



migra

02

# MIGRACIÓN Y ECOLOGÍA ESPACIAL DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA DE ÁGUILA CALZADA



Fundación  
**IBERDROLA**  
**ESPAÑA**



**SEO**  
BirdLife

## Editores

Vicente Urios, Ana Bermejo, Javier Vidal-Mateo y Javier de la Puente

## Autores de capítulos [por orden alfabético]

Alejandro Onrubia. *Fundación Migres* // Ana Bermejo. *SEO/BirdLife* // Beatriz Martín. *Fundación Migres* // Javier de la Puente. *SEO/BirdLife* // Javier Vidal-Mateo. *Universidad de Alicante* // José Enrique Martínez. *Universidad de Murcia* // José Francisco Calvo. *Universidad de Murcia* // Pascual López-López. *Universidad de Valencia* // Ugo Mellone. *Universidad de Alicante* // Vicente Urios. *Universidad de Alicante*

## Fotografía de portada

Águila calzada sobrevolando el estrecho de Gibraltar. © Javier Elorriaga

## Fotografías de interior

© Alejandro Onrubia, Ángel Gómez Manzaneque, Ángel Sánchez, Aabeele-Shutterstock, Carlos González, Daniel Fernández, Domingo Rivera, Fundación Migres, Gobierno de La Rioja, Javier de la Puente, Javier Elorriaga, Joan Cales Abellá, John Wright, José Alfonso Lacalle, José Antonio Cortés, José Enrique Martínez, José Francisco Calvo, Michele Panuccio, Pablo Vera, Pascual López-López, Pere Garcias, SEO/BirdLife, Toni Muñoz y Ugo Mellone

## Dibujos

© Juan Varela

## Animaciones

© Juan Bécares

## Diseño y maquetación

Noemí Alonso (Moebo)

## Cita recomendada

### Obra completa

Urios, V.; Bermejo, A.; Vidal-Mateo, J. y De la Puente, J. (Eds.) 2017. *Migración y ecología espacial de la población española de águila calzada*. Monografía n.º 2 del programa Migra. SEO/BirdLife. Madrid.

### Capítulos (ejemplo)

López-López, P.; Martínez, J. E. y Calvo, J. F. 2017. Ecología espacial en el periodo reproductor. En, Urios, V.; Bermejo, A.; Vidal-Mateo, J. y De la Puente, J. (Eds.): *Migración y ecología espacial de la población española de águila calzada*, pp. 33-42. Monografía n.º 2 del programa Migra. SEO/BirdLife. Madrid.

## © De la edición

SEO/BirdLife

C/ Melquiades Biencinto 34. E-28053 Madrid. España

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

seo@seo.org - www.seo.org

Este documento constituye la segunda monografía del programa Migra de SEO/BirdLife ([www.migraciondeaves.org](http://www.migraciondeaves.org))

I.S.B.N.: 978-84-947864-1-9

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](mailto:migracion@seo.org).

Para más información sobre los temas tratados en este documento: [migracion@seo.org](mailto:migracion@seo.org)

# MIGRACIÓN Y ECOLOGÍA ESPACIAL DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA DE ÁGUILA CALZADA



Con la colaboración de

**JUNTA DE EXTREMADURA**

Consejería de Medio Ambiente y Rural,  
Políticas Agrarias y Territorio

Publicado por



<b>01 PRÓLOGOS</b> .....	<b>6</b>
<b>02 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
El águila calzada .....	10
Revisión de los conocimientos sobre el águila calzada .....	11
Reproducción .....	13
Migración .....	13
Invernada .....	14
<b>03 METODOLOGÍA</b> .....	<b>17</b>
Métodos de captura y marcaje .....	17
Captura de las aves .....	17
Manejo del ave .....	17
Dispositivos empleados y recepción de las localizaciones .....	18
Sistema de seguimiento satelital y sistemas de seguimiento con GPS .....	18
Sistema de seguimiento convencional o radio-seguimiento VHF .....	20
Estándares éticos .....	21
Conteos en el estrecho de Gibraltar .....	21
Análisis de datos .....	22
Reproducción .....	22
Telemetría satelital .....	22
Tamaño de las áreas de campeo de adultos con telemetría satelital .....	23
Uso de hábitat con telemetría satelital .....	23
Tamaño de las áreas de campeo de adultos y juveniles con radio-seguimiento .....	24
Uso de hábitat con radio-seguimiento .....	24
Migración .....	24
Invernada .....	24
Tamaño de las áreas de invernada .....	24
Uso de hábitat en invernada .....	25
<b>04 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>RESULTADOS GENERALES DEL PROGRAMA MIGRA</b> .....	<b>27</b>
Individuos marcados en el programa Migra .....	27
Efectividad de los dispositivos empleados .....	28
Efecto del marcaje sobre las aves .....	30
Tasas y causas y de mortalidad .....	32
<b>ECOLOGÍA ESPACIAL EN EL PERIODO REPRODUCTOR</b> .....	<b>33</b>
Tamaño de las áreas de campeo en época reproductora .....	33



# ÍNDICE

Adultos reproductores .....	33
Diferencias entre sexos y uso temporal del hábitat .....	34
Juveniles .....	38
Uso de hábitat en época reproductora .....	38
Áreas de campeo excéntricas .....	40
Implicaciones para la conservación .....	42
<b>ESTRATEGIAS DE MIGRACIÓN .....</b>	<b>43</b>
Rutas migratorias transaharianas .....	48
Fenología y patrones de vuelo .....	48
Efecto de los factores externos en la distancia diaria recorrida .....	52
Sedimentación .....	52
Migraciones de corta distancia .....	57
Poblaciones sedentarias .....	58
<b>MIGRACIÓN POR EL ESTRECHO DE GIBRALTAR .....</b>	<b>59</b>
Fenología y patrón horario .....	59
Conducta en la zona .....	60
Migración diferencial .....	61
Gregarismo .....	61
Magnitud y tendencias del paso .....	62
<b>ECOLOGÍA ESPACIAL EN EL PERIODO INVERNAL .....</b>	<b>63</b>
Localización de las áreas de invernada .....	64
Localización de las áreas de invernada en África .....	64
Localización de las áreas de invernada en España .....	66
Extensión de las áreas de invernada .....	67
Uso de hábitat en la invernada en África .....	68
Fidelidad al área de invernada .....	68
Fenología de la invernada .....	70
<b>05 PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN FRENTE AL CAMBIO GLOBAL .....</b>	<b>73</b>
La migración del águila calzada y el cambio global .....	75
Retos de futuro .....	76
<b>06 RESUMEN .....</b>	<b>79</b>
<b>07 SUMMARY .....</b>	<b>83</b>
<b>08 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>87</b>
<b>09 AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>95</b>

Cada año millones de aves realizan su migración y pueden ser vistas cruzando los cielos en sus largos viajes. España, situada en la ruta de migración europeo-africana, se convierte en un lugar inmejorable para el estudio de este fenómeno, uno de los más interesantes que nos ofrece la naturaleza.

Gracias al marcaje de aves dentro del programa de Migración de las Aves (Migra), las nuevas tecnologías nos permiten conocer en detalle estas rutas migratorias. Desde que el proyecto se puso en marcha en 2011, ha contado con el apoyo decidido de la Fundación Iberdrola España; nos sentimos muy satisfechos de los logros alcanzados y de la ingente información recabada de más de una treintena de especies a lo largo de este periodo de colaboración.

El programa Migra, promueve la cooperación a través de la difusión de conocimiento con un objetivo compartido, conservar las aves migratorias y sus hábitats en beneficio de la humanidad. Adoptar medidas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica y proteger las especies amenazadas para evitar su extinción, son metas concretas contempladas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a los que nos sumamos desde la Fundación Iberdrola España.

El compromiso conjunto con SEO/BirdLife, nos obliga a seguir avanzando. Recopilando más información de marcajes, sistematizando y analizando de manera detallada y con profundidad para alcanzar un conocimiento más específico de cada especie. Éste es el objetivo de esta nueva monografía que lleva por título "Migración y ecología espacial de la población española de águila calzada", si bien es la segunda publicada podemos decir que es la primera monografía derivada cien por cien de Migra al analizar los datos de las

21 águilas calzadas marcadas desde el comienzo del programa en 2011.

Las aves migratorias se enfrentan a innumerables amenazas en sus trayectos de largas distancias –la deforestación, el crecimiento de las ciudades, la pérdida de humedales, etc.–; la monografía recoge estas dificultades para el caso concreto del águila calzada pero, además, aporta información sobre otros aspectos relevantes como son los movimientos en época reproductora, fundamentales para conocer su relación con el hábitat.

Quisiera finalizar agradeciendo a los investigadores de la Universidad de Alicante, Vicente Urios y Javier Vidal-Mateo, y a los expertos de SEO/BirdLife, Ana Bermejo y Javier de la Puente por su excelente trabajo y por su inestimable aportación de conocimiento en pro de la conservación del águila calzada. La edición de estas monografías científicas redundará en una llamada de atención sobre los retos de futuro en la protección de la biodiversidad en general y de las aves en particular.

**Ramón Castresana Sánchez**  
*Director de Fundación Iberdrola España*



# PRÓLOGOS

**E**n el año 2011, SEO/BirdLife apostó por un nuevo programa de seguimiento de aves: el programa Migra, que cuenta desde entonces con la colaboración de la Fundación Iberdrola España. Nuestro objetivo era tan ambicioso como importante: conocer y detallar los movimientos y migración de las aves, sus zonas de invernada, su ecología espacial, y todos los aspectos que aún nos faltaban por desvelar de las aves en una de sus fases menos conocida de su ciclo vital, la migración.

En la primavera de 2011 se marcaban las primeras aves dentro del programa Migra: eran siete águilas calzadas, localizadas en tres provincias españolas. Fueron las primeras viajeras con GPS dentro del programa. A nuestro reto se sumó la Junta de Extremadura, que marcó también ese año dos aves en su comunidad. Y los marcajes continuaron en los años siguientes desvelándonos día a día dónde estaban nuestras águilas calzadas. Pudimos disfrutar de sus viajes en tiempo real, gracias a la página web del programa Migra. Cualquier persona en cualquier lugar del mundo podía —y puede— ver avanzar sobre el mar y sobre las arenas del desierto a nuestras infatigables viajeras.

Tras siete años de seguimiento, los números de las águilas calzadas del programa Migra impresionan: 21 águilas calzadas, marcadas con modernas tecnologías de seguimiento remoto; y más de 83.000 localizaciones que nos han guiado por los más de 194.000 km cubiertos por las aves en sus periplos. Son casi cinco veces el Ecuador terrestre.

Era el momento de parar, analizar datos y ofrecer propuestas. Tenemos en nuestras manos una publicación que recoge toda la información disponible sobre la ecología espacial, los movimientos, la migración y la fenología de esta rapaz tan popular en nuestras latitudes. Se trata

de la primera monografía que aborda una especie objetivo del programa Migra desde su comienzo. Con ella, será posible conservar en el futuro el águila calzada, con más conocimiento sobre las zonas y hábitats que ocupa a lo largo de todo el año, y gestionar el medio con más seguridad teniendo en cuenta los resultados aquí presentados. Es seguro que esta publicación se convertirá en una obra de referencia sobre el águila calzada en particular y sobre las rapaces en general, y nos permitirá continuar con la enorme y gran labor de conocer y conservar nuestras aves y sus hábitats.

**Asunción Ruiz**

*Directora Ejecutiva de SEO/BirdLife*



Joven de águila calzada,  
una de las rapaces más  
comunes en España.  
© Alejandro Onrubia



## 02

# INTRODUCCIÓN

**Pascual López-López, José Enrique Martínez, Javier Vidal-Mateo, Ana Bermejo, Ugo Mellone, Javier de la Puente y Vicente Urios**

Esta publicación trata sobre la ecología del movimiento del águila calzada (*Aquila pennata*): sus migraciones y sus desplazamientos durante las temporadas de cría y de invernada. La información ha sido obtenida principalmente a través del seguimiento remoto en España y África durante la última década. La mayor parte de los datos recopilados proceden del seguimiento de aves marcadas entre 2011 y 2014 con dispositivos de seguimiento remoto en el marco del programa Migra de SEO/BirdLife, aunque también se dispone de los datos procedentes del anillamiento de aves, del marcaje con radio-seguimiento convencional y del seguimiento de la migración en el estrecho de Gibraltar. Recoge, además, la información previamente analizada y recogida en cinco artículos científicos publicados en el marco del programa Migra en revistas internacionales (Mellone *et al.*, 2013a, 2015; Bosch *et al.*, 2016; López-López *et al.*, 2016a; Vidal-Mateo *et al.*, 2016).

El estudio de los movimientos de los animales ha recibido un gran interés en la ecología espacial y la ecología del comportamiento (Nathan, 2008). Los recientes avances en tecnologías de seguimiento animal han permitido un incremento sustancial en el conocimiento de la ecología espacial y el uso de hábitat de numerosos organismos (Cooke *et al.*, 2004; Rutz y Hays, 2009; Bograd *et al.*, 2010; Kays *et al.*, 2015; López-López, 2016). Esta información es crucial para la planificación en conservación y la toma de decisiones sobre gestión de especies amenazadas (Kays *et al.*, 2015). Numerosas especies de rapaces se reproducen en ambientes forestales que han sufrido diferentes grados de explotación humana y donde una adecuada gestión de los recursos forestales es de vital importancia con objeto de garantizar la preservación a largo plazo de la biodiversidad. De hecho, las rapaces forestales son generalmente depredadores situados en la cúspide de la cadena trófica y han sido consideradas como indicadores

adecuados de valores elevados de biodiversidad, justificando las prácticas de conservación en función de su papel como principales indicadores ecológicos (Sergio *et al.*, 2005, 2006; Burgas *et al.*, 2014).

Entre las causas más importantes de pérdida de biodiversidad en Europa se encuentran la fragmentación forestal y la intensificación agrícola (Saunders *et al.*, 1991; Donald *et al.*, 2002). En algunos países europeos, la intensificación agrícola, el abandono de la tierra, el abandono de las prácticas de gestión tradicional de los sistemas agroforestales y el pastoreo se han convertido en una amenaza para la biodiversidad (Stoate *et al.*, 2001). Como consecuencia, la Unión Europea ha ratificado una estrategia para frenar la pérdida de biodiversidad y los servicios ecosistémicos para 2020 (Parlamento Europeo, 2012). Uno de los principales objetivos de esta estrategia es alcanzar una agricultura y silvicultura más sostenibles.

En los últimos años, se ha producido un incremento en el conocimiento de los requerimientos de hábitat de muchas especies de aves rapaces amenazadas. Sin embargo, la información de la ecología espacial y el uso de hábitat de especies más comunes y menos carismáticas cuyas poblaciones se encuentran ampliamente distribuidas, todavía permanece escasamente conocido. Un buen ejemplo es el águila calzada, una rapaz especialmente abundante que se encuentra presente en los ecosistemas forestales mediterráneos, la cual ha recibido escasa atención en el estudio de su ecología espacial y comportamiento de campeo, en comparación con muchas otras rapaces europeas.

La obtención de información detallada sobre la ecología de los movimientos y el comportamiento de alimentación no solamente es importante desde el punto de vista de la ecología de la especie,



Águila calzada de morfo claro. © Carlos González



Águila calzada de morfo oscuro. © Daniel Fernández

sino además desde la perspectiva de su conservación. El notable y rápido avance de la tecnología ha dado lugar a grandes progresos en ciencia, permitiendo un avance extraordinario de nuestra comprensión de la ecología y el comportamiento animal. Las grandes mejoras tecnológicas que incluyen, por ejemplo, los dispositivos de seguimiento por satélite y otras tecnologías como los sensores biológicos proporcionan un enorme volumen de información que era hasta hace poco tiempo inconcebible (López-López, 2016). Así pues, la investigación encaminada al estudio del movimiento animal durante todo el ciclo anual, el tamaño y la tipología de las áreas de campeo, y la conexión entre el uso del espacio y las áreas protegidas, entre otros aspectos, resultan esenciales para garantizar una adecuada protección de las especies.

### EL ÁGUILA CALZADA

El águila calzada es una rapaz de vida larga y mediano tamaño que presenta dimorfismo sexual inverso, en la cual las hembras son más grandes que los machos. La longitud promedio de los machos y de las hembras es respectivamente de 45 y 55 cm, presentan una envergadura de 110-132 cm y pesan de 700 a 975 g (Del Hoyo *et al.*, 1994). Es una especie polimórfica con dos morfos de coloración del plumaje, pálido y oscuro, y presenta una dieta generalista, basada principalmente en aves de pequeño y mediano tamaño, reptiles, conejos y pequeños mamíferos y de forma ocasional incluso insectos (Cramp y Simmons, 1980; Del Hoyo *et al.*, 1994; Forsman, 1999, 2016).

Se distribuye a lo largo del sur de Europa, norte de África, desde Oriente Medio hasta el centro de Asia y el subcontinente Indio (Cramp y Simmons, 1980; Del Hoyo *et al.*, 1994; Ferguson-Lees y Christie, 2001). En Europa, se encuentra presente mayoritariamente durante la época de cría y se considera una migradora transahariana, pues la mayoría de los individuos de las poblaciones reproductoras de Europa y Asia se desplazan a regiones subsaharianas y al Sudeste de Asia respectivamente para pasar el invierno (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Chevallier *et al.*, 2010; Mellone *et al.*, 2013a). Dejan sus áreas de cría alrededor del mes de septiembre y retornan en marzo-abril (Del Hoyo *et al.*, 1994). Durante estas migraciones, las águilas procedentes de la población de Europa occidental (principalmente en Francia, Portugal y España) se concentran

en el estrecho de Gibraltar para cruzar a África, mientras que las procedentes de las poblaciones del este de Europa (la mayoría en Rusia, Ucrania y Turquía) se concentran en el estrecho del Bósforo (Cramp y Simmons, 1980; Zalles y Bildstein, 2000).

Pueden encontrarse también poblaciones residentes, como en el norte de Pakistán, la India o Sudáfrica (Del Hoyo *et al.*, 1994). En el caso de España, la población de las islas Baleares es residente (Viada, 1996).

Curiosamente, en las últimas décadas se ha detectado en la población reproductora europea que algunos individuos no realizan migraciones de larga distancia, sino que permanecen durante la invernada en el sur de Europa, por la cuenca mediterránea y en el norte de África (Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Zalles y Bildstein, 2000; Baghino *et al.*, 2007; Palomino y Molina, 2012), una tendencia que se ha visto incrementada en los últimos años (Morganti, 2014). En España, durante el invierno, se la puede encontrar principalmente en las marismas del Guadalquivir y en los humedales de provincias costeras del Mediterráneo, sobre todo de Andalucía, Murcia y Comunidad Valenciana (Urios *et al.*, 1991; Palomino y Molina, 2012).

La población de águila calzada en Europa ha sido estimada en unas 4.400-8.900 parejas (Burfield, 2008). En Francia y sobre todo en España, con miles de parejas (Muñoz-Gallego y Blas-García, 2003), se encuentra el grueso de esta población, mientras que la población situada al este de Europa (en Ucrania, Rusia y Turquía) está formada por tan solo unos cientos de parejas. Sin embargo, esta estima de la población europea podría estar infravalorada, ya que Palomino y Valls (2011) estiman unos 18.500 territorios sólo para España. Estas notables diferencias se podrían explicar por el incremento poblacional y de su área de distribución en España en tiempos recientes (Palomino y Valls, 2011). No obstante, aparte de las estimas poblacionales basadas en modelos que hay que tomar con cautela (Blanco *et al.*, 2012), aún sería necesario mucho trabajo de censo en campo para poder establecer con precisión en número de parejas reproductoras de águila calzada en España.

Se trata de una especie que goza de un estatus de conservación favorable, habiendo sido considerada como de "Preocupación Menor" de acuerdo a la clasificación de la Unión Internacional para

la Conservación de la Naturaleza UICN (BirdLife International, 2015, 2016). Las principales amenazas para la especie incluyen la pérdida y la degradación del hábitat, los incendios forestales (particularmente importantes en los pinares mediterráneos), la inadecuada gestión forestal, la persecución humana y las molestias en los lugares de reproducción, sobre todo debido a la construcción de carreteras y pistas forestales (García-Dios y Viñuela, 2000; Ferguson-Lees y Christie, 2001; BirdLife International, 2015, 2016), la persecución humana y los accidentes en tendidos eléctricos (Martínez *et al.*, 2016b).

Tradicionalmente, en España se le ha considerado una rapaz típicamente forestal, aunque es muy adaptable. Durante la reproducción ocupa principalmente hábitats forestales, desde pequeños bosques aislados próximos a humedales (Suárez *et al.*, 2000), pinares mediterráneos, alcornocales o encinares (Urios *et al.*, 1991; Sánchez-Zapata y Calvo, 1999), hasta formaciones forestales extensas tanto de hoja caduca como perenne. Sin embargo, prefiere paisajes heterogéneos caracterizados por la presencia de áreas forestales, intercaladas con áreas abiertas principalmente dominadas por matorrales, áreas agrícolas, cultivos, principalmente de secano, y pastizales, donde alcanza las densidades más altas (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Martínez, 2002; Martínez *et al.*, 2006a; García-Dios, 2016). Se reproduce desde el nivel del mar hasta los 2.000 m de altitud en el sur de Europa (Ferguson-Lees y Christie, 2001). Durante la invernada en España se suele concentrar en cercanías de humedales (Urios *et al.*, 1991; Martínez y Sánchez-Zapata, 1999).

## REVISIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE EL ÁGUILA CALZADA

Afortunadamente, durante las últimas dos décadas, el águila calzada ha recibido la atención por parte de un nutrido grupo de investigadores, principalmente en España y otros países mediterráneos. Los estudios llevados a cabo hasta la fecha han abordado diversos aspectos básicos de la ecología de la especie, básicamente: ocupación territorial y comportamiento reproductor (Bosch, 2003; Martínez *et al.*, 2006a, 2006b; Casado *et al.*, 2008; Pagán *et al.*, 2009; Jiménez-Franco, 2014), reocupación del nido (Jiménez-Franco *et al.*, 2014a, 2014b), fidelidad territorial (Jiménez-Franco *et al.*, 2013), efectos de la meteorología y las perturbaciones naturales (Martínez *et al.*, 2013;

## INTRODUCCIÓN

Las águilas calzadas se posan con frecuencia en los apoyos de tendidos eléctricos.

© Daniel Fernández



Bosch *et al.*, 2015), invernada (Martínez y Sánchez-Zapata, 1999), interacciones con otras especies (Jiménez-Franco *et al.*, 2011), selección de hábitat (Sánchez-Zapata y Calvo, 1999; Suárez *et al.*, 2000; Bosch *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2011; Barrientos y Arroyo, 2014), dieta (Veiga, 1986; Nevado *et al.*, 1988; Martínez *et al.*, 2004; Martínez y Calvo, 2005; García-Dios, 2006), relaciones entre el polimorfismo y productividad (Martínez *et al.*, 2016a), variaciones espacio-temporales en la mortalidad (Martínez *et al.*, 2016b) y efectos de los contaminantes (Martínez-López *et al.*, 2004, 2005, 2007, 2009).

Sin embargo, existen pocos estudios centrados en la ecología del movimiento y el uso del espacio del águila calzada. Hasta hace unos años, estos estudios dependían del seguimiento a través de radio-seguimiento (Martínez, 2002; Díaz-Ruiz, 2006; Martínez *et al.*, 2007; Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011), de las observaciones visuales y del anillamiento de aves (García-Dios, 2004). En los últimos años gracias a la telemetría satelital se está ampliando el conocimiento de esta especie y conociendo más en detalle sus movimientos, tanto durante la época reproductora como durante las migraciones a los cuarteles de invernada. Así, trabajos más recientes han abordado el estudio de las rutas migratorias y la descripción de las áreas de invernada aprovechando las tecnologías de seguimiento por satélite (Chevallier *et al.*, 2010; Mellone *et al.*, 2013a, 2015; Vidal-Mateo *et al.*, 2016).

## Reproducción

La distribución de la población reproductora en España está determinada por la presencia de formaciones boscosas con claros y zonas abiertas; ocasionalmente nidifica en cortados rocosos, sustrato mayoritario utilizado para criar en las Islas Baleares (Muñoz-Gallego y Blas-García, 2003; datos propios). En la mitad norte de España se concentra en la porción central y es más escasa en la cornisa cantábrica, Galicia, parte de Aragón, Cataluña y Comunidad Valenciana, zonas en las que se restringe a las montañas del interior. En la porción meridional presenta una distribución más irregular; es escasa en el alto y medio valle del Guadalquivir y La Mancha (Muñoz-Gallego y Blas-García, 2003).

A pesar de su amplia distribución en España, el uso del espacio y el comportamiento en busca de alimento durante el periodo reproductor es

todavía bastante desconocido. La mayor parte del conocimiento que había hasta el marcaje de las aves del programa Migra provenía de unas pocas aves marcadas con emisores de radio-seguimiento en Madrid y Murcia que permitieron conocer las características y estimar el tamaño de las áreas de campeo de adultos y jóvenes (Martínez, 2002; Díaz-Ruiz, 2005, 2006; Martínez *et al.*, 2007; Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011).

Gracias a las localizaciones obtenidas mediante el seguimiento satelital y GPS dentro del programa Migra, se ha podido estimar el uso del hábitat y el tamaño de las áreas de campeo durante la temporada de cría (López-López *et al.*, 2016a), y la influencia de diferentes factores abióticos como la temperatura sobre estos movimientos (Bosch *et al.*, 2016), estudios de los que se derivan importantes implicaciones para la conservación de esta especie.

## Migración

El águila calzada es una especie migradora transahariana, cuyas poblaciones reproductoras en Europa migran a África, a la región del Sahel, donde tienen localizados sus cuarteles de invernada (Cramp y Simmons, 1980). Durante sus migraciones entre Europa y África se concentran especialmente en el estrecho de Gibraltar o en el Bósforo (Cramp y Simmons, 1980; Onrubia *et al.*, 2011). La estrategia dirigida a evitar los cruces de anchos tramos de mar, se debe al hecho que esta especie tiene la típica morfología de un ave planeadora, especializada en aprovechar las corrientes térmicas. En particular, estudios desarrollados en Israel a través de radar (Spaar, 1997), han evidenciado como el águila calzada exhibe parámetros de vuelos parecidos a los del abejero europeo (*Pernis apivorus*) y del alimoche común (*Neophron percnopterus*). Aun así, hay poblaciones residentes en las islas Baleares (Viada, 1996) y también hay individuos que permanecen durante el invierno en la cuenca mediterránea, tanto en la península Ibérica (Urios *et al.*, 1991; Finlayson, 1992; Costa, 1994; Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Palomino y Molina, 2012), como en Italia (Baghino *et al.*, 2007) o Marruecos (Bergier, 1987).

El primer trabajo publicado sobre la migración y la dispersión del águila calzada basándose en la recuperación de aves marcadas con anillas metálicas, recoge la presencia en África de individuos en Burkina Faso, Nigeria, Togo y Mali, que fueron

marcados con anillas en España, así como algunas recuperaciones en Italia (García-Dios, 2004).

Hasta 2016 en España se marcaron 4.667 águilas calzadas con anilla del remite Icona (1964-2016) y 141 con remite Aranzadi (1949-2016), y en sendos bancos de datos se recogía información de 154 y 3 aves recuperadas, respectivamente. Tras eliminar los registros duplicados, se disponía de 155 recuperaciones de águila calzada: el 80,6% de las aves fueron marcadas y recuperadas en España, el 5,8% en otros países europeos y el 13,5% en África (figura 1). Las aves encontradas en Europa lo fueron en Portugal (4 aves), país que muestra continuidad con la población reproductora española, además de en Francia (2 aves) e Italia (3 aves), posiblemente correspondientes a aves que se mueven hasta la península Itálica procedentes de España (Premuda *et al.*, 2007). En África la mayoría de las aves fueron encontradas en Marruecos (12 aves) y Argelia (2 aves), en plena ruta migratoria de la especie, mientras que el resto se ubicaron en los países de la zona de invernada en el Sahel: Mali (2 aves), Mauritania (2 aves), Burkina Faso (1 ave), Nigeria (1 ave) y Togo (1 ave).

A pesar de las limitaciones de los datos de recuperaciones de aves anilladas en esta especie, y de la falta de información precisa en muchos casos sobre el tiempo que llevan muertas las aves cuando se recuperan, se pueden extraer algunas conclusiones de interés. Las tres recuperaciones de aves en Italia son del mes de noviembre, que podrían estar en paso, y todas corresponden a aves anilladas como pollos y recuperadas el mismo año de nacimiento. Esto indica que la mayor parte de las aves que migran costeando hacia el norte por el levante ibérico y acaban en Italia (Premuda y Baghino, 2004) deben ser aves juveniles. Además, se ha documentado como parte de estas aves se queda a invernar en Italia, especialmente en Sicilia, y se corresponden en su casi totalidad con jóvenes (Baghino *et al.*, 2007). No obstante, se desconoce la proporción precisa de estas aves que acaban cruzando a África por Sicilia o se quedan en Italia a invernar.

Hay cuatro casos de águilas calzadas anilladas como pollo que en la primavera siguiente al año de nacimiento se recuperaron en el norte de África (Marruecos y Argelia), lo que indicaría que al menos una parte de las águilas calzadas de segundo año calendario permanecen en el norte de África sin aparentemente cruzar a la Península, como ocurre por ejemplo con el águila culebrera

(Mellone *et al.*, 2011). A la vista de esta información sería de gran interés marcar con dispositivos GPS aves de primer año para comprender mejor la ecología espacial de este segmento poblacional y los movimientos de las águilas calzadas durante sus primeros años de vida hasta alcanzar la edad adulta y establecerse como reproductoras.

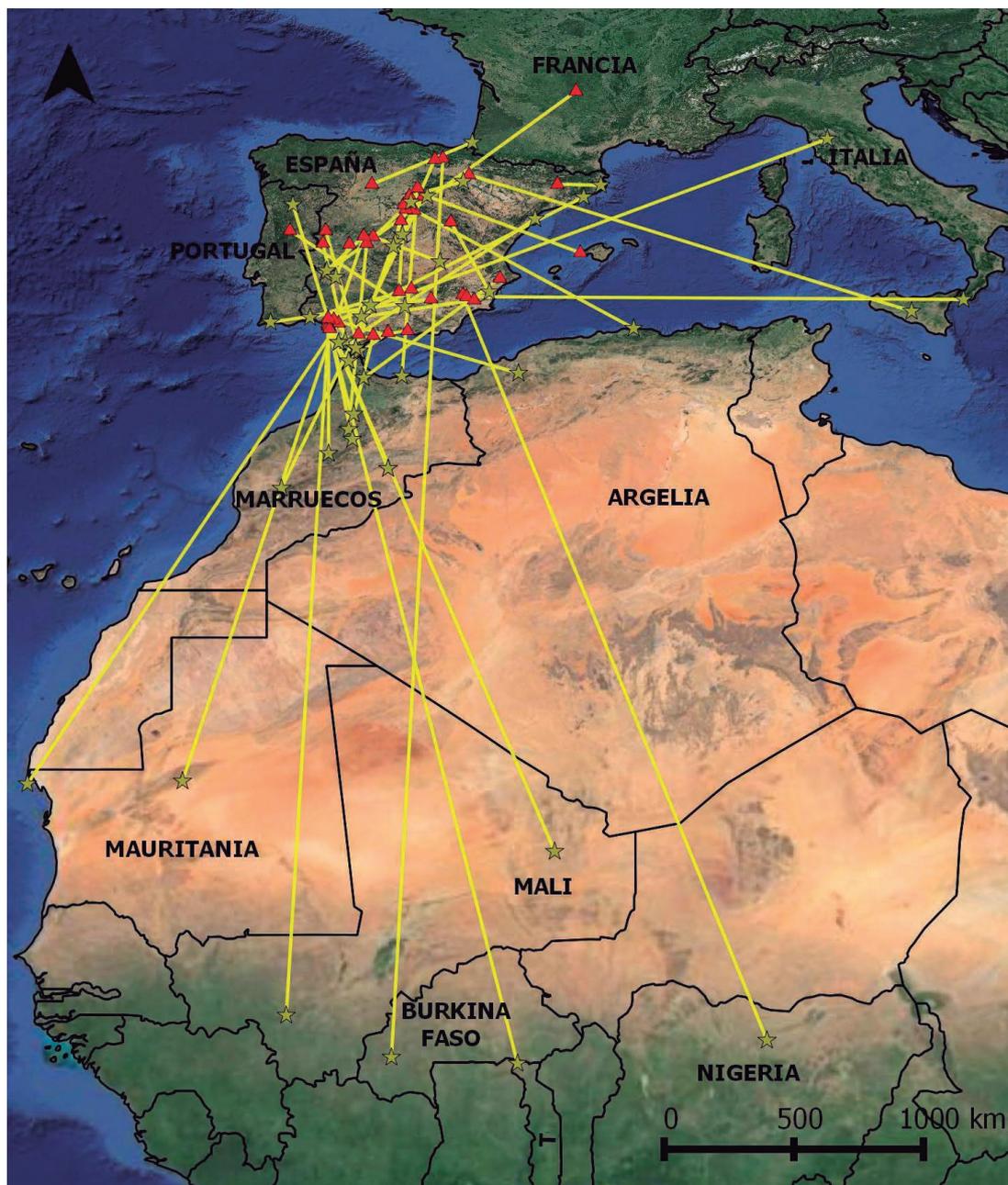
En el año 2005 se equiparon con emisores satelitales dos ejemplares en la Sierra de Guadarrama (centro de España), lo que permitió seguir sus movimientos hasta sus áreas de invernada localizadas en Níger y Mauritania (Díaz-Ruiz y Cebo llada-Baratas, 2011). Hasta el año 2010 no se publicó el primer trabajo de seguimiento satelital de la migración del águila calzada: Chevallier *et al.* (2010) describieron las migraciones de un ejemplar entre Francia y Nigeria gracias al seguimiento durante tres años consecutivos, que permitió conocer en detalle las rutas seguidas por este individuo, los puntos de parada empleados y sus áreas de invernada. Este águila mostró una elevada fidelidad hacia sus cuarteles de invernada, ocupando dos años consecutivos las mismas dos áreas situadas en el noroeste de Nigeria.

Salvo este estudio realizado en Francia sobre un único individuo (Chevallier *et al.*, 2010), hasta la fecha los únicos trabajos publicados sobre la migración del águila calzada basados en la técnica de la telemetría satelital con GPS han resultado del programa Migra de SEO/BirdLife (Mellone *et al.*, 2013a, 2015), y se presentan en el apartado de resultados de esta publicación. Mellone *et al.* (2013a) publicaron el primer trabajo utilizando datos del programa Migra de SEO/BirdLife, describiendo la ruta de migración de cinco águilas calzadas entre España y sus áreas de invernada en el Sahel africano.

### Invernada

El principal área de invernada de la población europea del águila calzada se sitúa en la región del Sahel al sur del desierto del Sahara (Cramp y Simmons, 1980). Los primeros análisis de los datos de anillamientos y recuperaciones de aves marcadas con anillas metálicas en España revelaron zonas de invernada, tanto en África como en Europa (García-Dios, 2004).

Gracias a los recientes estudios sobre la migración se conoce mejor la localización de los cuarteles de invernada, que estarían situados en un gradiente latitudinal entre 11° y 20° N, siendo la



**Figura 1**  
Recuperaciones de águilas calzadas marcadas con anilla metálica (triángulos) y encontradas a más de 100 km de su lugar de marcaje (estrellas; fuentes: Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife y Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de Aranzadi).

única rapaz migradora del Paleártico que aparentemente habría aumentado en las últimas décadas junto con el aguilucho lagunero occidental (Thiollay, 2006).

En la última década los estudios sobre sus migraciones han desvelado con más detalle sus zonas de invernada en África (Chevallier *et al.*, 2010; Mellone *et al.*, 2013a, 2015; Vidal-Mateo *et al.*, 2016). No obstante el uso del espacio y los movimientos durante la temporada de invernada son temas que prácticamente aún no han sido abordados, hasta esta publicación.

Además, desde la década de 1980 hay un aumento del número de ejemplares que permanecen durante el invierno en la península Ibérica, distribuidos mayoritariamente a lo largo de las costas de Andalucía, Murcia y Comunidad Valenciana (Urios *et al.*, 1991; Sunyer y Viñuela, 1996; Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Gómez-Serrano *et al.*, 2000; Dies y Dies, 2004; Palomino y Molina, 2012). Igualmente hay observaciones de aves invernando en el sur de Italia (Baghino *et al.*, 2007), la mayoría de las cuales proceden de la península Ibérica (Premuda *et al.*, 2007; Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife, 2017).



El empleo de dispositivos satélite con GPS ha hecho posible conocer con detalle la migración y ecología espacial del águila calzada.  
© José Antonio Cortés

**Ana Bermejo, Javier de la Puente, Pascual López-López, Beatriz Martín, José Enrique Martínez, Ugo Mellone, Alejandro Onrubia, Javier Vidal-Mateo y Vicente Urios**

Para el estudio de la ecología espacial y movimientos del águila calzada, se capturaron y marcaron con dispositivos de seguimiento remoto 21 aves (20 adultos y 1 pollo) entre 2011 y 2014 en el marco del programa Migra de SEO/BirdLife.

Además, con objeto de estudiar los movimientos de la especie durante la reproducción y el periodo de dependencia se recopiló la información de seis adultos reproductores y tres pollos marcados entre 1999 y 2003, en el marco de un estudio realizado en la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) "Sierras de Burete, Lavia y Cambrón" en Murcia (Martínez, 2002; Martínez *et al.*, 2007).

Se recopilan también los datos de paso de águila calzada por el estrecho de Gibraltar recopilados en el marco del programa Migres entre 1999 y 2016.

## MÉTODOS DE CAPTURA Y MARCAJE

### Captura de las aves

Las 21 águilas calzadas marcadas dentro del programa Migra entre 2011 y 2014, y los 9 ejemplares considerados marcados en Murcia entre 1999 y 2003 (Martínez, 2002; Martínez *et al.*, 2007) se capturaron con tres sistemas diferentes (Kenward, 1983; Bub, 1991; Zuberogoitia *et al.*, 2008; De la Puente y Cardiel, 2009; Mellone *et al.*, 2013a). Se trató de métodos selectivos, efectivos e inocuos para las aves a marcar.

Además, los ejemplares adultos siempre se capturaron en las inmediaciones de nidos activos para asegurar que el ave capturada pertenecía a un nido o zona de reproducción concreta y que se trataba de un ejemplar reproductor de una población determinada. Una vez instalados, los sistemas de captura se vigilaron desde un *hide* para observar el comportamiento de las aves y

poder extraerlas lo más rápidamente posible una vez eran capturadas.

Los pollos fueron recogidos de sus nidos y marcados cuando contaban con una edad aproximada de 40 días, momento en el que el desarrollo corporal alcanzado es adecuado ya que los individuos son capaces de termorregular por sí solos, y el riesgo de abandono anticipado del nido es todavía bajo.

### Manejo del ave

Una vez capturadas las aves se les colocaba una caperuza para mantenerlas tranquilas. Todas las aves capturadas fueron marcadas con una anilla metálica oficial para individualizarlas a largo plazo (Pinilla, 2000). Además, se chequeó visualmente el estado del ave y la presencia de parásitos, se le tomaron varias medidas biométricas y una muestra de sangre para su sexado por ADN. Posteriormente todas las águilas calzadas fueron sexadas con técnicas genéticas (Ellegren, 1996).

Los dispositivos de seguimiento remoto empleados en el programa Migra se colocaron en todos los casos en el dorso del ave mediante un arnés torácico, utilizando el método descrito por Garcelon (1985). Para ello se empleó cinta de teflón tubular de 0,44 pulgadas (11 mm) con punto de ruptura constituido por cinco puntos de hilo de algodón encerado rematados con cianocrilato. Esta colocación del arnés permite que se libere completamente y de un modo inocuo para el ave en el momento en que el último hilo del punto de ruptura se degrada, dejando libres simultáneamente las cuatro cintas de teflón que forman el arnés y sujetan el emisor en el dorso del ave. Los dispositivos colocados en Murcia entre 1999 y 2003 fueron igualmente acoplados al dorso de las aves mediante un arnés de cinta de teflón con punto de rotura.



#### Animación 1

Liberación de varias águilas calzadas marcadas con emisor GPS dentro del programa Migra. © SEO/BirdLife



Colocación de un emisor en un ejemplar de águila calzada en Madrid en el año 2011.

© SEO/BirdLife

Todo el proceso de anillamiento, colocación del emisor y toma de las medidas biométricas se llevó a cabo por un equipo de al menos dos personas y duró aproximadamente media hora. Las aves fueron liberadas en el mismo lugar de captura.

### Dispositivos empleados y recepción de las localizaciones

Para el estudio de la migración y ecología espacial del águila calzada se realizaron marcajes específicos con los dispositivos más modernos de seguimiento remoto: telemetría satelital y emisores con



Anillamiento de un águila calzada en La Rioja.

© Gobierno de La Rioja

GPS. Con objeto de profundizar en el conocimiento de la ecología espacial y el uso de hábitat de la especie durante el periodo reproductor se recopilaban además datos provenientes de marcajes con emisores de radio VHF, también conocido como radio-seguimiento convencional.

### Sistema de seguimiento satelital y sistemas de seguimiento con GPS

Estos métodos de seguimiento permiten recabar datos con elevada precisión espacio-temporal, por lo que se trata de métodos idóneos para conocer con detalle los movimientos de las águilas calzadas.

Se emplearon cuatro tipos distintos de dispositivos: emisor satélite GPS solar, emisor satélite solar, emisores GPS-GSM y *data-logger* GPS (tabla 1). Los dispositivos concretos se eligieron en cada momento dependiendo de los modelos disponibles en el mercado adecuados para la especie, considerando su forma y peso.

