

Pernis apivorus



Aves

TERRESTRES Y MARINAS
EN PIRINEOS ATLÁNTICOS
CAMBIO CLIMÁTICO, MIGRACIÓN Y
EVOLUCIÓN DE POBLACIONES



TERRESTRES Y MARINAS EN PIRINEOS ATLÁNTICOS

CAMBIO CLIMÁTICO, MIGRACIÓN Y EVOLUCIÓN DE POBLACIONES

Editores

Ainhoa Istúriz, Carlos Astráin e Isabel Ibarrola (GAN-NIK)
Émilie Milon e Iker Castègè (CMB)

Citación recomendada

Istúriz, A., Astráin, C., Ibarrola, I., Milon, É., Castegè, I. (eds), Aves terrestres y marinas en Pirineos Atlánticos. Cambio Climático, migración y evolución de poblaciones.
GAN-NIK/CMB/POCTEFA NaturClima EFA 311/19.



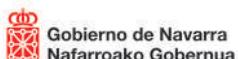
POCTEFA NaturClima EFA311/19

"Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto POCTEFA Naturclima EFA311/19. El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible".

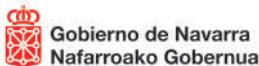


TERRESTRES Y MARINAS
EN PIRINEOS ATLÁNTICOS
CAMBIO CLIMÁTICO, MIGRACIÓN Y
EVOLUCIÓN DE POBLACIONES

LA MIGRACIÓN DE LAS AVES EN LINDUS:
PATRONES TEMPORALES Y SU RELACIÓN
CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS



Participa



Colabora



AURIZKO Udalai
Ayuntamiento de BURGUETE

Título del capítulo

La Migración de las Aves en Lindus: Patrones temporales y su relación con las condiciones climáticas.

Autores

María del Mar Delgado Sánchez, Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (IMIB), CSIC/UO/PA, Campus de Mieres, Edificio de Investigación, 33600 Mieres, Asturias (Spain),
Rafael Benjumea Maldonado y Peio Oria Iriarte.

Recopilación sobre el terreno de los datos de migración

Ornitolan Servicios Ambientales – Ingurumen Zerbitzuak, bajo la dirección de Gabriel Berasategui Echevarria.

Agradecimientos: Ayuntamiento de Auritz/Burguete.

Dirección técnica: Ainhoa Istúriz y Carlos Astráin (GAN-NIK)

Fotografías: Rafael Benjumea y GAN-NIK

Diseño e ilustraciones: Javier Arbilla

Impresión: Navaprint S.L.

DL NA 1148-2022

ISBN 978-84-09-41069-9

Citación recomendada

Delgado, M.M., Benjumea, R. & Oria, P. (2022). La Migración de las Aves en Lindus: Patrones temporales y su relación con las condiciones climáticas. In Istúriz, A., Astráin, C., Ibarrola, I., Milon, É, Castegè, I. (eds), Aves terrestres y marinas en Pirineos Atlánticos. Cambio Climático, migración y evolución de poblaciones. GAN-NIK/CMB/POCTEFA NaturClima EFA 311/19, pp 1-156.

C O N T E N I D O S

INTRODUCCIÓN	9
¿Qué es la migración?	11
Tipos de migración	13
Importancia de la migración	16
Mecanismos que gobiernan la migración	21
Causas evolutivas: ¿por qué migrar?	22
Causas ecológicas y relación con el clima	24
Consecuencias del cambio climático	26
Objetivos	28
MATERIALES Y MÉTODOS	30
Área de estudio	30
Toma de datos	32
Variables climáticas	34
Datos de la estación de AEMET de Orreaga-Roncesvalles	34
Datos climáticos a escala regional	37
Clasificaciones del tipo de meteorología. Algoritmo de Clustering	38
Análisis estadísticos	39
RESULTADOS	42
Patrones migratorios de las especies migratorias en Lindus	48
Variaciones intra e inter-anuales en el número de individuos migradores y su relación con el clima	132
Variaciones en la fenología de la migración y su relación con el clima	137
DISCUSIÓN	142
CONCLUSIONES	150
BIBLIOGRAFÍA	151



INTRODUCCIÓN

De las 10.000 especies de aves que existen en la Tierra, aproximadamente 4.000 son migradoras (Bildstein, 2006). El mero hecho de poder volar confiere a las aves una movilidad extraordinaria, así como un control sobre sus movimientos, pudiendo de este modo cubrir largas distancias de una manera rápida y económica en términos de energía, cruzando desiertos, mares o montañas si fuera necesario. Como resultado, las aves realizan rutas migratorias a lo largo de todo el planeta para poder aprovechar los recursos de las diferentes regiones que visitan y en las que pueden encontrar las condiciones más favorables (Bruderer & Jenni, 1988).

La migración de las aves es un fenómeno natural que ha fascinado desde tiempos remotos a personas investigadoras, naturalistas y observadoras interesadas en el medio ambiente. Desde hace más de un siglo, los movimientos migratorios de las aves han sido foco de numerosos estudios científicos, más aún en los últimos años, en los que las diferentes metodologías de estudio se han ido sofisticando y actualmente ofrecen la posibilidad de adquirir, de forma muy precisa, un gran volumen de información acerca de este evento único en nuestro planeta. Aun así y a pesar de los avances tecnológicos, seguimos teniendo numerosas lagunas de información, son aún muchas las preguntas sobre la ecología, el comportamiento y la evolución de las estrategias de uno de los movimientos más intrigantes de los animales en la Tierra (Bairlein, 2003) que quedan por resolver. Por ejemplo, cómo los individuos y las poblaciones de aves están respondiendo a los cambios en las condiciones ambientales a través de la migración. Para responder a estas y otras importantes

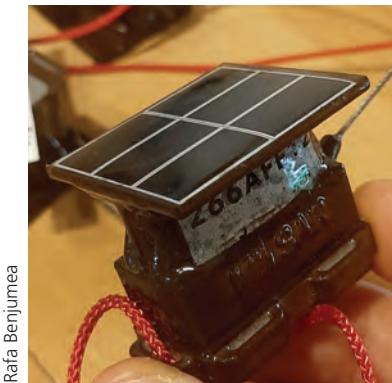


Bando de cigüeñas blancas en migración.

preguntas, es fundamental realizar seguimientos a largo plazo de la migración de las aves. El sueño de comprender los movimientos de los animales a larga distancia nunca ha estado tan cerca como hoy de convertirse en una realidad. Con la disponibilidad cada vez mayor de largas series temporales de datos altamente precisos, sin duda hemos entrado en una era en la que es posible recopilar los datos necesarios para abordar una amplia gama de importantes preguntas, desde la descripción de los patrones más básicos, a las predicciones más ambiciosas (Gurarie *et al.* 2016).

¿QUÉ ES LA MIGRACIÓN?

La migración consiste en los movimientos estacionales de individuos. Es un proceso altamente flexible que resulta de la interacción compleja entre los rasgos fisiológicos, de comportamiento de una especie y del ambiente (Newton, 2007). En general, la migración se define como el movimiento entre áreas de reproducción y de no-reproducción geográficamente distantes, que tiene como objetivo ajustarse a las condiciones



Rafa Benjumea

La tecnología GPS ha revolucionado el estudio de los movimientos de las aves.

depredadores o parásitos (Dingle & Alistair Drake, 2007), ya que les permite aprovechar los recursos cuando abundan en los diferentes lugares que visitan. La fascinación que rodea al proceso de la migración se debe, sin duda alguna, a los viajes, en su mayoría desconocidos, que los animales (desde insectos hasta aves y mamíferos e incluso hasta el zooplancton) realizan a lo largo su vida (Newton, 2007).

Para los animales migradores, el planeta es un lugar sin barreras en el que pueden moverse, aparentemente con facilidad, desde un bosque boreal a un lugar exótico, como es el centro de África Subsahariana.

La migración, o las estrategias migradoras, no son constantes ni invariantes, pueden cambiar e incluso desaparecer en escalas temporales relativamente cortas en respuesta, por ejemplo, a los cambios ambientales. Cambia no solo entre especies, sino incluso dentro de una misma especie. Algunas poblaciones pueden migrar mientras que otras no, algunos individuos pueden migrar en diferentes momentos y lugares mientras que otros no. Puede que no haya características evidentes que separen las diferentes estrategias migratorias entre sí, al igual que puede que no haya distinciones claras entre especies. Es un proceso complejo, pero, al mismo tiempo, fascinante.

ambientales fluctuantes estacionalmente, en particular, la disponibilidad o la calidad, tanto en el tiempo como en el espacio, de recursos (Newton, 2007). No hay que olvidar, sin embargo, que esta disponibilidad de recursos está además influenciada, entre otros, por la climatología del lugar. Por tanto, la migración es un proceso adaptativo, que beneficia a los individuos mediante la explotación de diferentes lugares para la supervivencia y la reproducción o para evitar

TIPOS DE MIGRACIÓN

Las estrategias de migración se han clasificado en función de muchos factores. En la literatura, nos encontramos términos como migración latitudinal vs. altitudinal, migración a larga distancia vs. a corta distancia, migración obligada vs. facultativa, o migración completa vs. parcial. Todos estos términos pueden englobarse en una clasificación mucho más general, que atiende a la motivación por la que los animales migran y que sitúa a la migración de manera más explícita dentro del ciclo de la historia de vida de un organismo. Existen tres tipos de motivación: "refugio", "reproducción" y "rastreo" (AK Shaw & Levin, 2012). Esta clasificación permite centrarnos en los factores que impulsan el ciclo migratorio completo y permite una comparación de la migración entre distintos grupos taxonómicos. Aunque algunas especies tienen aspectos de más de uno de estos tipos de migración, la mayoría pertenecen a una de estas tres categorías.

Los organismos con migraciones de "refugio" tienen un hábitat primario (donde encuentran alimento y en el que pueden reproducirse) del que migran estacionalmente para buscar refugio frente a condiciones temporalmente desfavorables (por ejemplo, factores abióticos o bióticos extremos como temperatura, precipitación o depredación). Los organismos con migraciones de "reproducción" dependen fundamentalmente de dos hábitats diferentes: uno en el que se alimentan y otro en el que se reproducen, y migran entre los dos. Por último, los organismos con migraciones de "rastreo" generalmente no tienen una ubicación principal, sino que se mueven continuamente siguiendo la disponibilidad de recursos tróficos (por ejemplo, rastreando gradientes de vegetación).

Además, muchas especies son parcialmente migratorias, es decir, solo una fracción de la población migra cada año. Hay tres formas principales de migración parcial:

- 1.– Migración parcial no reproductiva.
- 2.– Migración parcial reproductiva.
- 3.– Migración parcial reproductiva omitida.

(Chapman, Brönmark, Nilsson, & Hansson, 2011; AK Shaw & Levin, 2012).



GAN-NIK

Migración en Lindus.

El primer tipo, la **migración parcial no reproductiva**, se describió inicialmente en aves de latitudes templadas del hemisferio norte, que migran al sur para evitar las duras condiciones invernales y regresan al norte en primavera, para aprovechar los recursos tróficos durante la reproducción. En estas aves, la decisión de migrar o permanecer como residente se basa en el equilibrio entre aumentar la supervivencia durante el invierno o tener una mayor ventaja competitiva de los sitios de nidificación al comienzo de la temporada de reproducción. Los primeros modelos teóricos que se desarrollaron para este tipo de migración predicen que (1) la migración parcial ocurre cuando la supervivencia durante el invierno en los lugares de reproducción es incierta, (2) la migración completa ocurre cuando la supervivencia durante el invierno es predeciblemente baja y (3) la no migración ocurre cuando la supervivencia durante el invierno es predeciblemente alta.

El segundo tipo, la **migración parcial reproductiva**, ocurre cuando los individuos pasan juntos la temporada de no reproducción y se repro-



Rafa Benjumea

Ejemplar de abejero joven en su migración hacia el sur.

ducen separados. Aquí, la migración parcial parece estar causada por la competencia por lugares limitados de reproducción, que obligan a algunos individuos a reproducirse en otros lugares.

El tercer tipo, la **migración parcial de reproducción omitida**, ocurre en especies que migran para reproducirse en un hábitat especializado. Aquí, dado que la migración está ligada a la reproducción, los individuos que no migran, tampoco se reproducen ese año. En este tipo de migración parcial, la decisión de migrar o permanecer residente durante el año se basa en un compromiso entre la reproducción actual y la futura. Los modelos teóricos para esta estrategia de migración predicen que la migración completa debería ocurrir cuando hay un bajo coste de mortalidad asociado a la migración, o cuando es baja la probabilidad de que ocurra un mal año para la supervivencia de los juveniles. La probabilidad de migración parcial omitida aumenta a medida que aumentan el coste de la migración y el riesgo de supervivencia.



Rafa Benjumea

Palomas torcaces en migración, la especie más abundante en Lindus.

IMPORTANCIA DE LA MIGRACIÓN

La migración es el resultado de interacciones complejas entre diferentes factores internos y externos al individuo (Nathan *et al.*, 2008). En función de estas interacciones se generan distintas estrategias de migración que se van a traducir en el tiempo que los individuos necesitan para realizar sus rutas. Por ejemplo, un individuo en baja condición física, seguramente se desplazará lentamente durante su migración. Al necesitar más tiempo para realizar su migración, va a tener menos tiempo para reproducirse y va a afectar además en su probabilidad de supervivencia (Morales *et al.*, 2010). Decir que las diferentes estrategias de migración afectan a la reproducción y a la supervivencia, es lo mismo que decir que

la migración afecta a las dinámicas de las poblaciones. Por eso, el estudio de la migración permite vincular diferentes niveles de organización, desde el individuo a las poblaciones y a las comunidades ecológicas.

Al alterar los intercambios de energía y nutrientes dentro y entre sus hábitats, los animales migratorios tienen el potencial de afectar la estabilidad y la dinámica de ecosistemas completos (Bauer & Hoye, 2014). Cuando los animales migratorios son las especies dominantes, o que ocupan una posición clave en sus respectivos ecosistemas, tanto su llegada como su salida pueden tener fuertes impactos en la estructura y dinámica de las redes tróficas. En los últimos años, varios estudios han demostrado que la migración puede tener profundas consecuencias ecológicas a través de cambios en las interacciones depredador-presa (Post, Palkovacs, Schielke, & Dodson, 2008). Por ejemplo, Hanssen y



Cigüeñas blancas en migración.

colaboradores (2020) recientemente han demostrado que la migración parcial estacional de presas puede tener múltiples efectos en la ecología de búsqueda de alimento de los depredadores y puede cambiar estacionalmente la importancia relativa de los intercambios de energía en los ecosistemas lacustres. Las aves migratorias han sido identificadas recientemente como posibles vectores de dispersión de semillas (González-Varo *et al.*, 2021), pudiendo transportar semillas viables a lo largo de decenas o incluso centenares de kilómetros (Viana, Gangoso, Bouten, & Figuerola, 2016; Viana, Santamaría, Michot, & Figuerola, 2013b, 2013a). El papel de las aves migratorias como asistentes de la dispersión de semillas es esencial para que las comunidades vegetales europeas sean capaces de dispersarse distancias largas hacia latitudes más frías donde, debido al cambio climático, pueden encontrar condiciones óptimas para germinar, reproducirse y sobrevivir (González-Varo *et al.*, 2021). La evidencia más notable se ha observado en los halcones de Eleonora (*Falco eleonorae*), donde aproximadamente el 1,2% de las aves

INTRODUCCIÓN

capturadas en la migración, transportaban en su tracto digestivo semillas de Europa a más de 170 km (Viana *et al.*, 2016).

Por un lado, se sabe que las especies migratorias son muy sensibles a los cambios ambientales. Cambios en las condiciones climáticas, en el uso y fragmentación de los hábitats o la creación de barreras físicas, pueden afectar negativamente a las especies migratorias (Wilcove & Wikelski, 2008). Sin embargo, por otro lado, las especies migratorias presentan al mismo tiempo una alta capacidad de adaptación frente a los cambios. De hecho, su alta movilidad les permite ser capaces de rastrear fácilmente los mismos (Robinson *et al.*, 2009). Esta aparente contradicción puede resolverse, en parte, reconociendo que, el hecho de que las especies migratorias se muestren susceptibles o altamente adaptables a los cambios ambientales, depende en gran medida de la magnitud y el ritmo de los mismos. Los cambios graduales en las condiciones climáticas o en la disponibilidad de recursos (Pulido, 2007) pueden ocasionar cambios en:

- 1.- El momento de la migración.
 - 2.- La frecuencia de la migración
- Incluso en el caso extremo:
- 3.- Pérdida de la migración.

A diferencia de los cambios graduales, es probable que los cambios abruptos limiten la capacidad migratoria de las especies y conduzcan a una migración fallida (por ejemplo, nuevas barreras físicas que interrumpen las rutas migratorias). Dada la importancia relativa de las especies migratorias y su sensibilidad a los cambios ambientales, es esencial poder anticipar cómo van probablemente a cambiar los patrones migratorios en el futuro. Para ello, debemos comprender qué cambios ambientales alteran el comportamiento migratorio y cuáles limitan la migración.

A pesar de que las migraciones de animales son ampliamente apreciadas como uno de los espectáculos más impresionantes de la naturaleza, apenas son reconocidas en las leyes de conservación de la biodiversidad. La migración como fenómeno y la migración de numerosas especies pertenecientes a todos los taxones que muestran este fascinante comportamiento, están desapareciendo en todo el mundo con la consiguiente pérdida de sus funciones en los ecosistemas y de sus valores sociales. El declive de las migraciones abundantes es un relato tristemente familiar en la literatura sobre conservación: las migraciones a



Rafa Benjumea

Culebrera europea en migración.

gran escala están desapareciendo como consecuencia de las modificaciones del hábitat, presiones de caza, creación de barreras físicas al movimiento y la contaminación. Los animales que migran luchan por adaptarse continuamente a estos cambios. Hasta ahora lo han hecho con poco éxito.

Hay dos razones principales por las que la conservación de especies migratorias no siempre conserva el proceso de la migración. La primera es que, más que poblaciones o especies en particular, hay que conservar elementos clave que determinan la migración. Por ejemplo, la conectividad que une los sitios de reproducción, las rutas de migración y las áreas de invernada es un elemento clave para la conservación de las migraciones de animales. La segunda razón es que algunas especies requieren poblaciones muy por encima de los niveles mínimos viables para poder realizar la migración. La justificación para preservar el comportamiento migratorio, por lo tanto, debe ir más allá de la justificación de prevenir la extinción de poblaciones locales.

MECANISMOS QUE GOBIERNAN LA MIGRACIÓN

Los movimientos tienen el potencial de reflejar los mecanismos ecológicos que suscitan a los individuos a abandonar una zona familiar para emprender arriesgados viajes durante la migración con un destino final no siempre cierto. Es importante destacar que los individuos dentro de las poblaciones pueden variar en su comportamiento de movimiento y, si bien pueden surgir algunas diferencias importantes en el comportamiento de movimiento debido a factores ambientales o internos a los individuos, los equilibrios entre los costes y beneficios subyacen en todas las estrategias de vida, incluida la migración (Gurarie *et al.*, 2016).

Aunque algunas características durante la migración son comunes a todas las especies de aves (ej. la reducción general de actividades destinadas al mantenimiento individual o la deposición de reservas de energía), la propiedad más especial de la migración es su diversidad, que va desde la espectacular migración masiva de grandes especies planeadoras como las cigüeñas, a los movimientos casi invisibles de pequeños pteríformes que viajan silenciosamente durante la noche. Las estrategias de migración, que pueden diferir no solo entre especies (Chapman *et al.*, 2011) sino también entre poblaciones (Newton, 2007), están influenciadas por diferentes factores evolutivos (es decir, causas últimas) y ecológicos (Berthold, 2001). Casi todas las poblaciones de aves migradoras difieren en cierta medida de cualquier otra población en cuanto a su propensión a migrar, respecto al tiempo y a la ruta de migración, o a las estrategias migratorias. Cualquiera que observe y estudie los fenómenos migratorios es consciente de la diversidad de este proceso y rápidamente empieza a plantearse preguntas sobre su plasticidad, su persistencia y su evolución.

¿Por qué hay tantos patrones de migración? ¿Cómo evolucionan? ¿Pueden cambiar las estrategias migratorias de una población? si cambian, ¿lo hacen en función de las condiciones ambientales? ¿Se deben estos cambios al ajuste fenotípico individual, o son el resultado de cambios evolutivos? ¿Cuáles son los límites de la adaptación?

CAUSAS EVOLUTIVAS: ¿POR QUÉ MIGRAR?

La migración es adaptativa siempre que aumente el crecimiento, la supervivencia o la reproducción de los individuos. Hace tiempo que se reconoce que son múltiples las fuerzas selectivas que favorecen la evolución de la migración. La migración es una respuesta que permite a los animales adaptarse a las fluctuaciones estacionales de los recursos (Berthold, 2001). Al utilizar diferentes áreas durante diferentes épocas del año, muchas especies de aves pueden ocupar áreas solo cuando ofrecen condiciones favorables. Por ejemplo, las aves migratorias que se reproducen en latitudes altas pueden beneficiarse de la extraordinaria abundancia de alimentos durante unas pocas semanas a principios del verano y de largos días que les permiten extender el tiempo de búsqueda de alimento. Al salir de estas áreas después de la cría, evitan las incertidumbres de los inviernos del norte caracterizados por sus días cortos, bajas temperaturas y poca disponibilidad de comida.

Otros factores que favorecen la evolución de la migración son la reducción de los niveles de competencia inter e intra-específicas en hábitats saturados, así como el riesgo de depredación y parasitismo (Alerstam, Hedenstrom, & Akesson, 2003). Asumiendo los costes asociados a la migración, se espera que solo migren aquellos individuos para los que los costes de moverse sean menores que los costes que tendrían por quedarse en las áreas de reproducción. Por lo tanto, individuos sub-dominantes o inexpertos, es decir, los que tienen menos probabilidades de acceder a los recursos tróficos y tienen una menor probabilidad de supervivencia, obtendrán más beneficios al migrar (Kaitala, Kaitala, & Lundberg, 1993). En este sentido, las hembras y los individuos jóvenes, que en la mayoría de las especies son más pequeños que los machos adultos, a menudo suelen tener una mayor tendencia a migrar (Berthold, 2001). La causa evolutiva de esta diferencia en el comportamiento migratorio se debe a la baja competitividad de las aves juveniles y de las hembras respecto a los machos, que se traduce en una baja tasa de supervivencia en las zonas de reproducción durante la temporada no reproductiva, cuando la comida es escasa.

Las condiciones que favorecen una reducción en la frecuencia de migración pueden conducir, en su extremo, al colapso de la población (AK Shaw & Levin, 2012) ya que la reproducción y, por lo tanto, la



Milanos negros en la niebla.

supervivencia de la población, depende de la migración. Por ejemplo, un aumento de la supervivencia en el sitio de reproducción puede favorecer una disminución de las poblaciones migradoras. Claramente, poder predecir el destino de las migraciones en condiciones cambiantes requiere una comprensión cuidadosa no solo de las causas últimas de la migración, sino también de los tipos de cambios ambientales que son probables que ocurran.



La Linga de Jauregiaroztegi (Auritz-Burguete), humedal próximo al paso de Lindus.

CAUSAS ECOLÓGICAS Y RELACIÓN CON EL CLIMA

La migración es un proceso influenciado por una compleja combinación de diferentes factores, tanto internos como externos a los organismos. Mientras que factores como la condición física o los niveles de reserva energética son particularmente importantes (Newton, 2007), el fotoperíodo (es decir, los cambios en la longitud del día a lo largo del año) y las condiciones climáticas (en particular, la temperatura para migradores de zonas templadas y la precipitación para las especies tropicales) son señales ampliamente utilizadas por los animales para tomar decisiones relativas a la migración (Berthold, 2001).

Las causas ecológicas que tienen un efecto en el proceso de la migración pueden estar vinculadas con variables climáticas a escalas más amplias. De esta forma, se pueden realizar predicciones acerca de si, y cómo, los cambios en las condiciones ambientales pueden afectar al proceso de la migración. Por ejemplo, se ha demostrado una relación entre

la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y los patrones de migración en muchas especies de aves (Lehikoinen, Sparks, & Zalakevicius, 2004). Sin embargo, los estudios centrados en el efecto de las condiciones climáticas sobre las migraciones son generalmente poco sistemáticos. La mayoría de ellos se encuentran sesgados a determinadas regiones y grupos taxonómicos. Respecto a las aves, por ejemplo, la mayoría de los trabajos se han centrado en el hemisferio norte, mientras que poco se sabe aún acerca de las migraciones de especies tropicales o australianas y su relación con los cambios en las condiciones climáticas (Allison Shaw, 2016). Como consecuencia, hoy en día aún tenemos un conocimiento muy limitado de las consecuencias del cambio climático en la migración. Dado que la migración es un fenómeno presente en todos los grupos taxonómicos a nivel global y dado que el aumento de la temperatura y de la precipitación debido al cambio climático está teniendo igualmente un impacto global, deberíamos ampliar nuestra perspectiva y no solo estudiar un número limitado de especies migradoras en unas regiones concretas.



Linga de Jauregiaroztegi en invierno.

CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los cambios en las condiciones climáticas tienen consecuencias tanto ecológicas como evolutivas para las especies migradoras. En primer lugar, cambios en las condiciones climáticas pueden afectar a la fenología de la migración. Los individuos que basan sus comportamientos migratorios en factores climáticos locales pueden encontrarse con dificultades si los cambios en las causas ecológicas no coinciden con los

INTRODUCCIÓN

cambios en los impulsores evolutivos de la migración. Por ejemplo, cambios en la fenología en zonas de baja altitud han provocado que el zorzal robín (*Turdus migratorius*) comience antes su migración hacia altitudes más altas. Sin embargo, las fechas en las que la nieve se derrite en estas altas altitudes no ha cambiado, creando un desajuste entre la llegada de los zorzales y los recursos tróficos (Inouye, Barr, Armitage, & Inouye, 2000).

En segundo lugar, cambios en las condiciones climáticas pueden conducir a una disminución en la tendencia individual a migrar (afectando, por tanto, al número de individuos que migran), con severas consecuencias a nivel de las poblaciones. Por ejemplo, los aumentos generalizados de las temperaturas han disminuido las distancias de migración de las curruca capirotadas (*Sylvia atricapilla*), un patrón que se espera que termine en la ausencia total de migración de esta especie en Europa (Pulido & Berthold, 2010). La reducción (o discontinuidades) en las tasas de migración podría tener serias consecuencias ecológicas, como la disminución (o incluso extinción) de las poblaciones (Bolger, Newmark, Morrison, & Doak, 2008) (Bolger *et al.* 2008), aumento de los riesgos de infección (Satterfield, Maerz, & Altizer, 2015) y una importante disminución del flujo de nutrientes entre diferentes áreas (Newton, 2007).

Finalmente, los diferentes tipos de migraciones están teniendo diferentes respuestas a los cambios en las condiciones ambientales. Por ejemplo, las especies que realizan una migración “reproductiva”, tienen mayores dificultades para adaptarse a una interrupción, o pérdida, de la migración. Por el contrario, aquellas especies que realizan una migración de “rastreo” pueden adaptarse a interrupciones en las tasas de migración mientras que haya recursos tróficos disponibles a lo largo de todo el año, aunque siempre pueden provocar, de todas formas, disminuciones en los tamaños poblaciones (Harris *et al.* 2009).

Por último, las especies que realizan una migración de “refugio” pueden encontrarse en un punto intermedio entre los dos casos anteriores, siendo capaces de adaptarse a ciertos cambios en el ambiente, sobre todo si esos cambios conllevan una disminución de la severidad de las condiciones que hacen que migren (por ejemplo, un aumento en las temperaturas durante el invierno; Pulido & Berthold, 2010).



Rafa Benjumea

Observadores y turistas en una jornada de observación de la migración de aves en Lindus.

OBJETIVOS

El estudio de la migración plantea cuestiones fundamentales sobre:

- (A) Las adaptaciones a las variaciones ambientales.
- (B) La forma en que los individuos toman decisiones durante el desplazamiento.
- (C) El grado de similitud vs. contraste de las estrategias empleadas por poblaciones y especies que están taxonómicamente estrechamente relacionadas vs. distantes, o geográficamente vecinas vs. aisladas.

A pesar de que la península Ibérica es un lugar clave para las migraciones de aves, ya que acoge numerosas especies invernantes del norte de Europa y es paso obligado para aquellas poblaciones occidentales que se dirigen a África, los estudios en España han sido tradicionalmente menores que en otros países (Pérez-Tris & Santos, 2004). Tanto por la geografía y geología de la Península, como por la situación actual de cambio climático en la que nos encontramos, estudios como el que se presentan en este informe son realmente importantes para conocer en

profundidad los patrones migratorios, así como la influencia de los cambios en las condiciones climáticas en las mismos. Además, estos estudios tienen un alto impacto social al ser las aves fuente de recursos económicos, como puede ser el turismo ornitológico, actividad en auge en los últimos años (López-Roig, 2008). Es por ello que los estudios sobre las migraciones son muy importantes a varios niveles, tanto dentro de un ámbito científico como social.

El objetivo general de este trabajo es estudiar el patrón de migración en Lindus. Este lugar es una importante zona de paso del flujo migratorio de aves en Europa. Su localización le confiere ser paso obligado a aquellas aves que cruzan los Pirineos por su vertiente más occidental. Analizando una serie temporal, recogida durante once años (2010-2020), analizaremos las variaciones temporales en (1) el número de individuos, tanto a una escala intra-anual como inter-anual; (2) la fenología, entendida como el estudio de los eventos biológicos que se repiten periódicamente (Walther *et al.*, 2002); y finalmente (3) estudiaremos si estas variaciones se encuentran, al menos parcialmente, relacionadas con cambios en las condiciones climáticas, tanto locales como en las zonas de reproducción.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el monte Lindus ($43^{\circ}01'47''N$ $1^{\circ}21'36''O$), en el norte de la península Ibérica, justo en la frontera entre España y Francia (Figura 1). Lindus pertenece al Pirineo Occidental, en la Comunidad Foral de Navarra, y está localizado al oeste del puerto de Ibañeta en el Pirineo Atlántico, a 1.057 metros sobre el nivel del mar. Lindus es una auténtica encrucijada de cordales, a un lado del cordal, Mendaundi (1.232 msnm) y el collado de Sorogain (970 msnm) unen este macizo al del monte Adi (1.459 msnm). Por otro lado, desde el Norte, viene el largo cordal de los montes Adartza (1.257 msnm) y Lauriñaga (1.278 msnm). Por último, un cordal llega del NW cerrando el bosque de Haire por el oeste y posee alturas más modestas como Otsamunho (914 msnm). Los tres cordales descritos se reúnen en Lindus en uno único que se dirige al puerto de Ibañeta, no sin antes alzarse en Girizu (1.264 msnm). Esta configuración del paisaje hace de Lindus un auténtico corredor para las aves migratorias de Europa occidental a su paso por la cordillera pirenaica. Junto a Falsterbo (Suecia), el estrecho de Gibraltar (España) y Organbidexka (Francia), Lindus constituye uno de los pasos migratorios más importantes de Europa Occidental (Filippi-Codaccioni, Moussus, Urcun, & Jiguet, 2010), en particular para rapaces, grullas, cigüeñas y palomas.



Figura 1.- Localización de Lindus. Punto de observación en Lindus.



Punto de observación en Lindus.

TOMA DE DATOS

De 2010 a 2020 (ambos años incluidos) y desde mediados del mes de julio a mediados del mes de noviembre, se censaron diariamente todas las aves que pasaron sobre Lindus con actitud migratoria hacia el sur. Los censos se llevaron a cabo en todo momento por personal experimentado, de 1 a 16 observadores por día. En condiciones de viento norte, las observaciones se realizaron desde el monte Lindus ($43^{\circ}01'47''N$ $1^{\circ}21'36''O$, 1.057 msnm) y en condiciones de viento sur desde el monte Trona ($43^{\circ}01'36''N$ $1^{\circ}21'16''O$, 1.216 msnm). Tan solo en días de condiciones meteorológicas muy desfavorables, como tormentas, grandes nevadas o nieblas densas, no se llevaron a cabo los censos correspondientes.

Los censos se realizaron en un total de 1.026 días repartidos de forma heterogénea entre los diferentes años. Tanto el número de días de observación, las fechas de inicio y fin y los horarios de los conteos fueron desiguales a lo largo de los años (Tabla 1). Para los órdenes Passeriformes y Caprimulgiformes, el horario diario de fin de conteo fue a las 12:00 hora solar, siempre que las condiciones meteorológicas lo

MATERIALES Y MÉTODOS

permitieran. Mientras que 2010, 2014 y 2015 corresponden con los años en los que menos esfuerzo diario se realizó, 2017-2020 se caracterizan por ser aquellos en los que más esfuerzo diario se hizo (Tabla 1). Además, solo en estos últimos años se abarcó todo el período de censo, es decir, desde el mes de julio al mes de noviembre. En cuanto al número de horas de observación por día, también ha sido heterogéneo a lo largo de los años (Tabla 1), con un mínimo de 552,50 horas en 2015 a un máximo de 968,43 horas en 2020. Sin embargo, el número medio de horas por día observado es más homogéneo a lo largo de los años que el número total de horas observadas, variando desde 8,00 horas/día en 2020 a 10,56 horas/día en 2014 (Tabla 1).

Año	Fecha Inicio	Fecha Fin	Días observados	Horas observadas	Media de horas al día	Horas observadas Passer	Media de horas al día Passer
2010	1/8	29/9	59	585,13	9,92	306,48	5,19
2011	1/8	26/10	86	826,33	9,61	442,83	5,15
2012	1/8	31/10	91	881,07	9,68	450,48	4,95
2013	1/8	31/10	91	921,35	10,12	517,43	5,69
2014	21/7	15/9	56	591,50	10,56	310,50	5,54
2015	21/7	15/9	56	552,50	9,87	281,58	5,03
2016	1/8	15/11	106	850,08	8,02	466,58	4,40
2017	15/7	15/11	123	866,67	7,05	493,75	4,01
2018	15/7	15/11	123	939,98	7,64	508,57	4,13
2019	16/7	7/11	114	941,17	8,26	499,00	4,38
2020	17/7	15/11	121	968,43	8,00	499,77	4,13
Total			1.026	8.924,21	9,92	4.776,97	4,66

Tabla 1.- Esfuerzo realizado durante las campañas 2010-2020 de censos en Lindus.

La base de datos completa depurada incluye 11 años de migración y se adjunta como anexo en este informe (Anexo I). En los censos de campo se introdujeron la fecha, la hora solar, el número de observadores, el nombre de la especie y el número de individuos censados de cada especie. Cuando en el campo no fue posible identificar a nivel de especie, debido a la distancia entre el ave y la persona observadora o a la meteorología, se introdujo la observación con un nombre general, por ejemplo, *Apus sp.* o *Circus sp.* En el campo también se tomaron datos de velocidad del viento, cobertura de nubes, visibilidad, temperatura,

humedad y presión atmosférica, sin embargo, estos datos no se han tomado de una manera sistemática a lo largo de los años, por lo que han sido excluidos de los análisis. Además de estos datos, se han incluido las columnas día juliano, orden taxonómico, tipo de vuelo y distancia migratoria para los análisis estadísticos.

VARIABLES CLIMÁTICAS

Para el estudio de las posibles influencias que puedan ejercer las condiciones climáticas y las variables meteorológicas en el proceso de la migración se ha hecho uso de varias fuentes de datos, tanto a nivel local como a nivel más amplio o regional. Se han empleado diversas metodologías estadísticas y de aprendizaje automático de datos con objeto de disponer de series temporales continuas y homogéneas.

DATOS DE LA ESTACIÓN DE AEMET DE ORREAGA-RONCESVALLES

Para la vigilancia y el seguimiento de las condiciones atmosféricas en superficie, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) cuenta con distintas redes de observación distribuidas a lo largo y ancho de toda la geografía estatal. En concreto, en la Comunidad Foral de Navarra se emplazan 20 estaciones meteorológicas automáticas, una de ellas en el entorno de Orreaga-Roncesvalles. Esta estación está equipada con sensores para medir la temperatura, la humedad, el viento y la precipitación, tanto en fase sólida como líquida. La estación se encuentra a unos 3,7 km en línea recta del monte Lindus, en dirección sureste y 150 m más baja, por lo que se considera que sus datos son suficientemente representativos de la zona. La variable viento es quizás la que presenta mayor irregularidad en la microescala inferior a 2 km. La ubicación de la estación, a sotavento del viento dominante en situaciones de norte, puede hacer que se registren en general vientos inferiores a los del cordal en el que sitúa Lindus, si el flujo de viento proviene de esa dirección. En cualquier caso, guarda una alta correlación con las mediciones efectuadas en el monte de Lindus para el caso de la componente o dirección predominante, así como con la intensidad del viento en situaciones de sur.



Estación meteorológica de Orreaga-Roncesvalles.

Las variables climáticas que se han tomado en el presente estudio son temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, precipitación acumulada y velocidad media del viento, todas ellas a escala diaria y en el periodo en el que se realizan las observaciones en Lindus (15 julio-15 noviembre entre 2010 y 2020). Los datos han sido descargados del Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET, y las series contienen aproximadamente el 90% de los datos de todas las variables. Para disponer de un registro completo de las variables climáticas se ha optado por efectuar un procedimiento de relleno de lagunas, basado en el algoritmo de aprendizaje supervisado “Random Forests” (Breiman, 2001), que presenta la característica de ser simple de entrenar y ajustar.

En el presente caso se aplica el algoritmo en modo regresión, de manera que los datos diarios ausentes tratan de ajustarse partiendo de un predictor, obtenido del re-análisis ERA-5 horario en superficie desde 1981 hasta el presente (Muñoz Sabater, 2019). Los re-análisis climáticos que combinan observaciones pasadas con modelos para generar series de tiempo consistentes de múltiples variables climáticas, se encuentran entre los conjuntos de datos más utilizados en las ciencias geofísicas.

Estos análisis proporcionan una descripción completa del clima observado a medida que ha evolucionado en las últimas décadas, para lo que se emplean cuadrículas tridimensionales a intervalos sub-diarios. En concreto, el re-análisis ERA-5, generado por el Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo, se encuentra en formato libre y abierto, y sus datos son fácilmente descargables a través del portal de servicios climáticos del programa europeo Copernicus, que ofrece una alta variedad de productos y datos de observación de la Tierra:

(<https://cds.climate.copernicus.eu/#!/home>)

Las variables predictivas son las mismas que corresponden a cada una de las variables climáticas de estudio en el punto de rejilla más cercano a la ubicación de la estación (-1.3° , 43.1° en coordenadas geográficas). Para el caso de las variables de temperatura media y viento medio (módulo y dirección) se realizó el promedio diario con los datos del re-análisis obtenidos a las 00, 06, 12 y 18 UTC. Para el caso de la temperatura mínima se emplea el valor de las 06 UTC y para la temperatura máxima el promedio entre las 12 y las 18 UTC. Para la precipitación se parte del acumulado diario, sumando valores a escala horaria. El subconjunto de entrenamiento y validación del algoritmo se genera

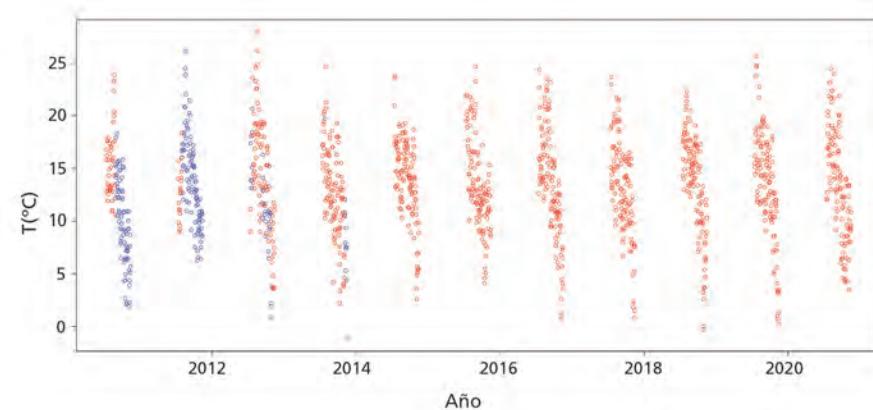


Figura 2.- Reconstrucción de datos de temperatura mediante la aplicación del algoritmo Random Forests empleando como predictor la temperatura del reanálisis ERA-5. Los valores en rojo son valores observados en la estación y los azules los reconstruidos mediante el algoritmo Random Forests.

con particiones del 80 y 20%, respectivamente. En general, el comportamiento del algoritmo es suficientemente satisfactorio para el relleno de lagunas de datos de varios días o semanas de acuerdo a resultados obtenidos en su validación.

De esta forma, conseguimos para el período de estudio, una serie completa de datos de los valores observados y que resultan representativos de las condiciones climatológicas locales en el entorno de Lindus.

Finalmente, dado que las migraciones pueden depender de las condiciones climáticas que acontecen los días anteriores, de esta serie completa se tomaron las variables meteorológicas (es decir, las relativas a temperatura, precipitación y viento) correspondientes a los días -1, -2, -3, -4, -5 y -10.

DATOS CLIMÁTICOS A ESCALA REGIONAL

En contraste con la sección previa, donde se hizo uso de información climática local, obtenida con datos medidos en un único punto, en el presente sub-apartado se describe la caracterización climática a nivel regional, correspondiendo esta región al centro y norte de Europa, la zona de cría potencial de las aves que migran por Lindus. Para ello, se emplean los datos en rejilla entre los años 2010 y 2020 de las variables de temperatura y de presión en superficie obtenidas del re-análisis ERA-5 horario en superficie (Muñoz-Sabater, 2019). En este caso se toman los datos a las 12 UTC entre el 15 de abril y 15 de noviembre, es decir, con fecha de inicio 3 meses antes que el inicio de la campaña de observación de aves, con el objetivo de tener en cuenta las condiciones climáticas en los meses previos a la migración en las zonas donde se encuentran las áreas de reproducción. La rejilla abarca un dominio geográfico entre 40° y 70° de latitud norte, y entre 10° oeste y 30° este de longitud. La resolución espacial de la rejilla es de 0.1° , aproximadamente 9 km. Teniendo en cuenta todos los puntos de rejilla, se calcularon para las dos variables los valores medios y la desviación estándar en cada uno de los días de estudio. Estos valores nos dan una indicación de las condiciones promedio y de la variabilidad en el conjunto del dominio geográfico.

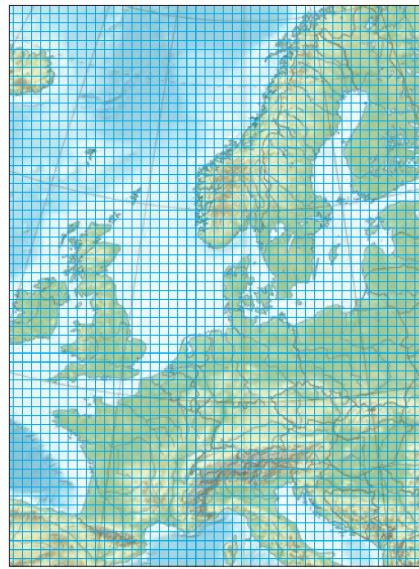


Figura 3.- Representación esquemática de la rejilla empleada para la caracterización climática regional en el centro y norte de Europa. En cada uno de los puntos de rejilla se cuenta con los valores de temperatura en superficie en un día elegido aleatoriamente (la resolución espacial de la rejilla no está a escala).

Al igual que con las variables climáticas locales, se tomaron diferentes intervalos de tiempo para la estima de las variables climáticas regionales. En particular, se consideraron las condiciones climáticas regionales una semana, dos semanas, un mes y tres meses antes del paso diario de las aves de cada especie por Lindus.

CLASIFICACIONES DE LA METEOROLOGÍA ALGORITMO DE CLUSTERING

Con los datos de presión y temperatura en superficie a nivel regional descritos en la sección anterior, se realizó una clasificación o clustering haciendo uso del algoritmo de minería de datos k-medias. Mediante este algoritmo se genera una partición de un conjunto de n observaciones en k grupos en el que cada observación pertenece al grupo cuyo valor medio es más cercano (Fereday, Knight, Scaife, Folland, & Philipp, 2008). Para ello, el conjunto de datos se amplió hasta el año 2000 (15 abril – 15 noviembre) con la finalidad de intentar captar mejor la variabilidad espacial de los distintos patrones a nivel climático. La clasificación de los



Collados pirenaicos en las inmediaciones de Lindus.

2.684 días del periodo se realizó en diez tipos de patrones meteorológicos, teniendo en cuenta de manera simultánea las variables de presión y de temperatura estandarizadas (Jolliffe, 2002). Ello permite una descripción satisfactoria de los patrones de variabilidad térmica y dinámica a nivel regional en las fechas elegidas. Con ello, añadimos una nueva variable discreta al análisis que intenta capturar rasgos climáticos a escala continental.

A N Á L I S I S E S T A D Í S T I C O S

Para cuantificar los patrones de migración tomamos como variables (1) el número de individuos/hora (tasa) medio diario de cada especie, y (2) la fenología, estimada como el día en el que cada año pasa el 5% (Q5) y el 95% (Q95) del total anual de aves observadas de cada especie.

En primer lugar, para analizar la variación intra e interanual de la tasa media diaria de aves y ver el posible efecto de las variaciones en las condiciones climáticas a escala local y regional, se construyeron modelos mixtos aditivos generalizados (GAMMs; usando el paquete GAMM4



Abejero europeo.

en R (Wood & Scheipl, 2014; Zuur, Ieno, Walker, Saveliev, & Smith, 2009), tratando la tasa media diaria de aves de cada especie con una distribución Poisson en función del día juliano (variación intra-anual), del año (variación inter-anual) y de las variables climáticas. Antes de construir los modelos, eliminamos las observaciones más extremas, correspondiéndose las mismas a aquellas cuya tasa era inferior a 10 aves/hora, o superior a 100 aves/hora. Debido a que el número de aves corresponde a un conteo de individuos sin ceros (es decir, solo se registraron las presencias), modelamos la variable respuesta (número de aves – 1) como una forma sencilla de considerarla técnicamente como una regresión de Poisson truncada en cero. Para estudiar el efecto de las condiciones climáticas en la tasa media diaria de aves, se construyeron dos subgrupos de modelos, uno para las variables climáticas a escala local y otro para las variables climáticas a escala regional. Dentro de cada subgrupo, se construyeron diferentes modelos para cada escala temporal considerada. En particular, para la escala local se construyeron 6 modelos diferentes para las variables climáticas locales correspondientes a los días -1, -2, -3, -4, -5 y -10. Para la escala regional más amplia, se construyeron



Buitre leonado.

4 modelos diferentes para las variables climáticas regionales correspondientes a los días -7, -14, -30 y -90. En todos los modelos, para tener en cuenta cualquier sesgo potencial debido a las diferencias en el número de observaciones recopiladas entre años, se incluyó el ID del año como factor aleatorio en cada uno de los modelos construidos. Al hacerlo, se tuvo en cuenta al mismo tiempo cualquier variación estocástica dependiente del año que de otra manera no se podría controlar. Del mismo modo, debido a que el número de especies correspondiente a cada taxón no era homogéneo, se incluyó el ID taxón como otro factor aleatorio. Finalmente, como el número de observadores no fue constante en los diferentes días de muestreos y a lo largo de los años, se incluyó un factor offset que controla el esfuerzo del conteo. En segundo lugar, se construyeron esos mismos modelos para la fenología, pero en este caso tratando las variables Q5 y Q95 como variables respuesta con una distribución normal.

Todos los modelos se evaluaron mediante la verificación de gráficos de diagnóstico. Los análisis se realizaron utilizando R 3.5.0. (R Core Team, 2019).

RESULTADOS

Desde el 2010 hasta el 2020, se han observado un total de 3.031.202 de aves durante su migración a través del monte Lindus (Anexo II). Estas especies pertenecen a los siguientes 13 órdenes (en orden alfabético): Anseriformes, Caprimulgiformes, Charadriiformes, Ciconiiformes, Columbiformes, Coraciiformes, Cuculiformes, Falconiformes, Gruiformes, Passeriformes, Pelecaniformes, Piciformes y Strigiformes. El orden más representado en cuanto a número de especies es el de los Passeriformes (Anexo II). De los órdenes Anseriformes, Coraciiformes, Cuculiformes, Piciformes y Strigiformes, no se recogió un tamaño de muestra suficiente para poder ser analizado estadísticamente.

El número total de aves observado a lo largo de los años es muy variado (Anexo II), con una media ($\pm SD$) de 3.521 ± 38.056 (rango = 1-10.310). El orden del que más aves/hora se han observado corresponde al de Columbiformes y dentro de este orden, la especie *Columba* sp., que llegó a alcanzar un número de aves/hora de 976,20 en el año 2013. Como se explicó en la metodología, el número de aves observado viene fuertemente influenciado por el tiempo de observación, que no fue constante (ver esfuerzo de muestreo en Métodos). Sin embargo, aun corrigiendo por este sesgo mediante la estima del número de aves observada por hora, vemos que sigue existiendo una gran variación en el número de aves/hora observado anualmente. Si bien la tasa media ($\pm SD$) de aves/hora anual es de $382,24 \pm 3.993,63$, el rango varía entre 0,07 y 95.404,31 (Tabla 2).



Atardecer en Lindus.

Existen múltiples causas que pueden provocar la gran variación en el número de aves/hora observadas al año en Lindus. En primer lugar, las observaciones corresponden a 126 especies, todas ellas caracterizadas por diferentes características de historia de vida. En segundo lugar, hay que tener en cuenta que el proceso de la migración ocurre a múltiples escalas temporales, de modo que la variación intra-anual (es decir, las variaciones dentro de cada año) puede afectar la variación inter-anual (es decir, variaciones a lo largo de los años) observada. Estas variaciones intra-anuales son especialmente interesantes de estudiar, ya que nos ayudan a vincular la fenología de la migración con el número de aves migratorias. Por último y especialmente importante en el contexto de los posibles efectos del cambio climático en el proceso de la migración, las condiciones climáticas, tanto locales como regionales, que a su vez pueden experimentar variaciones anuales muy aleatorias, pueden contribuir a las variaciones en el número de aves observadas/hora a lo largo de los años. A continuación, se exponen individualmente los resultados atribuidos a estas causas, para posteriormente, discutirlos de forma conjunta y generalizada dentro del contexto de migraciones a escala global.

