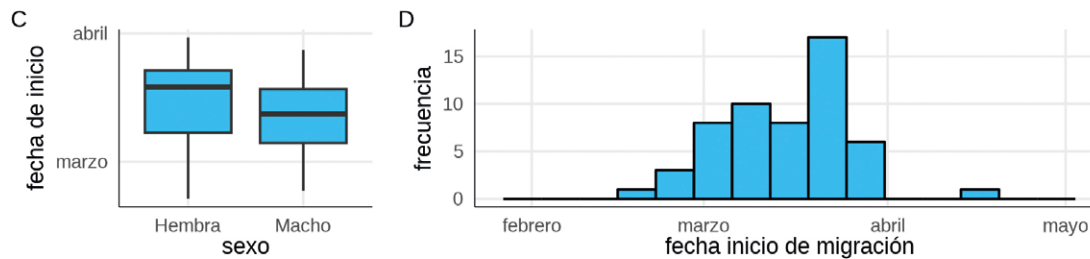


Figura 3. Distribución de frecuencias de fechas de inicio (B, D) y su variación entre sexos (A, C) de la migración post-nupcial (arriba, $n=95$) y prenupcial (abajo, $n=54$).

Figure 3. Frequency distribution of onset dates (B, D) and their variation between sexes (A, C) of post-nuptial (top, $n=95$) and prenuptial (bottom, $n=54$) migration.

La fecha media de salida de las áreas de invernada es el 15 de marzo ± 10.6 días ($n=54$), aunque la variabilidad entre individuos/trayectos es también grande (Fig. 3), abarcando un rango temporal entre el 21 de febrero al 18 de abril. Este último dato es del único joven marcado. Entre los adultos, la fecha de salida más tardía observada fue del 1 de abril. Estas fechas son casi dos semanas más tempranas que las observadas para individuos reproductores en zonas del centro-norte de Europa (finales de marzo, Trierweiler *et al.* 2014). Se observa una ligera tendencia a que los machos salgan de las zonas de invernada más temprano que las hembras (Fig. 3) aunque, como en el caso de la migración post-nupcial, el inicio de la migración prenupcial no varía de forma significativa entre sexos, ni con la latitud de salida (GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.62$, $P=0.43$ y $\text{Chi}^2_1=0.80$, $P=0.36$ respectivamente).

Los aguiluchos recorren de media una **distancia lineal diaria** de 255.63 ± 41.8 km ($n=78$) en la migración post-nupcial, y de 239.0 ± 53.1 km ($n=51$) en la migración prenupcial. Comparando la distancia lineal y la real recorridas diariamente, se observa que el índice de linealidad es bastante elevado tanto en la migración postnupcial (0.92 ± 0.06) como en la prenupcial (0.92 ± 0.02), lo que indica que los desplazamientos migratorios diarios tienden a ser lineales.

Considerando las 78 migraciones post-nupciales completas, la **distancia total recorrida** por los aguiluchos hasta llegar a la zona de invernada fue de 3148 ± 351 km, sin diferencias significativas entre individuos de distinto sexo (GLMM, $\text{Chi}^2_1=1.58$, $P=0.20$), pero sí en relación a la latitud desde la que inician la migración, con distancias más largas si salen de localidades más septentrionales en la Península (GLMM, $\text{Chi}^2_1=71.89$, $P<0.001$). Esto tiene sentido porque globalmente la latitud de las zonas de invernada es semejante para todos los individuos (ver capítulo 4.2), por lo que los individuos que se reproducen más al norte tienen, por tanto, más distancia que recorrer hasta llegar a dichas zonas. El índice de linealidad global (es decir, el calculado para toda la ruta migratoria) de la migración post-nupcial es menor que el de los trayectos diarios, pero es globalmente también muy elevado (0.83 ± 0.12). La distancia total recorrida por los individuos en la migración prenupcial fue de 3564 ± 474 km ($n=51$), una distancia significativamente mayor que la recorrida en la migración post-nupcial ($\text{Chi}^2_1=50.75$, $P<0.001$). Esta diferencia se debe a que la latitud de inicio de la migración prenupcial es en general menor (más meridional) que la de finalización de la migración post-nupcial (ver apartado 6, Comportamiento espacial durante la invernada), y no a que el recorrido sea menos directo: el índice de linealidad global de la migración prenupcial es 0.83 ± 0.08 . La distancia media recorrida

tanto durante la migración post-nupcial como la prenupcial reportada en los individuos monitorizados en este trabajo es casi 600 km mayor que la reportada para los individuos marcados en Castellón (Limiñana *et al.* 2012a), reflejando la mayor diversidad de lugares de reproducción de los individuos de este trabajo, y probablemente también la mayor precisión de la información obtenida con los emisores GPS.

La **duración promedio** de la **migración post-nupcial** fue de 14 ± 5.1 días ($n=78$, rango 7 – 33 días). De los dos jóvenes marcados, sólo uno (el que había salido de la Península a finales de septiembre) completó la migración post-nupcial, y lo hizo en tan sólo 9 días (lo que no indica que migren más despacio que los adultos). La duración promedio de la **migración prenupcial** fue de 25 ± 9.7 días ($n=51$), con un rango de entre 10 y 46 días, a excepción de un macho adulto que tardó 60 días en completar la migración. Esta prolongada duración fue debida a una parada de 44 días a unos 400 km al norte de su zona de invernada, donde intentó dos veces continuar sin éxito su migración hacia el norte teniendo que volver hacia atrás en ambas situaciones 4 y 11 días después de comenzar. Concretamente, este individuo salió de su área de invernada en el suroeste de Senegal el 9 de marzo, se desplazó unos 430 km hacia el norte y permaneció unos 6 días cerca de la frontera norte entre Senegal y Mauritania. El 19 de marzo intentó continuar su viaje, pero volvió a la misma zona 4 días después. El 27 de marzo volvió a salir hacia el norte realizando un recorrido más largo que el anterior hasta el norte de Mauritania, pero volvió a dar la vuelta hasta la zona inicial 11 días después. Finalmente retomó la migración el 16 de abril, consiguiendo en este momento llegar hasta la zona de reproducción. Es posible que estos dos intentos infructuosos de atravesar el Sahara se debieran a condiciones meteorológicas adversas, o bien a mala condición física. En cualquier caso, e incluso sin este ejemplo extremo, se aprecia que la migración prenupcial es significativamente más larga que la migración post-nupcial (GLMM, $\text{Chi}^2_1=79.11$, $P<0.001$). Este resultado se debe en parte a que, como se ha indicado antes, la distancia recorrida es mayor y la velocidad de vuelta a las zonas de cría es menor que la de las migraciones post-nupciales (GLMM, $\text{Chi}^2_1=7.47$, $P<0.006$). Además, esta diferencia en parte se debe al mayor número de paradas migratorias en los trayectos prenupciales que en los post-nupciales (ver detalles más abajo). Entre los individuos adultos, la duración de la migración post-nupcial no varía entre sexos, pero sí en función de la fecha de inicio de la misma, la latitud de partida, el número de paradas migratorias y el índice de linealidad de los trayectos diarios: la migración post-nupcial dura más si se sale pronto, si se sale de más al norte

y si ocurren paradas migratorias, y dura menos si los recorridos diarios son más directos (Fig. 4; GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.84$, $P=0.35$; $\text{Chi}^2_1=6.17$, $P=0.01$; $\text{Chi}^2_1=20.01$, $P<0.0001$; $\text{Chi}^2_1=50.28$, $P<0.0001$ y $\text{Chi}^2_1=7.27$, $P=0.006$ respectivamente para sexo, fecha de salida, latitud de salida, paradas y linealidad). La mayor duración de los trayectos migratorios que se inician más al norte, asociada a la mayor distancia global que deben recorrer esos individuos (puesto que las zonas de invernada son semejantes, ver capítulo 4.3), explica también que la duración de la migración de individuos reproductores al norte de Europa sea de casi el doble que lo observado para los individuos españoles (Trierweiler *et al.* 2014).

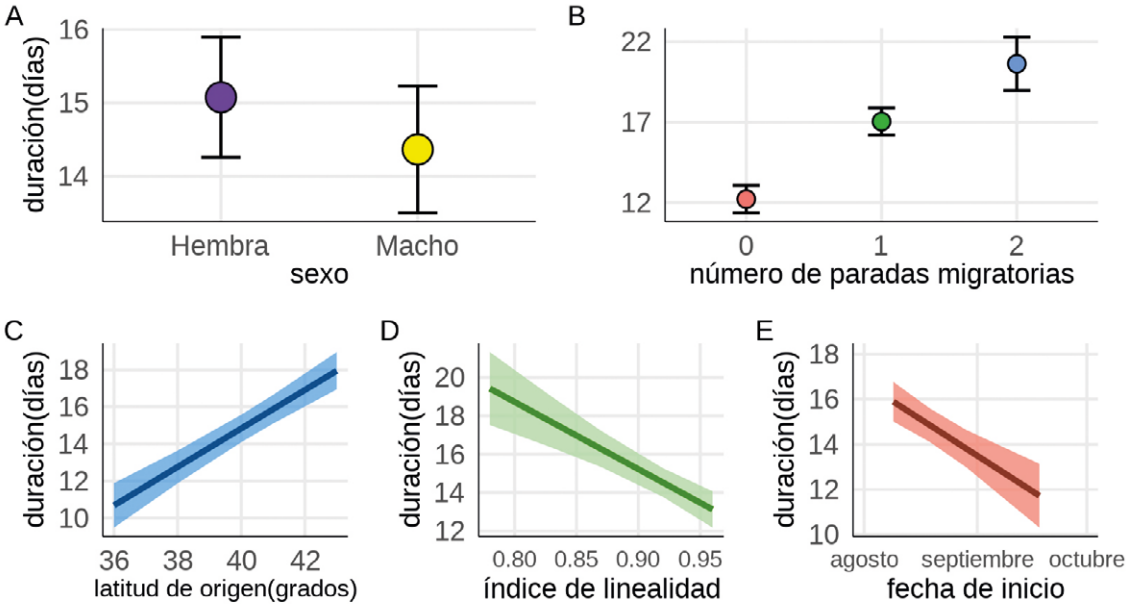


Figura 4. Duración de la migración post-nupcial (días) en relación al sexo (A), el número de paradas migratorias (B), la latitud del punto de origen (C), el índice de linealidad de los trayectos diarios (a mayor valor, más recta es la trayectoria, D) y el día de inicio (E). Valores medios (\pm error estándar) predichos según un Modelo Lineal Generalizado Mixto (ver texto), que utiliza sólo información de migraciones completas ($n=78$).

Figure 4. Post-nuptial migration duration (days) in relation to sex (A), number of stopovers (B), latitude of point of origin (C), linearity index of daily paths (the higher the value, the straighter the trajectory, D) and onset date (E). Mean values (\pm standard error) predicted according to a Generalised Linear Mixed Model (see text), using only information from complete migrations ($n=78$).

En la migración prenupcial no se observaron diferencias en la duración entre sexos, en relación al índice de linealidad de los trayectos diarios, ni a la latitud de origen, pero sí en relación a la fecha de salida y al número de paradas migratorias: la migración dura más si se sale pronto y se realizan más paradas (Fig. 5; GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 0.72$, $P = 0.39$; $\text{Chi}^2_1 = 0.91$, $P = 0.33$; $\text{Chi}^2_1 = 2.04$, $P = 0.15$; $\text{Chi}^2_1 = 47.8$, $P < 0.0001$ y $\text{Chi}^2_2 = 16.77$, $P = 0.001$ respectivamente para sexo, linealidad, latitud de origen, fecha de salida y paradas).

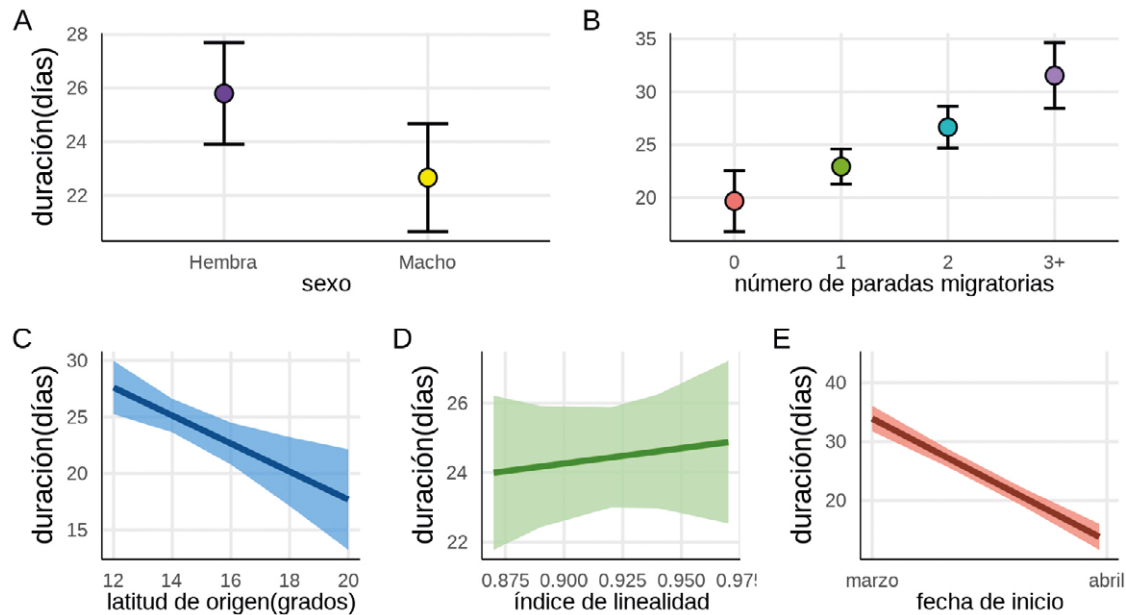


Figura 5. Duración de la migración prenupcial (días) en relación al sexo (A), el número de paradas migratorias (B), la latitud del punto de origen (C), el índice de linealidad de los trayectos diarios (a mayor valor, más recta es la trayectoria, D) y el día de inicio (E). Valores medios (\pm error estándar) predichos según un Modelo Lineal Generalizado Mixto (ver texto), que utiliza sólo información de migraciones completas ($n = 51$).

Figure 5. Post-nuptial migration duration (days) in relation to sex (A), number of stopovers (B), latitude of point of origin (C), linearity index of daily paths (the higher the value, the straighter the trajectory, D) and onset date (E). Mean values (\pm standard error) predicted according to a Generalised Linear Mixed Model (see text), using only information from complete migrations ($n = 51$).

RUTAS MIGRATORIAS

Globalmente, los aguiluchos reproductores en España cruzan a África a través del estrecho de Gibraltar, donde se concentran muchos de los trayectos migratorios (Fig. 6, Fig. 7). No obstante, es una especie que, al no ser estrictamente planeadora, puede atravesar grandes extensiones de mar, y de hecho se observa que el frente total de migración es relativamente amplio, con trayectorias que ocurren a ambos lados del estrecho, atravesando franjas de mar de que llegan a tener más de 500 km (Fig. 6). Si consideramos “paso a través del estrecho” como aquellas rutas que tuvieron salida y llegada en la franja contenida entre el cabo de Trafalgar y el faro de Gibraltar para la costa europea, y entre el cabo Spartel y el castillo de Santa Catalina para la costa africana, se aprecia que la proporción que pasa fuera del estrecho es mayor en la migración post-nupcial (52%) que en la prenupcial (42%). Una vez en África, el frente de migración es mucho más amplio (Fig. 6), como se aprecia también observando que la distribución de frecuencias de distancias entre trayectorias es mucho más abierta en las longitudes correspondientes a ese continente (Fig. 7).

De forma general, las rutas migratorias se encuentran en el rango oriental de las descritas para individuos marcados en el resto de Europa e incluyen las descritas para individuos marcados en Francia y en algunos de los marcados en Holanda, pero están más al oeste que las descritas para individuos marcados en Alemania Oriental o en Polonia o Bielorusia (Trierweiler & Koks 2004, Trierweiler *et al.* 2013), lo que confirma cierta conectividad migratoria a gran escala para la especie.

Los viajes de vuelta a la Península se realizan, de media, 1.5 grados más hacia el oeste que las correspondientes post-migratorias (GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 30.57$, $P < 0.0001$; Fig. 8). Esto coincide con lo descrito por Limiñana *et al.* (2012, 2013), y está causado principalmente por los vientos dominantes del este sobre el desierto del Sáhara en ese momento (Limiñana 2012), pero también por el hecho de que los aguiluchos se desplazan hacia el oeste durante su periodo de invernada (ver capítulo 4.3), por lo que el punto de partida inicial está ya situado más al oeste. No obstante, hubo individuos que no siguieron este patrón general, como se observa en la Figura 9, donde el punto de partida de la migración prenupcial era mucho más al este que el de llegada, asociado con movimientos de oeste a este durante la invernada. También se aprecia en la Figura 7 que las rutas prenupciales tienen una mayor variabilidad en la longitud que las post-nupciales, lo cual se asocia con las distintas estrategias individuales de movimiento durante la invernada (ver capítulo 4.3).

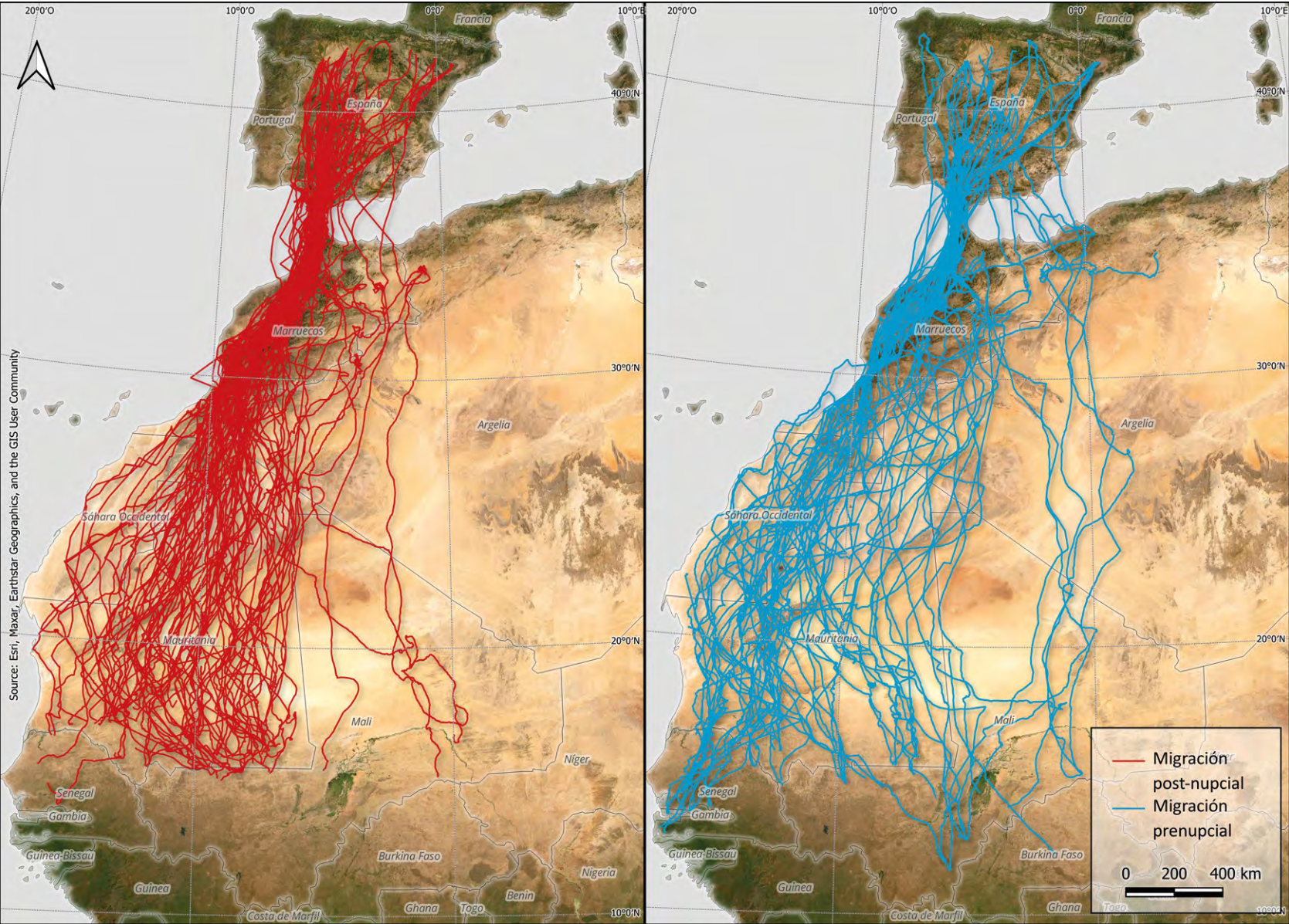


Figura 6. Recorridos migratorios post-nupciales (n=95) de 54 individuos (izquierda) y prenupciales (n=54) de 29 individuos (derecha).

Figure 6. Post-nuptial (n=95) migration trajectories of 54 individuals (left) and prenuptial (n=54) migration trajectories of 29 individuals (right).

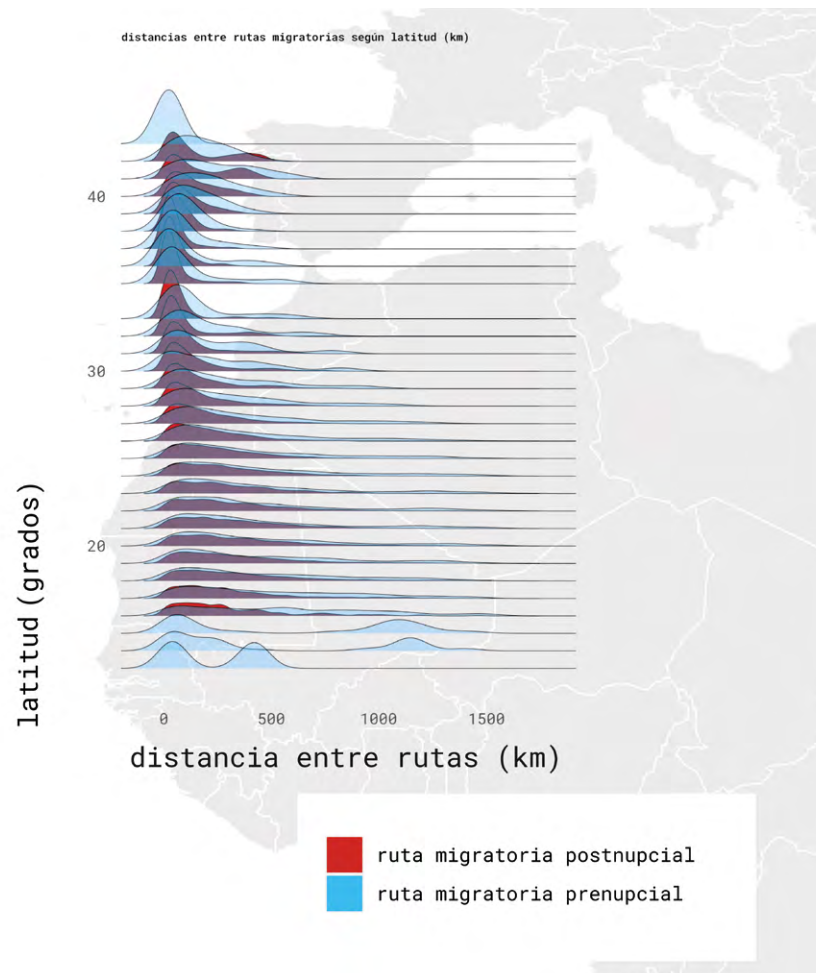


Figura 7. Distribución de frecuencias de las distancias entre trayectorias (en km) en la intersección de cada una de ellas y los paralelos de latitud 0 - 45° N (cada 1°). Se muestra un mapa de fondo para la mejor interpretación de las latitudes.

Figure 7. Frequency distribution of the distances between trajectories (in km) at the intersection of each trajectory and the parallels of latitude 0 - 45° N (every 1°). A background map is shown for better interpretation of the latitudes.

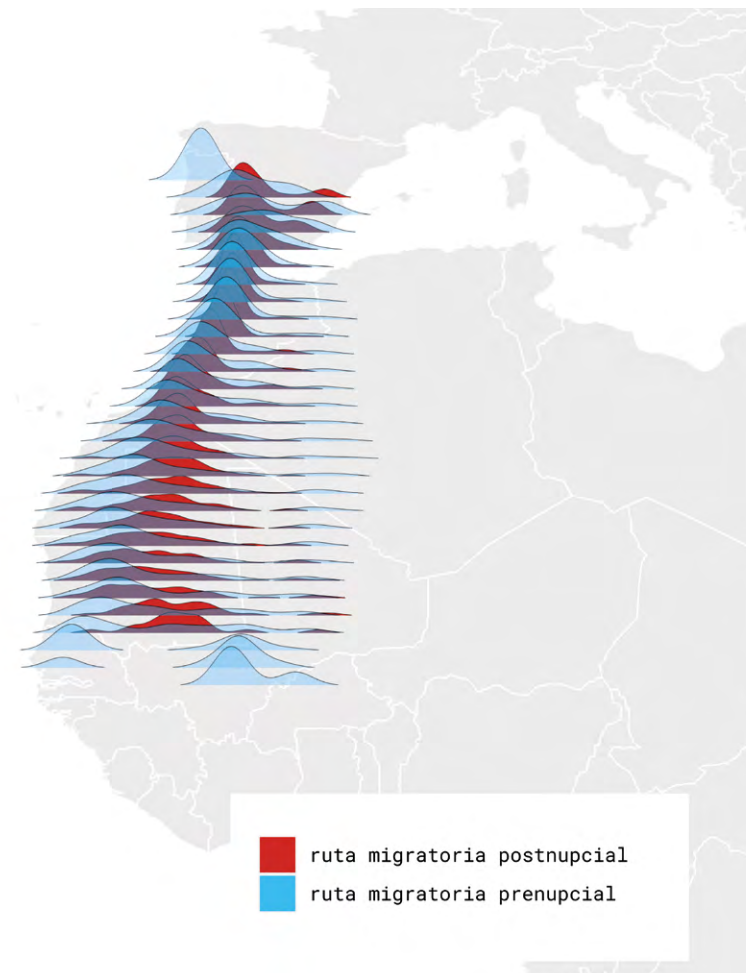


Figura 8. Distribución de frecuencias de las longitudes de cada trayectoria en la intersección de cada una de ellas y los paralelos de latitud 0 - 45° N (cada 1°). Se muestra un mapa de fondo para la mejor interpretación de las localizaciones.

Figure 8. Frequency distribution of the longitudes of each trajectory at the intersection of each trajectory and the parallels of latitude 0 - 45° N (every 1°). A background map is shown for better interpretation of the locations.

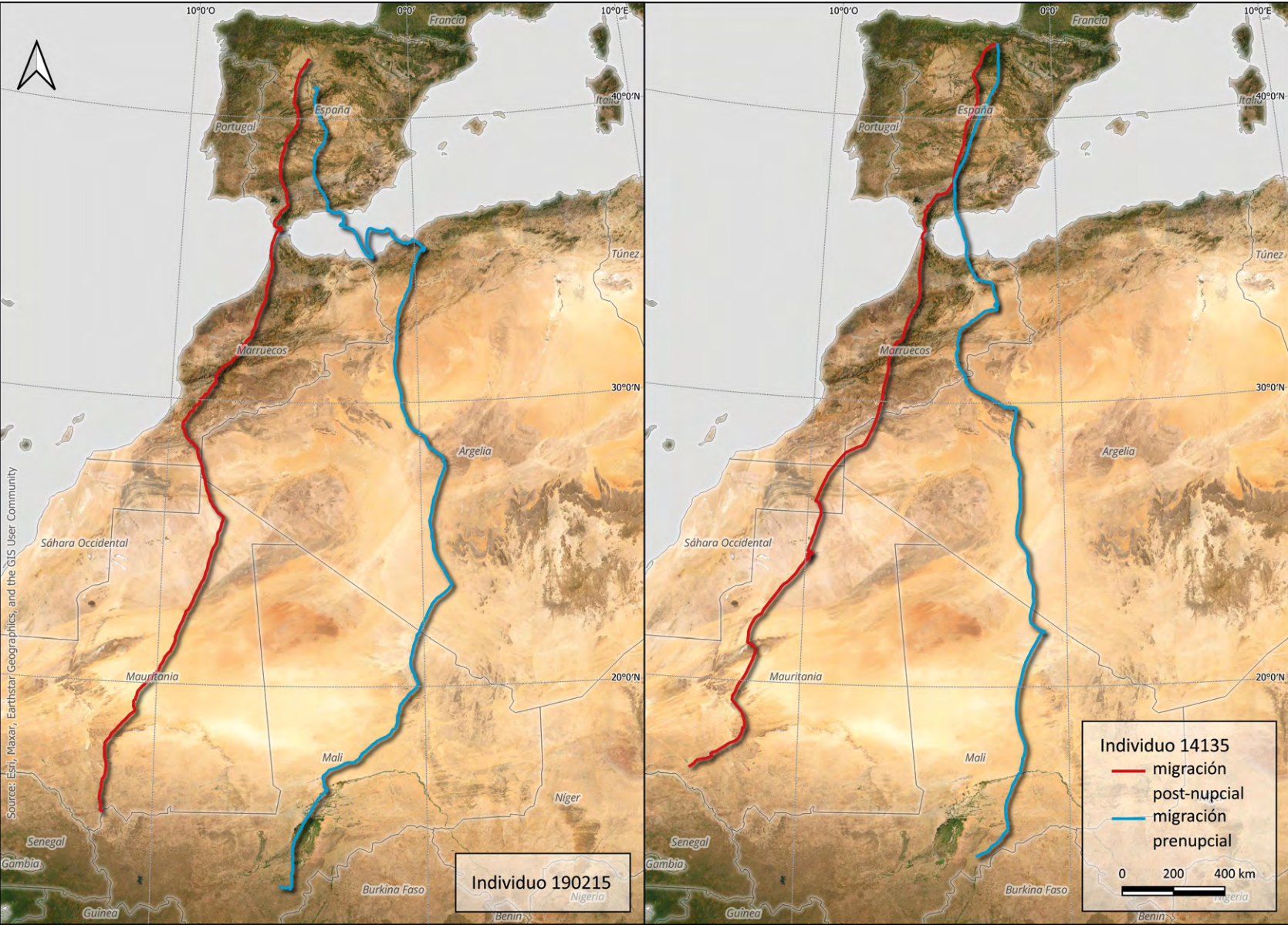


Figura 9. Rutas migratorias post-nupciales y prenupciales para dos individuos en los que la ruta prenupcial era más oriental que la post-nupcial, al hacer un recorrido hacia el este durante la invernada. Este patrón contrasta con el patrón general observado, donde la migración sigue un recorrido en sentido horario, con la ruta prenupcial ubicada más al oeste que la post-nupcial.

Figure 9. Post-nuptial and prenuptial migration routes for two individuals in which the prenuptial route was more easterly than the post-nuptial one, as they made an easterly course during wintering. This pattern contrasts with the general pattern observed, where migration follows a clockwise path, with the prenuptial route located further west than the post-nuptial.