Los emisores satélite GPS se programaron para tomar una localización GPS cada hora entre las 6:00 y las 20:00 h (GMT) durante la migración (entre el 15 de febrero y el 30 de abril en primavera y entre el 16 de agosto y el 31 de octubre en otoño) y cada tres horas el resto del año (en los periodos de cría e invernada) entre las 6:00 y las 21:00 h (GMT). Los satélites solares sin GPS se programaron en un ciclo continuo y estaban encendidos 24 horas al día.

Los emisores GPS-GSM se programaron para tomar una posición cada hora entre las 6:00 y las 20:00 h durante todo el año, y los *data-logger* GPS para tomar dos posiciones cada hora en el mismo intervalo horario.

Los emisores satélite permiten emitir señales que son captadas por el sistema de satélites Argos (seis satélites que están en una órbita estacionaria a 850 km de altura sobre la Tierra). Esta señal es reenviada por estos satélites a un centro de recepción terrestre que procesa los datos, calcula las localizaciones y las hace disponibles vía Internet. La localización del emisor, y por tanto del ave que lo porta, se lleva a cabo cuando varios satélites captan la señal y calculan la distancia del emisor al satélite utilizando el efecto Doppler -cambio de la frecuencia aparente de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente que produce la onda (emisor dispuesto en el ave)

Tipo aparato	Fabricante	Modelo dispositivo	Peso (g)	N.º de aves
Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry Inc. (EE.UU.)	PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	10
Emisor satélite solar	Microwave Telemetry Inc. (EE.UU.)	PTT-100 9.5 gram Solar PTT	9,5	2
	North Star Science and Technology (EE.UU.)	18 gram - Solar PTT 45" - bat 20 gram - Solar PTT 60"	18 20	1 2
Emisor GPS-GSM	Ecotone (Polonia)	SAKER 4L	20-23	2
		SAKER QL	22	3
Data-logger GPS	Telemetry Solutions (EE.UU.)	Quantum 4000 Enhanced GPS	25	1
<b>Total</b>			<b>9,5-25</b>	<b>21</b>

**Tabla 1**

Tipos de dispositivos empleados para marcar las águilas calzadas. No se considera el peso del arnés, que es de unos 5 g.

respecto a su observador (satélites Argos)–. Las localizaciones, llamadas *localizaciones Argos*, calculadas por este sistema pueden tener un error de cierta importancia, pero conocido de forma aproximada para cada localización, lo que permite filtrarlas en función de los objetivos del marcaje y casi siempre tener localizaciones diarias con bastante precisión (Argos, 2011). Además, existen dos tipos de emisores satélites, los que llevan incorporado un GPS y los que no. En caso de llevar GPS el emisor, además, recoge coordenadas GPS que recogen los satélites Argos y son enviadas al centro de recepción para que puedan estar disponibles al usuario a través de Internet. Los emisores con GPS permiten ser programados en varios ciclos anuales de forma que recogen las localizaciones y las envían en mensajes según los intervalos de tiempo programados. A mayor número de horas diarias activos, número de localizaciones recogidas y mayor frecuencia de envío de las mismas, menor es la duración de las baterías y por tanto del propio emisor, que acaba por dejar de funcionar al estropearse la batería por sus continuas cargas y descargas.

Los emisores GPS-GSM presentan una elevada precisión con errores que en la mayoría de localizaciones no superan los 10 m. Esto supone un gran avance respecto a otros sistemas de seguimiento remoto como puedan ser los emisores satélite GPS, que suelen presentar una menor precisión. Este hecho, junto con la mejora remota de las capacidades de descarga de datos a través de la red de comunicaciones móviles GSM (de sus siglas en inglés *Global System for Mobile Communications*), en lugar de a través del sistema de satélites Argos, y la posibilidad de la reconfiguración del ciclo de programación basada en la demanda de los usuarios de forma diaria, ha hecho posible el seguimiento de los animales en tiempo casi real (López-López, 2016).

Los dispositivos *data-logger* GPS identifican la localización del ave porque tienen incorporado un GPS y acumulan la información pero no la envían,



Águila calzada adulta marcada con dispositivo GPS-Argos en la Región de Murcia.  
© José Enrique Martínez



Liberación de una águila calzada marcada en Ciudad Real.  
© Ángel Gómez Manzaneque

Águila calzada adulta  
marcada con dispositivo  
GPS-GSM en Madrid.  
© Javier de la Puente-  
SEO/BirdLife



sino que los datos se tienen que descargar con una estación base situándose a escasa distancia del ave que lo porta, o bien recapturar al ave y descargar la información del dispositivo. Con ellos no se puede seguir diariamente la posición del ave una vez que ha abandonado la zona de cría, y precisa volver al año siguiente al mismo lugar para poder obtener la información de sus viajes.

### **Sistema de seguimiento convencional o radio-seguimiento VHF**

Anteriormente a la reciente llegada de las modernas tecnologías de seguimiento remoto y su aplicación a la ciencia, fundamentalmente en el campo de la ecología y el comportamiento animal, el radio-seguimiento era el sistema de seguimiento convencional más empleado durante las últimas décadas por los biólogos, principalmente debido a su bajo coste y básica tecnología, de muy alta frecuencia VHF (Kenward, 2001; López-López, 2016). Sin embargo, este sistema de seguimiento presenta ciertas limitaciones metodológicas porque la precisión espacial de los datos es relativamente baja y resulta difícil recoger suficiente información en los trabajos de campo; generando sesgos en el estudio de la ecología espacial de los organismos (López-López *et al.*, 2016a).

En los primeros estudios sobre los movimientos de campeo de las águilas calzadas se empleó el radio-tracking como sistema de seguimiento (Martínez *et al.*, 2007; Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011). Este tipo de seguimiento permitió obtener información relativa a las áreas de campeo de adultos y juveniles durante el periodo reproductor y el periodo de dependencia, respectivamente (Martínez, 2002; Díaz-Ruiz, 2006).

Todos los individuos marcados entre 1999 y 2003 fueron equipados con transmisores de radio de la empresa española Ayama-Segutel (Barcelona, España) y fueron acoplados al dorso de las aves mediante un arnés de cinta de teflón con punto de ruptura. El peso de los transmisores nunca superó el 3% del animal marcado.

El periodo de seguimiento de los individuos adultos comprendió desde el momento en el que las parejas tenían pollos de 10-15 días hasta el comienzo de la migración hacia los cuarteles de invernada. Las aves marcadas fueron seguidas con la ayuda de un receptor Ayama, modelo PT-2 y una antena portátil de tres elementos. Los individuos fueron localizados mediante triangulación y observación directa. Las águilas calzadas adultas son aves de gran movilidad cuando cazan, lo cual dificulta enormemente la triangulación (Martínez, 2002).

De hecho, todas las observaciones de búsqueda de presas y picados de caza fueron contabilizadas mediante observación directa. El seguimiento fue llevado a cabo en vehículo todo-terreno por uno o dos observadores, que seguían a cada animal una vez cada siete días desde el amanecer hasta el atardecer. Los datos recabados fueron reflejados en cartografía 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional (Martínez, 2002).

El periodo de seguimiento de los juveniles abarcó desde el primer vuelo del nido hasta el comienzo de la migración en septiembre. Se realizó una jornada semanal de seguimiento para cada uno de los jóvenes, durante todas las horas de luz solar. Para ello se utilizó el método de seguimiento continuo (Sanz *et al.*, 2005), en el que el observador se dirigía, en coche o andando, a aquellos puntos del territorio, donde la señal emitida por el receptor fuera más potente y existiera una buena visibilidad para poder detectar al individuo, ya fuera en vuelo o posada (White y Garrott, 1990).

## ESTÁNDARES ÉTICOS

Todos los trabajos se han desarrollado siguiendo la normativa existente y de acuerdo a las leyes ambientales vigentes en España. En todos los casos se obtuvieron las autorizaciones necesarias de las administraciones autonómicas correspondientes para la captura, marcaje y extracción de muestras de sangre de las aves estudiadas, y de los permisos de anillamiento necesarios.

Para minimizar las molestias a las aves, el peso del dispositivo una vez colocado no superó en ningún caso el umbral considerado de "riesgo", del 5% del peso del ejemplar (Cochran, 1980; Phillips *et al.*, 2003). Dentro del programa Migra los marcajes realizados con arnés torácico fueron dispuestos por técnicos de SEO/BirdLife y de la Junta de Extremadura especializados en este tipo de marcajes.

## CONTEOS EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR

El estrecho de Gibraltar está reconocido como uno de los puntos más importantes del mundo para la migración de las aves (Bernis, 1980; Porter y Beaman, 1985; Finlayson, 1992; Zalles y Bildstein, 2000), y constituye uno de los principales puntos de conexión en la vía migratoria del

Paleártico occidental entre los continentes europeo y africano. Esta situación geográfica, unida al efecto de los vientos predominantes del este (levante) y del oeste (poniente) hacen del estrecho de Gibraltar uno de los "cuellos de botella" más importante para la migración en el Mediterráneo, siendo paso obligado para millones de aves terrestres en sus desplazamientos migratorios anuales.

Particularmente relevante es la migración masiva de aves planeadoras, principalmente rapaces y cigüeñas, que evitan cruzar grandes extensiones de agua donde no se forman corrientes térmicas. Para estas aves, el estrecho de Gibraltar constituye un paso obligado y un punto de concentración anual (Bernis, 1980; Zalles y Bildstein, 2000; Newton, 2008; figura 10). En este contexto, en 1997 la Consejería de Medio Ambiente de la Junta Andalucía y SEO/BirdLife lanzan un programa de seguimiento de la migración de aves con el doble objetivo de difundir entre la sociedad la importancia y la dimensión del fenómeno de la migración de aves en el estrecho de Gibraltar y de obtener información biológica relevante sobre dicho fenómeno (Programa Migres, 2009).

El seguimiento de la migración de aves planeadoras en el estrecho de Gibraltar se basa en los conteos sistemáticos de rapaces y cigüeñas en paso. Para ello se sigue un protocolo de "seguimiento de esfuerzo constante" consistente en censar diariamente en observatorios fijos de referencia todas las aves planeadoras en migración durante un periodo estandarizado. Los resultados obtenidos son, por lo tanto, comparables año tras

Las águilas calzadas son contabilizadas desde los observatorios situados en tierra cuando sobrevuelan el estrecho de Gibraltar.  
© Michele Panuccio





Grupo de ornitólogos observando la migración otoñal de aves planeadoras en el estrecho de Gibraltar en el observatorio de Algarrobo. © Fundación Migres

año, gracias al control del esfuerzo de conteo y a la toma de datos objetivos, lo que permite obtener indicadores de la evolución de las poblaciones migratorias en el Estrecho y detectar tendencias en los patrones de migración (Dunn y Hussell, 1995; Bird y Bildstein, 2007; Moller *et al.*, 2010; Pearce-Higgins y Green, 2014).

SEO/BirdLife diseñó entre 1997 y 1999 los protocolos de seguimiento otoñal de aves planeadoras (SEO/BirdLife, 2000; Barrios y Doval, 2007), mientras que la Fundación Migres hizo lo propio con el programa de seguimiento de la migración primaveral entre 2007 y 2009 (De la Cruz *et al.*, 2011). El esfuerzo se planteó para que la temporada de conteo abarcara el 95% del periodo de paso, tanto del ciclo estacional como del periodo diario de migración de las especies estudiadas, y que el número de observadores por puesto y el número y localización de los observatorios utilizados estuviera regulado dentro de cada periodo migratorio y para cada grupo de especies (Barrios y Doval, 2007; Programa Migres, 2009). Como resultado de estos trabajos se estableció que el seguimiento prenupcial se realizara en dos observatorios (Punta Carnero y Cazalla) entre el 1 de febrero y el 5 de junio en horario de 10:00 a 17:00 h, mientras que el seguimiento postnupcial se realizara en dos observatorios (Algarrobo y Cazalla) entre el 5 de julio y el 15 de octubre en horario de 9:00 a 17:00 h. Actualmente se dispone de información completa para el paso primaveral (2007-2013) y otoñal (1997-2016).

Los conteos fueron llevados a cabo por grupos de dos observadores por observatorio, organizados y supervisados en todo momento por un ornitólogo experto. Los tres observadores se organizaban repartiendo el cielo en sectores definidos,

de manera que cubrían la totalidad del campo de visión. Regularmente, cada observador realizaba un barrido de su sector de cielo, ayudado con los prismáticos, para detectar las aves o bandos visibles desde el observatorio. Una vez detectados los bandos o aves individuales, se procedía a su conteo e identificación, contando siempre individuo a individuo, o en caso de bandos muy numerosos (aprox. > 500 aves), en grupos de 5 ó 10 individuos, evitando siempre realizar estimaciones menos exactas del tamaño de los bandos. Asimismo, cuando era posible se estimaba la edad y sexo de los ejemplares avistados. Cada observatorio trabajaba de manera individualizada, sin comunicar la presencia de aves ni de bandos a otros observatorios, por lo que en cada observatorio se obtuvo una muestra independiente de la migración diaria.

A partir de la información recogida en los observatorios se estimaron los patrones estacionales y diarios de paso del águila calzada, considerando solamente los registros de aves con comportamiento migratorio inequívoco de cruce (vuelos direccionados de inicio o llegada de tránsito sobre el mar), promediando los valores de paso primaveral y otoñal para el periodo 2009-2012. Para caracterizar el calendario de migración se cuantificaron la fecha media del 5%, 50% y 95% del paso y la duración (número de días) del 90% del paso total (Leshem y Yom-Tov, 1996; Newton *et al.*, 2010; Verhelst *et al.*, 2011). Para los análisis de tendencias se consideraron los datos de la serie de años comprendida entre 1999 y 2016.

## ANÁLISIS DE DATOS

### Reproducción

#### Telemetría satelital

Para la realización del estudio de telemetría satelital durante la época reproductora fueron considerados 16 adultos reproductores de águila calzada (6 machos y 10 hembras) marcados dentro del programa Migra en 12 provincias españolas (Ávila, Badajoz, Barcelona, Castellón, Ciudad Real, Huelva, Huesca, La Rioja, Lugo, Madrid, Málaga y Murcia) entre los años 2011 y 2014 con objeto de abarcar la mayor heterogeneidad espacial posible dentro del ámbito de estudio (López-López *et al.*, 2016a).

El periodo de recogida de información de los movimientos de las águilas calzadas se dividió en tres periodos: (1) el periodo previo a la puesta,

que comprende desde la llegada de los individuos adultos a los territorios de cría hasta la puesta de los huevos; (2) el periodo de incubación y el periodo de estancia de los pollos en nido, el cual comprende una media de 39 días de incubación (García-Dios, 2016), más un periodo de permanencia de los pollos en el nido antes de la realización del primer vuelo (estimado en 52 días; García-Dios, 2016); y finalmente, (3) el periodo premigratorio, que incluye el periodo de dependencia de los juveniles hasta el comienzo de la migración otoñal hacia los cuarteles de invernada.

Además de la recogida de información proveniente de los individuos seguidos por telemetría satelital, se realizaron visitas anuales de campo a cada territorio para confirmar la presencia de los individuos en sus territorios, determinando su comportamiento reproductor y eventualmente anotando su productividad (número de pollos que vuelan con éxito).

### Tamaño de las áreas de campeo de adultos con telemetría satelital

Los diferentes niveles de uso del espacio fueron evaluados mediante el uso de dos estimadores espaciales: el Mínimo Polígono Convexo (MPC; Mohr, 1947) en el que se utilizaron el 100% de las observaciones registradas, y el estimador Kernel de densidad (Worton, 1989) utilizando el método *ad-hoc* definido bajo tres isolinéas de probabilidades (95%, 75% y 50%; para más detalles véase López-López *et al.*, 2016a). Por un lado, se calculó la distancia media desde el centro aritmético de las localizaciones hasta cada uno de los puntos (también conocida como "Spider Distance" o SD, en inglés; de este modo cuanto mayor es la SD, mayor es el grado de excentricidad del territorio); y la excentricidad de las áreas de campeo (ECC) calculada como la distancia desde el nido utilizado cada año al centro aritmético de las localizaciones (i.e., una medida de cuánto se desvía de tener forma circular el territorio y por tanto de medir si el nido ocupa una posición espacial en el centro del mismo). Estas métricas son consideradas como medidas representativas de la extensión de las áreas de campeo.

Además, se calculó la distancia cubierta en una hora (usando localizaciones consecutivas) y la distancia de cada localización respecto al nido usado cada año. Finalmente, se cuantificó el tiempo empleado considerado como la frecuencia de movimientos a lo largo del día durante el

periodo previo a la puesta, el periodo de reproducción y el periodo premigratorio. Todas las estimaciones del uso del espacio fueron calculadas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y software para modelización geoespacial (Hooge y Eichenlaub, 2000; Beyer, 2012).

### Uso de hábitat con telemetría satelital

Para cuantificar el uso de hábitat, se empleó la cobertura de usos del suelo proporcionada por el proyecto CORINE 2006 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-3>; López-López *et al.*, 2016a) El análisis de uso de hábitat se fundamentó en la comparación entre los valores observados y un grupo de valores aleatorios generados por simulaciones de Monte Carlo. De este modo, se generó un grupo de muestras al azar que proporcionaron una distribución de probabilidades basadas en datos reales con el que comparar los valores observados. Este enfoque tiene la ventaja sobre los métodos estadísticos estándar de no depender de la asunción de que los datos son recabados bajo una distribución de probabilidades teórica específica (Gotelli y Ellison, 2004; Manly, 2006).

Águila calzada invernando en la Albufera de Valencia  
© Pablo Vera



### Tamaño de las áreas de campeo de adultos y juveniles con radio-seguimiento

El área de campeo fue estimada mediante los estimadores de Mínimo Polígono Convexo (MPC) en el que se usaron el 100% de las observaciones, y el Kernel definido bajo la isolínea de probabilidad al 95%, frecuentemente utilizada en otros estudios (Ratcliffe y Crowe, 2001; Jiguet y Villarbias, 2004; Bosch *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2016).

### Uso de hábitat con radio-seguimiento

El uso de hábitat fue analizado dentro del área de campeo usando una modificación del método propuesto por Rosenberg y McKelvey (1999). Este método se aplica en el estudio de selección de hábitat de animales que regularmente regresan a un lugar central (como es el caso de los nidos en las aves). Este método evita fundamentalmente los sesgos positivos de selección para los tipos de hábitat localizados cerca del punto central (Carrete y Donázar, 2005). El método de Rosenberg y McKelvey (1999) se fundamenta en la utilización de regresiones logísticas, usando como variable dependiente el conjunto de radiolocalizaciones (valores 1), más un número elevado de puntos seleccionados al azar dentro del área de campeo (valores 0). Como variables independientes se utilizan el hábitat (en forma de variable dicotómica) y la distancia al punto central. Los modelos de regresión logística se realizan introduciendo las variables dicotómicas correspondientes a cada tipo de hábitat (la excepción de una, correspondiente al tipo de referencia), la distancia y las interacciones entre tipo de hábitat y distancia. Como medida de selección de un tipo particular entre tipos de hábitat, en relación al tipo de referencia, se utiliza la razón de probabilidades de uso entre ambos. De esta forma, si los valores obtenidos son mayores o menores que uno indican, respectivamente, preferencias de selección mayores o menores que el tipo de referencia.

### Migración

Para el estudio de las rutas migratorias se empleó la información generada por el marcaje de 18 águilas calzadas entre 2011 y 2014, aunque el tamaño de muestra puede ser menor en algunos casos, debido a fallos del aparato, o a la muerte del individuo marcado.

Estas águilas calzadas fueron marcadas con aparatos que proporcionaban localizaciones GPS,

permitiendo entonces la recogida de parámetros a escala diaria e incluso horaria, salvo en el caso de tres individuos marcados con emisores satélite sin GPS, que proporcionaron localizaciones Argos. En este último caso se seleccionaron las localizaciones con mejor precisión (localizaciones clase 3 con precisión < 250 m; clase 2 entre 250 y 500 m; y clase 1 entre 500 y 1.500 m; Argos, 2011), que aportaron datos muy útiles para definir las rutas migratorias.

Las variables ambientales relativas a las condiciones del viento y a la fuerza de las corrientes térmicas se obtuvieron a través de los datos del NCEP/NCAR Reanalysis Project ([www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov)). En particular, la fuerza de los vientos de cola se definió identificando la dirección de vuelo de cada individuo y segmento según su objetivo, que podía ser el área de invernada, el nido, o el estrecho de Gibraltar. Se analizaron los patrones de migración, como velocidad, tiempo transcurrido en vuelo, rectitud (*straightness*), a tres escalas: horaria, diaria y del viaje completo. Además, se evaluó la existencia de diferencias en dichos patrones entre temporadas y entre el cruce del desierto del Sahara y el resto de la migración.

### Invernada

Se dispone información de la temporada de invernada de 16 individuos, que fueron equipados con emisores GPS, a excepción de tres individuos marcados con emisores satélite sin GPS. En conjunto se dispone de datos de 28 temporadas completas (algunas correspondientes al mismo individuo en temporadas consecutivas) y 7 temporadas parciales, por fallo del emisor o por muerte del ejemplar antes de que concluyese su correspondiente temporada de invernada.

### Tamaño de las áreas de invernada

Para calcular el tamaño de las áreas de invernada, solo se tuvieron en cuenta las áreas correspondientes a temporadas de las que se tienen datos a lo largo de toda su duración (temporadas completas), y además que los datos tuvieran precisión GPS, excluyendo así los tres ejemplares que fueron equipados con emisores satélite sin GPS, que proporcionan localizaciones tipo Argos. Se estimó el área de campeo de cada individuo de águilas calzadas usando la aproximación Kernel fijo (Worton, 1989), incluyendo todas las localizaciones GPS. Se calcularon los polígonos



Kernel fijos del 95%, 75% y 50% usando la extensión Animal Movement para ArcView 3.2 (Hooge y Eichenlaub, 1997). Se obtuvo también el Mínimo Polígono Convexo (MPC) utilizando todas las localizaciones recibidas de cada águila calzada.

### Uso de hábitat en invernada

Al igual que para el cálculo del tamaño de las áreas de invernada, los datos obtenidos a través del sistema Argos fueron excluidos para estimar el uso del hábitat debido a su menor precisión, pues en su mayoría los datos disponibles son GPS. Se evaluaron los hábitats utilizados mediante el mapa global de cobertura terrestre de GlobCover, V.2.3 (ESA Glob-Cover Project; [http://due.esrin.esa.int/page\\_globcover.php](http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php)), disponible en formato ráster de 300 m de resolución y obtenido a partir de imágenes satelitales registradas durante 2009. A cada localización registrada se le asignó un tipo de hábitat y después

se calculó la proporción de las localizaciones en cada tipo de hábitat utilizado. Para estimar la disponibilidad de hábitat dentro del área de invernada, se generaron 10.000 puntos aleatorios dentro del MPC combinado (formado por todos los MPC calculados), usando la extensión de Random Point Generator de ArcView (Jenness, 2005), y luego se le asignó el tipo de hábitat correspondiente a cada punto. Esto permitió comparar las proporciones observadas con las calculadas a partir de los valores aleatorios.

Águila calzada en vuelo  
con emisor satélite GPS.  
© Ángel Sánchez



El estrecho de Gibraltar supone una importante barrera geográfica en la migración de las águilas calzadas, pues las aves deben volar sobre mar abierto más de 14 kilómetros de distancia. (C) Javier Elorriaga

# 04 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## RESULTADOS GENERALES DEL PROGRAMA MIGRA

Ana Bermejo y Javier de la Puente

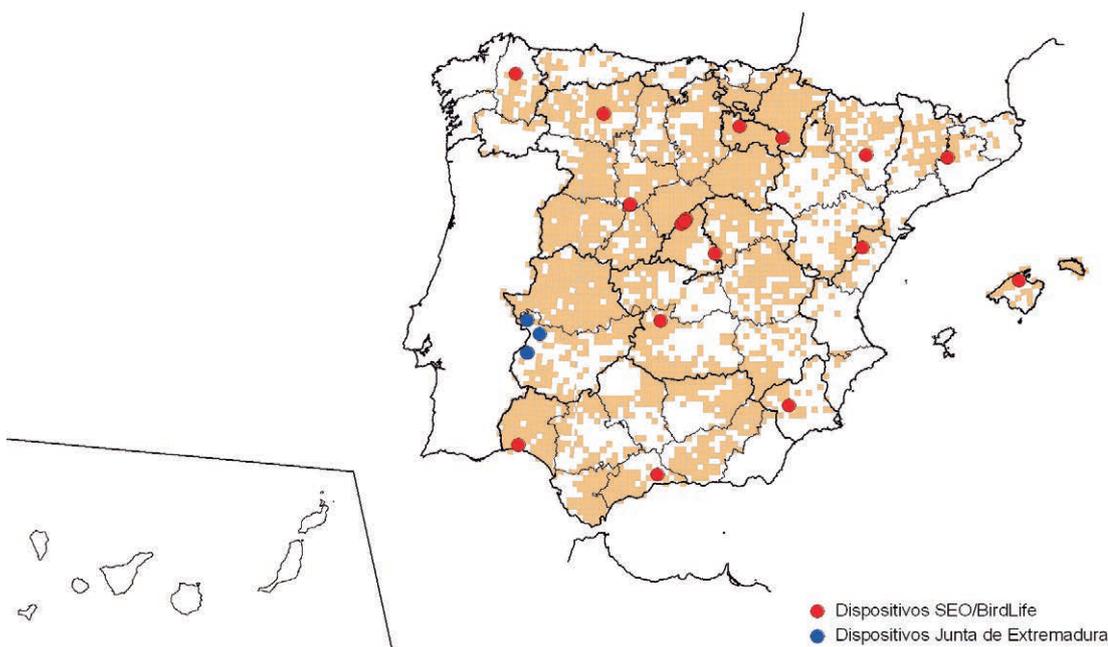
### INDIVIDUOS MARCADOS EN EL PROGRAMA MIGRA

Las 20 de las 21 águilas calzadas marcadas y con información dentro del programa Migra entre 2011 y 2014 fueron ejemplares adultos reproductores establecidos en sus territorios de cría. Esta fracción de la población tiene una baja tasa de mortalidad y desde un principio en el programa Migra se decidió trabajar con ejemplares adultos. Solo se marcó un ave como pollo.

Los 20 adultos capturados estaban distribuidos por toda el área de distribución de la población

reproductora en España (tabla 2, figura 2). De estos, 8 fueron machos y 12 hembras, con una proporción de sexos de aproximadamente 1:1 (Test de Chi cuadrado con la corrección de Yates:  $\chi^2 = 0,10$ ;  $p = 0,7506$ ). En dos casos las aves marcadas formaban parejas, por lo que se marcaron en un territorio a los dos miembros de la pareja; en los demás casos sólo se capturó y marcó a un miembro de la pareja.

El emisor supuso el 2,3% del peso de las hembras y el 3,1% de los machos, valores dentro de un rango razonable para marcar esta especie (tabla 3; Kenward, 1987).



**Figura 2**  
Distribución de los puntos de marcaje de las águilas calzadas del programa Migra. Se muestra el área de distribución en época reproductora de la especie en España (Muñoz-Gallego y Blas-García, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 2**

Ejemplares de águila calzada marcados con emisores entre 2011 y 2014 por SEO/BirdLife en el marco del programa Migra. Para cada ejemplar se indica el término municipal y la provincia de captura, edad, sexo, longitud del ala, longitud del tarso y peso.

Anilla metálica	ID aparato	Tipo de aparato	Fecha de captura	Municipio y provincia de captura	Edad	Sexo	Ala (mm)	Tarso (mm)	Peso (g)
9059277	68247	Emisor satélite GPS solar	1-7-2011	Olmeda de las Fuentes (Madrid)	Adulto	Hembra	380	69,66	926
8019288	68457	Emisor satélite GPS solar	2-7-2011	Madrigal de las Altas Torres (Ávila)	Adulto	Macho	350	65,19	594
8019289	68456	Emisor satélite GPS solar	3-7-2011	Ares del Maestrat (Castellón)	Adulto	Macho	370	62,08	575
9059278	68328	Emisor satélite GPS solar	5-7-2011	Pinilla del Valle (Madrid)	Adulto	Hembra	395	68,81	861
9059280	91724211	Data-logger GPS	21-7-2011	Rascafría (Madrid)	Adulto	Hembra	390	70,67	985
8019292	71903	Emisor satélite solar	3-8-2011	La Roca (Badajoz)	Adulto	Macho	360	60,92	581
9060152	71928	Emisor satélite solar	3-8-2011	Albuquerque (Badajoz)	Adulto	Hembra	386	72,11	960
8019002	118179	Emisor satélite GPS solar	23-6-2012	Badajoz (Badajoz)	Adulto	Macho	362	65,66	590
9055660	118180	Emisor satélite GPS solar	23-6-2012	Badajoz (Badajoz)	Adulto	Hembra	383	74,50	620
9065605	68457b	Emisor satélite GPS solar	8-7-2012	Sant Mateu de Bages (Barcelona)	Adulto	Hembra	394	67,45	905
8008656	33920	Emisor satélite solar	24-6-2013	Oteruelo de la Valduncina (León)	Adulto	Macho	376	63,32	655
9068873	123739	Emisor satélite GPS solar	29-6-2013	Peralta (Huesca)	Adulto	Hembra	390	68,48	950
9068874	123740	Emisor satélite GPS solar	1-7-2013	Cehegin (Murcia)	Adulto	Hembra	397	70,70	910
9068875	123741	Emisor satélite GPS solar	2-7-2013	Málaga (Málaga)	Adulto	Hembra	380	68,40	975
9068876	59993	Emisor satélite solar	8-7-2013	Tricio (La Rioja)	Adulto	Hembra	392	67,20	920
F10071	59993	Emisor satélite solar	14-6-2014	Sa Pobla (Islas Baleares)	Pollo	Hembra	277	63,22	795
8025401	REK1 09	Emisor GPS-GSM	30-6-2014	Alfaro (La Rioja)	Adulto	Macho	366	63,40	690
8025402	REK1 08	Emisor GPS-GSM	6-7-2014	Castro de Rei (Lugo)	Adulto	Hembra	395	-	1.010
8025412	REK1 10	Emisor GPS-GSM	7-7-2014	Alcoba de los Montes (Ciudad Real)	Adulto	Macho	357	-	680
9045021	REK1 07	Emisor GPS-GSM	9-7-2014	Cartaya (Huelva)	Adulto	Hembra	378	-	1.050
8025403	REK1 12	Emisor GPS-GSM	29-7-2014	Rascafría (Madrid)	Adulto	Macho	374	68,21	715

**Tabla 3**

Peso en gramos de las aves marcadas y porcentaje del peso que supone el emisor en las aves marcadas.

Sexo	Peso medio±D.E.	Rango peso	% peso emisor±D.E.	Rango% peso emisor
Hembra (n = 12)	922,7±108,1	620,0-1.050,0	2,3±0,6	1,0-3,5
Macho (n = 8)	635,0±56,2	575,0-715,0	3,1±0,7	1,6-3,8
<b>Todos (n = 20)</b>	<b>807,6±169,8</b>	<b>575,0-1.050,0</b>	<b>2,7±0,7</b>	<b>1,0-3,8</b>

## EFFECTIVIDAD DE LOS DISPOSITIVOS EMPLEADOS

De los cuatro tipos de dispositivos empleados los que mejor funcionaron fueron los emisores satélite GPS y los emisores GPS-GSM. Los emisores satélite funcionaron también correctamente, pero proporcionan localizaciones con menor precisión. El *data-logger* GPS funcionó mal, ya que no se pudo descargar con la estación base, y fue preciso recapturar el águila para retirarle el dispositivo y obtener la información que contenía. Dos aparatos fueron reutilizados al ser recuperados tras la muerte del ave. Para 15 individuos se obtuvo datos de al menos un ciclo vital completo (tabla 4), con una media de más de dos años de datos de funcionamiento (media ± DE = 839 ± 533 días), y más de 4.000 localizaciones (4.584 ± 1.990).

Considerando solo las aves que no se dieron por muertas o perdieron el aparato (tabla 5), para las que se puede evaluar la efectividad y duración del dispositivo, los modelos que mejor funcionaron fueron los emisores satélite, con una duración media de unos 1.000 días o más, y más de 3.500 localizaciones proporcionadas.



Detalle de la cabeza de una hembra adulta de águila calzada de morfo oscuro capturada para su marcaje con un emisor satélite-GPS. © Javier de la Puente-SEO/BirdLife

**Tabla 4**  
Características y funcionamiento de los aparatos empleados para el marcaje de águila calzada en el programa Migra.

Anilla metálica	ID aparato	Lugar	Tipo de aparato	Fabricante
8008656	33920	Oteruelo de la Valdorcina (León)	Emisor satélite solar	North Star
9068876	59993	Tricio (La Rioja)	Emisor satélite solar	North Star
F10071	59993b	Sa Pobra (Islas Baleares)	Emisor satélite solar	North Star
9059277	68247	Olmeda de las Fuentes (Madrid)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9059278	68328	Pinilla del Valle (Madrid)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
8019289	68456	Ares del Maestrat (Castellón)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
8019288	68457	Madrigal de las Altas Torres (Ávila)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9065605	68457b	Sant Mateu de Bages (Barcelona)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
8019292	71903	La Roca (Badajoz)	Emisor satélite solar	Microwave Telemetry
9060152	71928	Alburquerque (Badajoz)	Emisor satélite solar	Microwave Telemetry
8019002	118179	Badajoz (Badajoz)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9055660	118180	Badajoz (Badajoz)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9068873	123739	Peralta (Huesca)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9068874	123740	Cehegin (Murcia)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9068875	123741	Málaga (Málaga)	Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry
9059280	91724211	Rascafría (Madrid)	Data-logger GPS	Telemetry Solutions
9045021	REKI 07	Cartaya (Huelva)	Emisor GPS-GSM	Ecotone
8025402	REKI 08	Castro de Rei (Lugo)	Emisor GPS-GSM	Ecotone
8025401	REKI 09	Alfaro (La Rioja)	Emisor GPS-GSM	Ecotone
8025412	REKI 10	Alcoba de los Montes (Ciudad Real)	Emisor GPS-GSM	Ecotone
8025403	REKI 12	Rascafría (Madrid)	Emisor GPS-GSM	Ecotone

### EFFECTO DEL MARCAJE SOBRE LAS AVES

En general, se intentó capturar las águilas calzadas cuando tenían en el nido pollos de más de dos semanas, con el fin de minimizar el riesgo para los pollos por la ausencia temporal de alguno de los adultos durante el marcaje y las horas posteriores. En todos los casos en la temporada del marcaje las aves continuaron ligadas a su nido y territorio, y la reproducción finalizó con éxito. En las temporadas siguientes al marcaje, mientras los dispositivos seguían emitiendo, se intentó realizar un control básico de la reproducción de cada territorio en el que hubiera un ejemplar con emisor activo. El objetivo fue doble, por un lado, disponer de una información de gran interés a la hora de interpretar los movimientos de las aves en función de, por ejemplo, si estaban criando

una determinada temporada o no, y, por otro, para estudiar un posible efecto negativo del marcaje sobre el ave y su resultado reproductor. Estudios previos han documentado la ausencia de un efecto negativo en rapaces migradoras de tamaño y con sistemas de marcaje parecidos (Sergio *et al.*, 2015).

Se recapturaron dos hembras de águila calzada para retirar los dispositivos que se sabía con seguridad que no funcionaban. Al recapturarlas un año después de su marcaje, ambas habían realizado dos viajes migratorios y tenían pollos en sus nidos. Una de ellas pesó 985 g el día de su captura el 21 de julio de 2011 y 964 g cuando fue recapturada el 8 de agosto de 2012. La otra hembra pesó 1.040 g el 22 de julio de 2011 y 895 g el 23 de julio de 2012. En ningún caso se observaron daños ni rozaduras provocadas por

**Tabla 5**  
Funcionamiento de los dispositivos empleados según modelos. Se muestran el número de días de emisión y número de localizaciones proporcionadas por cada tipo para todos los aparatos empleados, y solo para los aparatos que dejaron de funcionar (sin considerar las aves que murieron o perdieron el aparato).

Tipo de aparato	Fabricante	Todos los aparatos			Solo aparatos que dejan de funcionar		
		Días de emisión Media + DE (Rango)	N.º localizaciones Media + DE (Rango)	N	Días de emisión bis Media + DE (Rango)	N.º localizaciones bis Media + DE (Rango)	N
Emisor GPS-GSM	Ecotone	269 + 205 (47-482)	3.598 + 3.346 (739-8.039)	5	318 + 230 (55-482)	5.046 + 3.749 (841-8.039)	3
Emisor satélite GPS solar	Microwave Telemetry	775 + 587 (105-2.088)	5.286 + 3.216 (863-11.622)	9	991 + 600 (484-2.088)	5.408 + 1.787 (3.480-7.710)	6
Emisor satélite solar	Microwave Telemetry	1.174 + 619 (736-1.612)	3.238 + 353 (2.988-3.487)	2	1612	3487	1
	North Star	1.185 + 423 (886-1.484)	4.719 + 640 (4.266-5.171)	2	1.185 + 423 (886-1.484)	4.719 + 640 (4.266-5.171)	2
Data-logger GPS	Telemetry Solutions	384	1.949	1	384	1949	1
<b>Total</b>		<b>707 + 552 (47-2.088)</b>	<b>4.391 + 2.860 (739-11.622)</b>	<b>19</b>	<b>867 + 582 (55-2.088)</b>	<b>4.804 + 2.175 (841-8.039)</b>	<b>13</b>

Modelo aparato	Peso aparato (g)	Fecha de captura	Fecha de muerte/ última emisión	Días de emisión	N.º de localizaciones	Causa fin emisión
18 gram - Solar PTT 45" - bat North Star	18	24-6-2013	17-7-2017	1.484	4.266	Activo
20g - solar 60" North Star	20	8-7-2013	15-8-2013	38	610	Muerte por disparo
20g - solar 60" North Star	20	14-6-2014	9-10-2016	848	4.561	Fallo del aparato
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	1-7-2011	31-5-2012	335	2.647	Muerte por depredación
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	5-7-2011	23-3-2017	2.088	7.449	Fallo del aparato
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	3-7-2011	25-11-2014	1.241	7.710	Fallo del aparato
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	2-7-2011	29-4-2012	302	5.800	Muerte por atropello
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	8-7-2012	23-4-2013	289	5.822	Pérdida del aparato
PTT satélite solar 9,5 gramos	9,5	3-8-2011	8-8-2013	736	2.988	Muerte por atropello
PTT satélite solar 9,5 gramos	9,5	3-8-2011	1-1-2016	1.612	3.487	Fallo del aparato
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	23-6-2012	14-1-2014	570	4.767	Fallo del aparato
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	23-6-2012	31-5-2014	707	5.154	Fallo del aparato y recaptura del ave
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	29-6-2013	12-10-2013	105	863	Muerte por causas desconocidas
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	1-7-2013	28-10-2014	484	3.480	Fallo del aparato
PTT-100 22 gram Solar Argos/GPS PTT	22	2-7-2013	6-11-2015	857	3.886	Fallo del aparato y recaptura del ave herida por disparo
Quantum 4000 Enhanced GPS	25	21-7-2011	8-8-2012	384	1.949	Recaptura del ave
SAKER QL	22	9-7-2014	17-6-2015	343	2.113	Desconocida
SAKER QL	22	6-7-2014	30-8-2014	55	841	Fallo del aparato
SAKER 4L	20-23	30-6-2014	25-10-2015	482	8.039	Fallo del aparato
SAKER 4L	20-23	7-7-2014	28-8-2015	417	6.258	Fallo del aparato
SAKER QL	22	29-7-2014	14-9-2014	47	739	Muerte por causas desconocidas

los arneses o emisores. Además, los arneses y dispositivos se encontraban en buen estado. Finalmente, un tercer ejemplar macho marcado en Ávila y que murió al volver al año siguiente en su territorio por un traumatismo de origen desconocido, tampoco mostraba ningún tipo de rozadura ni síntomas de problemas con el marcaje según los resultados de la necropsia realizada. En los demás casos de aves muertas (véase el apartado *Tasas y causas de mortalidad*) no se ha relacionado en ningún caso la muerte del ave con el marcaje de la misma.

El año del marcaje prácticamente todas las águilas calzadas (81,8%; n = 20; tabla 6), acabaron la cría con éxito, en un caso el nido fue derribado por un temporal y en el otro no se pudo confirmar el vuelo de los pollos. No obstante, al marcar las aves al final del desarrollo de los pollos no es esperable un efecto tan a corto plazo. Según la escasa bibliografía disponible sobre el éxito reproductor en esta especie, entre un 17,7% (Cataluña; Bosch, 2011) y un 63,6% (Vizcaya; Zuberogoitia *et al.*, 2011) de las parejas fracasan en la cría. No se deben comparar los resultados de la reproducción el año del marcaje respecto al año siguiente, ya que para capturar las aves se seleccionaron territorios con pollos al menos en la mitad de su desarrollo, por lo que la muestra está claramente

sesgada hacia eventos reproductivos exitosos en el año del marcaje de las aves.