Tabla 2.- Número de aves y tasa (aves/hora) media (\pm SD, rango) anual.

Especie	Número de aves anual				Tasa de paso anual (aves/hora)			
	Media	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
<i>Accipiter gentilis</i>	2,25	1,75	1	5	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Accipiter nisus</i>	247,27	92,85	99	437	0,30	0,09	0,18	0,50
<i>Accipiter sp.</i>	1,33	0,58	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Actitis hypoleucos</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Aegypius monachus</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Alauda arvensis</i>	1.113,00	1.932,70	1	6.140	2,21	3,72	0,00	11,87
<i>Anas acuta</i>	16,67	14,29	1	29	0,02	0,02	0,00	0,03
<i>Anser anser</i>	9,80	10,92	2	28	0,01	0,01	0,00	0,03
<i>Anthus campestris</i>	8,00	15,23	1	39	0,02	0,05	0,00	0,13
<i>Anthus pratensis</i>	166,44	116,50	4	311	0,35	0,23	0,01	0,63
<i>Anthus sp.</i>	65,86	80,74	2	223	0,15	0,17	0,00	0,45
<i>Anthus spinoletta</i>	4,80	3,42	1	10	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Anthus trivialis</i>	104,73	105,62	22	400	0,25	0,25	0,04	0,90
<i>Apus apus</i>	4.900,91	4.985,48	517	16.052	10,52	9,65	1,13	32,12
<i>Apus melba</i>	11,00	8,40	1	23	0,02	0,02	0,00	0,05
<i>Apus pallidus</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Apus sp.</i>	3,33	2,08	1	5	0,01	0,00	0,00	0,01
<i>Aquila chrysaetos</i>	7,33	5,50	1	15	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Aquila fasciata</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aquila pennata</i>	52,91	25,12	20	116	0,06	0,03	0,04	0,13
<i>Aquila pomarina</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Aquila sp.</i>	2,50	2,12	1	4	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ardea alba</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Ardea cinerea</i>	25,55	20,38	4	75	0,03	0,02	0,00	0,09
<i>Ardea sp.</i>	2,00	NA	2	2	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Asio flammeus</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Avión / Golondrina</i>	7,00	NA	7	7	0,02	NA	0,02	0,02
<i>Avión sp.</i>	5,67	2,08	4	8	0,02	0,01	0,01	0,03
<i>Buteo buteo</i>	72,00	51,72	19	165	0,09	0,06	0,03	0,19
<i>Buteo sp.</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Calandrella brachydactyla</i>	6,00	NA	6	6	0,01	NA	0,01	0,01
<i>Calidris pugnax</i>	10,00	NA	10	10	0,01	NA	0,01	0,01
<i>Carduelis carduelis</i>	140,50	169,41	6	541	0,29	0,34	0,01	1,10

Especie	Número de aves anual				Tasa de paso anual (aves/hora)			
	Media	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
<i>Carduelis citrinella</i>	11,00	11,31	3	19	0,04	0,04	0,01	0,07
<i>Carduelis sp.</i>	90,67	139,95	2	252	0,19	0,28	0,00	0,51
<i>Cernícalo sp.</i>	1,33	0,58	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Charadrius morinellus</i>	1,50	0,71	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chloris chloris</i>	8,00	9,54	2	19	0,02	0,02	0,00	0,04
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	25,00	2,83	23	27	0,03	0,01	0,02	0,03
<i>Ciconia ciconia</i>	1.366,18	462,05	615	2.275	1,69	0,48	0,77	2,36
<i>Ciconia nigra</i>	446,36	137,79	268	697	0,56	0,15	0,35	0,84
<i>Ciconia sp.</i>	21,25	18,45	1	45	0,02	0,02	0,00	0,05
<i>Circaetus gallicus</i>	147,73	65,24	32	246	0,18	0,08	0,06	0,30
<i>Circus aeruginosus</i>	277,27	84,29	111	385	0,34	0,07	0,20	0,42
<i>Circus cyaneus</i>	74,09	63,42	8	210	0,09	0,07	0,01	0,24
<i>Circus cyaneus / cenizo / papialbo</i>	2,00	NA	2	2	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Circus macrourus</i>	2,00	1,32	1	5	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Circus pygargus</i>	90,36	64,23	27	257	0,12	0,09	0,03	0,31
<i>Circus sp.</i>	8,00	3,53	2	12	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	19,33	30,59	1	81	0,04	0,06	0,00	0,16
<i>Columba livia domestica</i>	2,14	1,57	1	5	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Columba oenas</i>	1.139,50	1.098,21	10	3.829	1,30	1,26	0,02	4,41
<i>Columba palumbus</i>	17.287,38	13.196,31	4.952	40.698	18,94	13,70	5,26	43,30
<i>Columba sp.</i>	278.809,63	296.523,30	10310	899.425	312,56	325,30	10,95	976,20
<i>Cuculus canorus</i>	1,50	1,00	1	3	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Cyanistes caeruleus</i>	3,00	NA	3	3	0,01	NA	0,01	0,01
<i>Delichon urbicum</i>	1.053,91	261,32	610	1.594	2,51	0,67	1,18	3,60
<i>Dryocopus martius</i>	1,50	0,71	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Elanus caeruleus</i>	2,43	1,81	1	6	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Emberiza citrinella</i>	1,75	0,50	1	2	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Emberiza hortulana</i>	3,25	2,87	1	7	0,01	0,01	0,00	0,01
<i>Emberiza schoeniclus</i>	3,75	2,36	2	7	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Emberiza sp.</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Erythacus rubecula</i>	1,50	0,71	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Falco biarmicus</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Falco columbarius</i>	14,00	8,54	1	25	0,02	0,01	0,00	0,03

Especie	Número de aves anual				Tasa de paso anual (aves/hora)			
	Media	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
<i>Falco eleonorae</i>	3,17	0,98	2	4	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Falco naumanni</i>	2,00	1,73	1	4	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Falco peregrinus</i>	4,45	2,30	1	8	0,01	0,00	0,00	0,01
<i>Falco sp.</i>	14,27	12,12	3	43	0,02	0,01	0,00	0,05
<i>Falco subbuteo</i>	118,09	154,95	13	547	0,13	0,16	0,02	0,58
<i>Falco tinnunculus</i>	299,55	200,35	21	566	0,35	0,22	0,04	0,67
<i>Falco vespertinus</i>	2,00	0,82	1	3	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ficedula hypoleuca</i>	17,89	26,57	2	87	0,04	0,06	0,01	0,20
<i>Fringilla coelebs</i>	2.094,30	1.773,41	5	5.109	4,34	3,68	0,02	10,35
<i>Fringilla montifringilla</i>	38,14	59,27	1	155	0,08	0,13	0,00	0,35
<i>Fringilla sp.</i>	216,33	192,77	3	378	0,45	0,41	0,01	0,81
<i>Gallinago gallinago</i>	4,25	2,63	2	7	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Grus grus</i>	35.610,63	21.546,37	7625	66.306	39,74	24,28	8,28	76,51
<i>Gypaetus barbatus</i>	2,00	1,26	1	4	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gyps fulvus</i>	548,00	1.206,93	3	2.707	0,58	1,28	0,00	2,88
<i>Hippolais polyglotta</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hirundinidae</i>	42,00	53,70	1	154	0,09	0,12	0,00	0,35
<i>Hirundo rustica</i>	1.200,73	661,90	287	2351	2,77	1,51	0,92	5,25
<i>Hydroprogne caspia</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Jynx torquilla</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Larus sp. (gran tamaño)</i>	47,00	NA	47	47	0,05	NA	0,05	0,05
<i>Laridae sp.</i>	37,00	NA	37	37	0,04	NA	0,04	0,04
<i>Larus cachinnans</i>	2,00	NA	2	2	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Larus canus</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Larus fuscus</i>	26,89	16,74	9	60	0,04	0,03	0,01	0,10
<i>Larus michahellis</i>	67,00	61,02	10	204	0,08	0,07	0,02	0,24
<i>Larus michahellis fuscus</i>	39,00	NA	39	39	0,05	NA	0,05	0,05
<i>Larus sp.</i>	333,50	463,01	45	1600	0,40	0,53	0,08	1,84
<i>Limicola sp.</i>	7,50	8,50	1	20	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Linaria cannabina</i>	94,25	32,28	56	121	0,19	0,06	0,11	0,25
<i>Loxia curvirostra</i>	17,25	19,21	1	54	0,04	0,05	0,00	0,13
<i>Lullula arborea</i>	11,86	12,52	1	36	0,02	0,03	0,00	0,07
Rapaz de mediano tamaño	4,63	2,97	1	10	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Merops apiaster</i>	17,60	22,05	2	55	0,05	0,08	0,00	0,20
<i>Milvus migrans</i>	3.702,91	2.379,88	1.206	7.725	4,73	3,41	1,79	12,88

Especie	Número de aves anual				Tasa de paso anual (aves/hora)			
	Media	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
<i>Milvus milvus</i>	2.630,55	2.007,21	49	6.357	2,96	2,27	0,08	7,34
<i>Milvus sp.</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Montifringilla nivalis</i>	50,00	NA	50	50	0,10	NA	0,10	0,10
<i>Motacilla alba</i>	160,40	229,00	1	741	0,32	0,44	0,00	1,43
<i>Motacilla cinerea</i>	6,13	7,42	1	24	0,01	0,02	0,00	0,05
<i>Motacilla flava</i>	224,18	285,72	4	1039	0,55	0,67	0,01	2,35
<i>Motacilla sp.</i>	20,50	32,38	2	69	0,04	0,06	0,00	0,14
<i>Muscicapa striata</i>	1,00	0,00	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Neophron percnopterus</i>	11,73	6,29	4	22	0,02	0,01	0,00	0,04
<i>Numenius phaeopus</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Oenanthe oenanthe</i>	4,88	5,38	1	17	0,01	0,01	0,00	0,04
<i>Oriolus oriolus</i>	1,33	0,58	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pandion haliaetus</i>	101,00	18,88	66	123	0,13	0,02	0,10	0,18
<i>Passeriforme sp.</i>	828,00	1.365,87	15	3.805	1,68	2,73	0,04	7,63
<i>Periparus ater</i>	10,67	8,62	3	20	0,02	0,02	0,01	0,04
<i>Pernis apivorus</i>	7.283,36	2.874,01	2.608	12.123	9,51	4,81	2,83	20,96
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1.923,91	1.934,92	192	7020	2,22	2,20	0,35	8,09
<i>Phoenicurus ochruros</i>	2,00	1,00	1	3	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1,86	1,22	1	4	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Phylloscopus bonelli</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Phylloscopus collybita</i>	1,50	0,71	1	2	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Phylloscopus sp.</i>	7,00	NA	7	7	0,02	NA	0,02	0,02
<i>Phylloscopus trochilus</i>	4,33	4,63	1	13	0,01	0,02	0,00	0,04
<i>Platalea leucorodia</i>	11,80	19,89	1	47	0,01	0,02	0,00	0,05
<i>Plegadis falcinellus</i>	24,00	NA	24	24	0,02	NA	0,02	0,02
<i>Pluvialis sp.</i>	5,00	NA	5	5	0,01	NA	0,01	0,01
<i>Prunella collaris</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Prunella modularis</i>	4,50	0,71	4	5	0,01	0,01	0,01	0,02
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	6,67	6,35	3	14	0,02	0,02	0,01	0,05
<i>Pyrrhocorax sp.</i>	5,00	NA	5	5	0,01	NA	0,01	0,01
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	6,75	6,50	1	16	0,02	0,02	0,00	0,05
Rapaz sp.	28,09	29,46	2	88	0,04	0,04	0,00	0,13
<i>Regulus sp.</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Riparia riparia</i>	901,55	1.126,23	131	3.559	2,13	2,48	0,25	8,04
<i>Rissa tridactila</i>	7,00	NA	7	7	0,01	NA	0,01	0,01

Especie	Número de aves anual				Tasa de paso anual (aves/hora)			
	Media	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
<i>Saxicola rubetra</i>	2,00	0,82	1	3	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Serinus serinus</i>	6,83	5,38	1	13	0,01	0,01	0,00	0,03
<i>Spinus spinus</i>	168,50	254,32	16	549	0,34	0,52	0,03	1,11
<i>Stercorarius parasiticus</i>	3,00	NA	3	3	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Sturnus sp.</i>	129,33	84,32	36	200	0,26	0,16	0,08	0,39
<i>Sturnus vulgaris</i>	600,13	636,06	20	1533	1,20	1,26	0,04	3,07
<i>Sylvia atricapilla</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Tringa nebularia</i>	5,00	NA	5	5	0,01	NA	0,01	0,01
<i>Tringa ochropus</i>	3,00	3,46	1	9	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Tringa totanus</i>	1,00	NA	1	1	0,00	NA	0,00	0,00
<i>Turdus iliacus</i>	20,38	20,72	1	60	0,04	0,04	0,00	0,12
<i>Turdus merula</i>	20,25	33,86	2	71	0,05	0,08	0,00	0,16
<i>Turdus philomelos</i>	151,38	130,50	16	422	0,31	0,25	0,04	0,82
<i>Turdus pilaris</i>	10,71	12,31	1	29	0,02	0,02	0,00	0,06
<i>Turdus sp.</i>	392,38	482,57	32	1167	0,79	0,95	0,06	2,34
<i>Turdus torquatus</i>	3,00	1,79	1	6	0,01	0,00	0,00	0,01
<i>Turdus viscivorus</i>	35,22	22,59	8	74	0,07	0,05	0,02	0,17
<i>Vanellus vanellus</i>	67,00	59,86	3	162	0,08	0,07	0,00	0,19

PATRONES MIGRATORIOS DE LAS ESPECIES MIGRATORIAS EN LINDUS

Las diferentes especies migratorias en Lindus tienen características de historia de vida muy diferentes. Nos encontramos desde rapaces de diferentes tamaños, anátidas, cigüeñas y grullas, hasta numerosos paseriformes. Estas especies, además de tener rasgos muy diferentes de historia de vida, presentan una distribución geográfica muy diferente y pueden proceder de áreas de cría localizadas en sitios muy distantes. Si las clasificamos en función de rasgos relacionados con la migración, vemos que el 12,7% son especies planeadoras, el 65% son no planea-



Culebrera europea en migración.

Rafa Benjumea

doras y el 22,23% son mixtas. Por otro lado, mientras que el 48,34% de las especies realiza migraciones de larga distancia, el 51,67% son especies migratorias de corta distancia. La especie más representativa en Lindus, en cuanto a número de aves/hora observado, es *Columba sp.*. Aun siendo una migración intermitente (es decir, no se observan todos los años), los años que las palomas están presentes pueden llegar a alcanzar números de hasta 907.594 aves (985,07 aves/hora). Curiosamente, parece que los patrones de migración de las palomas y de las grullas van en paralelo: solo en los años que se observan palomas, se observan también grullas.

Tabla 3.- Fenología de todas las especies observadas en Lindus, estimada como el día en el que cada año pasa el 5% (Q5), el 25% (Q25), el 50% (Q50) y el 95% (Q95) del total anual de aves observadas de cada especie.

Especie	Q5	Q25	Q50	Q75	Q95
<i>Accipiter gentilis</i>	216	235	254	274	293
<i>Accipiter nisus</i>	228	255	269	283	304
<i>Accipiter sp.</i>	264	264	265	281	301
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	242	242	242	246	246
<i>Actitis hypoleucos</i>	233	233	233	233	233
<i>Aegypius monachus</i>	263	263	263	263	263
<i>Alauda arvensis</i>	290	294	299	300	310
<i>Anas acuta</i>	304	304	304	311	311
<i>Anser anser</i>	284	287	319	319	319
<i>Anthus campestris</i>	232	248	268	268	268
<i>Anthus pratensis</i>	247	276	283	294	300
<i>Anthus sp.</i>	231	248	267	278	289
<i>Anthus spinoletta</i>	247	247	281	296	296
<i>Anthus trivialis</i>	217	234	241	255	278
<i>Apus apus</i>	200	204	211	226	234
<i>Apus melba</i>	213	223	233	252	258
<i>Apus pallidus</i>	237	237	237	239	239
<i>Apus sp.</i>	197	197	198	238	250
<i>Aquila chrysaetos</i>	223	238	248	270	318
<i>Aquila fasciata</i>	228	228	228	250	250
<i>Aquila pennata</i>	220	245	261	267	281
<i>Aquila pomarina</i>	251	251	251	251	251
<i>Aquila sp.</i>	230	238	266	278	285
<i>Ardea alba</i>	296	296	296	296	296
<i>Ardea cinerea</i>	218	243	263	274	307
<i>Ardea sp.</i>	239	239	239	239	239
<i>Asio flammeus</i>	293	293	293	301	301
<i>Avión / Golondrina</i>	255	255	255	255	255
<i>Avión sp.</i>	214	214	230	230	234
<i>Buteo buteo</i>	216	241	276	295	310
<i>Buteo sp.</i>	224	224	224	224	224
<i>Calandrella brachydactyla</i>	242	242	242	244	244
<i>Calidris pugnax</i>	277	277	277	277	277
<i>Carduelis citrinella</i>	242	242	242	242	242

Especie	Q5	Q25	Q50	Q75	Q95
<i>Carduelis citrinella</i>	258	258	258	258	264
<i>Carduelis sp.</i>	273	296	296	296	297
<i>Cernícalo sp.</i>	228	228	254	261	261
<i>Charadrius morinellus</i>	248	248	292	292	292
<i>Chloris chloris</i>	238	238	276	296	297
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	234	234	234	244	244
<i>Ciconia ciconia</i>	213	228	237	249	266
<i>Ciconia nigra</i>	217	242	259	265	281
<i>Ciconia sp.</i>	226	226	226	266	266
<i>Circaetus gallicus</i>	216	251	262	270	280
<i>Circus aeruginosus</i>	231	250	261	269	291
<i>Circus cyaneus</i>	226	260	279	293	306
<i>Circus cyaneus / cenizo / papialbo</i>	242	242	242	299	299
<i>Circus macrourus</i>	231	243	274	285	311
<i>Circus pygargus</i>	216	232	239	245	262
<i>Circus sp.</i>	232	243	259	267	299
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	269	279	282	296	300
<i>Columba livia</i>	214	249	249	290	304
<i>Columba oenas</i>	265	277	290	302	310
<i>Columba palumbus</i>	289	298	310	310	310
<i>Columba sp.</i>	294	297	304	304	310
<i>Cuculus canorus</i>	218	222	223	251	254
<i>Cyanistes caeruleus</i>	283	283	283	283	283
<i>Delichon urbicum</i>	203	218	233	257	274
<i>Dryocopus martius</i>	251	251	256	263	263
<i>Elanus caeruleus</i>	214	236	251	296	305
<i>Emberiza citrinella</i>	256	264	273	296	296
<i>Emberiza hortulana</i>	252	252	252	254	265
<i>Emberiza schoeniclus</i>	269	269	294	294	307
<i>Emberiza sp.</i>	270	270	270	270	270
<i>Erithacus rubecula</i>	237	237	238	261	261
<i>Falco biarmicus</i>	229	229	229	229	229
<i>Falco columbarius</i>	250	274	284	293	305
<i>Falco eleonorae</i>	218	244	248	254	278
<i>Falco naumanni</i>	262	282	282	282	289
<i>Falco peregrinus</i>	223	255	267	289	311
<i>Falco sp.</i>	230	255	269	288	303
<i>Falco subbuteo</i>	257	293	308	314	315

Especie	Q5	Q25	Q50	Q75	Q95
<i>Falco tinnunculus</i>	223	262	275	288	305
<i>Falco vespertinus</i>	232	260	262	282	311
<i>Ficedula hypoleuca</i>	227	237	242	245	268
<i>Fringilla coelebs</i>	278	289	291	300	310
<i>Fringilla montifringilla</i>	295	297	301	301	304
<i>Fringilla sp.</i>	293	293	293	294	298
<i>Gallinago gallinago</i>	237	237	256	280	299
<i>Grus grus</i>	289	300	305	310	318
<i>Gypaetus barbatus</i>	204	229	239	266	305
<i>Gyps fulvus</i>	313	313	313	313	313
<i>Hippolais polyglotta</i>	214	214	214	239	239
<i>Hirundinidae</i>	210	260	263	264	266
<i>Hirundo rustica</i>	232	254	263	273	283
<i>Hydropogone caspia</i>	317	317	317	317	317
<i>Jynx torquilla</i>	230	230	230	237	237
<i>Larus sp. (gran tamaño)</i>	250	260	264	264	304
<i>Laridae sp.</i>	228	228	310	310	310
<i>Larus cachinnans</i>	221	221	221	221	221
<i>Larus canus</i>	296	296	296	296	296
<i>Larus fucus</i>	227	234	243	282	301
<i>Larus michahellis</i>	227	250	260	273	299
<i>Larus michahellis fuscus</i>	242	242	242	242	242
<i>Larus sp.</i>	236	267	281	281	304
<i>Limicola sp.</i>	203	226	243	264	264
<i>Linaria cannabina</i>	271	279	289	290	296
<i>Loxia curvirostra</i>	226	238	270	283	296
<i>Lullula arborea</i>	289	289	293	300	303
Rapaz de mediano tamaño	215	231	250	257	272
<i>Merops apiaster</i>	234	235	235	239	265
<i>Milvus migrans</i>	201	209	214	220	234
<i>Milvus milvus</i>	266	280	289	302	315
<i>Milvus sp.</i>	240	240	240	258	258
<i>Montifringilla nivalis</i>	307	307	307	307	307
<i>Motacilla alba</i>	269	289	293	300	308
<i>Motacilla cinerea</i>	249	260	278	278	297
<i>Motacilla flava</i>	234	242	252	261	269
<i>Motacilla sp.</i>	237	298	298	298	298
<i>Muscicapa striata</i>	225	225	229	249	249

Especie	Q5	Q25	Q50	Q75	Q95
<i>Neophron percnopterus</i>	214	227	242	255	265
<i>Numenius phaeopus</i>	282	282	282	282	282
<i>Oenanthe oenanthe</i>	234	241	250	263	281
<i>Oriolus oriolus</i>	225	225	233	236	264
<i>Pandion haliaetus</i>	226	245	258	271	293
<i>Parus major</i>	283	283	283	294	294
<i>Passeriforme sp.</i>	276	292	300	302	313
<i>Periparus ater</i>	283	283	283	300	300
<i>Pernis apivorus</i>	231	236	240	243	252
<i>Phalacrocorax carbo</i>	247	273	289	299	310
<i>Phoenicurus ochruros</i>	217	230	230	245	298
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	228	238	242	250	284
<i>Phylloscopus bonelli</i>	239	239	239	239	239
<i>Phylloscopus collybita</i>	214	214	214	277	277
<i>Phylloscopus sp.</i>	293	293	293	293	293
<i>Phylloscopus trochilus</i>	227	243	245	248	263
<i>Platalea leucorodia</i>	239	268	268	301	301
<i>Plegadis falcinellus</i>	248	248	248	248	248
<i>Pluvialis sp.</i>	249	249	249	249	249
<i>Prunella collaris</i>	297	297	297	297	297
<i>Prunella modularis</i>	245	269	269	294	294
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	204	204	204	294	296
<i>Pyrrhocorax sp.</i>	277	277	277	277	277
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	263	263	264	296	303
Rapaz sp.	226	237	250	268	299
<i>Regulus sp.</i>	262	262	262	262	262
<i>Riparia riparia</i>	214	234	243	254	267
<i>Rissa tridactila</i>	302	302	302	302	302
<i>Saxicola rubetra</i>	222	234	242	247	251
<i>Serinus serinus</i>	201	253	289	302	309
<i>Spinus spinus</i>	283	289	296	297	303
<i>Stercorarius parasiticus</i>	234	234	234	287	287
<i>Sturnus sp.</i>	289	294	294	299	303
<i>Sturnus vulgaris</i>	294	299	307	310	314
<i>Sylvia atricapilla</i>	242	242	242	242	242
<i>Tringa nebularia</i>	276	276	276	276	276
<i>Tringa ochropus</i>	202	229	234	234	234
<i>Tringa totanus</i>	225	225	225	225	225



Alcotán europeo

Especie	Q5	Q25	Q50	Q75	Q95
<i>Turdus iliacus</i>	282	286	290	300	319
<i>Turdus merula</i>	288	288	288	289	298
<i>Turdus philomelos</i>	278	287	294	298	307
<i>Turdus pilaris</i>	291	302	304	308	308
<i>Turdus sp.</i>	282	294	302	308	309
<i>Turdus torquatus</i>	262	285	290	291	295
<i>Turdus viscivorus</i>	265	278	294	302	305
<i>Vanellus vanellus</i>	285	285	287	296	304

A continuación, para las especies más representativas en Lindus, se presenta una descripción de sus características ecológicas relacionadas con la migración, junto a su distribución y tamaños poblacionales estimados. Además, de forma individual para cada especie, se presentan las características (es decir, las tendencias temporales del número de aves/hora observadas y de la fenología) que definen sus patrones de migración (véase también Tabla 3). El estatus de conservación europeo se ha obtenido de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Las proporciones mínimas y máximas de la población global reproductora en Europa que cruza por Lindus se han estimado utilizando la media anual de los conteos y las estimas poblacionales más recientes de cada especie (Fuente: Online datazone BirdLife International). Hay que reconocer que, al incluirse los jóvenes en los censos de Lindus, este tamaño no se corresponde con la población efectiva, ya que hay una proporción desconocida de individuos no reproductores.