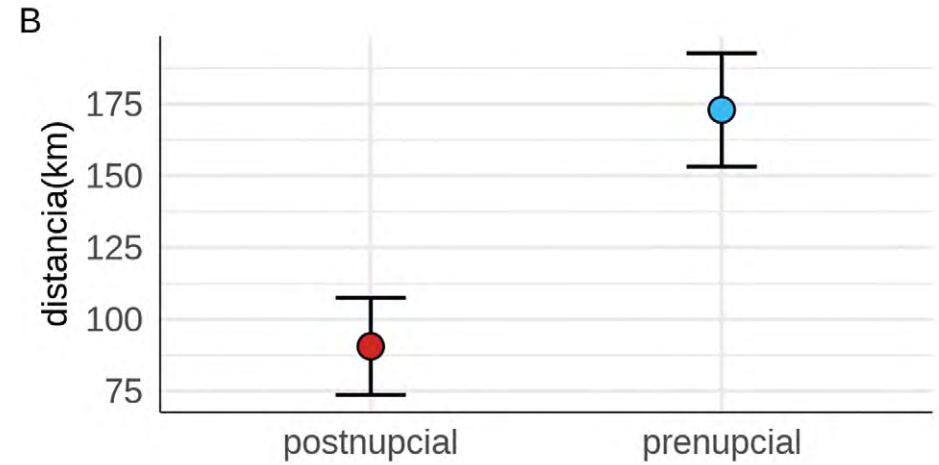
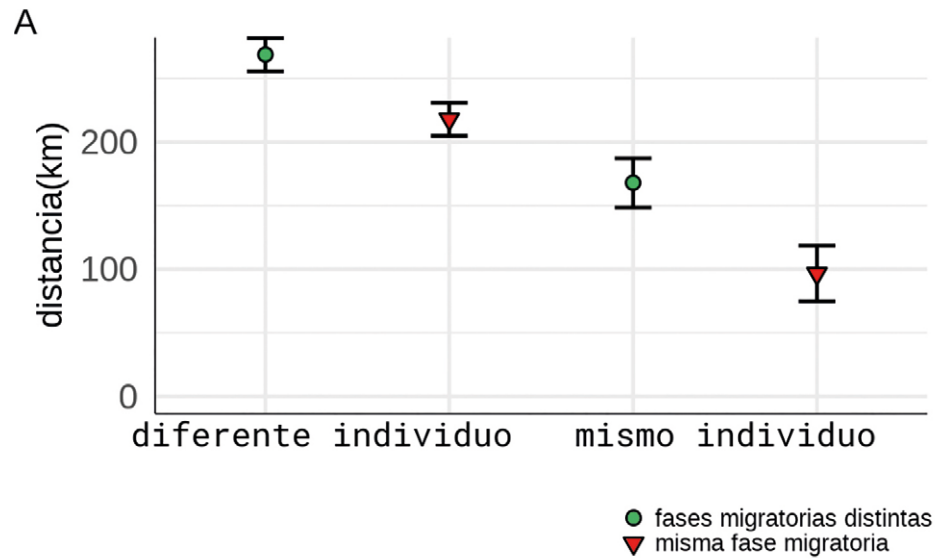
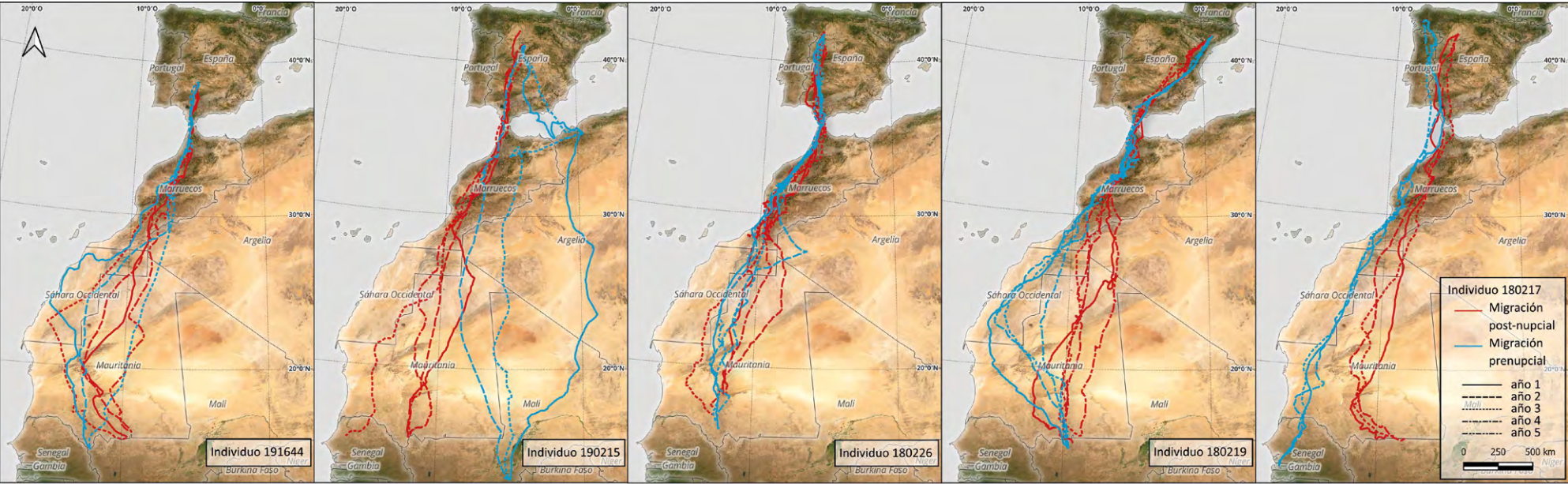


Figura 10. A: distancias longitudinales entre trayectorias de las rutas migratorias, según sean del mismo individuo o de individuos distintos, y si son de la misma fase migratoria (es decir, comparando sólo las prenupciales entre ellas y las post-nupciales entre ellas) o de distinta fase (comparando las pre- con las post-nupciales). **B:** distancias longitudinales entre trayectorias de las rutas migratorias del mismo individuo y la misma fase, en función de si la misma es pre- o postnupcial.

Figure 10. A: Longitudinal distances between trajectories of migratory paths, depending on whether they are from the same individual or from different individuals, and whether they are from the same migratory phase (i.e. comparing only the pre- and post-nuptial ones with each other) or from different phases (comparing the pre- and post-nuptial ones with each other). **B:** Longitudinal distances between trajectories of migratory paths of the same individual and the same phase, depending on whether it is pre- or post-nuptial.





Para los individuos de los que se tienen datos de varios años, se observa una cierta constancia en las rutas migratorias utilizadas en años distintos: la distancia longitudinal entre las trayectorias de un mismo individuo y en la misma fase migratoria es significativamente más baja que las distancias longitudinales entre las rutas de distintos individuos, o las de un mismo individuo en distintas fases (GLMM, Chi23=268, P < 0.0001, Fig. 10A). En cualquier caso, esta variabilidad es mayor en las rutas de salida de las áreas de invernada dentro de África que en las de llegada desde la Península, ya que las distancias longitudinales entre trayectorias prenupciales de un mismo individuo en años distintos son casi 100 km mayores que las distancias longitudinales entre sus trayectorias post-nupciales (GLMM, Chi23=22.62, P < 0.0001, Fig. 10B y Fig. 11 para ejemplos).

Figura 11. Ejemplos de trayectos post-nupciales (rojo) y prenupciales (azul) de un mismo individuo en años consecutivos. Individuo 191644 (macho adulto), trayectos migratorios utilizados durante cuatro años (sólo tres migraciones prenupciales): se aprecia poca repetibilidad en las rutas utilizadas, sobre todo en los trayectos prenupciales. Individuo 190215 (hembra adulta), trayectos migratorios utilizados durante 3 años; se aprecia una migración prenupcial más oriental que la postnupcial, y globalmente poca repetibilidad en las rutas utilizadas. Individuo 180226 (hembra adulta), trayectos migratorios en 4 años; se aprecia una gran fidelidad a las rutas migratorias, excepto uno de los años. Individuo 180219 (hembra adulta), trayectos migratorios utilizados en 4 años; se aprecia una mayor fidelidad en las rutas prenupciales (más occidentales), que en las utilizadas en la migración post-nupcial para atravesar el Sahara. Individuo 180217 (hembra adulta), trayectos migratorios utilizados durante 3 años; se observa gran fidelidad en las rutas utilizadas tanto en la migración pre como post-nupcial.

Figure 11. Examples of post-nuptial (red) and prenuptial (blue) routes of the same individual in consecutive years. Individual 191644 (adult male), migration routes used during four years (only three prenuptial migrations): little repeatability in the routes used, especially in the prenuptial routes. Individual 190215 (adult female), migration routes used for 3 years; prenuptial migration is more easterly than postnuptial migration, and overall little repeatability in the routes used. Individual 180226 (adult female), migratory routes used over 4 years; high fidelity to migration routes, except for one year. Individual 180219 (adult female), migratory routes used in 4 years; greater fidelity to prenuptial routes (more westerly) than to those used in post-nuptial migration across the Sahara. Individual 180217 (adult female), migratory routes used over 3 years; high fidelity is observed in the routes used in both pre- and post-nuptial migration.



PARADAS MIGRATORIAS

El 52% de los **trayectos migratorios post-nupciales** completos monitorizados ($n=75$) se realizaron de un tirón, sin paradas, pero en el 48% de los casos se realizó una ($n=31$) o incluso 2 ($n=5$) paradas migratorias, con una duración comprendida entre los 2 y 20 días, siendo la media de 6 ± 4.5 días ($n=41$). De los 47 individuos monitorizados, el 48% (14 hembras y 10 machos) realizó alguna parada migratoria en una de sus migraciones. Estas paradas migratorias se realizaron entre 1 y 16 días después de iniciar la migración (media 6 ± 3 días). La primera parada migratoria se realizó en España en 6 casos, y en el norte de África en el resto, concretamente en Marruecos ($n=18$), Argelia ($n=3$) o Mauritania ($n=9$). Las segundas paradas, si existían, se realizaron en Marruecos ($n=4$) o Mauritania ($n=1$).

Aparte de estas paradas más duraderas, en el 44% de las migraciones se realizó una pausa migratoria con duración inferior a 2 días, normalmente $10 \pm$ días después de iniciar la migración. Estas pausas se realizaron en España ($n=2$), Marruecos ($n=7$) y en Mauritania ($n=10$). Globalmente, se aprecia la importancia de Marruecos como sitio prevalente de las paradas y pausas migratorias en las migraciones post-nupciales (Fig. 12).

La probabilidad de realizar paradas migratorias en las rutas post-nupciales no varía significativamente ni con el sexo, ni con la latitud del inicio de la migración, ni con la distancia total de la migración (GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.16$, $P=0.68$; $\text{Chi}^2_1=0.71$, $P=0.39$ y $\text{Chi}^2_1=0.14$, $P=0.70$ respectivamente), pero sí hay una tendencia a que varíe con la fecha de salida (GLMM, $\text{Chi}^2_1=3.10$, $P=0.078$), siendo más alta para los individuos que inician antes la migración.

En cuanto a la duración de la parada, no está influida por la fecha (con respecto al inicio de la migración) en que se realiza, pero sí hay una tendencia a que sean más cortas en los machos que en las hembras, y son más largas las realizadas en Marruecos o Argelia que las realizadas en España o Mauritania (GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.02$, $P=0.89$; $\text{Chi}^2_1=2.78$, $P=0.09$ y $\text{Chi}^2_{23}=7.99$, $P=0.04$ respectivamente, Fig. 13). Para los 15 individuos de los que había información de migraciones completas en varios años, se observó que 9 de ellos mantenían los mismos patrones entre años (o realizaban paradas migratorias todos los años o ninguno), mientras que en los otros 6 los variaban entre años.

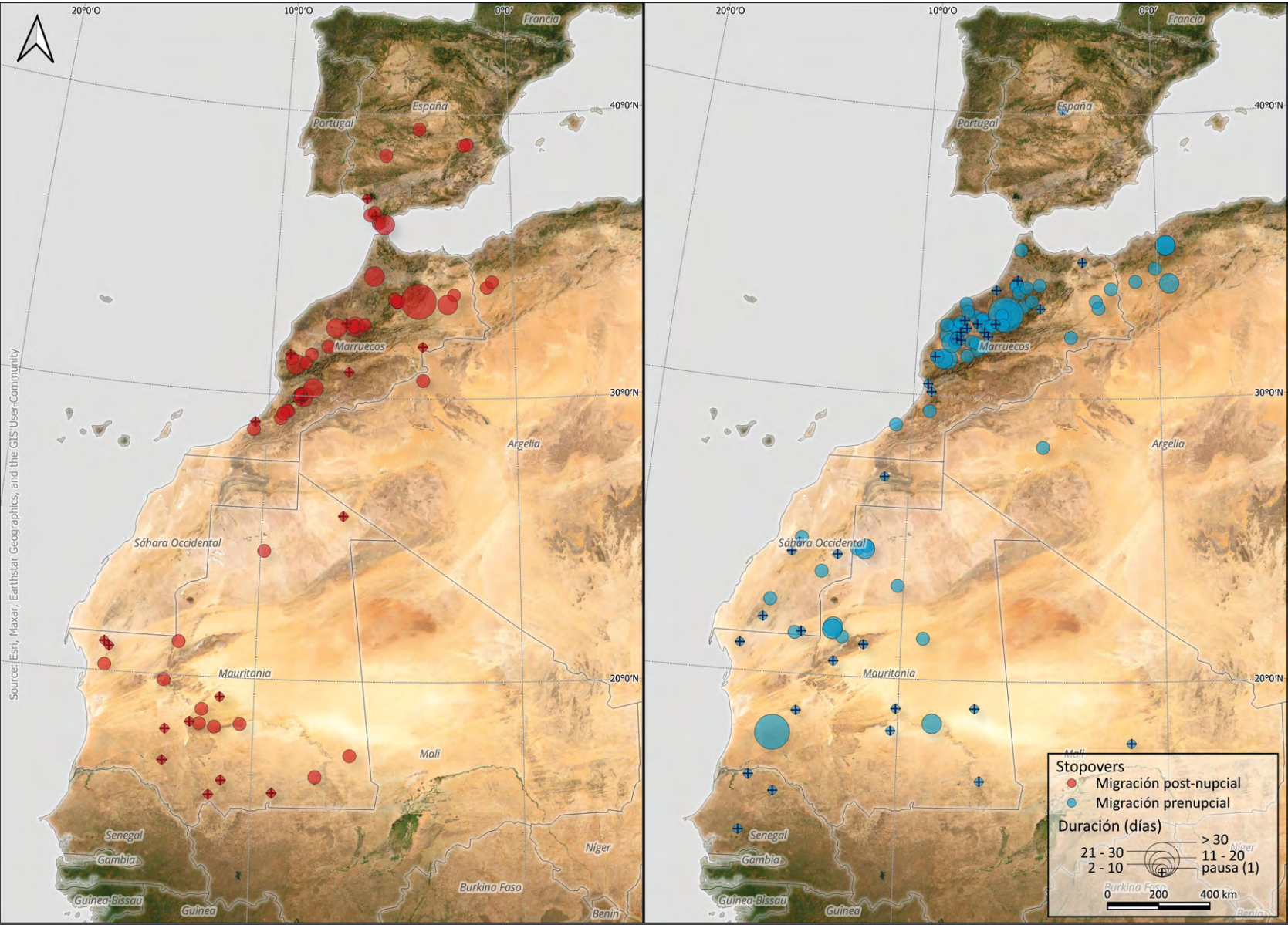


Figura 12. Localización de las paradas y pausas migratorias realizadas en la migración post-nupcial (izquierda, rojo) y prenupcial (derecha, azul). Los círculos marcan el lugar de las paradas con diferentes tamaños según la duración y los círculos con una cruz marcan las pausas (paradas de duración inferior a 2 días)

Figure 12. Location of stopovers and migratory pauses during post-nuptial (left, red) and prenuptial (right, blue) migration. The circles mark the location of stopovers with different sizes depending on the duration and the circles with a cross mark the migratory pauses (stopovers lasting less than 2 days).

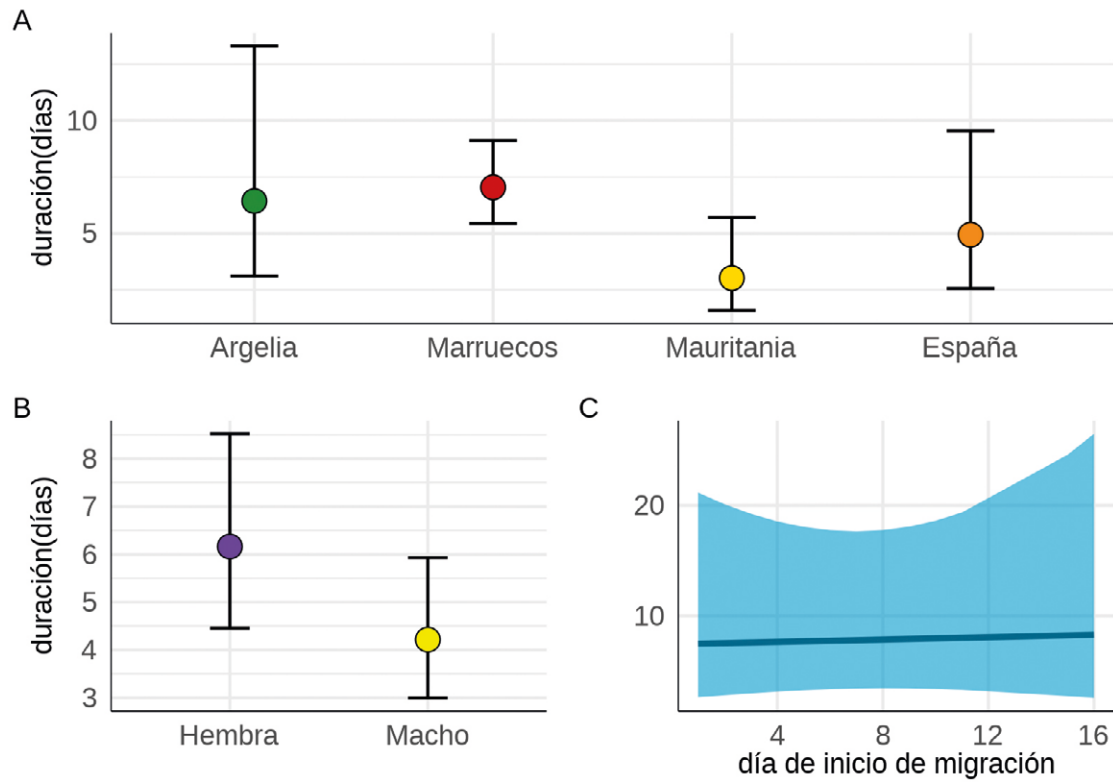


Figura 13. Duración (días) de las paradas migratorias realizadas durante la migración post-nupcial en relación al país en que se realiza (A), el sexo del individuo (B) y el momento en el que se realiza la parada en relación al inicio de la migración (C). Se muestran los valores predichos junto con sus intervalos de confianza al 95%.

Figure 13. Duration (days) of migratory stopovers during post-nuptial migration in relation to country where it occurs (A), sex of individual (B) and the moment when the stopover starts relative to the start of migration (C). Predicted values are shown together with their 95% confidence intervals.



© Tatavasco

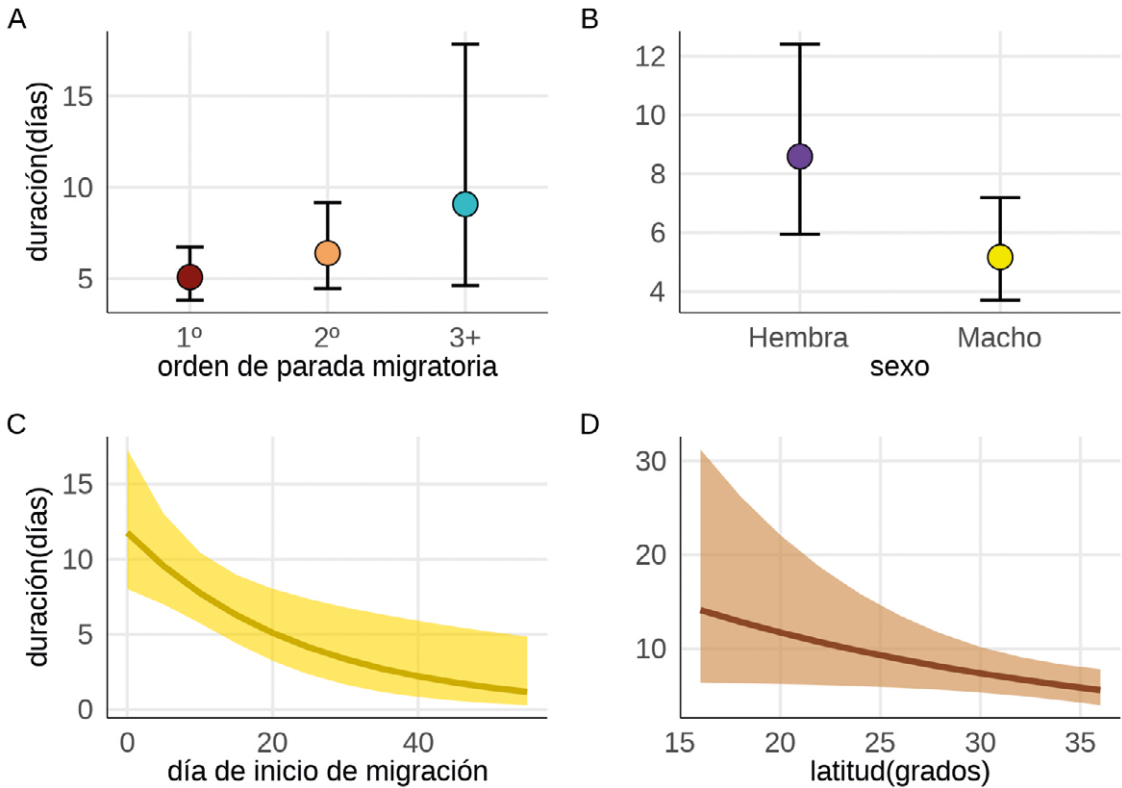


Figura 14. Duración modelizada de las paradas migratorias (días) realizadas durante las migraciones prenupciales en relación al orden de la parada (si es la primera realizada, la segunda, o alguna más tardía) (A), el sexo (B), momento en el que se realiza la parada en relación al inicio de la migración (C) y la latitud del lugar de parada (D).

Figure 14. Predicted duration of migratory stopovers (days) made during prenuptial migrations in relation to the order of occurrence (whether it is the first, second or later stopover) (A), sex (B), moment when the stopover occurs in relation to the start of migration (C) and latitude of the stopover site (D).

En las **rutas prenupciales**, las paradas migratorias son más frecuentes. De hecho, de las 49 migraciones prenupciales completas, en 44 (89.7%) se detectó al menos una parada migratoria. De los 27 individuos monitorizados en este periodo, todos salvo 2 realizaron alguna parada migratoria en alguna de sus migraciones.

En 26 trayectos migratorios (el 59%) se realizó sólo una parada migratoria, pero en 13 (29%) se realizaron dos paradas, y en 5 (11%) tres paradas. Como en el caso de las paradas migratorias realizadas durante las migraciones post-nupciales, las paradas en las migraciones prenupciales se realizaron de forma predominante en Marruecos (n=50), aunque también en Mauritania (n=9), Argelia (n=5) y Sahara Occidental (n=4) (Fig. 12). Asimismo, en más de la mitad de las migraciones prenupciales (n=25) se realizaron entre una y 3 pausas migratorias, en Mali (n=1), Senegal (n=3), Mauritania (n=8), Sahara Occidental (n=4), Marruecos (n=16) o España (n=1).

En las migraciones prenupciales, la primera parada tiene lugar de media 9.8 ± 4.5 días después del inicio de la migración, la segunda 18.3 ± 9.7 , y la tercera 27.4 ± 12.5 días. La duración promedio de las paradas es de 6.7 ± 6.4 días (rango 2-35), siendo de media más largas las primeras paradas, que la segunda o la tercera si ocurren (7.5 ± 4.7 , 5.7 ± 4.0 y 4.1 ± 2.1 días respectivamente). No obstante, cuando se consideran simultáneamente el orden de la parada migratoria junto con la fecha en la que ocurre (en relación al inicio de la migración) o la latitud y el sexo, se observa que el rango no es significativo, mientras que las otras variables sí lo son: las paradas migratorias son más largas si ocurren pronto en la migración, y por tanto más al sur, y son en general más largas en las hembras que en los machos (GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 2.1$, $P = 0.33$; $\text{Chi}^2_1 = 4.92$, $P = 0.02$, $\text{Chi}^2_1 = 7.65$, $P = 0.005$ y $\text{Chi}^2_1 = 4.22$, $P = 0.039$ respectivamente para rango, sexo, fecha de inicio y latitud, Fig. 14).

Aunque no puede excluirse que estas paradas migratorias estén en parte asociadas a variables climáticas que impidan los vuelos migratorios, lo más probable es que estas paradas estén relacionadas con la adquisición de alimento para mejorar la condición física de los individuos migrantes. De hecho, es muy relevante la importancia de los pastos y los mosaicos agrícolas/vegetación natural en las zonas ocupadas durante las paradas migratorias (Fig. 15), hábitats de gran calidad para proporcionar alimento para los individuos migrantes.



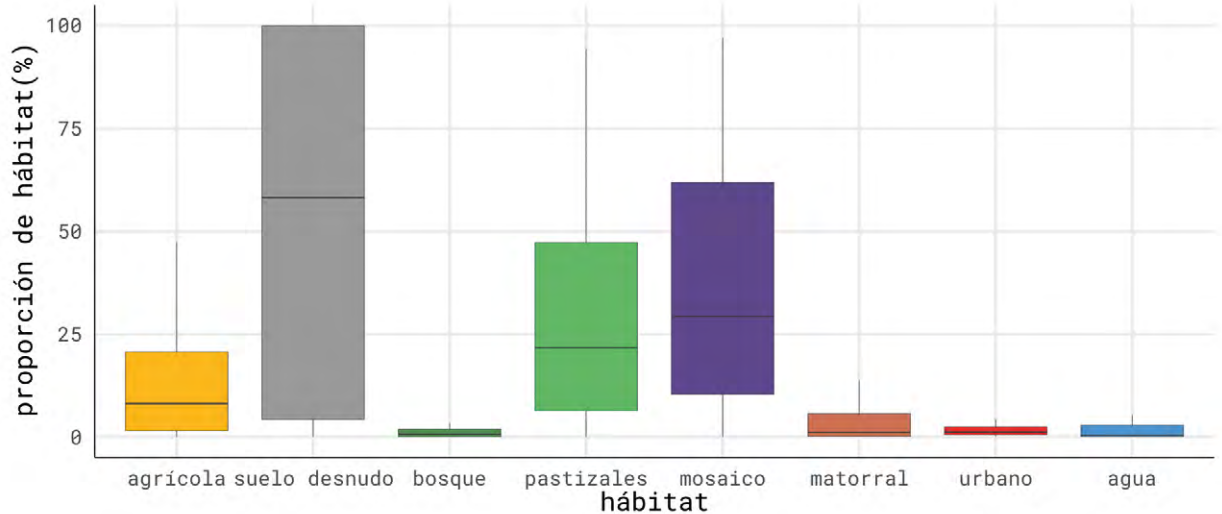


Figura 15. Proporción de distintos hábitats en las residencias utilizadas durante las paradas migratorias.

Figure 15. Proportion of different habitats at residences used during migratory stopovers.

EN SÍNTESIS...

Durante la migración los aguiluchos recorren 230-250 km diarios, en recorridos bastante lineales y, por tanto, no compatibles con movimientos de forrajeo. No es sorprendente, por tanto, que este periodo represente una época con gran mortalidad en esta especie (Klaassen et al. 2014), ya que probablemente representa un momento de gran coste energético con poca reposición de energía.

Los aguiluchos españoles utilizan un frente amplio en sus rutas migratorias, y aunque muchos individuos cruzan a África alrededor del estrecho, pueden también atravesar amplias extensiones de mar. La vuelta desde las zonas de invernada se realiza más al oeste, en promedio, que la post-nupcial, aunque hay gran variabilidad individual. Las rutas migratorias utilizadas por un mismo individuo parecen ser más variables entre años que lo anteriormente descrito.

La duración de la migración post-nupcial de los aguiluchos españoles (dos semanas en promedio) es aproximadamente la mitad que la descrita para los individuos que se reproducen al norte de Europa. La duración de la migración prenupcial es considerablemente mayor que la de la migración post-nupcial

(25 días), en parte debido a la mayor longitud de la ruta, a una menor velocidad diaria, y también a la mayor frecuencia de paradas y pausas migratorias. En cualquier caso, los aguiluchos que se reproducen en España salen casi 15 días más pronto de las zonas de invernada y también tardan menos en llegar a las zonas de reproducción que los que crían más al norte, lo que explica el gran avance en la fenología reproductora de nuestras poblaciones con respecto a otras más norteñas. Globalmente, la menor duración de la migración de nuestros aguiluchos probablemente representa un menor coste energético y por tanto una posible ventaja adaptativa de reproducirse en la Península.

Casi la mitad de los trayectos migratorios post-nupciales y la gran mayoría de los prenupciales incluyen paradas o pausas migratorias. Destaca la importancia de Marruecos como sitio prevalente de paradas y pausas migratorias en ambas migraciones. Estas paradas, probablemente asociadas a la adquisición de alimento para mejorar la condición física de los individuos migrantes, se realizan tanto más frecuentemente cuando las migraciones se inician pronto, lo que sugiere ventajas adaptativas de poder iniciar pronto la migración. Las zonas de parada migratoria se caracterizan por la presencia de pastos y mosaicos agrícolas/vegetación natural, hábitats que probablemente están asociados a una mayor disponibilidad de presas.





05

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE EL PERIODO REPRODUCTOR

Beatriz Arroyo, Sara Puche, Beatriz Rodríguez y Mario Fernández-Tizón

El comportamiento espacial durante el periodo reproductor de una especie da indicaciones sobre el área necesaria para cubrir sus necesidades a través de la evaluación de las áreas de campeo, así como la posible conectividad entre poblaciones a través de los movimientos que realizan los individuos entre posibles residencias, tanto dentro de un mismo año como de años sucesivos. Es, por tanto, esencial para optimizar y mejorar las estrategias de conservación encaminadas a dicha especie.

El aguilucho cenizo suele poner entre 3 y 5 huevos (aunque el rango varía entre 1 y 8), que son incubados exclusivamente por las hembras durante 30 días. Los pollos hacen los primeros vuelos a los 35 días aproximadamente, y siguen dependientes de los padres durante aproximadamente otras 3 semanas, aunque la duración del periodo de dependencia varía mucho (Arroyo *et al.* 2004). Globalmente, pues, necesitan cerca de tres meses para realizar una reproducción exitosa, tiempo inferior al que suelen estar en la península ibérica (unos cuatro meses y medio).

Aunque los nidos se pueden localizar relativamente cerca unos de otros, se sabe que pueden desplazarse a grandes distancias del nido para adquirir alimento, por lo que zonas protegidas que se diseñen exclusivamente en la distribución de nidos pueden no ser eficaces (Guixé & Arroyo 2011). Además, no sólo es relevante tener información sobre los lugares de nidificación, sino también las zonas usadas posteriormente pero antes de iniciar la migración post-nupcial, así

como sus características, ya que éstas pueden ser muy relevantes para aportar a la especie recursos esenciales que pueden no tener las zonas de nidificación. En general, no obstante, se conoce relativamente poco de la ecología espacial de esta especie durante el periodo reproductor, y los pocos trabajos que existen son de otros países.

En el periodo 2013-2022 se obtuvieron datos de 61 individuos de aguilucho cenizo (24 machos y 31 hembras adultas, 3 hembras subadultas, 1 macho subadulto y 2 juveniles) que han proporcionado información de 112 temporadas reproductoras. No todas estas temporadas estaban completas. En las 61 temporadas en las que ocurrió la captura del individuo, no existe, lógicamente, información previa a la captura. En 13 de estas, no obstante, la fecha de captura fue lo suficientemente temprana como para poder considerar que la información de dicha temporada reproductora era “casi completa”. En 6 ocasiones, el emisor dejó de funcionar durante la temporada reproductora en años siguientes al del marcaje. En 3 de estas ocasiones, el fallo fue lo suficientemente tarde en la temporada reproductora para considerar que la información era “casi completa”. Existen, por tanto, datos de 45 temporadas reproductoras completas, 16 casi completas y 51 incompletas. A continuación, se describen, a partir de estos datos, el número de residencias utilizadas durante este periodo, las distancias entre las mismas, la fidelidad interanual a las áreas utilizadas, las áreas de campeo utilizadas en cada residencia, así como las posibles diferencias entre sexos.

RESIDENCIAS UTILIZADAS DURANTE EL PERIODO DE REPRODUCCIÓN: NÚMERO, TIEMPO DE UTILIZACIÓN Y DISTANCIAS ENTRE RESIDENCIAS SUCESIVAS

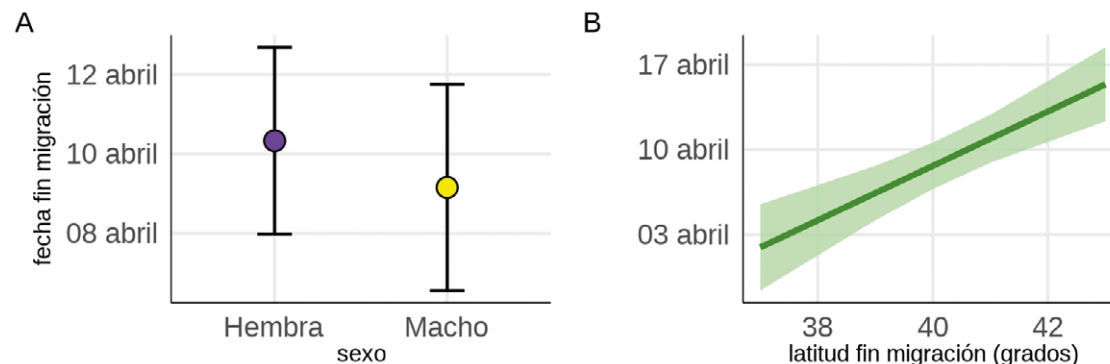
La fecha media de llegada a las áreas de reproducción en España, según la información de los individuos marcados, es el 9 de abril \pm 9.11 días, con un rango temporal entre el 25 de marzo y el 8 de mayo ($n=49$). Esta última fecha pertenece al único juvenil marcado que completó la migración prenupcial. Entre los adultos, la fecha de llegada no varía entre sexos, pero sí es más tardía si la migración finaliza más al norte en la península ibérica (GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.137$, $P=0.71$; $\text{Chi}^2_1=6.205$, $P=0.013$ respectivamente), con casi 15 días de diferencia entre los aguiluchos que se instalan al sur y al norte de la Península (Fig. 16).