Al analizar los resultados de la siguiente temporada reproductora con la muestra de las 15 águilas calzadas que seguían vivas (véase el apartado *Tasas y causas de mortalidad*), se observa que sobre la mitad de las aves culminan la reproducción con éxito. Se recopiló la información de 13 eventos de cría, mientras que en 2 casos no se pudo obtener esta información (tabla 6). Para las 13 aves en las que se obtuvo información, en el 53,8% de los territorios con águilas marcadas la reproducción se desarrolló con éxito, en el 15,4% no parece que la pareja llegase a realizar la puesta y en el 30,8% de los territorios las aves fracasaron. Estos valores se encuentran bastante por debajo de la media obtenida en zonas con un seguimiento de la reproducción a largo plazo, que sitúa en torno al 82% a las parejas con éxito reproductor, pero dentro de la parte baja del rango habitual para la especie. Por tanto, podría haber habido un efecto negativo del marcaje sobre la cría, pero no se puede demostrar que así sea con seguridad. De hecho, en muchos casos las aves marcadas criaron con normalidad y sacaron adelante pollos en los años posteriores a su marcado.

Entre 2008 y 2012 en Cataluña criaron el 92% de las parejas controladas y en Murcia el 76%

**Tabla 6**

Resultados de la reproducción en los territorios de las águilas calzadas marcadas en el año del marcaje y el siguiente.

Evento	Año de marcaje	Año siguiente al marcaje
No cría	0 (0,0%)	2 (13,3%)
Cría con éxito	18 (81,8%)	7 (46,7%)
Fracaso	1 (4,5%)	4 (26,7%)
Desconocido	1 (4,5%)	2 (13,3%)
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>15</b>

**Tabla 7**

Porcentaje de parejas con éxito en la reproducción en diferentes zonas de (Bosch *et al.*, 2015).

Región	Periodo	% parejas con éxito	Rango
Murcia	1998-2009	81,0%	53-93%
Murcia	2008-2012	75,0%	67-87%
Cataluña	1990-2009	82,3%	-
Cataluña	2008-2012	89%	83-100%
Madrid	1999-2009	82,5%	58,8-100%



Los emisores satélite proporcionaron muchas localizaciones. © Domingo Rivera

(Bosch *et al.*, 2015; tabla 7), por lo que el 13,3% de parejas con al menos un ejemplar marcado con emisor que no crían en el año siguiente al de su marcaje (tabla 6) parece encontrarse dentro de unos valores normales.

Se puede concluir con la información recopilada que no hay indicios para pensar que el marcaje con el tipo de arnés y dispositivos empleados pueda tener un efecto negativo importante sobre las aves.

## TASAS Y CAUSAS Y DE MORTALIDAD

El análisis de las localizaciones recibidas de las aves marcadas, permite discernir si el ave se está moviendo o permanece estática durante mucho tiempo, y así inferir si se encuentra en buen estado o es posible que haya perdido el emisor, el ave tenga algún problema o haya muerto. En estos últimos casos, se intenta recuperar el ave con su dispositivo, con el fin de tratar de conocer la causa de su muerte. En caso de encontrar el cadáver del ave se traslada a un centro de recuperación de fauna silvestre de la comunidad autónoma correspondiente, para que se realice una necropsia e intentar determinar la causa de la muerte del individuo.

De las 21 águilas calzadas marcadas entre 2011 y 2014: una sigue en activo (4,8% de las aves); otra perdió el aparato mientras se encontraba en buen estado (4,8%); en 12 casos se considera que falló el aparato (57,1%); y 7 se dieron por muertas o se encontraron malheridas (33,3%).

De las siete aves dadas por muertas o encontradas malheridas: tres de ellas fueron disparadas (42,9%), dos fueron atropelladas (28,6%), una fue depredada (14,3%) y en otra se desconoce la causa de la muerte (14,3%). Así, la caza ilegal es la principal causa de mortalidad de las águilas calzadas marcadas en el programa Migra y encontradas muertas.

Destaca el caso del águila calzada #123741, bautizada "Maruján", marcada en Málaga en julio de 2013 y que inverna por tercer año la costa valenciana, fue recogida en mal estado y con heridas de plomo en el ala el 11 de enero de 2016 en La Albufera de Valencia. El ave fue llevada viva al Centro de Recuperación de El Saler, donde fue operada con éxito. Tras su recuperación fue liberada el 6 de abril de 2016 en La Albufera.

# ECOLOGÍA ESPACIAL EN EL PERIODO REPRODUCTOR

Pascual López-López, José Enrique Martínez y José Francisco Calvo

En este capítulo se recopila la información publicada sobre los patrones de movimiento, la ecología espacial y el uso de hábitat del águila calzada durante la época reproductora obtenida a partir de estudios previos que han utilizado diferentes sistemas de seguimiento. Se exponen los resultados del marcaje de 16 adultos (6 machos y 10 hembras) con telemetría satelital durante la época reproductora en 12 provincias españolas entre 2013 y 2014 dentro del programa Migra (López-López *et al.*, 2016a). Además se incluyen los resultados de estudios anteriores basados en radio-seguimiento convencional (Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011; Martínez *et al.*, 2007, 2011). La tecnología de seguimiento a distancia ha permitido conocer con precisión los movimientos migratorios, así como estudiar la ecología espacial y el uso de hábitat de la esta especie durante el periodo reproductor.

## TAMAÑO DE LAS ÁREAS DE CAMPEO EN ÉPOCA REPRODUCTORA

### Adultos reproductores

Los resultados del tamaño de las áreas de campeo y parámetros espaciales de 16 águilas calzadas adultas seguidas mediante telemetría GPS en España durante la época de cría en el marco del programa Migra de SEO/BirdLife se muestran a continuación en la tabla 8. Para el caso de 14 águilas en las que se pudo obtener información para cada uno de los subperiodos en los que se dividió la época de cría se pueden ver los

tamaños de las áreas de campeo a nivel individual en la tabla 9.

Los resultados obtenidos mediante seguimiento satelital GPS-Argos mostraron mayores tamaños de áreas de campeo (468,2 km<sup>2</sup> de Mínimo Polígono Convexo –MPC– y 27,8 km<sup>2</sup> al 95% de probabilidad de Kernel; tabla 8; véase López-López *et al.*, 2016a), que los registrados en estudios previos con el empleo de radio-seguimiento. Estos trabajos previos estimaron el tamaño del área de campeo, utilizando el MPC, en 28,05 km<sup>2</sup> (rango = 20,00-36,10 km<sup>2</sup>) para dos machos, y 73,18 km<sup>2</sup> (rango = 42,00-105,90 km<sup>2</sup>) para cinco hembras radio-seguidas en Madrid (Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011). Por otro lado, en un estudio realizado en un área forestal del centro de la Región de Murcia (Martínez *et al.*, 2007), el tamaño medio de área de campeo (Kernel al 95%) fue estimado en 146,0 km<sup>2</sup> (rango = 88,4-233,3 km<sup>2</sup>). Utilizando las mismas aves marcadas, estos últimos autores contabilizaron tamaños de área de campeo (de acuerdo con el MPC) desde 45,42 km<sup>2</sup> hasta 142,66 km<sup>2</sup> para los machos y desde 45,42 km<sup>2</sup> hasta 134,84 km<sup>2</sup> para las hembras (Martínez *et al.*, 2011). Estas diferencias en los tamaños de áreas de campeo probablemente obedecen a la diferencia en los métodos de seguimiento utilizados en estos estudios (López-López *et al.*, 2016a), indicando que el radio-seguimiento tiende a subestimar las estimas de tamaño de área de campeo en comparación con las estimas más precisas obtenidas mediante tecnología de seguimiento satelital GPS (e.g., Girard *et al.*, 2002; García-Ripollés *et al.*, 2011; López-López *et al.*, 2014a).

**Tabla 8**

Tamaño del área de campeo y parámetros espaciales de 16 águilas calzadas adultas seguidas mediante telemetría GPS en España durante la época de cría en el marco del programa Migra de SEO/BirdLife. Los resultados están expresados en forma de mediana y el rango intercuartílico (entre paréntesis). Abreviaturas: MPC = Mínimo Polígono Convexo; K = Kernel de densidad fijo; SD = spider distance; ECC = excentricidad. Las medidas de superficie (MPC y Kernels) están expresadas en kilómetros cuadrados y las medidas de distancia (SD y ECC) en metros.

	Época de cría completa	Pre-puesta	Incubación + pollos	Pre-migración
MPC	486,2 (302,0-939,7)	146,1 (44,9-389,3)	206,5 (91,0-343,1)	437,4 (207,5-712,9)
K95%	27,8 (15,3-53,2)	41,0 (4,1-89,6)	28,9 (6,0-39,3)	44,7 (26,8-138,7)
K75%	12,5 (6,5-25,5)	19,1 (1,3-49,0)	10,9 (2,1-22,4)	20,8 (7,2-52,4)
K50%	7,1 (3,5-14,8)	11,0 (0,7-28,4)	6,3 (1,0-13,0)	8,5 (3,9-28,2)
SD	5.430,4 (3.233,4-8.012,4)	5.975,8 (1.090,7-9.263,0)	4.188,9 (1.576,7-5.732,0)	5.744,5 (3.426,9-10.756,3)
ECC	3.248,1 (1.877,9-5.116,6)	4.119,0 (143,8-7.415,6)	2.840,1 (1.184,3-3.441,9)	4.236,3 (1.781,0-6.745,7)

**Tabla 9**

Tamaño del área de campeo por subperiodos dentro de la época de cría a nivel individual de 14 águilas calzadas adultas seguidas mediante telemetría GPS en España durante la época de cría en el marco del programa Migra de SEO/BirdLife. Los resultados están expresados en forma de mediana. El rango intercuartílico (entre paréntesis) se muestra cuando hubo datos de diferentes años consecutivos. Abreviaturas: MPC = Mínimo Polígono Convexo; N = número de estaciones reproductoras para las que se tiene información.

Individuo	Periodo	MPC	Kernel 95%	Kernel 75%	Kernel 50%	N
1	Pre-puesta	90,7	2,7	1,2	0,6	1
	Incubación + pollos	45,7 (0,3-91,0)	1,1 (0,1-2,2)	0,7 (0,0-1,3)	0,4 (0,0-0,7)	2
	Pre-migración	665,0	27,0	10,6	5,8	1
2	Pre-puesta	681,6 (493,3-869,8)	89,6 (70,0-109,2)	56,9 (43,3-70,5)	33,2 (25,0-41,4)	2
	Incubación + pollos	343,1 (2,8-968,9)	34,4 (0,0-104,3)	21,6 (0,0-66,9)	12,5 (0,0-39,2)	3
	Pre-migración	571,3 (557,6-2.009,7)	95,1 (42,8-196,7)	60,0 (22,8-86,4)	35,0 (12,8-50,5)	3
3	Pre-puesta	285,2	53,2	27,2	15,6	1
	Incubación + pollos	183,2 (159,9-206,5)	47,8 (39,3-56,3)	25,0 (20,5-29,5)	14,3 (11,5-17,0)	2
	Pre-migración	277,7 (82,4-473,0)	18,2 (9,9 - 26,6)	6,8 (2,9-10,8)	3,3 (1,6-5,0)	2
4	Incubación + pollos	46,2	2,6	0,7	0,3	1
	Pre-migración	486,2	12,4	6,1	3,3	1
5	Pre-puesta	201,6	221,3	54,6	31,8	1
	Pre-migración	1.958,2	319,2	173,0	102,0	1
6	Pre-puesta	6,5	0,1	0,0	0,0	1
	Incubación + pollos	194,4	78,9	38,7	22,5	1
	Pre-migración	581,2 (401,7-760,7)	193,2 (176,9-209,6)	59,1 (44,7-73,6)	34,2 (25,7-42,6)	2
7	Pre-puesta	6,5	5,4	1,4	0,8	1
	Incubación + pollos	86,4	29,8	12,9	7,4	1
	Pre-migración	345,3	100,6	25,0	9,2	1
8	Pre-puesta	83,3	28,7	11,1	6,4	1
	Incubación + pollos	279,8 (240,5-319,1)	26,6 (24,4-28,9)	10,7 (10,6-10,9)	6,2 (6,1-6,3)	2
	Pre-migración	284,7 (172,7-396,7)	55,1 (46,6-63,6)	20,8 (19,2-22,3)	8,5 (8,2-8,7)	2
9	Incubación + pollos	436,8 (209,0-664,6)	15,9 (8,6-23,3)	6,1 (4,8-7,4)	3,4 (2,8-4,0)	2
	Pre-migración	201,1 (159,9-242,2)	31,6 (29,9-33,4)	7,2 (6,9-7,6)	4,0 (3,9-4,1)	2
13	Incubación + pollos	1.517,8	35,9	22,4	13,0	1
	Pre-migración	1.197,4	56,4	22,6	12,0	1
14	Incubación + pollos	444,1	327,3	125,0	42,5	1
	Pre-migración	1.080,9	256,9	65,1	30,8	1
16	Incubación + pollos	139,9	6,0	2,1	1,0	1
	Pre-migración	111,3	5,2	1,9	0,8	1
17	Pre-migración	33,7	0,3	0,1	0,1	1
20	Pre-migración	297,3	33,5	8,4	3,9	1



Interacciones de un cuervo con un águila calzada adulta en las inmediaciones de su nido. © Daniel Fernández

### Diferencias entre sexos y uso temporal del hábitat

Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas (2011) encontraron que las hembras adultas prospectaron mayores superficies de campeo que los machos adultos, particularmente durante el periodo prepuesta y el periodo premigratorio. Sin embargo, estudios más recientes no encuentran tales diferencias en el uso del espacio en función del sexo, sugiriendo que ambos sexos son capaces de patrullar amplias extensiones de terreno (Martínez *et al.*, 2007; López-López *et al.*, 2016a).

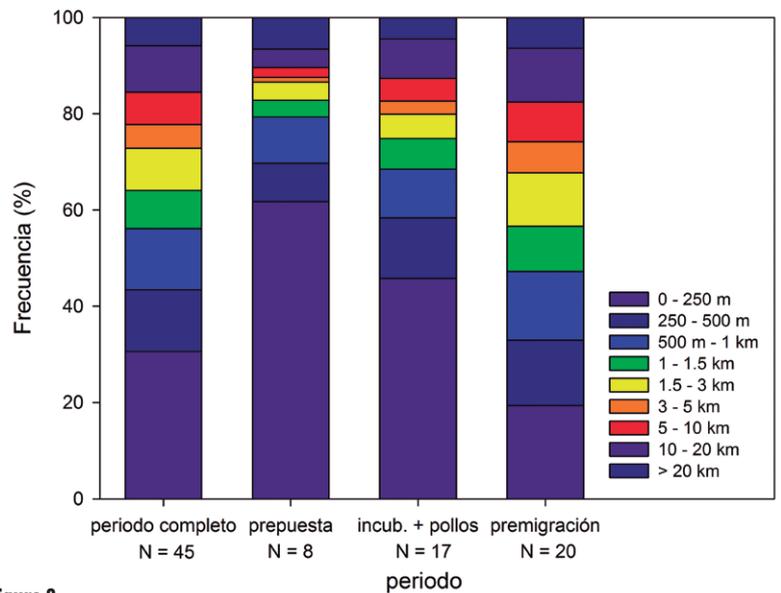
El seguimiento satelital GPS ha revelado diferentes niveles de uso del espacio por el águila calzada durante el periodo reproductor. En general, esta especie concentra sus movimientos cerca de los nidos durante el periodo previo a la puesta, posteriormente, durante el periodo de reproducción las

aves adultas se van desplazando más lejos del nido. Finalmente, los desplazamientos de caza más alejados del nido se producen durante el periodo previo a la migración (figuras 3 y 4).

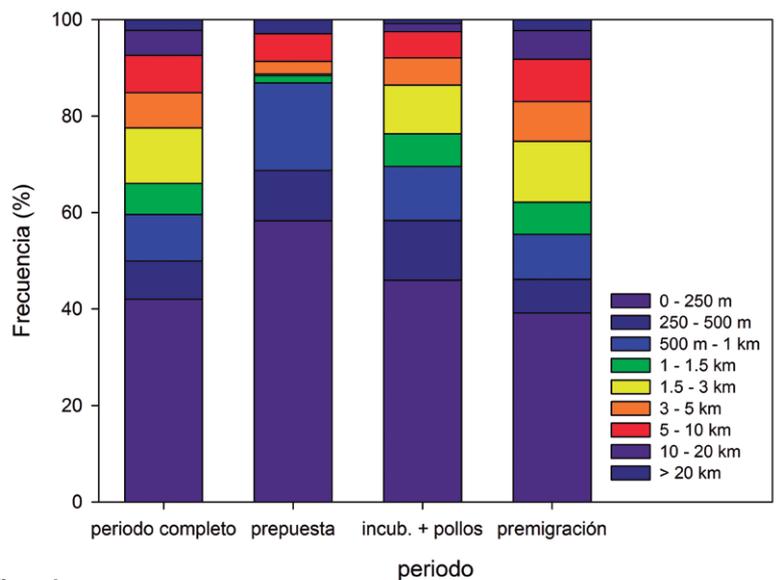
Este patrón temporal de movimientos ya había sido observado en estudios previos que habían utilizado sistemas de seguimiento de menor precisión (Martínez *et al.*, 2007; Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011). Las águilas calzadas son aves que exhiben una elevada fidelidad al territorio y al nido (Jiménez-Franco *et al.*, 2013, 2014a, 2014b), por lo que una vez que llegan desde sus cuarteles de invernada, dedican grandes esfuerzos al arreglo del nido y a la defensa del territorio. Por lo tanto, es probable que la especie deba restringir sus movimientos a la defensa del territorio frente a posibles intrusos, evitando de esta manera la potencial competencia intraespecífica (Martínez *et al.*, 2006a).

Curiosamente, el seguimiento satelital de las águilas calzadas gracias al programa Migra ha demostrado la capacidad de esta especie para emprender movimientos de largo alcance desde el nido a las zonas de caza a lo largo del periodo reproductor (López-López *et al.*, 2016a). Por ejemplo, en este estudio, se registraron desplazamientos de hasta 75 km de distancia lineal desde el nido, regresando en localizaciones sucesivas. Este patrón de movimientos fue observado en todos los individuos, incluso en aquellos individuos estudiados mediante radio-seguimiento (Martínez *et al.*, 2007), sugiriendo que este rasgo es una característica común en esta especie (figuras 5 y 6).

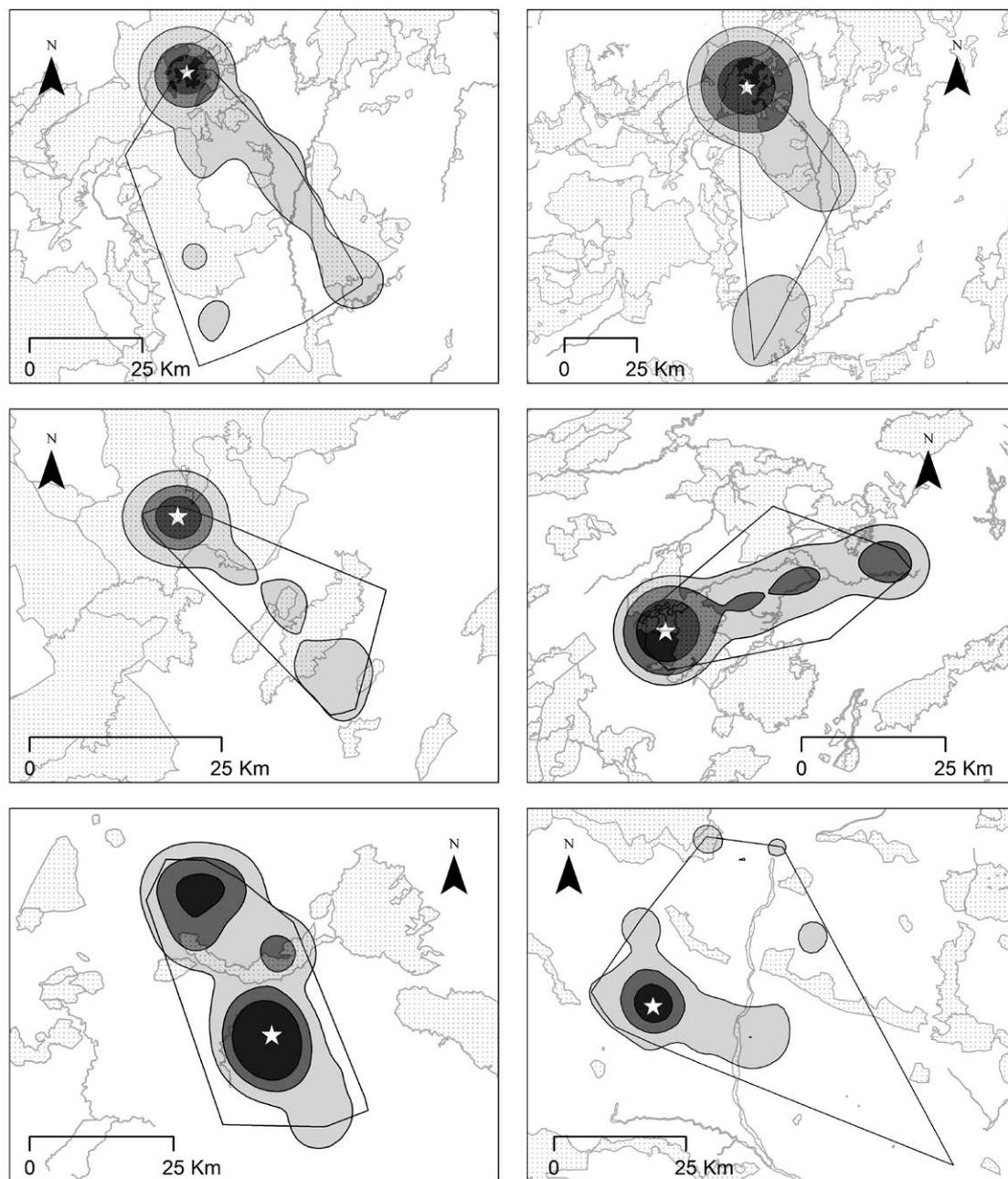
Sin duda, resulta llamativo que una rapaz de tamaño mediano, como es el águila calzada (cuyas hembras y machos pesan en promedio 1.000 y 600 g, respectivamente), sea capaz de realizar movimientos de tal envergadura en época reproductora, siendo superiores a los registrados por el águila-azor perdicera (Bosch *et al.*, 2010), pero inferiores a los exhibidos por el águila imperial ibérica y el águila real (Fernández *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2016). Los factores determinantes de este patrón no son conocidos hasta la fecha, pero es probable que pudiera estar relacionado con la disponibilidad de alimento en zonas alejadas del nido (López-López *et al.*, 2016a). Sin embargo, una pregunta que surge inevitablemente es cómo las águilas calzadas son capaces de obtener un balance energético positivo cuando se desplazan frecuentemente hacia zonas muy alejadas de las zonas de cría, máxime cuando se alimenta de presas de pequeño y mediano tamaño (Martínez *et al.*, 2004), las cuales presumiblemente se



**Figura 3** Frecuencia de movimientos del águila calzada en relación con la distancia al nido categorizada en rangos de intervalos por periodos de la época de cría (modificado de López-López *et al.*, 2016a).

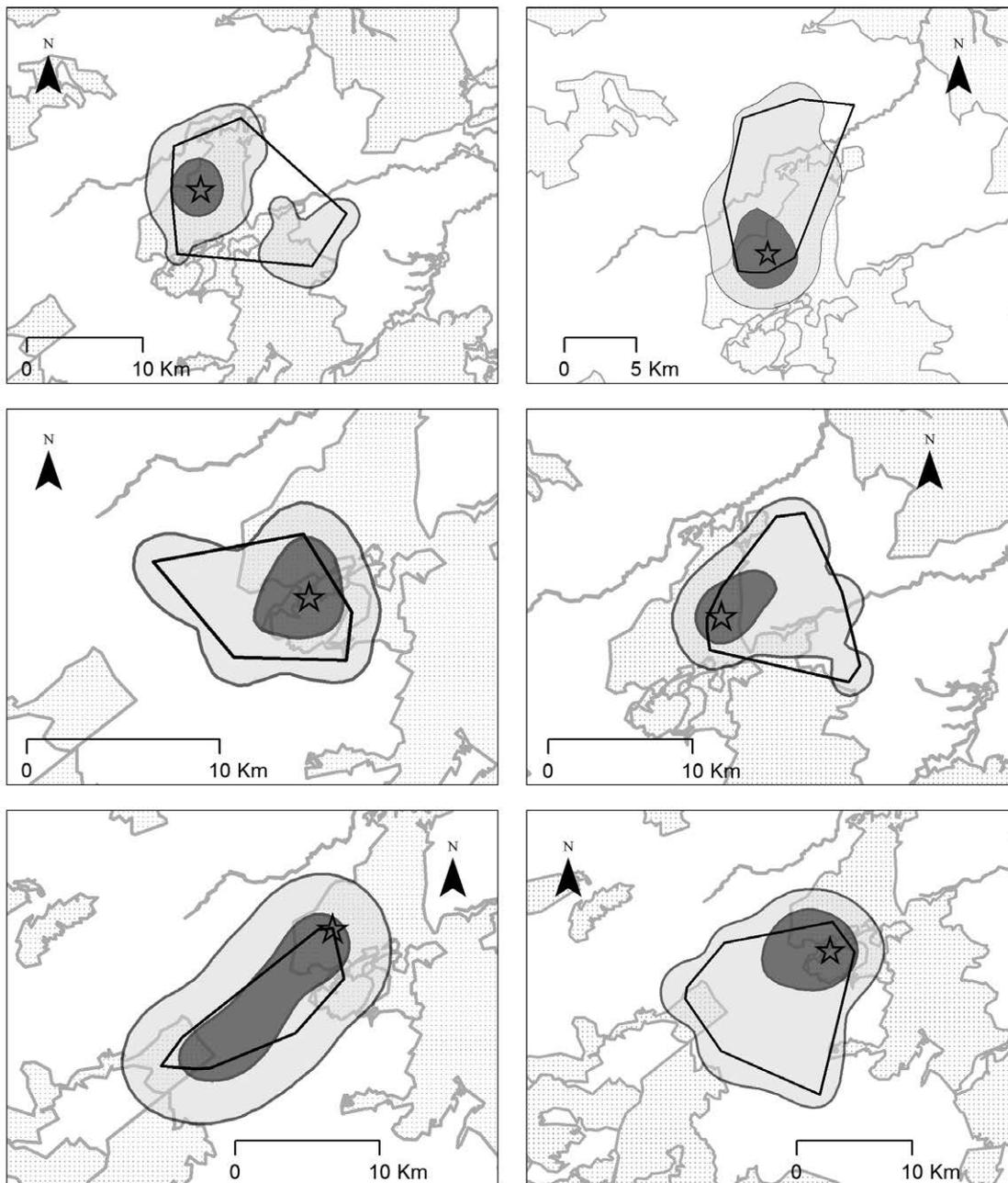


**Figura 4** Frecuencia de movimientos del águila calzada a intervalos de una hora de duración categorizados en rangos de intervalos por periodos de la época de cría (modificado de López-López *et al.*, 2016a).



**Figura 5**

Áreas de campeo de seis águilas calzadas territoriales seguidas durante la época reproductora mediante telemetría remota GPS en España. Las áreas de campeo se muestran de acuerdo con el Mínimo Polígono Convexo (línea continua) y los polígonos Kernel al 95%, 75% y 50% (representados de área más clara a más oscura, respectivamente). Las águilas calzadas campean a lo largo de vastas extensiones de territorio, principalmente para alimentarse, muchas de ellas fuera de espacios incluidos en la Red Natura 2000 (área punteada). Las subfiguras muestran águilas seguidas en las provincias de Madrid (arriba izquierda y derecha), Castellón (centro izquierda), Murcia (centro derecha), Málaga (abajo izquierda) y Huesca (abajo derecha; modificado de López-López *et al.*, 2016a).



**Figura 6**

Figura 6. Áreas de campeo de seis águilas calzadas territoriales seguidas durante la época reproductora en Murcia mediante telemetría convencional de radioseguimiento VHF. Las áreas de campeo se muestran de acuerdo con el Mínimo Polígono Convexo (línea continua) y los polígonos Kernel al 95% y 50% (áreas clara y oscura, respectivamente).

encuentran disponibles también en áreas cercanas al nido. Una posible explicación es que la mayoría de los movimientos a gran distancia realizados por esta especie se concentran en las horas centrales del día (Martínez, 2002), cuando las temperaturas son elevadas y son frecuentes la formación de corrientes térmicas, permitiendo al individuo emprender desplazamientos a las zonas de caza con bajos costes energéticos (Houston y McNamara, 1985; Martínez, 2002; López-López *et al.*, 2016a).

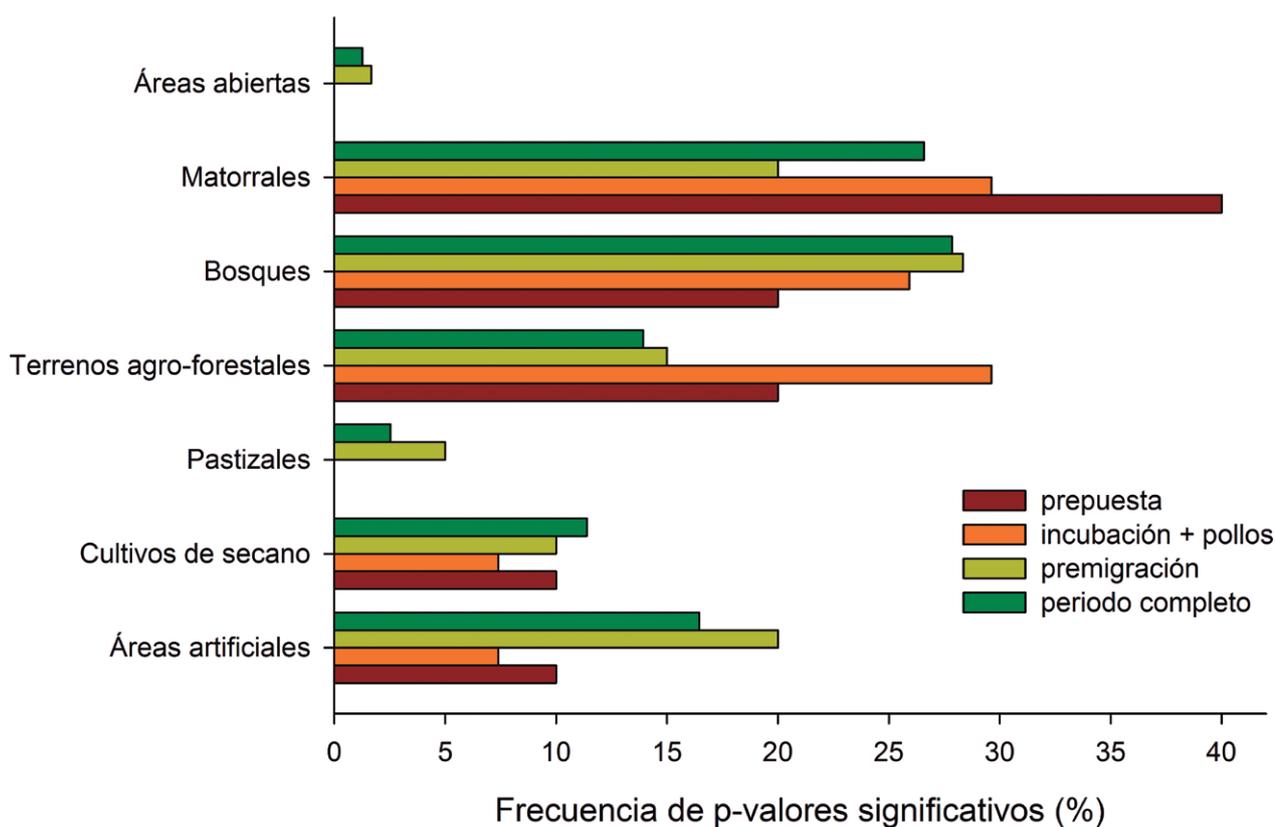
### Juveniles

En contraposición a los adultos reproductores, las águilas calzadas juveniles exhiben áreas de campeo de pequeñas dimensiones durante el periodo de dependencia. En un área forestal de la Comunidad de Madrid, Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas (2011) marcaron ocho juveniles con emisores de radio, encontrando que su área de campeo media fue de 1 km<sup>2</sup> (rango = 0,70-1,25 km<sup>2</sup>), y que las águilas calzadas juveniles solo abandonaron para

iniciar la migración. Estos resultados son similares a los registrados en un seguimiento de los movimientos de campeo de tres individuos juveniles en Murcia (media = 0,04 km<sup>2</sup>, rango = 0,03-0,05 km<sup>2</sup>). Por tanto, los jóvenes permanecen con frecuencia en las cercanías de los nidos, aunque antes de iniciar el viaje migratorio hacia las áreas de invernada son capaces de realizar desplazamientos lejanos de la zona natal, en un caso de hasta 16 km retornando de nuevo al área natal (Díaz-Ruiz, 2006).

### USO DE HÁBITAT EN ÉPOCA REPRODUCTORA

Estudios previos sobre la respuesta del águila calzada en relación con la estructura del paisaje (Cramp y Simmons, 1980; Ferguson-Lees y Christie, 2001), sugieren que se trata de una especie forestal, pero con relaciones de hábitat que no se restringen a los ambientes forestales. De hecho, a



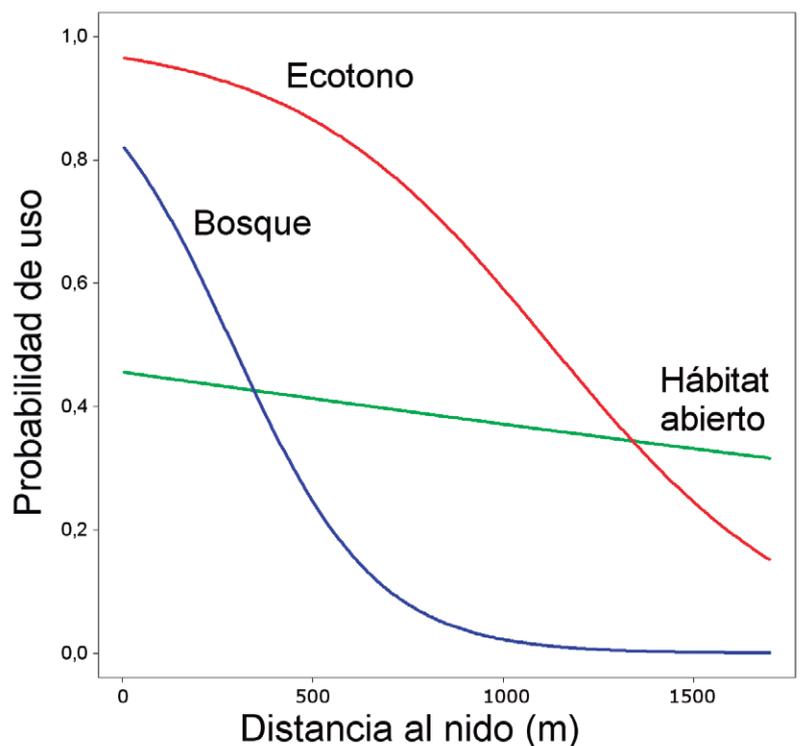
**Figura 7** Uso del hábitat de 16 águilas calzadas adultas reproductoras seguidas mediante telemetría satelital GPS en España (periodo 2011-2014). Los resultados están resumidos de acuerdo con la frecuencia de p-valores significativos obtenidos mediante los análisis de simulaciones de Monte Carlo de las 44 categorías de hábitat recogidas en la cobertura de usos del suelo CORINE (al tercer nivel de detalle). Con objeto de facilitar la interpretación de los resultados, se agruparon las coberturas de usos del suelo más utilizadas por las águilas en siete categorías de acuerdo con la configuración estructural del paisaje (modificado de López-López *et al.*, 2016a).

escala de paisaje, destaca la importancia de los ecotonos entre bosques, cultivos de secano y extensiones de matorral (Sánchez-Zapata y Calvo, 1999). De hecho, esta especie parece responder positivamente a las actividades humanas como la ganadería y la agricultura, que a su vez favorecen mosaicos paisajísticos (Campión, 1996; Pain y Pienkowski, 1997).

Los resultados obtenidos mediante seguimiento satelital y radio-seguimiento respaldan esta afirmación, mostrando que las águilas calzadas seleccionan las áreas forestales esencialmente para la nidificación y utilizan con frecuencia zonas más alejadas para satisfacer sus requerimientos tróficos (figura 4). Gracias a los resultados del programa Migra, López-López *et al.* (2016) encuentran que las áreas de alimentación patrulladas por las águilas calzadas están formadas por un mosaico de paisajes heterogéneos dominado por extensiones de matorral, áreas agroforestales (principalmente cultivos de secano), áreas abiertas, cultivos y pastizales (figura 7).

La disponibilidad de áreas abiertas con baja cobertura vegetal puede facilitar el acceso de las presas a un depredador como el águila calzada que caza principalmente en espacios abiertos. De hecho, Martínez (2002) encontró que las hembras adultas realizaron un mayor número de lances de caza en áreas abiertas que en áreas forestales y otros tipos de hábitat con elevada cobertura vegetal. Así pues, parece evidente que a esta especie le resulta ventajoso patrullar paisajes abiertos, alejados de los sistemas montañosos forestales. Martínez *et al.* (2007) encontraron que la probabilidad de uso del bosque por las águilas calzadas adultas disminuye conforme aumenta la distancia del nido, mientras que las probabilidades del uso de las áreas abiertas y el ecotono aumentan conforme se incrementa la distancia al nido (figura 8).

El águila calzada podría ser considerada como un bioindicador idóneo de los paisajes agroforestales, en los cuales todavía persisten las prácticas agrícolas tradicionales, de baja intensidad (López-López *et al.*, 2016a). Sin embargo, estos paisajes mediterráneos están siendo sometidos a unos intensos cambios agrícolas donde es frecuente el uso de pesticidas y otros biocidas (Martínez-López *et al.*, 2009), lo que resulta en una menor disponibilidad de presas y por consiguiente en una pérdida de biodiversidad (Saunders *et al.*, 1991; Stoate *et al.*, 2001; Donald *et al.*, 2002).



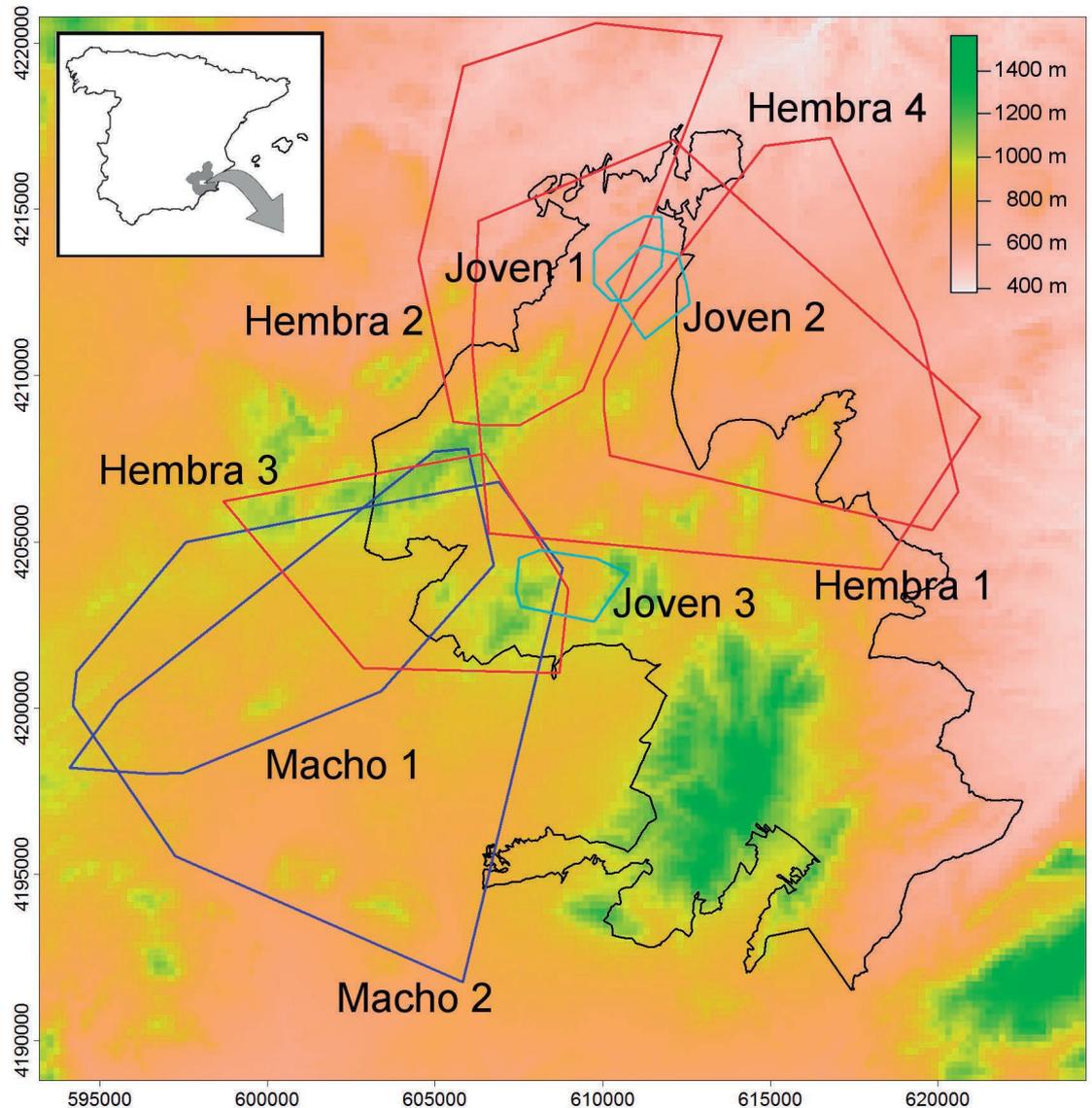
**Figura 8**

Modelo de selección de hábitat de caza desde un punto de retorno. Las curvas representan las probabilidades de uso de los diferentes tipos de hábitat considerados en función de la distancia (modificado de Martínez *et al.*, 2007).