Apus apus

J. G. Gibella



VENCEJO COMÚN

(*Apus apus*)



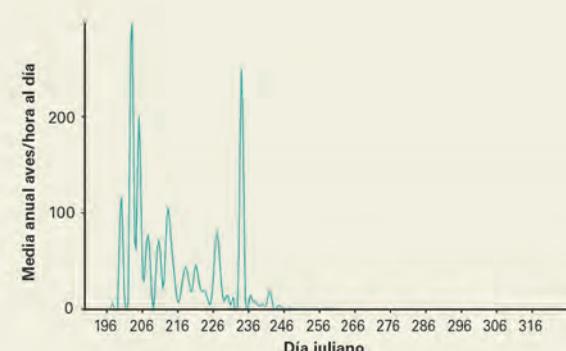
El vencejo común es un ave con dos subespecies. La subespecie *A. apus apus* se encuentra bien distribuida por toda Europa y la subespecie *A. apus pekinensis* cubre gran parte de Asia. Es un migrante de larga distancia, invernando en el centro y sur de África persiguiendo explosiones de pequeños insectos voladores. Está considerado como no amenazado, aunque parece que hay poblaciones en declive en algunos países europeos. Los nuevos métodos de construcción de los edificios, en los que no se dejan huecos en las fachadas que estas aves aprovechan para anidar, y la desaparición de los insectos por el uso de pesticidas y por la destrucción del hábitat de una agricultura cada vez más intensiva, es posible que sean las causas de estos descensos poblacionales.

En Lindus, la migración del vencejo común ocurre en el primer tercio del período de observación, detectándose dos picos marcados a mediados de julio y finales de agosto (Fig. 4A). La tasa de migración de vencejo común en Lindus está aumentando con los años (Fig. 4B). Por último, la migración de esta especie parece ser que se está adelantando desde 2010 a 2020 (Fig. 4C y 4D).

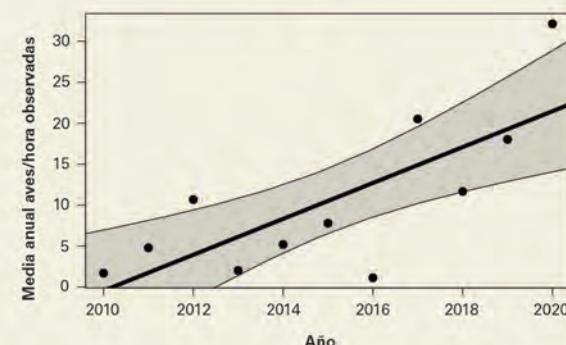
Aves censadas en total: 53.910 individuos.
Media por año: 4.900,91 ($\pm 4.985,48$) individuos.
Duración de la migración: 34 días.
Pico migración: 10 de agosto.
Año con más aves: 2020 con 16.052 individuos.
Día con más aves: 24 de julio de 2019 con 5.233 aves.
Estima de la población europea: 38.200.000-65.000.000 individuos adultos.
Proporción de la población europea: 0,007 % - 0,01 %
Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 4**A**

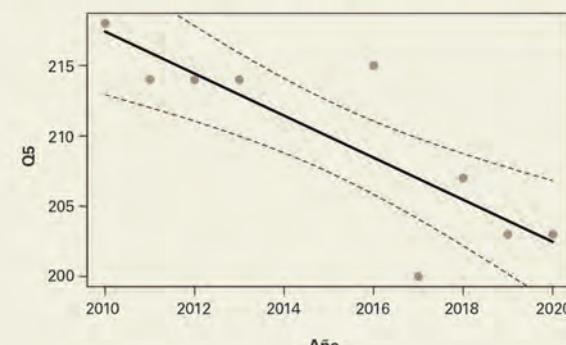
Número de aves/hora al día de vencejo común en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.

**B**

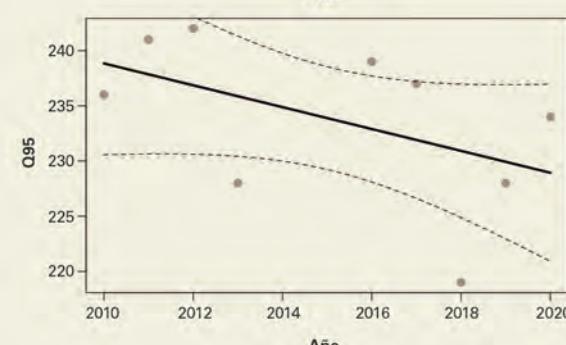
Variación anual en el número medio de aves/hora de vencejo común observado en Lindus.

**C**

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de vencejo común en Lindus.

**D**

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de vencejo común en Lindus.





Ciconia ciconia

J. Abella

CIGÜEÑA BLANCA

(*Ciconia ciconia*)

La cigüeña blanca es una especie común en Europa muy ligada a las zonas húmedas, aunque también puede aparecer en otro tipo de hábitats más secos. Es una especie principalmente migradora, realizando su migración en grupos que a veces son realmente numerosos, superando los 1.000 individuos. Al ser una especie muy planeadora, las poblaciones más occidentales se concentran en Pirineos y estrecho de Gibraltar para llegar al continente africano, donde pasarán el invierno al sur del desierto del Sahara. Cada vez más se registran individuos invernantes en la Península Ibérica (de Juana & García, 2015) e incluso en el sur de Francia (Dubois, 2008). La cigüeña blanca está catalogada como no amenazada, de hecho, sus efectivos poblacionales están en aumento. Probablemente la tolerancia de habitar zonas antropizadas y el uso de los vertederos como zona de alimentación, favorecen tanto la invernada en Europa como su proliferación. Aunque, por otro lado, las visitas a los vertederos también son causa de mortalidad, sobre todo por la ingesta de elementos no digeribles como el plástico (Henry, 2011).

En Lindus, la cigüeña blanca tiene una migración amplia en el tiempo, desde principios de agosto a finales de octubre; aun así, el paso del 95% de los individuos se da el 23 de septiembre (Fig. 5A). La cigüeña blanca en Lindus tiene un patrón en ligero ascenso a lo largo de los años durante el periodo de muestreo (Fig. 5B). Tanto las fechas de inicio de la migración de cigüeña blanca (Q5) como de fin (Q95) tienden a adelantarse ligeramente con el paso de los años (Fig. 5C y 5D).

Aves censadas en total: 15.028 individuos.

Media por año: 1.366,18 ($\pm 462,05$) individuos.

Duración de la migración: : 53 días.

Pico migración: 22 de agosto.

Año con más aves: 2020 con 2.275 individuos.

Día con más aves: 24 de agosto de 2020 con 498 aves.

Estima de la población europea: 447.000-495.000 individuos adultos.

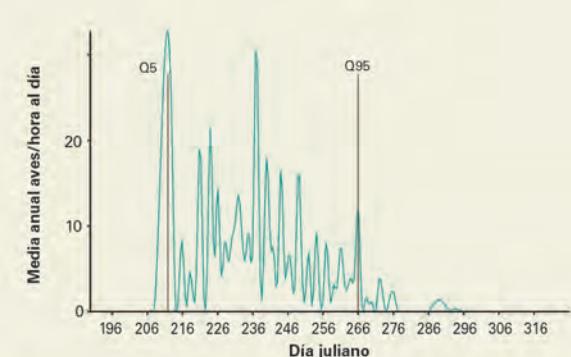
Proporción de la población europea: 0,28% - 0,31%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 5

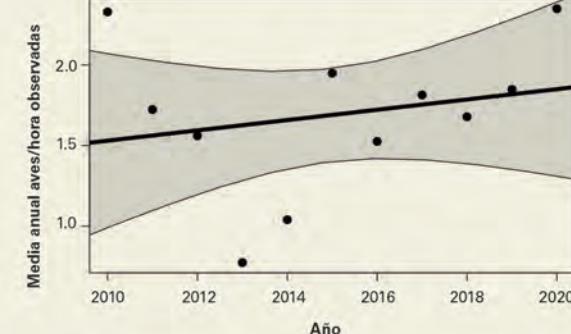
A

Número de aves/hora al día de cigüeña blanca en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



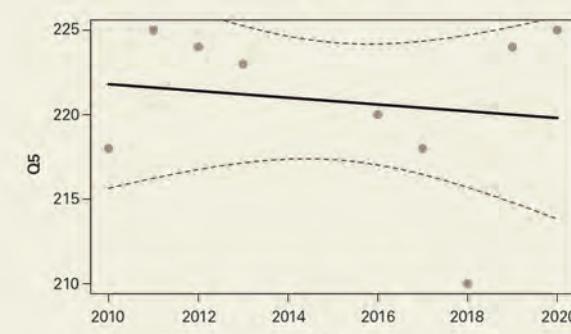
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de cigüeña blanca observado en Lindus.



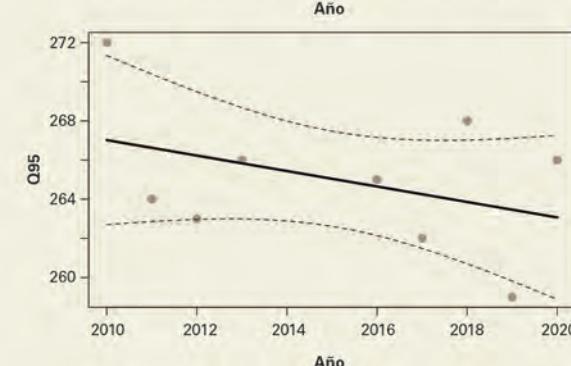
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de cigüeña blanca en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de cigüeña blanca en Lindus.





CIGÜEÑA NEGRA

(*Ciconia nigra*)

La cigüeña negra cría a lo largo de todo el Paleártico, sobre todo en el centro de Europa y Asia. Esta especie está mucho más ligada que la cigüeña blanca a los ambientes acuáticos, además de ser más tímida y recelosa a vivir en ambientes antropizados. Realiza una migración transahariana, volando en grupos pequeños. Sus cuarteles de invierno están localizados en el centro y sur de África. Algunos individuos pasan el invierno en el sur de la Península Ibérica, sobre todo en el valle del Guadalquivir, en el Parque Nacional de Doñana e inmediaciones. Aunque está catalogada como no amenazada, la cigüeña negra es mucho menos numerosa que la blanca. Con variaciones locales, las poblaciones de Europa occidental están en recuperación. Existe una clara recuperación de la cigüeña negra en España (del Moral, 2018). La cigüeña negra tiene una migración incluso más amplia que la de la cigüeña blanca, sus picos de migración se dan a mediados y a finales de septiembre (Fig. 6A).

La cigüeña negra en Lindus está descendiendo en número a lo largo de los años (Fig. 6B) y la porción de individuos al final de su migración tiende a retrasarse en el período estudiado (Fig. 6D).

Aves censadas en total: 4.910 individuos.

Media por año: 446,36 (\pm 137,79) individuos.

Duración de la migración: 64 días.

Pico migración: 28 de agosto.

Año con más aves: 2019 con 697 individuos.

Día con más aves: 16 de septiembre de 2019 con 149 aves.

Estima de la población europea: 19.500-27.800 individuos adultos.

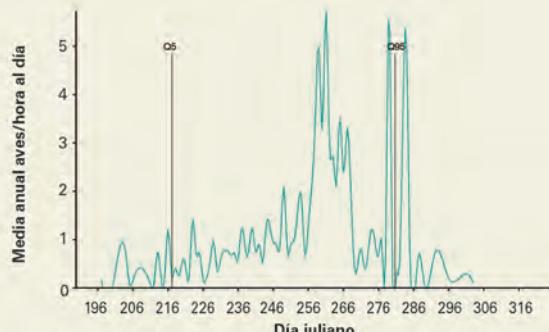
Proporción de la población europea: 1,61% - 2,29%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 6

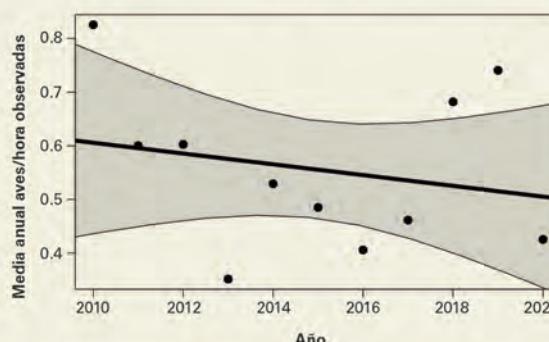
A

Número de aves/hora al día de cigüeña negra en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



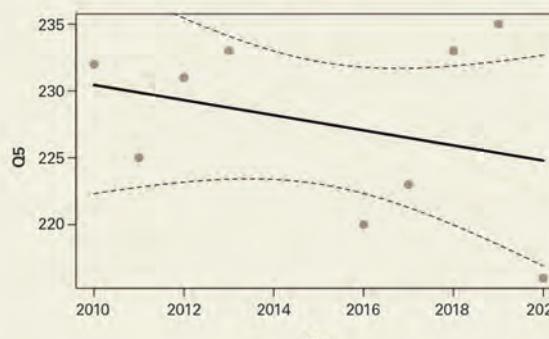
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de cigüeña negra observado en Lindus.



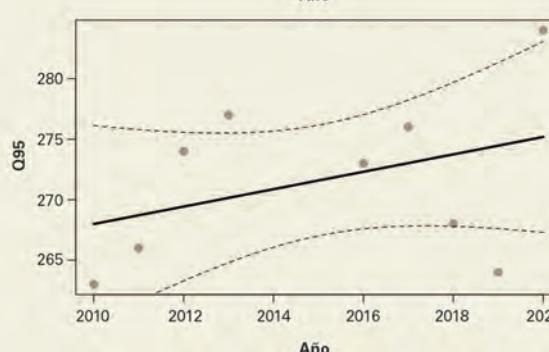
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de cigüeña negra en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de cigüeña negra en Lindus.



Columba oenas



J. Arribalzaga

PALOMA ZURITA

(*Columba oenas*)



La paloma zurita es una especie bien distribuida por toda Europa y centro oeste asiático. Casi todas las poblaciones del norte de Europa son migradoras, mientras que las poblaciones más al sur tienden progresivamente a ser residentes en su zona de cría. A pesar de estar catalogada como no amenazada, la población de paloma zurita está en disminución. Junto con la paloma torcaz, es una especie ampliamente cazada en Pirineos, sin embargo, la proporción de zuritas cazadas ha pasado del 32% a finales del siglo XIX al 4% a finales del siglo XX (de Juana & García, 2015).

La paloma zurita aparece en Lindus a finales de la temporada, junto a las otras palomas y con un marcado pico en la primera semana de noviembre (Fig. 7A). La tendencia de la paloma zurita es estable a lo largo de los años (Fig. 7B) y se observa una tendencia al retraso general importante en su migración (Fig. 7C y 7D).

Aves censadas en total: 80.117 individuos.

Media por año: 1.139,50 (\pm 1.098,21) individuos.

Duración de la migración: 45 días.

Pico migración: 17 de octubre.

Año con más aves: 2012 con 3.829 individuos.

Día con más aves: 23 de octubre de 2012 con 1.653 aves.

Estima de la población europea: 1.120.000-2.070.000 individuos adultos.

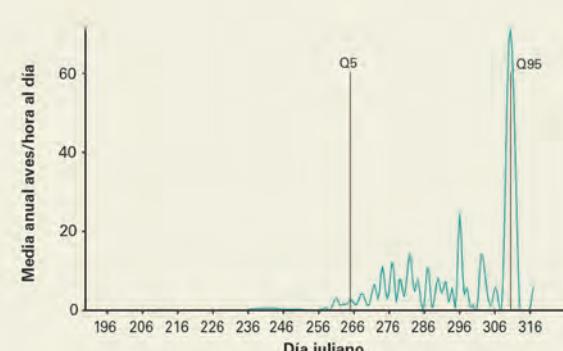
Proporción de la población europea: 0,06% - 0,10%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 7

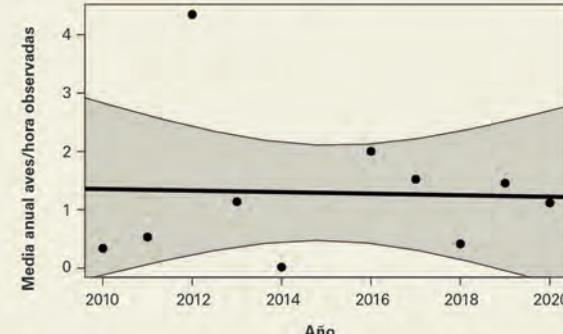
A

Número de aves/hora al día de paloma zurita en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



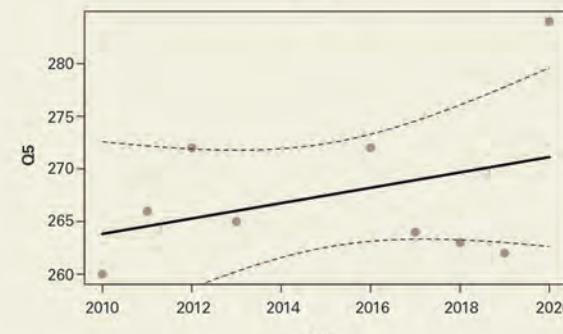
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de paloma zurita observado en Lindus.



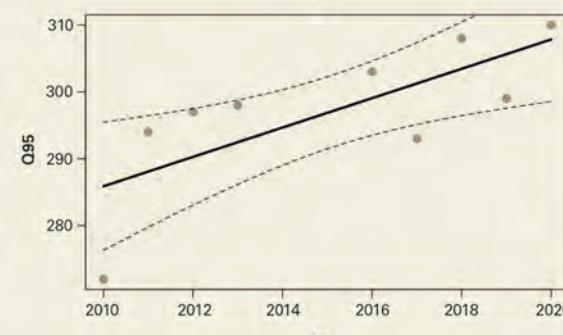
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de paloma zurita en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de paloma zurita en Lindus.





Columba palumbus

PALOMA TORCAZ

(*Columba palumbus*)



La paloma torcaz está distribuida por toda Europa, siendo las poblaciones del norte y este más migradoras y las del sur y oeste más residentes. Invernan en Francia y en la península Ibérica en grandes números. Se estima en millones de palomas las que pasan por los Pirineos (de Juana & García, 2015), siendo por este motivo objeto de caza en Francia y España. Está catalogada como no amenazada pues la población global es enorme y es abundante en todo su rango de distribución. Se han reportado evidencias de su incremento en parques y jardines del norte de Europa y está en expansión en Escandinavia y Finlandia. Al igual que la paloma zurita, la paloma torcaz tiene su pico de migración en la primera semana de noviembre (Fig. 8A), sin embargo, su presencia parece que va en aumento a lo largo de los años (Fig. 8B).

Al igual que la paloma zurita, la paloma torcaz tiende a retrasar su paso por Lindus en el período estudiado (Fig. 8C y 8D).

Aves censadas en total: 138.299 individuos.

Media por año: 17.287,38 (\pm 13.196,31) individuos.

Duración de la migración: 21 días.

Pico migración: 28 de octubre.

Año con más aves: 2018 con 40.698 aves.

Día con más aves: 6 de noviembre de 2020 con 24.066 aves.

Estima de la población europea: 40.900.000-58.000.000 individuos adultos. (BirdLife International, 2021).

Proporción de la población europea: 0,03% - 0,04%.

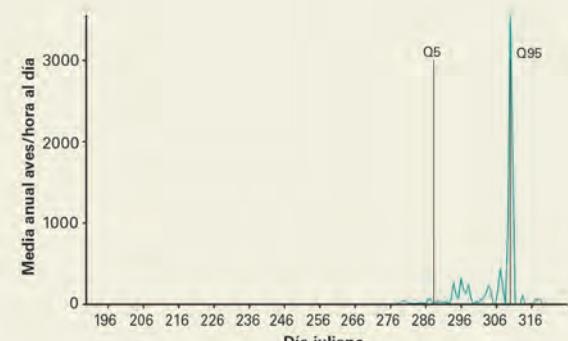
*Este porcentaje es ligeramente inferior porque en los censos de Lindus están incluidos los jóvenes.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 8

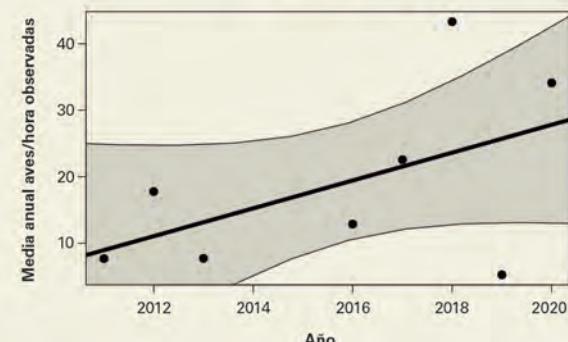
A

Número de aves/hora al día de paloma torcaz en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



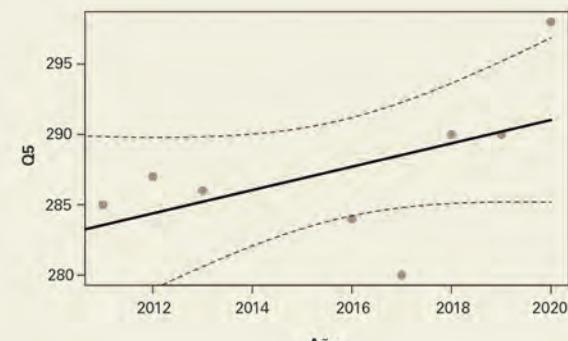
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de paloma torcaz observado en Lindus.



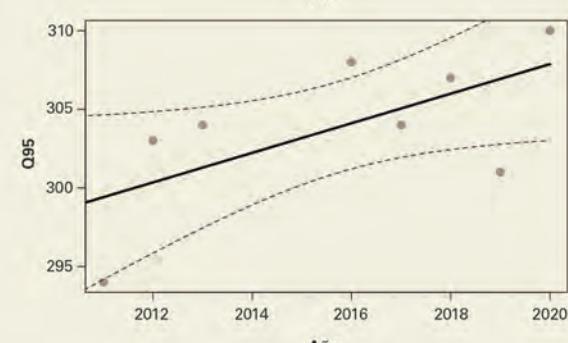
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de paloma torcaz en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de paloma torcaz en Lindus.





ABEJERO EUROPEO

(*Pernis apivorus*)

El abejero europeo es una especie migradora de larga distancia, desde sus áreas de cría en Europa a los lugares de invernada en África ecuatorial al sur del Sahara. Abandona las áreas de cría en agosto y septiembre, y retorna a Europa entre abril y junio (del Hoyo *et al*, 1994). Estas aves se reúnen en grandes grupos durante la migración, sobre todo cuando tienen que cruzar barreras geográficas, como lo es Lindus. La población de abejero europeo es aparentemente estable, aunque con algunas fluctuaciones a nivel regional. Es posible que esto se deba a que los insectos que componen su dieta (principalmente avispas y avispones) no se han visto afectados seriamente por el uso de pesticidas (Orta *et al*, 2020). Aun así, se han detectado algunos descensos poblacionales en Escandinavia (Kjellén, 1998), Alemania, Hungría, Italia y en los Balcanes (Ferguson-Lees & Christie, 2001). El abejero europeo es la rapaz más cazada en la migración postnupcial en Europa (Van Maeen et al, 2001). Grandes números de estas aves son aún cazadas ilegalmente durante su migración en países como Malta, Georgia o Italia, donde son tiroteadas por deporte, como alimento e incluso por ser consideradas, infundadamente, aves con propiedades medicinales. Al parecer, la fragmentación de los hábitats forestales no es una amenaza para el abejero europeo (Steiner, 2000).

El halcón abejero es la especie con la migración más corta y concentrada en el tiempo. El 95% de los individuos pasan por Lindus en apenas 20 días (Fig. 9A). Se observa un claro declive del paso migratorio de halcón abejero a lo largo de los años (Fig. 9B). Parece ser que el inicio de su migración se está retrasando con el paso de los años (Fig. 9C). En su tramo final el retraso es menos evidente (Fig. 9D).

Aves censadas en total: 80.117 individuos.

Media por año: 7.283,36 (\pm 2.874,01) individuos.

Duración de la migración: 21 días.

Pico migración: 26 de agosto.

Año con más aves: 2010 con 12.123 individuos.

Día con más aves: 28 agosto de 2010 con 3.404 aves.

Estima de la población europea: 235.000-342.000 individuos adultos.