Figura 16. Fecha de fin de migración prenupcial en relación al sexo (A) y a la latitud en la que finalizan la migración (B).

Figure 16. Date when prenuptial migration ends in relation to sex (A) and latitude at which migration ends (B).

Como se ha indicado en el capítulo 4.1, el periodo considerado como "reproductor" finaliza con el inicio de la migración post-nupcial, es decir el 21 de agosto (\pm 10.2 días), con un rango temporal que abarca desde el 28 de julio al 29 de septiembre. La duración media del periodo que pasan en la península ibérica es, por tanto, de aproximadamente cuatro meses y medio (133 ± 11.4 días).

Durante este tiempo, los individuos utilizan una media de 2.11 ± 1.04 residencias (rango 1-5, $n=45$ periodos reproductores completos de 23 individuos). Como se indica en la Figura 17, en el 42% de los periodos reproductores completos



monitorizados, los individuos utilizaron dos residencias, mientras que un 31% utilizó sólo una y el 27% más de dos. El número de residencias por temporada no varía entre individuos en relación a sexo (GLMM, $\text{Chi}^2_1=0.16$, $P=0.68$).

La primera residencia se ocupa, en promedio, 0.70 ± 0.95 días después de terminar la migración prenupcial (rango 0-4, $n=45$). La segunda, en promedio, 77.07 ± 27.8 días después de terminar la migración prenupcial ($n=32$), la tercera 88.1 ± 23.3 ($n=12$), la cuarta 99.2 ± 22.9 ($n=6$) y el único individuo que se detectó con 5 residencias lo hizo 122 días tras la llegada a la Península (Fig. 18). En cuanto al tiempo de uso de cada residencia, este es, en promedio, 42.8 ± 35.2 días (rango 3-147, $n=237$ residencias de 112 reproducciones, completas o incompletas, de 61 individuos), aunque las que se usan más tiempo, en general, son las primeras. Así, considerando sólo las reproducciones completas, donde hay certeza de que la primera residencia monitorizada es la primera residencia utilizada, se observa que la primera residencia, se usa, en promedio, 90.4 ± 34.6 días.

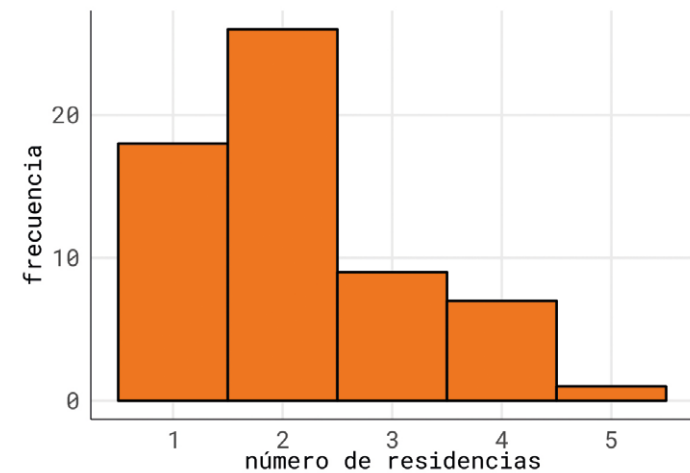
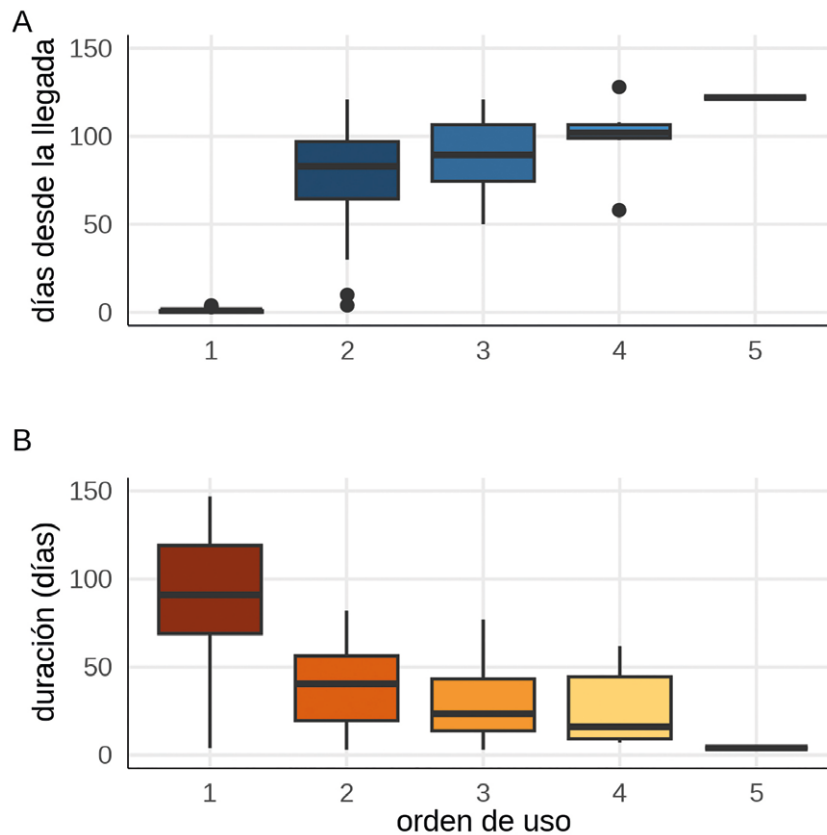


Figura 17. Distribución de frecuencias del número de residencias utilizadas por individuo durante un periodo reproductor completo.

Figure 17. Frequency distribution of the number of residences used per individual during a complete breeding period.

Figura 18. Fecha de ocupación (en “días desde la finalización de la migración prenupcial” (A), y duración de la ocupación (B) de cada residencia en función de su orden de utilización.

Figure 18. Date of occupancy (in “days since completion of pre-breeding migration” (A), and length of occupancy (total days used, B) of each residence according to their order of use.



Si se utiliza más de una residencia, las siguientes se usan mucho menos, en promedio menos de un mes cada una (Fig. 18).

Podemos representar visualmente el patrón resultante de los datos previos combinados al evaluar la duración de utilización de cada residencia en función de la fecha en la que empiezan a utilizarse (Fig. 19): las residencias utilizadas nada más llegar de la migración se utilizan mucho tiempo, las que empiezan a utilizarse aproximadamente dos meses más tarde también son usadas durante mucho tiempo, pero si hay residencias que empiezan a utilizarse tarde en la temporada, estas ya se usan menos tiempo.

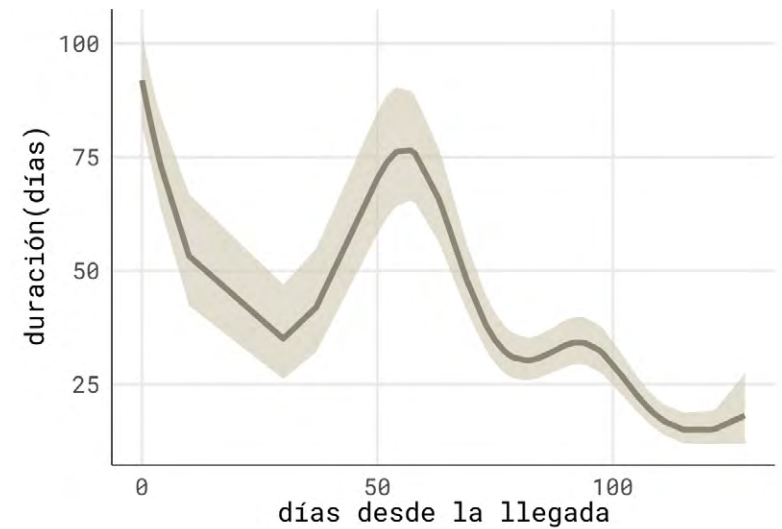


Figura 19. Duración de uso de cada residencia en relación a la fecha en la que empiezan a utilizarla, considerando 0 = día de finalización de la migración prenupcial (datos de periodos reproductores completos, n = 45).

Figure 19. Length of use of each residence (days) in relation to the date on which harriers start using it, considering 0 = day of completion of prenuptial migration (data from complete breeding periods, n = 45).

Dos individuos (ambas hembras) se movieron a la segunda residencia 4 y 10 días después de finalizar la migración, utilizando su primera residencia 4 y 8 días respectivamente. Exceptuando estos dos individuos, la primera residencia se utiliza entre 27 y 147 días. Examinando en detalle los dos casos de primeras residencias utilizadas durante sólo unos pocos días observamos que, en el primer caso, la hembra vuelve de la migración directamente a un lugar utilizado en el año anterior (en La Rioja), desplazándose cuatro días después a otro en Burgos, donde permanece 41 días. En el segundo caso, la hembra terminó su migración en la zona donde se había reproducido en años anteriores (en Zamora), al día siguiente se desplazó hacia una zona situada en Salamanca, donde permaneció ocho días, para después desplazarse de nuevo al sitio visitado inicialmente ese año (y ocupado en años anteriores), donde realizó una residencia de 55 días.

Teniendo en cuenta estos datos y la biología de la especie, puede considerarse, por tanto, que las primeras residencias son las utilizadas para los eventos reproductivos en sí mismo, es decir, son territorios de individuos potencialmente reproductivos. Los dos casos descritos anteriormente son las excepciones, y podrían considerarse como residencias exploratorias, que se descartan (por la razón que sea) para intentar reproducirse. A efectos de análisis, en estos dos casos, consideramos a partir de ahora la residencia utilizada en segundo lugar como “primera residencia”.

El aguilucho cenizo puede en algunos casos hacer puestas de reposición tras un fracaso reproductor (Arroyo *et al.* 2004), por lo que sería posible que algunas de las segundas residencias incluyan también intentos reproductores tardíos. No obstante, la frecuencia de puestas de reposición no es excesivamente elevada, sobre todo si el fracaso ocurre después de la eclosión (Arroyo 1995), y entre los 30 casos monitorizados donde los individuos tuvieron una segunda residencia durante un mismo periodo reproductor, la utilización de la primera residencia fue superior a 50 días en 26 casos; es decir, potencialmente podrían haber tenido tiempo de realizar puestas y llegar al momento de la eclosión en esta primera residencia. Además, la ocupación de esta segunda residencia no fue más larga en aquellos casos donde la ocupación de la primera había sido menor o mayor de 50 días (35.7 frente a 36.2 días respectivamente). Por tanto, consideramos plausible considerar que la primera residencia se refiere al territorio de reproducción, mientras que la o las siguientes podrían considerarse como zonas ocupadas en el periodo post-reproductor. De los 45 posibles eventos reproductores monitorizados (primeras residencias de individuos monitorizados en temporadas reproductoras completas), 8 se utilizaron durante menos de 55 días (lo que implica que si hubo un intento reproductor, este tuvo que ser fallido, al ser esta duración menor que el tiempo necesario para completar la incubación y que los pollos vuelen), 20 de ellos se utilizaron durante más de 95 días (tiempo suficiente de completar una reproducción exitosa), y 17 se utilizaron entre 55 y 95 días (pudiendo corresponderse a eventos exitosos o fallidos en función de cuándo se iniciara la puesta en relación al día de inicio de ocupación de la residencia).

Los **desplazamientos entre residencias** consecutivas pueden ser importantes, enfatizando la gran movilidad potencial de esta especie. La distancia entre zonas de residencia consecutivas de un mismo individuo en un mismo periodo reproductor fue de 104.3 ± 100.49 km (rango 0.21 - 432 km, $n=125$). El 18% de los desplazamientos entre residencias eran de menos de 10 km, el 20% entre

10 y 50 km, pero casi la mitad (el 48.8%) eran desplazamientos de más de 100 km, incluyendo algunos a más de 400 km (Fig. 20).

La Figura 21 muestra algunos ejemplos de estos grandes desplazamientos entre residencias, indicando también que pueden ocurrir en todas direcciones. Estos desplazamientos incluyen los de una hembra de Lugo que se desplazó ca. 250 km a una residencia en Valladolid; un macho de Badajoz que se desplazó ca. 450 km a una residencia en Burgos; un macho de Málaga que se desplazó ca. 320 km hasta Toledo; un macho de Sevilla que se desplazó ca. 250 km a la frontera entre Granada y Jaén; una hembra de Badajoz que se desplazó ca. 400 km a Zaragoza; una hembra de Segovia que se desplazó ca. 300 km a Córdoba; una hembra de Lleida desplazándose 100 km a Huesca y una hembra de Álava desplazándose ca. 145 km a Zaragoza.

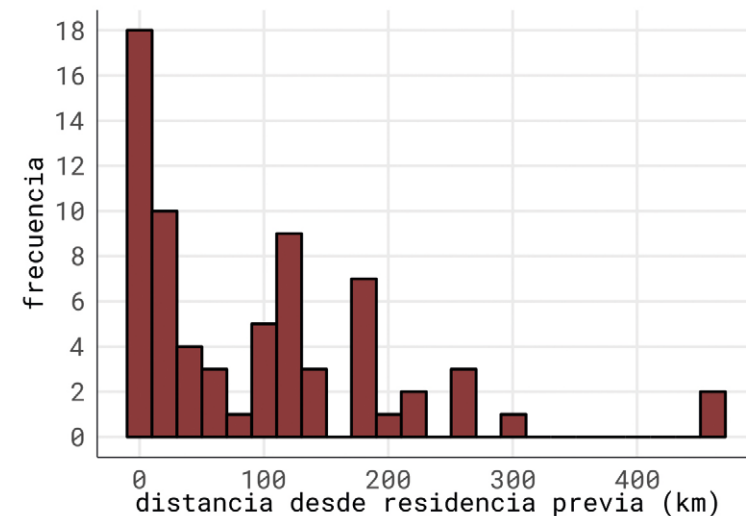
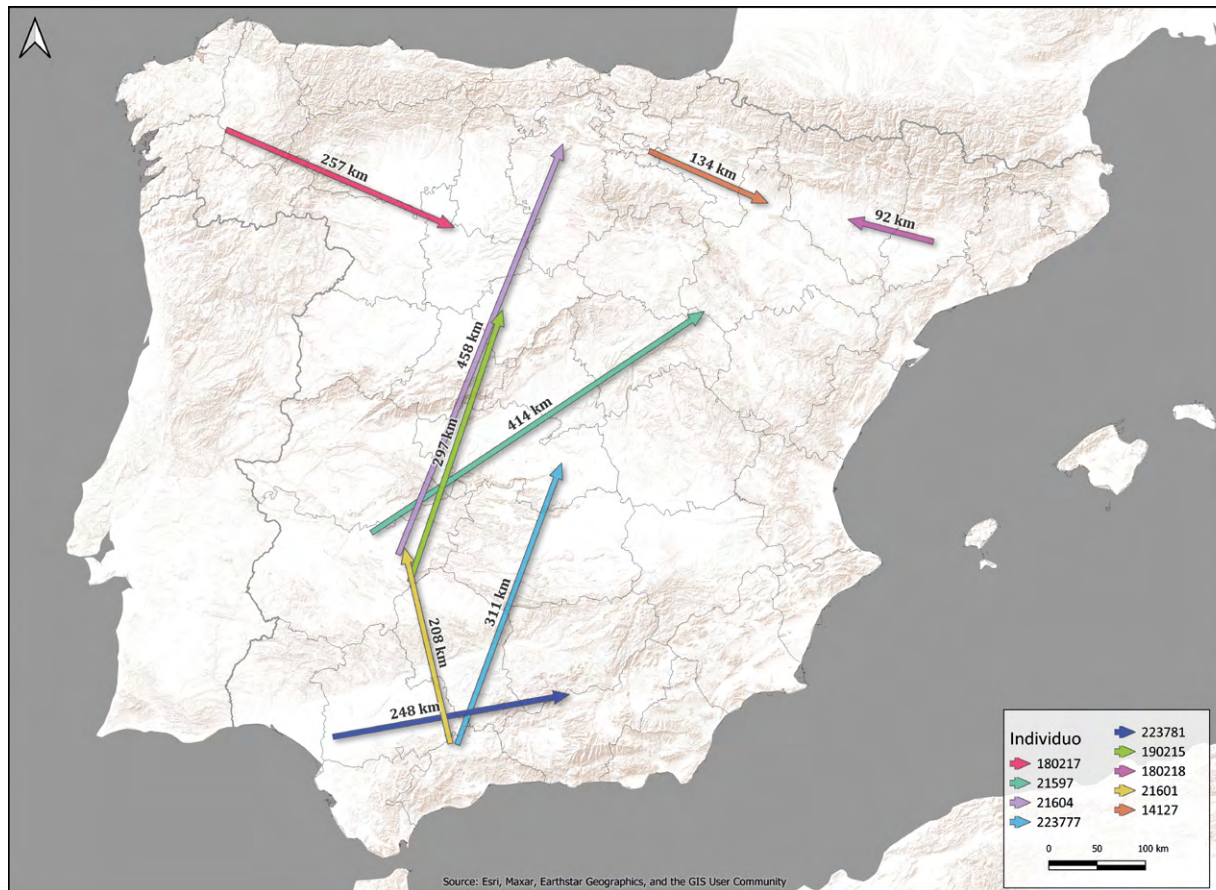


Figura 20. Distribución de frecuencias de las distancias (en km) entre residencias utilizadas de forma sucesiva por un mismo individuo en un mismo periodo reproductor.

Figure 20. Frequency distribution of distances (in km) between residences used successively by the same individual in the same reproductive period.



Individuo	Sexo	Año	Utilización (días) residencia 1	Utilización (días) residencia 2
Individual	Sex	Year	Use (days) of residence 1	Use (days) of residence 2
180217	♀	2019	61	77
21597	♀	2021	>20	18
21604	♂	2021	>22	25
23777	♂	2022	>33	30
223781	♂	2022	>8	25
190215	♀	2022	74 (+12 tras un breve periodo de ausencia)	26
180218	♀	2020	91	57
21601	♀	2021	>21	12
14127	♀	2016	>20	23



Figura 21. Ejemplos de grandes desplazamientos entre residencias utilizadas por un mismo individuo en una temporada reproductora. La flecha indica la direccionalidad entre residencias y sobre ella se indican los km recorridos. La Tabla indica el sexo de los individuos cuyos desplazamientos se muestran en la figura y la duración de uso de cada residencia (la residencia 1 sería la de inicio del desplazamiento, la 2 la de destino del desplazamiento, donde finaliza la flecha). El símbolo > se refiere a uso de la residencia desde la fecha de captura.

Figure 21. Examples of large movements between residences used by a given individual in a breeding season. The arrow indicates the directionality between residences and km travelled are indicated above it. The Table indicates the sex of the individuals whose movements are shown in the figure and the duration of use of each residence (residence 1 would be the start of the journey, residence 2 the destination of the journey, where the arrow ends). The symbol > refers to use of the residence since the date of capture.

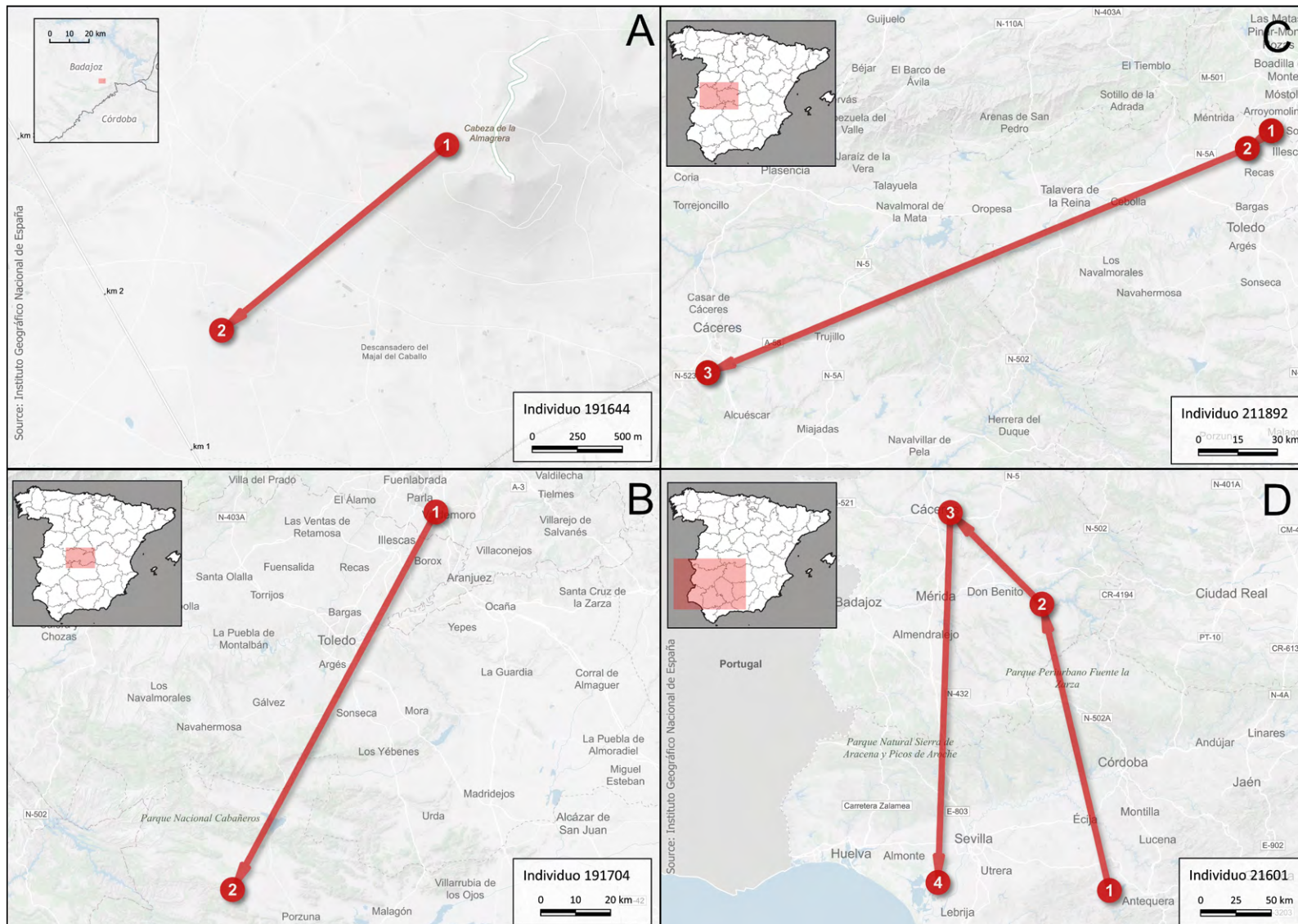


Figura 22. Ejemplos de desplazamientos entre residencias utilizadas en el periodo reproductor. Se muestran los centroides como círculos numerados de acuerdo con su orden de uso y las flechas indican la direccionalidad entre residencias. A: Individuo 191644 (macho adulto), 2022: residencia 1, utilizada 64 días, y residencia 2, utilizada 59 días. B: Individuo 191704 (macho adulto), 2021: residencia 1, utilizada 89 días, residencia 2, utilizada 61 días. C: Individuo 211892 (macho adulto), 2021: residencia 1, utilizada 43 días; residencia 2, utilizada 33 días, y residencia 3, utilizada 9 días antes de iniciar la migración. D: Individuo 21601 (hembra adulta), 2021: residencia 1, utilizada >21 días, residencia 2, utilizada 12 días, residencia 3, utilizada 17 días, y residencia 4, utilizada 5 días antes de iniciar la migración.

Figure 22. Examples of movements between residences used in the breeding period. Centroids are shown as circles numbered according to their order of use and arrows indicate directionality between residences. A: Individual 191644 (adult male), 2022: residence 1, used 64 days, and residence 2, used 59 days. B: Individual 191704 (adult male), 2021: residency 1, used 89 days, residency 2, used 61 days. C: Individual 211892 (adult male), 2021: residence 1, used 43 days; residence 2, used 33 days, and residence 3, used 9 days before migration. D: Individual 21601 (adult female), 2021: Residency 1, used >21 days, Residency 2, used 12 days, Residency 3, used 17 days, and Residency 4, used 5 days prior to initiation of migration.

Los patrones de movimiento en la temporada reproductora son variados. En algunos casos, la segunda residencia está muy cerca de la primera, constituyendo simplemente un desplazamiento de la zona donde probablemente estaba fijado el nido (Fig. 22A), o bien puede estar a cierta distancia, implicando el uso de una zona totalmente distinta durante un periodo importante (Fig. 22B). En otros casos, se utilizan varias residencias de forma secuencial, y en estos casos la tercera residencia puede estar más lejos (Fig. 22C). En otros casos, las residencias utilizadas secuencialmente pueden estar bastante alejadas unas de otras (Fig. 22D).

En algunos casos, se vuelve a residencias utilizadas anteriormente en el periodo reproductor, y esto es particularmente frecuente cuando se hacen desplazamientos importantes. Así, la hembra 180217 realizó tres idas y dos vueltas en el 2020 entre su residencia en Lugo y la residencia en Valladolid (situada a 250 km): se realizó una primera visita breve a mediados de junio (de menos de dos días), se desplazó a esa zona el 30 de junio y permaneció allí 35 días, para luego en agosto hacer otra visita breve hasta la zona de Lugo, volviendo a la de Valladolid 4 días después (Fig. 23A). Igualmente, el macho 21604, que se había desplazado de Badajoz a Burgos a finales de la temporada reproductora en 2021 (Fig. 21), en su segundo año de monitorización hace una ida y vuelta entre Badajoz y Burgos a finales de junio (sin llegar a establecerse allí), luego a mediados de julio vuelve y se instala en una residencia en Burgos durante 19 días, y a principios de agosto regresa a otra residencia en Badajoz (Fig. 23B). El macho 190221 también realiza dos idas y vueltas en una misma temporada reproductora entre su residencia inicial en Albacete y otra distante ca. 180 km en Ciudad Real (Fig. 23C), un patrón que repite al año siguiente y el macho 191704 siempre utiliza las dos mismas residencias, pero en uno de los dos años de seguimiento, 2020, visita cada una dos veces (en vez de una) (Fig. 23D).

Globalmente, la distancia entre residencias sucesivas aumenta con la fecha (haciéndose los desplazamientos más amplios hacia el final de la temporada), pero no varía con el sexo (GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 7.51$, $P = 0.006$ y $\text{Chi}^2_1 = 0.01$, $P = 0.91$ respectivamente, Fig. 24).

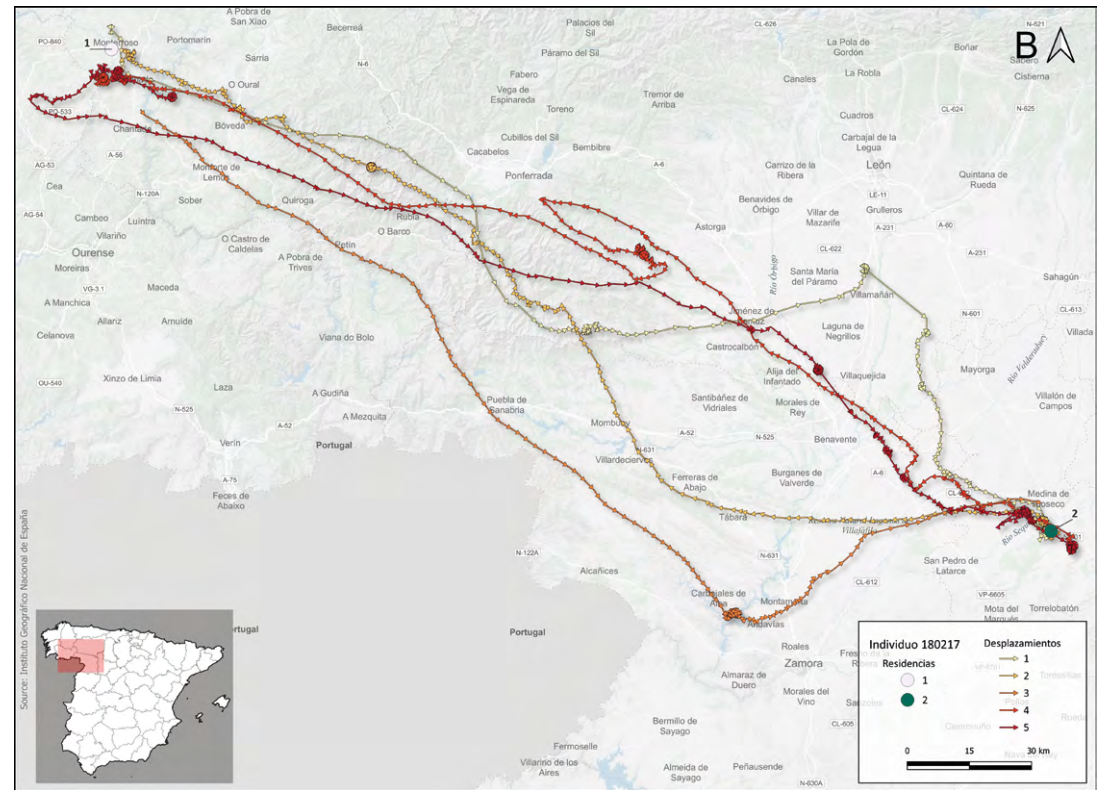
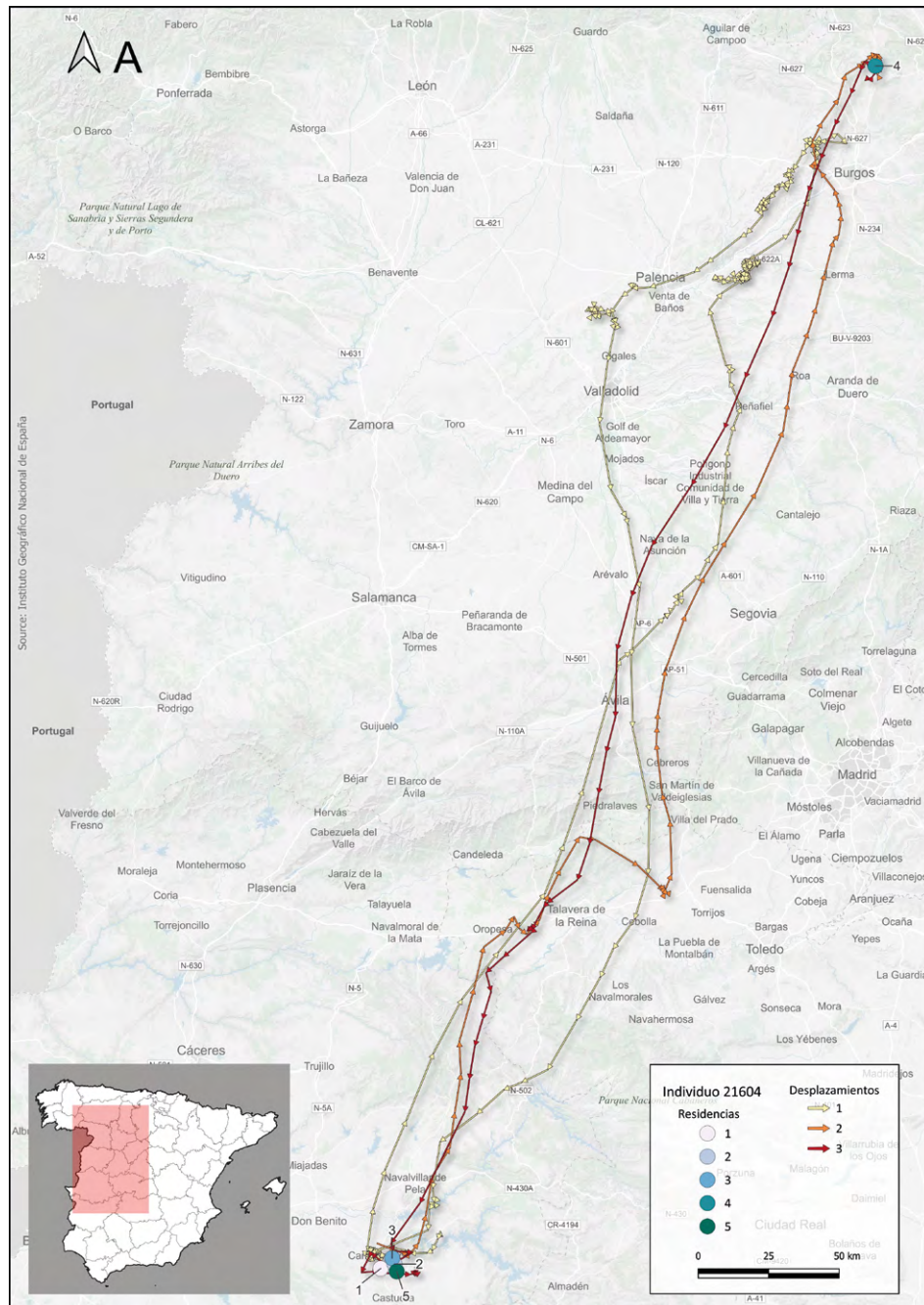
Hembra de aguilucho cenizo.