Águila calzada juvenil en vuelo. © José Alfonso Lacalle

**Figura 9**  
 Áreas de campeo de seis adultos y tres jóvenes de águila calzada en la ZEPA "Sierras de Burete, Lavia y Cambrón" (Murcia). Los movimientos de campeo de los adultos son de largo alcance y sobrepasan los límites de este espacio Natura 2000.



Además, la destrucción de hábitat debido a la fragmentación del bosque y las molestias derivadas de las actividades forestales inadecuadas durante la reproducción constituyen también una potencial amenaza para esta especie (Carlón, 1996; García-Dios y Viñuela, 2000).

### ÁREAS DE CAMPEO EXCÉNTRICAS

Uno de los resultados más llamativos recabados con el seguimiento satelital ha sido la forma excéntrica de las áreas de campeo de las águilas calzadas adultas (López-López *et al.*, 2016a), cuya longitud media es claramente superior a la registrada en otras rapaces con mayor envergadura, tal es el caso del águila-azor perdicera obtenidas mediante radio-seguimiento

convencional (Bosch *et al.*, 2010). A diferencia de los resultados exhibidos por las águilas calzadas radio-seguidas en Murcia (figura 6), los individuos adultos seguidos con telemetría satelital del programa Migra mostraron varios centros de máximo uso dentro del territorio y una escasa variabilidad en la superficie, forma y utilización de los diferentes puntos en los territorios estudiados (figura 5; López-López *et al.*, 2016a). Así pues, la homogeneidad espacial en la localización de zonas propicias para la caza (áreas de campeo alargadas) podría ser considerada como un patrón general de los movimientos de caza de los adultos, lo que podría explicar por qué los modelos de análisis de hábitat para esta especie, a escala de paisaje, han resultado explicativos (Sánchez-Zapata y Calvo, 1999; Barrientos y Arroyo, 2014).



Asimismo, la topología excéntrica de las áreas de campeo tiene interesantes implicaciones desde el punto de vista de la conservación. Habitualmente, las medidas de gestión establecidas por los gestores de fauna y las administraciones públicas para la protección de los nidos de rapaces forestales se han limitado a la restricción de actividades alrededor de los nidos mediante la aplicación de áreas de amortiguación de radio arbitrario, generalmente pequeño ( $< 1$  km). La ejecución de estas medidas resulta clave para la tranquilidad de las aves, porque la actividad forestal afecta a la reproducción e incluso al patrón de dispersión de las parejas que tienden a cambiar de nido con mayor frecuencia cuando sus territorios de cría se ven afectados por dichas actividades, a menudo desplazándose largas distancias en busca de zonas más tranquilas donde ubicar los nidos (Carlón, 1996; García-Dios y Viñuela, 2000).

En las rapaces forestales se han establecido áreas de amortiguación cuyos radios van desde los 500 m hasta los 1.500 m (Petty, 1998), mientras que en el águila calzada nunca deben ser inferiores a 100 m durante el periodo de cría

(García-Dios y Viñuela, 2000). Teniendo en cuenta que el grueso de los movimientos de las águilas calzadas se concentra dentro de un radio de 1 km alrededor del nido (López-López *et al.*, 2016a; figuras 4 y 5), es importante que en esta zona se limiten todas aquellas actividades potencialmente negativas durante la reproducción (por ejemplo, trabajos forestales, senderistas, apertura de pistas y realización de obras, etc.).

Sin embargo, los movimientos de largo alcance por las águilas calzadas lejos de las áreas de nidificación, ponen de manifiesto la necesidad de arbitrar también medidas de gestión en las áreas agroforestales que forman parte de las áreas de campeo. Este contexto es muy importante de cara a la gestión de los espacios naturales protegidos por la Red Natura 2000. La mayoría de estas áreas fueron designadas considerando casi exclusivamente las zonas más adecuadas para la reproducción de las aves, excluyendo los paisajes circundantes utilizados por aquellas rapaces con gran capacidad de desplazamiento (Carrete y Donázar, 2005).

Éste es un problema similar de conservación que afecta a otras rapaces mediterráneas, tales

Los paisajes agroforestales mediterráneos constituyen las principales zonas de caza para el águila calzada.

© José Francisco Calvo



Zona forestal en la sierra de Guadarrama (centro de España), donde cría el águila calzada. © Javier de la Puente-SEO/BirdLife

como el búho real, el águila-azor perdicera o el aguilucho cenizo, las cuales se desplazan también fuera de las áreas protegidas para cazar (Guixé y Arroyo, 2011; Calvo *et al.*, 2012; León-Ortega *et al.*, 2017). Martínez *et al.* (2007) evaluaron la eficacia de una ZEPA en los movimientos de campeo del águila calzada mediante el empleo de radio-seguimiento. Estos autores encontraron que la mayoría de las radiolocalizaciones de caza fueron obtenidas fuera del espacio protegido, especialmente en el caso de las hembras. Así pues, este estudio demostró, primero, que las águilas calzadas adultas explotan una gran superficie de terreno dentro de sus áreas de campeo (figura 9) y segundo, que las estrategias de conservación más efectivas para la especie deberían incluir no solamente la protección de los nidos, sino también la preservación de las prácticas agrícolas tradicionales de los paisajes circundantes.

### IMPlicACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

Los resultados expuestos en este capítulo ponen de relieve la necesidad de acometer un enfoque de gestión a gran escala más allá del estableci-

miento de una red cerrada de áreas protegidas para la conservación de aves rapaces en general y del águila calzada en particular (Martínez *et al.*, 2007; Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011; López-López *et al.*, 2016a). Esta aproximación podría incorporar medidas encaminadas a favorecer el mantenimiento de las actividades agro-forestales tradicionales en las cuales la disponibilidad de presas, especialmente conejos, es mayor (Moreno y Villafuerte, 1995). Asimismo, resulta clave aminorar el riesgo de mortalidad en estas zonas principalmente debido al riesgo de electrocución en tendidos eléctricos (Pérez-García *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2016b), por lo que la identificación y la corrección de apoyos peligrosos resulta primordial para garantizar la viabilidad de las poblaciones de rapaces (Tintó *et al.*, 2010). Finalmente, los resultados expuestos en este capítulo ponen de relevancia el papel que juega el seguimiento remoto como herramienta esencial no sólo para el estudio de la ecología espacial de los organismos, sino para la identificación de las áreas potencialmente adecuadas para la conservación de especies tanto amenazadas como en menor riesgo de desaparición.

## ESTRATEGIAS DE MIGRACIÓN

### Ugo Mellone

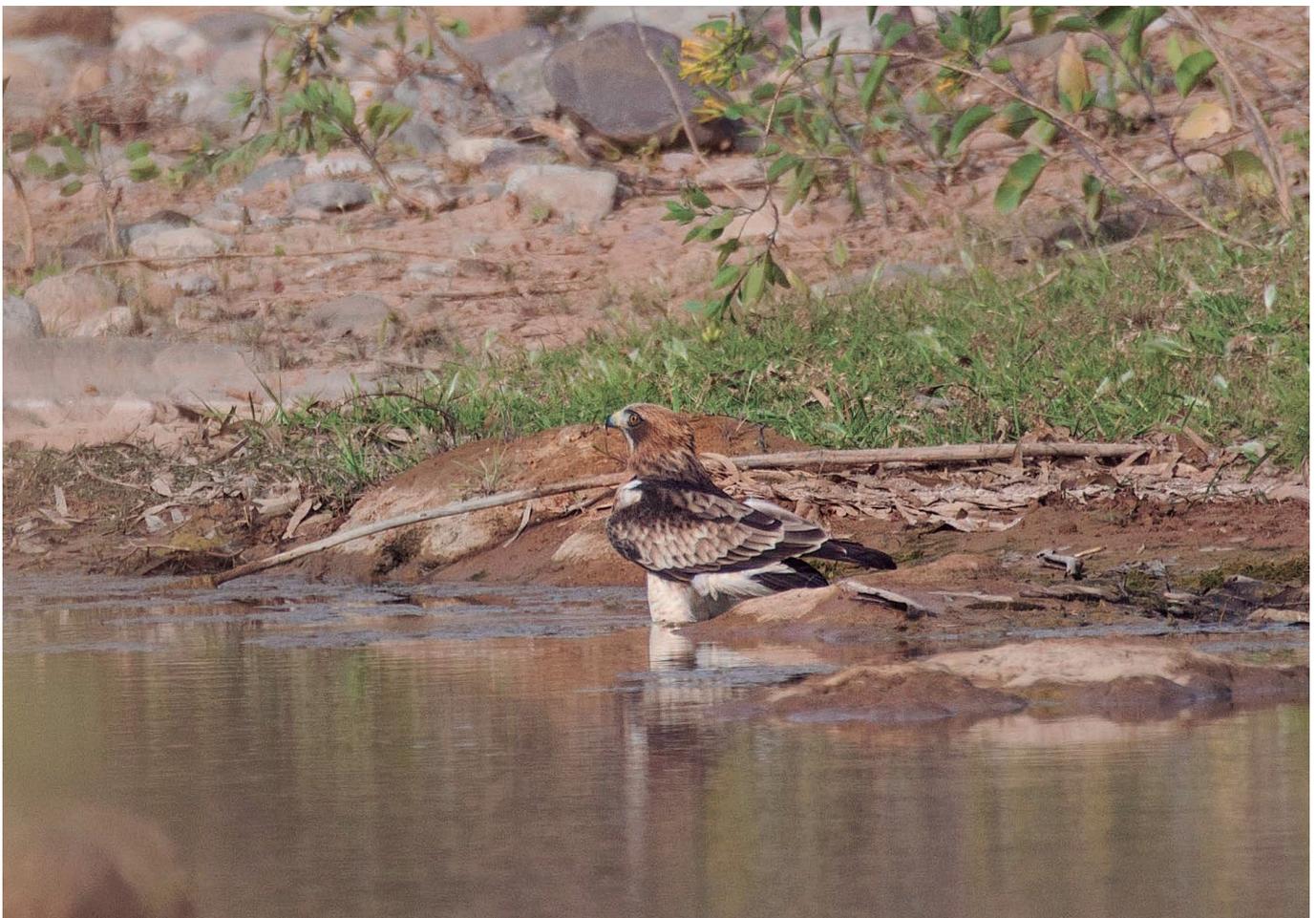
La mayoría de las águilas calzadas europeas son migradoras transaharianas (Cramp y Simmons, 1980), salvo la población de las islas Baleares que es residente (Viada, 1996). No obstante, hay docenas de individuos que pasan el invierno en el sur de Europa (Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Baghino *et al.*, 2007; Palomino y Molina, 2012).

Salvo un estudio realizado en Francia sobre un único individuo (Chevallier *et al.*, 2010), hasta la fecha los únicos trabajos publicados sobre la migración del águila calzada basados en la técnica

de la telemetría satelital con GPS, han resultado del programa Migra de SEO/BirdLife (Mellone *et al.*, 2013a, 2015). En este capítulo se resumen dichos resultados, y se amplían con una muestra de 18 individuos también marcados en el programa Migra, mayor que la analizada en los trabajos científicos ya publicados.

De los 18 individuos considerados, se han empleado 14 individuos que tienen al menos un viaje de ida y uno de vuelta hasta las áreas de invernada subsaharianas, con un total de 59 viajes (tabla 10).

Águila calzada en un oasis en el límite norte del desierto del Sahara, cerca de Guelmim (Marruecos) el 14 de marzo de 2008.  
© Ugo Mellone



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 10**

Información básica de las rutas migratorias de las aves marcadas. Para cada ave se indica provincia de marcaje, tipo de dispositivo, temporada de migración, año, fechas de inicio y de final de cada viaje, duración y días de parada. (\*) Individuos que han invernado en la península Ibérica.

Individuo	Provincia	Dispositivo	Temporada	Año	Fecha inicio	Fecha llegada	Distancia diaria ( $\pm$ SD)	Duración (días)	Días de parada totales	Días de parada cerca del Estrecho
68247	Madrid	GPS satelital	Otoño	2011	18-9	30-9	237,2 $\pm$ 105,3	13	0	0
			Primavera	2012	16-3	2-4	223,7 $\pm$ 71,9	22	4	4
68328	Madrid	GPS satelital	Otoño	2011	25-9	19-10	208,4 $\pm$ 61,5	25	10	6
			Primavera	2012	29-2	10-4	135,8 $\pm$ 57,4	42	12	0
			Otoño	2012	22-9	13-10	185,3 $\pm$ 94,3	22	5	0
			Primavera	2013	1-3	8-4	162,1 $\pm$ 76,9	39	19	1
			Otoño	2013	1-10	22-10	152,7 $\pm$ 74,1	22	6	0
			Primavera	2014	6-3	1-4	154,2 $\pm$ 65,5	27	5	0
			Otoño	2014	24-9	13-10	179,5 $\pm$ 65,1	20	1	0
			Primavera	2015	5-3	3-4	168,1 $\pm$ 72,6	30	5	0
			Otoño	2015	14-9	28-9	227,5 $\pm$ 107,5	15	0	0
			Primavera	2016	26-2	1-4	161,9 $\pm$ 69,4	36	8	0
68456	Castellón	GPS satelital	Otoño	2011	18-9	4-10	222,2 $\pm$ 42,4	17	2	0
			Primavera	2012	19-3	6-4	234,0 $\pm$ 103,9	19	3	1
			Otoño	2012	25-8	13-9	193,1 $\pm$ 76,8	20	0	0
			Primavera	2013	15-3	9-4	198,3 $\pm$ 124,6	26	7	2
			Otoño	2013	18-8	8-10	221,7 $\pm$ 91,2	22	6	0
			Primavera	2014	16-3	6-4	222,5 $\pm$ 91,7	22	6	0
			Otoño	2014	20-8	11-9	180,2 $\pm$ 82,5	23	5	0
68457	Ávila	GPS satelital	Otoño	2011	25-9	13-10	225,3 $\pm$ 90,0	19	6	6
			Primavera	2012	21-3	22-4	158,7 $\pm$ 72,0	33	13	1
68457b	Barcelona	GPS satelital	Otoño	2012	29-8	19-9	194,4 $\pm$ 67,1	22	1	0
			Primavera	2013	6-3	11-4	218,7 $\pm$ 97,6	37	17	1
91724211	Madrid	GPS data-logger	Otoño	2011	22-8	10-10	163,6 $\pm$ 50,8	50	28	0
			Primavera	2012	4-3	7-4	211,3 $\pm$ 75,9	35	18	1
118179	Badajoz	GPS satelital	Otoño	2012	24-9	14-10	169,4 $\pm$ 50,0	21	5	0
			Primavera	2013	4-3	22-3	183,0 $\pm$ 84,9	19	1	0
			Otoño	2013	16-9	26-9	252,9 $\pm$ 113,8	11	0	0
118180	Badajoz	GPS satelital	Otoño	2012	15-9	27-9	192,4 $\pm$ 92,3	13	0	0
			Primavera	2013	18-3	14-4	146,2 $\pm$ 56,8	28	6	0
			Otoño	2013	12-9	24-9	204,8 $\pm$ 87,5	13	0	0
			Primavera	2014	15-3	29-3	194,9 $\pm$ 71,3	15	1	0
123740	Murcia	GPS satelital	Otoño	2013	15-9	23-9	170,5 $\pm$ 94,8	39	19	0
			Primavera	2014	25-2	6-4	185,1 $\pm$ 114,0	41	19	0
			Otoño	2014	22-8	20-10	142,6 $\pm$ 62,8	60	35	1
123739	Huesca	GPS satelital	Otoño	2013	14-9					
71903	Badajoz	Argos	Primavera	2012		5-4				
			Otoño	2012	8-9					
			Primavera	2013	14-3					
71928	Badajoz	Argos	Otoño	2011	7-9					
			Primavera	2012	15-3					
			Otoño	2012		18-8				
			Primavera	2013	8-3	1-4		25		
			Otoño	2013	1-8	15-8				
			Primavera	2014	6-3	28-3				
Otoño	2014		31-8							

**Tabla 10. Continuación**

Información básica de las rutas migratorias de las aves marcadas. Para cada ave se indica provincia de marcaje, tipo de dispositivo, temporada de migración, año, fechas de inicio y de final de cada viaje, duración y días de parada. (\*) Individuos que han invernado en la península Ibérica.

Individuo	Provincia	Dispositivo	Temporada	Año	Fecha inicio	Fecha llegada	Distancia diaria ( $\pm$ SD)	Duración (días)	Días de parada totales	Días de parada cerca del Estrecho
33920	León	Argos	Otoño	2013	14-9	2-10		19		
			Primavera	2014	18-3	8-4		22		
			Otoño	2014	23-9	17-10		25		
			Primavera	2015	21-3	12-4		23		
			Otoño	2015	24-9	11-10		18		
			Primavera	2016	16-3	2-4		18		
REK112	Madrid	GPS-GSM	Otoño	2014	8-9					
REK107	Huelva	GPS-GSM	Otoño	2014	5-9					
			Primavera	2015	7-3	4-4	135,9 $\pm$ 47,4	29	2	0
REK109	La Rioja	GPS-GSM	Otoño	2014	9-9	6-10	184,9 $\pm$ 56,2	28	2	0
			Primavera	2015	12-3	16-4	182,5 $\pm$ 92,0	36	3	0
			Otoño	2015	23-9	16-10	192,5 $\pm$ 50,5	24	6	3
REK110*	Ciudad Real	GPS-GSM	Otoño	2014	3-9	4-9		2		
			Primavera	2015	8-3	10-3		3		
123741*	Málaga	GPS satelital	Otoño	2013	16-9	18-9		3		
			Primavera	2014	8-3	10-3		3		
			Otoño	2014	2-9	4-9		3		
			Primavera	2015	10-3	13-3		4		
			Otoño	2015	15-9	16-9		2		

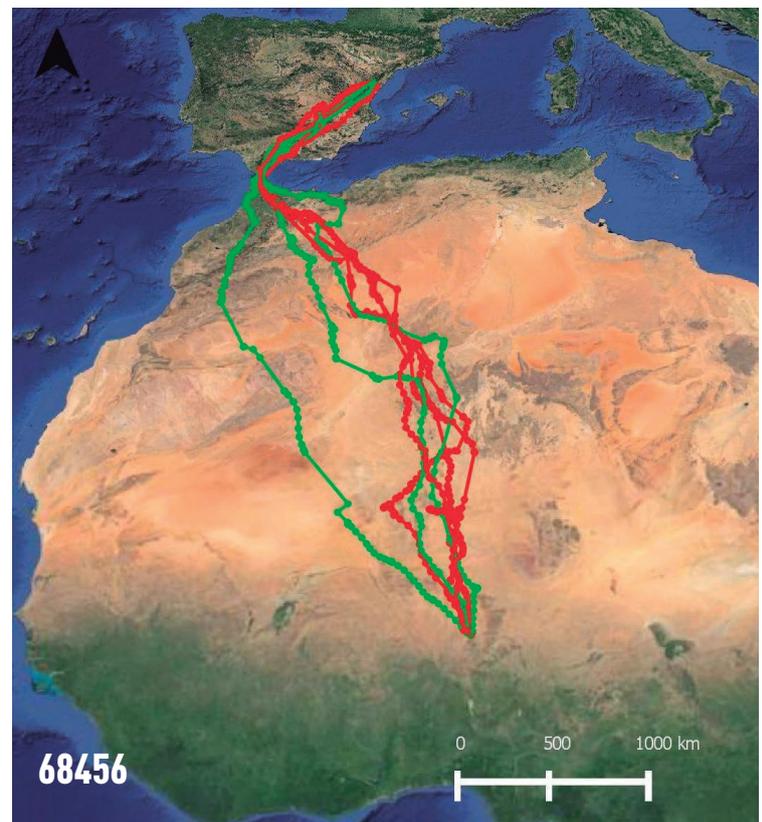
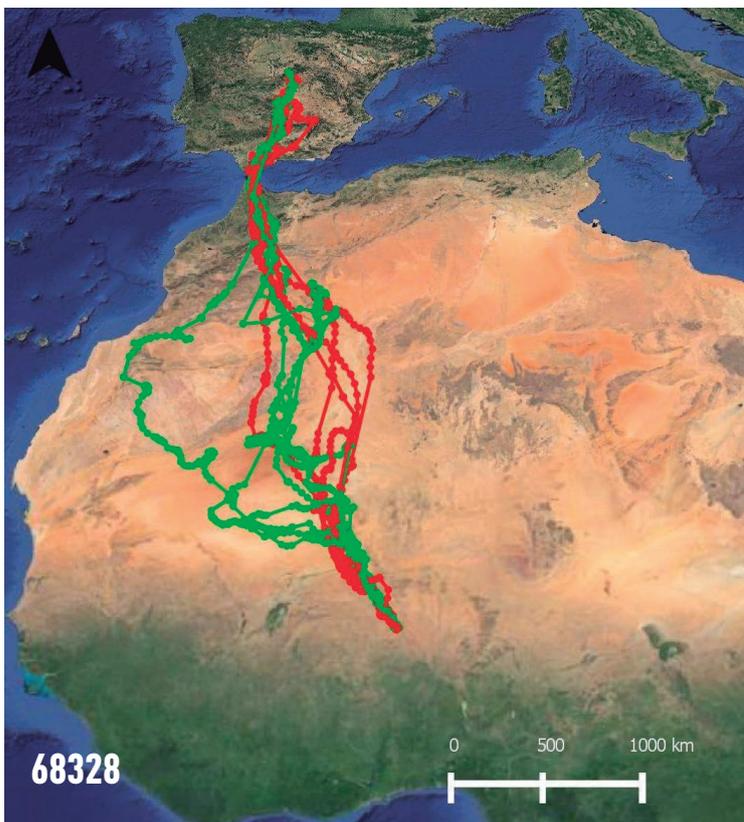
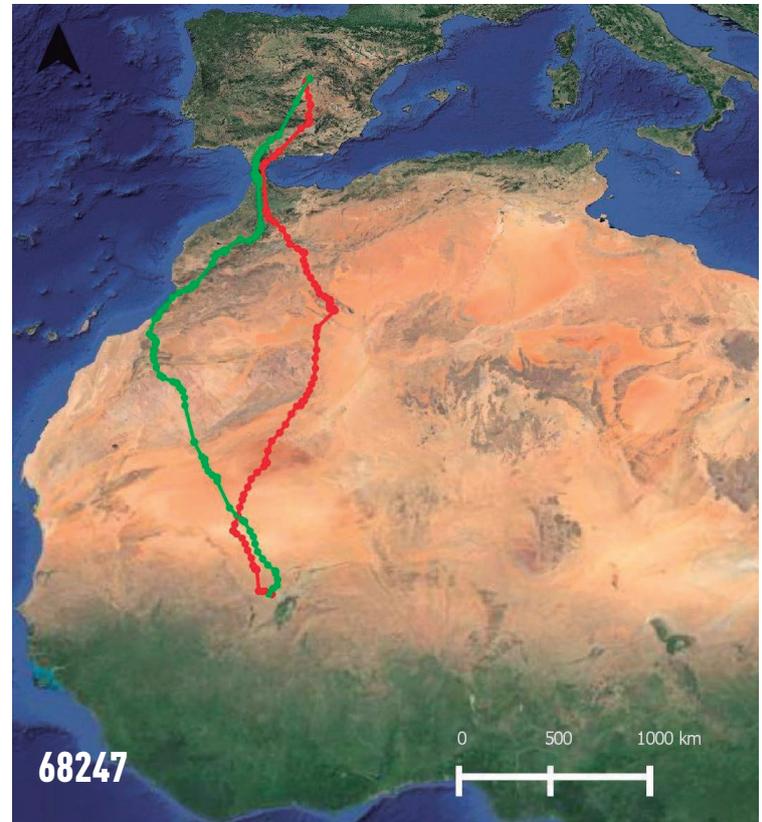
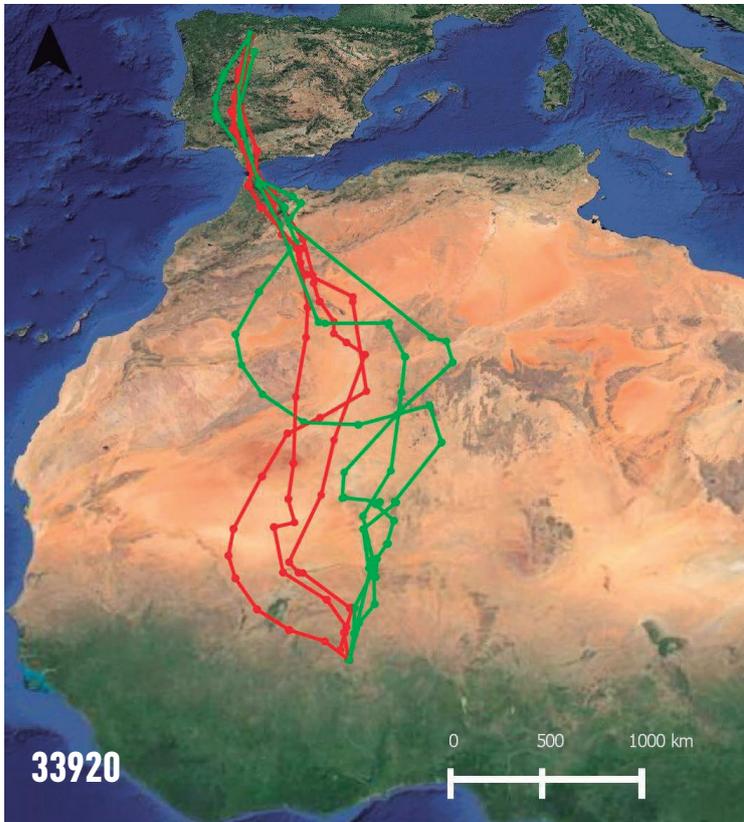


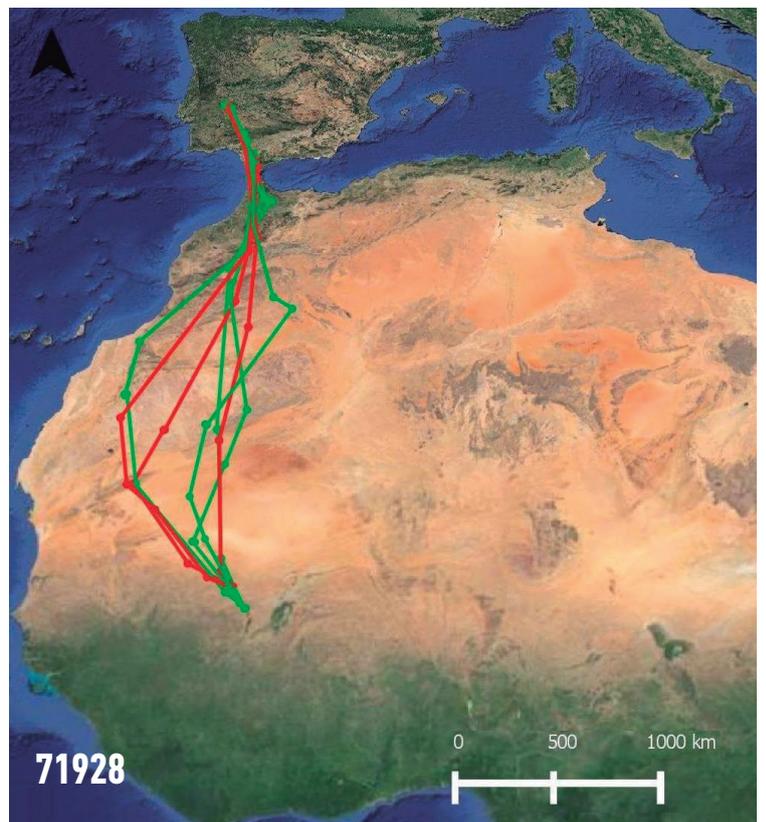
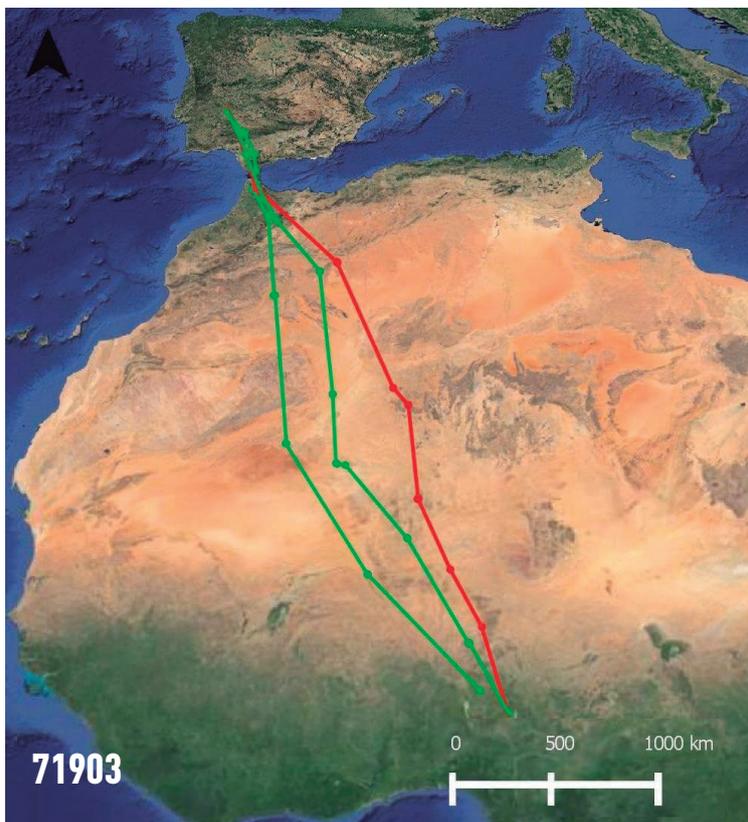
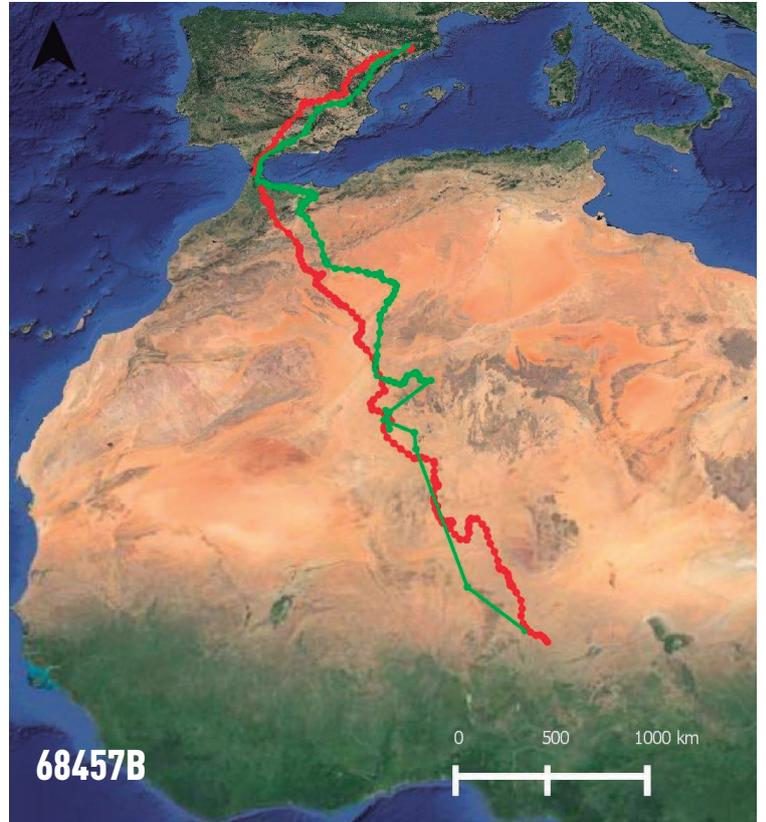
Los dispositivos con GPS permiten conocer con precisión la posición del ave y determinar con todo detalle las rutas migratorias y zonas de descanso de las aves.  
© Javier de la Puente-SEO/BirdLife

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Figura 10**

Rutas migratorias de las águilas calzadas transaharianas según cada individuo.



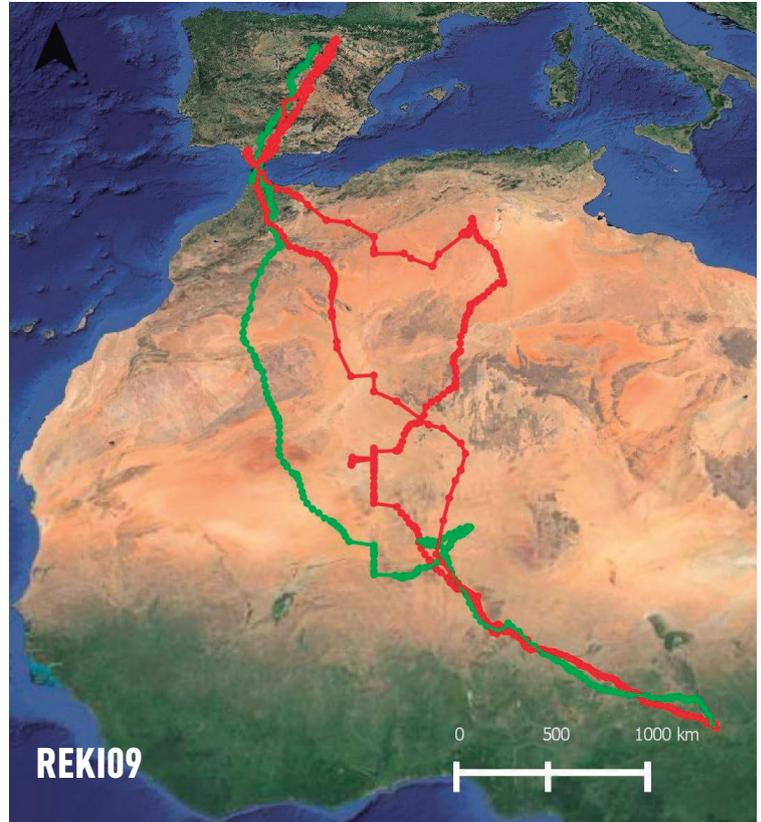


## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Figura 10 . Continuación**

Rutas migratorias de las águilas calzadas transaharianas según cada individuo.





### RUTAS MIGRATORIAS TRANSAHARIANAS

La mayoría de las águilas calzadas de la población reproductora en España migran a África durante el invierno. Una vez que abandonan sus zonas de crías, durante la migración otoñal atraviesan la península Ibérica y se concentran en el estrecho de Gibraltar para cruzar el mar hasta África (figura 10).

Ya en el continente africano, atraviesan el desierto del Sahara en frente amplio, cruzando sobre todo Argelia, Mali y Mauritania, para llegar hasta sus zonas de invernada en el Sahel, a unos 2.800-3.500 kilómetros de sus territorios de cría. La vuelta a España en la migración primaveral se realiza siguiendo trayectos parecidos (figura 11).

### FENOLOGÍA Y PATRONES DE VUELO

La migración otoñal empieza entre principios de agosto y principios de octubre, con fecha mediana el 14 de septiembre (N = 31), y una duración

media de  $23,4 \pm 11,4$  días (N = 24). La fecha mediana de inicio de la migración primaveral es el 12 de marzo (N = 22), con la fecha más temprana el 25 de febrero y la más tardía el 21 de marzo. Además, la migración primaveral es significativamente más larga que la postnupcial en otoño (Mellone *et al.*, 2015), que dura en promedio de  $28,4 \pm 8,0$  días (N = 22). Estas diferencias estacionales (figura 12), que siguen un patrón contrario al de la mayoría de otras especies de aves (Nilsson *et al.*, 2013), son debidas también a que en otoño las rutas son significativamente más rectas y los días de “parada” (días con distancia recorrida menor de 50 km o con dirección revertida) son menos frecuentes (Mellone *et al.*, 2015).

En todos los casos las águilas calzadas que migran a África cruzan el mar por el estrecho de Gibraltar. En otoño la fecha mediana de llegada al Estrecho es el 17 de septiembre (rango = 3 de agosto-4 de octubre; N = 25), mientras que en primavera, en la orilla marroquí, la fecha mediana es el 31 de marzo (rango = 20 de marzo-12 de abril; N = 22). Cuando las condiciones meteorológicas son demasiado adversas para realizar el cruce, por ejemplo

**Figura 11**

Rutas migratorias del águila calzada durante la migración postnupcial (izquierda) y la prenupcial (derecha).



con fuertes vientos de levante o precipitaciones intensas, las águilas calzadas pueden detenerse en la comarca del Campo de Gibraltar en España (durante el otoño) o en la península Tingitana en Marruecos (en primavera) hasta 6 días (media =  $0,7 \pm 1,5$ ;  $N = 39$ ), distanciándose de la línea de costa hasta incluso 100 km (individuo #68328, otoño 2011; figura 13), a la espera de mejores condiciones para el cruce.

La distancia de vuelo diaria, calculada como la línea recta entre dos dormideros, ha alcanzado

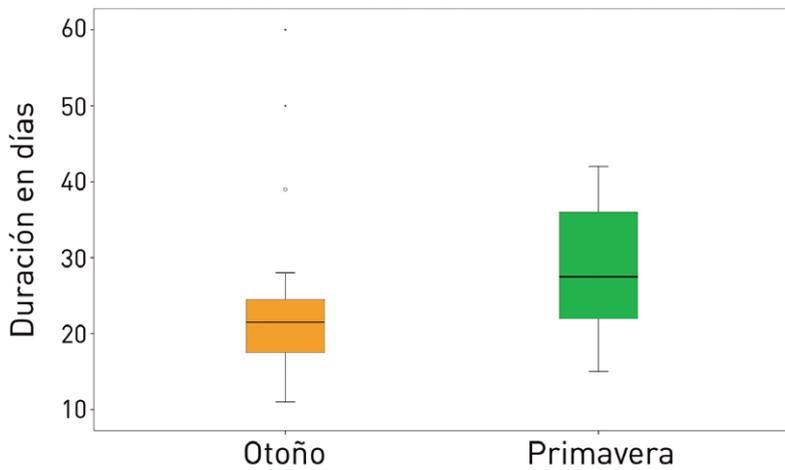
en contados casos los 400 km, con un máximo de 541 km (#123740, primavera 2014, saliendo del desierto, entre  $27^\circ$  y  $32^\circ N$ ). Sin embargo, normalmente los valores son más bajos y varían según la temporada. La distancia diaria muestra valores promedios (calculada por viajes individuales y excluyendo los días de "parada") que en otoño fluctúan entre los  $142,6 \pm 62,8$  y los  $252,9 \pm 113,8$  km/día, mientras que en primavera varían desde  $135,8 \pm 57,4$  a  $234,0 \pm 103,9$  km/día. Estas diferencias son significativas ( $P < 0,0001$ ), y las águilas calzadas migran más rápidamente en otoño,



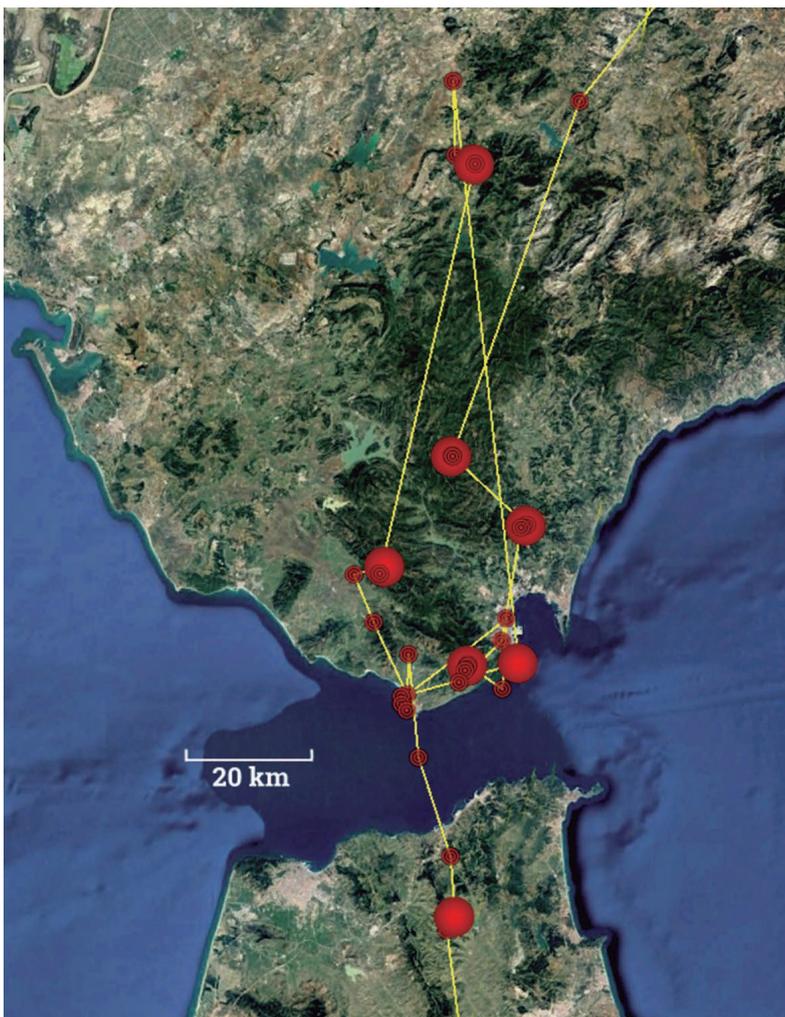
confirmando otros parámetros mencionados anteriormente (Mellone *et al.*, 2015). En primavera, la región geográfica influye en la distancia diaria recorrida, con los segmentos saharianos más largos que los demás (Mellone *et al.*, 2015). Finalmente, no hay diferencias estacionales en el tiempo de vuelo por día, que suele rondar las 8 horas en ambas migraciones (Mellone *et al.*, 2015).