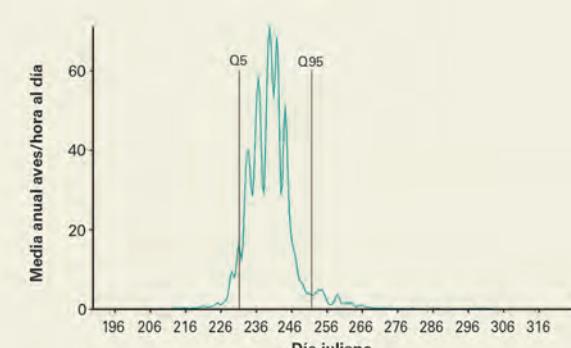
Proporción de la población europea: 2,13% - 3,10%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 9

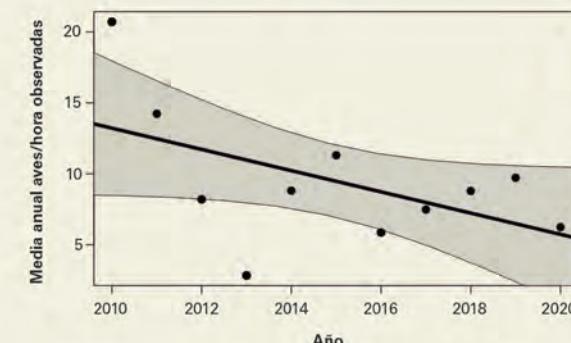
A

Número de aves/hora al día de abejero europeo en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



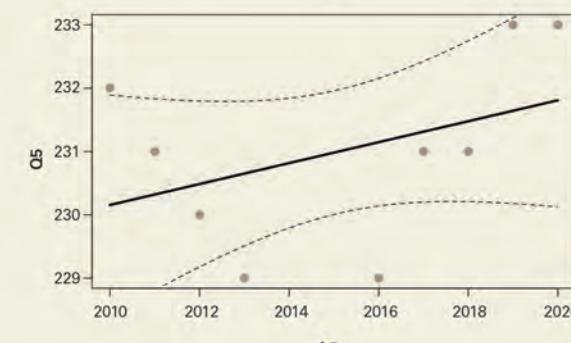
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de abejero europeo observado en Lindus.



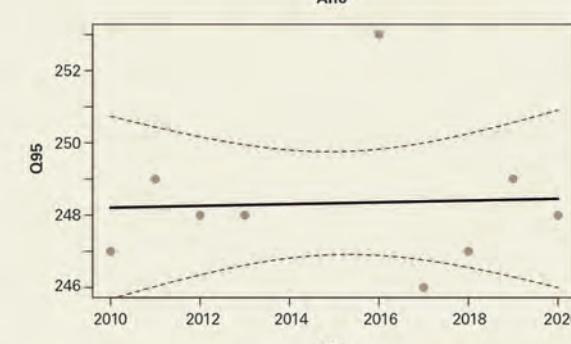
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de abejero europeo en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de abejero europeo en Lindus.





MILANO NEGRO

(*Milvus migrans*)

El milano negro es una especie ampliamente distribuida en Europa, Asia, África y Australia, y es una de las rapaces más comunes en muchas de las áreas donde habita. El milano negro en general es un gran migrador, observándose en altos números en el estrecho de Gibraltar. En Lindus es la segunda rapaz más abundante, después del abejero europeo. A pesar de ser una de las rapaces más comunes en el mundo, la población de milano negro está en descenso debido al uso de venenos, la caza ilegal, contaminación de las masas de agua y el abuso de pesticidas (Ferguson-Lees & Christie, 2001). Sin embargo, en Europa su tendencia es estable e incluso va en aumento en los países con mayor número de milano negro en sus territorios. En el estrecho de Gibraltar, el número de milanos negros migrantes ha aumentado entre los años 1990 y 2010 (de Juana & García, 2015).

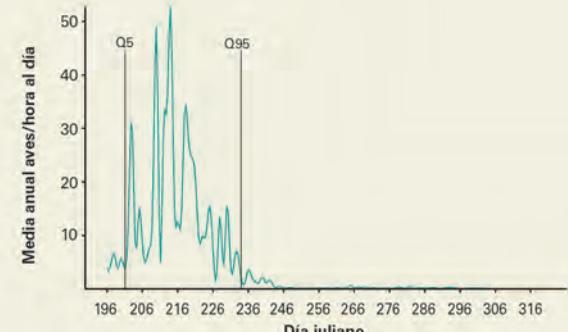
El milano negro es de las especies más tempranas en Lindus, de hecho, el período de muestreo no abarca el inicio de la migración de esta especie (Fig. 10A). Se aprecia un ligero incremento del paso migratorio de milano negro a lo largo de los años (Fig. 10B). El milano negro es de las especies que muestra mayor tendencia al adelanto de su migración en Lindus (Fig. 10C y 10D).

Aves censadas en total:	40.732 individuos.
Media por año:	3.702,91 ($\pm 2.379,88$) individuos.
Duración de la migración:	33 días.
Pico migración:	31 de julio.
Año con más aves:	2019 con 7.725 individuos.
Día con más aves:	2 de agosto de 2015 con 3.189 aves.
Estima de la población europea:	162.000-218.000 individuos adultos.
Proporción de la población europea:	1,70% - 2,29%.
Estatus de conservación:	No amenazada.

Figura 10

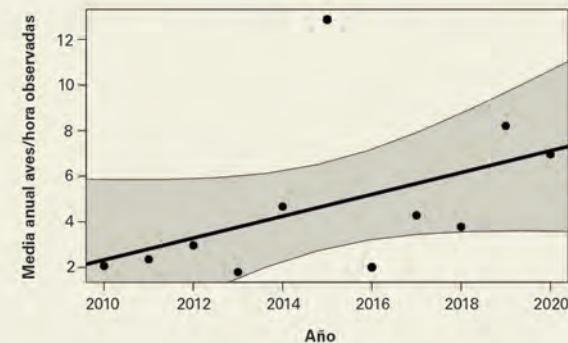
A

Número de aves/hora al día de milano negro en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



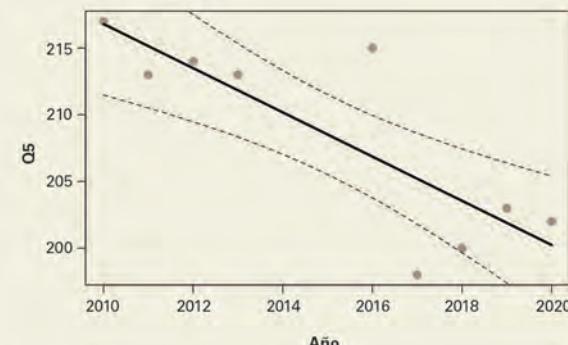
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de milano negro observado en Lindus.



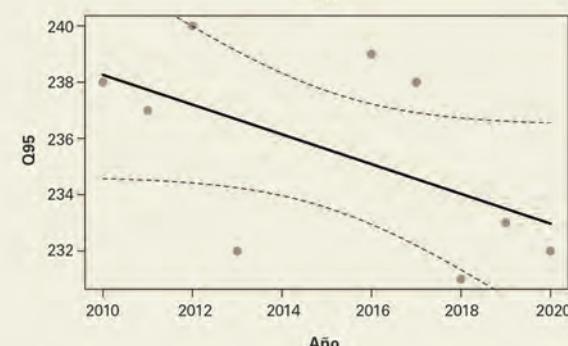
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de milano negro en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de milano negro en Lindus.





MILANO REAL

(*Milvus milvus*)



El milano real es una especie bien distribuida por Europa. Es principalmente migradora de corta distancia en norte y centro Europa, donde se está viendo que, cada vez más, hay más invernantes desde el sur de Suecia a Suiza o Alemania. La gran mayoría de los migrantes invernan en el sur de Francia y, sobre todo, en la península Ibérica, pasando estos últimos por Pirineos (Urcun & Bried, 1998; de Juana & García, 2015). Muy pocos individuos migran al norte de África, principalmente lo hacen a través del estrecho de Gibraltar (de Juana & García, 2015). Es una especie que no está amenazada en Europa donde cría el 95% de la población mundial.

El paso de milano real en Lindus es bastante tardío. De hecho, el período de muestreo no llega a abarcar el final de la migración de esta especie. Existe un pico bastante importante en la primera semana de octubre (Fig. 11A). Al igual que el milano negro, el milano real está en ligero ascenso con el transcurso de los años (Fig 11B). En cuanto a su fenología, el principio de la migración está sufriendo un ligero retraso (Fig. 11C), el final lo está sufriendo más marcadamente (Fig. 11D).

Aves censadas en total: 28.936 individuos.

Media por año: 2.630,55 ($\pm 2.007,21$) individuos.

Duración de la migración: 49 días.

Pico migración: 15 de octubre.

Año con más aves: 2017 con 6.357 individuos.

Día con más aves: 7 de octubre de 2017 con 1.247 aves.

Estima de la población europea: 60.000-70.000 individuos adultos.

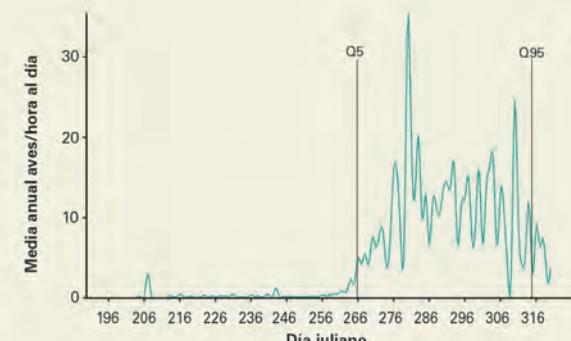
Proporción de la población europea: 3,76% - 4,38%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 11

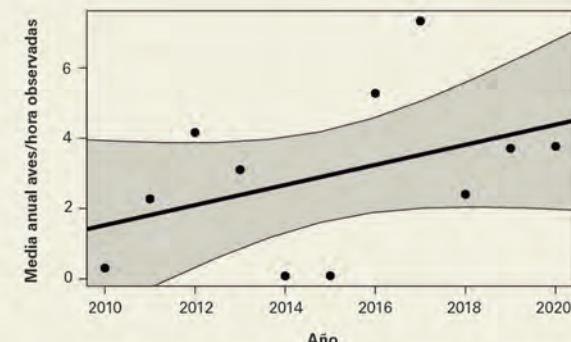
A

Número de aves/hora al día de milano real en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



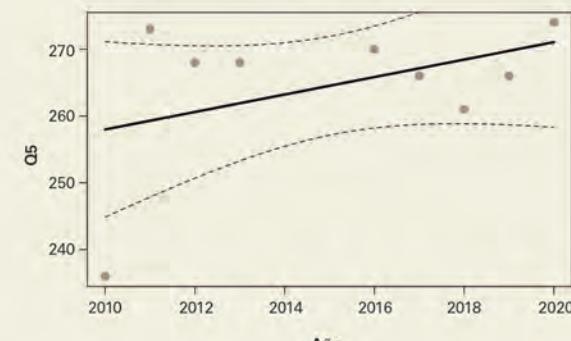
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de milano real observado en Lindus.



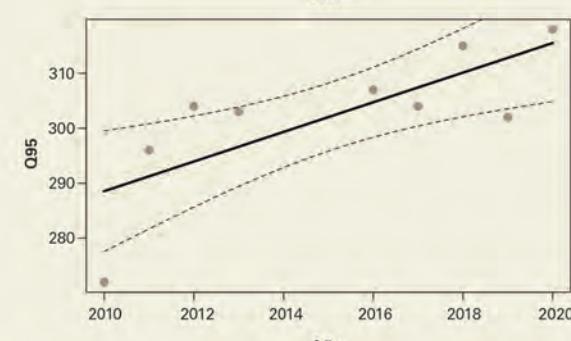
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de milano real en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de milano real en Lindus.



Circus aeruginosus



A. Pérez

AGUILUCHO
LAGUNERO

(*Circus aeruginosus*)



El aguilucho lagunero se distribuye por toda Europa, centro y oeste de Asia. Es principalmente migratorio en el norte de Europa, invernando desde el sur de Francia al sur del Sahara. Muchos individuos invernan en la Península. Las poblaciones más meridionales son sedentarias o migrantes de corta distancia, sin llegar a cruzar el estrecho de Gibraltar. Está catalogada como especie no amenazada. Históricamente sufrió cierto declive por la desecación de los humedales y destrucción de los hábitats, así como por el abuso de pesticidas en la agricultura. Actualmente la población europea está estable e incluso en ligera recuperación.

El aguilucho lagunero es de las especies con migración más amplia en el tiempo, observándose individuos casi en la totalidad del periodo muestreado. Es a mediados de septiembre cuando se observan las mayores tasas de paso de esta especie (Fig. 12A). En cuanto a su evolución a lo largo de los años, presenta una ligera tendencia negativa (Fig. 12B). Aunque con una gran variabilidad, parece que el aguilucho lagunero tiende a mantener sus fechas de migración, quizás con un pequeño adelanto en el cuartil 95 (Fig. 12C y 12D).

Aves censadas en total: 3.050 individuos.

Media por año: 277,27 (\pm 84,29) individuos.

Duración de la migración: 60 días.

Pico migración: 7 de septiembre.

Año con más aves: 2019 con 385 individuos.

Día con más aves: 15 de septiembre de 2011 con 120 aves.

Estima de la población europea: 199.000-367.000 individuos adultos.

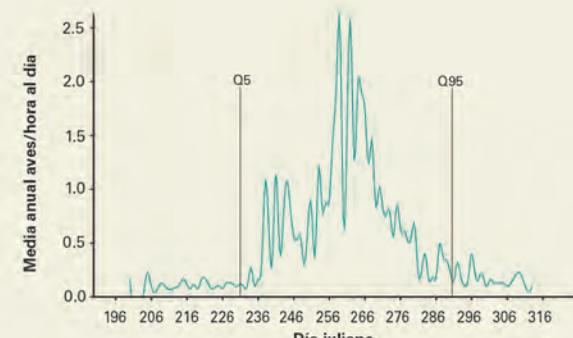
Proporción de la población europea: 0,08% - 0,14%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 12

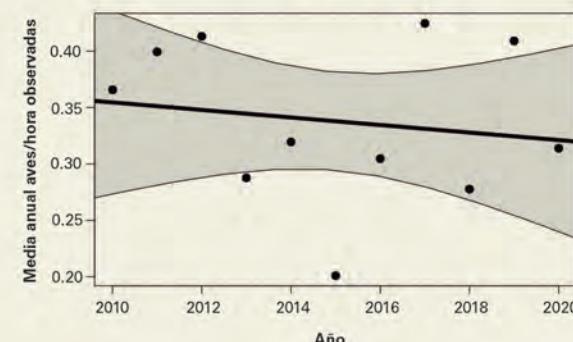
A

Número de aves/hora al día de aguilucho lagunero en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



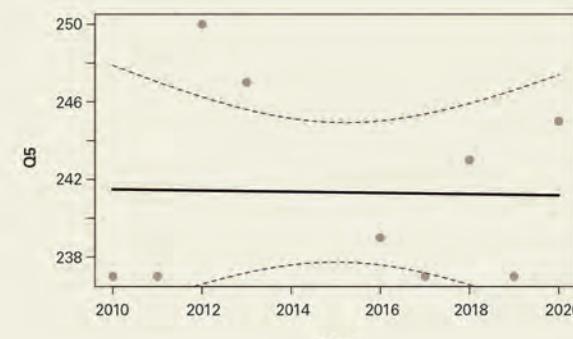
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de aguilucho lagunero observado en Lindus.



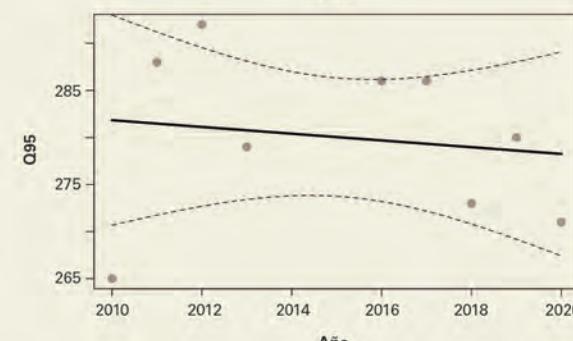
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de aguilucho lagunero en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de aguilucho lagunero en Lindus.





Circus pygargus



AGUILUCHO CENIZO

(*Circus pygargus*)

El aguilucho cenizo es una especie esteparia bien distribuida por el oriente y occidente europeo, no siendo así en el centro de Europa, donde su distribución es a base de parches donde encuentra la vegetación adecuada para la nidificación, principalmente en cultivos de cereal y terrenos de barbecho. El aguilucho cenizo es un migrante de larga distancia que cruza el Sahara en cada migración. Las aves más occidentales que pasan por Lindus invernan en Senegambia y Guinea-Bisáu, y suelen utilizar dormideros comunales en la sabana. La población de aguilucho cenizo está en serio declive a pesar de no estar aún considerada como amenazada. En la reproducción, esta especie está muy ligada a los cultivos, por lo que es muy sensible a las prácticas de la agricultura intensiva, sobre todo a la cosecha temprana, la pérdida de hábitat y vegetación natural y también al acusado descenso de presas.

El aguilucho cenizo presenta una migración centrada en el 24 de agosto, con dos picos muy claros, sobre todo el segundo, que se da en la primera semana de octubre (Fig. 13A). El aguilucho cenizo presenta una clara tendencia a la disminución, con números realmente bajos en 2020 (Fig. 13B). El inicio de la migración de aguilucho cenizo presenta una tendencia al adelanto de 10 días, sin embargo, el final de su migración tiende a retrasarse con el paso de los años (Fig. 13C y 13D).

Aves censadas en total: 994 individuos.

Media por año: 90,36 (\pm 64,23) individuos.

Duración de la migración: 46 días.

Pico migración: 17 de agosto.

Año con más aves: 2011 con 257 individuos.

Día con más aves: 25 agosto de 2011 con 70 aves.

Estima de la población europea: 109.000-184.000 individuos adultos.

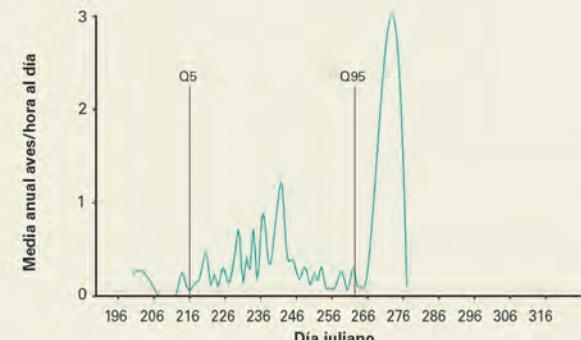
Proporción de la población europea: 0,05% - 0,08%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 13

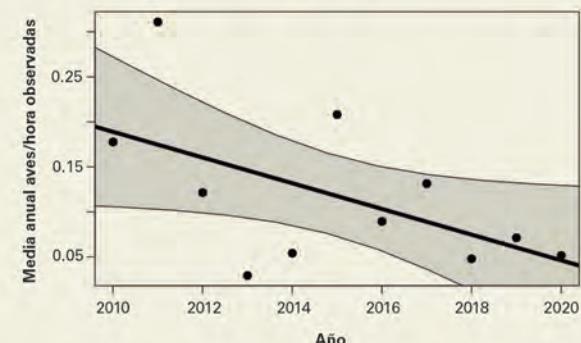
A

Número de aves/hora al día de aguilucho cenizo en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



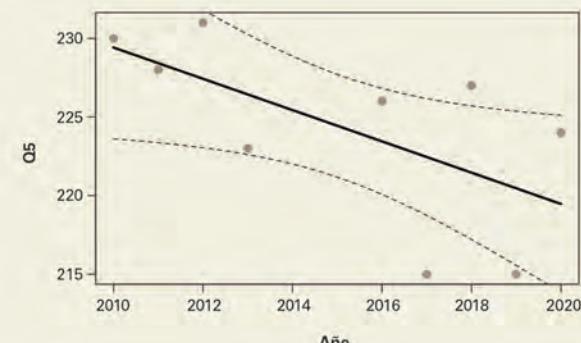
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de aguilucho cenizo observado en Lindus.



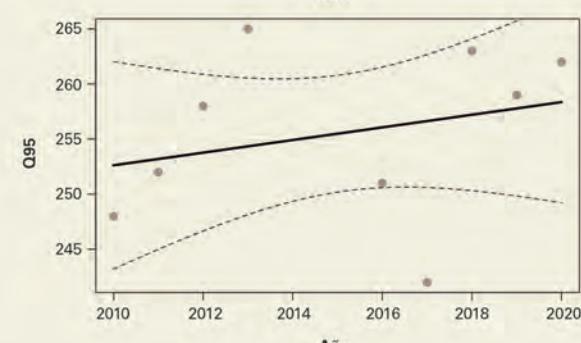
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de aguilucho cenizo en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de aguilucho cenizo en Lindus.





Circus cyaneus

J. Sibilla

AGUILUCHO PÁLIDO

(*Circus cyaneus*)



El aguilucho pálido se distribuye por toda Europa y todo el norte de Asia. Es un migrante de corta distancia, muchos individuos son residentes en Europa occidental, sobre todo en el sur, aunque parte de la población más norteña migra hacia al sur de Francia y a la península Ibérica a través de los Pirineos. El aguilucho pálido está catalogado como no amenazado. Sus poblaciones varían localmente, pero aparentemente parece que hay un cierto declive poblacional. Sus principales amenazas son la agricultura intensiva, la destrucción de los hábitats naturales y la desecación de los humedales.

El aguilucho pálido presenta un patrón migratorio tardío, con varios picos en la primera semana de octubre (Fig. 14A). Al igual que ocurre con el cenizo, el aguilucho pálido presenta un claro declive con el paso de los años (Fig. 14B). Parecer ser que el aguilucho pálido ha retrasado su migración en Lindus a lo largo de los años estudiados (Fig 14C y 14D).

Aves censadas en total: 815 individuos.

Media por año: 74,09 ($\pm 63,42$) individuos.

Duración de la migración: 80 días.

Pico migración: 7 de septiembre.

Año con más aves: 2012 con 210 individuos.

Día con más aves: 1 de octubre de 2012 con 26 aves.

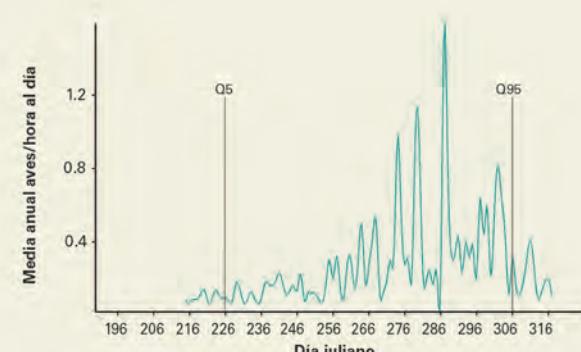
Estima de la población europea: 60.000-109.000 individuos adultos.

Proporción de la población europea: 0,07% - 0,12%.

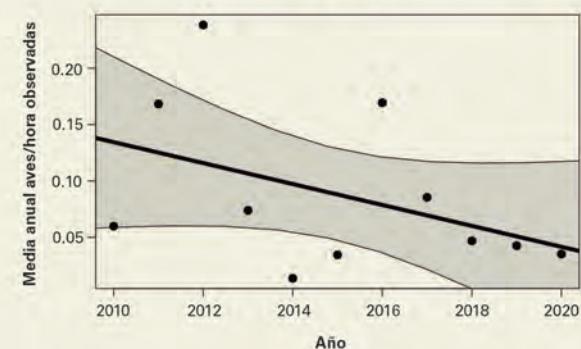
Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 14**A**

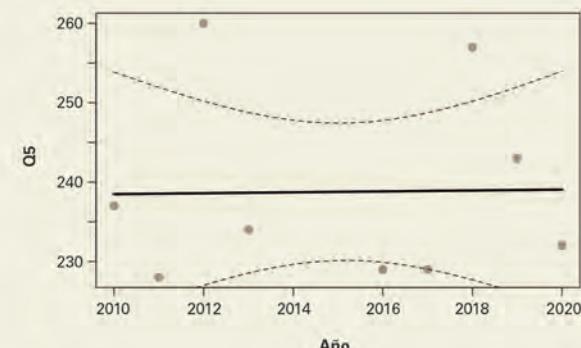
Número de aves/hora al día de aguilucho pálido en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.

**B**

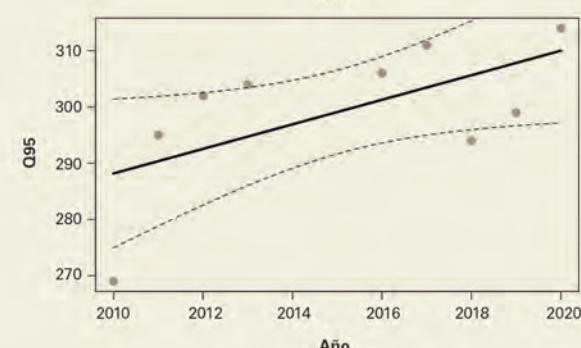
Variación anual en el número medio de aves/hora de aguilucho pálido observado en Lindus.

**C**

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de aguilucho pálido en Lindus.

**D**

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de aguilucho pálido en Lindus.



Falco tinnunculus



J. Arribalzaga



CERNÍCALO VULGAR

(*Falco tinnunculus*)



El cernícalo vulgar es un pequeño halcón bien distribuido y abundante en toda Europa, centro y sur de Asia. Las poblaciones del norte y este de Europa son migrantes de corta distancia, atravesando la cordillera pirenaica para invernar en la Península. El resto de poblaciones son residentes o con pequeños movimientos locales. Es una de las rapaces más comunes de Europa, aunque se está detectando un declive general en sus poblaciones debido principalmente al abuso de los pesticidas que están haciendo desaparecer a los insectos de los que se alimenta.