Montagu's harrier female.

© Tatasvasco

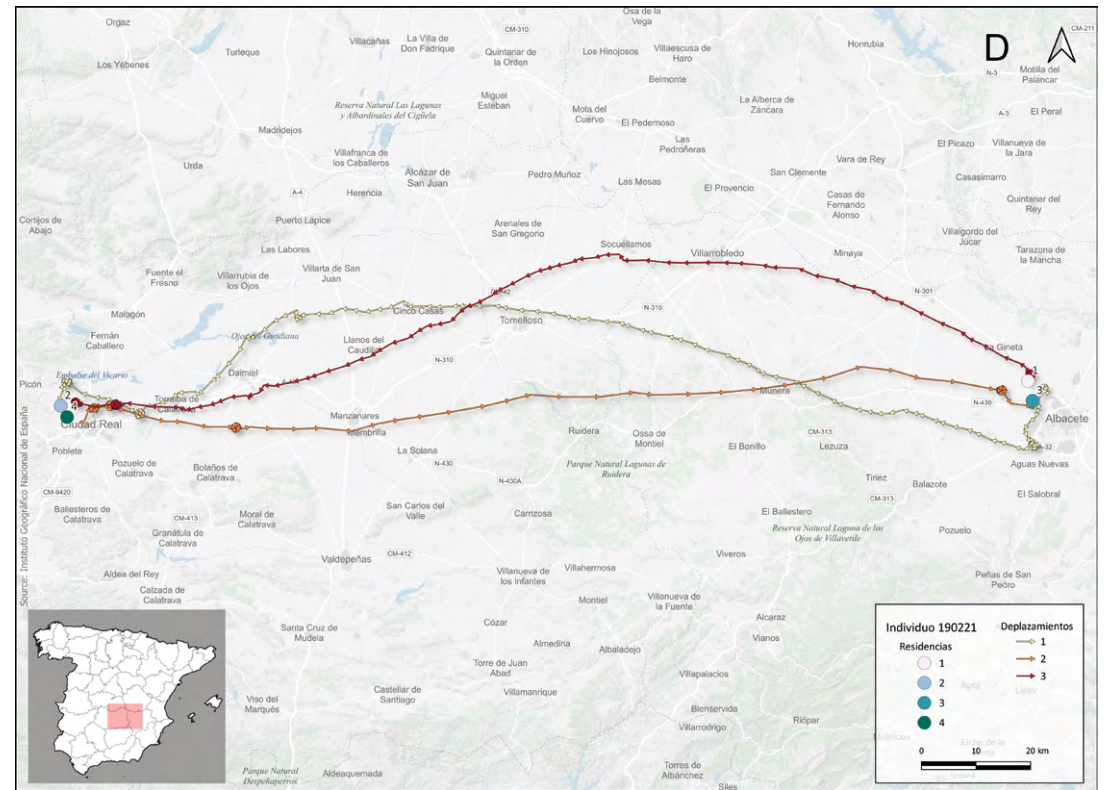
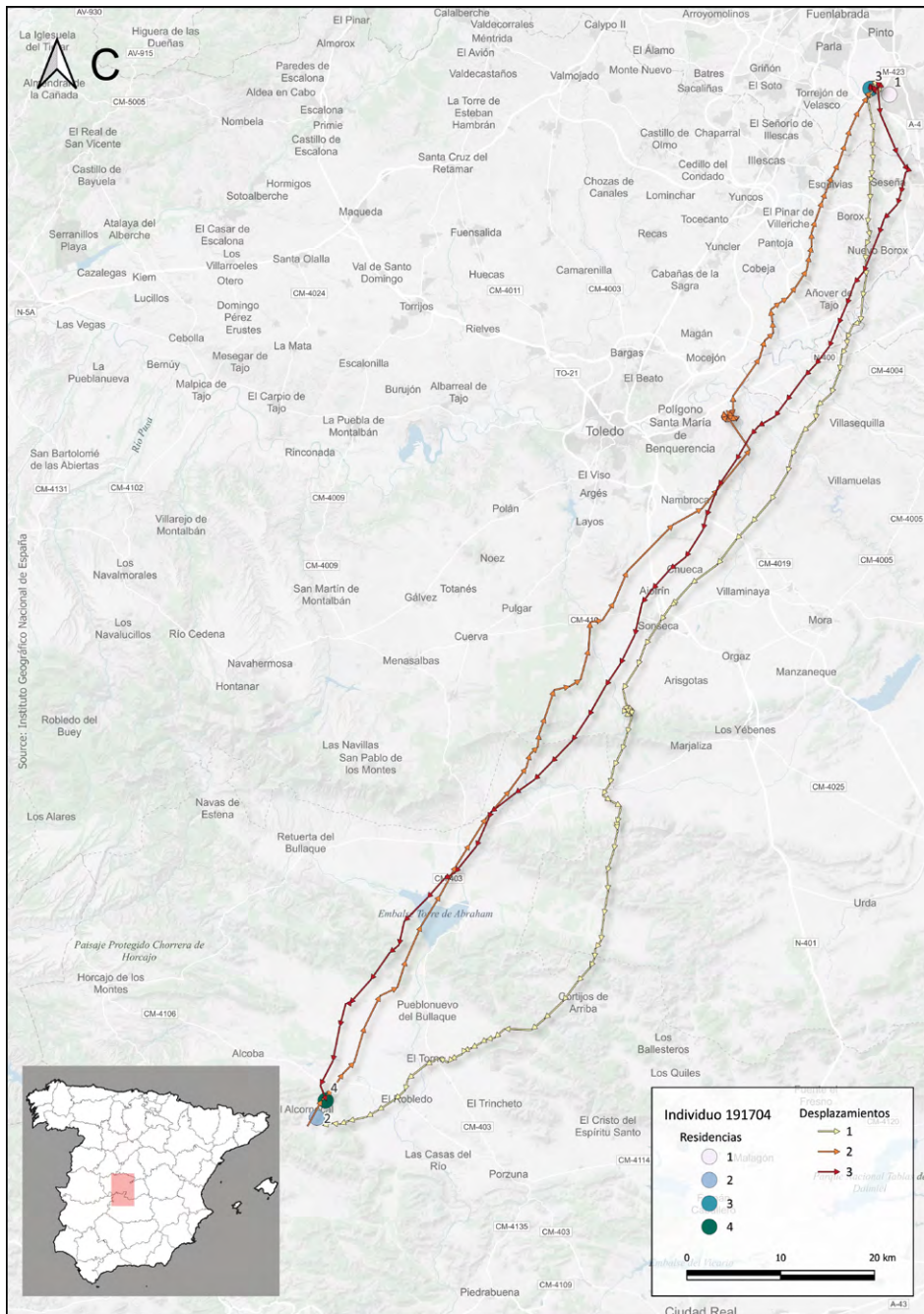


COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE EL PERIODO REPRODUCTOR



Figuras 23 A, B. Ejemplos de reutilización de residencias durante el periodo reproductor. Se muestran los centroides de las residencias como círculos de tonalidades frías y los desplazamientos entre residencias como líneas de tonalidades claras. A: individuo 21604 (macho adulto), 2022. B: individuo 180217 (hembra adulta), 2020.

Figures 23 A, B. Examples of reuse residences during the breeding period. The centroids of the residences are shown as pale-coloured circles and the displacements between residences as light-coloured lines. A: Individual 21604 (adult male), 2022. B: Individual 180217 (adult female), 2020.

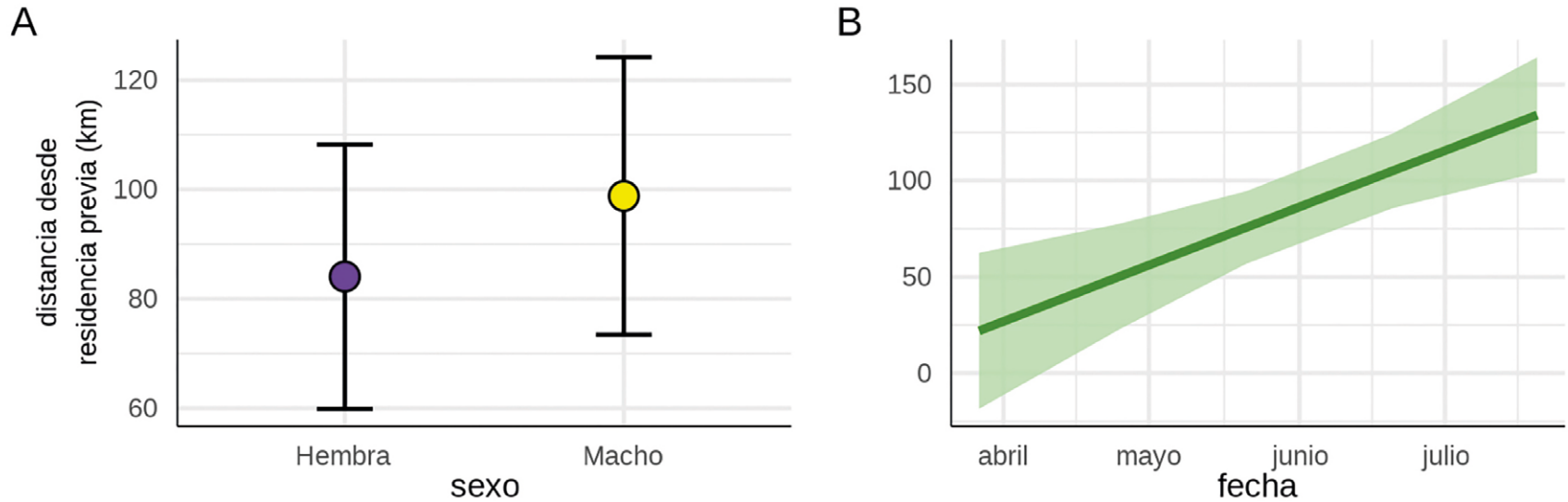


Figuras 23 C, D. Ejemplos de reutilización de residencias durante el periodo reproductor. Se muestran los centroides de las residencias como círculos de tonalidades frías y los desplazamientos entre residencias como líneas de tonalidades claras. C: individuo 191704 (macho adulto), 2020. D: individuo 190221 (macho adulto), 2019.

Figures 23 C, D. Examples of reuse residences during the breeding period. The centroids of the residences are shown as pale-coloured circles and the displacements between residences as light-coloured lines. C: Individual 191704 (adult male), 2020. D: Individual 190221 (adult male), 2019.

Figura 24. Distancia entre residencias utilizadas de forma sucesiva dentro de un mismo periodo reproductor en función del sexo y de la fecha de inicio de utilización de la residencia.

Figure 24. Distance between successively used residences within the same reproductive period according to sex and starting date of use the residence.



FIDELIDAD INTERANUAL A LAS RESIDENCIAS UTILIZADAS DURANTE EL PERIODO DE REPRODUCCIÓN

Se disponía información de varios años para 28 de los individuos monitorizados, pero sólo en 16 de ellos había información de al menos dos periodos de reproducción completos o casi completos (asumimos, en estos últimos, que el periodo de monitorización durante la temporada reproductora era lo suficientemente largo como para haber localizado todas las residencias utilizadas durante la misma). En total, se contaba con información de 49 periodos reproductores de estos 16 individuos.

Para estos individuos, la distancia media entre los centroides de las primeras residencias (las que son, presumiblemente, como hemos dicho más arriba, los territorios reproductivos) utilizadas en años consecutivos fue de 1.64 ± 1.36 km (rango 0.28 – 4.42, mediana 1.27) para los machos y 13.5 ± 20.64 km (rango 0.15 – 66.30, mediana 5.06) para las hembras. Estos datos confirman la alta fidelidad a las zonas de reproducción de esta especie (ver Fig. 25), pero también la mayor

potencialidad de dispersión reproductora de las hembras, como ya se había sugerido en base a observaciones de individuos marcados (Arroyo *et al.* 2007, Limiñana *et al.* 2012b). Entre éstas, aunque en el 65% de los casos las hembras vuelven a un radio de 10 km de las zonas utilizadas como primeras residencias en años anteriores, en el 15% de los casos se desplazan a más de 20 km (Fig. 26). En al menos alguno de estos casos, las hembras volvieron en años posteriores a utilizar como primera residencia la utilizada en otros años (Fig. 25A), o bien usaban como primera residencia la utilizada como segunda en años anteriores (Fig. 25B), lo que confirma la utilidad de la información adquirida en los desplazamientos pre y post-reproductores para las decisiones reproductivas futuras.

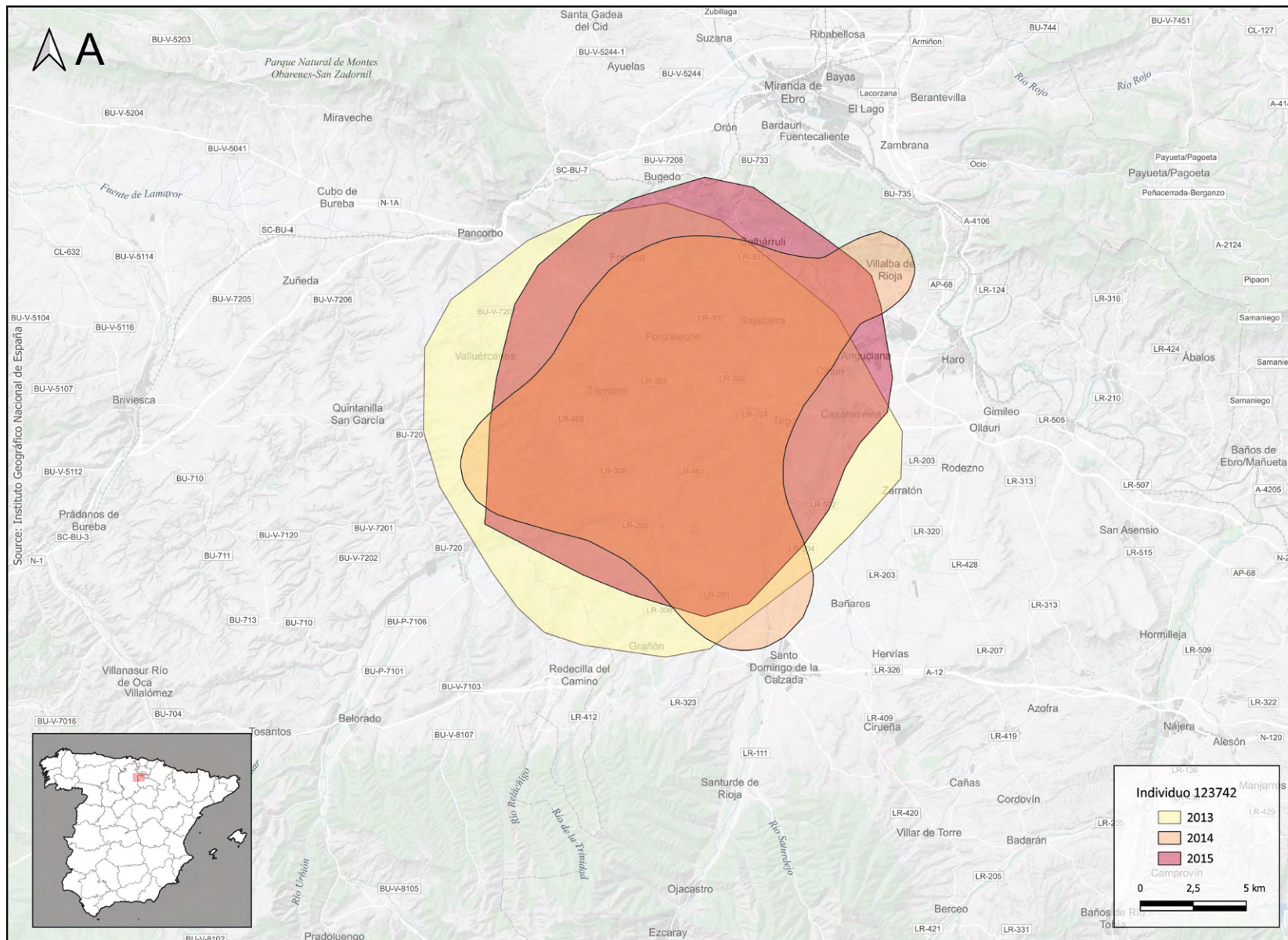
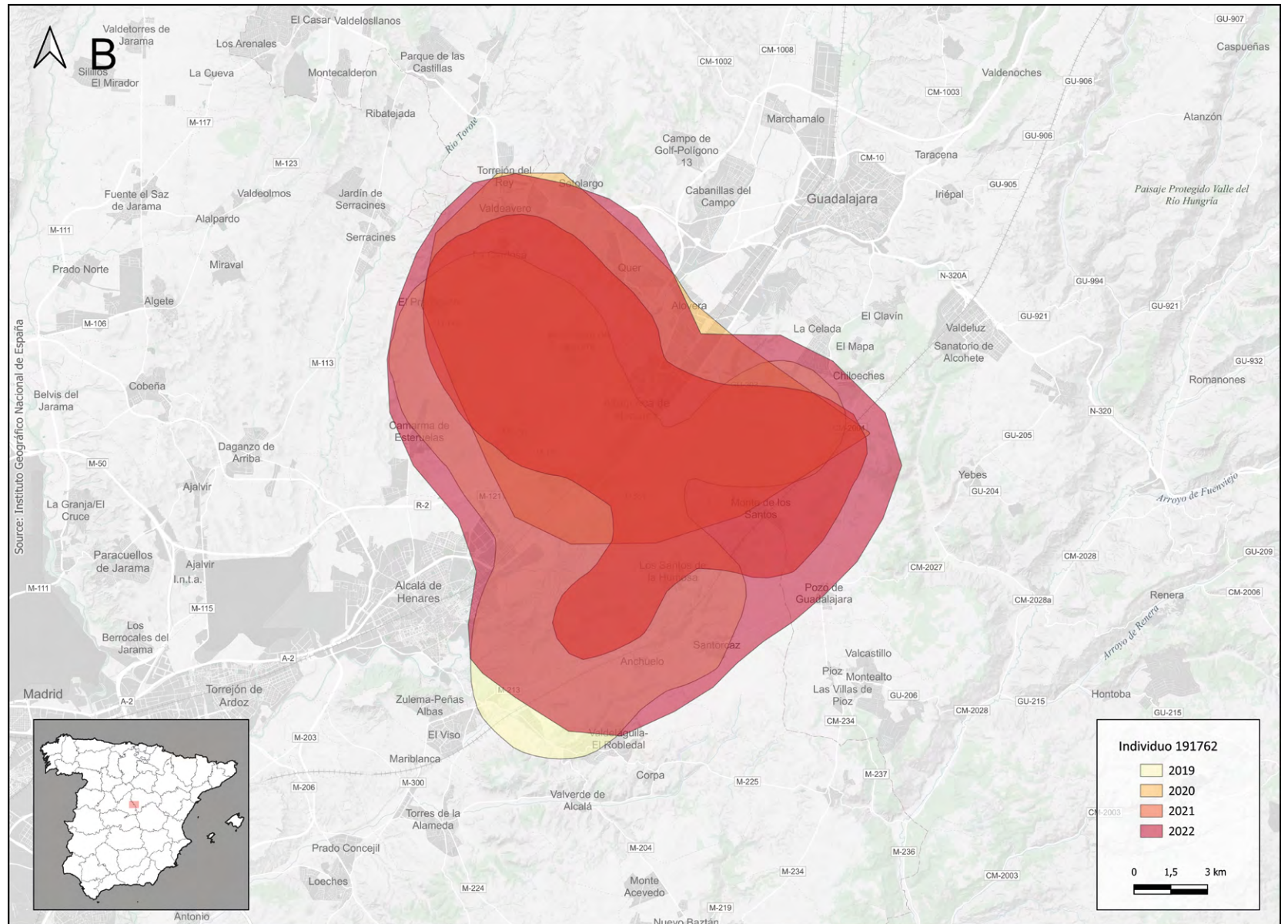


Figura 25A. Ejemplos de fidelidad interanual a las primeras zonas de residencia utilizadas durante el periodo reproductor. Los polígonos indican el área de campeo según un kernel 90. A: Individuo 123742 (hembra adulta), años 2013-2015.

Figure 25A. Examples of inter-annual fidelity to the first residences used during the breeding season. The polygons indicate the home range according to a 90% kernel. A: Individual 123742 (adult female), years 2013-2015.

Figura 25B. Ejemplos de fidelidad interanual a las primeras zonas de residencia utilizadas durante el periodo reproductor. Los polígonos indican el área de campeo según un kernel 90. B: Individuo 191762 (macho adulto), años 2019 a 2022.

Figure 25B. Examples of inter-annual fidelity to the first residences used during the breeding season. The polygons indicate the home range according to a 90% kernel. B: Individual 191762 (adult male), years 2019 to 2022.



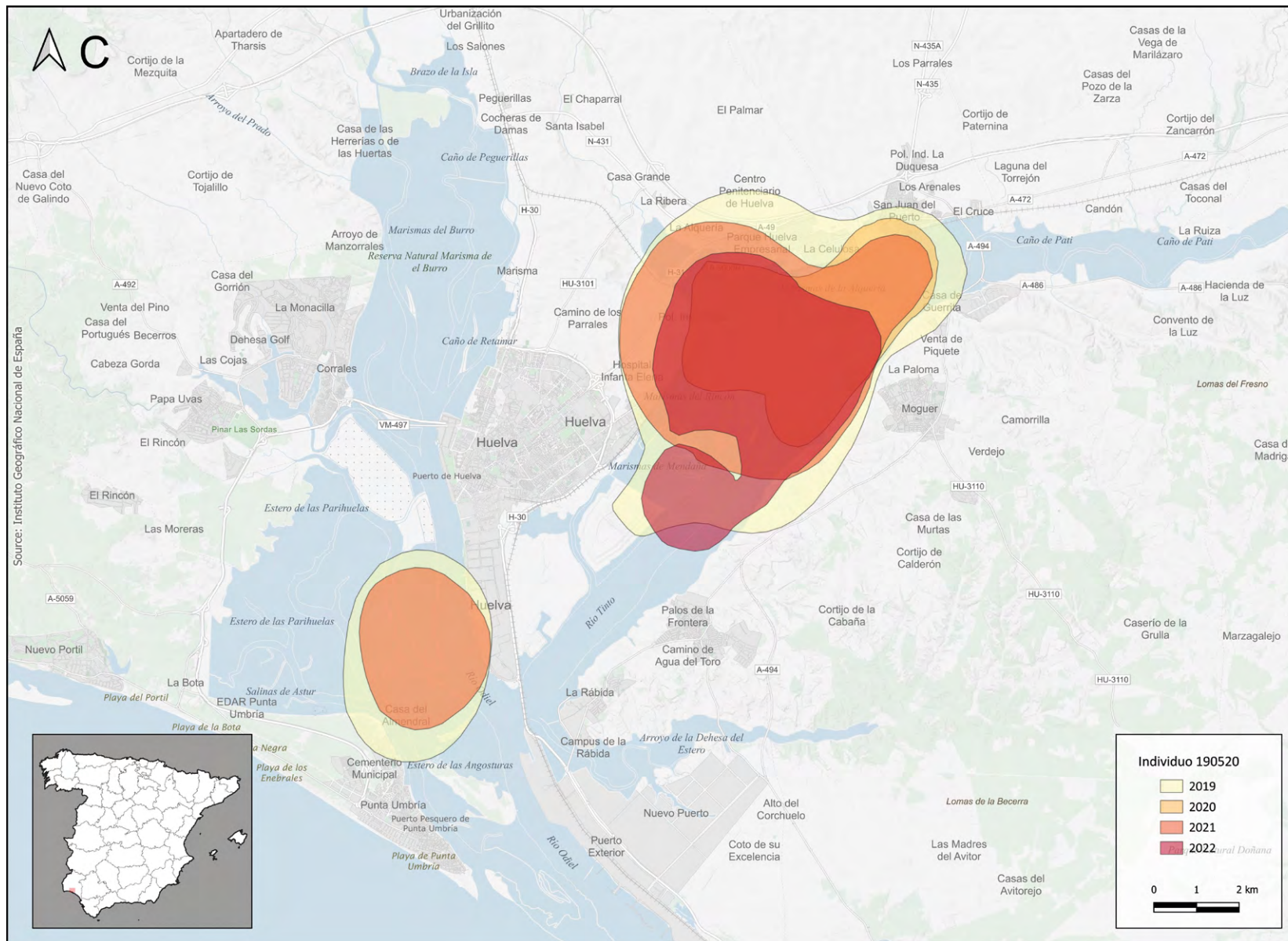


Figura 25C. Ejemplos de fidelidad interanual a las primeras zonas de residencia utilizadas durante el periodo reproductor. Los polígonos indican el área de campeo según un kernel 90. C: 190520 (macho adulto), años 2019-2022.

Figure 25C. Examples of inter-annual fidelity to the first residences used during the breeding season. The polygons indicate the home range according to a 90% kernel. C: 190520 (adult male), years 2019-2022.

Figura 25D. Ejemplos de fidelidad interanual a las primeras zonas de residencia utilizadas durante el periodo reproductor. Los polígonos indican el área de campeo según un kernel 90. D: Individuo 180226 (hembra adulta), años 2018-2022.

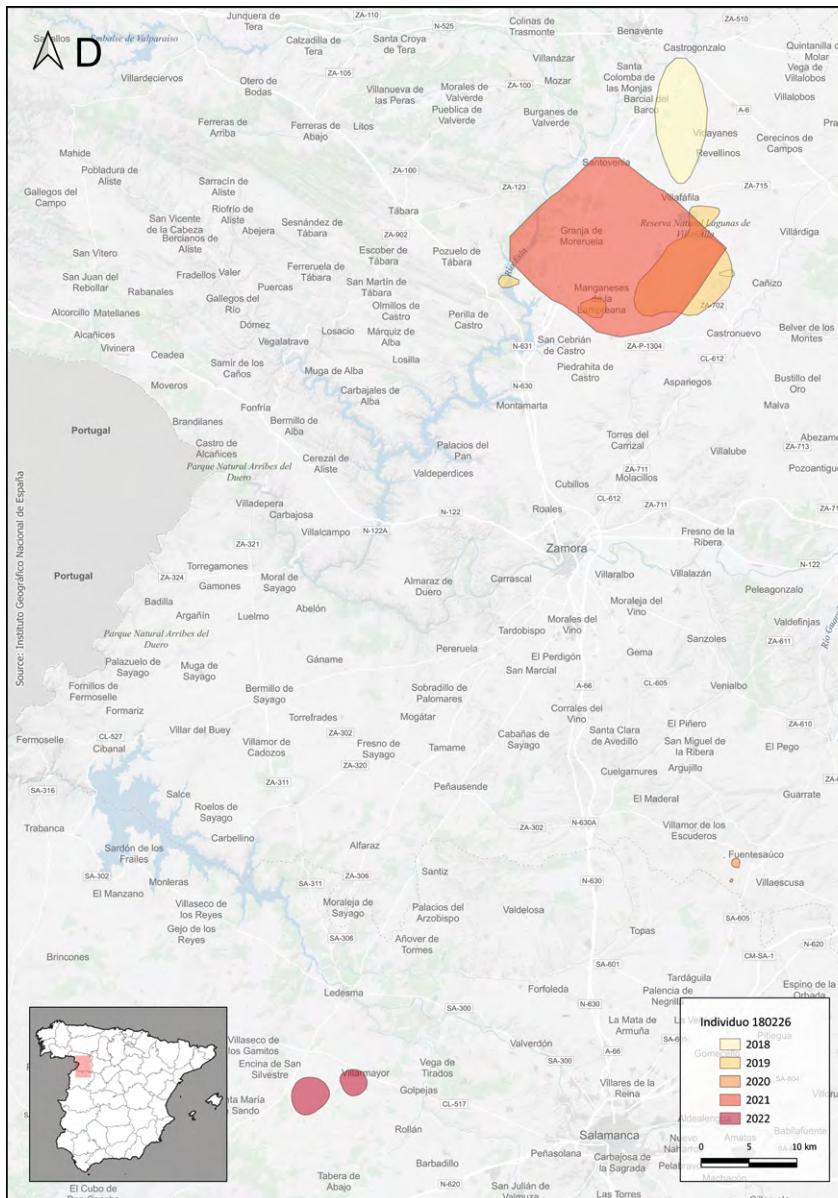


Figure 25D. Examples of inter-annual fidelity to the first residences used during the breeding season. The polygons indicate the home range according to a 90% kernel. D: Individual 180226 (adult female), years 2018-2022.

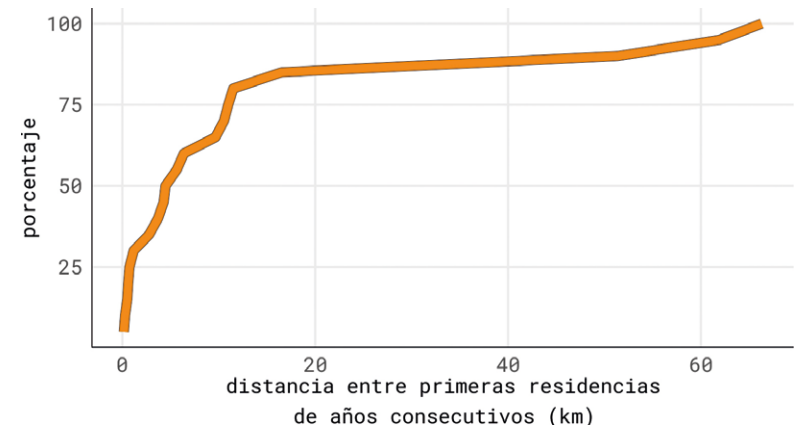


Figura 26. Frecuencia acumulada (% del total de individuos monitorizados) de distancias entre primeras residencias utilizadas en años consecutivos.

Figure 26. Cumulative frequency (% of total individuals monitored) of distances between first residences used in consecutive years.

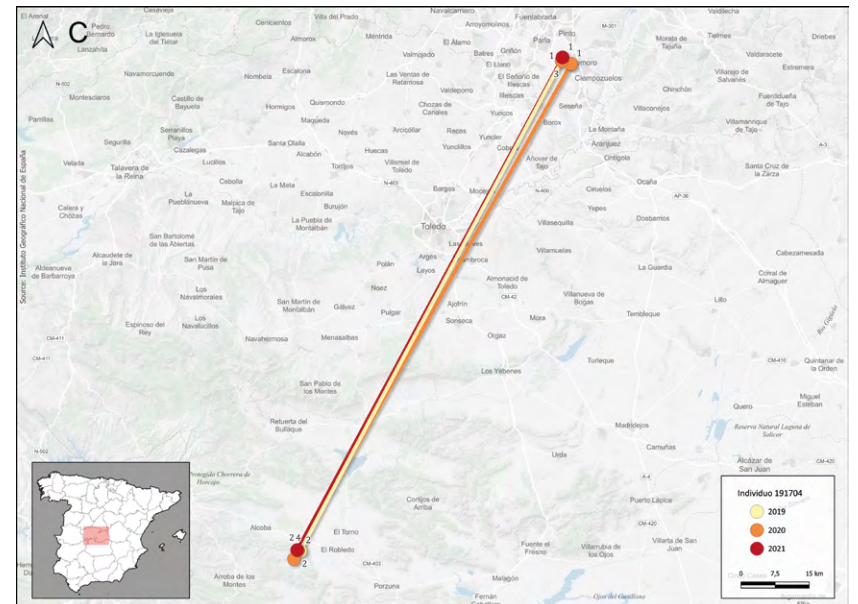
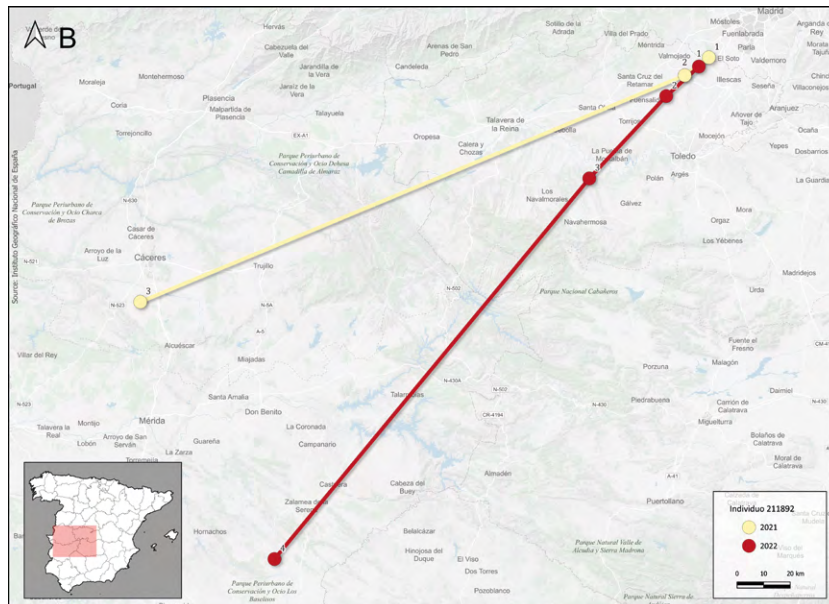
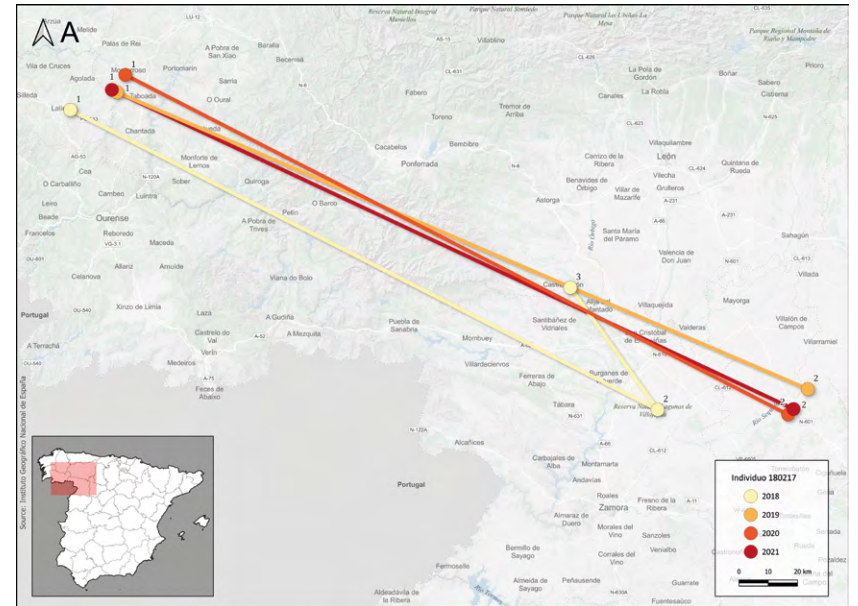
En el caso de las segundas o terceras residencias, tanto machos como hembras muestran una mayor variabilidad entre años: la distancia media entre los centroides de las segundas residencias en años consecutivos es 21.1 ± 28.8 km para hembra, y 15.6 ± 39.8 km para los machos. En el caso de las terceras residencias, donde sólo hay datos para machos, la distancia media entre años consecutivos es de 62.4 ± 97.9 km. En cualquier caso, muchos individuos muestran gran regularidad en las residencias utilizadas entre años, como se aprecia en la Figura 27.