Siguiendo el patrón típico de otras aves planeadoras (Mellone *et al.*, 2012a), las águilas calzadas suelen alcanzar las velocidades de vuelo más altas

durante las horas centrales del día, normalmente alrededor de 40 km/h, aunque durante el cruce del Sahara pueden superar los 60 km/h, llegando incluso a 72 km/h en un caso (datos obtenidos considerando exclusivamente intervalos de 1 h). De acuerdo con los datos de distancia diaria, los valores más bajos de velocidad horaria también han sido registrados en primavera en las regiones externas al desierto, es decir norte de Marruecos y España (Mellone *et al.*, 2015). Se puede concluir, en función de todos estos resultados, que las causas de la menor duración de la migración otoñal



**Figura 12** Comparación de la duración en días de la migración otoñal y primaveral. Se muestra la mediana, la desviación estándar, el rango y los valores extremos.



**Figura 13** Movimientos del águila calzada #68328 a la llegada en la zona del estrecho de Gibraltar, durante el otoño de 2011. Los puntos grandes representan las localizaciones de los dormitorios de cada día.

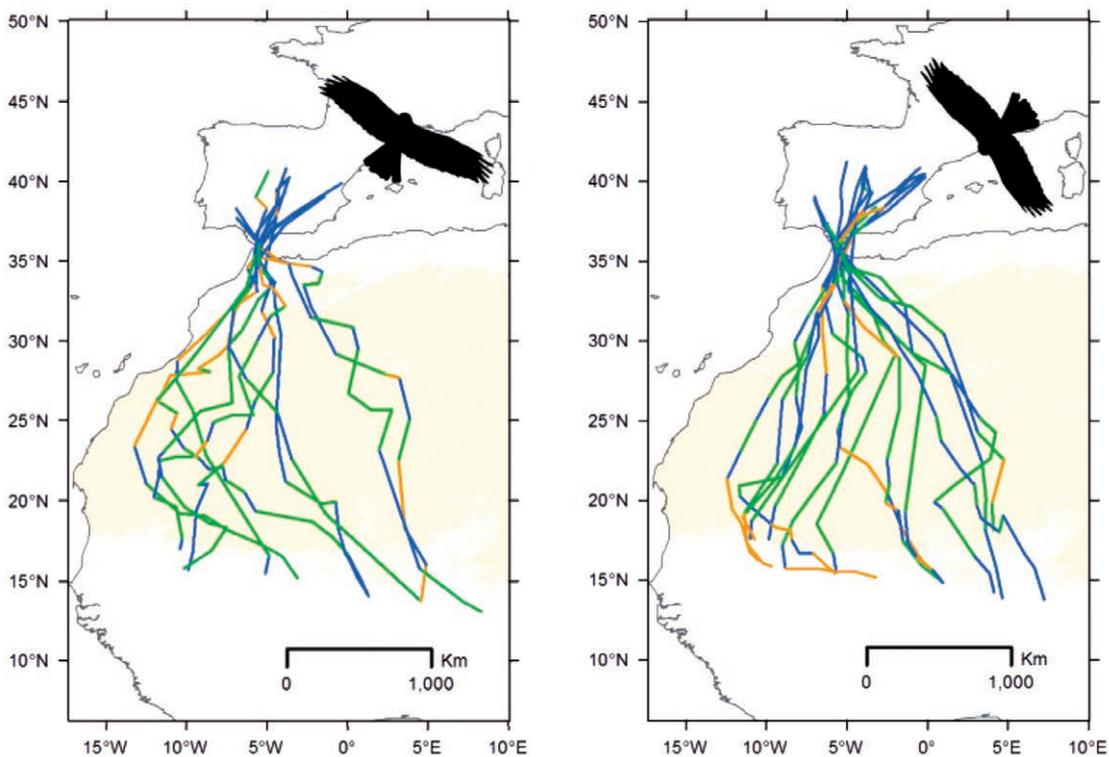
son la velocidad de vuelo más alta, menor número de días de “parada”, y rutas más directas.

### EFFECTO DE LOS FACTORES EXTERNOS EN LA DISTANCIA DIARIA RECORRIDA

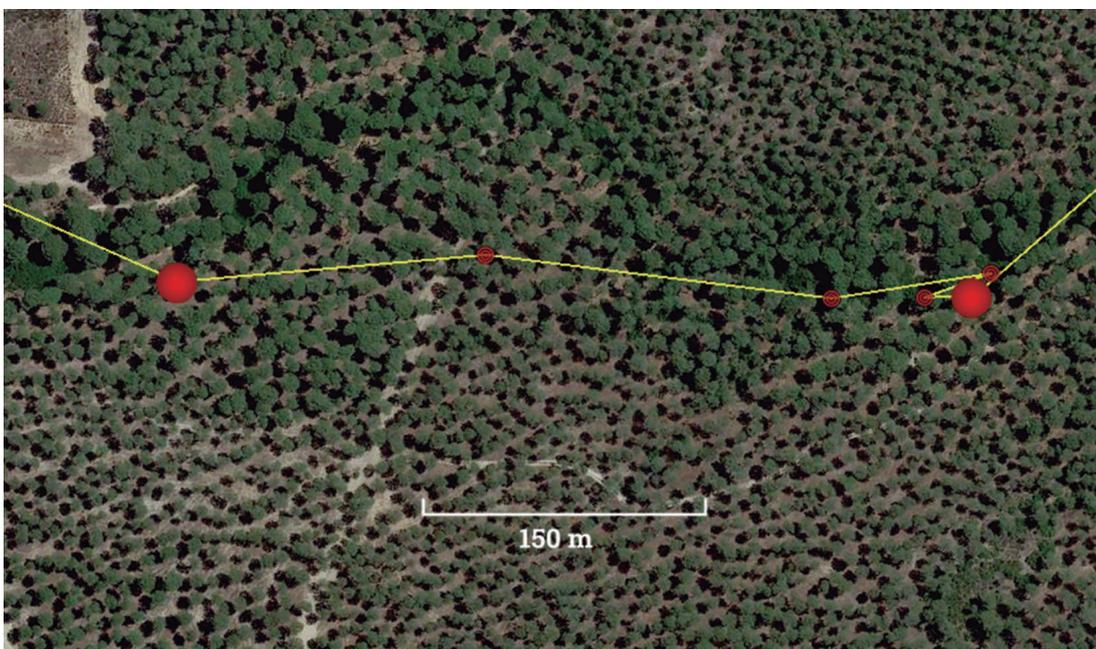
Analizando el efecto de la temporada, la región (fuera y dentro del Sahara), el viento (expresado como componente de cola) y las corrientes térmicas, Mellone *et al.* (2015) han evidenciado cómo todos estos factores y variables inciden en la distancia diaria recorrida por las águilas calzadas. Especialmente, el viento influye favorablemente en el número de kilómetros recorridos, así como la intensidad de las corrientes térmicas. Asimismo, los vientos laterales pueden desplazar a las aves del recorrido óptimo, obligándolas así a compensar estos desplazamientos, especialmente cuando viajan en dirección hacia el estrecho de Gibraltar es necesario mantener una ruta muy precisa, para sobrevolar el mar la menor distancia posible (figura 14; Vidal-Mateo *et al.*, 2016). La migración otoñal es más rápida que la primaveral, incluso controlando por estos factores ambientales. Normalmente, las aves migran más rápidamente en primavera, como resultado de la competencia intraespecífica, empujadas por la presión de asegurarse un buen territorio y así reproducirse con éxito (Nilsson *et al.*, 2013). La peculiar estrategia de las águilas calzadas podría ser debida a varias razones todavía por aclarar, como por ejemplo la necesidad de defender territorios también en las áreas de invernada, o conservar energías para la reproducción durante el último tramo de la migración primaveral (fuera del desierto, cuando exhiben velocidades menores). Quizás la presión a migrar más rápidamente en primavera es menos fuerte para especies de la región mediterránea, que pueden disfrutar de una ventana temporal óptima más amplia en comparación con las que se reproducen a latitudes más altas.

### SEDIMENTACIÓN

Para poder volar, las rapaces planeadoras, como el águila calzada, son muy dependientes de las condiciones atmosféricas, pero, al contrario de las que utilizan a menudo el vuelo batido, pueden completar sus migraciones ayunando, y contando sólo con las reservas de grasa acumuladas previamente (Smith *et al.*, 1986). Por ejemplo, se estima que en el abejero europeo la alimentación



**Figura 14**  
 Respuesta del águila calzada a los vientos laterales en primavera (arriba) y otoño (abajo) durante sus viajes migratorios. Los colores indican "deriva" en verde, "compensación" en azul, y "sobrecompensación" en naranja, según tramos diarios (modificado de: Vidal-Mateo et al., 2016).



**Figura 15**  
 Parada del águila calzada #118180 durante la migración primaveral de 2014 en un pinar del Coto Doñana, probablemente debida al mal tiempo, desde las 17:00 h del 27 marzo (punto rojo grande a la derecha) hasta las 9:00 del 29 marzo.

durante las migraciones es un comportamiento muy escaso (Panuccio *et al.*, 2006), mientras que el halcón de Eleonora sí aprovecha los hábitat con disponibilidad de comida durante las migraciones, sobre todo los jóvenes (Mellone *et al.*, 2013b).

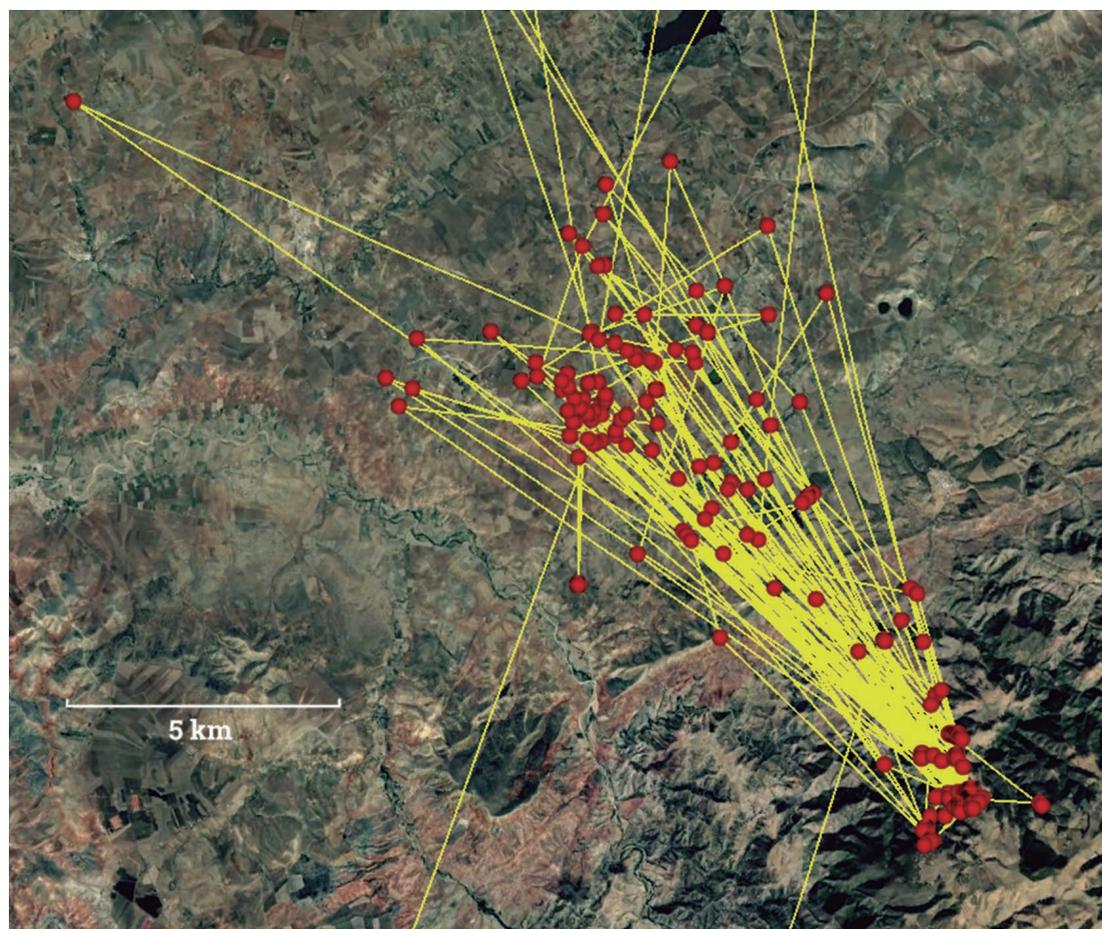
En el águila pescadora las áreas de caza (masas de agua con presencia de peces) son fácilmente

identificables por imágenes satelitales, por lo que ha sido posible determinar con bastante detalle el comportamiento de alimentación durante las migraciones (Klaassen *et al.*, 2008). Al contrario, las águilas calzadas pueden cazar en una gran variedad de ambientes (García-Dios, 2016; López-López *et al.*, 2016a), por lo tanto, nuestros datos no permiten identificar casi en ningún caso

**Figura 16**  
Movimientos de corta distancia del águila calzada #68456 entre el 2 (punto grande abajo a la izquierda) y el 7 de abril 2013 en la zona de Antequera (Málaga).



**Figura 17**  
Zona de descanso (stopover) del águila calzada #91724211 en Marruecos (datos acumulados de otoño y primavera).



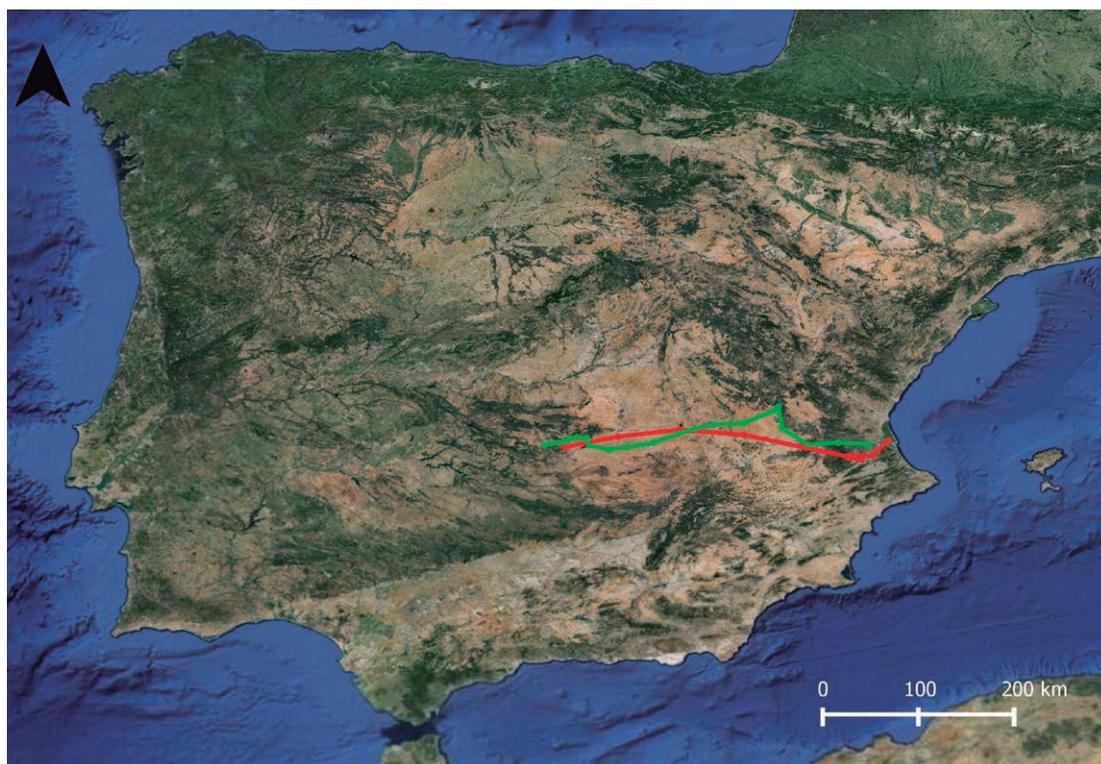


La mayoría de las águilas calzadas vuelan hasta África para pasar el invierno en el Sahel. © John Wright

los días de sedimentación que han sido realmente dedicados a acumular nuevas reservas energéticas. Es muy probable que los días durante los cuales las águilas calzadas se mueven durante menos de 50 km, o viajan en direcciones contrarias a lo

esperado, sean debidos a malas condiciones meteorológicas (figura 15), especialmente cerca de barreras ecológicas como el estrecho de Gibraltar (figura 13) o el Sahara. Por otro lado, es difícil confirmar si días con patrones de vuelo parecidos

**Figura 18**  
Rutas migratorias de las águilas calzadas que invernan en la península Ibérica.



a éstos y registrados sobre hábitats aparentemente favorables, lejos de barreras ecológicas (figura 16), hayan sido dedicados a la búsqueda de alimento. Una excepción sorprendente es la del individuo #91724211, seguido solo durante un viaje otoñal y uno primaveral, que se detuvo durante varias semanas (27 días en otoño y 17 en primavera), en un área muy concreta de Marruecos (figura 17), 250 km al sur del estrecho de Gibraltar, en un hábitat aparentemente adecuado y mostrando patrones de vuelo parecidos a los de un águila en su territorio de cría o en el territorio invernal. Aún a falta de la confirmación directa, se puede afirmar con cierta seguridad que este individuo se sedimentó para alimentarse durante un periodo prolongado de tiempo, un comportamiento poco conocido en las aves planeadoras.

### MIGRACIONES DE CORTA DISTANCIA

De las 16 águilas calzadas que proporcionaron datos relativos de al menos un viaje migratorio completo, 2 no migraron hasta África en su migración postnupcial, sino que se dirigieron a la albufera de

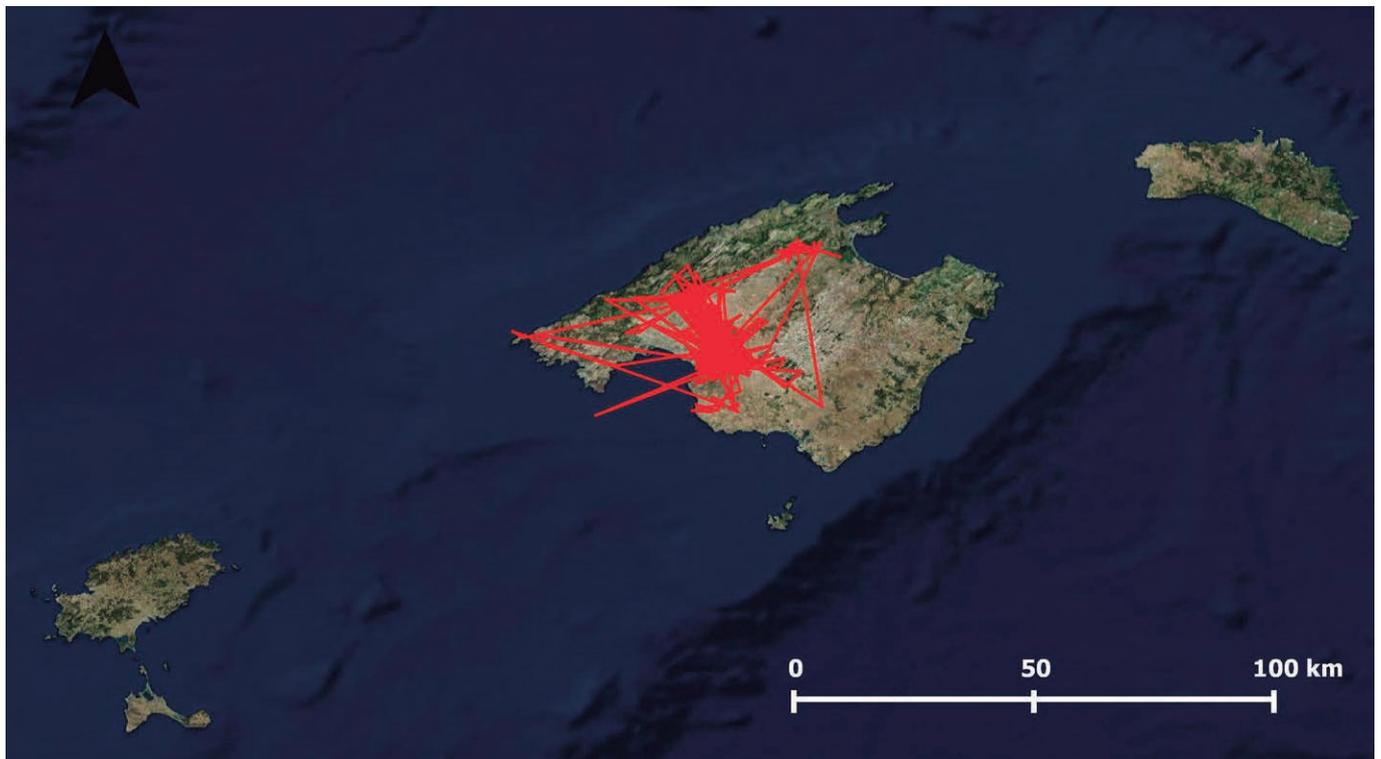
Valencia (figura 18), dentro de la península Ibérica, donde pasaron los meses invernales. Se trata de dos individuos provenientes de las provincias de Ciudad Real (#REKI10) y Málaga (#123741), que tardaron entre 2 y 4 días en realizar su viaje migratorio, con su inicio en fechas parecidas a las de los individuos transaharianos.

La pequeña muestra no permite aclarar cuáles podrían ser los factores que hacen que unos individuos elijan invernar en España, incluso situándose más al norte del territorio de reproducción, como en el caso del individuo de Málaga. Aparentemente no influyen ni el área geográfica de origen, ni el sexo. En la misma área, en la última década se han registrado regularmente hasta 12 individuos invernantes (Palomino y Molina, 2012).

Además, hay que destacar que en Italia meridional, sobre todo en Sicilia, suelen invernar, en cantidades variables, docenas de águilas calzadas cada año. Por ejemplo, en el invierno 2004-2005, se han estimado alrededor de 200 individuos (Baghino *et al.*, 2007). El hecho que durante la migración otoñal se observen en Castellón

Pollo de águila calzada marcado en Mallorca, de la población sedentaria de las islas Baleares.  
© Toni Muñoz





**Figura 19**  
Movimientos del águila calzada marcada como pollo en Mallorca (Islas Baleares).

números similares de águilas calzadas que migran hacia el norte (Premuda *et al.*, 2007), y subsecuentemente en Francia dirigiéndose hacia Italia, pone de manifiesto que la gran mayoría de estas águilas pertenecen a la población ibérica. De hecho, cinco recapturas de águilas calzadas anilladas en España y encontradas en otros países europeos se sitúan todas a lo largo de esta ruta: dos en Francia y tres en Italia, y todas pertenecen a jóvenes durante su primera migración otoñal (Premuda y Baghino, 2004; Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife, 2017; figura 1), aunque sin un claro patrón geográfico de origen (Badajoz, Huelva, Murcia, Navarra, Valladolid).

Considerando la flexibilidad de su dieta, no es improbable que en las próximas décadas se observen más águilas calzadas invernando en países mediterráneos, en línea con la tendencia que se está observando en otras especies transaharianas (Morganti, 2014).

Resultaría de gran interés marcar ejemplares de primer año con dispositivos GPS de larga duración, para poder estudiar los factores que influyen en estos cambios de comportamiento. Asimismo, sería interesante marcar aves invernantes en España e Italia para conocer su edad, sexo y origen con detalle.

## POBLACIONES SEDENTARIAS

En España, la población reproductora de las islas se considera residente durante todo el año (Viada, 1996; López-Jurado, 2011). Esto implica que sus individuos no realizan migraciones propiamente dichas y permanecen sedentarias durante todo el año dentro de las islas.

El único águila calzada marcada dentro del programa Migra en las islas Baleares fue un pollo marcado en la isla de Mallorca. Durante los más de dos años en que proporcionó información, este águila calzada se movió únicamente por la isla sin realizar grandes desplazamientos (figura 19), como era esperable en esta, *a priori*, población sedentaria. Aunque fue marcada en la sierra de Tramuntana, se movió principalmente en la zona suroeste de la isla, cerca de la bahía de Palma.

# MIGRACIÓN POR EL ESTRECHO DE GIBRALTAR

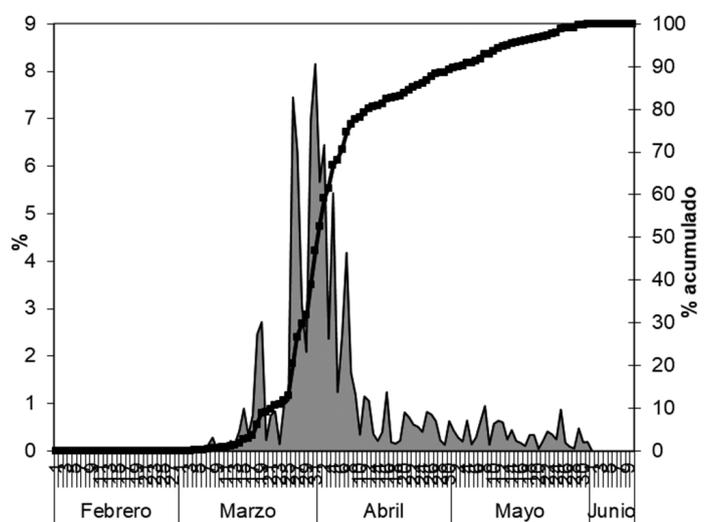
Alejandro Onrubia y Beatriz Martín

Las águilas calzadas que migran por el estrecho de Gibraltar son aves procedentes de Europa occidental, principalmente de la península Ibérica y, en menor medida, de Francia. Por su parte, las aves que cruzan el estrecho de Gibraltar invernan en África tropical occidental, con recuperaciones de ejemplares anillados en Mauritania, Malí, Senegal, Burkina Faso, Togo y Nigeria (Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife, 2017; véase el apartado de *Localización de las áreas de invernada*).

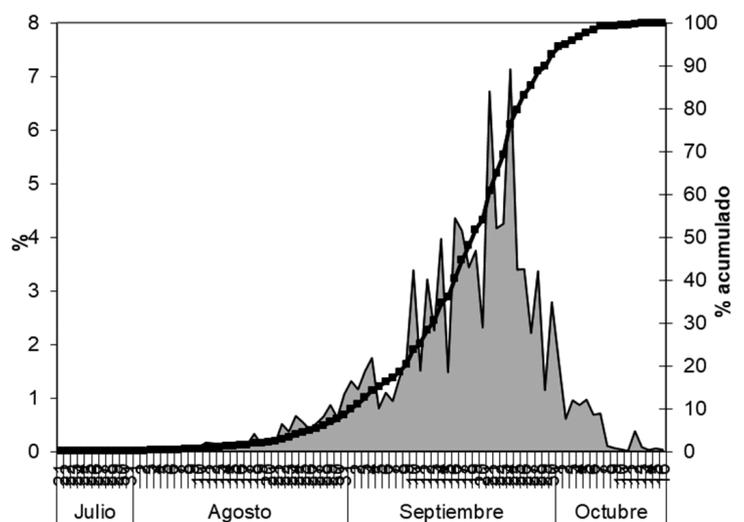
## FENOLOGÍA Y PATRÓN HORARIO

Sobre una muestra de 26.543 águilas calzadas registradas en las primaveras de 2009-2012 (promedio de 6.662 aves/año), la migración pre-nupcial se extiende durante 127 días, desde el 2 de febrero (primer contacto) hasta el 8 de junio (último contacto), si bien el 80% de los efectivos se concentran en 44 días entre el 22 de marzo y el 3 de mayo, con el pico de migración en torno al 31 de marzo (figura 20; tabla 10). Esta fecha es exactamente igual a la mediana de llegada al lado marroquí del Estrecho de las águilas calzadas marcadas en el programa Migra (véase el apartado de *Estrategias de migración*).

En cuanto al paso otoñal, sobre una muestra de 126.433 águilas calzadas registradas en los otoños de 2009-2012 (promedio de 31.608 aves/año), el movimiento de águilas calzadas por el estrecho de Gibraltar se extiende durante 88 días, desde el 21 de julio (primer contacto) hasta el 16 de octubre (último contacto), si bien el 80% de los efectivos se concentran en 30 días entre el 1 y el 29 de septiembre, con el pico de migración en torno al 19 de septiembre (figura 21; tabla 10). Pocas águilas calzadas pasan después del 20 de octubre. Estas observaciones concuerdan bastante bien con las aves marcadas con emisores de la población reproductora española en el programa Migra con una fecha mediana de



**Figura 20** Patrón de paso primaveral del águila calzada por el estrecho de Gibraltar (2009-2012). La gráfica muestra el porcentaje de paso diario y el porcentaje acumulado.



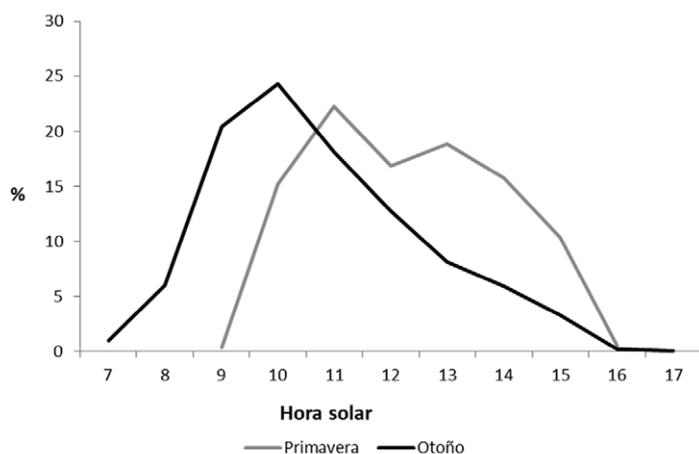
**Figura 21** Patrón de paso otoñal del águila calzada por el estrecho de Gibraltar (2009-2012). La gráfica muestra el porcentaje de paso diario y el porcentaje acumulado.

llegada al Estrecho el 14 de septiembre (véase el apartado de *Estrategias de migración*).

La duración del paso de águilas calzadas en primavera es notablemente más extensa que en otoño, siendo de 20 a 40 días más prolongado en primavera respecto al paso otoñal. Además, el hecho de que la duración de la migración primaveral sea significativamente más larga que la otoñal (Mellone *et al.*, 2015), podría explicar en parte este resultado.

**Tabla 10**  
Resumen del patrón fenológico de la migración prenupcial y postnupcial (periodo 2009-2012) en cuanto a duración (en días) del paso total y del 90-95% de los efectivos, y las fechas de diferentes porcentajes del paso total de calzadas por el estrecho de Gibraltar.

	Prenupcial	Postnupcial
Duración efectiva	127	88
Duración 95%	70	45
Duración 90%	58	37
Primer contacto	2-feb	21-jul
1%	12-mar	13-ago
5%	18-mar	27-ago
10%	22-mar	2-sep
50%	1-abr	19-sep
Máximo	31-mar	24-sep
90%	3-may	30-sep
95%	14-may	2-oct
99%	28-may	7-oct
Último contacto	8-jun	16-oct



**Figura 22**  
Patrón horario de paso del águila calzada en el estrecho de Gibraltar en primavera y otoño. Datos expresados en porcentajes de paso por tramo horario según la hora solar.

Como en otras aves planeadoras, el paso de águilas calzadas por el Estrecho se concentra en las horas centrales del día, cuando las corrientes térmicas son más fuertes. En primavera el paso tiene lugar entre las 10:00 y las 16:00 h (hora solar), si bien se concentra especialmente entre las

11:00 y las 14:30 h (80% del paso total). En cuanto al otoño, el paso se prolonga entre las 8:00 y las 16:00 h (hora solar), aunque se concentra especialmente en el tramo horario de 9:00 a 13:30 h (80% del paso total; figura 22). El patrón horario de paso es muy similar en primavera y en otoño, y el desfase encontrado se debe principalmente a que en primavera el horario se refiere a la llegada de las calzadas procedentes del norte de África (después del tránsito del Estrecho) y en otoño se refiere al horario de partida del continente europeo en dirección al continente africano.

### CONDUCTA EN LA ZONA

En cuanto a la conducta de cruce, el águila calzada comparte con otras aves planeadoras la alternancia de los consabidos giros de elevación (“cicleos”) con progresiones de planeo, aunque es particularmente proclive al interminable trasiego por la zona, especialmente cuando llegan al frente de costa, con frecuencia de vuelos largos pico a viento, flotando, girando o en avance lento, independientemente de que las condiciones sean adecuadas o no para el cruce (Bernis, 1980).

Por lo general, selecciona para el cruce del mar condiciones de buena visibilidad y vientos suaves de levante o poniente (hasta 20 km/h), aunque muestra ciertas preferencias por los vientos suaves de oeste (Miller *et al.*, 2016). Con vientos moderados superiores a los 40 km/h el cruce de águilas calzadas se detiene y menos de un 5% de ejemplares cruza con esas condiciones. En otoño, la mayor parte de los cruces se concentra en el tramo costero situado entre Tarifa y Guadalme-sí (Bernis, 1980), mientras que en primavera la arribada a las costas ibéricas se produce entre Gibraltar y Bolonia, pero depende totalmente de los vientos, concentrándose entre Guadalme-sí y Punta Carnero con vientos de poniente, y entre Cazalla y Punta Paloma con vientos de levante (De la Cruz *et al.*, 2011; figura 23). En días favorables las águilas calzadas acceden a la costa en vuelos altos y decididos, cruzando limpiamente el Estrecho. En condiciones poco propicias, dominan comportamientos de trasiego por la costa o por los valles interiores (Bernis, 1980). De hecho, las aves marcadas en el programa Migra han mostrado paradas de hasta seis días en la región del Estrecho antes del cruce del mismo y el importante papel que juega el viento en la distancia diaria recorrida durante la migración (figura 13; Mellone *et al.*, 2013a, 2015).



**Figura 23**  
Situación de los observatorios en la costa ibérica del estrecho de Gibraltar.

## MIGRACIÓN DIFERENCIAL

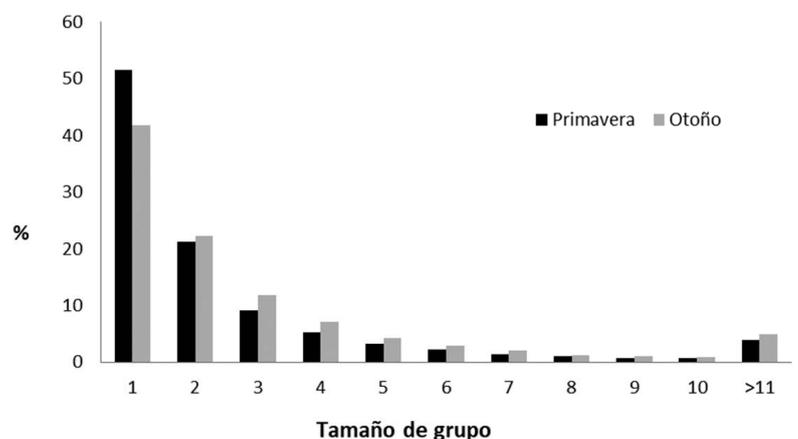
En las águilas calzadas es posible identificar en campo diferentes clases de edad: jóvenes (aves del año), inmaduros o plumajes de transición (aves de segundo año calendario) y adultos (aves de más de 2 años; Forsman, 1999, 2016).

En primavera las aves adultas cruzan mayoritariamente entre el 7 de marzo y el 25 de abril (80% del paso) con pico de paso en torno al 26 de marzo, mientras que los ejemplares inmaduros cruzan más tarde, entre el 26 de marzo y el 29 de mayo (80% del paso), con pico de migración en torno al 1 de mayo. Este paso de ejemplares inmaduros más tardío es el responsable de que la migración primaveral resulte más extensa y se prolongue durante casi un mes más que la migración otoñal. Sin embargo, durante la migración otoñal no se han encontrado diferencias en duración y fechas en el paso entre jóvenes y adultos.

En cuanto a los morfos de las águilas calzadas, de una muestra de 3.346 aves (periodo 2013-2017), el 71% eran de morfo claro y el 29% eran de morfo oscuro, aunque los porcentajes pueden variar entre un 66% y un 75% según los años, y no presentan diferencias en el paso. En la actualidad, el porcentaje de águilas calzadas oscuras es sensiblemente superior al encontrado por Bernis (1980) en 1976-1977, que lo cifraba en un 16-18%.

## GREGARISMO

El águila calzada es una especie poco gregaria en migración. En el estrecho de Gibraltar aparece viajando solitaria o en agrupaciones pequeñas, si bien, dada la gran cantidad de migrantes que confluyen en ciertas fechas, es posible encontrar grupos de mayor número, incluso con acumulaciones de decenas de individuos, aunque estas agregaciones aparecen laxas e irregulares, sin un comportamiento cohesionado. Sobre una muestra de 8.716 calzadas en primavera y 23.645 en otoño, aproximadamente la mitad eran ejemplares solitarios, un 20% eran pares



**Figura 24**  
Tamaño de grupo de las águilas calzadas en paso por el estrecho de Gibraltar en primavera y otoño. Datos expresados en porcentajes de paso según tamaño de grupo.



Águila calzada cruzando el estrecho de Gibraltar.  
© Alejandro Onrubia

y un 10% grupos de tres. Solamente una quinta parte de las águilas calzadas viajaban en grupos de más de cuatro individuos (figura 24).

### MAGNITUD Y TENDENCIAS DEL PASO

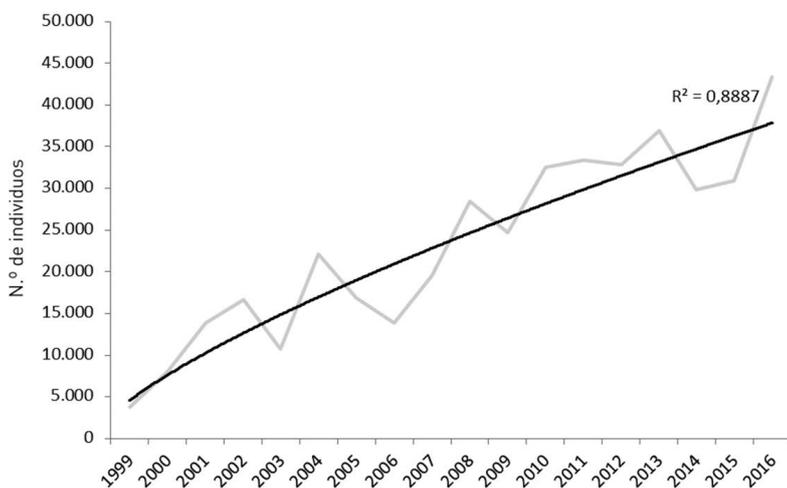
A pesar de la dificultad para conocer la entidad del paso real de águilas calzadas por el Estrecho, teniendo en cuenta la frecuencia de comportamientos de circuitaje en la zona y la posibilidad de dobles conteos (en el caso del paso otoñal),

se ha estimado la magnitud del paso en 21.470 ejemplares en la migración primaveral y 33.770 calzadas en la migración otoñal para el periodo 2009-2012 (Programa Migres, datos inéditos). Estas cifras suponen la totalidad de la población estimada de águilas calzadas para Europa occidental (BirdLife International, 2004).

Los conteos realizados por Bernis (1980) entre 1972 y 1977 arrojaban cifras de águilas calzadas en paso otoñal por el Estrecho de entre 2.772 y 14.292 individuos, si bien indicaba la dificultad de dar una cifra precisa con esta especie, aunque aproximaba con las debidas cautelas una cifra de 3.000-4.000 aves.

Por su parte, los datos del programa Migres en el periodo 1999-2016 indican un claro incremento en el paso de águilas calzadas por el estrecho de Gibraltar (figura 25). Este aumento del paso es significativo y similar al que han experimentado otras especies de aves planeadoras migratorias en este periodo, y similar al que se ha detectado en otros observatorios de migración de los Pireneos (Martín *et al.*, 2016).

En cuanto a las fechas y duración del paso, no han cambiado sustancialmente respecto a lo aportado por Bernis (1980; Scholer *et al.*, 2016), pero sí se ha detectado una tendencia a adelantar la migración otoñal de las águilas calzadas en el periodo 1999-2014 (Panuccio *et al.*, 2017).



**Figura 25**  
Tendencias en el paso de águilas calzadas por el estrecho de Gibraltar en el periodo 1999-2016.

# ECOLOGÍA ESPACIAL EN EL PERIODO INVERNAL

**Javier Vidal-Mateo y Vicente Urios**

Gracias a los estudios sobre la migración realizados en la última década se conoce mejor la localización de las zonas de invernada del águila calzada (Chevallier *et al.*, 2010; Mellone *et al.*, 2013a, 2015; Vidal-Mateo *et al.*, 2016), aunque aún son escasos los trabajos referentes a su invernada (Thiollay, 2006). En este capítulo se aborda el estudio de las áreas de invernada de la población española gracias a los datos obtenidos dentro del programa Migra de SEO/BirdLife.

Se dispone información de la temporada de invernada de 16 individuos, que fueron equipados

con emisores GPS, a excepción de tres individuos con los que se usaron emisores Argos sin GPS.

En conjunto hay datos de 28 invernadas completas (algunas correspondientes al mismo individuo en temporadas consecutivas) y 7 invernadas parciales, por fallo del emisor o por muerte del ejemplar antes de que concluyese su correspondiente temporada de invernada. El conjunto de datos ha permitido conocer la localización de las áreas de invernada, su extensión, el número de días que dura la temporada y el hábitat que ocupan.