El cernícalo vulgar presenta un patrón de paso por Lindus muy amplio durante el período de estudio, aunque sus picos ocurren en la primera semana de octubre (Fig. 15A). Presenta una ligera tendencia a la disminución con el transcurso de los años (Fig. 15B). Además, el cernícalo vulgar está tendiendo a retrasar su paso migratorio por Lindus (Fig. 15C y 15D).

Aves censadas en total: 3.295 individuos.

Media por año: 299,55 ($\pm 200,35$) individuos.

Duración de la migración: 82 días.

Pico migración: 6 de septiembre.

Año con más aves: 2016 con 566 individuos.

Día con más aves: 4 de octubre de 2016 con 160 aves.

Estima de la población europea: 819.000-1.210.000 individuos adultos.

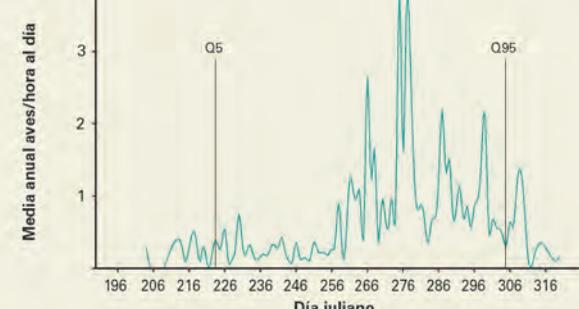
Proporción de la población europea: 0,02% - 0,04%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 15

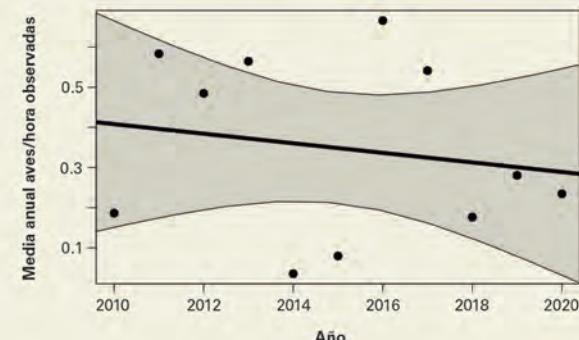
A

Número de aves/hora al día de cernícalo vulgar en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



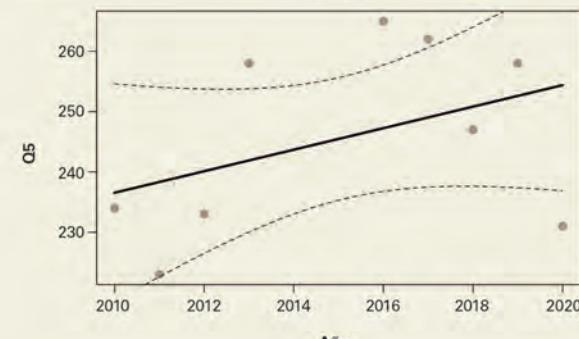
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de cernícalo vulgar observado en Lindus.



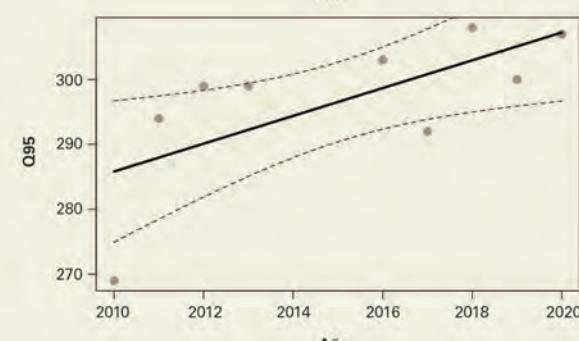
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de cernícalo vulgar en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de cernícalo vulgar en Lindus.



Falco subbuteo



J. Arilla

ALCOTÁN

(*Falco subbuteo*)

El alcotán está ampliamente distribuido por todo el Paleártico. Es un ave migratoria de larga distancia, pasando el invierno en el sur del Sahara. El alcotán tiene una migración de frente amplio, por lo que no se concentra en los cuellos de botella o estrechos, estratégicos para otros migrantes (Meyburg *et al.*, 2012). No se conocen muy bien los efectivos poblacionales ni sus tendencias, además de ser una especie que fluctúa mucho a nivel local. Aun así, está catalogada como no amenazada y parece que su tendencia es hacia la estabilidad.

Aunque sus números generales son bajos en Lindus, el alcotán presenta un pico muy marcado al final del período de muestreo, a principios de noviembre (Fig. 16A). Su paso anual tiende a aumentar ligeramente a lo largo de los años (Fig. 16B). El alcotán tiende a retrasar su paso por Lindus en el período estudiado (Fig. 16C y 16D).

Aves censadas en total: 1.299 individuos.

Media por año: 118,09 (\pm 154,95) individuos.

Duración de la migración: 58 días.

Pico migración: 5 de octubre.

Año con más aves: 2018 con 547 individuos.

Día con más aves: 10 de noviembre de 2018 con 129 aves.

Estima de la población europea: 184.000-295.000 individuos adultos.

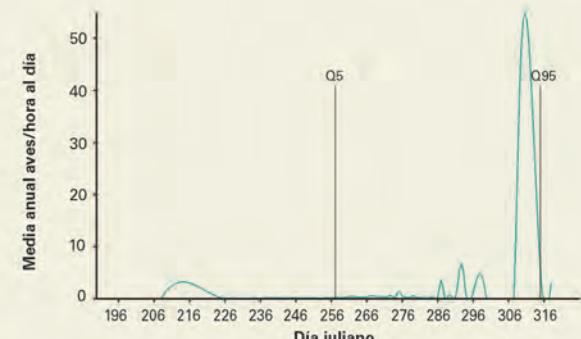
Proporción de la población europea: 0,04% - 0,06%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 16

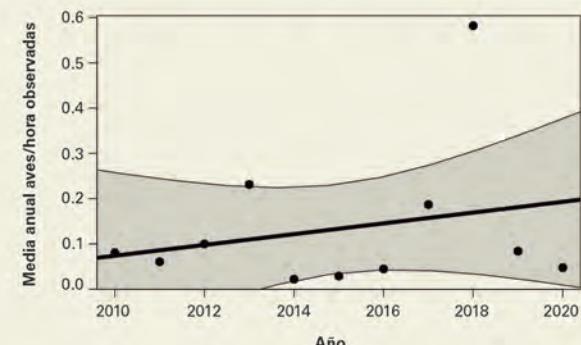
A

Número de aves/hora al día de alcotán en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



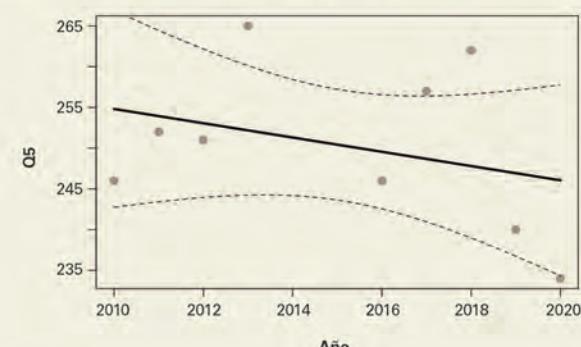
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de alcotán observado en Lindus.



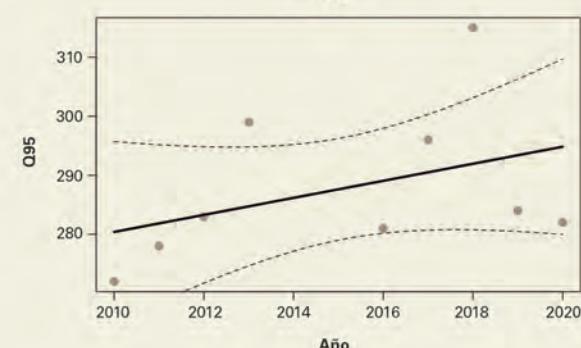
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de alcotán en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de alcotán en Lindus.





GAVILÁN

(*Accipiter nisus*)



El gavilán es una especie forestal que cría en gran parte de Europa y Asia. Las poblaciones del norte del continente son las más migradoras; las del centro y sur suelen ser residentes o con migraciones parciales. Está considerado como migrador de corta distancia, aunque algunos individuos cruzan el Sahara. El gavilán está catalogado como especie no amenazada. Actualmente las poblaciones se recuperan de un gran descenso en los años 50 debido al abuso de pesticidas, que mataron a muchos adultos en época de reproducción. Es un ave que tradicionalmente se ha capturado para cetrería y aún en la actualidad, hay países como Turquía o Georgia donde se sigue realizando esta práctica para posteriormente cazar codornices.

El gavilán presenta una migración muy amplia, apareciendo casi desde el principio hasta el final del período de conteo. Las mayores concentraciones se dan en la primera semana de octubre (Fig. 17A). El gavilán tiende a disminuir en número a su paso por Lindus a lo largo de los años (Fig. 17B). Además, el gavilán parece que tiende a retrasar su migración, sobre todo en el momento final de su período migratorio (Fig. 17C y 17D).

Aves censadas en total: 2.720 individuos.

Media por año: 247,27 ($\pm 92,85$) individuos.

Duración de la migración: 76 días.

Pico migración: 13 de septiembre.

Año con más aves: 2012 con 437 individuos.

Día con más aves: 21 de septiembre de 2013 con 47 aves.

Estima de la población europea: 805.000-1.160.000 individuos adultos. (BirdLife International, 2015).

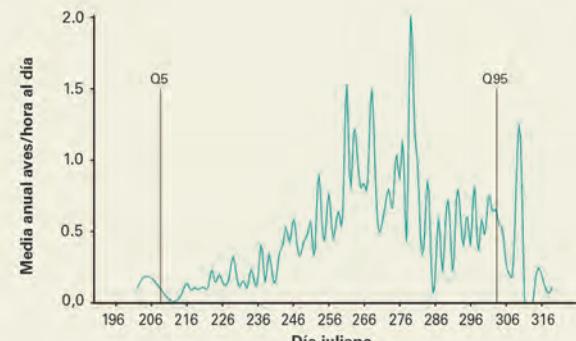
Proporción de la población europea: 0,02% - 0,03%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 17

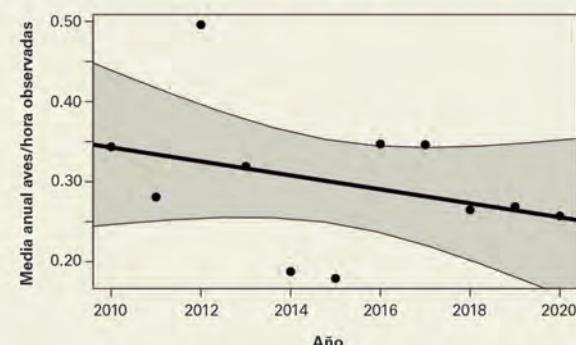
A

Número de aves/hora al día de gavilán en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



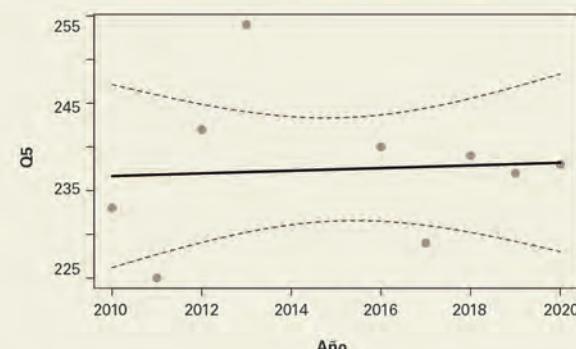
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de gavilán observado en Lindus.



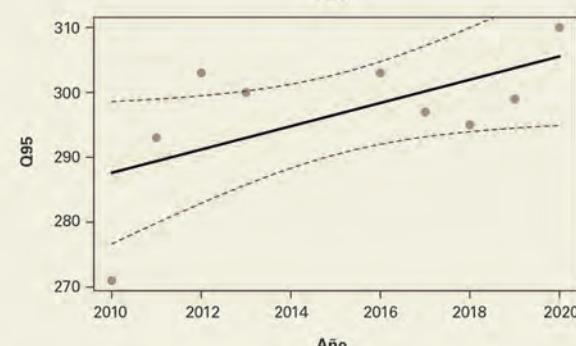
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de gavilán en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de gavilán en Lindus.





Circaetus gallicus

J. A. Bell

CULEBRERA EUROPEA

(*Circaetus gallicus*)



La culebrera europea cría en el noroeste de Europa y Asia central y es un migrante de larga distancia que pasa el invierno en el Sahel. Suelen migrar en solitario, concentrándose en pequeños grupos con otras rapaces en barreras migratorias. La culebrera sufrió un gran declive en el pasado, cuando desapareció de centro y norte Europa. Actualmente está bien establecida en el oeste europeo, sobre todo en Francia y la península Ibérica. En la actualidad, está catalogada como no amenazada.

En Lindus, la culebrera europea se concentra sobre todo en la segunda quincena de septiembre (Fig. 18A) y su tendencia con los años es a una ligera disminución (Fig. 18B). La culebrera parece que tiende a retrasar en general su paso migratorio por Lindus (Fig. 18C y 18D).

Aves censadas en total: 1.625 individuos.

Media por año: 147,73 ($\pm 65,24$) individuos.

Duración de la migración: 64 días.

Pico migración: 23 de agosto.

Año con más aves: 2012 con 246 individuos.

Día con más aves: 18 de septiembre de 2012 con 48 aves.

Estima de la población europea: 35.100-41.800 individuos adultos.

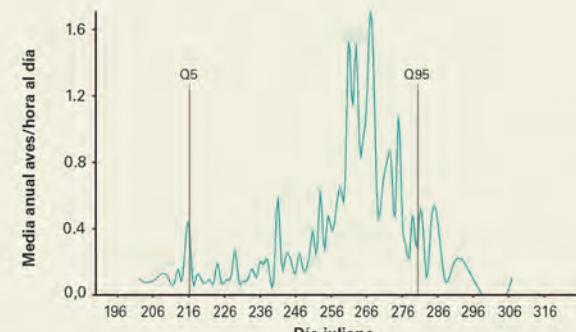
Proporción de la población europea: 0,35% - 0,42%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 18

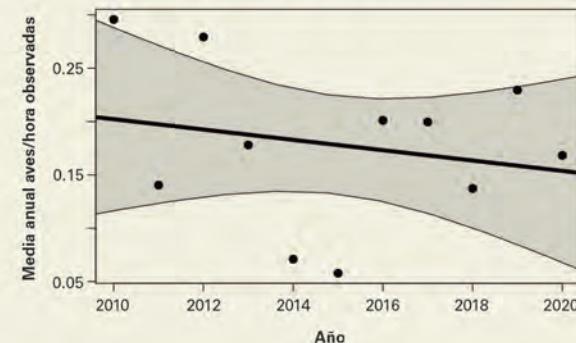
A

Número de aves/hora al día de culebrera europea en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



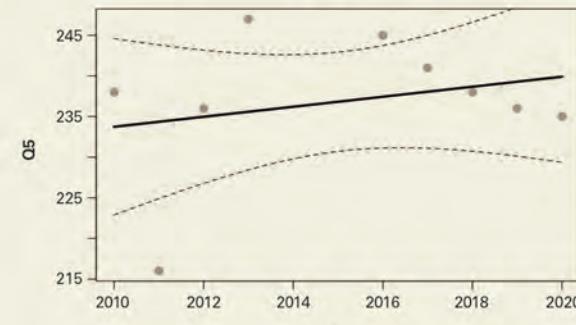
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de culebrera europea observado en Lindus.



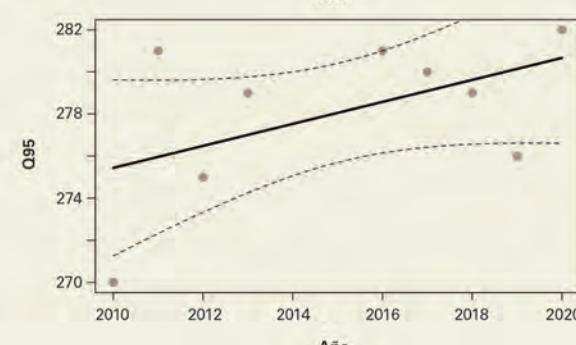
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de culebrera europea en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de culebrera europea en Lindus.



Pandion haliaetus



J. Abdella

ÁGUILA PESCADORA

(*Pandion haliaetus*)



El águila pescadora es una especie cosmopolita que se encuentra en todos los continentes, excepto en la Antártida. Es, con gran diferencia, la especie rapaz más estudiada en todo el mundo. La subespecie *Pandion haliaetus haliaetus* es la que cría en Europa. Es un ave migradora de larga y media distancia. Hay individuos que invernan en la península Ibérica y otras se adentran en el continente africano para pasar el invierno al sur del desierto del Sahara. Se han encontrado concentraciones de invernantes en Senegal, Mauritania y Gambia. Migra en solitario. El águila pescadora desapareció como reproductora de España en los años 80, debido principalmente a la persecución de sus nidos y a la destrucción del hábitat. Tras varios esfuerzos de reintroducción, la especie ha vuelto a criar en el norte y sur de la Península. Existe una importante zona de invernada en las Marismas del Odiel (Huelva) y Doñana (Sevilla, Cádiz y Huelva). Al tener un rango de distribución tan grande, la especie está catalogada como no amenazada, aunque en algunos ámbitos locales-regionales sufre cierto declive.

En Lindus, el águila pescadora no es muy numerosa, pero su paso se concentra en la segunda mitad de septiembre (Fig. 19A). Presenta una tendencia al declive con el paso de los años (Fig. 19B). El águila pescadora apenas ha modificado sus fechas de migración a lo largo de los años (Fig. 19C y 19D).

Aves censadas en total: 1.111 individuos.

Media por año: 101 ($\pm 18,88$) individuos.

Duración de la migración: 67 días.

Pico migración: 9 de septiembre.

Año con más aves: 2016 con 123 individuos.

Día con más aves: 15 de septiembre de 2011 con 33 aves.

Estima de la población europea: 16.700-24.600 individuos adultos.

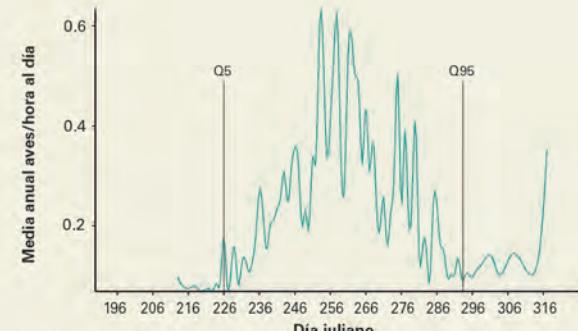
Proporción de la población europea: 0,41% - 0,60%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 19

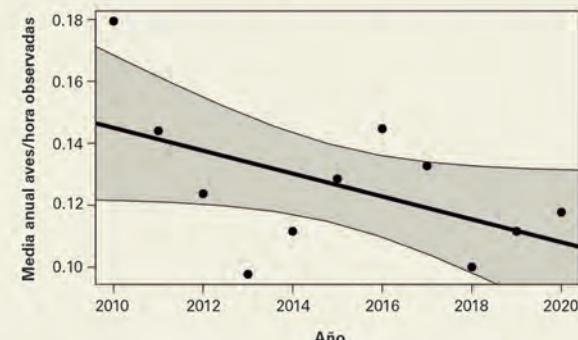
A

Número de aves/hora al día de águila pescadora en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



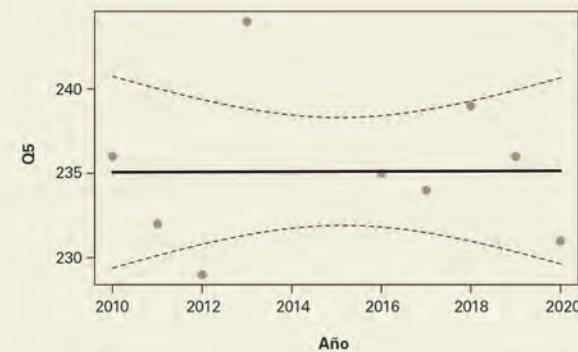
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de águila pescadora observado en Lindus.



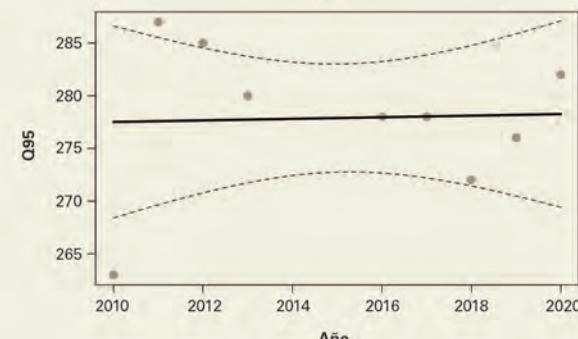
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de águila pescadora en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de águila pescadora en Lindus.



Neophron percnopterus



J. A. Allen

ALIMOCHE

(*Neophron percnopterus*)

El alimoche cría en el sur y este de Europa, norte de África y oeste asiático. Existe una subespecie que habita en las islas canarias. En Europa, este tipo de buitre es totalmente migrador de larga distancia, viajando a África subsahariana durante la época no reproductiva. Suele migrar en solitario o en grupos pequeños en los que los adultos guían a los individuos más jóvenes. Es la única especie que pasa por Lindus catalogada como en peligro de extinción. En Europa, sus números han bajado dramáticamente en las últimas décadas, aunque parece ser que, en España, donde se encuentra la mayor población de Europa, está aumentando en los últimos años (de Juana & García, 2015). Las causas de su declive son variadas, entre las más importantes están el uso de veneno, persecución directa, electrocución y disminución de animales muertos en el campo.

Las observaciones de alimoche en Lindus son muy poco numerosas, aun así, su pico se da a partir de finales de agosto (Fig. 20A). Presenta una clara tendencia a la disminución con el paso de los años (Fig. 20B). Además, tanto el inicio como el final de su migración tienden a adelantarse con el paso de los años (Figs. 20C y 20D).

Aves censadas en total: 129 individuos.

Media por año: 11,73 (\pm 6,29) individuos.

Duración de la migración: 51 días.

Pico migración: 30 de agosto.

Año con más aves: 2011 con 22 individuos.

Día con más aves: 20 de septiembre de 2011 con 5 aves.

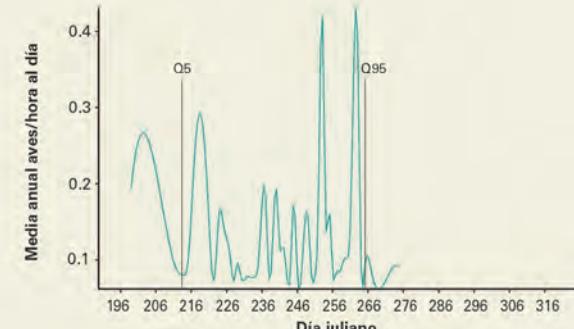
Estima de la población europea: 6.000-9.400 individuos adultos.

Proporción de la población europea: 0,12% - 0,20%.

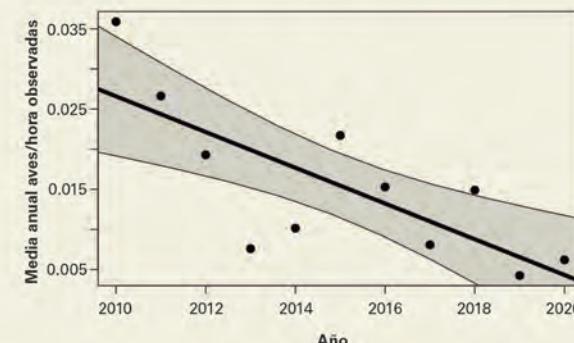
Estatus de conservación: En peligro.

Figura 20**A**

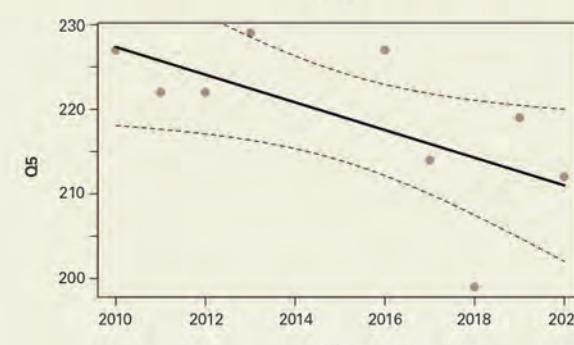
Número de aves/hora al día de alimoche en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.

**B**

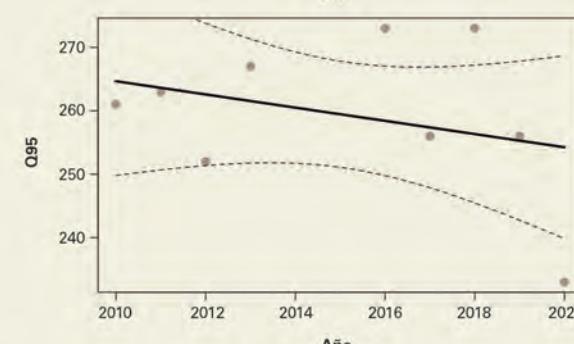
Variación anual en el número medio de aves/hora de alimoche observado en Lindus.

**C**

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de alimoche en Lindus.

**D**

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de alimoche en Lindus.