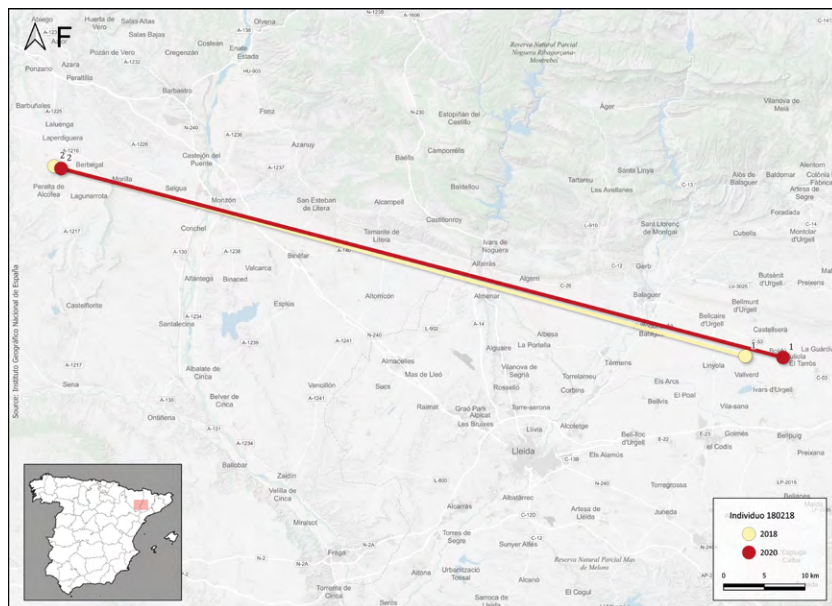
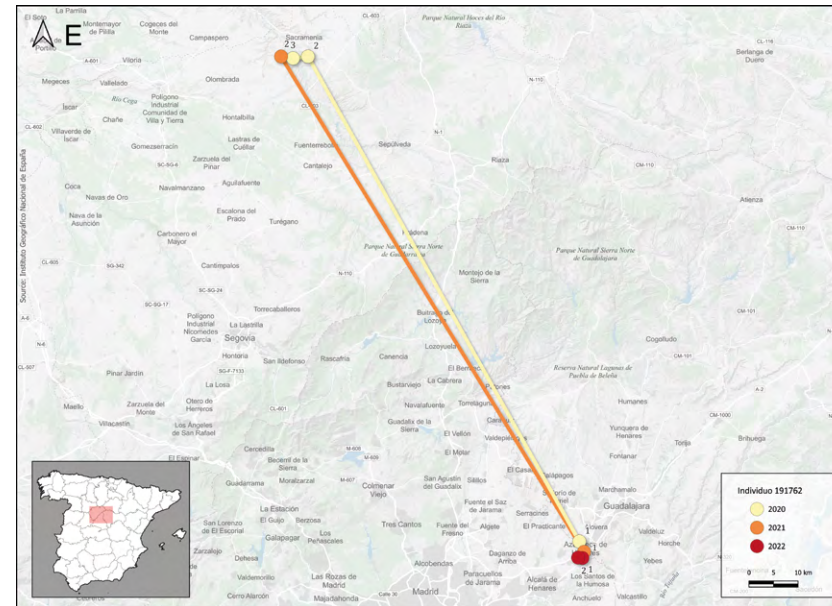
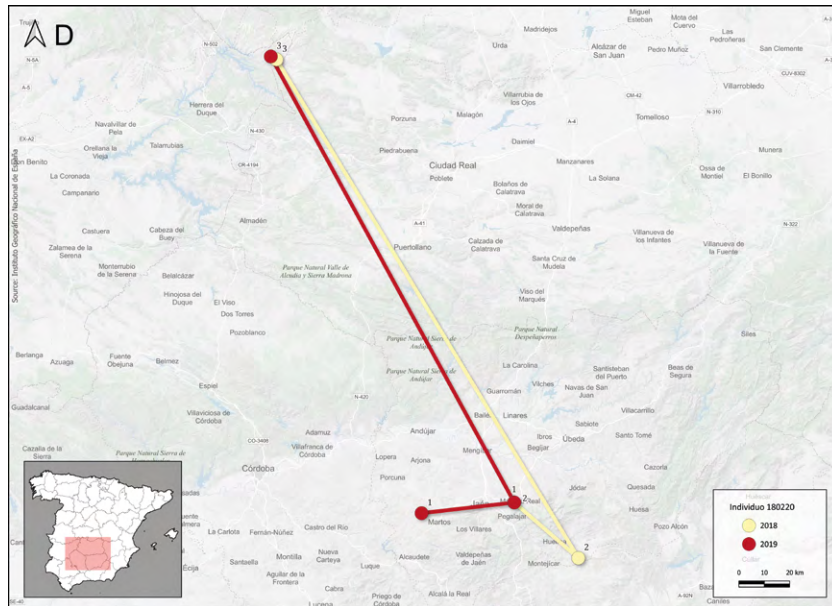


© Tatarasco

Figuras 27 A, B, C. Ejemplos de fidelidad interanual a los patrones de movimiento entre residencias sucesivas durante el período reproductor. Se muestran los centroides de las residencias como círculos numerados según la secuencia de uso, con diferentes tonalidades según el año correspondiente, al igual que las transiciones entre estas residencias. A: Individuo 180217 (hembra adulta), años 2018-2021. B: Individuo 211892 (macho adulto), años 2021-2022. C: Individuo 191704 (macho adulto), años 2019-2021.

Figures 27 A, B, C. Examples of inter-annual fidelity to patterns of movement between successive residences during the breeding period. The centroids of the residences are shown as numbered circles according to sequence of use, with different shades according to the corresponding year, as are the transitions between these residences. A: Individual 180217 (adult female), years 2018-2021. B: Individual 211892 (adult male), years 2021-2022. C: Individual 191704 (adult male), years 2019-2021.





Figuras 27 D, E, F. Ejemplos de fidelidad interanual a los patrones de movimiento entre residencias sucesivas durante el periodo reproductor. Se muestran los centroides de las residencias como círculos numerados según la secuencia de uso, con diferentes tonalidades según el año correspondiente, al igual que las transiciones entre estas residencias. D: Individuo 180220 (hembra adulta), años 2018-2019. E: Individuo 191762 (macho adulto), años 2020 a 2022. F: Individuo 180218 (hembra adulta), años 2018-2020.

Figures 27 D, E, F. Examples of inter-annual fidelity to patterns of movement between successive residences during the breeding period. The centroids of the residences are shown as numbered circles according to sequence of use, with different shades according to the corresponding year, as are the transitions between these residences. D: Individual 180220 (adult female), years 2018-2019. E: Individual 191762 (adult male), years 2020 to 2022. F: Individual 180218 (adult female), years 2018-2020.

USO DEL ESPACIO DURANTE EL PERÍODO DE REPRODUCCIÓN ÁREAS DE CAMPEO

Considerando los individuos adultos, las hembras en general tienen zonas de campeo más grandes que las de los machos, aunque estos patrones varían si se consideran las primeras residencias y las posteriores separadamente: en las primeras residencias (que probablemente se corresponden a los territorios utilizados durante los eventos reproductores), las hembras tienen zonas de campeo mucho más pequeñas que las de los machos, mientras que este patrón se revierte en las residencias utilizadas posteriormente (probablemente post-reproductoras), donde las hembras tienen unas áreas de campeo significativamente mayores que las de los machos (Tabla 4, GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 3.67$, $P = 0.05$ para la interacción fase*sexo).

Este patrón se observa también cuando analizamos cómo el área utilizada varía a lo largo del periodo reproductor, evaluando el tamaño del área utilizada cada semana del periodo reproductor. Como se aprecia en la Figura 28, el área utilizada por los machos es relativamente estable a lo largo del periodo, aunque tiende a aumentar con el avance de la temporada reproductora. En las hembras, el área utilizada al principio de la temporada es parecida a la de los machos, luego disminuye marcadamente en mayo (coincidiendo con el momento de la incubación en la mayor parte del territorio nacional), y aumentando otra vez de forma marcada a partir de junio, momento en que las áreas utilizadas por las hembras empiezan a ser más grandes que las utilizadas por los machos.

En cualquier caso, y más allá de estos patrones generales, existe una gran variación en el tamaño de las áreas de campeo, tanto en machos como en hembras, y tanto en las residencias post-reproductoras como en las potencialmente reproductoras. (Tabla 4). Por ejemplo, entre las primeras residencias de los machos el tamaño del kernel 50 puede variar de 2 a 50 km², y el del kernel 90 entre 14 y 300 km². Un caso extremo lo representa el del individuo 190224 en el año 2020, donde el tamaño estimado de los kernel es mucho más alto que el de los otros individuos monitorizados (Tabla 4), alcanzando 1062.85 km² para el kernel 90. Este individuo inició el periodo reproductor en Palencia, y realizó dos grandes movimientos exploratorios (es decir desplazamientos que pueden abarcar grandes distancias, pero que empiezan y terminan en el mismo sitio

Tabla 4. Tamaños medios (\pm Desviación Estándar, rango indicado entre paréntesis) de las áreas de campeo de aguiluchos cenizos adultos en el periodo de reproducción, calculados con funciones kernel, en km². Se especifican de forma separada las primeras residencias utilizadas tras la finalización de la migración prenupcial (en principio, territorios de reproducción) de otras utilizadas más tarde en la temporada (en principio, residencias post-reproductoras)

Table 4. Mean sizes (\pm Standard Deviation, range indicated in brackets) of adult Montagu's harrier home ranges during the breeding period, calculated with kernel functions, in km². The first residences used after the end of the prenuptial migration (allegedly breeding territories) are specified separately from others used later in the season (allegedly post-breeding residences).

	Kernel 50		Kernel 90	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Total	110.53 \pm 412.92 (0.01-2802.74)	69.72 \pm 306.93 (1.29-2362.38)	582.52 \pm 2240.92 (0.06-15783.73)	312.91 \pm 1306.68 (5.64-10311.25)
Primeras residencias	4.41 \pm 7.92 (0.01-35.59)	24.30 \pm 42.24 (2.25-216.58)	50.23 \pm 64.13 (0.07-214.25)	134.63 \pm 199.35 (14.72-1062.85)
Otras residencias	188.36 \pm 533.85 (0.79-2802.74)	103.12 \pm 401.95 (1.29-2362.38)	1044.92 \pm 3007.32 (5.54-15783.73)	459.74 \pm 1753.42 (5.64-10311.25)

y que duran, globalmente, menos de dos días) durante su primera residencia, uno de ellos hasta Zamora (Fig 29E). El área de campeo estimada, excluyendo estos movimientos exploratorios, sería mucho más pequeña, del mismo orden de magnitud que los otros.

En el caso de las residencias post-reproductoras, las áreas más grandes se corresponden también a aquellas en las que se realizan movimientos exploratorios. Este es, por ejemplo, el caso de la hembra 211983, reproductora en el norte de Toledo, y que realizó mientras ocupaba residencias post-reproductoras viajes exploratorios a Valladolid en 2021 (Fig. 29D). Igualmente, la hembra 180217 reproductora en Lugo realizaba viajes regulares hacia la residencia que utilizaba en Valladolid (Fig. 23B), algunos de ellos de duración inferior a 2 días, por lo que se categorizaban como "exploratorios" en este trabajo. Este tipo de movimientos parece ser más frecuente en hembras que en machos. En cualquier caso, también enfatizan la capacidad de esta especie de evaluar zonas amplias en espacios de tiempo relativamente pequeños, y que esta información podría ser útil tanto en decisiones inmediatas como en años posteriores.

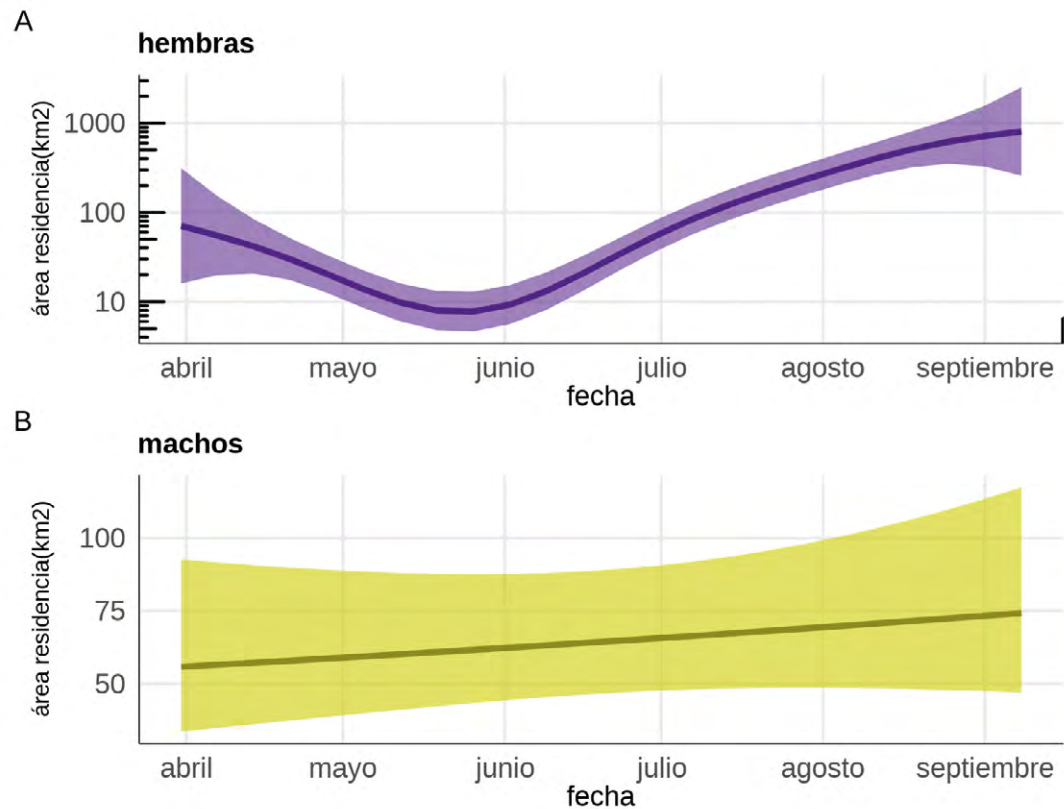
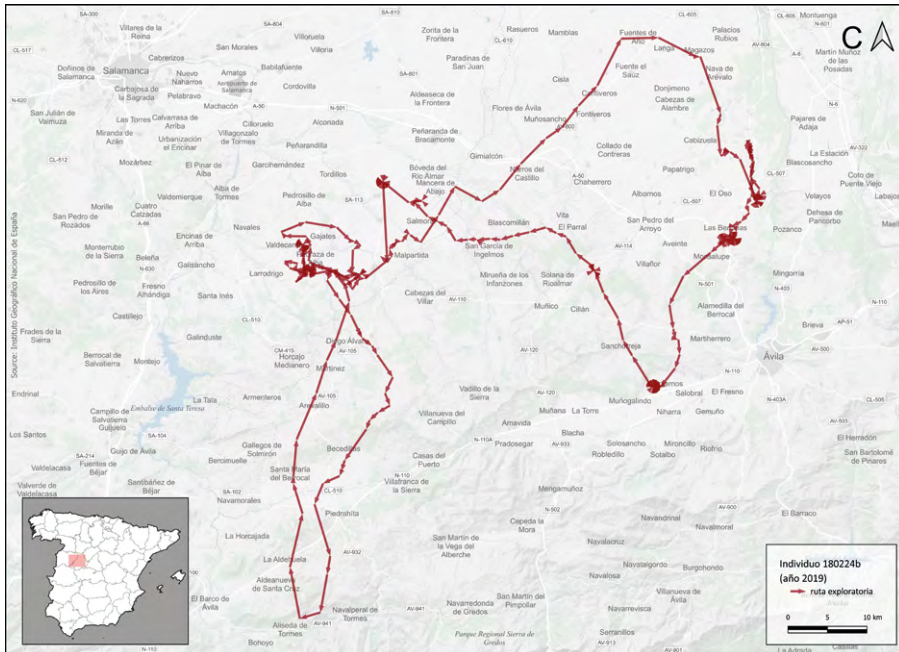
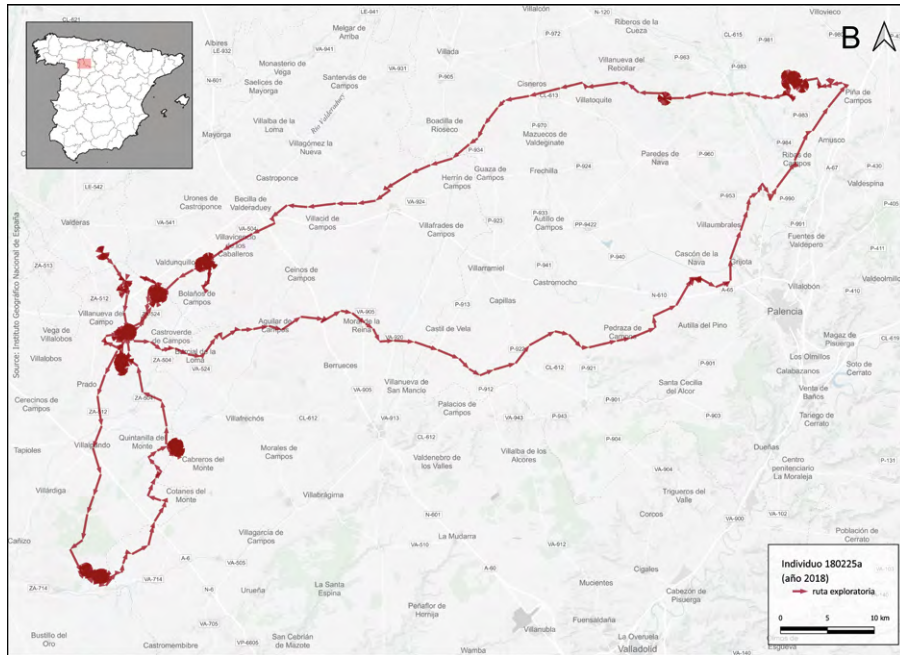
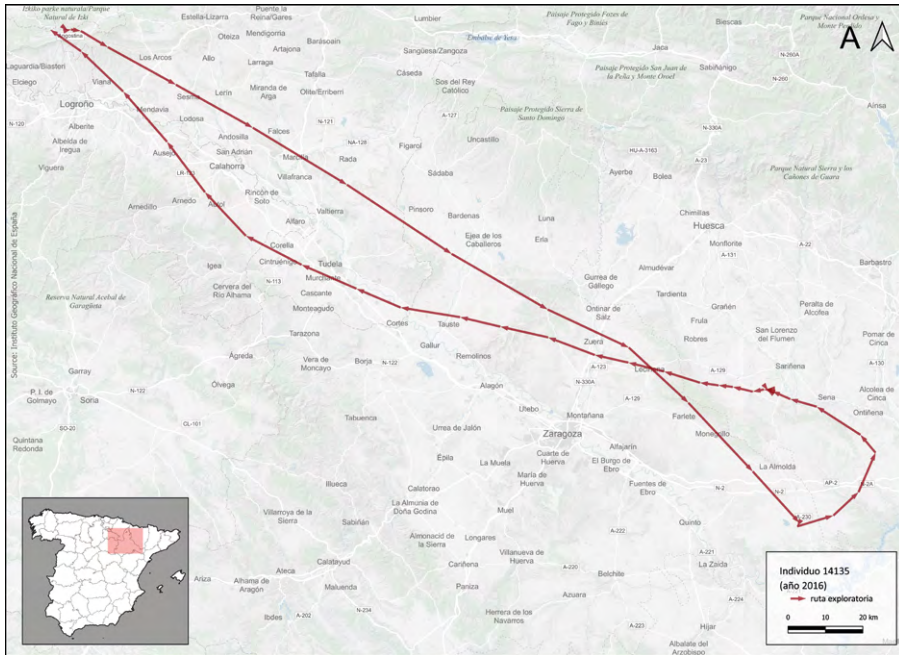


Figura 28. Área (km²) del kernel 90 de las áreas de campeo utilizadas cada semana en hembras (arriba) y machos (abajo) adultos. La gráfica ilustra los resultados de un GAMM que incluye identidad del individuo, e individuo-año, como factores aleatorios.

Figure 28. Area (km²) of home ranges (kernel 90) used each week in adult females (above) and males (below). The graph illustrates the results of a GAMM that includes individual identity and individual-year as random factors.



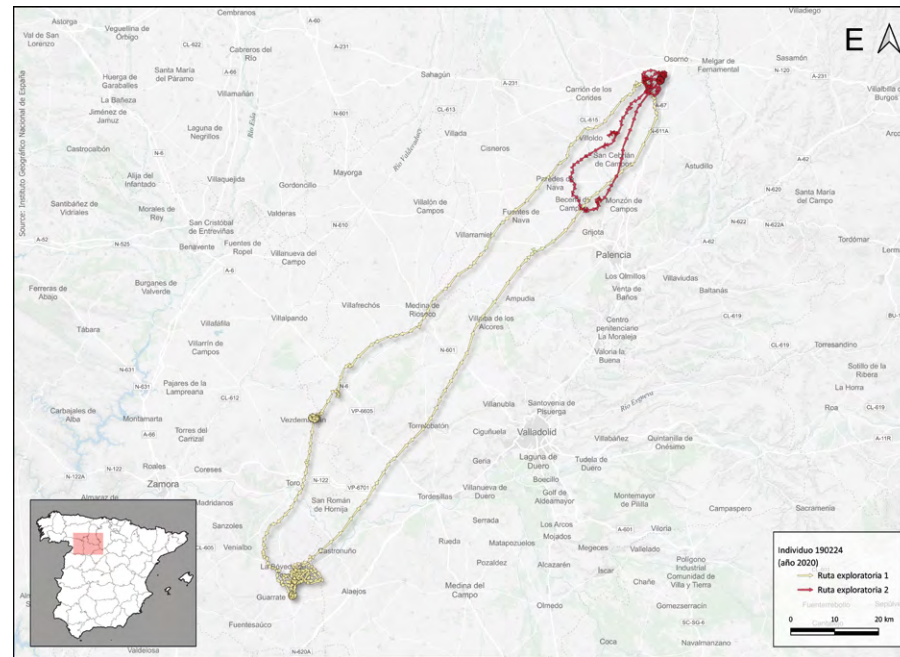
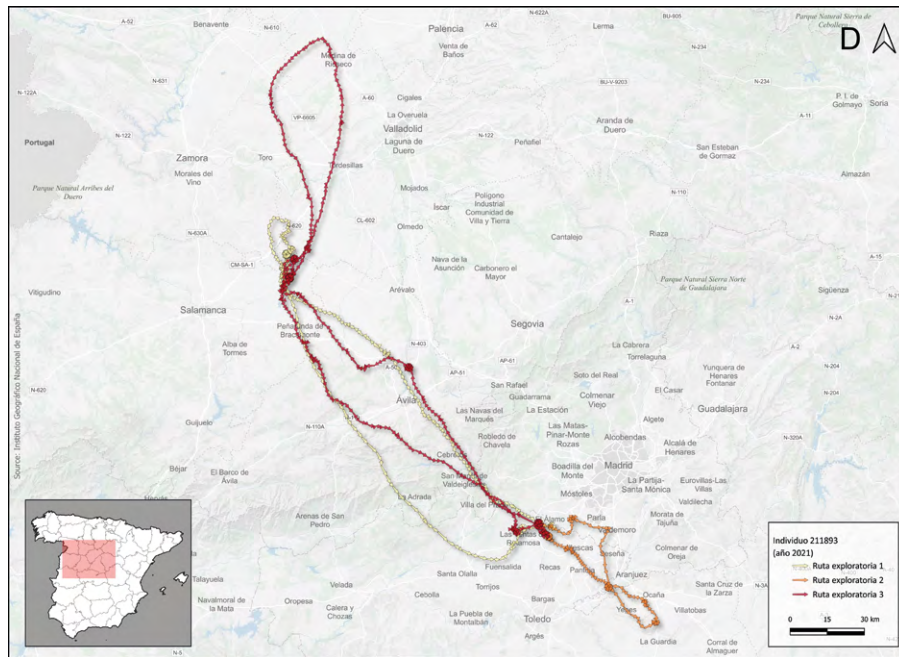
COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE EL PERIODO REPRODUCTOR



Figuras 29 A, B, C. Movimientos exploratorios observados en residencias durante el periodo reproductor. Se emplean distintos colores para diferenciar los diversos movimientos exploratorios que realiza un mismo individuo. La Tabla indica la distancia en kilómetros recorrida por cada individuo en cada una de sus rutas exploratorias, en función de si es la primera ruta exploratoria (1), segunda (2) o tercera (3).

Figures 29 A, B, C. Exploratory movements while in the residence areas during the breeding period. Different colours are used to distinguish each exploratory movement made by the same individual. The table indicates the distance travelled (km) by each individual on each of its exploratory routes, depending on whether it is the first (1), second (2) or third (3) exploratory route.

Figura Figure	Individuo Individual	Sexo Sex	Año Year	Distancia (km) recorrida en las rutas exploratorias 1/2/3 Distance (km) travelled in each exploratory route (1/2/3)
A	14135	♀	2016	530
B	180225a	♀	2018	280
C	180224b	♀	2019	320
D	211893	♀	2021	390/160/550
E	190224	♂	2020	300/75



Figuras 29 D, E. Movimientos exploratorios observados en residencias durante el periodo reproductor. Se emplean distintos colores para diferenciar los diversos movimientos exploratorios que realiza un mismo individuo. La Tabla indica la distancia en kilómetros recorrida por cada individuo en cada una de sus rutas exploratorias, en función de si es la primera ruta exploratoria (1), segunda (2) o tercera (3).

Figures 29 D, E. Exploratory movements while in the residence areas during the breeding period. Different colours are used to distinguish each exploratory movement made by the same individual. The table indicates the distance travelled (km) by each individual on each of its exploratory routes, depending on whether it is the first (1), second (2) or third (3) exploratory route.

Figura	Individuo	Sexo	Año	Distancia (km) recorrida en las rutas exploratorias 1/2/3
Figure	Individual	Sex	Year	Distance (km) travelled in each exploratory route (1/2/3)
A	14135	♀	2016	530
B	180225a	♀	2018	280
C	180224b	♀	2019	320
D	211893	♀	2021	390/160/550
E	190224	♂	2020	300/75

En este contexto, y aunque los datos de los 16 individuos de los que disponíamos información de múltiples años enfatizan la alta fidelidad general de los aguiluchos cenizos a sus zonas de cría, es importante remarcar el bajo tamaño muestral en el que esto se sustenta. Por otro lado, se sabe que en zonas donde la abundancia de alimento es temporalmente muy elevada (por ejemplo, en zonas donde ocurren explosiones poblacionales de micromamíferos), el número de aguiluchos que puede criar en esas zonas esos años aumenta de forma muy marcada, mientras que esos individuos “desaparecen” de esa zona en otros años (Salamolard *et al.* 2000, Millon & Bretagnolle 2008).

La probabilidad de moverse entre zonas es probable que esté asociada tanto a la edad como a la experiencia previa: las hembras más jóvenes tienen una menor probabilidad de reproducción cuando la abundancia de alimento es baja (Arroyo *et al.* 2007), por lo que es más probable que se muevan a otras zonas si las condiciones en su primera residencia no son adecuadas. Esto indica que la especie es capaz de tener dispersiones reproductoras importantes, aunque probablemente para ser capaces de cuantificarlas y caracterizarlas correctamente sería necesario un tamaño muestral mayor de individuos marcados que proporcionen información de varios años.

HÁBITATS UTILIZADOS

El hábitat de las residencias utilizadas durante el periodo reproductor se caracteriza fundamentalmente por hábitats agrícolas y de mosaico (Fig. 30).

Considerando la disponibilidad de hábitat durante el periodo reproductor como la proporción de hábitat en el polígono mínimo convexo (MCP) creado por las posiciones de todos los individuos monitorizados durante esta fase, se calculó el índice de selección de Ivlev entre los hábitats utilizados y los disponibles. Se aprecia en general que, a esta escala, los bosques y matorrales están seleccionados negativamente, mientras que las zonas agrícolas, así como zonas con agua, están seleccionados positivamente (Tabla 5).

Si se evalúa el uso del hábitat entre sexos, se aprecia que, en general, las hembras usan residencias con un mayor porcentaje de hábitats agrícolas, mientras que los machos utilizan más frecuentemente hábitats en mosaico y pastos (Fig. 31).

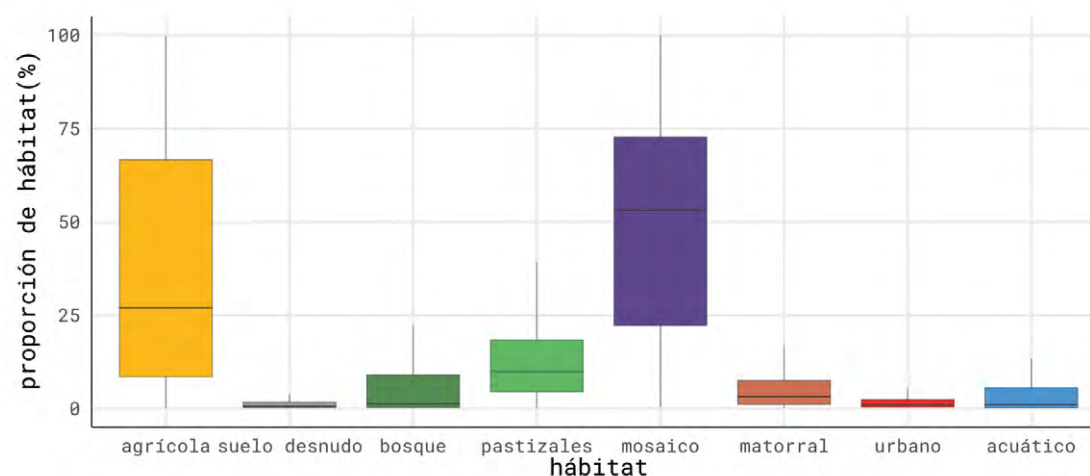


Tabla 5. Porcentaje de hábitats disponibles en el MCP formado por todos los individuos monitorizados, y porcentaje de hábitats utilizados (media de los encontrados en el kernel 90 de todas las residencias utilizadas durante la fase de reproducción). Se indica también el índice de Selección de Ivlev. En verde, hábitats usados más frecuentemente que lo disponible. En rojo, hábitats usados menos que lo disponible.

Table 5. Percentage of available habitats in the MCP formed by all monitored individuals, and percentage of habitats used (mean of those found in kernel 90 of all residences used during the breeding phase). The Ivlev Selection index is also indicated. In green, habitats used more frequently than expected in relation to availability. In red, habitats used less frequently than expected in relation to availability.