Paisaje de sabana abierta en Malí, hábitat utilizado principalmente por las águilas calzadas invernantes en el Sahel.  
© Ugo Mellone



## LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE INVERNADA

De las 16 águilas 14 migraron a África para pasar el invierno, mientras que las dos restantes permanecieron en España (tabla 12).

### Localización de las áreas de invernada en África

Las águilas calzadas, una vez cruzado el desierto del Sáhara, se detuvieron principalmente en áreas del Sahel occidental situadas entre latitudes de

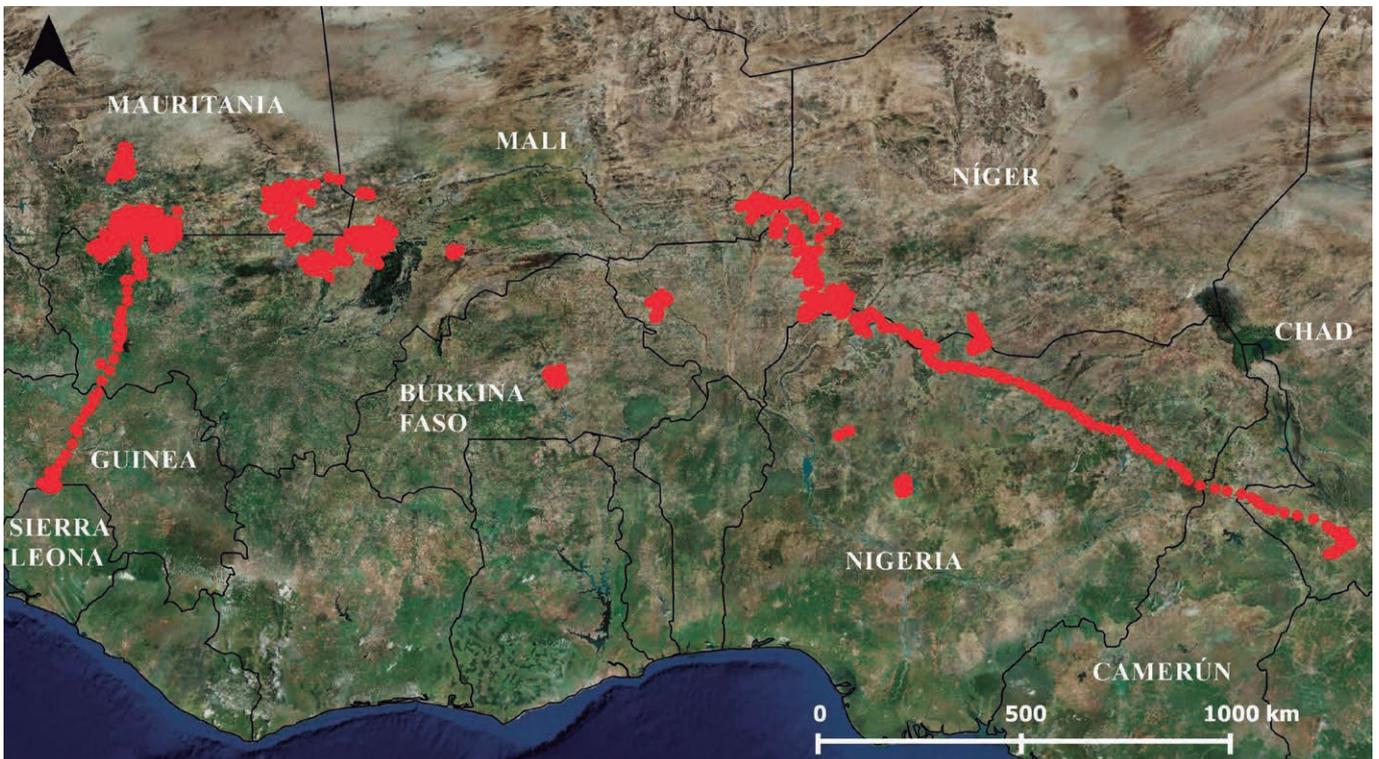
13° y 16° N. Sin embargo, hay zonas que se han localizado más al sur, hasta 8,7° N de latitud, lo que en conjunto da una franja de más de 900 km de amplitud en la que se sitúan los cuarteles de invernada.

Durante los meses de invernada, las áreas en las que permanecieron estuvieron situadas en ocho países africanos: Mauritania, Mali, Níger, Burkina Faso, Guinea, Sierra Leona, Nigeria y Chad (figura 26). Las distancias entre estas zonas de invernada en África y sus territorios de cría en España oscilaron entre 2.440 y 3.380 km.

**Tabla 12**

Datos de las águilas calzadas de las que se han obtenido localizaciones de sus temporadas de invernada. Se indica su provincia de procedencia en España y su lugar de destino para la invernada. La distancia al área cría está referida a la primera área de invernada en la que se detiene el águila calzada, en caso de que haya más de una distinta.

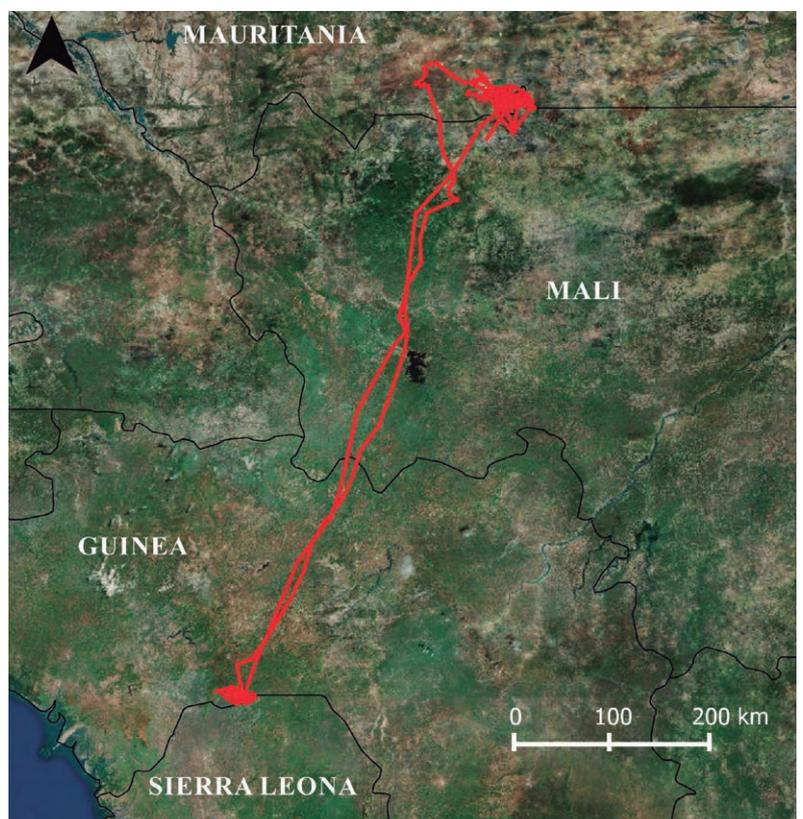
Individuo	Provincia	Temporada (años)	Localización del área de invernada	Distancia a área de cría (km)	Coordenadas geográficas	Temporada completa/parcial
68247	Madrid	2011-2012	Mali	2.779	15,5 N; -5,0 O	Completa
68328	Madrid	2011-2012	Níger	3.030	14,0 N; 1,3 E	Completa
		2012-2013				Completa
		2013-2014				Completa
		2014-2015				Completa
		2015-2016				Completa
68456	Castellón	2011-2012	Níger-Nigeria	3.009	13,7 N; 4,5 E	Completa
		2012-2013				Completa
		2013-2014				Completa
		2014-2015				Parcial
68457	Ávila	2011-2012	Mauritania-Mali-Guinea-Sierra Leona	2.860	15,5 N; -9,3 O	Completa
		9,9 N; -11,9 O				
68457b	Barcelona	2012-2013	Níger-Nigeria	3.260	13,1 N; 8,3 E	Completa
917224211	Madrid	2011-2012	Mali	2.780	15,1 N; -3,1 O	Completa
118179	Badajoz	2012-2013	Mali-Mauritania	2.544	15,1 N; -10,8 O	Completa
		2013-2014				Parcial
118180	Badajoz	2012-2013	Mauritania	2.440	16,9 N; -10,4 O	Completa
		2013-2014				Completa
123740	Murcia	2013-2014	Mali	2.573	15,0 N; -5,5 O	Completa
		2014-2015				Parcial
71903	Badajoz	2011-2012	Níger-Nigeria	3.014	14,1 N; 5,3 E	Parcial
		2012-2013			9,9 N; 6,6 E	Completa
71928	Badajoz	2011-2012	Mauritania-Mali	2.600	15,5 N; -6,5 O	Completa
		2012-2013			15,0 N; -6,0 O	Completa
		2013-2014				Completa
		2014-2015				Completa
33920	León	2013-2014	Burkina Faso	3.380	12,3 N; -0,9 O	Completa
		2014-2015				Completa
		2015-2016				Completa
REK107	Huelva	2014-2015	Mali	2.480	14,9 N; -6,4 O	Parcial
REK109	La Rioja	2014-2015	Níger-Nigeria- Camerún-Chad	3.194	14,0 N; 5,3 E	Completa
					8,7 N; 16,4 E	
		2015-2016	Níger		14,0 N; 5,3 E	
REK110	Ciudad Real	2014-2015	España (Valencia)	343	39,1 N; -0,3 O	Completa
123741	Málaga	2013-2014	España (Valencia)	428	39,1 N; -0,2 O	Completa
		2014-2015				Completa
		2015-2016				Parcial



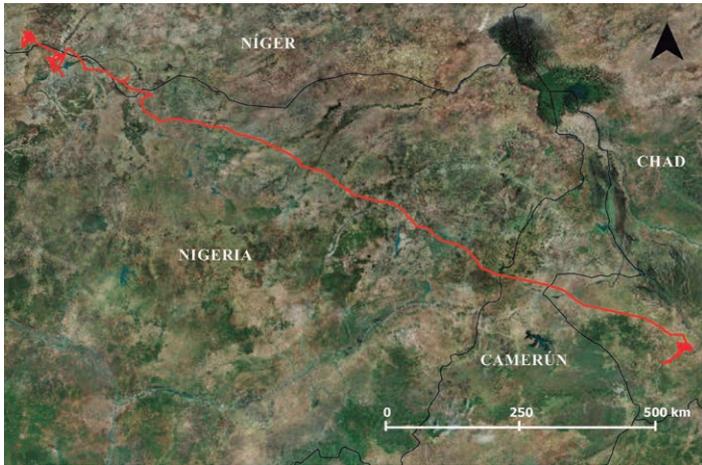
**Figura 26**  
Conjunto de las localizaciones obtenidas de las águilas calzadas marcadas durante las temporadas de invernada en África.

Todas las águilas calzadas excepto cuatro usaron una única área de invernada por temporada: cuatro ejemplares tuvieron su cuartel de invernada localizado en Mali (#68247, #123740, #9172421 y #REKI07); un ejemplar entre Mali y Mauritania (#118179); en Mauritania pasó la temporada otro ejemplar (#118180); en Níger un ejemplar (#68328); entre Níger y Nigeria dos de ellos (#68456 y #68457b), y en Burkina Faso uno (#33920).

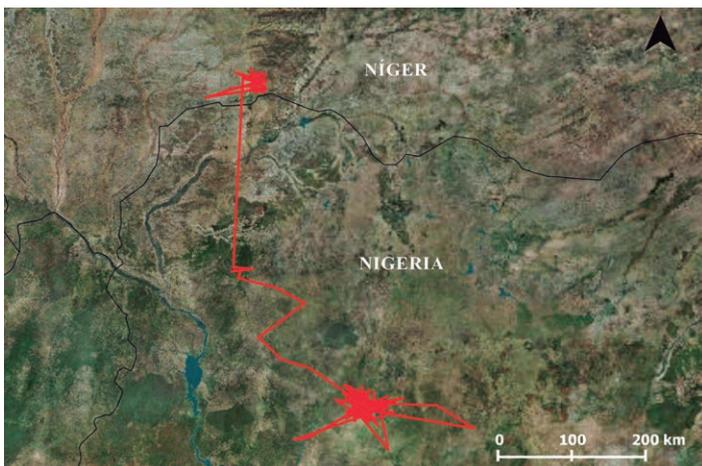
Los cuatro ejemplares con más de una zona de invernada emplearon dos áreas distintas. Una de las águilas, #68457 (figura 27), primero se detuvo entre Mauritania y Mali, a 15,5° N, en un área donde estuvo 55 días; después se desplazó al sur, hasta una zona localizada a 670 km entre Guinea y Sierra Leona (9,9° N), donde pasó 86 días; y finalmente regresó a su primera área de invernada, deteniéndose 11 días antes de iniciar la migración de primavera de regreso a España. Otro ejemplar, #REKI09 (figura 28), ocupó primero un área en Níger (14,0° N) durante 44 días, hasta que comenzó a desplazarse hacia el sudeste, recorrió más de 1.000 km pasando por Nigeria, Camerún y se detuvo en Chad (8,7° N), donde permaneció 100 días hasta el inicio de la



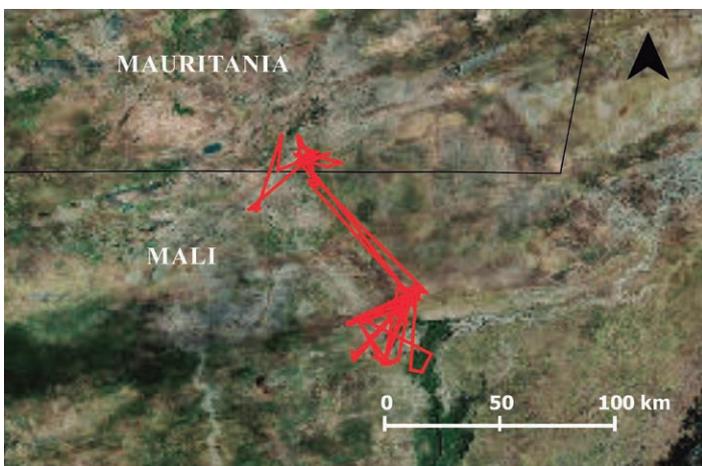
**Figura 27**  
Desplazamiento del águila calzada #68457 durante la temporada de invernada 2011-2012 entre sus dos cuarteles de invernada: el primero situado entre Mauritania y Mali, y el segundo en una zona entre Guinea y Sierra Leona.



**Figura 28**  
Desplazamiento del águila calzada #REK109 durante la temporada de invernada 2014-2015 entre sus dos cuarteles de invernada: el primero situado en Níger y el segundo en Chad.



**Figura 29**  
Desplazamiento del águila calzada #71903 durante la temporada de invernada 2011-2012 entre sus dos cuarteles de invernada: el primero situado en Níger y el segundo en Nigeria.



**Figura 30**  
Desplazamiento del águila calzada #71928 durante la temporada de invernada 2011-2012 entre sus dos cuarteles de invernada situados en Mauritania y Mali.

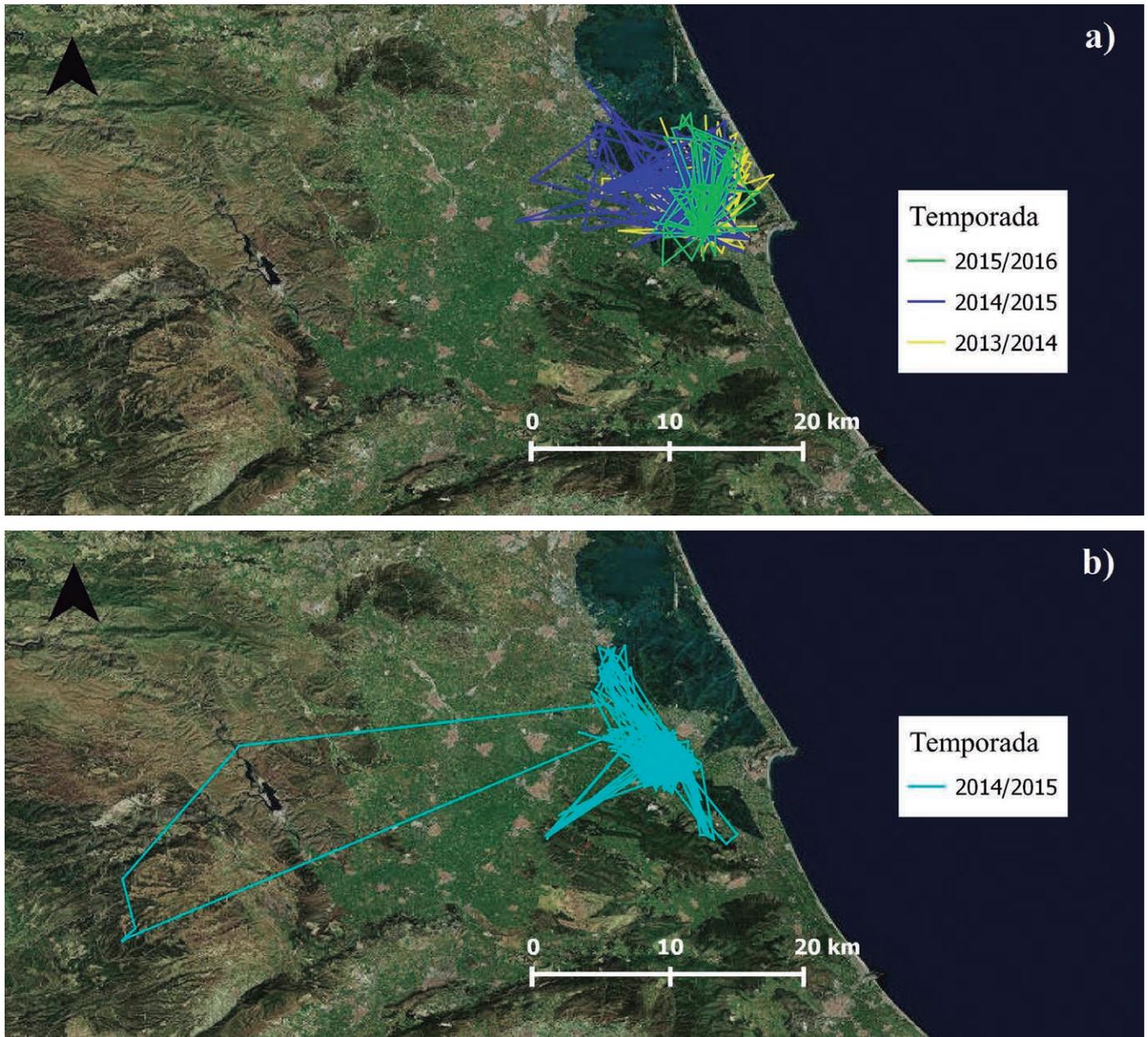
migración primaveral. El águila #71903 (figura 29) se detuvo primero en un área de Níger (14,1° N), y después se desplazó a otra zona situada a 462 km en Nigeria (9,9° N), donde estuvo hasta el fin de la invernada; este mismo comportamiento se repitió en la temporada siguiente. El individuo #71928 (figura 30) ocupó primero una zona en Mauritania (15,5° N), y después otra situada más al sur, en Mali (15,0° N); en las tres temporadas siguientes de las que hay datos, este águila calzada volvió a centrar sus movimientos en estas dos zonas.

### Localización de las áreas de invernada en España

Dos de las 22 águilas calzadas reproductoras permanecieron en España durante todo el año, lo que supone que el 9,1% de los individuos marcados en el programa Migra no realizaron una migración transahariana, sino presahariana.

Al llegar la temporada de invernada se desplazaron desde sus áreas de cría en Málaga (#123741) y Ciudad Real (#REK110) a la provincia de Valencia, en concreto a la albufera de Valencia donde pasaron todo el invierno (figura 30). Estas dos águilas calzadas encontraron cerca de la desembocadura del río Júcar una zona adecuada para pasar el invierno, a tan solo 300-450 km de sus nidos, sin necesidad de realizar el largo viaje de más de 2.000 km hasta el África subsahariana. Se alimentaron en zonas de arrozal y cultivos de regadío entre campos de naranjos, muy diferentes al habitual hábitat de invernada de la especie en la sabana africana.

Las numerosas citas de águilas calzadas en invierno se localizan mayoritariamente en áreas costeras de Andalucía, Murcia y Comunidad Valenciana (Urios *et al.*, 1991), con dos focos importantes en los tramos finales de los ríos Guadalquivir y Segura, aunque también aparece en el interior de la Península (Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Palomino y Molina, 2012). En las Islas Baleares está presente a lo largo de todo el año (Viada, 1996; López-Jurado, 2011) y en las Islas Canarias es una invernante escasa (Martín y Lorenzo, 2001). Muchas de las observaciones de las águilas calzadas invernantes peninsulares se producen en áreas de humedales, como las marismas del Guadalquivir, el delta del Ebro, el embalse de El Hondo o el marjal de Pego-Oliva (García *et al.*, 2000; Palacios, 2009; Bosch, 2011; Herrando *et al.*, 2011), además de la albufera de



Valencia (Gómez-Serrano *et al.*, 2000; Dies y Dies, 2004), donde se desplazaron los dos ejemplares marcados dentro del programa Migra.

Aunque se desconoce con exactitud el número de águilas invernantes en la Península, parece ser que se está produciendo un aumento de su presencia en los meses de invierno desde hace décadas (Franco y Amores, 1980; Urios *et al.*, 1991; Sunyer y Viñuela, 1996; Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Gómez-Serrano *et al.*, 2000; Dies y Dies, 2004; García-Dios, 2004; Dies *et al.*, 2011; Palomino y Molina, 2012), por lo que se le puede considerar ya una especie invernante regular.

### EXTENSIÓN DE LAS ÁREAS DE INVERNADA

Las águilas calzadas ocuparon una superficie media de 398 km<sup>2</sup> según el análisis de polígono Kernel del 95% (132 km<sup>2</sup> y 72 km<sup>2</sup> según polígonos Kernel del 75% y 50% respectivamente), aunque los resultados fueron muy variables según el individuo (tabla 13).

Si se calcula el área total potencial de los cuarteles de invernada usando el Mínimo Polígono Convexo (MPC) que engloba todas las localizaciones, la superficie media usada fue de 3.855 km<sup>2</sup>. Estos valores diferentes según el método usado

**Figura 31**  
Desplazamientos de #123741(a) y #REK110 (b) durante sus temporadas de invernada en la albufera de Valencia (España).

**Tabla 13**  
Extensión de las áreas de invernada calculada mediante el método del Mínimo Polígono Convexo (MPC) y análisis de polígonos Kernel.

Individuo	Localización del área de invernada	Temporada	MPC (km <sup>2</sup> )	Kernel 95% (km <sup>2</sup> )	Kernel 75% (km <sup>2</sup> )	Kernel 50% (km <sup>2</sup> )
68247	Mali	2011-2012	6.514,6	389,9	61,4	23,9
68328	Níger	2011-2012	170,6	16,9	4,8	1,9
		2012-2013	761,2	19,1	6,2	3,3
		2013-2014	287,9	5,2	2,0	0,9
		2014-2015	178,4	8,6	2,2	0,9
		2015-2016	85,9	3,9	1,2	0,5
68456	Níger/Nigeria	2011-2012	214,6	3,7	0,9	0,4
		2012-2013	24.528,3	441,1	269,5	154,1
		2013-2014	28.013,9	972,9	608,6	351,4
68457	Mauritania	2011-2012	2.053,2	337,0	118,1	41,8
	Guinea-Sierra Leona	2011-2012	401,9	67,6	24,0	11,0
68457b	Níger-Nigeria	2012-2013	1.607,0	18,2	9,6	5,3
917224211	Mali	2011-2012	163,6	7,9	2,0	0,9
118179	Mali-Mauritania	2012-2013	13.747,2	6218,2	1719,1	952,4
118180	Mauritania	2012-2013	1.500,2	44,3	7,9	3,9
		2013-2014	921,3	21,6	4,4	2,4
123740	Mali	2013-2014	1.173,6	84,4	38,3	14,8
REK109	Níger	2014-2015	431,2	47,2	11,5	4,9
	Chad	2014-2015	939,5	36,4	13,2	6,7
REK110	España	2014-2015	799,0	6,5	3,7	2,1
123741	España	2013-2014	116,6	1,2	0,7	0,4
		2014-2015	190,7	5,2	2,1	1,2

muestran que aunque el águila calzada concentre sus movimientos en zonas más pequeñas, llega a desplazarse por superficies de mucha extensión a lo largo de la temporada de invernada.

### USO DE HÁBITAT EN LA INVERNADA EN ÁFRICA

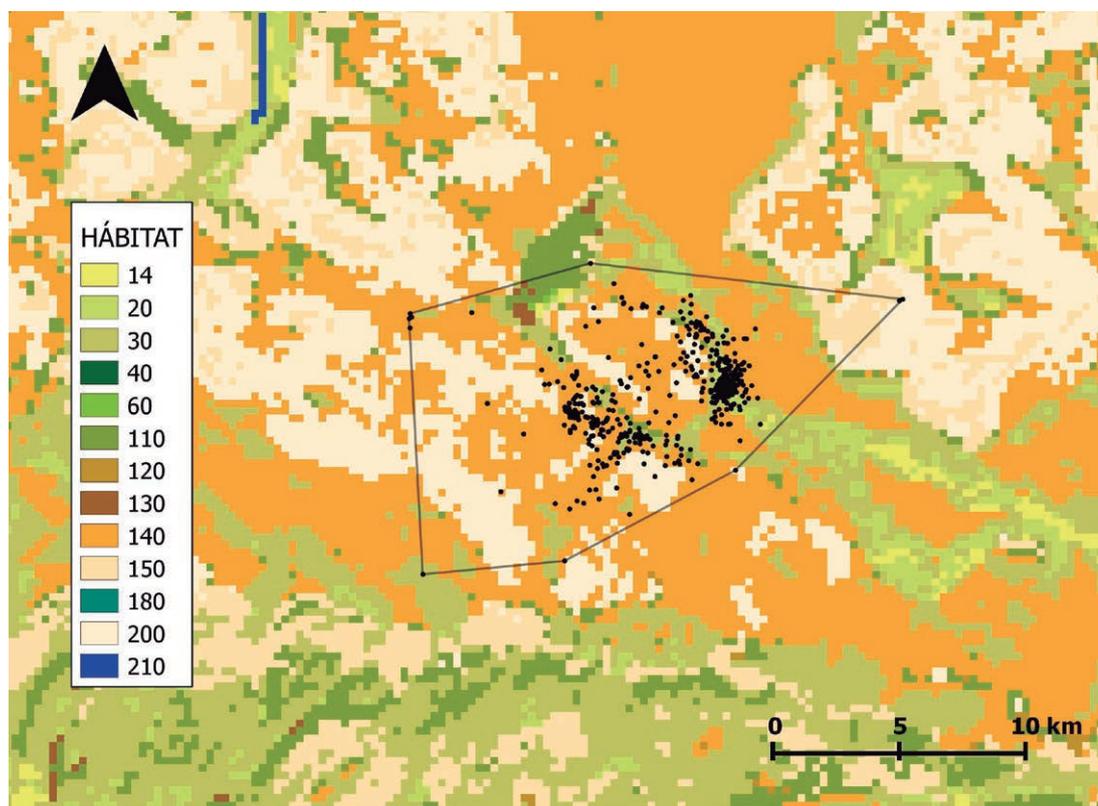
Los porcentajes de las localizaciones obtenidas en los diferentes tipos de hábitats empleados durante la invernada del águila calzada se recogen en la tabla 14. Las águilas calzadas ocuparon mayoritariamente superficies cubiertas por vegetación herbácea (sabanas) y en menor medida mosaicos de vegetación y tierras de cultivo, siendo escasas las localizaciones en ambientes forestales (figura 32).

La comparación con el hábitat disponible estimado a partir de las localizaciones aleatorias fue significativa ( $\chi^2 = 2382,7$ ; g.l. = 12;  $p < 0,05$ ), con diferencias sobre todo en cuanto a superficies en las que pueden aparecer bosques, mostrando preferencia por los hábitats abiertos. Estos resultados son acordes a lo que se ha observado en sus áreas de cría, en las que aunque utilizan las superficies forestales para la nidificación, la caza la realizan preferentemente en áreas ocupadas por matorral, cultivos de secano, áreas abiertas

y pastizales (Martínez, 2002; López-López *et al.*, 2016a). Los ejemplares que se dirigieron a latitudes más al sur durante la invernada, concretamente al Chad, Guinea y Sierra Leona, sí que ocuparon zonas con una mayor cobertura forestal, pero en áreas donde los mosaicos de cultivos y vegetación ocupan una superficie importante. Esta ocupación del hábitat muestra que los ecotonos parecen tener gran importancia y ser seleccionados por esta rapaz coincidiendo con Sánchez-Zapata y Calvo (1999) y Martínez *et al.* (2011).

### FIDELIDAD AL ÁREA DE INVERNADA

Las águilas calzadas mostraron una marcada fidelidad hacia sus áreas de invernada: de los nueve ejemplares de los que se dispone de datos en temporadas sucesivas en África, todos ellos regresaron a la misma zona en los años consecutivos (figura 33). Incluso dos de las águilas que presentaron dos áreas de invernada diferentes, regresaron a las mismas zonas en los años siguientes. Es el caso de #71903, con un área en Níger y otra en Nigeria: tanto en la temporada 2011-2012 y 2012-2013 este ejemplar visitó ambas áreas. Igualmente el individuo #71928 durante cuatro temporadas consecutivas primero se quedó en una zona en Mauritania



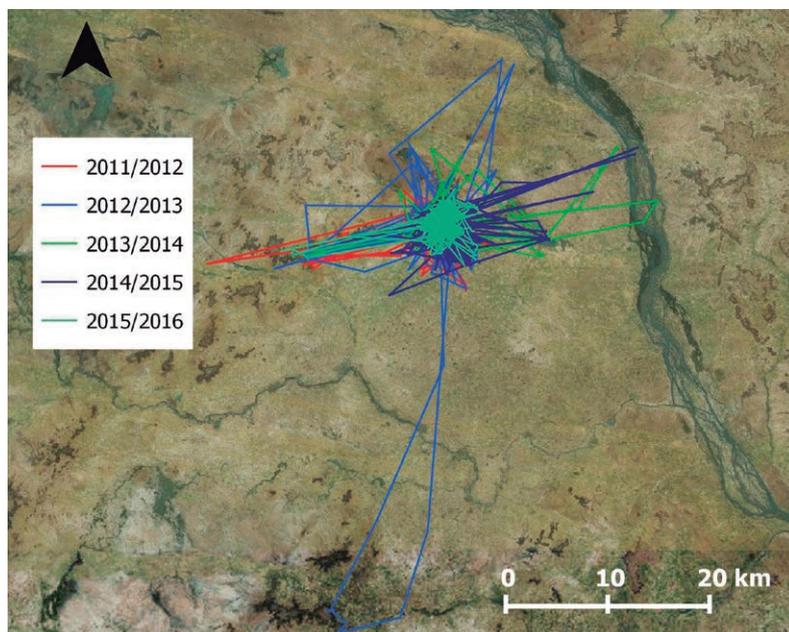
**Figura 32**

Uso del hábitat. Mínimo Polígono Convexo englobando todas las localizaciones obtenidas del ejemplar #91724211. Categorías del hábitat según el mapa de GlobCover V.2.3.: 14: Cultivos de secano; 20: Mosaico de cultivos (50-70%) / vegetación (pastizal/matorral/bosque) (20-50%); 30: Mosaico de vegetación (pastizal/matorral/bosque) (50-70%) / cultivos (20-50%); 40: Bosques (>15%) latifoliados perennes o semidecíduos (>5m); 60: Bosque abierto (15-40%) latifoliado caducifolio (>5m); 110: Mosaico de bosque o matorral (50-70%) / pastizal (20-50%); 120: Mosaico de pastizal (50-70%) / bosque o matorral (20-50%); 130: Matorral (>15%) (latifoliado o aciculifoliado, perenne o decíduo) (<5m); 140: Vegetación herbácea (>15%) (praderas, sabanas); 150: Vegetación escasa (<15%); 180: Pastizal o vegetación leñosa (>15%) en suelo regularmente inundado; 200: Áreas desnudas; 210: Cuerpos de agua.

**Tabla 14**

Porcentaje de localizaciones según el tipo de hábitat. Se indica el porcentaje de localizaciones GPS registradas (N = 23.514) en los diferentes tipos de hábitats usados por las águilas calzadas en África y el porcentaje de las localizaciones aleatorias.

Hábitat	% localizaciones	% loc. aleatorias
Cultivos de secano	3,9	1,5
Mosaico de cultivos (50-70%) / vegetación (pastizal/matorral/bosque) (20-50%)	7,1	1,0
Mosaico de vegetación (pastizal/matorral/bosque) (50-70%) / cultivos (20-50%)	7,2	13,7
Bosques (>15%) latifoliados perennes o semidecíduos (>5m)	2,1	2,8
Bosque abierto (15-40%) latifoliado caducifolio (>5m)	0,4	0,9
Mosaico de bosque o matorral (50-70%) / pastizal (20-50%)	5,1	5,2
Mosaico de pastizal (50-70%) / bosque o matorral (20-50%)	0,8	1,8
Matorral (>15%) (latifoliado o aciculifoliado, perenne o decíduo) (<5m)	2,1	0,1
Vegetación herbácea (>15%) (praderas, sabanas)	66,2	57,0
Vegetación escasa (<15%)	2,3	5,1
Pastizal o vegetación leñosa (>15%) en suelo regularmente inundado	0,00	0,01
Áreas desnudas	2,8	10,8
Cuerpos de agua	0,1	0,2



**Figura 33**  
Movimientos del águila calzada #68328 durante su invernada en Níger durante las cinco temporadas en las que se han obtenido datos, mostrando una elevada fidelidad hacia su cuartel de invernada.

y después se desplazó a otra en Mali. El mismo comportamiento se ha visto en el ejemplar #123741 que pasó la temporada de invernada en la albufera de Valencia sin migrar a África: durante tres años consecutivos se desplazó entre Málaga y Valencia.

Esta elevada fidelidad ya fue observada por Chevallier *et al.* (2010) en un ejemplar, y los nuevos seguimientos han ampliado la información presentada por Mellone *et al.* (2013a). El comportamiento de fidelidad hacia los cuarteles de invernada

africanos ha sido también visto en otras rapaces migradoras transaharianas, como el alimoche (García-Ripollés *et al.*, 2010; López-López *et al.*, 2014b), el águila culebrera (Pavón *et al.*, 2010; Mellone *et al.*, 2011), el águila pescadora (Alerstam *et al.*, 2006; Väli y Sellis, 2015), el aguilucho cenizo (Limiñana *et al.*, 2012) o el halcón de Eleonora (Mellone *et al.*, 2012b, 2013b).

### FENOLOGÍA DE LA INVERNADA

Las águilas calzadas con migración transahariana llegaron a sus áreas de invernada en África principalmente entre septiembre y octubre, aunque también alguna terminó su migración de otoño en agosto (tabla 15). El registro más temprano de llegada a un área de invernada africana es del 15 de agosto, mientras que el último, más de dos meses después, del 24 de octubre; la media de llegada es del 29 de septiembre. Las águilas permanecieron en estas áreas una media de 163 días, hasta el viaje de retorno a sus áreas de cría. El abandono de las áreas de invernada se produjo entre febrero y marzo, en promedio el 10 de marzo. La primera águila en abandonar su zona de invernada lo hizo el 25 de febrero, mientras que la última el 21 de marzo, con casi un mes de diferencia respecto a la primera.

Las águilas calzadas que permanecieron en España iniciaron su temporada de invernada en Valencia en septiembre (tabla 16): en las 4

Dormidero de águila calzada en la zona de la desembocadura del río Júcar en Valencia, donde se quedaron a invernados de las águilas calzadas marcadas.  
© Pascual López-López



temporadas que se tienen datos, llegaron entre el 3 y el 18 de septiembre, y permanecieron una media de 182 días. El fin de estas temporadas

con el comienzo del viaje de vuelta a sus áreas de cría en Málaga y Ciudad Real se produjo entre el 7 y el 10 de marzo.

**Tabla 15**

Fenología de las temporadas de invernada en África. Se indican las fechas de comienzo y fin de las temporadas, el número de días de duración y su localización geográfica.

Individuo	Temporada (años)	Localización área	Comienzo invernada	Fin invernada	N.º días
68247	2011-2012	Mali	1-oct	15-mar	166
68328	2011-2012	Níger	20-oct	28-feb	132
	2012-2013		14-oct	28-feb	138
	2013-2014		23-oct	6-mar	135
	2014-2015		13-oct	5-mar	144
	2015-2016		28-sep	26-feb	154
68456	2011-2012	Níger/Nigeria	5-oct	18-mar	164
	2012-2013		14-sep	14-mar	182
	2013-2014		9-sep	16-mar	189
	2014-2015		11-sep	-	-
68457	2011-2012	Mauritania/Mali/ Guinea/Sierra Leona	13-oct	20-mar	159
68457b	2012-2013	Níger/Nigeria	20-sep	6-mar	168
917224211	2011-2012	Mali	11-oct	3-mar	144
118179	2012-2013	Mali/Mauritania	15-oct	3-mar	140
	2013-2014		27-sep	-	-
118180	2012-2013	Mauritania	28-sep	17-mar	171
	2013-2014		25-sep	15-mar	172
123740	2013-2014	Mali	24-oct	25-feb	125
	2014-2015		21-oct	-	-
71903	2011-2012	Níger/Nigeria	-	19-mar	-
	2012-2013		21-sep	14-mar	175
71928	2011-2012	Mauritania/Mali	20-sep	15-mar	177
	2012-2013		18-ago	8-mar	203
	2013-2014		15-ago	6-mar	204
	2014-2015		1-sep	15-mar	196
33920	2013-2014	Burkina Faso	2-oct	18-mar	167
	2014-2015		17-oct	21-mar	156
	2015-2016		11-oct	16-mar	158
REK107	2014-2015	Mali		7-mar	-
REK109	2014-2015	Níger/Nigeria/ Camerún/Chad	6-oct	12-mar	158
	2015-2016	Níger	16-oct	-	-
<b>Media</b>			<b>29-sep</b>	<b>10-mar</b>	<b>163</b>

**Tabla 16**

Fenología de las temporadas de invernada en España. Se indican las fechas de comienzo y fin de las temporadas, el número de días de duración y su localización geográfica.

Individuo	Temporada (años)	Localización área	Comienzo invernada	Fin invernada	N.º días
123741	2013-2014	España (Valencia)	18-sep	7-mar	171
	2014-2015		4-sep	10-mar	188
	2015-2016		16-sep	-	-
REK110	2014-2015	España (Valencia)	3-sep	8-mar	187
<b>Media</b>			<b>10-sep</b>	<b>8-mar</b>	<b>182</b>



El marcaje de pollos  
en el futuro permitirá  
conocer con detalle  
los movimientos de las  
águilas cazadas en sus  
primeros años de vida.  
© Javier de la Puente-  
SEO/BirdLife

# 05 PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN FRENTE AL CAMBIO GLOBAL

Vicente Urios, Ana Bermejo, Javier Vidal-Mateo y Javier de la Puente

Las águilas calzadas pasan aproximadamente 1,7 meses al año migrando (14% del año), 5,1 en la zona de cría (42%) y 5,4 en la zona de invernada (45%; figura 34). Estos valores resaltan la importancia de una gestión global del hábitat en diferentes países y a lo largo de todo el año para la conservación de la especie. Los resultados obtenidos ponen de relieve la necesidad de acometer un enfoque de gestión a gran escala más allá del establecimiento de una red cerrada de áreas protegidas para la conservación de aves rapaces en general y del águila calzada en particular (Martínez *et al.*, 2007; Díaz-Ruiz y Cebollada-Baratas, 2011; López-López *et al.*, 2016a). De este modo, es fundamental gestionar adecuadamente tanto las zonas forestales más densas dónde nidifican, como las áreas más abiertas (mosaicos agropecuarios y áreas de sabana abierta en el Sahel) donde cazan y pasan la mayor parte del año.

El enfoque debe incorporar medidas encaminadas a favorecer el mantenimiento de las actividades agroforestales tradicionales en las cuales la disponibilidad de presas, especialmente conejos, es mayor (Moreno y Villafuerte, 1995). Por tanto, tememos que el aumento de la matorralización de grandes áreas debido a los incendios forestales y en gran medida la ausencia de actividades ganaderas (su ausencia también influye en el aumento de incendios forestales) pueda ser un factor determinante en la disminución de muchas especies de rapaces cazadoras entre otros animales.

Se ha visto en el estudio de su distribución espacial, cómo una rapaz que se tenía por eminentemente forestal, inverna y caza tanto en el Sahel como en los humedales en que se queda en España en zonas abiertas o de mosaico siendo el único requisito la presencia de presas, que es

lo que principalmente se debería favorecer en su gestión.

Los resultados obtenidos sobre las áreas de campeo de la población reproductora, claramente ex-céntricas y alejadas de ser un radio homogéneo alrededor del nido, implican un esfuerzo futuro a la hora de proteger las zonas de reproducción del águila calzada. No solo es preciso proteger y conservar los nidos y sus zonas circundantes, sino también toda el área de alimentación que emplea cada pareja, que es fundamental para que la pareja se reproduzca y saque adelante a toda la puesta. Así la delimitación de los espacios protegidos, o zonas de especial gestión por la presencia de águila calzada, deben incluir nidos y zonas de alimentación.

Las causas de mortalidad del águila calzada son comunes a las de otras rapaces. No obstante, teniendo en cuenta los datos recogidos a partir de las aves anilladas y recuperadas en España (Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife, 2017) y los datos de mortalidad recogidos en la Comunidad Valenciana (Servicio de Vida Silvestre de la Generalitat Valenciana, datos inéditos), se pueden identificar las causas más frecuentes de muerte del águila calzada en España, tanto a escala estatal como regional (figura 35).