Grus grus

J. A. Billa

GRULLA COMÚN

(*Grus grus*)

La grulla común es una especie que se reproduce en Escandinavia y noreste de Europa, también en el este de Europa y Asia. Es una migrante de corta distancia. Las poblaciones más occidentales cruzan los Pirineos para invernar en el centro y sur de la Península Ibérica, y algunos individuos cruzan a África para invernar en el norte del continente. La grulla está catalogada como no amenazada. Los censos invernales en la Península muestran un aumento continuo, llegando a más de 200.000 individuos en 2007 (de Juana & García, 2015). En 2017, se observó en Pirineos un paso de más de 280.000 aves en primavera (Molina et al., 2017).

La grulla aparece en Lindus a finales de la temporada. De hecho, el período de conteo no abarca el final de su migración. Es a principios de octubre cuando existe mayor paso de esta especie (Fig. 21A). En Lindus, la grulla común está aumentando su paso a lo largo de los años, aunque este incremento puede deberse al hecho de que, en los últimos, se muestreó en el mes de noviembre (es decir, cuando migran las grullas), mientras que en los primeros años este mes no estaba incluido (Fig. 21B). La grulla tiende a retrasar su paso migratorio por Lindus, tanto su inicio como su final (Fig. 21C y 21D).

Aves censadas en total: 284.885 individuos.

Media por año: 35.610,63 (\pm 21.546,37) individuos.

Duración de la migración: 29 días.

Pico migración: 26 de octubre.

Año con más aves: 2017 con 66.306 individuos.

Día con más aves: 31 de octubre de 2017 con 27.112 con aves.

Estima de la población europea: 225.000-370.000 individuos adultos.

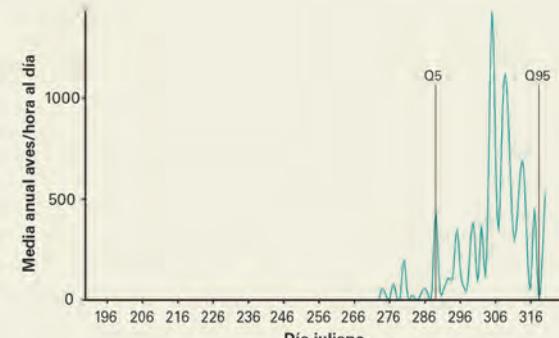
Proporción de la población europea: 9,62% - 15,83%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 21

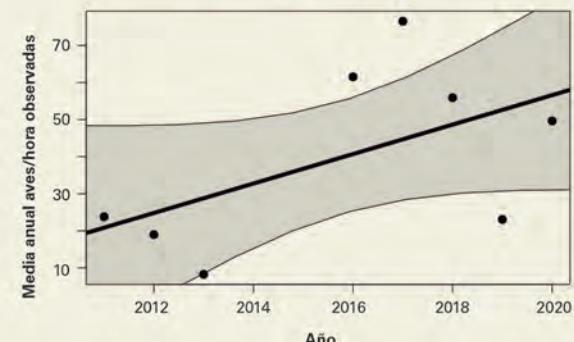
A

Número de aves/hora al día de grulla común en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



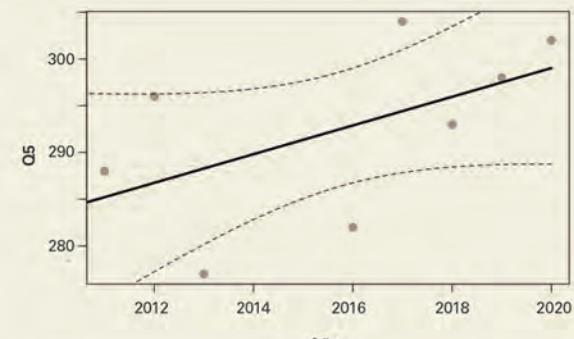
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de grulla común observado en Lindus.



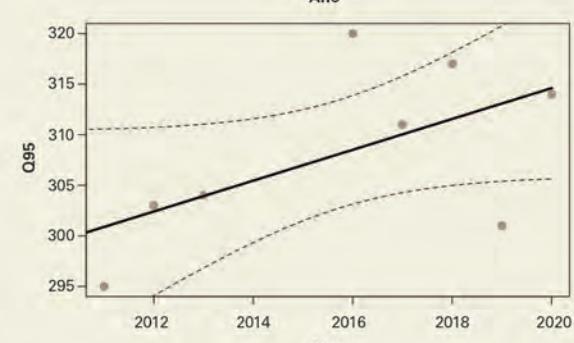
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de grulla común en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de grulla común en Lindus.



Phalacrocorax carbo



CORMORÁN GRANDE

(*Phalacrocorax carbo*)



El cormorán grande es una especie cosmopolita ampliamente distribuida, muy ligada a los ambientes costeros, pero también habita en zonas de interior, en embalses y ríos. El cormorán es principalmente no migrador en la mayor parte de su distribución europea. Sin embargo, las poblaciones del norte de Eurasia sí que son migradoras, pasando el invierno en el Mediterráneo y norte de África. Es una especie muy abundante, por lo que está catalogada como no amenazada. Desde finales del siglo XX está tendiendo a un incremento general de sus poblaciones.

El cormorán grande aparece en Lindus sobre todo al final del período de conteo, con un paso más intenso a finales de octubre (Fig. 22A). Presenta una ligera disminución de su paso migratorio a lo largo de los años (Fig. 22B). El cormorán está retrasando de forma marcada su migración en el otoño por Lindus (Fig. 22D).

Aves censadas en total: 21.163 individuos.

Media por año: 1.923,91 ($\pm 1.934,92$) individuos.

Duración de la migración: 63 días.

Pico migración: 30 de septiembre.

Año con más aves: 2012 con 7.020 individuos.

Día con más aves: 24 de octubre de 2012 con 3.049 aves.

Estima de la población europea: 803.000-1.020.000 individuos adultos.

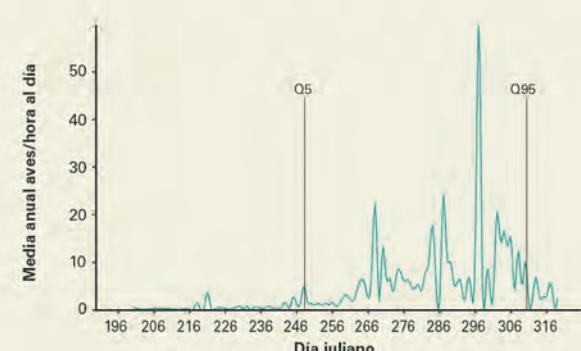
Proporción de la población europea: 0,19% - 0,24%.

Estatus de conservación: No amenazada.

Figura 22

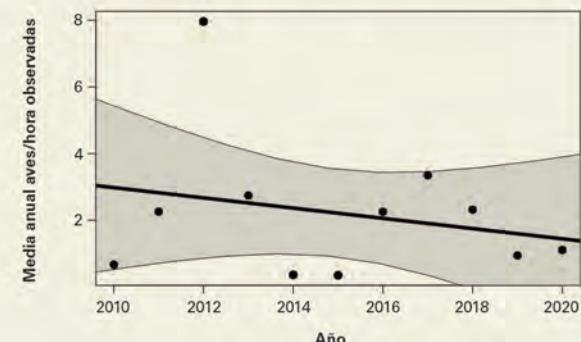
A

Número de aves/hora al día de cormorán grande en Lindus. Q5 y Q95 representan los días del año en los que han pasado el 5% y el 95%, respectivamente, del total de individuos.



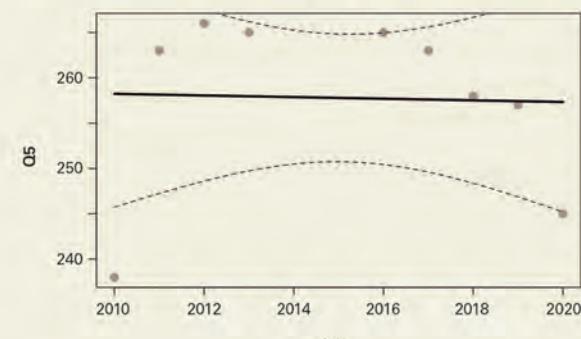
B

Variación anual en el número medio de aves/hora de cormorán grande observados en Lindus.



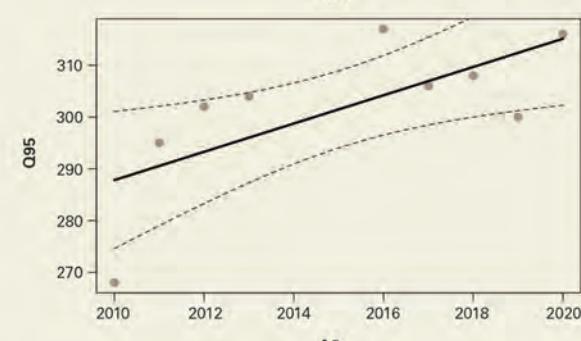
C

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 5% de individuos de cormorán grande en Lindus.



D

Variación anual en el día juliano en el que ha pasado el 95% de individuos de cormorán grande en Lindus.



Espece	Proporción población europea %	Tendencia migratoria	Tendencia Q5	Tendencia Q95
Abejero europeo	2,13-3,10	Descenso	Ligero retraso	Estable
Águila pescadora	0,41-0,60	Descenso	Estable	Estable
Aguilucho cenizo	0,05-0,08	Importante descenso	Adelanto	Ligero retraso
Aguilucho lagunero	0,08-0,14	Ligero descenso	Estable	Estable
Aguilucho pálido	0,07-0,12	Descenso	Estable	Retraso
Alcotán	0,04-0,06	Ligero aumento	Adelanto	Retraso
Alimoche	0,12-0,20	Importante descenso	Adelanto	Estable
Cernícalo vulgar	0,02-0,04	Ligero descenso	Retraso	Retraso
Cigüeña blanca	0,28-0,31	Aumento	Ligero adelanto	Adelanto
Cigüeña negra	1,61-2,29	Descenso	Adelanto	Retraso
Cormorán grande	0,19-0,24	Descenso	Estable	Retraso
Culebrera europea	0,35-0,42	Ligero descenso	Ligero retraso	Retraso
Gavilán	0,02-0,03	Ligero descenso	Estable	Retraso
Grulla común	9,62-15,83	Aumento	Adelanto	Adelanto
Milano negro	1,70-2,29	Aumento	Adelanto	Adelanto
Milano real	3,76-4,38	Aumento	Adelanto	Retraso
Paloma torcaz	0,03-0,04	Aumento	Retraso	Retraso
Paloma zurita	0,06-0,10	Estable	Retraso	Retraso
Vencejo común	0,007-0,01	Aumento	Adelanto	Adelanto

Tabla 4. Resumen de las tendencias migratorias en las especies más importantes en Lindus.

VARIACIONES INTRA E INTER-ANUALES EN EL NÚMERO DE INDIVIDUOS MIGRADORES Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA

El número de aves diarias observadas en Lindus está cambiando a lo largo de los años, pero de una forma irregular según el momento del período postnupcial de la migración (Fig. 23A). En particular, el número de aves diarias observadas está aumentando marcadamente al principio de la migración (Fig. 23A, flecha negra), pero está descendiendo ligeramente en las etapas finales (Fig. 23A, flecha negra).

Por un lado, esta asincronía en la variación del número de aves migradoras a lo largo de los años está enmascarando el patrón intra-anual

de la migración. Si bien en el 2010 había un patrón evidente, observándose la gran mayoría de aves migratorias en los meses de octubre y noviembre, en el 2020, el número de aves migradoras al principio y al final son más parecidos. Por otro lado, sin embargo, si se hubiera considerado exclusivamente la variación a lo largo de los años, al verse el ligero descenso en el número de aves migradoras observado al final de la migración (Fig. 23A), compensado por el gran aumento en el número de aves que migran al principio de la misma (Fig. 23A), no se hubiera detectado ningún patrón evidente. Los resultados, por tanto, muestran la importancia de considerar las dos escalas temporales de forma conjunta y aditiva (es decir, no sólo analizando posibles efectos lineares, sino también los patrones cíclicos), ya que la variación en el número de aves migratorias es diferente si la analizamos al principio o al final de la migración.

Las variaciones en el número de aves diarias observadas en Lindus también dependen de las características de la historia de vida de las especies (Fig. 23B-E). El descenso a lo largo de los años está siendo especialmente marcado en las aves migratorias de corta distancia, consideradas como de corta distancia aquellas cuya zona de invernada está en Europa y norte de África (Fig. 23B), en comparación con las especies de larga distancia, consideradas de larga distancia aquellas especies cuya zona de invernada está al sur del desierto del Sáhara (Fig. 23C). Del mismo modo, mientras que las aves no planeadoras parecen disminuir sus efectivos de forma lineal, tanto en el principio como en el final de la migración (Fig. 23E), las aves planeadoras presentan claras diferencias a lo largo del período de la migración (Fig. 23D), siendo sólo evidente el aumento de aves migratorias observadas en los primeros meses de la misma.

El número de aves/hora observadas depende de las condiciones climáticas locales y regionales. En particular, cuando la temperatura local aumenta (Fig. 23F) y el viento en las zonas vecinas a Lindus disminuye (Fig. 23G), el número de aves observadas disminuye. Es importante resaltar que, aunque el viento tiene un efecto leve, se encuentra entre las variables del modelo más parsimonioso que explica las variaciones en el número de aves/hora observadas diarias. Las condiciones climáticas locales que más afectan al número de aves migradoras son las que ocurren justo el día anterior, mientras que las que ocurren los días anteriores (2, 3, 4, 5 y 10) parecen tener un efecto menor en el número de aves que migran por Lindus.

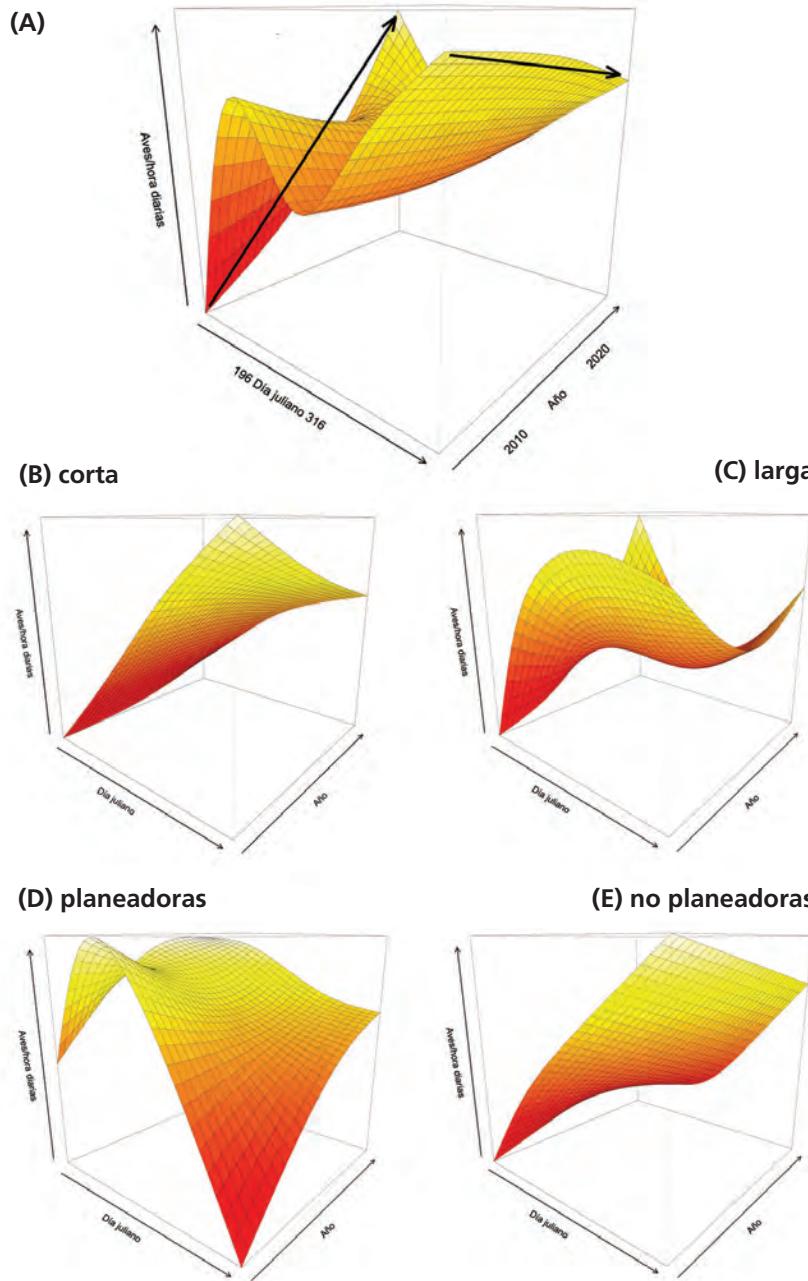
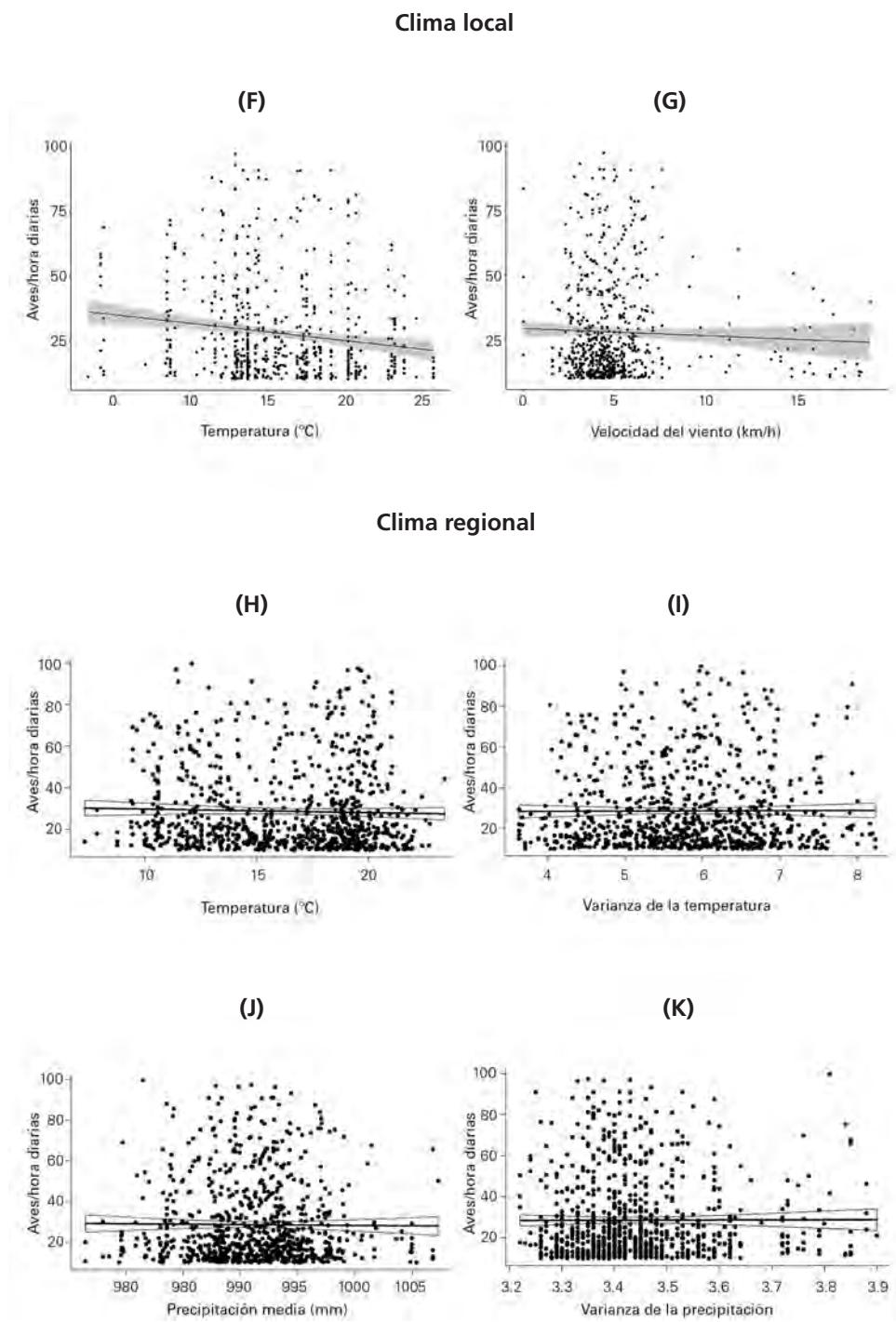


Figura 23. Variación en el tiempo de todas las aves observadas (A), de las especies con migración a corta (B) y larga (C) distancia, de especies planeadoras (D) y no-planeadoras (E). Relación de la variación en la tasa de aves observadas con el clima local (F-G) y regional (H-K).



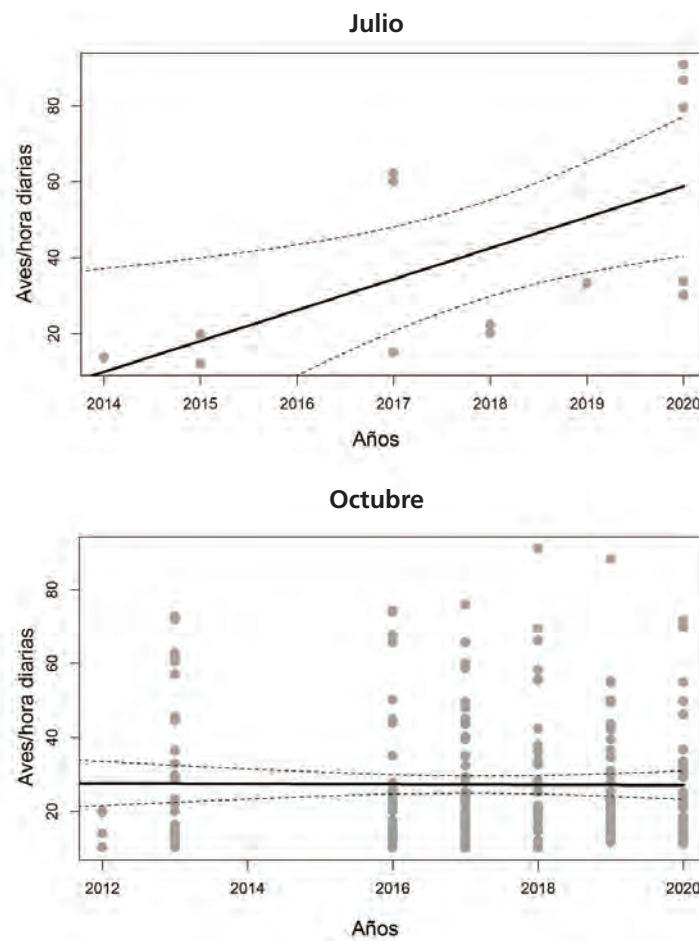


Figura 24. Variaciones de las tasas de aves observadas en Lindus al principio (gráfica de arriba) y al final (gráfica de abajo) de la migración otoñal.

El efecto de las variables climáticas regionales sobre el número de aves observadas durante la migración fue en general menor (Fig. 23H-K). A esta escala espacial, las variables más importantes son la temperatura y la precipitación, tanto en cuanto a sus medias como a sus desviaciones estándares. En general, el número de aves/observadas diarias en Lindus es ligeramente menor cuando aumenta la temperatura (Fig. 23H) y la precipitación media (Fig. 23J), así como sus desviaciones estándares (Fig. 23I-K), dos semanas antes del paso de las aves por Lindus.



Observadores en Lindus.

VARIACIONES EN LA FENOLOGÍA DE LA MIGRACIÓN Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA

Por último, en cuanto a la fenología, los resultados muestran que la migración en Lindus se está retrasando (Fig. 25A). Si bien parece que los individuos están tendiendo ligeramente a llegar cada vez más tarde a Lindus (Q5), se está produciendo un retraso evidente al final de la migración (Q95). Por tanto, no sólo son menos los individuos que migran al final de la migración, sino que además los mismos están migrando más tarde.