Hábitat simplificado	Porcentaje disponible	Porcentaje usado (media)	Índice de selección
Agrícola	18.1	35.4	0.32
Suelo desnudo	0.6	0.5	-0.09
Bosque	14.9	3.6	-0.61
Pastizales	10.1	12.6	0.11
Mosaico	41.1	42.2	0.01
Matorral	13.5	3.4	-0.60
Urbano	1.0	1.4	0.17
Agua	0.4	0.9	0.38

Figura 30. Proporción de distintos hábitats en las residencias utilizadas durante el periodo reproductor.

Figure 30. Proportion of different habitats in the residences used during the breeding period.

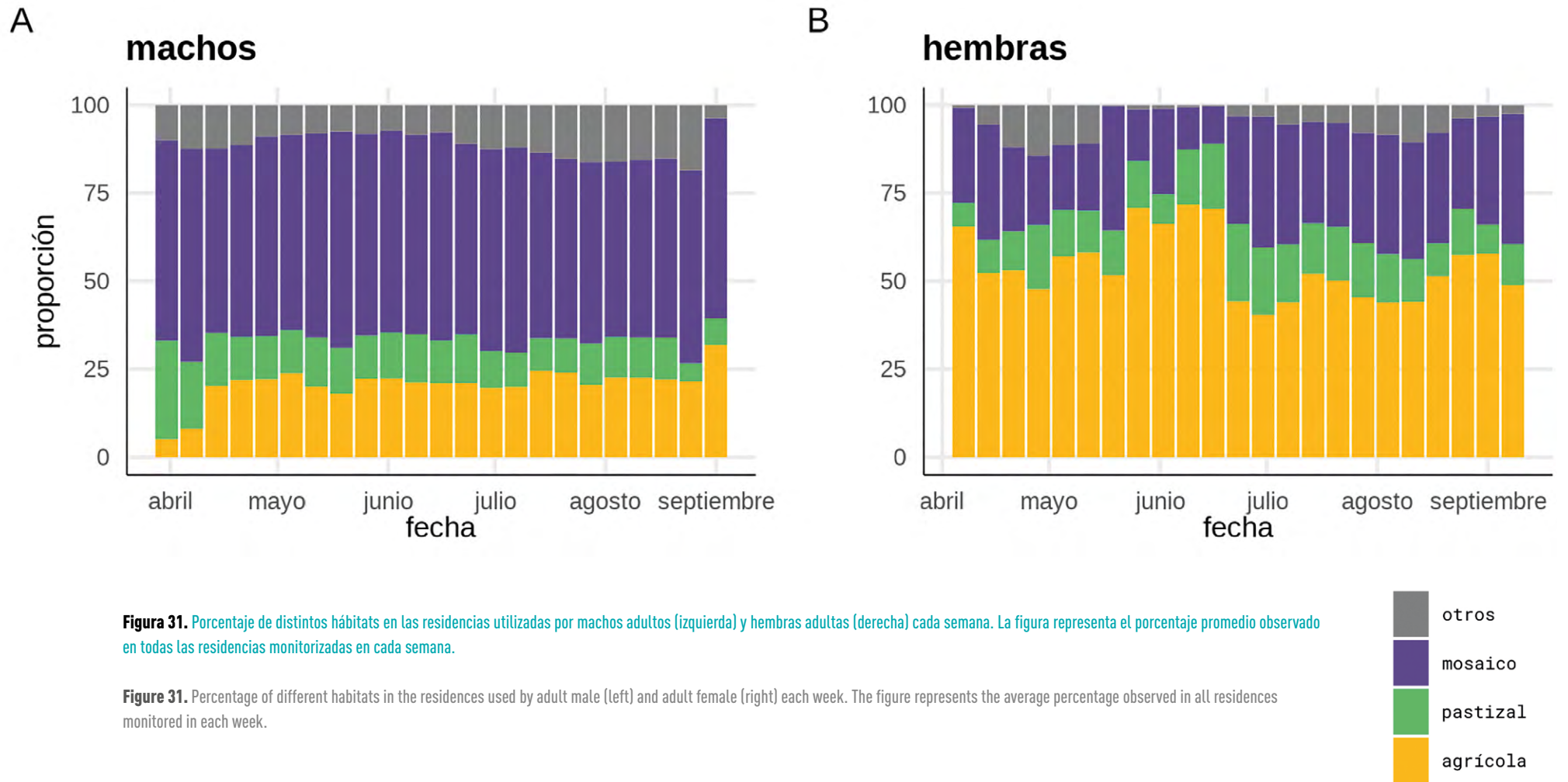


Figura 31. Porcentaje de distintos hábitats en las residencias utilizadas por machos adultos (izquierda) y hembras adultas (derecha) cada semana. La figura representa el porcentaje promedio observado en todas las residencias monitorizadas en cada semana.

Figure 31. Percentage of different habitats in the residences used by adult male (left) and adult female (right) each week. The figure represents the average percentage observed in all residences monitored in each week.

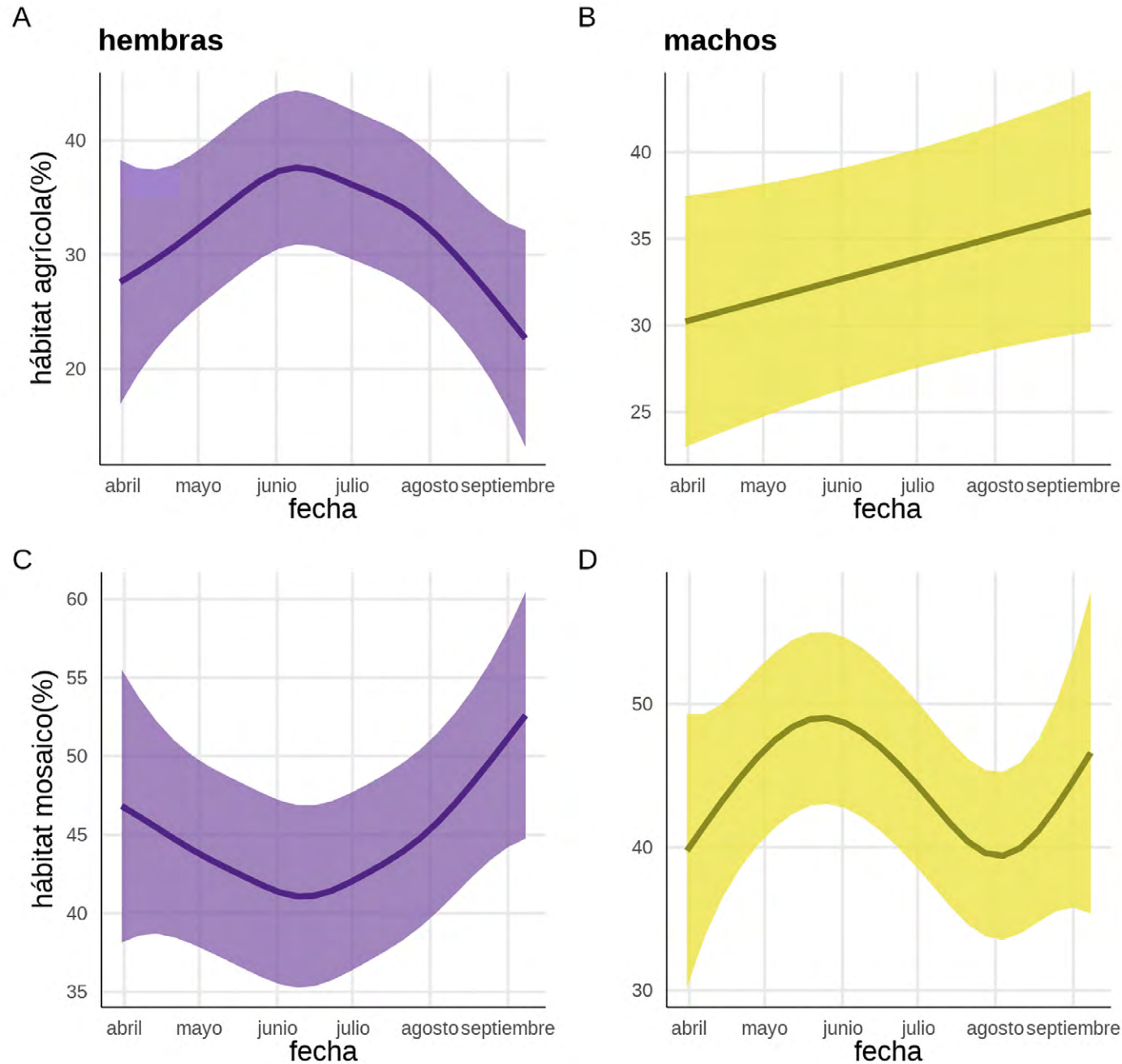


Figura 32. Variación temporal de la proporción de hábitat agrícola (arriba) y de hábitats en mosaico (abajo) en hembras (izquierda) y machos (derecha) en relación a la semana (1 = 1 enero).

Figure 32. Temporal variation of in the proportion of agricultural habitat (top) and mosaic habitats (bottom) in females (left) and males (right) in relation to week (1 = 1 January).

Este uso del hábitat también muestra cierta variabilidad temporal en ambos sexos (Fig. 32). Un análisis de la variación de la proporción de hábitats agrícolas en las áreas de campeo con el tiempo indica que, en las hembras, ésta aumenta en las semanas 20-25 (coincidiendo con la incubación). En los machos, este periodo, en el que proporcionan la totalidad del alimento que recibe la hembra, coincide con un aumento del uso de hábitats en mosaico. En las hembras, el uso de hábitats en mosaico aumenta proporcionalmente a final de la temporada, cuando sus movimientos ya no están vinculados a la localización del nido.

EN SÍNTESIS...

La fecha de llegada a las áreas utilizadas durante el periodo reproductor no varía con el sexo (es decir, no es más temprana en machos que en hembras), pero sí con la latitud a la que se instalan, con casi 15 días de diferencia entre los que se instalan al sur y al norte de la Península, lo que está asociado con la diferencia en fenología de puesta observada en nuestro territorio.

Los aguiluchos pasan de media cuatro meses y medio en la Península, y durante este tiempo utilizan entre 1 y 5 residencias distintas, siendo 2 la cifra más habitual. La primera residencia, que se ocupa inmediatamente tras terminar la migración, es probablemente la reproductora, mientras que la o las siguientes son probablemente residencias post-reproductoras (aunque alguna de ellas podría incluir las utilizadas en puestas de reposición). Se observaron, no obstante, dos excepciones (entre las 21 temporadas completas monitorizadas), en las que dos hembras utilizaron brevemente una residencia (que podría ser exploratoria) antes de instalarse en la probablemente reproductora. Globalmente, estos datos sugieren que al acabar la migración prenupcial los aguiluchos se dirigen directamente hacia la zona seleccionada para reproducirse, aunque tampoco excluyen el que un porcentaje de las hembras puedan reubicarse a zonas alternativas si las condiciones en la zona habitual no son las adecuadas.

Las residencias post-reproductoras pueden estar muy alejadas de las primeras, con la mitad de los individuos desplazándose más de 100 km entre ellas. Esto tiene implicaciones para la realización de estimas de abundancia: indica que individuos observados a partir de finales de mayo no son necesariamente reproductores, y debería asegurarse que se observan comportamientos reproductores para considerarlos como tales, como ya se considera en los métodos

utilizados en los censos nacionales y regionales. También tiene implicaciones en la identificación de zonas adecuadas para la especie en nuestro país, que no deberían basarse exclusivamente en la localización de nidos.

Las residencias post-reproductoras probablemente sirven también como puntos de recogida de información ambiental para posibles reproducciones futuras. De los pocos individuos de los que hay información de múltiples años ($n = 16$), la distancia entre las primeras residencias utilizadas es bastante baja, lo que indica fidelidad al sitio de reproducción. No obstante, en el 15% de los casos monitorizados las hembras se desplazaron entre años a más de 20 km, y en algunos de esos casos se instalaron en zonas utilizadas como residencias post-reproductoras en años anteriores, o zonas visitadas en movimientos exploratorios (movimientos de transición que empiezan y terminan en la misma residencia). Estos movimientos exploratorios pueden ser muy amplios, y son aparentemente más frecuentes en hembras que en machos.

Durante su estancia en España, los aguiluchos utilizan áreas de campeo en cada residencia de más de 300 km² (machos) o 500 km² (hembras) si consideramos el kernel 90 (con la excepción de las hembras en sus residencias reproductoras, cuando utilizan áreas de campeo relativamente pequeñas, sobre todo durante la incubación). Esto enfatiza también la necesidad de proteger zonas amplias para cubrir las necesidades ecológicas de esta especie.





COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE LA INVERNADA

Sara Puche, Mario Fernández-Tizón y Beatriz Arroyo

La época no reproductora, correspondiente al periodo invernal de zonas paleárticas, es un momento que puede tener mayores limitaciones ambientales y por tanto estar asociada a una mayor mortalidad. En el caso de las especies migradoras puede que esto no se cumpla, ya que justamente se desplazan para buscar otras zonas donde las condiciones ambientales sean adecuadas. En estos casos, no obstante, es particularmente importante tener conocimientos de la ecología espacial durante esta época para tener una visión holística de los requerimientos necesarios para la conservación de la especie a lo largo de todo el año, teniendo en cuenta además que la época no reproductora puede ser más larga incluso que la reproductora.

Definimos el periodo de “invernada” como aquel transcurrido entre la finalización de la migración post-reproductora y el inicio de la prenupcial. Así, para los aguiluchos cenizos reproductores en España, el periodo de invernada comienza de media el 4 de septiembre ± 10.3 días (rango 10 de agosto - 8 de octubre, $n=74$), y finaliza de media el 17 de marzo ± 10.3 días (rango 20 de febrero - 17 de abril, $n=52$). La duración promedio del periodo de invernada es por tanto de 191 ± 11.8 días ($n=52$), es decir cerca de seis meses y medio, un periodo considerablemente más largo que el que pasan en la península ibérica en su periodo reproductor.

En el periodo 2013-2022 se obtuvieron datos de 77 periodos de invernada de 46 individuos (20 machos y 24 hembras adultas, 1 hembra subadulto y 1 juvenil). La información de 22 de estos periodos era incompleta debido a la muerte del individuo o fallo del emisor durante dicho periodo. Se dispone de información de

55 periodos invernales completos de 29 individuos. A continuación se describen, a partir de estos datos, el número de residencias utilizadas durante este periodo, las distancias entre las mismas, la fidelidad interanual a las áreas utilizadas, las áreas de campeo utilizadas en cada residencia, así como las posibles diferencias entre sexos en estos parámetros.

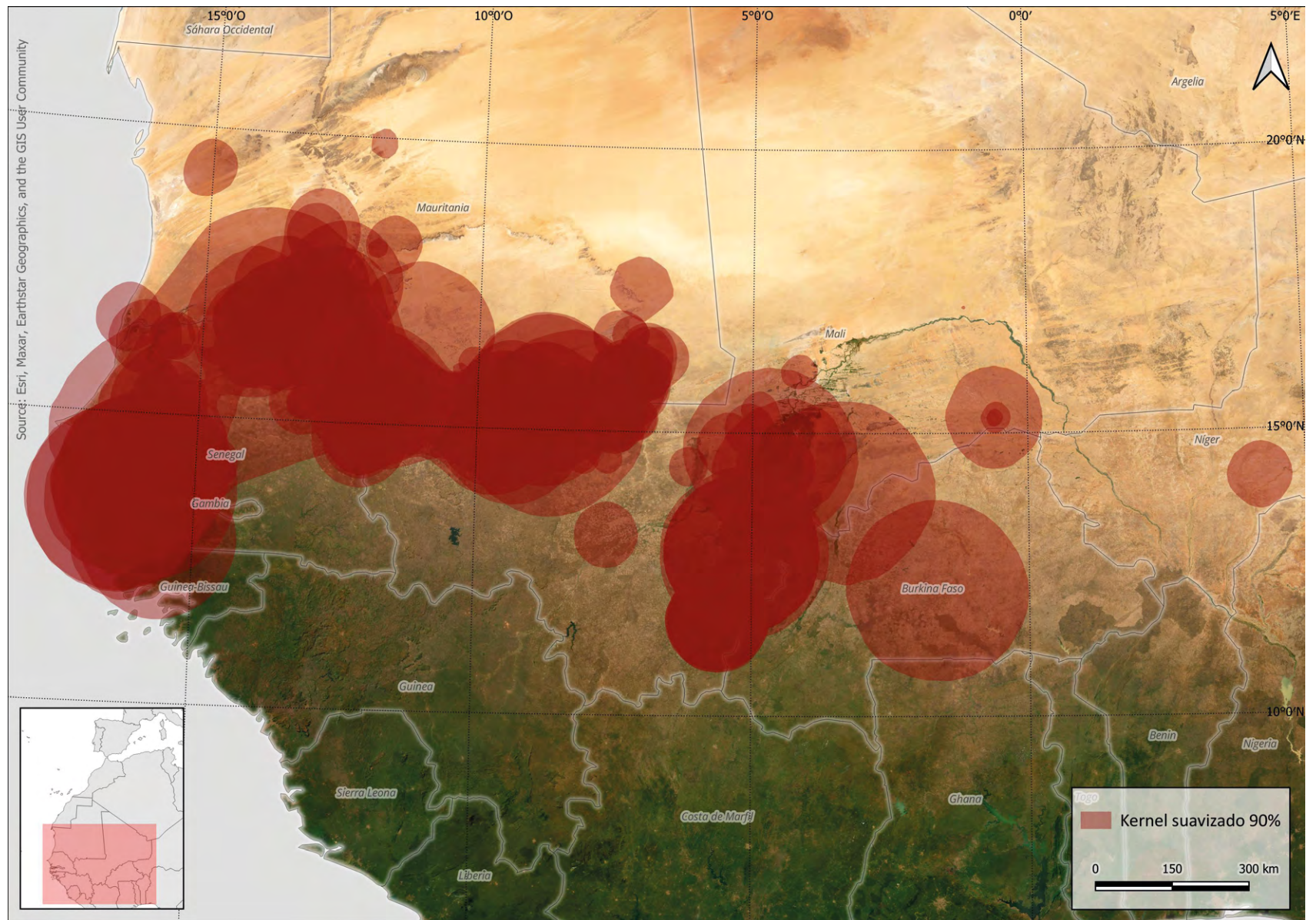
LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DE LAS ÁREAS DE INVERNADA

Los individuos marcados en la Península, de forma general, pasan el periodo de invernada en una zona amplia que va desde Senegal-Gambia hasta el centro de Mali (Fig. 33). Globalmente, ocupa una zona de ca. 2500 km de longitud y casi 1000 km de anchura que cubre más de 1 600 000 km² y que es, globalmente, casi cuatro veces más amplia que la zona que ocupan en España.

Si consideramos la localización de los centroides de las 310 residencias identificadas de todos los individuos monitorizados, observamos que la mayoría de ellas están en Mauritania y Mali, secundariamente en Senegal y Gambia (Tabla 6). Mauritania destaca como un país muy importante para la invernada de los aguiluchos españoles, ya que el 85% de los 46 aguiluchos monitorizados realizan al menos una residencia invernal en ese país. Destaca también la relativa importancia de Gambia donde, a pesar del pequeño tamaño de este país, el 13% de los individuos ubica alguna de sus residencias invernales, y además lo hacen durante mucho más tiempo que cuando las residencias están en otros países (Tabla 6).

Figura 33. Distribución de las áreas de invernada de los aguiluchos cenizos monitorizados. La figura representa los kernel 90 del conjunto de localizaciones de cada individuo* año.

Figure 33. Distribution of the wintering areas of the Montagu's Harriers monitored. The figure represents the 90 kernel of the set of locations of each individual*year.



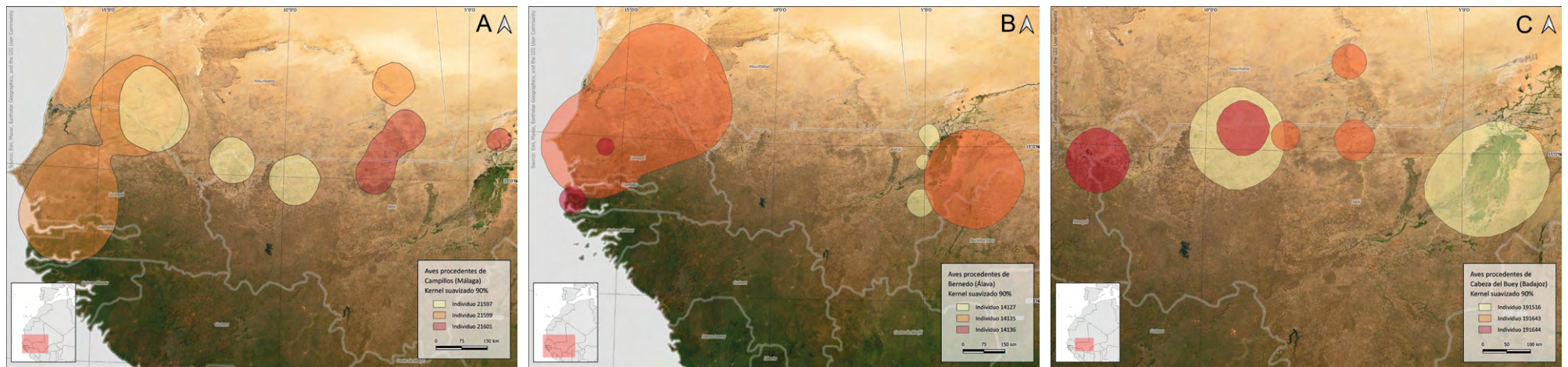


Figura 34. Distribución de residencias invernales de individuos que comparten zonas de reproducción. La figura representa los kernel 90 del conjunto de localizaciones de cada individuo*año. A- Tres individuos reproductores en el término municipal de Campillos (Málaga). B- Tres individuos reproductores en el término municipal de Bernedo (Álava). C- Tres individuos reproductores en el término municipal de Cabeza del Buey (Badajoz).

Figure 34. Distribution of winter residences of individuals sharing breeding grounds. The figure represents the 90 kernel of the set of locations of each individual*year. A- Three individuals breeding in the municipality of Campillos (Málaga). B- Three individuals breeding in the municipality of Bernedo (Álava). C- Three individuals breeding in the municipality of Cabeza del Buey (Badajoz).

La gran extensión de las áreas de invernada para toda la población española se aprecia también evaluando las áreas de invernada de individuos de una misma población reproductora. Si comparamos las áreas utilizadas durante el periodo invernal de individuos que comparten áreas durante el periodo reproductivo se observa que no comparten las mismas áreas de invernada, sino que se distribuyen a lo largo de una extensa área longitudinal: así, 3 individuos reproductores en el municipio de Campillos (Málaga) y otros tres

Tabla 6. Localización de las residencias invernales de los aguiluchos cenizos monitorizados. Se indica también a cuántos individuos diferentes pertenecen dichas residencias, así como el periodo de estancia medio en dichas residencias.

Table 6. Location of the winter residences of monitored Montagu's harriers. Also indicated how many different individuals these residences belong to, as well as the average length of stay in said residences.

País	Número de residencias	Individuos diferentes	Periodo de estancia (días)	Área del país (km²)
Mauritania	139	39	28 ± 27	1030700
Mali	94	26	54 ± 50	1241200
Senegal	63	18	39 ± 38	196800
Gambia	12	6	102 ± 46	11300
Burkina Faso	1	1	68	274500
Niger	1	1	57	1267000

reproductores en el municipio de Bernedo (Álava) utilizaron zonas de invernada a lo largo de una franja de 1500 km desde Gambia hasta Mali, aunque existe cierto recubrimiento en alguna de sus residencias (Fig. 34A y 34B). Otros tres reproductores en el término municipal de Cabeza del Buey (Badajoz) se distribuyeron en invierno a lo largo de una franja de casi 900 km (Fig. 34C). En este caso, algunas residencias son también compartidas entre algunos de los individuos.

RESIDENCIAS UTILIZADAS EN PERIODO INVERNAL: NÚMERO, DURACIÓN Y DISTANCIA ENTRE RESIDENCIAS SUCESIVAS

Durante cada periodo de invernada, la media de residencias utilizadas por cada individuo fue de 4.3 ± 2.4 (rango 2 – 13, $n=55$ invernadas completas, Figura 35).

Estas residencias se utilizan durante un promedio de 41 ± 42 días cada una (rango 3-183). La duración depende del orden de utilización, y del número total de residencias que se utilicen durante el periodo entero (GLMM, $\text{Chi}^2_1=3.82$, $P=0.05$ y $\text{Chi}^2_{22}=890.8$, $P<0.001$ respectivamente). Por un lado, lógicamente, cuantas más residencias se utilizan, en promedio menos tiempo se pasa en cada una de ellas. Pero además, se tiende a pasar más tiempo en la residencia que se usa en último lugar antes de iniciar de nuevo la migración prenupcial (independientemente de cuántas residencias se hayan utilizado previamente), donde en promedio los aguiluchos pasan 84 ± 54 días (Fig. 36).

Figura 35. Distribución de frecuencia del número de residencias utilizadas por cada individuo en un periodo de invernada.

Figure 35. Frequency distribution of the number of residences used by each individual in a wintering period.

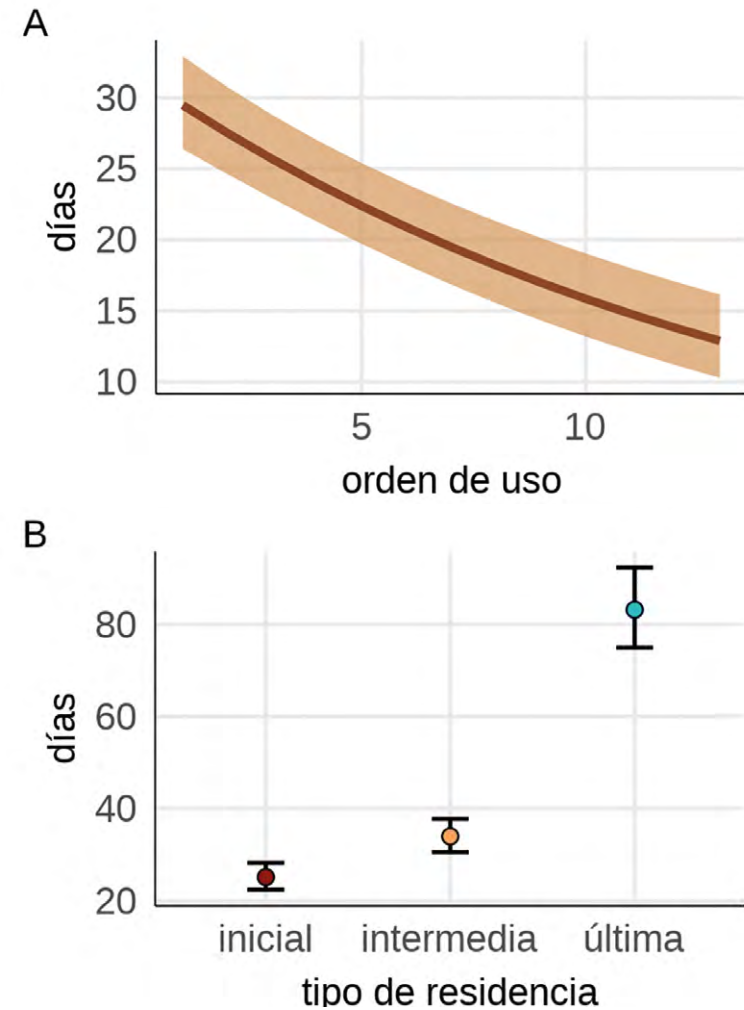
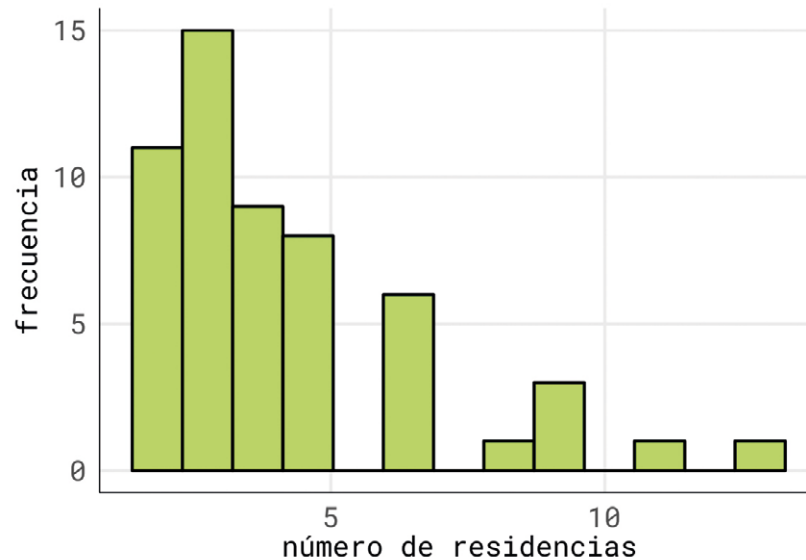


Figura 36. Tiempo de utilización de cada residencia invernal en función del orden de uso (A) y del tipo de residencia (B).

Figure 36. Time of use of each winter residence as a function of order of use (A) and type of residence (B).

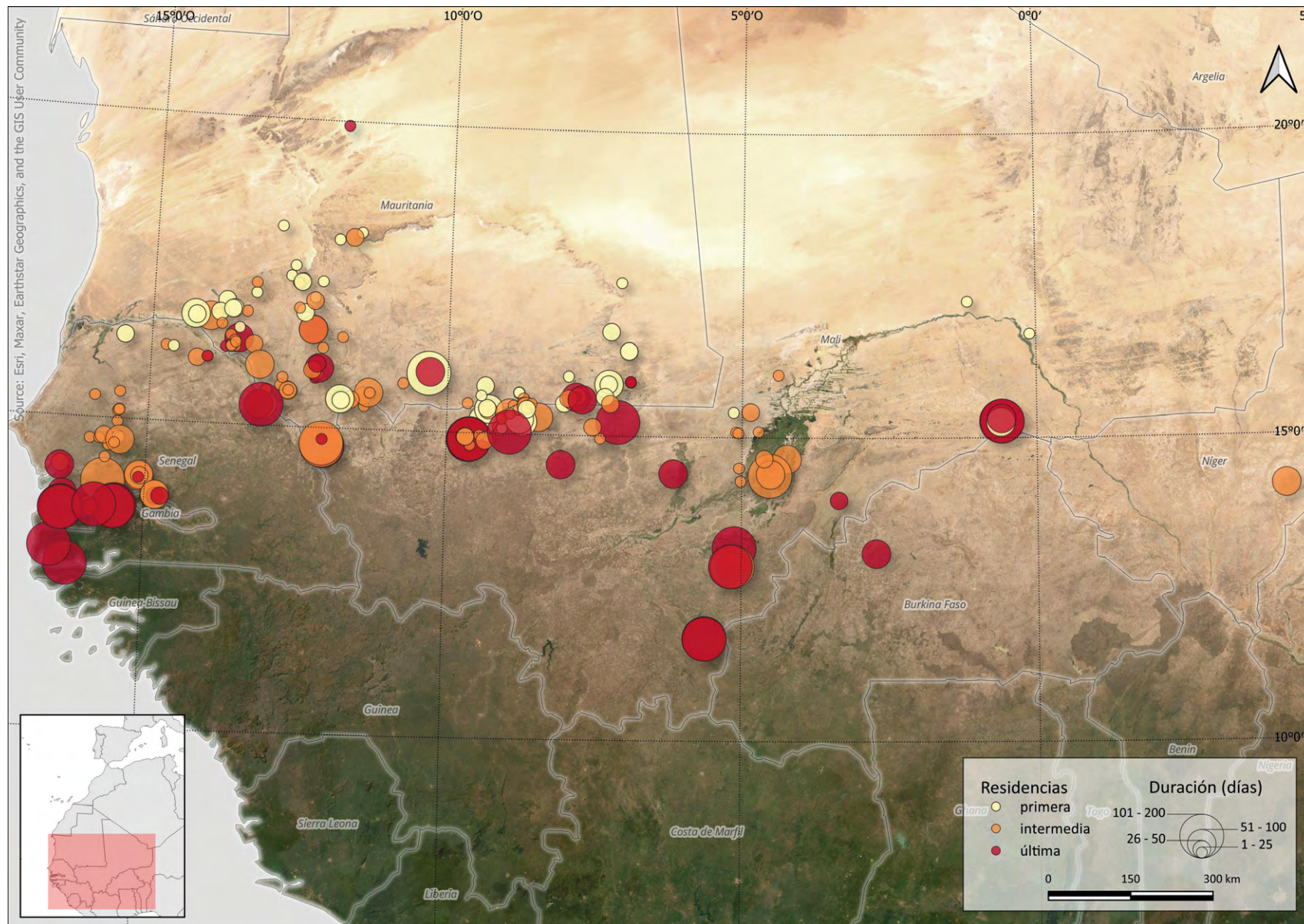


Figura 37. Localización de los centroides de las residencias utilizadas en invernada. Los colores indican la secuencia temporal representada como primera (amarillo), intermedia (naranja) y última (rojo), y el tamaño es relativo al número de días que se utiliza esa residencia. Se consideran sólo las invernadas completas (n = 55).