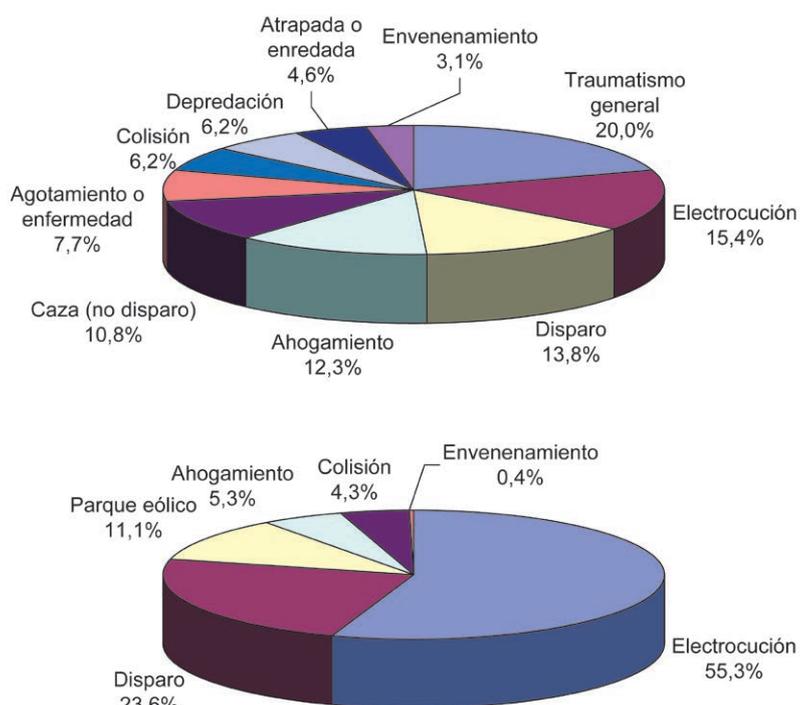
Considerando la información contenida en la base de datos de anillamiento de SEO/BirdLife, se analizan las causas de recuperación y de mortalidad de las águilas calzadas marcadas por anilladores (se excluyen las marcadas por centros de recuperación). De 122 recuperaciones: el 13,1% de las aves fue capturada y liberada por un anillador, en 65,6% de los casos el ave fue encontrada muerta, en el 19,7% fue encontrada herida, y

**Figura 34**  
Representación esquemática del ciclo anual del águila calzada.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Invernada		Migración primaveral	Reproducción					Migración otoñal	Invernada		

en 1,6% se desconoce la causa de recuperación. De las 104 aves recuperadas muertas o heridas, en el 37,5% de los casos se desconoce la causa de la muerte, y para el resto 62,5% se conoce la causa. En los casos en que se tiene alguna información sobre la causa de muerte o de herida, las principales causas de mortalidad no natural son: electrocución (15,4%), por disparo (13,8%), ahogamiento (12,3%) y otras formas de caza no concretadas (10,8%). Le siguen en menor medida colisiones con tendidos y postes (6,2%), atrapada dentro de alguna infraestructura o enredada (4,6%) y envenenamientos (3,1%), aunque hay un elevado porcentaje de casos cuya causa es traumatismo general (20,0%), que seguramente incluya diversas causas de mortalidad de las anteriormente mencionadas. Entre las causas naturales de mortalidad están las aves depredadas (6,2%), y las encontradas agotadas o enfermas (7,7%, figura 35).

**Figura 35**  
Causas de mortalidad del águila calzada en España (arriba; N = 104; Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife, 2017), y en la Comunidad Valenciana (abajo; N = 306; Servicio de Vida Silvestre de la Generalitat Valenciana, datos inéditos).



poblaciones de rapaces (Ferrer y Janss, 1999; Tintó *et al.*, 2010). Unido al problema de los tendidos eléctricos se encuentra, además, el de las colisiones con los cables (ocho colisiones en la Comunidad Valenciana en 2004-2016; 4,3%), que son más difíciles de detectar por repartirse los cadáveres a lo largo de toda la línea y no solo debajo de los postes, y alejarse de ésta por la fuerza del impacto.

La mortalidad por disparos en el periodo 1990-2016 fue de 94 águilas calzadas en la Comunidad Valenciana (23,6%), siendo la segunda causa de mortalidad para la especie. Este riesgo puede ir aumentando con los años a medida que aumente la población invernante, como está documentado ampliamente en rapaces que permanecen en España durante la época de caza. En todo caso, al ser la Comunidad Valenciana una zona con muchos individuos invernantes, estos datos pueden ser mayores de los que actualmente se detectan en otras zonas.

Una causa de mortalidad que seguramente seguirá incrementando es el choque con los aerogeneradores de los parques eólicos. En el periodo 2006-2016 se produjeron 17 muertes por este motivo en la Comunidad Valenciana (11,1%). Esta causa de mortalidad es un dato muy fiable dado el seguimiento bastante exhaustivo que realizan las empresas, en contraposición con otro tipo de muertes cuyo hallazgo es más bien debido a la casualidad. Entre estos últimos están los ahogamientos: 17 muertes entre 1995-2016 (55,3%; López-López *et al.*, 2016b). Este número, evidentemente, puede ser mayor y seguramente aumentará con los años debido al incremento de la sequía y a la restricción de los puntos para acceder al agua para las águilas calzadas. En los depósitos de agua contra incendios deben existir medidas correctoras, pero son difíciles de implementar en balsas pertenecientes a particulares, excepto por un estricto control de la ordenación del territorio, evitando casas aisladas con puntos de agua en zonas no urbanizables. Otra causa muy difícil de detectar es la muerte por venenos. Esto, y su alimentación preferente por presas vivas, explican que sólo se haya detectado un caso entre los años 2000-2016 en la Comunidad Valenciana.

Las causas de mortalidad obtenidas a partir de la recuperación de aves anilladas y los datos de mortalidad recogidos en la Comunidad Valenciana son sensiblemente diferentes debido a la distinta metodología de obtención de los datos.



La rápida detección cuando morían de las águilas calzadas que portaban GPS, permitió conocer las causas de mortalidad de las mismas. © Javier de la Puente-SEO/BirdLife

No obstante, ofrecen una información de gran interés y complementaria. Así, las principales amenazas para esta rapaz son: electrocuciones, disparos y otras formas de caza, ahogamientos, y colisiones.

En resumen, las causas para evitar la mortalidad de las águilas calzadas entendemos que son generales para la conservación de todas las especies: ordenación del territorio, cumplimiento de la legislación y una visión amplia de gestión de grandes espacios no limitado a zonas protegidas y cuidando los procesos ecológicos esenciales.

Finalmente, los resultados expuestos en esta publicación ponen de manifiesto el papel que juega el seguimiento remoto como herramienta esencial no sólo para el estudio de la ecología espacial de los organismos, sino para la identificación de las áreas potencialmente adecuadas para la conservación de especies, tanto amenazadas como en menor riesgo de desaparición.

## LA MIGRACIÓN DEL ÁGUILA CALZADA Y EL CAMBIO GLOBAL

Con los marcajes realizados dentro del programa Migra, ha sido posible confirmar que parte de la población invernante en la península Ibérica procede de la propia población reproductora

española, pues 2 de 16 aves marcadas para las que se tiene al menos un viaje migratorio han invernado en España (12,5%). Así parte de la población española de águila calzada ha cambiado claramente su estrategia migratoria en las últimas décadas.

En la península Ibérica el águila calzada ha sido tradicionalmente una especie migradora transahariana que invernaba en el Sahel subsahariano; aparte se cuenta la población balear, tradicionalmente sedentaria y presente durante todo el año. Sin embargo, desde la década de los 80 del siglo pasado el número de observaciones durante la invernada se ha ido incrementado, hasta el punto de que en algunas localidades su presencia ya es regular aunque en escaso número durante el invierno (Urios *et al.*, 1991; Costa, 1994; Martínez y Sánchez-Zapata, 1999; Palomino y Molina, 2012). Igualmente, se ha recogido la invernada de águilas calzadas en Italia (Baghino *et al.*, 2007) y Marruecos (Bergier, 1987).

Invernar en la península Ibérica y en la cuenca mediterránea les supone para las aves ahorrarse una larga y costosa migración hasta África: algunas aves han dejado de realizar un viaje de 2.400-3.400 km atravesando el mar y el desierto hasta el Sahel africano en un viaje de cerca de un mes de duración, para invernar a tan solo 300-450 km de sus territorios tras un viaje de 2-4 días.

El marcaje en el futuro de águilas calzadas invernantes en España permitirá desvelar por qué una parte de la población no migra a África.

© Domingo Rivera



En las últimas décadas se está detectando un cambio en el comportamiento migrador no solo del águila calzada en España —ejemplares que se quedan en invierno— sino también de otras grandes aves planeadoras como el milano real y la cigüeña blanca. Las causas de este cambio en la migración son debidas seguramente a la tendencia al aumento de las temperaturas, los cambios en los usos del suelo y la disponibilidad de alimento durante el invierno. La concentración de las águilas calzadas, como se ha comentado, durante el invierno en humedales y marismas del sudeste ibérico debe de obedecer a que son zonas de climas más benigno y a la presencia de presas fáciles en esta época del año, como pueden ser la gran cantidad de fochas, gallinetas de agua y otras aves invernantes junto con una relativa abundancia de roedores. La plasticidad trófica de esta águila es lo que le permite esta adaptación rápida a las cambiantes condiciones ambientales que en otras rapaces migradoras pero principalmente entomófagas, como cernícalos primillas o halcones abejeros, no se lo permiten. En algunas especies, como en la cigüeña blanca, se ha observado que la fracción juvenil es mayoritariamente migradora y pasan a acortar la distancia de migración, al menos una parte de la población, con el transcurso de los años y la edad de las aves (Rotics *et al.*, 2017).

Los datos recogidos en esta publicación permitirán comparaciones con estudios en el futuro sobre el águila calzada, que nos desvelarán si

sigue aumentando el porcentaje de población que se queda a invernar en España, o si se producen cambios en la fenología migratoria.

### RETOS DE FUTURO

A continuación se apuntan algunos aspectos sobre los cuales sería interesante focalizar la investigación en el futuro.

Sería interesante completar la información obtenida hasta ahora con el marcaje de más ejemplares. Especialmente aumentar y equilibrar la proporción de sexos de la muestra existente para poder comparar la ecología espacial entre ambos sexos de un modo más detallado. Además, marcar varias parejas serviría para estudiar en detalle el comportamiento dentro de la pareja y sus relaciones con las demás.

El marcaje de una muestra mayor de las aves que se quedan durante el invierno en la península Ibérica permitiría conocer su sexo y edad, el origen de estas aves, saber si son aves españolas o si proceden de otras poblaciones europeas, e intentar determinar la razón de porqué esta parte de la población se queda a invernar en la cuenca del Mediterráneo en vez de cruzar a África.

El marcaje de ejemplares de primer año, con dispositivos GPS de larga duración, sería también



interesante para poder estudiar si la edad influye en estos cambios de comportamiento y para poder conocer mejor los movimientos de las aves en los primeros años de vida hasta que se establecen como reproductores en un territorio, de lo que no hay información.

Sería importante marcar más aves de otras poblaciones reproductoras como Francia, Balcanes o norte de África. De este modo se tendría un conocimiento más completo de la ecología espacial de la especie en un rango de distribución más amplio.

Desafortunadamente, el elevado precio de los dispositivos de seguimiento remoto y los contratos de mantenimiento de la recepción de datos continúan siendo relativamente caros, por lo que hasta el momento no se ha podido marcar más aves. Las tecnologías de seguimiento remoto, siempre en continuo desarrollo son cada vez más asequibles y proporcionan cada vez más información. Así posiblemente los dispositivos que se desarrollen en los próximos años serán cada vez más baratos y permitirán completar los conocimientos que tenemos hasta el momento de esta especie, a la vez que permiten responder nuevas preguntas sobre la población española de águila calzada.

A nivel más general, la existencia de poblaciones sedentarias en Sudáfrica y en el norte de la India permitiría establecer semejanzas con la población sedentaria española y comprender el porqué de este comportamiento tan diferente [Sudáfrica también tiene un clima mediterráneo].

A nivel evolutivo su relación con el aguililla australiana (*Aquila morphnoides*), especie muy semejante que es sedentaria en Nueva Guinea y Australia, es interesante para dilucidar procesos de especiación en relación al diferente comportamiento migratorio de especies con un origen común. Ambas especies comparten también la existencia de dos morfos de color, claro y oscuro, como otras rapaces, que abre también un campo interesante a la investigación.

En cuanto a la conservación a largo plazo, pensamos que dado su amplia distribución mundial, plasticidad trófica y, de acuerdo con lo que se expone en esta monografía, explotación de diversos hábitats y adaptabilidad en la migración, el águila calzada puede tener un futuro mejor que el de otras especies más estrictas. No obstante, la conservación de las zonas de invernada en el Sahel en las próximas décadas será un factor clave para la especie. En esas zonas la precipitación anual tiene una clara tendencia negativa, la población humana está aumentando un 3% anual, por lo que la ganadería y la puesta en cultivo de nuevas zonas está también incrementándose [Zwarts *et al.*, 2009]. El futuro de la zona de invernada en el Sahel, determinará en gran medida el futuro de la población española de águila calzada.

Como dijo Darwin, las especies que sobreviven no son las más fuertes ni las más inteligentes, sino las que mejor responden a los cambios.

La conservación del Sahel africano, principal zona de invernada de las águilas calzadas españolas, es fundamental para la preservación futura de la especie. © Joan Carles Abellá



Águila calzada  
perseguida por un  
cernícalo vulgar.  
© Pere Garcías

Esta publicación trata sobre la ecología del movimiento del águila calzada (*Aquila pennata*) a lo largo de todo el ciclo anual: temporadas de cría y de invernada y ambas migraciones entre estas zonas. Se trata de la segunda monografía del programa Migra ([www.migraciondeaves.org](http://www.migraciondeaves.org)) desarrollado por SEO/BirdLife desde 2011, cuyo objetivo es conocer los movimientos y la migración de las aves presentes en España, y que para el estudio de esta especie ha contado con la colaboración de la Junta de Extremadura e investigadores de las universidades de Alicante y Valencia. Recoge, además, la información previamente analizada y recogida en cinco artículos científicos publicados en el marco del programa Migra en revistas internacionales (Mellone *et al.*, 2013a, 2015; Bosch *et al.*, 2016; López-López *et al.*, 2016a; Vidal-Mateo *et al.*, 2016).

El águila calzada es una rapaz típicamente forestal y de tamaño mediano que en Europa se encuentra presente principalmente durante la época de cría. Se considera una migradora transahariana, pues la mayoría de los individuos se desplazan a la región del Sahel en África para pasar el invierno. No obstante, hay poblaciones residentes, como la población de las islas Baleares, y desde la década de 1980 del siglo pasado se detecta una cada vez más importante población invernante en la cuenca del Mediterráneo y en el norte de África.

### Metodología

La información ha sido obtenida principalmente a través del seguimiento remoto en España y África durante la última década. La mayor parte de los datos recopilados proceden del programa Migra de SEO/BirdLife, aunque también se dispone de los datos procedentes del anillamiento de aves y del marcaje con radio-seguimiento convencional.

Para el estudio de la ecología espacial y movimientos del águila calzada, se capturaron y marcaron con dispositivos de seguimiento remoto 21

aves entre 2011 y 2014 en el marco del programa Migra de SEO/BirdLife. Se marcaron 20 adultos reproductores (8 machos y 12 hembras) en 12 provincias españolas (Ávila, Badajoz, Barcelona, Castellón, Ciudad Real, Huelva, Huesca, La Rioja, Lugo, Madrid, Málaga y Murcia) y un pollo en Baleares. Se emplearon cuatro tipos distintos de dispositivos (emisor satélite GPS solar, emisor satélite solar, emisores GPS-GSM y *data-logger* GPS), que dieron información detallada sobre sus movimientos.

Además, con objeto de estudiar los movimientos de la especie durante la reproducción y el periodo de dependencia se recopiló la información de seis adultos reproductores y tres pollos marcados con transmisores de radio entre 1999 y 2003, en el marco de un estudio realizado en la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) "Sierras de Burete, Lavia y Cambrón" en la Región de Murcia.

Finalmente, se emplearon los datos de paso de águila calzada por el estrecho de Gibraltar recopilados en el marco del programa Migres entre 1999 y 2016, y basados en el conteo sistemático y con esfuerzo constante de rapaces y cigüeñas en paso desde observatorios fijos en tierra.

### Resultados

La tecnología de seguimiento a distancia ha permitido conocer con precisión los movimientos migratorios, así como estudiar la ecología espacial y el uso de hábitat del águila calzada durante el periodo reproductor y la invernada.

Durante la época reproductora, las áreas de campeo de las águilas calzadas muestran medias de 468,2 km<sup>2</sup> de Mínimo Polígono Convexo (MPC) y 27,8 km<sup>2</sup> al 95% de probabilidad de Kernel, y con forma excéntrica, lo que tiene interesantes implicaciones desde el punto de vista de la conservación. No se encuentran diferencias en las áreas de campeo entre machos y hembras, aunque el

águila calzada presenta diferentes niveles de uso del espacio durante el periodo reproductor. En general, concentra sus movimientos cerca de los nidos durante el periodo previo a la puesta, posteriormente, durante el periodo de reproducción las aves adultas se van desplazando más lejos del nido, y los desplazamientos de caza más alejados del nido se producen durante el periodo previo a la migración. Exhibe una elevada fidelidad al territorio y al nido, por lo que una vez que llegan desde sus cuarteles de invernada, dedican grandes esfuerzos al arreglo del nido y a la defensa del territorio, y restringen sus movimientos a la defensa del territorio frente a posibles intrusos, evitando de esta manera la potencial competencia intraespecífica.

Curiosamente, el seguimiento satelital de las águilas calzadas demuestra la capacidad de esta especie para emprender movimientos de largo alcance desde el nido a las zonas de caza a lo largo del periodo reproductor, incluso de hasta 75 km de distancia lineal desde el nido, regresando en localizaciones sucesivas. Los factores determinantes de este patrón no son conocidos hasta la fecha, pero pudieran estar relacionados con la disponibilidad de alimento en zonas alejadas de los nidos. Desplazamientos tan lejanos pueden resultar positivos al desplazarse principalmente en las horas centrales del día, cuando las temperaturas son elevadas y es frecuente la formación de corrientes térmicas, permitiendo al individuo emprender desplazamientos a las zonas de caza con bajo coste energético. Por otro lado, las águilas calzadas juveniles exhiben áreas de campeo de pequeñas dimensiones durante el periodo de dependencia.

Es una especie forestal, pero con usos de hábitat que no se restringen a los ambientes forestales. Selecciona las áreas forestales esencialmente para la nidificación y utiliza con frecuencia zonas más alejadas para satisfacer sus requerimientos tróficos. Así, el águila calzada prefiere áreas de alimentación constituidas por un mosaico de paisajes heterogéneos dominado por extensiones de matorral, áreas agroforestales (principalmente cultivos de secano), áreas abiertas, cultivos y pastizales.

La mayoría de las águilas calzadas europeas son migradoras transaharianas. Durante su migración se concentran en el estrecho de Gibraltar para cruzar el mar hasta África, y atraviesan el desierto del Sahara en frente amplio, cruzando sobre todo Argelia, Mali y Mauritania. La migración otoñal se

prolonga desde principios de agosto hasta principios de octubre (mediana: 14 de septiembre, N = 31), con una duración media de 23 días. La migración primaveral se extiende del 25 de febrero hasta el 21 de marzo (mediana: 12 de marzo, N = 22), y dura en promedio 28 días. Estas diferencias estacionales se deben a que en otoño las rutas son significativamente más rectas y los días de parada son menos frecuentes.

La distancia diaria de vuelo es mayor en otoño (143-253 km/día) que en primavera (136-234 km/día), con casos contados de más de 400 km/día. En primavera, la región geográfica influye en la distancia diaria recorrida, con los segmentos saharianos más largos que los demás. Siguiendo el patrón típico de otras aves planeadoras, las águilas calzadas suelen alcanzar las velocidades de vuelo más altas durante las horas centrales del día, normalmente alrededor de 40 km/h, aunque durante el cruce del Sahara pueden superar los 60 km/h, llegando incluso a 72 km/h en un caso. El viento influye favorablemente en el número de kilómetros recorridos, así como la intensidad de las corrientes térmicas. Asimismo, los vientos laterales pueden desplazar a las aves del recorrido óptimo, obligándolas así a compensar estos desplazamientos.

En el estrecho de Gibraltar la migración prenupcial del águila calzada se extiende durante 127 días, desde el 2 de febrero hasta el 8 de junio (80% de las aves del 22 de marzo al 3 de mayo; máximo 31 de marzo). La postnupcial se prolonga durante 88 días, del 21 de julio al 16 de octubre (80% del 1 al 29 de septiembre; máximo 19 de septiembre). Como en otras aves planeadoras, el paso de águilas calzadas por el Estrecho se concentra en las horas centrales del día, cuando las corrientes térmicas son más fuertes (80% del paso total: 11:00-14:30 h solar en primavera, 9:00-13:30 h en otoño). En la conducta de cruce, el águila calzada comparte con otras aves planeadoras la alternancia de los consabidos giros de elevación ("cicleos") con progresiones de planeo. Por lo general, selecciona para el cruce del mar condiciones de buena visibilidad y vientos suaves de levante o poniente (hasta 20 km/h), aunque muestra ciertas preferencias por los vientos suaves de oeste. Con vientos moderados superiores a los 40 km/h el cruce de águilas calzadas se detiene y menos de un 5% de ejemplares cruza con esas condiciones. En primavera los adultos cruzan antes que los jóvenes, mientras que en otoño no hay diferencias entre edades. El 71% de las aves son de morfo claro y el 29% de

morfo oscuro. La mitad de las águilas calzadas cruza el estrecho en solitario, el 20% en pares y un 10% grupos de tres; sólo una quinta parte viaja en grupos de más de cuatro individuos.

Las águilas calzadas llegan a sus áreas de invernada en África principalmente entre septiembre y octubre. Permanecen en estas áreas una media de 163 días, hasta retornar a sus áreas de cría entre febrero y marzo. Las zonas de invernada se sitúan en el Sahel occidental, principalmente entre latitudes de 13° y 16° N y a unos 2.440 y 3.380 km de sus territorios de cría. Sin embargo, hay zonas ubicadas más al sur, hasta 8,7° N de latitud, lo que en conjunto da una franja de más de 900 km de amplitud en la que se sitúan los cuarteles de invernada, que abarcan ocho países africanos: Mauritania, Mali, Níger, Burkina Faso, Guinea, Sierra Leona, Nigeria y Chad. La mayoría de las águilas calzadas emplea un único área de invernada por temporada y una minoría dos zonas, con una superficie media de 398 km<sup>2</sup> de polígono Kernel del 95% y 3.855 km<sup>2</sup> según el MPC. Ocupan mayoritariamente superficies cubiertas por vegetación herbácea con arbolado disperso (sabanas) y en menor medida mosaicos de vegetación y tierras de cultivo, siendo escasas las localizaciones en ambientes forestales.

Desde la década de 1980 hay un aumento del número de ejemplares que permanecen durante el invierno en la península Ibérica, y en general en la cuenca del Mediterráneo. Dos de las 16 águilas calzadas que han proporcionado datos de al menos un viaje migratorio completo, no han migrado hasta África. Así un porcentaje de águilas calzadas realiza una migración presahariana y permanece en la península Ibérica durante el invierno. Tras un viaje de 2-4 días llegan entre el 3 y el 18 de septiembre, a su zona de invernada en la albufera de Valencia, a tan solo 300-450 km de sus nidos. Se alimentan en zonas de arrozal y cultivos de regadío entre campos de naranjos, muy diferentes al habitual hábitat de invernada de la especie en el Sahel africano. Permanecen en sus zonas de invernada en España una media de 182 días, y entre el 7 y el 10 de marzo regresan a sus zonas de cría.

Las águilas calzadas mostraron una marcada fidelidad hacia sus áreas de invernada, tanto en África como en España.

Finalmente, en España, la población reproductora de las islas se considera residente durante

todo el año. El único águila calzada marcada en las islas Baleares fue un pollo que se movió únicamente por la isla de Mallorca sin realizar grandes desplazamientos.

## Conclusiones

Las águilas calzadas pasan aproximadamente 1,7 meses al año migrando (14% del año), 5,1 en la zona de cría (42%) y 5,4 en la zona de invernada (45%). Estos valores resaltan la importancia de una gestión global del hábitat en diferentes países y a lo largo de todo el año para la conservación de la especie. Los resultados obtenidos ponen de relieve la necesidad de acometer un enfoque de gestión a gran escala más allá del establecimiento de una red cerrada de áreas protegidas para la conservación de aves rapaces en general y del águila calzada en particular. De este modo es fundamental gestionar adecuadamente tanto las zonas forestales más densas donde nidifican, como las áreas más abiertas (mosaicos agropecuarios y áreas de sabana abierta en el Sahel) donde cazan y pasan la mayor parte del año. Además, las medidas a aplicar para disminuir las causas de mortalidad del águila calzada, incluyen la ordenación del territorio, el cumplimiento de la legislación y una visión amplia de gestión de grandes espacios no limitado a zonas protegidas y cuidando los procesos ecológicos esenciales.

El águila calzada está cambiando su migración en las últimas décadas, y una pequeña parte de la población se queda a invernar en España. Las causas de este cambio en la migración son debidas seguramente a la tendencia al aumento de las temperaturas, los cambios en los usos del suelo y la disponibilidad de alimento durante el invierno.

En el futuro sería interesante marcar más ejemplares de primer año, parejas o invernantes en España, para poder profundizar aún más en la ecología espacial de esta rapaz.

Finalmente, los resultados expuestos en esta publicación ponen de manifiesto el papel que juega el seguimiento remoto como herramienta esencial no sólo para el estudio de la ecología espacial de los organismos, sino para la identificación de las áreas potencialmente adecuadas para la conservación de especies, tanto amenazadas como en menor riesgo de desaparición.



Las tecnologías de seguimiento remoto de aves con GPS han revolucionado el estudio de la ecología espacial.  
© Javier de la Puente-SEO/BirdLife



## MIGRATION AND SPATIAL ECOLOGY OF THE SPANISH POPULATION OF THE BOOTED EAGLE

This publication analyses the ecology of the movement of the Booted Eagle (*Aquila pennata*) throughout its annual cycle: breeding and wintering seasons and both migrations in between these areas. This is the second Migra program monograph, with the aims to understand the movements and migration of Spanish Booted Eagles. Migra program is been developed by SEO/BirdLife since 2011 ([www.migraciondeaves.org/en/](http://www.migraciondeaves.org/en/)). For this species SEO/BirdLife collaborated with Junta de Extremadura and researchers from the universities of Alicante and Valencia. It also includes information previously analyzed and collected in five international scientific articles published under the framework of the Migra program (Mellone *et al.*, 2013a, 2015; Bosch *et al.*, 2016; López-López *et al.*, 2016a; Vidal-Mateo *et al.*, 2016).

The Booted Eagle is a medium size forest raptor present in Europe mainly during the breeding season. It is considered a trans-Saharan migrant, with most of its individuals moving to the Sahel region in Africa for the winter. There are some resident populations, such as the population of the Balearic Islands. Additionally, an increasingly important wintering population has been detected in the Mediterranean basin and in North Africa since the 1980s.

### Methodology

Data has been collected mainly through remote monitoring in Spain and Africa during the last decade. Most of the data comes from the Migra program of SEO/BirdLife, although some data from bird banding and tagging with conventional radio-tracking was used.

For the study of spatial ecology and movements of the Booted Eagle, 21 birds were captured and tagged with remote tracking devices between 2011 and 2014 under the framework of the Migra program of SEO/BirdLife. Twenty breeding

adults (8 males and 12 females) were tagged in 12 Spanish provinces (Ávila, Badajoz, Barcelona, Castellón, Ciudad Real, Huelva, Huesca, La Rioja, Lugo, Madrid, Malaga and Murcia) and one pullus in the Balearic Islands. Four different types of devices were used (solar GPS satellite transmitter, solar satellite transmitter, GPS-GSM transmitters and GPS data-logger), which gave detailed information about their movements.

In addition, in order to understand the movements of the species during reproduction and the period of dependence, information from six breeding adults and three pulli tagged with radio transmitters was collected between 1999 and 2003; this was part of a study conducted in “Sierrras de Burete, Lavia y Cambrón” Special Bird Protection Area (SBPA) in the Region of Murcia.

Finally, the data for the passage of Booted Eagle through the Strait of Gibraltar was collected by the Migres program between 1999 and 2016. This involved constant effort systematic counts of raptors and storks in passage from fixed observatories in land.

### Results

This remote monitoring technology has enabled the precise knowledge of the migratory movements, as well as the understanding of the spatial ecology and habitat use for the Booted Eagle during the breeding and wintering periods.

During the breeding season, the home ranges of the Booted Eagles show averages of 468.2 km<sup>2</sup> of Minimum Convex Polygon (MCP) and 27.8 km<sup>2</sup> at 95% probability of Kernel estimator, and with eccentric form, which has interesting implications for conservation. There are no differences in home range areas between males and females, although the Booted Eagles have different levels of space usage use during the breeding period. In general,

they concentrate their movements to the vicinity of the nests during the period prior to laying, and then move further from the nest during the reproduction period. Furthest foraging movements take place just before migration starts. They exhibit high territory and nest fidelity. As soon as they arrive from their wintering quarters, they set to nest building and defending their territory. They avoid leaving their territory, avoiding in this way the potential intra-specific competition.

Interestingly, satellite tracking of Booted Eagles has demonstrated the ability of this species to undertake long-range movements from the nest to foraging areas during breeding, even up to 75 km linear distance from the nest, returning to the same locations. What determines this pattern is not understood, but could be related to food availability far from the nests. Distant movements may be energetically preferred when travelling during the central hours of the day, at high temperatures, when thermal lifts are formed. On the other hand, juvenile Booted Eagles show small home ranges during the period of dependence.

Despite being considered a forest species, their use of habitat is not restricted to forest environments. They select forest areas essentially for nesting and frequently use more remote areas to satisfy their trophic requirements. Thus, the Booted Eagle prefers feeding areas constituted by a mosaic of heterogeneous landscapes dominated by extensions of scrubland, agroforestry areas (mainly rainfed crops), open areas, crops and pastures.

Most European Booted Eagles are trans-Saharan migrants. During migration they concentrate on the Strait of Gibraltar before crossing the sea to Africa, and then they travel across the Sahara in a wide front throughout Algeria, Mali and Mauritania. The autumn migration expands from early August to early October (median: September 14,  $N = 31$ ), with an average duration of 23 days. The spring migration extends from February 25 to March 21 (median: March 12,  $N = 22$ ), and lasts on average 28 days. These seasonal differences are due to the fact that in autumn the routes are significantly straighter and the stopover days are less frequent.

The daily flight distance is greater in autumn (143-253 km/day) than in spring (136-234 km/day), with few cases of more than 400 km/day. In spring, the geographical region influences the daily distance

travelled, the Saharan sections being longer. As gliding birds, Booted Eagles usually reach highest flight speeds during the central hours of the day, normally around 40 km/h, although during the crossing of the Sahara speeds can exceed 60 km/h, or even 72 km/h in one case. Wind may help the number of kilometres travelled, as well as the intensity of thermal lifts. Likewise, lateral winds can displace birds from the optimum route, forcing them to compensate for these displacements.

In the Strait of Gibraltar the prenuptial migration of Booted Eagles lasts 127 days, from February 2 to June 8 (80% of birds from March 22 to May 3, maximum March 31). The postnuptial migration lasts 88 days, from July 21 to October 16 (80% from September 1 to September 29, maximum September 19). As other gliding birds do, their crossing through the Strait is concentrated in the central hours of the day, when the thermal lifts are strongest (80% of the total passage in solar time: 11:00-14:30 h. in spring, 9:00-13:30 h. in autumn). With regards to crossing behaviour, the Booted Eagle shares the pattern of other gliding birds, alternating the usual lifting turns ("cycles") with glide progressions. In general, it selects conditions of good visibility and mild east or west winds (up to 20 km/h) for the crossing of the sea, although it shows certain preferences for the mild west winds. With moderate winds, above 40 km/h, most eagles stop crossing, as less than 5% of specimens cross in these conditions. In spring, adults cross before juveniles, while in autumn there are no age differences. 71% of the birds are light morph and 29% dark morph. Half of the Booted Eagles cross the strait alone, 20% in pairs and 10% in groups of three; only one fifth travel in groups of more than four individuals.

Booted Eagles reach their wintering quarters in Africa mainly between September and October. They remain in these areas an average of 163 days, until returning to their breeding areas between February and March. The wintering areas are located in the western Sahel, mainly between latitudes of 13° and 16° N, and between 2,440 and 3,380 km far from their breeding territories. However, some winter as far south as 8.7° N latitude. The N-S wintering range for this species is more 900 km, covering eight African countries: Mauritania, Mali, Niger, Burkina Faso, Guinea, Sierra Leone, Nigeria and Chad. Most Booted Eagles use a single wintering area per season and a minority use two areas, with an average area

of 398 km<sup>2</sup> of Kernel polygon of 95% and 3,855 km<sup>2</sup> according to the MCP. They occupy mainly landscape covered by herbaceous vegetation with scattered trees (savannahs) and to a lesser extent mosaics of vegetation and cultivated land, being scarce in forest environments.

Since the 1980s there has been an increase in the number of individuals that winter in the Iberian Peninsula, and in general in the Mediterranean basin. Two of the 16 Booted Eagles that have provided data on at least one complete migratory journey have not migrated to Africa. Thus, some Booted Eagles make a pre-Saharan migration and remain in the Iberian Peninsula for the winter. In a 2-4 day trip they travel 300-450 km from their nesting site to their wintering grounds in Valencia's Albufera, arriving between September 3 and 18. They forage in paddy fields and irrigated crops among orange groves, a habitat very different from the wintering habitat in the African Sahel. They stay in their wintering areas in Spain for an average of 182 days, and between 7 and 10 March they return to their breeding areas.

The Booted Eagles showed a marked fidelity towards their wintering areas, both in Africa and in Spain.

Finally, in Spain, the breeding population of the Balearic Islands is considered resident throughout the year. The only tagged Booted Eagle in the Balearic Islands was a nestling that moved only on the island of Mallorca without making large movements.

## Conclusions

Booted Eagles spend approximately 1.7 months per year migrating (14% of the year), 5.1 in their breeding area (42%) and 5.4 in their wintering area (45%). These figures highlight the importance of a global management of the habitat across different countries and throughout the year for the conservation of the species. The results obtained make evident the need to undertake a large-scale management approach beyond the establishment of a closed network of protected areas for the conservation of raptors in general and of the Booted Eagle in particular. In this way, it is essential to properly manage both the thickest forest areas where they nest, and the more open areas (agricultural mosaics and open savannah areas in the Sahel) where they hunt and spend most of the year. In addition, the measures to be applied



to reduce the causes of mortality of the Booted Eagle include territory planning compliance with legislation and a broad vision of management of large spaces not limited to protected areas and taking care of the essential ecological processes.

The Booted Eagle has changed its migration pattern in the last decades, and currently a small part of the population winters in Spain. The causes of this change in migration pattern are probably due to the increased temperatures, changes in land use and food availability during winter.

In the future it would be interesting to tag more first year individuals, breeding pairs or wintering eagles in Spain, to have a deeper understanding of the spatial ecology of this raptor.

Finally, the results presented in this report highlight the role played by remote monitoring technologies as an essential tool not only for the study of the spatial ecology of organisms, but also for the identification of potentially suitable areas for species conservation, both threatened as at lower risk of disappearance.

Un bando formado por águilas calzadas y otras rapaces planeadoras utilizando una corriente térmica durante el paso migratorio en Tarifa.  
© Carlos González



Las águilas calzadas  
son rapaces  
eminente  
planeadoras.  
© Michele Panuccio



- Alerstam T.; Hake M. y Kjellen N. 2006. Temporal and spatial patterns of repeated migratory journeys by ospreys. *Animal Behaviour*, 71: 555-566.
- Argos. 2011. *Argos User's Manual*. Argos. Toulouse.
- Baghino, L.; Premuda, G.; Gustin, M.; Corso, A.; Mellone, U. y Cardelli, C. 2007. Exceptional wintering and spring migration of the Booted Eagle *Hieraaetus pennatus* in Italy in 2004 and 2005. *Avocetta*, 31: 47-52.
- Banco de Datos de la Oficina de Anillamiento de SEO/BirdLife. 2017. *Datos de anillamiento y recuperaciones en España del remite ICONA. Águila calzada Hieraaetus pennatus*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, SEO/BirdLife, ICO, EBD-CSIC y GOB. Madrid. [www.anillamientoseo.org](http://www.anillamientoseo.org) [consulta: 1-5-2017].
- Barrientos, R. y Arroyo, B. 2014. Nesting habitat selection of Mediterranean raptors in managed pinewoods: searching for common patterns to derive conservation recommendations. *Bird Conservation International*, 24: 138-151.
- Barrios, L. y Doval, G. 2007. El programa Migres de aves planeadoras. *Almoraima*, 35: 77-85.
- Bergier, P. 1987. *Les rapaces diurnes du Maroc: statut, répartition et écologie*. Annales du CEEP n.º 3. Aix-en-Provence.
- Bernis, F. 1980. *La migración de las aves en el estrecho de Gibraltar (época posnupcial)*. Vol. 1. *Aves planeadoras*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Beyer, H. L. 2012. *Geospatial Modelling Environment. Version 0.7.2.0. Software*. [www.spatialecology.com/gme](http://www.spatialecology.com/gme).
- Bird, D. M. y Bildstein K. L. (Eds.). 2007. *Raptor research and management techniques*. Hancock House Publishers. British Columbia.
- BirdLife International. 2004. *Birds in Europe: populations estimates, trends and conservation status*. BirdLife International Series n.º 12. BirdLife International. Cambridge.
- BirdLife International. 2015. *Species factsheet: Hieraaetus pennatus*. BirdLife International. Cambridge. [www.birdlife.org](http://www.birdlife.org) [consulta: 1-8-2015].
- BirdLife International. 2016. *Hieraaetus pennatus*. En, *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016*. BirdLife International. Cambridge. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- Blanco, G.; Sergio, F.; Sánchez-Zapata, J. A.; Pérez-García, J. M.; Botella, F.; Martínez, F.; Zuberogoitia, I.; Frías, Ó.; Roviralta, F.; Martínez, J. E. e Hiraldo, F. 2012. Safety in numbers? Supplanting data quality with fanciful models in wildlife monitoring and conservation. *Biodiversity and Conservation*, 21: 3269-3276.
- Bograd, S. J.; Block, B. A.; Costa, D. P. y Godley, B. J. 2010. Biologging technologies: new tools for conservation. Introduction. *Endangered Species Research*, 10: 1-7.
- Bosch, J. 2003. Fenología y parámetros reproductivos del aguililla calzada *Hieraaetus pennatus* en Cataluña central (España). *Ardeola*, 50: 181-189.
- Bosch, J. 2011. Población y ecología reproductora de la aguililla calzada en Cataluña. En, Zuberogoitia, I. y Martínez, J. E. (Eds.): *Ecology and conservation of European forest-dwelling raptors*, pp. 87-92. Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.
- Bosch, J.; Borrás, A. y Freixas, J. 2005. Nesting habitat selection of Booted Eagle *Hieraaetus pennatus* in Central Catalonia. *Ardeola*, 52: 225-233.
- Bosch, R.; Real, J.; Tintó, A.; Zozaya, E. L. y Castell, C. 2010. Home-ranges and patterns of spatial use in territorial Bonelli's eagles *Aquila fasciata*. *Ibis*, 152: 105-117.
- Bosch, J.; Martínez, J. E.; Calvo, J. F.; Zuberogoitia, I. y Jiménez-Franco, M. V. 2015. Does rainfall affect the productivity of the Booted Eagle (*Aquila pennata*) during the breeding period in Mediterranean environments? *Journal of Ornithology*, 156: 1-8.
- Bosch, J.; Calvo, J. F.; Bermejo, A. y De la Puente, J. 2016. Factors influencing the movements during the breeding season of a female Booted Eagle (*Aquila pennata*) tagged by satellite in central Catalonia (Spain). *Slovak Raptor Journal*, 10: 81-94.
- Bub, H. 1991. *Bird banding and bird trapping*. Cornell University Press. Nueva York.