Figure 37. Location of the centroids of the residences used in wintering. The colours indicate the temporal sequence represented as first (yellow), intermediate (orange) and last (red), and the size is relative to the number of days that residence is used. Only complete wintering periods are considered (n = 55).

La distancia entre residencias sucesivas varía entre 0.15 km y 1130 km, siendo en promedio 166.9 ± 178.9 km. Las distancias mínimas se corresponden a situaciones en las que un individuo abandona una residencia, realizando movimientos de transición durante más de dos días, pero volviendo finalmente a la misma zona inicial. Según la definición utilizada en este trabajo, este segundo periodo se categoriza como una nueva residencia. La distancia entre residencias sucesivas no varía ni con el sexo ni con la fecha de inicio de utilización (GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 0.24$, $P = 0.62$ y $\text{Chi}^2_1 = 1.96$, $P = 0.16$ respectivamente).

En general, los aguiluchos se desplazan a residencias localizadas más hacia el sur a lo largo del periodo de invernada (Fig. 37). Estos patrones ya habían sido descritos para aguiluchos marcados en el norte-centro de Europa, asociados al cambio de disponibilidad de ortópteros durante la temporada según va variando la lluvia (Trierweiler *et al.* 2013). No obstante, el análisis de la latitud de los centroides de las residencias utilizadas en función de la fecha en la que se inicia su ocupación indica que las residencias utilizadas a partir del tercer mes del periodo de invernada tienden a estar situadas de nuevo un poco más hacia el norte (Fig. 38).

Figura 38. Latitud del centroide de cada residencia invernal en función de la fecha en la que empieza a utilizarse (el día cero es el día de llegada a la zona de invernada).

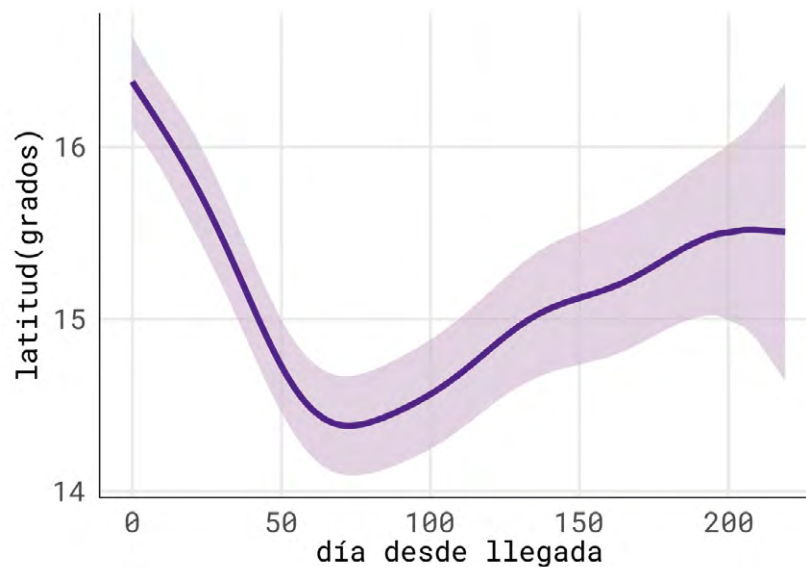


Figure 38. Latitude of the centroid of each winter residence as a function of the date on which it starts to be used (day zero is the day of arrival in the wintering area).

Considerando sólo las últimas residencias que, como hemos dicho antes, son aquellas en las que los aguiluchos pasan más tiempo, destaca la importancia de Mali, donde se encuentra el 38% de dichas residencias, así como Senegal y Gambia que, conjuntamente, albergan otro 24% de dichas residencias.

Más allá de este patrón general, existe mucha variabilidad entre individuos en cuanto a las estrategias de movimiento. Considerando las invernadas completas, la distancia (lineal) total entre todas las residencias utilizadas en un mismo periodo es de 418.8 ± 270.26 km, pero el rango es muy amplio (27-1372 km, Fig. 39). Algunos individuos utilizan una estrategia tipo "nómada", usando muchas residencias entre las que realizan movimientos constantes (Fig. 40A); otros utilizan pocas residencias y muy distantes unas de otras (Fig. 40C) y otros, pocas residencias y muy próximas entre ellas (Fig. 40B)

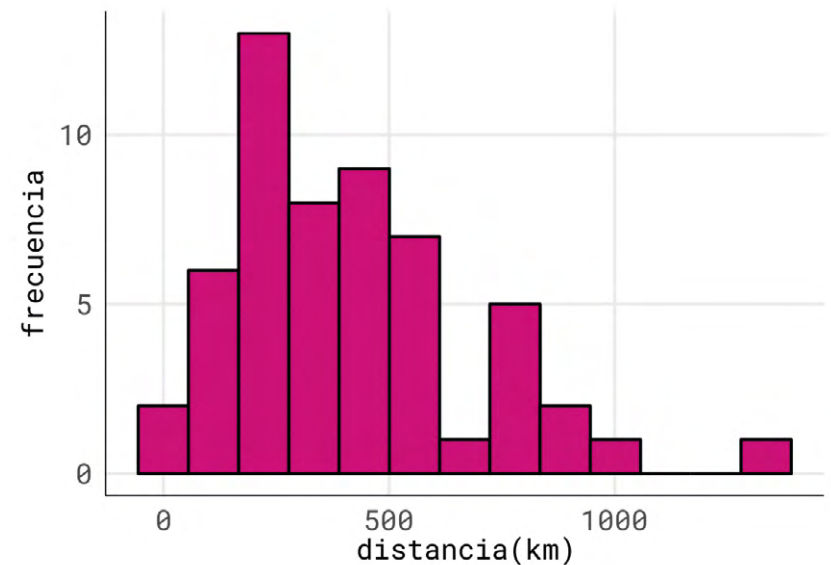


Figura 39. Distancia máxima (km) entre residencias utilizadas por un individuo en un mismo periodo de invernada.

Figure 39. Maximum distance (km) between residences used by an individual in the same wintering period.

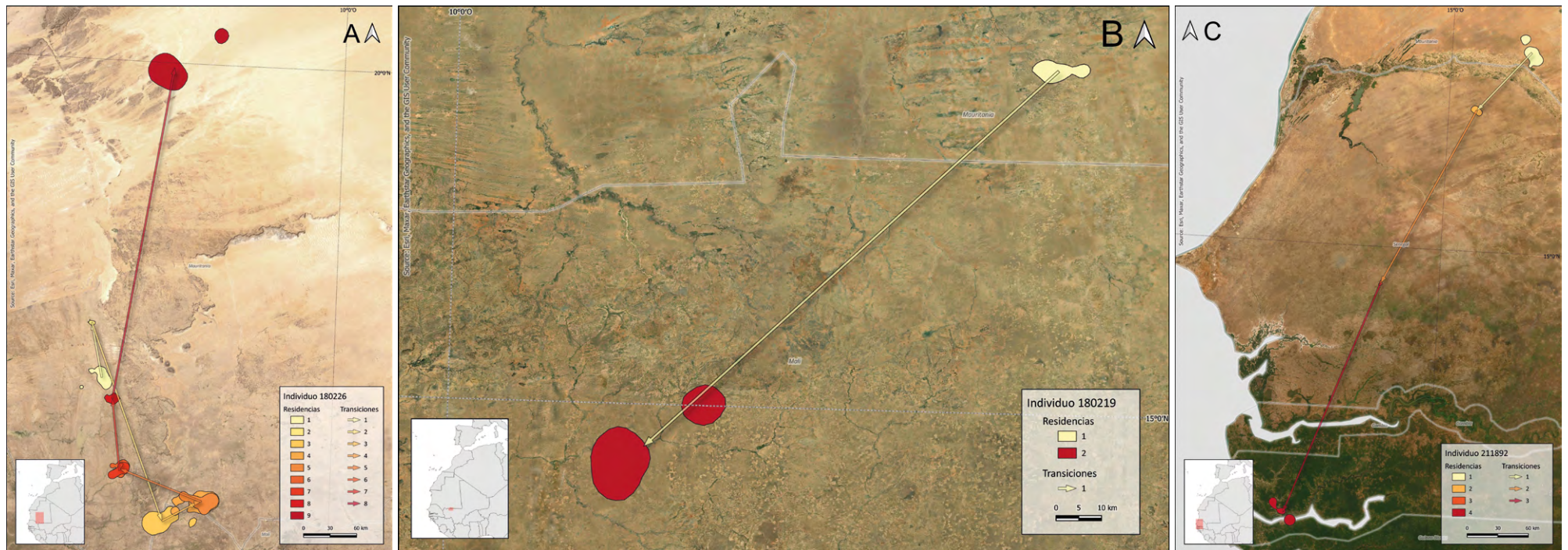


Figura Figure	Individuo Individual	Sexo Sex	Año Year	Residencia Residence	Llegada Arrival	Duración (días) Duration (days)
A	180226	♀	2019	1	14/09/2019	25
				2	09/10/2019	20
				3	3/11/2019	17
				4	22/11/2019	25
				5	21/12/2019	10
				6	03/01/2020	4
				7	10/01/2020	9
				8	20/1/2020	53
				9	19/03/2020	9
B	180219	♀	2020	1	04/09/2020	24
				2	28/09/2020	157
C	211892	♂	2021	1	13/09/2021	27
				2	10/10/2021	8
				3	18/10/2021	33
				4	21/11/2021	105

Figura 40. Ejemplos de localizaciones de residencias invernales de diversos individuos. Los polígonos indican el área de campeo según un kernel 90 y las flechas indican la direccionalidad entre residencias. La tabla muestra la fecha de llegada y la duración en días que pasa cada individuo en cada una de sus residencias invernales.

Figure 40. Examples of locations of winter residences of various individuals. The polygons indicate the home range according to a 90 kernel and the arrows indicate the directionality between residences. The table shows the date of arrival and the duration in days spent by each individual at each of its winter residences.

FIDELIDAD INTERANUAL A LAS RESIDENCIAS UTILIZADAS DURANTE EL PERIODO DE INVERNADA

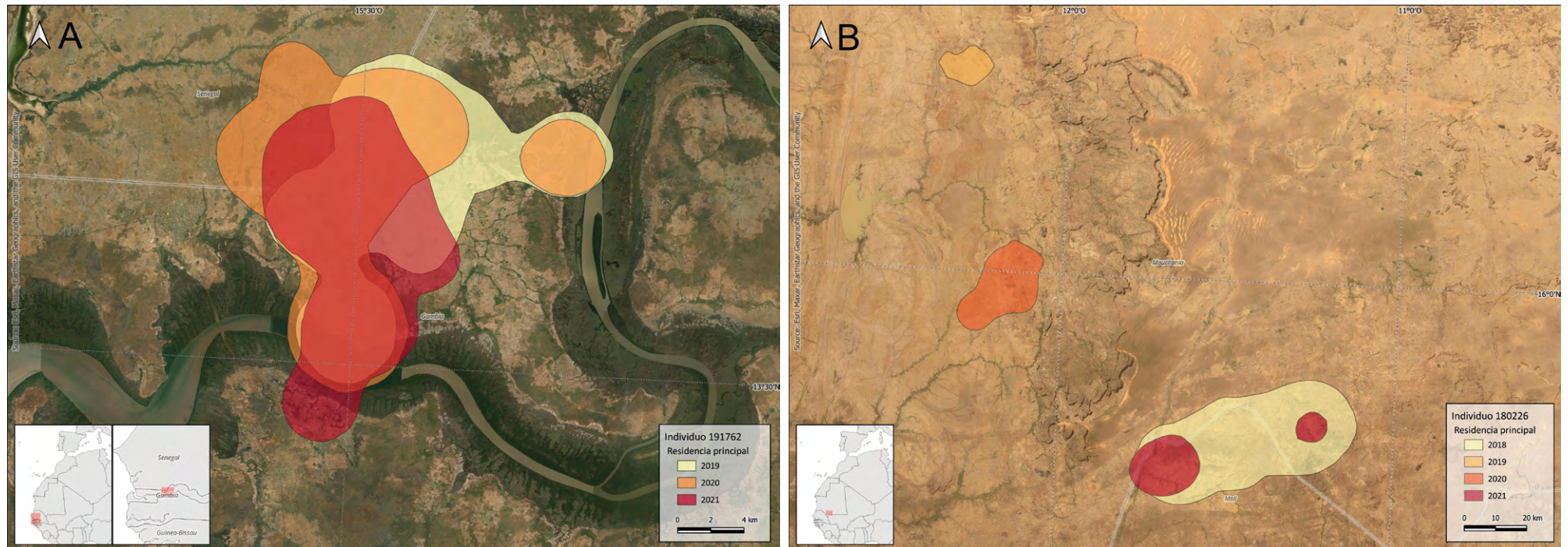
De todos los individuos marcados, en 13 de ellos había datos de más de una invernada completa, concretamente 2 con 2 invernadas, 9 con 3 invernadas y 2 con 4 invernadas. Con la información de estos 39 periodos de invernada observamos que la distancia media entre primeras residencias utilizadas en años consecutivos es 65.6 ± 70.7 km, y la distancia media entre últimas residencias es 46.8 ± 70.7 km. Como en otros casos, esta media es el resultado de una distribución de valores amplia. Si se consideran sólo las residencias en las que se pasa más tiempo en cada invernada, se observa una mayor fidelidad a las mismas, siendo la mediana de las distancias entre las coordenadas promedio de dichas residencias de 3.3 km (rango 0.2 - 142.2, n=41). Esta gran fidelidad a

las residencias utilizadas de forma más duradera en la invernada, así como un ejemplo más atípico, se ilustran en la Figura 41.

En cualquier caso, se observa que, aunque las residencias no sean exactamente las mismas, los patrones de movimiento suelen ser semejantes: los individuos se mueven en la misma dirección hacia sus residencias sucesivas cada año (Figura 42).

Figura 41. Ejemplo típico (izquierda) y atípico (derecha) de fidelidad territorial interanual de las principales residencias en invernada (más duraderas). Los polígonos indican el área de campeo según un kernel 90.

Figure 41. Typical (left) and atypical (right) example of inter-annual territorial fidelity of the main (longest) wintering residences. The polygons indicate the home range according to a 90 kernel.



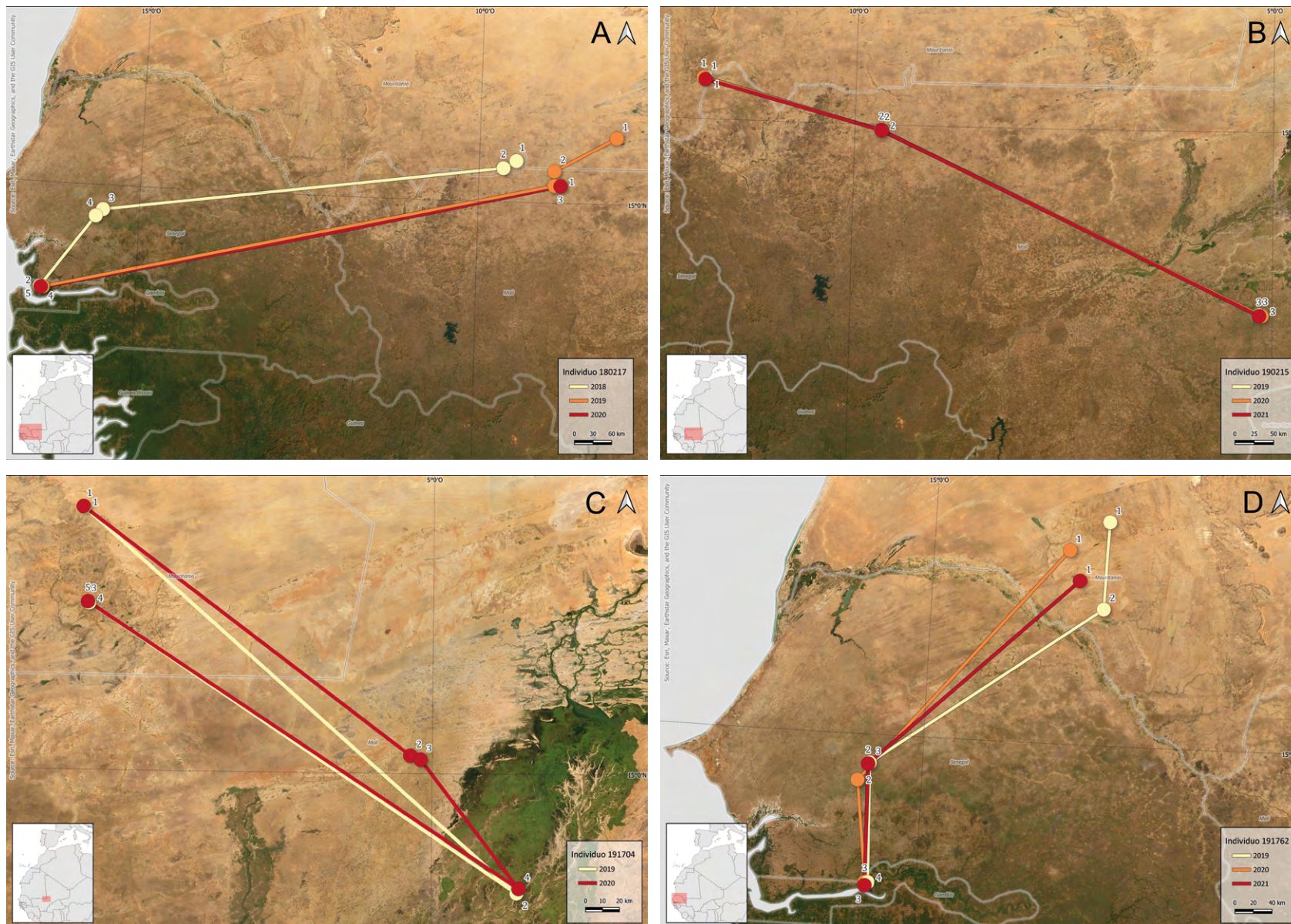


Figura 42. Ejemplos de fidelidad interanual a los patrones de movimiento entre residencias sucesivas durante el periodo de invernada. Se muestran los centroides de las residencias como círculos numerados según la secuencia de uso, con diferentes tonalidades según el año correspondiente, al igual que las transiciones entre estas residencias. Individuos 180217, 191704 y 191762 misma dirección, pero no mismas residencias cada año. Individuo 190215 misma dirección y mismas residencias cada año.

Figure 42. Examples of inter-annual fidelity to movement patterns between successive residences during the wintering period. The centroids of the residences are shown as numbered circles according to sequence of use, with different shades according to the corresponding year, as are the transitions between these residences. Individuals 180217, 191704 and 191762 same direction, but not same residences each year. Individual 190215 same direction and same residences each year.



USO DEL ESPACIO DURANTE EL PERIODO DE INVERNADA: ÁREAS DE CAMPEO

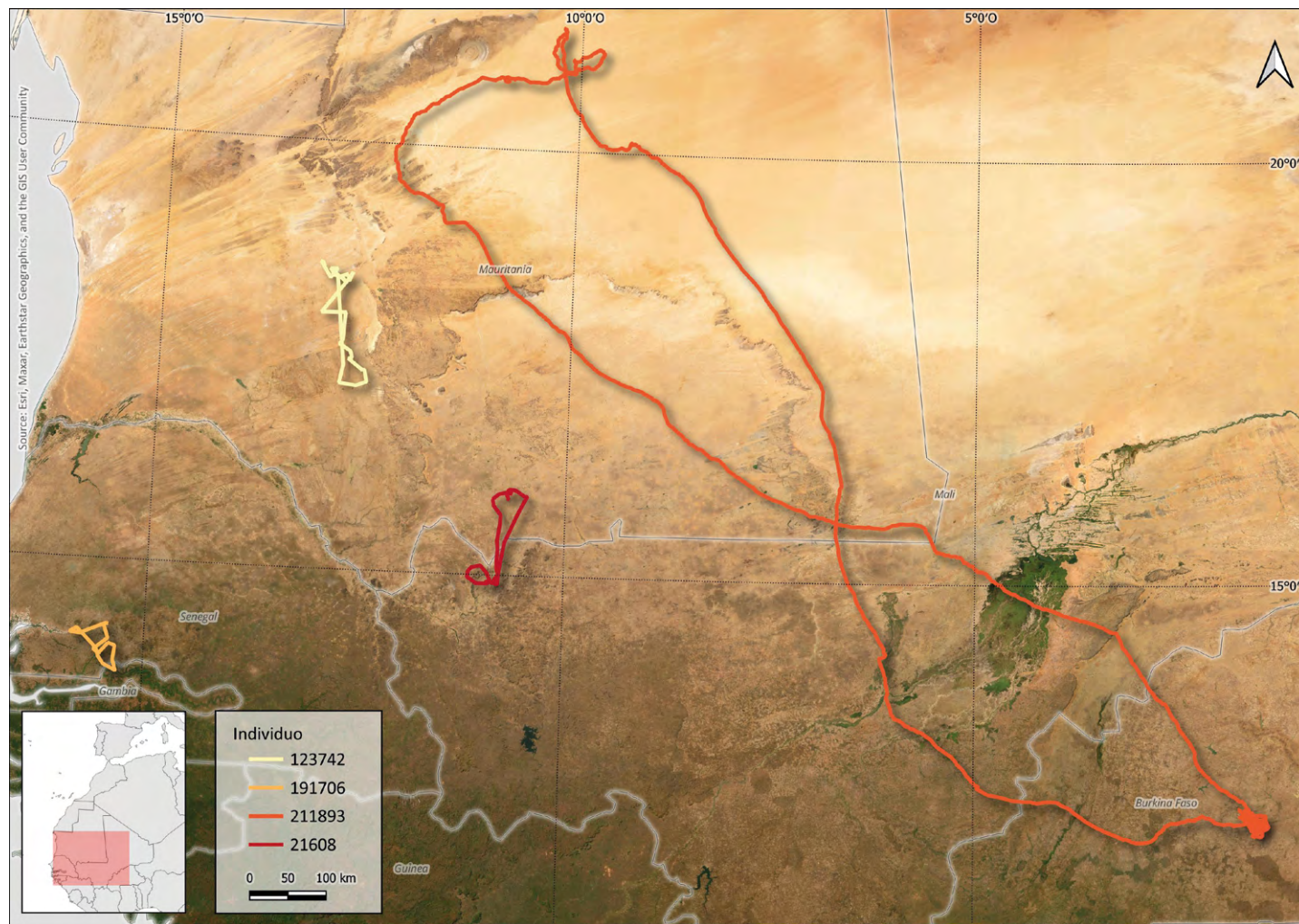
El tamaño medio del área de campeo en las residencias utilizadas durante el periodo de invernada es significativamente mayor en las hembras que en los machos, y este patrón es el mismo independientemente del orden de uso de las residencias (Tabla 7; GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 4.16$, $P = 0.04$, $\text{Chi}^2_{22} = 1.56$, $P = 0.45$ y $\text{Chi}^2_{22} = 0.57$, $P = 0.74$ para sexo, rango y la interacción respectivamente). Los tamaños medios del área de campeo no son significativamente distintos de los globalmente observados en la época reproductora para cada sexo (GLMM, $\text{Chi}^2_1 = 4.00$, $P = 0.04$, $\text{Chi}^2_1 = 0.002$, $P = 0.98$ y $\text{Chi}^2_1 = 0.27$, $P = 0.60$ para sexo, fase y la interacción respectivamente).

Como en el caso del periodo reproductor, los valores máximos de áreas de campeo se corresponden a residencias que incluyen algún movimiento exploratorio (ej. Fig. 43), y esto es más común en hembras que en machos. Un caso extremo incluye el de la hembra 211893 que salió de su tercera residencia invernal el 23 de marzo, aparentemente iniciando su migración prenupcial, pero tras un recorrido de casi 3500 km volvió a la misma residencia, donde permaneció otros dos días antes de reiniciar el viaje migratorio.

Tabla 7. Tamaños medios (\pm Desviación Estándar, rango indicado entre paréntesis) de las áreas de campeo de aguiluchos cenizos adultos en el periodo de invernada, calculados con funciones kernel, en km^2 . Se especifican de forma separada las últimas residencias utilizadas antes de iniciar la migración prenupcial (en las que en general pasan más tiempo) de otras utilizadas previamente en la temporada.

Table 7. Mean sizes (\pm Standard Deviation, range indicated in brackets) of adult Montagu's harrier wintering home ranges, calculated with kernel functions, in km^2 . The last residences used before starting prenuptial migration (where they generally spend more time) are specified separately from other residences used earlier in the season.

	Kernel 50		Kernel 90	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Total	110.32 \pm 344.27 (1.08-3536.58)	22.86 \pm 49.54 (0.22-359.22)	492.39 \pm 1373.93 (5.91-12433.59)	147.69 \pm 174.71 (4.85-1188.04)
Últimas residencias	80.97 \pm 78.84 (6.55-329.34)	28.06 \pm 21.46 (3.50-95.71)	441.78 \pm 592.63 (33.35-3168.01)	133.97 \pm 106.52 (20.90-487.92)
Otras residencias	118.52 \pm 385.32 (1.08-3536.58)	35.10 \pm 55.87 (0.22-359.22)	513.25 \pm 1520.64 (5.91-12433.59)	148.81 \pm 193.94 (4.85-1188.04)



Individuo	Sexo	Año	Distancia (km) de las rutas exploratorias
Individual	Sex	Year	Distance (km) travelled in the exploratory routes
123742	♀	2014	380
211893	♀	2022	3500
191706	♀	2019	240
21608	juvenil	2019	380

Figura 43. Ejemplos de movimientos exploratorios observados en residencias durante el periodo de invernada. La Tabla indica la distancia en kilómetros recorrida por cada individuo en cada una de sus rutas exploratorias.

Figure 43. Examples of exploratory movements from residences used during the wintering period. The table indicates the distance (km) travelled by each individual on each of its exploratory routes.

HÁBITATS UTILIZADOS

El hábitat de las residencias utilizadas durante el periodo de invernada se caracteriza fundamentalmente por hábitats de mosaico y pastizales, y secundaria-mente por hábitats agrícolas, y este patrón es semejante tanto para los machos como para las hembras (Fig. 44).

Considerando la disponibilidad de hábitat durante el periodo de invernada como la proporción de hábitat en el polígono mínimo convexo (MCP) creado por las posiciones de todos los individuos monitorizados durante esta fase, se aprecia en general que, a esta escala, se seleccionan negativamente las zonas con suelo desnudo, matorral, áreas urbanas y zonas con agua. En cambio, las zonas agrícolas, pastizales y hábitats en mosaico están seleccionados positivamente, así como los bosques (Tabla 8).

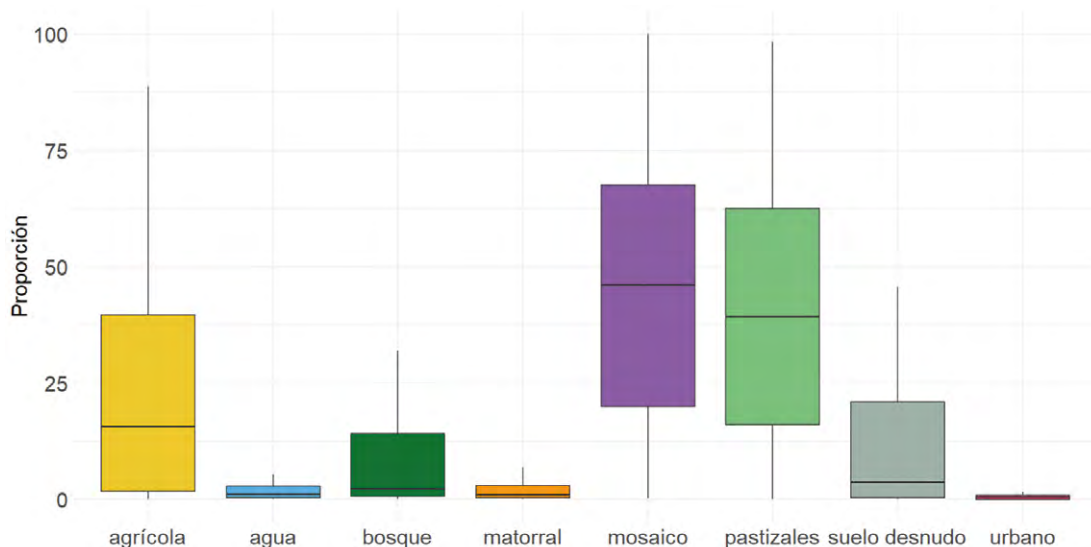


Figura 44. Proporción de distintos hábitats en las residencias utilizadas durante el periodo de invernada.

Figure 44. Proportion of different habitats in the residences used during the wintering period.

Tabla 8. Porcentaje de hábitats disponibles en el MCP formado por todos los individuos monitorizados, y porcentaje de hábitats utilizados (media de los encontrados en el kernel 90 de todas las residencias utilizadas durante la fase de invernada). Se indica también el índice de Selección de Ivlev. En verde, hábitats usados más frecuentemente que lo disponible. En rojo, hábitats usados menos que lo disponible.

Table 8. Percentage of available habitats in the MCP formed by all monitored individuals, and percentage of habitats used (mean of those found in 90 kernel of all residences used during the wintering phase). The Ivlev Selection index is also indicated. In green, habitats used more frequently than expected from availability. In red, habitats used less often than expected from availability.

Habitat simplificado	Porcentaje disponible	Porcentaje usado (media)	Índice de Ivlev
Agrícola	6.1	35.4	0.37
Suelo desnudo	45.3	0.5	-0.66
Bosque	0.85	3.6	0.26
Pastizales	17.3	12.6	0.29
Mosaico	23.0	42.2	0.31
Matorral	5.7	3.4	-0.77
Urbano	0.02	1.4	-0.40
Agua	1.5	0.9	-0.58

EN SÍNTESIS...

Los aguiluchos cenizos reproductores en España pasan más de la mitad del año (unos seis meses y medio) en una vasta área longitudinal del África Subsahariana, que abarca desde Senegal-Gambia hasta el centro de Mali. El área utilizada durante este periodo es casi cuatro veces mayor que la zona ocupada en España, ocupando más de 1 600 000 km², no habiendo una estructura espacial en cuanto a las regiones donde crían: así, se ha observado que individuos que comparten áreas de durante el periodo reproductor pueden pasar el periodo de invernada en zonas lejanas unas de otras.

Durante este periodo, los aguiluchos utilizan numerosas residencias, 4 en promedio. En cada una de ellas pasan, en promedio, más de un mes, aunque generalmente es en la residencia que utilizan en último lugar, justo antes de realizar su migración hacia la Península, en la que más tiempo pasan (casi tres meses en promedio). La distancia entre residencias sucesivas es, en promedio, 166.9 ± 178.9 km, pero puede llegar hasta más de 1000 km. Esto enfatiza la complejidad de buscar estrategias de conservación que se apliquen a la totalidad de las zonas utilizadas por la población española, y de identificar zonas críticas para la conservación de esta especie fuera del periodo reproductor. Destaca, en cualquier caso, la importancia de Mauritania para los aguiluchos españoles, ya que el 85% de los aguiluchos monitorizados realiza al menos una residencia en este país, pero también de Mali, Senegal y Gambia, que conjuntamente albergan el 72% de las residencias utilizadas en último lugar antes de iniciar la migración prenupcial y que, como se ha indicado antes, son las que se utilizan de forma más duradera.

La información de los pocos individuos de los que hay información de múltiples años ($n = 16$) indica fidelidad individual al sitio de invernada o, en cualquier caso, fidelidad a los patrones de movimiento entre residencias sucesivas, como ocurría también en el periodo reproductor.

Durante el periodo no reproductor, los aguiluchos utilizan áreas de campeo en cada residencia de tamaño similar a las utilizadas durante el periodo reproductor, de más de 140 km^2 (machos) o casi 500 km^2 (hembras) si consideramos el kernel 90. Como en el periodo reproductor, son también las hembras las que realizan más movimientos exploratorios en estas áreas.

En cuanto al hábitat utilizado en invernada, destaca una selección positiva de zonas agrícolas, lo que enfatiza la dependencia de esta especie de este hábitat a lo largo de todo su ciclo vital, y por tanto su vulnerabilidad a los cambios que pueda experimentar este hábitat antropizado y en vías de intensificación productiva también en los países subsaharianos.



Hembra de aguilucho cenizo.

Montagu's harrier female.

© Jorge Remacha





España alberga más de un tercio de los efectivos reproductores de aguilucho cenizo en la Europa Comunitaria y tiene por tanto una contribución importante en la conservación de esta especie a nivel europeo. Sus movimientos migratorios e invernales se han estudiado en detalle en individuos marcados en el norte de Europa, pero en España, hasta la fecha, la información ha sido bastante escasa, a pesar no sólo de la importancia de la población reproductora en España, sino también de las características ecológicas de nuestro país. Se conoce relativamente poco sobre sus movimientos en el periodo reproductor, y en cualquier caso si los individuos de la Península se comportan de forma semejante a los de otras zonas de su área de distribución.

Gracias a la colaboración entre distintos grupos de conservación de España, el presente estudio cuenta con información de 61 aguiluchos cenizos (24 machos y 31 hembras adultas, 3 hembras y 1 macho subadultos y 2 juveniles) marcados entre el 2013 y el 2022 en distintas zonas de su área de distribución en España, lo que ha aportado información que representa una puesta al día muy relevante sobre la ecología espacial de esta especie.

PATRONES MIGRATORIOS

54 individuos de aguilucho cenizo han proporcionado información de 149 viajes migratorios (95 post-nupciales, de las que 78 completas y 17 incompletas, y 54 prenupciales, de las que 51 completas y 3 parciales). Con esta información se

describen los parámetros migratorios (fenología, fechas de salida y llegada, duración de la migración, distancia de los recorridos diarios, etc.), las rutas migratorias, y su variabilidad entre individuos.

Los aguiluchos españoles utilizan un frente amplio en sus rutas migratorias, sobre todo en el cruce del Sahara. Aunque muchos individuos cruzan a África alrededor del estrecho, pueden también atravesar amplias extensiones de mar. La migración prenupcial, de vuelta desde las zonas de invernada a la Península, se realiza más al oeste, en promedio, que la post-nupcial, aunque hay gran variabilidad individual. Asimismo, las rutas migratorias utilizadas por un mismo individuo parecen ser más variables entre años que lo anteriormente descrito. De forma general, las rutas migratorias se encuentran en el rango oriental de las descritas para individuos marcados en el resto de Europa, confirmando cierta conectividad migratoria a gran escala (aunque hay mucha variabilidad a menor escala espacial).

Los parámetros migratorios evaluados no varían entre sexos, pero sí entre fases (es decir, entre el periodo post y prenupcial). En general, la migración prenupcial dura más que la post-nupcial. Esto último se debe fundamentalmente a que la velocidad diaria de vuelo es más lenta y se realizan más paradas migratorias (que tienen una duración media de 6 ± 4.5 días en la migración post-nupcial (rango 2-20), y de 6.7 ± 6.4 días (rango 2-35) en la migración prenupcial que en la post-nupcial. Destaca la importancia de Marruecos como sitio prevalente de paradas y pausas migratorias en ambas migraciones. Globalmente,

las migraciones de aguiluchos que crían en España son significativamente más cortas (en distancia recorrida, pero sobre todo en tiempo) que las realizadas por los aguiluchos que se reproducen al norte de Europa, y su inicio es también más temprano (tanto en la migración post-nupcial como sobre todo la prenupcial), lo que explica el gran avance en la fenología reproductora de nuestras poblaciones con respecto a otras más norteñas.

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE EL PERIODO REPRODUCTOR

Se obtuvieron datos de 61 individuos de aguilucho cenizo (24 machos y 31 hembras adultas, 3 hembras subadultas, 1 macho subadulto y 2 juveniles) que han proporcionado información de 112 temporadas reproductoras (45 temporadas reproductoras completas, 16 casi completas y 51 incompletas). Se describen, a partir de estos datos, el número de residencias utilizadas durante este periodo, las distancias entre las mismas, la fidelidad interanual a las áreas utilizadas, las áreas de campeo utilizadas en cada residencia, así como las posibles diferencias entre sexos.

Los aguiluchos pasan de media cuatro meses y medio en la Península. La fecha de llegada a las áreas utilizadas durante el periodo reproductor no varía con el sexo (es decir, no es más temprana en machos que en hembras), pero sí con la latitud a la que se instalan, con casi 15 días de diferencia entre los que se instalan al sur y al norte de la Península, lo que está asociado con la diferencia en fenología de puesta observada en nuestro territorio.

Durante el periodo reproductor, utilizan 2.11 ± 1.04 residencias (rango 1-5). La primera residencia, que se ocupa inmediatamente tras terminar la migración, es probablemente la reproductora, mientras que la o las siguientes son probablemente residencias post-reproductoras (aunque alguna de ellas podría incluir las utilizadas en puestas de reposición). Las residencias post-reproductoras pueden estar muy alejadas de las primeras, con la mitad de los individuos desplazándose más de 100 km entre ellas. De los pocos individuos de los que hay información de múltiples años ($n=16$), la distancia entre las primeras residencias utilizadas es bastante baja, lo que indica fidelidad al sitio de reproducción. No obstante, en el 15% de los casos monitorizados las hembras se desplazaron entre años a más de 20 km, y en algunos de esos ca-

sos se instalaron en zonas utilizadas como residencias post-reproductoras en años anteriores, o zonas visitadas en movimientos exploratorios (movimientos de transición que empiezan y terminan en la misma residencia). Estos movimientos exploratorios pueden ser muy amplios, y son aparentemente más frecuentes en hembras que en machos.

Durante su estancia en España, los aguiluchos utilizan áreas de campeo en cada residencia de más de 300 km² (machos) o 500 km² (hembras) si consideramos el kernel 90 (con la excepción de las hembras en sus residencias reproductoras, cuando utilizan áreas de campeo relativamente pequeñas, sobre todo durante la incubación). El hábitat de las residencias utilizadas durante el periodo reproductor se caracteriza fundamentalmente por hábitats agrícolas y de mosaico. Parece haber una selección positiva hacia zonas agrícolas que tengan zonas de agua.

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DURANTE LA INVERNADA

Se obtuvieron datos de 77 periodos de invernada de 46 individuos (20 machos y 24 hembras adultas, 1 hembra subadulto y 1 juvenil), incluyendo 55 periodos invernales completos de 29 individuos.

Los individuos marcados en España pasan más de la mitad del año (unos seis meses y medio) en una vasta área longitudinal del África Subsahariana, que abarca desde Senegal-Gambia hasta el centro de Mali.

Durante este periodo, los aguiluchos utilizan 4.3 ± 2.4 (rango 2 - 13) residencias. En cada una de ellas pasan, en promedio, más de un mes, aunque generalmente es en la residencia que utilizan en último lugar, justo antes de realizar su migración hacia la Península, en la que más tiempo pasan (casi tres meses en promedio). La distancia entre residencias sucesivas es 166.9 ± 178.9 km, pero puede llegar hasta más de 1000 km. En general, los aguiluchos se desplazan a residencias localizadas más hacia el sur a lo largo del periodo de invernada, algo descrito para aguiluchos marcados en el norte-centro de Europa y en principio asociado a un cambio temporal y espacial en la disponibilidad de ortópteros. No obstante, las residencias utilizadas a partir del tercer mes del periodo de invernada tienden a estar situadas de nuevo un poco más hacia el norte, cosa que no se había descrito anteriormente.

El área global utilizada durante este periodo por todos los aguiluchos marcados es casi cuatro veces mayor que la zona ocupada en España, ocupando más de 1 600 000 km², no habiendo una estructura espacial clara en cuanto a las regiones donde crían: individuos que comparten áreas de cría durante el periodo reproductor pueden pasar el periodo de invernada a casi 1000 km de distancia entre ellos. Destaca la importancia de Mauritania para los aguiluchos españoles, ya que el 85% de los aguiluchos monitorizados realiza al menos una residencia en este país, pero también de Mali, Senegal y Gambia, que conjuntamente albergan el 72% de las residencias utilizadas en último lugar antes de iniciar la migración prenupcial y que, como se ha indicado antes, son las que se utilizan de forma más duradera.

La información de los pocos individuos de los que hay información de múltiples años (n = 16) indica fidelidad individual al sitio de invernada o, en cualquier caso, fidelidad a los patrones de movimiento entre residencias sucesivas, como ocurría también en el periodo reproductor.

Durante este periodo, los aguiluchos utilizan áreas de campeo en cada residencia de tamaño similar a las utilizadas durante el periodo reproductor, de más de 140 km² (machos) o casi 500 km² (hembras) si se considera el kernel 90. Como en el periodo reproductor, son también las hembras las que realizan más movimientos exploratorios en estas áreas.

En cuanto al hábitat utilizado en invernada, destaca una selección positiva de zonas agrícolas, lo que enfatiza la dependencia de esta especie de este hábitat a lo largo de todo su ciclo vital, y por tanto su vulnerabilidad a los cambios que pueda experimentar este hábitat antropizado y en vías de intensificación productiva también en los países subsaharianos.







Spain is home to more than a third of the Montagu's harrier breeding population in the European Community and therefore has an important contribution to the conservation of this species at the European level. Their migratory and winter movements have been studied in detail in individuals marked in northern Europe, but in Spain, to date, information had been quite scarce, despite not only the importance of the breeding population in Spain, but also the ecological characteristics of our country. Relatively little was known about their movements during the breeding period, and in any case whether individuals from the Peninsula behave in a similar way to those from other areas of the distribution area.

Thanks to the collaboration between different conservation groups in Spain, this study has information on 61 Montagu's harriers (24 males and 31 adult females, 3 females and 1 subadult male and 2 juveniles) marked between 2013 and 2022 in different areas of its distribution area in Spain, which has provided information that represents a very relevant update on the spatial ecology of this species.

MIGRATORY PATTERNS

54 Montagu's harriers have provided information on 149 migratory trips (95 post-breeding, of which 78 complete and 17 incomplete, and 54 pre-breeding, of which 51 complete and 3 partial). With this information we describe the migratory parameters (phenology, departure and arrival dates, duration of migration,

distance of the daily routes), the migratory routes, and their variability between individuals.

Spanish harriers use a wide front on their migratory routes, especially when crossing the Sahara. Although many individuals cross into Africa around the strait, they can also cross wide expanses of sea. The pre-breeding migration, back from the wintering areas to the Peninsula, takes place further west, on average, than the post-breeding one, although there is great individual variability. Likewise, the migratory routes used by the same individual appear to be more variable between years than previously described. In general, the migratory routes are in the eastern range of those described for marked individuals in the rest of Europe, confirming some large-scale migratory connectivity (although there is a lot of variability at a smaller spatial scales).

The migratory parameters evaluated do not vary between sexes, but they do vary between phases (that is, between the post-breeding and pre-breeding period). In general, pre-breeding migration lasts longer than post-breeding migration. The latter is mainly due to daily flight speed being slower and more migratory stops being made (which have an average duration of 6 ± 4.5 days in the post-breeding migration (range 2-20), and 6.7 ± 6.4 days (range 2-35) in the pre-breeding than in the post-breeding migration. The importance of Morocco as a prevalent site of migratory stops and pauses in both migrations stands out. Globally, the migrations of harriers that breed in Spain are significantly shorter (in



distance traveled, but above all in time) than those carried out by the harriers that reproduce in northern Europe, and their beginning is also earlier (both in the post-breeding migration and especially the pre-breeding one), which explains the great advance in the reproductive phenology of our populations with respect to more northern ones.

SPATIAL BEHAVIOUR DURING THE BREEDING PERIOD

Data were obtained from 61 Montagu's harrier individuals (24 adult males and 31 females, 3 subadult females, 1 subadult male and 2 juveniles) that have provided information from 112 breeding seasons (45 complete breeding seasons, 16 almost complete and 51 incomplete). Based on these data, the number of residences used during this period, the distances between them, the interannual fidelity to the areas used, the home ranges used in each residence, as well as the possible differences between sexes are described.

Montagu's harriers spend an average of four and a half months in Spain. The date of arrival to the areas used during the breeding period does not vary with sex (that is, it is not earlier in males than in females), but it does vary with the latitude at which they settle, with almost 15 days of difference between those that settle in the south and north of the Peninsula, which is associated with the difference in laying phenology observed in our territory.

During the breeding period, they use 2.11 ± 1.04 residences (range 1-5). The first residence, which is occupied immediately after completing the migration, is probably the breeding one, while the following ones are probably post-breeding residences (although some of them could include those used in replacement laying). Post-breeding residences can be rather far from the first, with half of the individuals moving more than 100 km between them. Of the few individuals for which there is information from multiple years ($n = 16$), the distance between the first residences used is quite low, indicating fidelity to the breeding site. However, in 15% of the monitored cases the females moved more than 20 km between years, indicating capacity for breeding dispersal. In some of those cases they settled in areas used as post-breeding residences in previous years, or areas visited in exploratory movements (movements that begin and end in the same residence). These exploratory movements can be very extensive and are apparently more frequent in females than in males.

During their stay in Spain, Montagu's harriers use range areas in each residence of more than 300 km² (males) or 500 km² (females) if we consider kernel 90 (with the exception of females in their breeding residences, when they have small home ranges, especially during incubation). The habitat of the residences used during the breeding period is mainly characterized by agricultural and mosaic habitats. There seems to be a positive selection towards agricultural areas that contain areas of open water.

SPATIAL BEHAVIOUR DURING THE WINTERING PERIOD

Data were obtained from 77 wintering periods of 46 individuals (20 males and 24 adult females, 1 subadult female and 1 juvenile), including 55 complete winter periods of 29 individuals.

Individuals tagged in Spain spend more than half the year (about six and a half months) in a vast longitudinal area of Sub-Saharan Africa, spanning from Senegal-Gambia to central Mali. During this period, Montagu's harriers use 4.3 ± 2.4 (range 2 – 13) residences. In each of them they spend, on average, more than a month, although it is generally in the residence they use last, just before migrating back to the Peninsula, where they spend the most time (almost three months on average). The distance between successive residences is 166.9 ± 178.9 km, but can reach more than 1000 km. In general, harriers move to residences located further south throughout the wintering period, something described for harriers tagged in north-central Europe and in principle associated with a temporal and spatial change in the availability of orthoptera. However, the residences used from the third month of the wintering period tend to be located again a little further to the north, which had not been described previously.

The global area used during the wintering period by all monitored harriers is almost four times larger than the area occupied in Spain, occupying more than 1,600,000 km², with no clear spatial structure regarding the regions where they breed: individuals that share breeding areas can spend the wintering period almost 1000 km away from each other. The importance of Mauritania for Spanish harriers stands out, since 85% of the monitored harriers have at least one residence in this country, but also Mali, Senegal and Gambia, which together host 72% of the residences used before starting pre-breeding migration which, as indicated before, are the ones that are used the longest.

The information from the few individuals for which there is information from multiple years (n = 16) indicates individual fidelity to the wintering site or, in any case, fidelity to movement patterns between successive residences, as also occurred in the breeding period.

Home ranges in residences used during the wintering period are of a similar size to those used during the breeding period, more than 140 km² (males) or almost 500 km² (females) if we consider kernel 90. As in the breeding period, it is also the females who make more exploratory movements in these areas.

Regarding the habitat used in the wintering period, a positive selection of agricultural areas stands out, which emphasizes the dependence of this species on this habitat throughout its life cycle, and therefore its vulnerability to the changes that this anthropized habitat may experience. and in the process of productive intensification also in sub-Saharan countries.





- Arroyo, B. y García, J. 2007. *El aguilucho cenizo y el aguilucho pálido en España. Población en 2006 y método de censo*. SEO/BirdLife, Madrid.
- Arroyo, B., Molina, B. y Del Moral, J.C. 2019. *El aguilucho cenizo y el aguilucho pálido en España. Población en 2017 y método de censo*. SEO/BirdLife, Madrid.
- Arroyo, B., Pinilla, A., Mougeot, F., Crystal, F., Guerrero, A. y Palacios, M.J. 2009. Selección de hábitat y zonas de caza del aguilucho cenizo en Extremadura: implicaciones para la conservación. En: Alarcos *et al.* (Coord.). *Conservación y situación poblacional de los Aguiluchos en Eurasia*. Pp. 51-59. Ed. Dirección General del Medio Natural. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente. Junta de Extremadura. Badajoz.
- Arroyo, B. 1995. *Breeding ecology and nest dispersión of Montagu's harrier Circus pygargus in central Spain*. – PhD thesis, University of Oxford, UK.
- Arroyo, B., Bretagnolle, V. y Garcia, J.T. 2003. Land use, agricultural practices and conservation of Montagu's Harrier. En: Thompson, D.B.A., Redpath, S.M., Fielding, A.H., Marquiss, M. y Galbraith, C.A., (Eds.). *Birds of prey in a changing environment*. Pp: 449-463. The Stationery Office, Edinburgh.
- Arroyo, B., Bretagnolle, V. y Leroux, A. 2007. Interactive effects of food and age on breeding in the Montagu's Harrier *Circus pygargus*. *Ibis*, 149: 806-813.
- Arroyo, B., García, J.T. y Bretagnolle, V. 2002. Conservation of the Montagu's Harrier (*Circus pygargus*) in agricultural areas. *Anim. Conserv*, 5: 283-290.
- Arroyo, B., Garcia, J.T. y Bretagnolle, V. 2004. Montagu's Harrier. *BWP Update*, 6: 41-55.
- Arroyo, B. King, J.R. y Palomares, L.E. 1995. Observations on the ecology of Montagu's and Marsh Harriers wintering in north-west Sénegal. *Ostrich*, 66: 37-40.
- Arroyo, B, Mougeot, F y Bretagnolle, V. 2001. Colonial breeding and nest defence in Montagu's harrier (*Circus pygargus*). *Behav. Ecol. Sociobiol*, 50: 109-115.
- Berger-Geiger, B., Galizia, C.G y Arroyo, B. 2019. Montagu's harrier breeding parameters in relation to weather, colony size and nest protection schemes: a long-term study in Extremadura, Spain. *J. Ornithology*, 160: 429-441.
- Bernis, F. 1980. *La migración de las aves en el Estrecho de Gibraltar. Vol. I: Aves planeadoras*. Universidad Complutense, Madrid.
- Berthemy, B., Dabin, P. y Terrasse, M. 1983. Recensement et protection d'une espèce protégée: le Busard cendré. *Le Courier de la Nature*, 83: 10-16.
- Birdlife International, 2015. *European Red List of Birds. Circus pygargus (Montagu's Harrier) Supplementary material*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Kuczynski L. & Krupinski D. 2013. Krajowy Cenzus Błotniaka Łąkowego. Raport roczny. Informe del Proyecto POIS.05.01.00-00-381/12 „Ochrona błotniaka łąkowego w Polsce”. Poznań – Warszawa.
- Bontemps, S., Herold, M., Kooistra, L., Van Groenestijn, A., Hartley, A., Arino, O., Moreau, I. y Defourny, P. 2012. Revisiting land cover observation to address the needs of the climate modeling community. *Biogeosciences*, 9(6): 2145-2157.
- Calenge C. 2006. The package 'adehabitat' for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecol. Modell*, 197: 516-519.
- Castel López, M. 2018. Relationship between trends in abundance, land use changes and nest protection: the Montagu's Harrier in Spain.- Master thesis project, Universidad Pablo de Olavide, Spain.

- Chadœuf, J., Million, A., Bourrioux, J.L., Printemps, T., Van Hecke, B., Lecoustre, V. y Bretagnol, V. 2018. Modelling unbiased dispersal kernels over continuous space by accounting for spatial heterogeneity in marking and observation efforts. *Methods in Ecology and Evolution*, 9: 331-339.
- Clarke, R., Prakash, V., Clark, W.S., Ramesh, N. y Scott, D. 1998. World record count of roosting harriers *Circus* in Blackbuck National Park, Velavadar, Gujarat, north-west India. *Forktail*, 14: 70-71.
- Clemens C. 1993. *International Conference on Montagu's Harrier*. WWGBP Bull, 18-12.
- Cormier, J.P. y Baillon, F. 1991. Concentration de busards cendrés *Circus pygargus* (L.) dans la région de M'bour (Sénégal) durant l'hiver 198-1989: utilisation du milieu et régime alimentaire. *Alauda*, 59(3): 163-168.
- Cramp, S. y Simmons, K.E.L. 1980. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. Vol. II: Hacks to Bustards*. Oxford University Press, Oxford.
- Estrada, A., y Arroyo, B. 2012. Occurrence vs abundance models: differences between species with varying aggregation patterns. *Biol. Cons*, 152: 37-45.
- Estrada, A., Arroyo, B. y Márquez, A.L. 2010. Possible changes in favourability areas for Montagu's and hen harriers in Spain according to climate change scenarios. *Ardeola*, 57: 123-128.
- Finlayson, C. 1992. *Birds of the Strait of Gibraltar*. T & AD Poyser, London.
- Frionnet, C. (1925). *Les Oiseaux de la Haute-Marne*. Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Haute-Marne, Chaumont.
- Galán, M. 2015. Estado y medidas de conservación de los aguiluchos en la Comunidad de Madrid. En: *Actas XIII Congreso de Grupo Ibérico de Aguiluchos*, Valsain, Noviembre 2015.
- García, J.T. y Arroyo, B. 1998. Migratory movements of Montagu's harriers *Circus pygargus*: a review. *Bird Study*, 45: 188-194.
- Garzón, J. 1977. Birds of prey in Spain: the present situation. En: *Proceedings of the World Conference of Birds of Prey*, ed. R. D. Chancellor, pp. 159-170. ICBP, Cambridge, UK.
- Guixé, D. y Arroyo, B. 2011. Appropriateness of Special Protection areas for wide ranging species: the importance of scale and protecting foraging, not just nesting habitats. *Anim. Cons*, 14: 391-399.
- Hijmans, R.J. 2015. Raster Geographic Data Analysis and Modeling. R Package Version 2.4-15.
- Hirald, F., Fernández, F. y Amores, F. 1975. Diet of the Montagu's Harrier (*Circus pygargus*) in southwestern Spain. *Doñana Acta Vertebrata*, 2(1): 25-55.
- Hölker M. 1999. Zur Umsetzung der EU-Vogelschutzrichtlinie in Ackerbaugebieten. Schutz der Wiesenweihe *Circus pygargus* in Deutschland. *Berichte zum Vogelschutz*, 37: 85-92.
- Ivanovski, V. 1993. *International Conference on Montagu's Harrier*, WWGBP Bull, 19-13.
- Janowski, S., Pürckhauer, C., Krüger, R., Tietze, D. T. y Wink, M. (2018). Recruitment rates, natal and breeding dispersal of Montagu's Harriers (*Circus pygargus*) by means of microsatellite analysis. *The Open Ornithology Journal*, 11(1).
- Kie, J. G. 2013. A rule-based ad hoc method for selecting a bandwidth in kernel home-range analyses. *Animal Biotelemetry*, 1(1): 1-12.
- Klaassen, R. H., Hake, M., Strandberg, R., Koks, B. J., Trierweiler, C., Exo, K. M., ... y Alerstam, T. 2014. When and where does mortality occur in migratory birds? Direct evidence from long-term satellite tracking of raptors. *Journal of Animal Ecology*, 83(1): 176-184.
- Koks, B.J., Van Scharenburg, K. y Visser, E.G. 2001. Grauwe Kiekendieven *Circus pygargus* in Nederland: balanceren tussen hoop en vrees. *Limosa*, 74: 121-36.
- Krogulec, J. 1993. *International Conference on Montagu's Harrier*, WWGBP Bull, 18-13.
- Krokikowska, N., Krupinski, D. y Kuczynski, L. 2017. Combining data from multiple sources to design a raptor census- the first national survey of the Montagu's harrier *Circus pygargus* in Poland. *Bird Conservation International*, 28: 350-362.
- Sansinenea, P. 1908. Catálogo descriptivo de la colección de aves e insectos legada a la Exma. Diputación de Guipúzcoa por el finado don Angel de Larriñua. San Sebastián.
- Limiñana, R., Soutullo, A., López-López, P. y Urios, V. 2008. Pre-migratory movements of adult Montagu's Harriers *Circus pygargus*. *Ardea*, 96: 81-96.
- Limiñana, R., Romero, M., Mellone, U. y Urios, V. 2013. Is there a different response to winds during migration between soaring and flapping raptors? An example with the Montagu's harrier and the lesser kestrel. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 67: 823-835.
- Limiñana, R., Soutullo, A., Urios, V. y Reig-Ferrer, A. 2012a. Migration and wintering areas of adult Montagu's Harriers (*Circus pygargus*) breeding in Spain. *Journal of Ornithology*, 153: 85-93.
- Limiñana, R., García, J.T., González, J.M., Guerrero, Á., Lavedán, J., Moreno, J.D., Román-Muñoz, A., Palomares, L.E., Pinilla, A., Ros, G., Serrano, C., Surroca, M., Tena, J. y Arroyo, B. 2012b. Philopatry and natal dispersal of Montagu's harriers (*Circus pygargus*) breeding in Spain: a review of existing data. *European journal of wildlife research*, 58: 549-555.

- Limiñana, R., Soutullo, A. y Urios, V. 2007. Autumn migration of Montagu's harriers *Circus pygargus* tracked by satellite telemetry. *Journal of Ornithology*, 148: 517-523.
- Millon, A. y Bretagnolle, V. 2008. Predator population dynamics under a cyclic prey regime: numerical responses, demographic parameters and growth rates. *Oikos*, 117: 1500-1510.
- Millon, A. Arroyo, B. y Bretagnolle, V. 2008. Variable but predictable prey availability affects predator breeding success: natural vs. experimental evidence. *Journal of Zoology*, 275: 349-358.
- Mougeot, F., Arroyo, B. y Bretagnolle, V. 2001. Decoy presentations as a means to manipulate the risk of extrapair copulation: an experimental test of paternity assurance strategies in a semi-colonial raptor, the Montagu's harrier *Circus pygargus*. *Behav. Ecol*, 12: 1-7.
- Panuccio, M. y Agostini, N. 2006. Spring migration of Pallid (*Circus macrourus*) and Montagu's harriers (*Circus pygargus*) in relation to sex and age classes at two watchsites of the central mediterranean. *Buteo*, 15:3-10.
- Panuccio, M., Agostini, N. Mellone, U. 2005. Autumn migration strategies of honey buzzards, black kites, marsh and Montagu's harriers over land and over water in the central mediterranean. *Avocetta*, 29:27-32.
- Pebesma, E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10(1) : 439-446.
- Pérez Chiscano, J.L. y Fernández Cruz, M. 1971. Sobre *Grus grus* y *Circus pygargus* en Extremadura. *Ardeola*, 20: 509-574.
- Pinilla, A.J. 2015. Repercusiones de la transformación de un paisaje agrario: El caso del Aguilucho cenizo en Tierra de Barros. En: *Actas del XIII Congreso del Grupo Ibérico de Aguiluchos*, pp-66-71.
- R Core Team (2023). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Salamolard, M., Butet, A., Leroux, A. y Bretagnolle, V. 2000. Responses of an avian predator to variations in prey density at a temperate latitude. *Ecology*, 81: 2.428-2.441.
- Santangeli, A., Di Minin, E. y Arroyo. 2014. Bridging the research implementation gap –Identifying cost-effective protection measures for Montagu's harrier nests in Spanish farmlands. *Biological Conservation*, 177: 126-133.
- Santangeli, A., Arroyo, B., Million, A. y Bretagnolle, V. 2015. Identifying effective actions to guide volunteer-based and nationwide conservation efforts for a ground-nesting farmland bird. *Journal of Applied Ecology*, 52: 1082-1091.
- Schlaich, A. 2019. Migrants in double jeopardy: Ecology of Montagu's Harriers on breeding and wintering grounds. - PhD thesis, University of Groningen, the Netherlands.
- Schlaich, A.E. y Klaassen, R.H. 2021. Montagu's harrier *Circus pygargus*. En: *Migration Strategies of Birds of Prey in Western Palearctic*, pp. 152-159. CRC Press.
- Sefick, S. 2023. Stream Metabolism-A package for calculating single station metabolism from diurnal Oxygen curves. R package version 1.1.3. by Stephen Sefick Jr., <https://cran.r-project.org/package=StreamMetabolism>.
- Tapia L, Gil-Carrera A., Regos A. y Dominguez J. 2016. Collapse of Montagu's harrier (*Circus pygargus*) population in Galicia (NW Spain) associated to land use changes. En: *VI Congreso Iberico de Ornitología*, Vila Real, Portugal.
- Terraube, J. y Arroyo, B. 2011. Factors influencing diet variation in a generalist predator across its range distribution. *Biodiv. Cons*, 20: 2111-2131.
- Trierweiler, C. 2010. Travels to Feed and Food to Breed: The Annual Cycle of a Migratory Raptor, Montagu's Harrier, in a Modern World. PhD, University of Groningen, The Netherlands.
- Trierweiler, C. y Koks, B.J. 2009. Montagu's Harrier *Circus pygargus*. En: *Living on the Edge: Wetlands and Birds in a Changing Sahel* (eds Zwarts, L., Bijlsma, R.G., van der Kamp. J. y Wymenga, E), pp. 312-327. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands.
- Trierweiler, C., Klaassen, R.H., Drent, R.H., Exo, K.M., Komdeur, J., Bairlein, F. y Koks, B.J. 2013. Migratory connectivity and population-specific migration routes in a long-distance migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B*, 281(1778): 20132897.
- Trierweiler, C., Klaassen, R.H., Drent, R.H., Exo, K.M., Komdeur, J., Bairlein, F. y Koks, B.J. 2014. Migratory connectivity and population-specific migration routes in a long-distance migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1778): 20132897.
- Trierweiler, C., Koks, B.J., Drent, R.H., Exo, K.M., Komdeur, J., Dijkstra, C. y Bairlein, F. 2007. Satellite tracking of two Montagu's Harriers (*Circus pygargus*): dual pathways during autumn migration. *Journal of Ornithology*, 148: 513-516.





Desde SEO/BirdLife queremos agradecer el trabajo realizado por los autores de los análisis, obtención de resultados y realización de textos que componen esta monografía, paso imprescindible para exponer públicamente el trabajo desarrollado por distintos grupos y conocer los movimientos de la población reproductora el aguilucho cenizo en España: Beatriz Arroyo, Mario Fernández Tizón, Sara Puche y Beatriz Rodríguez.

La Fundación Iberdrola España financió la puesta en marcha y el desarrollo de todas las acciones de este programa de seguimiento desde el comienzo del programa en 2011. Mención especial merecen Ramón Castresana, Carmen Reico, Fernando García Sánchez, Rafael Landín y Federico de la Hoz, por su apoyo durante todos estos años de desarrollo del proyecto. También intervinieron en este caso algunas personas con representación de Iberdrola en el territorio: Miguel Ángel Benita, delegación de Iberdrola en Castilla-La Mancha en Albacete y David Martín, de delegación de Iberdrola en Extremadura.

También desde SEO agradecemos el trabajo realizado en el marcaje de aves, gestión de datos y gestión de los proyectos que han contribuido a esta monografía y que figuran en los distintos apartados de los créditos de esta publicación.

Numerosas personas colaboraron en el seguimiento de poblaciones facilitando las localizaciones de ejemplares y colaborando en su captura y marcaje. El listado en este sentido es largo y es muy posible se quede algún colaborador en el tintero, pero básicamente intervinieron en estas tareas: José Antonio López Donate y María Lucía Plaza Díaz (técnicos del Servicio de Medio Natural y Biodiversidad, Consejería de Desarrollo Sostenible y agentes medioambientales de la Delegación Provincial de Albacete, Consejería de Desarrollo Sostenible, Junta de Castilla-La Mancha), Julián Picazo (EDP Renewables), y Agustín Mógica (Junta de Extremadura) en

Cáceres; José Manuel Sayago (Delegación Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Huelva), Miguel J. Garrido (asesor técnico del Servicio de Gestión del Medio Natural, Delegación Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Huelva) en Huelva; Fernando Garcés Toledano, Beatriz Rodríguez Moreno y Juan Martínez Dalmau (GREFA), Alba Meijide (Terra Naturalis) y Alicia Núñez (SEO-Sierra Norte) en Madrid; Carlos García, Cesar Meriel (agentes forestales de Palencia), Pablo Zuazua y Enrique Gómez (Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia) en Palencia. Fernando Arribas, Nazaret Prieto, Pablo Robledo y Luis Cabrejas (SEO-Segovia) en Segovia; Miguel Blanco, Vicente López, Carlos Ramírez, Jorge Pérez Reyes, Germán Fraile y Ángel González (SEO-Salamanca) en Salamanca; Anna Varea y Joan Rodríguez (colaboradores del Departament de Territori i Sostenibilitat) en Lérida y Francisco Pulpillo (Erithacus) en Jaén.

Especial mención merecen las entidades que figuran en el apartado de entidades colaboradoras en los créditos y primeras páginas de esta publicación: Amus, Grefa, Gobierno de la Rioja, Diputación de Álava... que bien cedieron información o bien contribuyeron a la obtención de datos mediante encargos de marcajes en sus territorios, coincidiendo con los años de los marcajes de SEO/BirdLife en los trabajos de estudio de movimiento de esta especie dentro del programa Migra. Los datos recopilados con su colaboración y los aportados por estas entidades permitieron aumentar la información que ha facilitado los resultados que aquí se exponen.

Finalmente, esta monografía contó con la valiosa colaboración y el apoyo del personal de SEO/BirdLife que colaboró con el desarrollo de los trabajos en los años que se marcaron aves y en la gestión de esta publicación, especialmente Carmen Fernández del área de comunicación, Marcelino Cardalliaguet y Raúl Granado, Alejandra Solís (voluntaria del LIFE Followers) y todo el personal del área de administración y gestión de la organización.