- Burfield, I. J. 2008. The conservation status and trends of raptors and owls in Europe. *AMBIO*, 37: 401-407.
- Burgas, D.; Byholm, P. y Parkkima, T. 2014. Raptors as surrogates of biodiversity along a landscape gradient. *Journal of Applied Ecology*, 51: 786-794.
- Calvo, J. F.; Martínez, J. E.; Pagán, I.; León, M.; Lacalle, J. A.; Pérez, E.; Abellán, M. D.; Cerezo, E.; Escarabajal, J. M. y Aledo, E. 2012. Eficacia de las ZEPAs para la protección de las rapaces. En, Esteve, M. A.; Martínez, J. M. y Soro, B. (Eds.): *Espacios naturales protegidos de la Región de Murcia: estudios de casos desde una perspectiva interdisciplinar*, pp.145-155. Edtium. Universidad de Murcia. Murcia.
- Campión, D. 1996. Efectos de la fragmentación de hábitats en las rapaces. *Quercus*, 122: 22-24.
- Carlson, J. 1996. Response of Booted Eagles to human disturbances. *British Birds*, 89: 267-274.
- Carrete, M. y Donazar, J. A. 2005. Application of central-place foraging theory shows the importance of Mediterranean dehesas for the conservation of the cinereous vulture, *Aegypius monachus*. *Biological Conservation*, 126: 582-590.
- Casado, E.; Suarez-Seoane, S.; Lamelin, J. y Ferrer, M. 2008. The regulation of brood reduction in Booted Eagles *Hieraaetus pennatus* through habitat heterogeneity. *Ibis*, 150: 788-798.
- Chevallier, D.; Jiguet, F.; Nore, T.; Baillon, F. y Cavallin, P. 2010. Satellite tracking of a Booted Eagle (*Aquila pennata*) during migration. *Ringing & Migration*, 25: 62-64.
- Cochran, W. W. 1980. Wildlife telemetry. En, Schemnitz, S. D. (Ed.): *Wildlife management techniques manual*, pp. 507-520. The Wildlife Society. Washington.
- Cooke, S. J.; Hinch, S. G.; Wikelski, M.; Andrews, R. D.; Kuchel, L. J.; Wolcott, T. G. y Butler, P. J. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 19: 334-343.
- Costa, H. 1994. On the overwintering of Booted Eagles *Hieraaetus pennatus* in Portugal. *Airo*, 5: 24-27.
- Cramp, S. y Simmons, K. E. L. 1980. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. Vol. II: Hawks to Bustards*. Oxford University Press. Oxford.
- De la Cruz, A.; Arroyo, G. M.; Onrubia, A.; Barrios, L. y Muñoz, A. R. 2011. Migración primaveral de aves planeadoras en el estrecho de Gibraltar. Diseño de un programa de seguimiento a largo plazo. *Migres, Revista de Ecología*, 2: 65-72.
- De la Puente, J. y Cardiel, I. 2009. Efectividad de las redes dho-gaza y búho real naturalizado para la captura de milanos reales (*Milvus milvus*) reproductores. *Revista de Anillamiento*, 24: 16-19.
- Del Hoyo, J.; Elliott, A. y Sargatal, J. (Eds.) 1994. *Handbook of the birds of the World. Vol. 2. New World Vultures to Guineafowl*. Lynx Edicions. Barcelona.
- Díaz-Ruiz, J. 2005. La vida privada del águila calzada. *Quercus*, 227: 14-21.
- Díaz-Ruiz, J. 2006. *El águila calzada y su conservación en la Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid y Fundación La Caixa. Ficas (Ed.). Madrid.
- Díaz-Ruiz, J. y Cebollada-Baratas, F. 2011. Monitoring and conservation of Booted Eagle (*Aquila pennata*) in the sierra de Guadarrama (Central Spain). En, Zuberogoitia, I. y Martínez, J. E. (Eds.): *Ecology and conservation of European forest-dwelling raptors*, pp. 93-98. Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.
- Dies, B.; Dies, J. I. y Lemos, P. 2011. *Birding Albufera*. www.birdingalbufera.es.
- Dies, J. I. y Dies, B. 2004. Aguililla calzada *Hieraaetus pennatus*. Noticiario Ornitológico. *Ardeola*, 51: 248.
- Donald, P. F.; Pisano, G.; Rayment, M. D. y Pain, D. J. 2002. The Common Agricultural Policy, EU enlargement and the conservation of Europe's farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89: 167-182.
- Dunn, E. H. y Hussell, D. J. T. 1995. Using migration counts to monitor landbird populations: review and evaluation of current status. *Current Ornithology*, 12: 43-88.
- Ellegren, H. 1996. First gene on the avian W chromosome (CHD) provides a tag for universal sexing of non-ratite birds. *Proceedings of the Royal Society B*, 263:1635-1641.
- Ferguson-Lees, J. y Christie, D. A. 2001. *Raptors of the World*. Christopher Helm. Londres.
- Fernández, M.; Oria, J.; Sánchez, R.; González, L. M. y Margalida, A. 2009. Space use of adult Spanish imperial eagles *Aquila adalberti*. *Acta Ornithologica*, 44: 17-26.
- Ferrer, M. y Janss, G. F. E. (Eds.) 1999. *Birds and power lines. Collisions, electrocution and breeding*. Ed. Quercus. Madrid.
- Finlayson, C. 1992. *Birds of the strait of Gibraltar*. T & AD Poyser. Londres.
- Forsman, D. 1999. *The raptors of Europe and the Middle East: A handbook of field identification*. T & AD Poyser. Londres.

- Forsman, D. 2016. *Flight identification of raptors of Europe, North Africa and the Middle East*. Christopher Helm. Londres.
- Franco, A. y Amores, F. 1980. Dos citas de invernada de *Hieraaetus pennatus* en el valle del Guadalquivir. *Doñana Acta Vertebrata*, 7: 264-265.
- Garcelon, D. K. 1985. *Mounting backpack telemetry packages on bald eagles*. Institute for Wildlife Studies. Arcata. California.
- García, L.; Ibáñez, F.; Garrido, H.; Arroyo, J. L.; Mániz, M. y Calderón, J. 2000. *Prontuario de las Aves de Doñana. Anuario Ornitológico de Doñana n.º 0. Diciembre 2000*. Estación Biológica de Doñana y Ayuntamiento de Almonte. Almonte.
- García-Dios, I. S. 2004. Spanish ringing and recovery records of Booted Eagle (*Hieraaetus pennatus*). *Journal of Raptor Research*, 38: 168-174.
- García-Dios, I. S. 2006. Dieta del aguililla calzada *Hieraaetus pennatus* en el sur de Ávila: importancia de los paseriformes. *Ardeola*, 53: 39-54.
- García-Dios, I. S. 2016. Aguililla calzada *Hieraaetus pennatus*. En, Salvador, A. y Morales, M. B. (Eds.): *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. [www.vertebradosibericos.org](http://www.vertebradosibericos.org) [consulta: 1-7-2016].
- García-Dios, I. S. y Viñuela, J. 2000. Efectos de la gestión forestal sobre el éxito reproductivo del aguililla calzada (*Hieraaetus pennatus*) en el valle del Tiétar. *Ardeola*, 47: 183-190.
- García-Ripollés, C.; López-López, P. y Urios, V. 2010. First description of migration and wintering of adult Egyptian vultures *Neophron percnopterus* tracked by GPS satellite telemetry. *Bird Study*, 57: 261-265.
- García-Ripollés, C.; López-López, P. y Urios, V. 2011. Ranging behaviour of non-breeding Eurasian griffon vultures *Gyps fulvus*: a GPS-telemetry study. *Acta Ornithologica*, 46: 127-134.
- Girard, I.; Ouellet, J. P.; Courtois, R.; Dussault, C. y Breton, L. 2002. Effects of sampling effort based on GPS telemetry on home-range size estimations. *Journal of Wildlife Management*, 66: 1290-1300.
- Gómez-Serrano, M. Á.; Giménez, M.; Dies, J. I.; Dies, B. y Monsalve, M. Á. 2000. *Anuario Ornitológico de la Comunidad Valenciana 1995-1997*. Estació Ornitològica de l'Albufera. SEO/BirdLife. Valencia.
- Gotelli, N. J. y Ellison, A. M. 2004. *A primer of ecological statistics*. Sinauer Associates. Sunderland.
- 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. *Animal Conservation*, 14: 391-399.
- Herrando, S.; Brotons, L.; Estrada, J.; Cuallar, S. y Anton, M. (Eds.) 2011. *Atlas dels ocells de Catalunya a l'hivern 2006-2009*. ICO y Lynx Edicions. Barcelona.
- Hooge, P. N. y Eichenlaub, B. 1997. *Animal Movement extension for ArcView*. Alaska Science Centre. Biological Science Office. U. S. Geological Survey. Anchorage.
- Hooge, P. N. y Eichenlaub, B. 2000. *Animal movement extension to Arcview, ver. 2.0*. Alaska Science Center. Biological Science Office. U. S. Geological Survey. Anchorage.
- Houston, A. I. y McNamara, J. M. 1985. A general theory of central place foraging for single-prey loaders. *Theoretical Population Biology*, 28: 233-262.
- Jenness, J. 2005. *Random point generator (randpts.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3*. Jenness Enterprises. [www.jennessent.com/arcview/random\\_points.htm](http://www.jennessent.com/arcview/random_points.htm).
- Jiguet, F. y Villarbías, S. 2004. Satellite tracking of breeding black storks *Ciconia nigra*: new incomes for spatial conservation issues. *Biological Conservation*, 120: 153-160.
- Jiménez-Franco, M. V. 2014. *Territorial occupancy models in forest raptor populations*. Tesis doctoral. University of Murcia. Murcia.
- Jiménez-Franco, M. V.; Martínez, J. E. y Calvo, J. F. 2011. Territorial occupancy dynamics in a forest raptor community. *Oecologia*, 166: 507-516.
- Jiménez-Franco, M. V.; Martínez, J. E.; Pagán, I. y Calvo, J. F. 2013. Factors determining territory fidelity in a migratory forest raptor, the Booted Eagle *Hieraaetus pennatus*. *Journal of Ornithology*, 154: 311-318.
- Jiménez-Franco, M. V.; Martínez, J. E. y Calvo, J. F. 2014a. Patterns of nest reuse in forest raptors and their effects on reproductive output. *Journal of Zoology*, 292: 64-70.
- Jiménez-Franco, M. V.; Martínez, J. E. y Calvo, J. F. 2014b. Lifespan analyses of forest raptor nests: patterns of creation, persistence and reuse. *PLoS ONE*, 9: e93628.
- Kays, R.; Crofoot, M. C.; Jetz, W. y Wikelski, M. 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, 348: aaa2478.
- Kenward, R. E. 1983. The price of success in goshawk trapping. *Raptor Research*, 17: 84-91.
- Kenward, R. 1987. *Wildlife radio tagging. Equipment, field techniques and data analysis*. Academic Press. Londres.

- Kenward, R. E. 2001. *A manual for wildlife radio tagging*. Academic Press. Londres.
- Klaassen, R. H. G.; Strandberg, R.; Hake, M. y Alerstam, T. 2008. Flexibility in daily travel routines causes regional variation in bird migration speed. *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 62: 1427-1432.
- León-Ortega, M.; Martínez, J. E.; Pérez, E.; Lacalle, J. A. y Calvo, J. F. 2017. The contribution of non-protected areas to the conservation of Eurasian Eagle Owls in Mediterranean ecosystems. *Ecosphere*, 8(9): e01952.
- Leshem, Y. y Yom-Tov, Y. 1996. The magnitude and timing of migration by soaring raptors, Pelicans and Storks over Israel. *Ibis*, 138: 188-203.
- Limiñana, R.; Soutullo, A.; Urios, V. y Reig-Ferrer, A. 2012. Migration and wintering areas of adult Montagu's harriers *Circus pygargus* breeding in Spain. *Journal of Ornithology*, 153: 85-93.
- López-Jurado, C. (Ed.) 2011. *Anuari Ornitològic de les Balears, Vol. 25*. GOB. Palma de Mallorca.
- López-López, P. 2016. Individual-based tracking systems in ornithology: welcome to the era of big data. *Ardeola*, 63: 103-136.
- López-López, P.; García-Ripollés, C. y Urios, V. 2014a. Food predictability determines space use of endangered vultures: implications for management of supplementary feeding. *Ecological Applications*, 24: 939-949.
- López-López, P.; García-Ripollés, C. y Urios, V. 2014b. Individual repeatability in timing and spatial flexibility of migration routes of trans-Saharan migratory raptors. *Current Zoology*, 60: 642-652.
- López-López, P.; De la Puente, J.; Mellone, U.; Bermejo, A. y Urios, V. 2016a. Spatial ecology and habitat use of adult Booted Eagles (*Aquila pennata*) during the breeding season: implications for conservation. *Journal of Ornithology*, 157: 981-993.
- López-López, P.; Urios, V. y Cervera, F. 2016b. Alarma ante la mortandad de águilas perdiceras en las balsas de riego. *Quercus*, 368: 33-35.
- Manly, B. F. J. 2006. *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology*. Chapman & Hall/CRC. Londres.
- Martín, A. y Lorenzo, J. A. 2001. *Aves del archipiélago canario*. Francisco Lemus Editor. Tenerife.
- Martín, B.; Onrubia, A.; De la Cruz, A. y Ferrer, M. 2016. Trends of autumn counts at Iberian migration bottlenecks as a tool for monitoring continental populations of soaring birds in Europe. *Biodiversity and Conservation*, 25: 295-309.
- Martínez, J. E. 2002. *Ecología del águila calzada (Hieraaetus pennatus) en ambientes mediterráneos*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Murcia.
- Martínez, J. E. y Calvo, J. F. 2005. Prey partitioning between mates in breeding Booted Eagles (*Hieraaetus pennatus*). *Journal of Raptor Research*, 39: 159-163.
- Martínez, J. E. y Sánchez-Zapata, J. A. 1999. Invernada de aguililla calzada (*Hieraaetus pennatus*) y culebrera europea (*Circaetus gallicus*) en España. *Ardeola*, 46: 93-96.
- Martínez, J. E.; Cremades, M.; Pagán, I. y Calvo, J. F. 2004. Diet of Booted Eagles *Hieraaetus pennatus* in southeastern Spain. En: Chancellor, R. D. y Meyburg, B. U. (Eds.): *Raptors worldwide*, pp. 593-599. World Working Group on Birds of Prey and Owls y MME/BirdLife Hungary. Berlín y Budapest.
- Martínez, J. E.; Pagán, I. y Calvo, J. F. 2006a. Factors influencing territorial occupancy and reproductive output in the Booted Eagle *Hieraaetus pennatus*. *Ibis*, 148: 807-819.
- Martínez, J. E.; Pagán, I. y Calvo, J. F. 2006b. Interannual variations of reproductive parameters in a Booted Eagle (*Hieraaetus pennatus*) population: the influence of density and laying date. *Journal of Ornithology*, 147: 612-617.
- Martínez, J. E.; Pagán, I.; Palazón, J. A. y Calvo, J. F. 2007. Habitat use of Booted Eagles (*Hieraaetus pennatus*) in a Special Protection Area: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 16: 3481-3488.
- Martínez, J. E.; Pagán, I.; Jiménez-Franco, M. V. y Calvo, J. F. 2011. Ecology of the Booted Eagle in semiarid Mediterranean landscapes. En: Zuberogoitia, I. y Martínez, J. E. (Eds.): *Ecology and conservation of European forest-dwelling raptors*, pp. 226-233. Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.
- Martínez, J. E.; Jiménez-Franco, M. V.; Zuberogoitia, I.; León-Ortega, M. y Calvo, J. F. 2013. Assessing the short-term effects of an extreme storm on Mediterranean forest raptors. *Acta Oecologica*, 48: 47-53.
- Martínez, J. E.; Calvo, J. F.; Jiménez-Franco, M. V.; Zuberogoitia, I. y López-López, P. 2016a. Colour morph does not predict brood size in the Booted Eagle. *Ornis Fennica*, 93: 130-136.
- Martínez, J. E.; Zuberogoitia, I.; Jiménez-Franco, M. V.; Mañosa, S. y Calvo, J. F. 2016b. Spatio-temporal variations in mortality causes of two migratory forest raptors in Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 62: 109-118.

- Martínez-López, E.; Martínez, J. E.; María-Mojica, P.; Peñalver, J.; Pulido, M.; Calvo, J. F. y García-Fernández, A. J. 2004. Lead in feathers and  $\delta$ -aminolevulinic acid dehydratase activity in three raptor species from an unpolluted Mediterranean forest (southeastern Spain). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 47: 270-275.
- Martínez-López, E.; María-Mojica, P.; Martínez, J. E.; Calvo, J. F.; Romero, D. y García-Fernández, A. J. 2005. Cadmium in feathers of adults and blood of nestlings of three raptor species from a non polluted Mediterranean forest, southeastern Spain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74: 477-484.
- Martínez-López, E.; María-Mojica, P.; Martínez, J. E.; Calvo, J. F.; Wright, J.; Shore, R. F.; Romero, D. y García-Fernández, A. J. 2007. Organochlorine residues in Booted Eagle (*Hieraaetus pennatus*) and Goshawk (*Accipiter gentilis*) eggs from south-eastern Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26: 2373-2378.
- Martínez-López, E.; Romero, D.; María-Mojica, P.; Martínez, J. E.; Calvo, J. F. y García-Fernández, A. J. 2009. Changes in blood pesticide levels in Booted Eagle (*Hieraaetus pennatus*) associated with agricultural land practices. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72: 45-50.
- Mellone, U.; Yáñez, B.; Limiñana, R.; Muñoz, A. R.; Pavón, D.; González, J. M.; Urios, V. y Ferrer, M. 2011. Summer staging areas for non-breeding *Circaetus gallicus*. *Bird Study*, 58: 516-521.
- Mellone, U.; Klaassen, R. H. G.; García-Ripollés, C.; Limiñana, R.; López-López, P.; Pavón, D.; Strandberg, R.; Urios, V.; Vardakis, M. y Alerstam, T. 2012a. Interspecific comparison of the performance of soaring migrants in relation to morphology, meteorological conditions and migration strategies. *PLoS One*, 7: e39833.
- Mellone, U.; López-López, P.; Limiñana, R. y Urios, V. 2012b. Wintering habitats of Eleonora's falcons *Falco eleonora* in Madagascar. *Bird Study*, 59: 29-36.
- Mellone, U.; De la Puente, J.; López-López, P.; Limiñana, R.; Bermejo, A. y Urios, V. 2013a. Migration routes and wintering areas of Booted Eagles *Aquila pennata* breeding in Spain. *Bird Study* 60: 409-413.
- Mellone, U.; López-López, P.; Limiñana, R.; Piasevoli, G. y Urios, V. 2013b. The trans-equatorial loop migration system of Eleonora's falcon: differences in migration patterns between age classes, regions and seasons. *Journal of Avian Biology*, 44: 417-426.
- Mellone, U.; De la Puente, J.; López-López, P.; Limiñana, R.; Bermejo, A. y Urios, V. 2015. Seasonal differences in migration patterns of a soaring bird in relation to environmental conditions: a multi-scale approach. *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 69: 75-82.
- Miller, R. A.; Onrubia, A.; Martín, B.; Kaltenecker, G. S.; Carlisle, J. D.; Bechard, M. y Ferrer, M. 2016. Local and regional weather patterns influencing post-breeding migration counts of soaring birds at the Strait of Gibraltar, Spain. *Ibis*, 158: 106-115.
- Mohr, C. O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Naturalist*, 37: 223-249.
- Moller, A. P.; Fiedler, W. y Berthold, P. (Eds.). 2010. *Effects of climate change on birds*. Oxford University Press. Oxford.
- Moreno, S. y Villafuerte, R. 1995. Traditional management of scrubland for the conservation of rabbits *Oryctolagus cuniculus* and their predators in Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation*, 73: 81-85.
- Morganti, M. 2014. *The potential of migratory birds to adapt to global change: lessons from European long distance migrants and Iberian Blackcaps*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Muñoz-Gallego, A. R. y Blas-García, J. 2003. Aguililla calzada *Hieraaetus pennatus*. En: Martí, R. y Del Moral, J. C. (Eds.): *Atlas de las aves reproductoras de España*, pp. 190-191. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza y SEO/BirdLife. Madrid.
- Nathan, R. 2008. An emerging movement ecology paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 19050-19051.
- Nevado, J. C.; García, L. y Oña, J. A. 1988. Sobre la alimentación del águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) en las sierras del norte de Almería en la época de reproducción. *Ardeola*, 35: 147-150.
- Newton, I. 2008. *The migration ecology of birds*. Academic Press. Londres.
- Newton, I.; Ekner, A.; Walker, D. y Sparks, T. 2010. The migration seasons of birds as recorded at Dungeness Bird Observatory in southeast England. *Ringling & Migration*, 25: 71-87.
- Nilsson, C.; Klaassen, R. H. y Alerstam, T. 2013. Differences in speed and duration of bird migration between spring and autumn. *American Naturalist*, 181: 837-845.
- Onrubia, A.; Muñoz, G.; Barrios, L.; De la Cruz, A. y Román, A. 2011. Migración de rapaces

- forestales por el estrecho de Gibraltar. En, Zuberogoitia, I. y Martínez, J. E. (Eds.): *Ecology and conservation of European forest-dwelling raptors*, pp. 288-297. Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.
- Pagán, I.; Martínez, J. E. y Calvo, J. F. 2009. Breeding performance and territorial occupancy in a migratory raptor do not follow ideal despotic distribution patterns. *Journal of Zoology*, 279: 36-43.
- Pain, D. J. y Pienkowski, M. W. 1997. *Farming and birds in Europe*. Academic Press. Londres.
- Palacios, C. J. 2009. Aguillilla calzada *Hieraaetus pennatus*. Noticiario ornitológico. *Ardeola*, 56: 352.
- Palomino, D. y Molina, B. 2012. Águila calzada *Aquila pennata*. En, Del Moral, J. C.; Molina, B.; Bermejo, A. y Palomino, D. (Eds.): *Atlas de las aves en invierno en España 2007-2010*, pp. 188-189. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y SEO/BirdLife. Madrid.
- Palomino, D. y Valls, J. 2011. *Las rapaces forestales en España. Población reproductora en 2009-2010 y método de censo*. Seguimiento de Aves n.º 36. SEO/BirdLife. Madrid.
- Panuccio, M.; Agostini, N.; Wilson, S.; Lucia, G.; Ashton-Booth, J.; Chiatante, G.; Mellone, U. y Todisco, S. 2006. Does the honey-buzzard feed during migration? *British Birds*, 99: 367-368.
- Panuccio, M.; Martín, B.; Morganti, M.; Onrubia, A. y Ferrer, M. 2017. Long-term changes in autumn migration dates at the Straits of Gibraltar reflect population trends of soaring birds. *Ibis*, 159: 55-65.
- Parlamento Europeo. 2012. *Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020: nuestro seguro de vida y capital natural*. Resolución del Parlamento Europeo, de 20 de abril de 2012, sobre la estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020: nuestro seguro de vida y capital natural. Estrasburgo.
- Pavón, D.; Limiñana, R.; Urios, V.; Izquierdo, A.; Yáñez, B.; Ferrer, M. y De la Vega, A. 2010. Autumn migration of juvenile short-toed eagles *Circaetus gallicus* from southeastern Spain. *Ardea*, 98: 113-117.
- Pearce-Higgins, J. W. y Green, R. E. 2014. *Birds and climate change. Impacts and conservation responses*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Pérez-García, J. M.; Botella, F.; Sánchez-Zapata, J. A. y Moleón, M. 2011. Conserving outside protected areas: edge effects and avian extinctions on the periphery of Special Protection Areas. *Bird Conservation International*, 21: 296-302.
- Petty, S. J. 1998. *Ecology and conservation of raptors in forests*. Bulletin 118. Forestry Commission. The Stationery Office. Londres.
- Phillips, R. A.; Xavier, J. C. y Croxall, J. P. 2003. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk*, 120: 1082-1090.
- Pinilla, J. (Coord.). 2000. *Manual para el anillamiento científico de aves*. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM. Madrid.
- Porter, R. F. y Beaman, M. A. S. 1985. A resume of raptor migration in Europe and the Middle East. *ICBP Technical Publication*, 5: 237-242.
- Premuda, G. y Baghino, L. 2004. La migrazione autunnale dell'Aquila minore, *Hieraaetus pennatus*, attraverso la Penisola Italiana. *Rivista Italiana di Ornitologia*, 74: 103-115.
- Premuda, G.; Baghino, L.; Guillosson, T.; Jardin, M.; Tirado, M. y Esteller, V., 2007. A remarkable case of circuitous autumn migration of the Booted Eagle *Hieraaetus pennatus* through the western and central Mediterranean. *Ardeola*, 54: 349-357.
- Programa Migres. 2009. Seguimiento de la migración de las aves en el estrecho de Gibraltar. *Migres, Revista de Ecología*, 1: 3-21.
- Ratcliffe, C. S. y Crowe, T. M. 2001. Habitat utilisation and home range size of the Helmeted Guineafowl (*Numida meleagris*) in midlands of Kwazulu-Natal Province, South Africa. *Biological Conservation*, 98: 333-345.
- Rosenberg, D. K. y McKelvey, K. S. 1999. Estimation of habitat selection for central-place foraging animals. *Journal of Wildlife Management*, 63: 1028-1038.
- Rotics, S.; Turjemana, S.; Kaatzb, M.; Resheffac, Y. S.; Zurell, D.; Sapire, N.; Eggers, U.; Fiedler, W.; Flack, A.; Jeltsch, F.; Wikelski, M. y Nathan, R. 2017. Wintering in Europe instead of Africa enhances juvenile survival in a long-distance migrant. *Animal Behaviour*, 126: 79-88.
- Rutz, C. y Hays, G. C. 2009. New frontiers in biological science. *Biology Letters*, 5: 289-292.
- Sánchez-Zapata, J. A. y Calvo, J. F. 1999. Raptor distribution in relation to landscape composition in semi-arid Mediterranean habitats. *Journal of Applied Ecology*, 36: 254-262.
- Sanz, A.; Mínguez, E.; Anadón, J. D. y Hernández, V. J. 2005. Uso heterogéneo del espacio en tres territorios de reproducción del águila-azor perdicera (*Hieraaetus fasciatus*). *Ardeola*, 52: 347-350.
- Saunders, D. A.; Hobbs, R. J. y Margules, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5: 18-32.

- Scholer, M. N.; Martín, B.; Ferrer, M.; Onrubia, A.; Bechard, M. J.; Kaltenecker, G. S. y Carlisle, J. D. 2016. Variable shifts in the autumn migration phenology of soaring birds in southern Spain. *Ardea*, 104: 83-93.
- SEO/BirdLife. 2000. *Programa Migres. Seguimiento de la migración en el Estrecho 1999*. Junta de Andalucía y SEO/BirdLife. Madrid.
- Sergio, F.; Newton, I. y Marchesi, L. 2005. Conservation: top predators and biodiversity. *Nature*, 436: 192.
- Sergio, F.; Newton, I.; Marchesi, L. y Pedrini, P. 2006. Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity conservation. *Journal of Applied Ecology*, 43: 1049-1055.
- Sergio, F.; Tavecchia, G.; Tanferna, A.; López-Jiménez, J.; Blas, J.; De Stephanis, R.; Marchant, T. A.; Kumar, N. y Hiraldo, F. 2015. No effect of satellite tagging on a raptor survival, recruitment, longevity, productivity, social dominance, and its offspring. *Journal of Applied Ecology*, 52: 1665-1675.
- Singh, N. J.; Moss, E.; Hipkiss, T.; Ecke, F.; Dettki, H.; Sandström, P.; Bloom, P.; Kidd, J.; Thomas, S. y Hörnfeldt, B. 2016. Habitat selection by adult Golden Eagles *Aquila chrysaetos* during the breeding season and implications for wind farm establishment. *Bird Study*, 63. doi.org/10.1080/00063657.2016.1183110.
- Smith, N. G.; Goldstein, D. L. y Bartholomew, G. A. 1986. Is long-distance migration possible for soaring hawks using only stored fat? *Auk*, 103: 607-611.
- Spaar, R. 1997. Flight strategies of migrating raptors: a comparative study of interspecific variation in flight characteristics. *Ibis*, 139: 523-535.
- Stoate, C.; Boatman, N. D.; Borralho, R. J.; Carvalho, C. R.; De Snoo, G. R. y Eden, P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63: 337-365.
- Suárez, S.; Balbontín, J. y Ferrer, M. 2000. Nesting habitat selection by Booted Eagles *Hieraaetus pennatus* and implications for management. *Journal of Applied Ecology*, 37: 215-223.
- Sunyer, C. y Viñuela, J. 1996. Invernada de rapaces (O. Falconiformes) en España peninsular e islas Baleares. En, Muntaner, J. y Mayol, J. (Eds.): *Biología y conservación de las rapaces mediterráneas*, pp. 361-370. Monografía n.º 4. SEO/BirdLife. Madrid.
- Thiollay, J. M. 2006. The decline of raptors in West Africa: long-term assessment and the role of protected areas. *Ibis*, 148: 240-254.
- Tintó, A.; Real, J. y Mañosa, S. 2010. Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean areas. *Journal of Wildlife Management*, 74: 1852-1862.
- Urios, V.; Escobar, J. V.; Pardo, R. y Gómez, J. A. 1991. *Atlas de las aves nidificantes de la Comunidad Valenciana*. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Väli, Ü. y Sellis, U. 2015. Migration patterns of the Osprey *Pandion haliaetus* on the Eastern European-East African flyway. *Ostrich*, 87: 23-28.
- Veiga, J. P. 1986. Food of the Booted Eagle (*Hieraaetus pennatus*) in Central Spain. *Journal of Raptor Research*, 20: 120-123.
- Verhelst, B.; Jansen, J. y Vansteelant, W. 2011. South West Georgia: an important bottleneck for raptor migration during autumn. *Ardea*, 99: 137-146.
- Viada, C. 1996. Plan de conservación de las rapaces de Baleares (1992-1994). En, Muntaner, J. y Mayol, J. (Eds.): *Biología y conservación de las rapaces mediterráneas*, pp. 285-291. Monografía n.º 4. SEO/BirdLife. Madrid.
- Vidal-Mateo, J.; Mellone U.; López-López P.; De la Puente J.; García-Ripollés, C.; Bermejo A. y Urios, V. 2016. Wind effects on the migration routes of trans-Saharan soaring raptors: geographical, seasonal and interspecific variation. *Current Zoology*, 62: 89-97.
- White, G. C. y Garrott, R. A. 1990. *Analysis of wildlife radio-tracking data*. Academic Press. Londres.
- Worton, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology*, 70: 164-168.
- Zalles, J. I. y Bildstein, K. L. 2000. *Raptor watch: a global directory of raptor migration sites*. BirdLife Conservation Series n.º 9. BirdLife International. Cambridge.
- Zuberogoitia, I.; Martínez, J. E.; Martínez, J. A.; Zabala, J.; Calvo, J. F.; Azkona, A. y Pagán, I. 2008. The dho-gaza and mist net with Eurasian Eagle-owl (*Bubo bubo*) lure: effectiveness in capturing 13 species of European raptors. *Journal of Raptor Research*, 42: 48-51.
- Zuberogoitia, I.; Castillo, I.; Zabala, J.; Iraeta, A. y Azkona, A. 2011. Tendencias poblacionales de las rapaces forestales en Bizkaia. En, Zuberogoitia, I. y Martínez, J. E. (Eds.): *Ecology and conservation of European forest-dwelling raptors*, pp. 70-80. Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.
- Zwarts, L.; Bijlsma, R. G.; Van der Kamp, J. y Wymenga, E. 2009. *Living on the edge: wetlands and birds in a changing Sahel*. KNNV Publishing. Zeist. The Netherlands.



Águila calzada  
de morfo oscuro.

© Aabeele-Shutterstock



## 09

# AGRADECIMIENTOS

En primer lugar desde el comité editorial queremos agradecer a los autores de los capítulos todo su esfuerzo, trabajo y dedicación para poder compilar en esta obra todos los conocimientos sobre los movimientos, migración y ecología espacial del águila calzada.

El trabajo de campo dentro del programa Migra necesario para la localización de los individuos a marcar, seguimiento de su reproducción para determinar el momento adecuado para la captura y marcaje, trabajos de captura y marcaje y seguimiento posterior de las aves marcadas y su reproducción para confirmar que no había problemas, fue llevado por un gran número de colaboradores distribuidos por las diferentes provincias en las que se marcaron las águilas calzadas. Sin todos ellos nunca habríamos llegado hasta aquí ni a reunir toda la información recopilada a partir de la cual esta monografía ha sido posible.

La Generalitat Valenciana y la Junta de Extremadura, a través de sus técnicos, colaboraron en la búsqueda de individuos adecuados para el marcado de águilas calzadas en su región y ayudaron en el marcado de las mismas. Queremos agradecer especialmente a Ángel Sánchez, José Antonio Mateos, Domingo Rivera, José María Abad, Toribio Álvarez, Justo Tarreño y José María Casas de la Junta de Extremadura por su colaboración para marcar las águilas calzadas en Extremadura, descargar y enviar la información de las mismas para poder ser empleada en el programa Migra.

En el año 2011 los agentes forestales Ramón Prades y Ana Llopis (Comunidad Valenciana), y José Francisco Pedreño (agente forestal de la Comunidad de Madrid) colaboraron en la localización de parejas de águila calzada para su captura y marcaje. Igualmente, Ignacio García, Gabriel Sierra y Germán Negrete facilitaron la búsqueda de parejas en Ávila. Arantza Leal, Carlos Ponce y Vicente Urios nos ayudaron en el marcaje de Castellón de esta especie. Enrique Navarro, Manuel Moreno y Paco Bustamante hicieron el seguimiento necesario para la búsqueda de adultos

apropiados y colaboraron en la captura del águila calzada marcada en el este de Madrid. Emilio Escudero colaboró en diversas jornadas de campo.

En 2012, en los trabajos de recaptura de las águilas calzadas marcadas en 2011 con *data-logger* fue de enorme ayuda el trabajo de Germán Negrete, Antonio de los Ríos y José Francisco Pedreño (agente forestal de la Comunidad Madrid). Josep Bosch facilitó la localización de parejas adecuadas y su ayuda fue imprescindible para la captura del ejemplar marcado en 2012 en Barcelona.

En 2013 colaboraron en los trabajos de captura de águila calzada: Ignacio Gámez, Eduardo Miera, Javier Robres, Almudena Leal y Elena Herrero (Área de Conservación y Biodiversidad de la Dirección General de Medio Natural) en La Rioja; Juan José Jiménez (Parque Natural Montes de Málaga), Fernando de la Cruz y Cristóbal Pino (agentes de Medio Ambiente, Unidad Biogeográfica n.º 1 de Málaga), José Antonio Cortés (SEO-Málaga), Rafael A. Haro (director conservador del Parque Natural Montes de Málaga) y Pedro Díaz en Málaga; Manuel Aguilera (FAB) en Huesca; Nacho Rodríguez, Benito Fuertes, David Miguélez, Fernando Ortega, L. Alberto Ramos y Héctor Astiárraga (GIA-León) colaboraron en el trabajo de búsqueda de ejemplares para capturar y en las jornadas de trampeo en León; María Victoria Jiménez, José Enrique Martínez, José Francisco Calvo, Ramón Ruiz (Departamento de Ecología e Hidrología, Grupo de Investigación Ecosistemas Mediterráneos, Universidad de Murcia) llevaron a cabo el trabajo de búsqueda de ejemplares para capturar y colaboraron en la jornada de trampeo en Murcia. José Enrique Martínez, Ester Cerezo y Ainhoa Martínez nos abrieron las puertas de su casa en Murcia y nos trataron como si fuéramos de su familia.

En 2014 colaboraron: Ignacio Gámez y Javier Robres (Área de Conservación y Biodiversidad de la Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja) en La Rioja; Carlos Rodríguez Vigal

(director-conservador del Parque Nacional de Cabañeros) y Ángel Gómez Manzaneque (técnico del Parque Nacional de Cabañeros) en Ciudad Real; Joan Mayol (Servei de Protecció d'Espècies, Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori del Govern de les Illes Balears), Francesc Lillo y Miquel Àngel Reus (Agents de Medi Ambient, Departament de Medi Natural), Antoni Muñoz, Xisca Cabanellas, Simó Fuster, Eduard Olivieri y Pere Garcias (GOB) facilitaron el trabajo y los permisos para el marcaje de un ejemplar en la isla de Mallorca; José Francisco Pedreño, Iván Rodríguez y José Antonio Vallejo (agentes forestales de la Comunidad Madrid) en Madrid; José Manuel Sayago (Paraje Natural de las Marismas del Odiel, Junta de Andalucía), Isidro Castaño, Rocío García (agentes forestales de la Junta de Andalucía) y Juan José Valverde (voluntario Marismas del Odiel) en Huelva; Carlos González, José Ramón Sánchez, Óscar Rivas (Numenius) y Anna Planella en Lugo.

En 2015 colaboraron en los trabajos de campo: Ignacio Gámez y Javier Robres (Área de Conservación y Biodiversidad de la Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja) en La Rioja; Carlos Rodríguez Vigal (Director-Conservador del Parque Nacional de Cabañeros) y Ángel Gómez Manzaneque (Técnico del Parque Nacional de Cabañeros) en Ciudad Real; José Francisco Pedreño, Iván Rodríguez y José Antonio Vallejo (agentes forestales de la Comunidad Madrid) en Madrid; Isidro Castaño, Rocío García (agentes forestales de la Junta de Andalucía) en Huelva; Ramón Prades y Ana Llopis (agentes medioambientales Comunidad Valenciana) en Castellón; Fernando de la Cruz (agente de medio ambiente de Andalucía) en Málaga.

En 2016 pudimos contar con la ayuda de Ignacio Gámez y Javier Robres (Área de Conservación y Biodiversidad de la Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja) en La Rioja; Carlos Rodríguez Vigal (Director-Conservador del Parque Nacional de Cabañeros) y Ángel Gómez Manzaneque (Técnico del Parque Nacional de Cabañeros) en Ciudad Real; José Francisco Pedreño, Iván Rodríguez y José Antonio Vallejo (agentes forestales de la Comunidad Madrid) en Madrid; Isidro Castaño y Rocío García (agentes forestales de la Junta de Andalucía) en Huelva; Ramón Prades y Ana Llopis (agentes medioambientales de la Comunidad Valenciana) en Castellón; Fernando de la Cruz (agente de Medio Ambiente de Andalucía) en Málaga.

Finalmente en 2017 Ángel Gómez Manzaneque (Técnico del Parque Nacional de Cabañeros), Ángel Arredondo y Miguel Ángel Martínez nos ayudaron para intentar recapturar un águila calzada con un emisor que ya había dejado de funcionar en el Parque Nacional de Cabañeros.

Las autorizaciones necesarias para la captura, marcaje y extracción de muestras de sangre de las aves estudiadas, y de los permisos de anillamiento necesarios fueron expedidos por las administraciones correspondientes de las comunidades autónomas y espacios naturales protegidos: Dirección General de Gestión del Medio Natural de la Junta de Andalucía, Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA) del Gobierno de Aragón, Dirección General del Medio Natural de la Junta de Castilla y León, Dirección General de Montes y Espacios Naturales de Castilla-La Mancha, Direcció General de Medi Natural i Biodiversitat de la Generalitat de Catalunya, Dirección General de Gestión del Medio Natural de la Generalitat Valenciana, Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura, Dirección Xeral de Conservación da Natureza de la Xunta de Galicia, Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori del Govern de les Illes Balears, Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja, Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, Dirección General de Medio Ambiente de la Región de Murcia, y Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. En los casos en que se trabajó dentro de espacios naturales protegidos se contó con la correspondiente autorización: Parque Natural Montes de Málaga, Parque Nacional de Cabañeros y Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara (actualmente Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama).

GREFA facilitó el trabajo con parte de los medios utilizados para la captura de las águilas calzadas.

El sexado con técnicas genéticas de las águilas calzadas fue realizado por el equipo del Dr. Javier Pérez-Tris del Departamento de Zoología y Antropología Física de la Universidad Complutense de Madrid.

Mención también merecen los cientos de voluntarios que durante años han colaborado en los conteos de aves a su paso por el estrecho de Gibraltar en el marco del programa Migres, desarrollado inicialmente por SEO/BirdLife y posteriormente por la Fundación Migres. Gracias a



La colaboración entre SEO/BirdLife y la Universidad de Alicante ha sido fundamental para la realización de esta publicación, así como la colaboración de los agentes forestales en los trabajos de campo.  
© SEO/BirdLife

ellos ha sido posible incorporar toda la información referente a la migración de las águilas calzadas por esta importante barrera geográfica.

De igual modo, agradecer al banco de datos de anillamiento del remite ICONA del Ministerio de Medio Ambiente, gestionado actualmente por SEO/BirdLife a través de su Oficina de Anillamiento, en especial a Arantza Leal, por haber facilitado los datos de las recuperaciones de aves con anillas metálicas de los anilladores de las diferentes entidades avaladoras (SEO/BirdLife, ICO, EBD-CSIC y GOB); y al banco de datos de anillamiento del remite Aranzadi, gestionado por la Oficina de Anillamiento de Aranzadi, en especial a Ariñe Crespo, por facilitar los datos de las recuperaciones allí disponibles.

El Servicio de Vida Silvestre de la Generalitat Valenciana recopiló y cedió los datos de la mortalidad del águila calzada en su comunidad.

Las excelentes animaciones que nos permiten disfrutar del movimiento y migración de las águilas calzadas se las debemos a Juan Bécares.

Queremos agradecer además el trabajo de revisión de esta monografía a Blas Molina, Juan Carlos del Moral, Pascual López-López y José Enrique

Martínez que la mejoraron con sus comentarios. Diana de Palacio revisó la versión en inglés del resumen. Y a todo el personal de SEO/BirdLife que siempre está ahí y sin cuyo trabajo no habríamos podido sacar adelante los proyectos en el marco de los cuales se ha obtenido toda la información y se han marcado las águilas calzadas en las que se basa esta publicación. Finalmente, queremos agradecer a Juan Carlos del Moral, coordinador del Área de Estudio y Seguimiento de Avifauna de SEO/BirdLife, todo su trabajo de coordinación y apoyo al programa Migra desde sus inicios.

Esta monografía constituye la segunda publicación técnica del programa Migra de SEO/BirdLife ([www.migraciondeaves.org](http://www.migraciondeaves.org)). Los trabajos de captura, marcaje y seguimiento y las labores de edición y maquetación de esta publicación se han llevado a cabo en el marco de este programa, cuyo principal financiador es la Fundación Iberdrola España. Además, se ha podido contar con la información de cuatro ejemplares marcados en Extremadura cedida por la Consejería de Medio Ambiente y Rural, Políticas Agrarias y Territorio de la Junta de Extremadura.



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

[www.migraciondeaves.org](http://www.migraciondeaves.org)