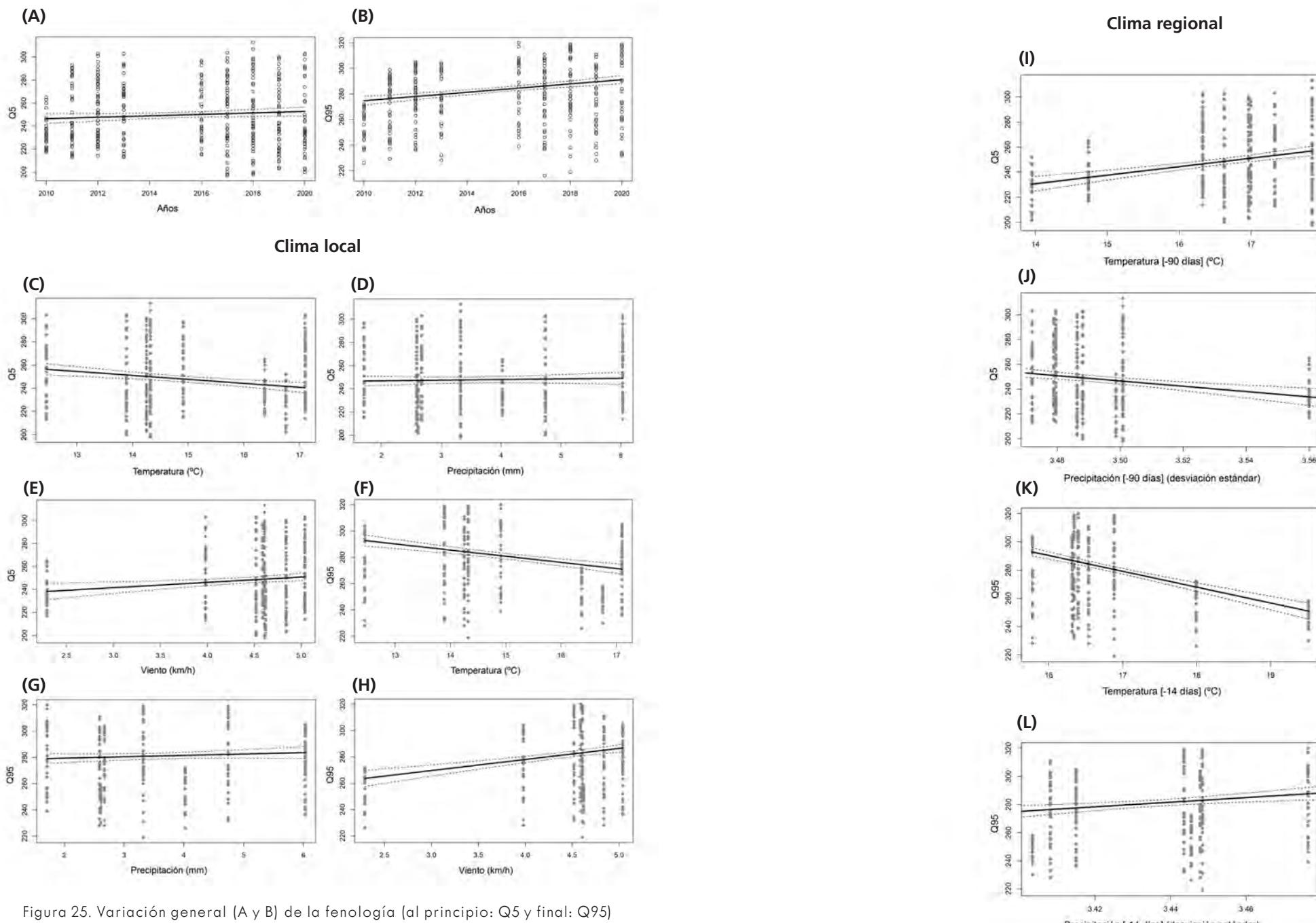


Figura 25. Variación general (A y B) de la fenología (al principio: Q5 y final: Q95) de la migración otoñal en Lindus a lo largo de los años. Relación de las variaciones fenológicas con el clima local (C-H) y regional (I-L).

Las aves que más retraso están experimentando en su fenología son las que realizan cortas distancias de migración (Fig. 26). También las aves no planeadoras están teniendo un retraso evidente en su fenología a finales de su período de migración (Fig. 26).

Los resultados muestran que la fenología está influenciada por las variaciones en las condiciones climáticas, tanto locales (Fig. 25C-H) como regionales (Fig. 25I-L). A una escala local, aumentos de temperatura los días antes del paso de las aves causan un adelanto de la migración (Fig. 25C y 25F), mientras que aumentos de precipitación o de viento provocan el efecto contrario (Fig. 25DGEH). Especialmente interesante es el efecto de las condiciones climáticas regionales durante el período reproductor (Fig. 25I-L). Cuando las temperaturas en reproducción aumentan, los individuos retrasan el comienzo de su migración (Fig. 25I). Sin embargo, en años con una alta estocasticidad en los niveles de precipitación, las aves adelantan su paso por Lindus (Fig. 25J). Aumentos de temperatura provocan no sólo que las aves retrasen su migración, sino que la misma tenga una menor duración. Esta reducción en la duración de la migración se debe a que en los años con temperaturas más elevadas, se adelanta el final de la migración (Fig. 25K). Sin embargo, la variabilidad en las precipitaciones tiene un efecto opuesto al de la temperatura: en años con mayor variabilidad en las precipitaciones, las aves que habían adelantado el inicio de su migración, retrasan el final de la misma (Fig 25L). Por tanto, mientras que aumentos de temperatura provocan retrasos en migraciones que en general tienen una menor duración, aumentos de la estocasticidad de la precipitación provocan adelantos en migraciones que tienen una mayor duración.

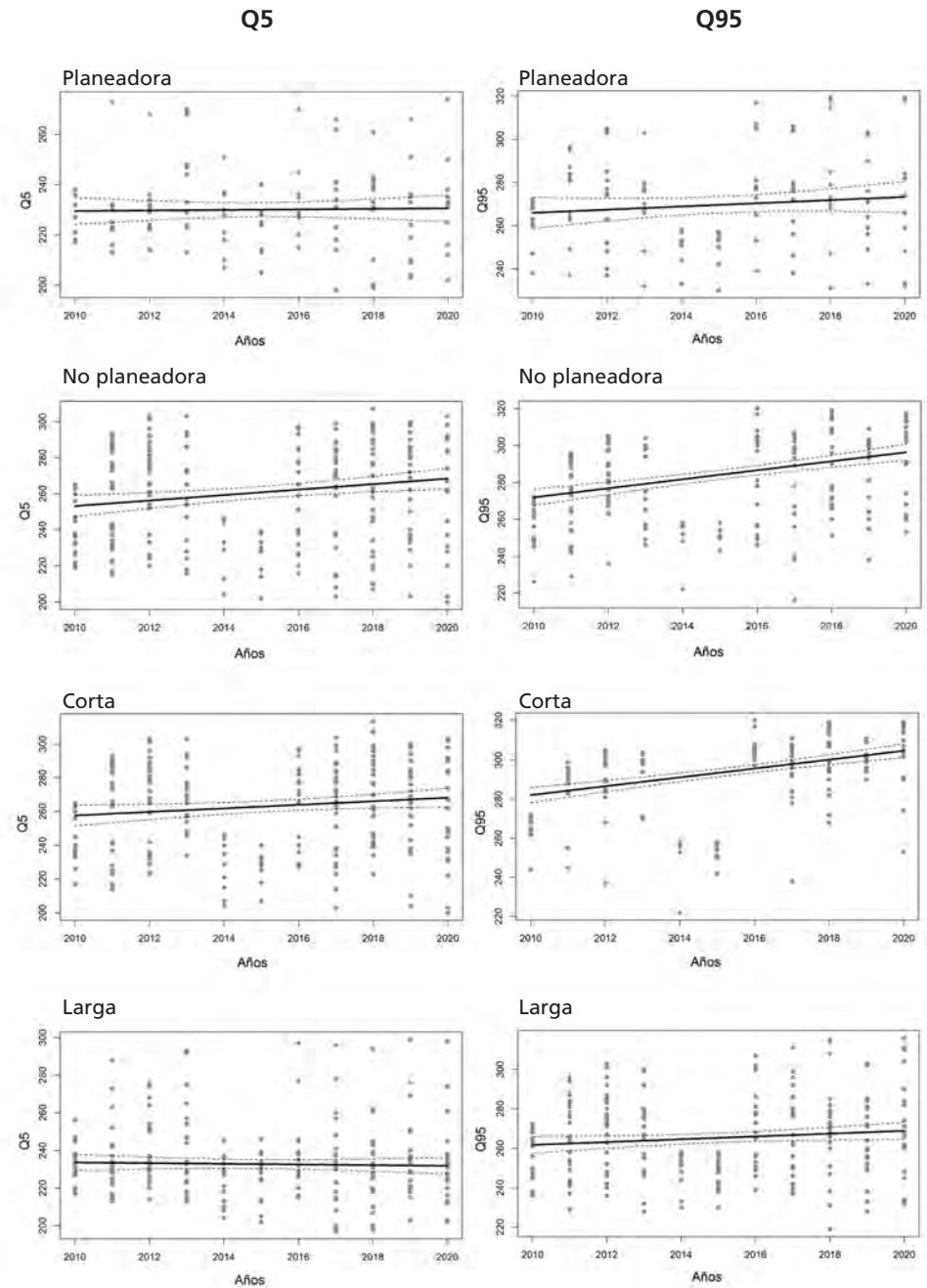


Figura 26. Variación de la fenología (al principio: Q5 y final: Q95) en función de las características de la historia de vida de las especies que pasan por Lindus.

D I S C U S I Ó N

En Lindus se han recogido datos diarios desde el 2010 al 2020 sobre la migración de 126 especies de aves pertenecientes a 13 órdenes. El resultado más importante es la alta heterogeneidad en las estrategias de migración, en parte debido a que las especies observadas presentan una amplia diversidad en las características de su historia de vida. De este modo, durante el paso otoñal se observa, por ejemplo, que las especies con migración de larga distancia, como el abejero europeo o el milano negro, pasan por Lindus antes que las de corta distancia, como el milano real o la grulla común. Además, se observa que hay especies que presentan una migración intermitente, irruptiva, observándose millares de individuos solo en algunos años. Es el caso de las palomas. De forma sorprendente, en aquellos años donde se dan estas irrupciones de columbiformes, aparecen también numerosos grupos de grullas. Estudios previos han sugerido que las irrupciones de algunas especies de aves alertan del cambio climático (Jenni & Kery, 2003).

Estos patrones migratorios, sin embargo, se están viendo modificados a lo largo de los años. Estos cambios se están observando tanto en el número de aves migratorias como en sus fenologías. Los cambios en el número de aves migratorias dependen de varios factores. En primer lugar, de las características de la historia de vida de cada especie. Nos encontramos con especies que están aumentando como el milano negro. Este aumento va en línea con las observaciones en otros pasos migratorios como Batumi (Georgia), donde, desde 2008 a 2018, se ha observado un marcado aumento en el número de milanes negros migrando en otoño (Vansteelant *et al.*, 2020), correspondiéndose a una mayor afluencia de



Milano real adulto, una de las especies planeadoras de corta distancia de Lindus.

individuos jóvenes. Hay que tener en cuenta la influencia que las diferentes edades y sexos tienen sobre el número y la fenología de las migraciones otoñales (Gordo, 2007). En Organbidexka (Francia), también se observó este aumento en el número de milanes negros en migración en el período 1999-2013 (Martín, Onrubia, de la Cruz, & Ferrer, 2016). Es importante señalar, sin embargo, que cualquier tendencia en el número de aves migratorias en lugares estratégicos, donde el esfuerzo de trabajo no ha sido constante a lo largo de los años, hay que tomarla con precaución si a la hora de analizarla no se ha tenido en cuenta la heterogeneidad en el esfuerzo de muestreo. Por ejemplo, algunos de los aumentos observados por Martín *et al.* (2016), que van en contra de los patrones observados en otros pasos migratorios de Europa, podrían deberse a un mayor esfuerzo de observación en los últimos años. De ahí la importancia de trabajar con un protocolo estandarizado estricto o de considerar las tasas de aves que pasan en función del número de horas observado, en lugar de utilizar el número bruto de aves. Otras especies, como el aguilucho cenizo o el abejero europeo, están disminuyendo en Lindus. El declive del aguilucho cenizo está en línea con lo que está ocurriendo en toda Europa. Al estar extremadamente ligada a los espacios agrícolas, esta especie sufre la destrucción de sus nidos durante la cosecha como consecuencia de la intensificación de la agricultura (Arroyo, García, & Bretagnolle, 2002; BirdLife International and Handbook of the Birds of the World, 2017). Sin embargo, el descenso del abejero europeo no está registrado en el resto de Europa. Según BirdLife International (2021), la tendencia a nivel europeo es estable.

En segundo lugar, las variaciones en el número de aves están sujetas a dos escalas temporales diferentes, por un lado, tenemos una variación intra-anual y por otro, una variación inter-anual, que engloba a la anterior. Se observa que, si bien el número de aves está aumentando en las primeras etapas de la migración postnupcial, sus números se están manteniendo casi constantes al final de la migración, con un ligero descenso. Es importante tener en cuenta esta tendencia cíclica en los procesos naturales para poder detectar patrones fieles a la realidad. En tercer y último lugar, pero no por ello menos importante, las variaciones en el número de aves migratorias observadas están relacionadas con las condiciones climáticas, tanto locales como regionales. En particular se observa que, al aumentar la temperatura y la velocidad del viento a

escala local, disminuye el número de aves observadas y es que, cuando las aves se acercan a su destino, los cambios en la migración están más correlacionados con la meteorología local (Zaifman, Shan, Ay, & Jimenez, 2017). Del mismo modo, aumentos de temperatura y de precipitación en las áreas de cría durante la primavera causan una disminución en el número de aves que pasan por Lindus. Se ha sugerido que el descenso poblacional de algunas aves migratorias que crían en Europa es causado, en parte, por su incapacidad de ajustar sus fenologías al cambio a unas condiciones primaverales cada vez más tempranas en sus lugares de cría (Saino *et al.*, 2011) y puede también estar pasando en Lindus.

Los recientes cambios observados en la temporalización de la migración de las aves ha sido un gran impulso para estudiar la fenología (Knudsen *et al.*, 2007). En Lindus, se ha visto que, en general, se está produciendo un retraso en el paso de las aves migratorias. Como se ha comentado anteriormente, existe una alta variabilidad en función de las características de historia de vida de las especies, pero, al igual que ocurre con el número de aves observadas, el momento en el que las aves pasan por Lindus está cambiando en los 11 años estudiados. Se observa que las aves con migración de corta distancia están retrasando de un modo muy acusado su paso por Lindus. Las especies con este tipo de migración podrían verse beneficiadas por el cambio climático, ya que el período reproductivo aumenta debido a la mejora en las condiciones en el área de cría, acortando así la distancia de migración (Jenni & Kery, 2003). Esto puede ser debido a que estas aves estén posponiendo (o incluso suprimiendo) su salida a las áreas de invernada para aprovechar las condiciones más atemperadas en las latitudes más altas en las que se encuentran debido al cambio climático (Gordo 2007). Para estas aves, es beneficioso invernar lo más cerca posible del área de reproducción para volver lo antes posible y establecer su territorio de cría. De este modo podrían tener más puestas y ver aumentado su éxito reproductivo (Berthold, 2001; Jenni & Kery, 2003; Newton, 2007). Aunque habría que tener en cuenta la posibilidad de que aparezcan desajustes con otros fenómenos naturales que cambien a otro ritmo, como puede ser la eclosión de insectos o la floración de determinadas plantas, perjudicando a estas poblaciones de aves (Saino *et al.*, 2011; Visser & Both, 2005).

El retraso en la fenología de las aves transaharianas en Lindus es apenas perceptible. Este grupo de aves tiene una menor capacidad de



Milano negro adulto, especie planeadora de larga distancia que está cambiando su patrón migratorio en Lindus.

respuesta a los cambios, ya que las grandes distancias entre área de cría y área de invernada reducen sus habilidades para responder a los cambios meteorológicos. Además, estas especies están más controladas por factores endógenos que no se ven afectados por la temperatura o la precipitación (Zaifman *et al.*, 2017), aunque hay estudios más recientes que cuestionan esta hipótesis (Haest, Hüppop, & Bairlein, 2018) ya que, si el área de influencia está muy lejos, la correlación espacio temporal de la temperatura no sería suficiente para ofrecer buenas correlaciones en el paso migratorio o en el lugar de llegada. De este modo, los migrantes de larga distancia no se ven beneficiados por el cambio climático, como podría pasar con los migrantes de corta distancia. El inicio de la reproducción se ciñe a la llegada en primavera que, en estas aves, también está ligada a más a ritmos endógenos que a climáticos (Both & Visser, 2001). Además, el tiempo en el área de cría es constante para estas especies, no van a realizar más puestas ni tendrán por ello más éxito reproductivo (Thorup, Tøttrup, & Rahbek, 2007), por lo que una llegada temprana en primavera conllevaría tan solo a un adelanto de la



Culebrera europea.

migración en otoño y no a un retraso en todo caso (Thorup *et al.*, 2007). Por otro lado, la salida postnupcial está más ligada a la época seca en el Sahel que a la duración de la migración en sí, por lo que las aves tratarán de partir tan pronto como puedan para cruzar el desierto lo antes posible (Jenni & Kery, 2003). Nuestros resultados apoyan previos estudios de la migración en Organbidexka. Analizando una serie temporal de migración recogida durante 28 años, Filippi *et al.* (2010) no encontraron retrasos en especies de larga distancia. Sin embargo, 3 de las 6 especies de corta distancia estudiadas se retrasaron significativamente. En Lindus se observan patrones similares a este estudio, excepto en el caso del aguilucho cenizo que, contrario a este estudio, no parece estar cambiando su fenología en Lindus.

Este cambio no solamente está influenciado por la biología de las diferentes especies. El clima tiene un papel importante y más aún, cuando lo observamos a gran escala. A escala local, la meteorología del momento es la que define el paso migratorio por Lindus. Son el viento y la temperatura los factores más importantes en este caso para que las aves



GAN-NIK

puedan pasar por Lindus en sus viajes hacia el sur. Estudios previos han sugerido que, cuando las aves se van acercando a su destino, los cambios en la migración están más correlacionados con la meteorología (Zaifman *et al.*, 2017). Por otro lado, Gordo (2007) remarca la importancia de estudiar la meteorología en el lugar de salida de las aves, más que donde está el paso migratorio en sí (p.ej. un ave en Alemania no puede predecir de antemano las condiciones meteorológicas de Lindus para cuando llegue a él, pero el inicio de su migración sí se verá más influenciado por las condiciones meteorológicas del área donde ha criado). Un ave migradora no puede responder a un cambio que mejore las condiciones climáticas en el área donde cría a menos que las condiciones climáticas en la zona de invernada y/o en el área a través de la cual dicha especie migra, estén correlacionadas positivamente (Lehikoinen *et al.*, 2004). Además, se ha visto que en Europa la temperatura y la precipitación influyen mucho más que el viento para los migrantes (Haest, Hüppop, van de Pol, & Bairlein, 2019). Es lo que ocurre en Lindus. En cuanto a la temperatura, se observa que el inicio de la migración en Lindus se retrasó en los años con primaveras más calientes en las áreas de cría, sin

embargo, el paso migratorio fue más rápido, alcanzándose el percentil 95% antes que en años con primaveras más frías.

Estudios previos han demostrado que desajustes en la fenología y en la distancia de migración tienen fuertes influencias en las tendencias poblacionales de las aves migradoras del Neártico y Paleártico respectivamente (Jones & Cresswell, 2010). Cada año, millones de animales migran por toda la Tierra para asegurar su supervivencia y su éxito reproductivo. Estos individuos forman comunidades que son muy importantes para estabilizar y diversificar los ecosistemas que visitan. Sin embargo, hasta ahora y a menudo, la influencia de los migrantes y sus servicios en las comunidades locales son pasados por alto (Bauer & Hoye, 2014; Dokter *et al.*, 2018; Haest *et al.*, 2019). El primer paso para mejorar nuestros conocimientos acerca del papel regulador de las migraciones en las comunidades ecológicas y su importancia en los servicios ecosistémicos es su seguimiento a largo plazo. Gracias a estudios como el que se desarrolla en Lindus podremos empezar a vislumbrar cambios ocultos en los patrones de migración, que pueden estar relacionados con la meteorología a escala local y regional.

C O N C L U S I O N E S

Existe una alta heterogeneidad en las estrategias de migración de las aves que pasan por Lindus, en parte debido a que las especies observadas presentan una amplia diversidad en cuanto a sus características. Los patrones migratorios en Lindus están cambiando en el tiempo, tanto a una escala intra-anual como a lo largo de los años. Variaciones que se observan tanto en el número de individuos que pasan por Lindus, como en el momento en el que ocurre la migración. Estas variaciones están parcialmente explicadas por cambios en las condiciones climáticas locales y regionales. Cuando la temperatura local aumenta, se observa una disminución en los efectivos que pasan por Lindus. Del mismo modo, el inicio de la migración en Lindus se está retrasando en los años con primaveras más cálidas en las áreas de cría. Sin embargo, el paso migratorio se produce de manera más rápida, alcanzándose el final del paso migratorio antes que en años con primaveras más frías. Por tanto, aumentos de temperatura, tanto a escala local como regional, conllevan no sólo una disminución en el número de los individuos que migran, sino que además los mismos migran más tarde. Por otro lado, las variaciones de los niveles de precipitación en las zonas de cría tienen efectos contrarios a la temperatura. Bajo los escenarios de cambio climático a los que nos enfrentamos, no sólo estamos observando un aumento generalizado de la temperatura, sino también cambios en los regímenes de precipitación, tanto en sus medias como en sus variaciones. Dado el carácter multidimensional del cambio climático sobre los procesos y patrones ecológicos, es difícil predecir la respuesta de las especies migradoras a los efectos perversos del cambio climático.

Sólo con estudios a largo plazo como el que se desarrolla en Lindus podremos aumentar nuestro conocimiento sobre tales respuestas, siendo este conocimiento la base para el desarrollo de medidas y planes adecuados de conservación y gestión.

B I B L I O G R A F Í A

- Alerstam, T., Hedenstrom, A., & Åkesson, S. (2003). Long-distance migration: Evolution and determinants. *Oikos*, 103(2), 247–260. doi:10.1034/j.1600-0706.2003.12559.x
- Arroyo, B., García, J. T., & Bretagnolle, V. (2002). Conservation of the Montagu's harrier (*Circus pygargus*) in agricultural areas. *Animal Conservation*, 5(4), 283–290. doi:10.1017/S1367943002004031
- Bairlein, F. (2003). The study of bird migrations – some future perspectives: Capsule routes and destinations have been unveiled but modern techniques offer the chance to explore much more. *Bird Study*, 50(3), 243–253. doi:10.1080/00063650309461317
- Bauer, S., & Hoye, B. J. (2014). Migratory animals couple biodiversity and ecosystem functioning worldwide. *Science*, 344(6179). doi:10.1126/science.1242552
- Berthold, P. (2001). *Bird Migration: A General Survey*. Oxford University Press.
- Bildstein, K. L. (2006). *Migrating Raptors of the World : Their Ecology and Conservation*. Cornell University Press.
- BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. (2017). Bird species distribution maps of the world. Version 7.0. Available at <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>.
- Bolger, D. T., Newmark, W. D., Morrison, T. A., & Doak, D. F. (2008). The need for integrative approaches to understand and conserve migratory ungulates. *Ecology Letters*, 11, 63–77.
- Both, C., & Visser, M. E. (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature*, 411(6835), 296–298. doi:10.1038/35077063
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5–32. doi:10.1007/978-3-030-62008-0_35
- Bruderer, B., & Jenni, L. (1988). Strategies of bird migration in the area of the Alps. *Roc 19th Congr Int Ornithol Ottawa*, 2150–2161.
- Chapman, B. B., Brönmark, C., Nilsson, J.-Å., & Hansson, L.-A. (2011). The ecology and evolution of partial migration. *Oikos*, 120, 1764–1775.
- Dingle, H., & Alistair Drake, V. (2007). What is migration? *BioScience*, 57(2), 113–121. doi:10.1641/B570206

- Dokter, A. M., Farnsworth, A., Fink, D., Ruiz-Gutierrez, V., Hochachka, W. M., La Sorte, F. A., Kelling, S. (2018). Seasonal abundance and survival of North America's migratory avifauna determined by weather radar. *Nature Ecology and Evolution*, 2(10), 1603–1609. doi:10.1038/s41559-018-0666-4
- Fereday, D. R., Knight, J. R., Scaife, A. A., Folland, C. K., & Philipp, A. (2008). Cluster analysis of North Atlantic-European circulation types and links with tropical Pacific Sea surface temperatures. *Journal of Climate*, 21(15), 3687–3703. doi:10.1175/2007JCLI1875.1
- Filippi-Codaccioni, O., Moussus, J. P., Urcun, J. P., & Jiguet, F. (2010). Advanced departure dates in long-distance migratory raptors. *Journal of Ornithology*, 151(3), 687–694. doi:10.1007/s10336-010-0500-5
- González-Varo, J. P., Rumeu, B., Albrecht, J., Arroyo, J. M., Bueno, R. S., Burgos, T., Traveset, A. (2021). Limited potential for bird migration to disperse plants to cooler latitudes. *Nature*, 595(7865), 75–79. doi:10.1038/s41586-021-03665-2
- Gordo, O. (2007). Why are bird migration dates shifting? A review of weather and climate effects on avian migratory phenology. *Climate Research*, 35(1–2), 37–58. doi:10.3354/cr00713
- Gurarie, E., Bracis, C., Delgado, M., Meckley, T. D., Kojola, I., & Wagner, C. M. (2016). What is the animal doing? Tools for exploring behavioural structure in animal movements. *Journal of Animal Ecology*, 85(1), 69–84. doi:10.1111/1365-2656.12379
- Haest, B., Hüppop, O., & Bairlein, F. (2018). The influence of weather on avian spring migration phenology: What, where and when? *Global Change Biology*, 24(12), 5769–5788. doi:10.1111/gcb.14450
- Haest, B., Hüppop, O., van de Pol, M., & Bairlein, F. (2019). Autumn bird migration phenology: A potpourri of wind, precipitation and temperature effects. *Global Change Biology*, 25(12), 4064–4080. doi:10.1111/gcb.14746
- Hansen, J. H., Skov, C., Baktoft, H., Brönmark, C., Chapman, B. B., Hulthén, K., Brodersen, J. (2020). Ecological Consequences of Animal Migration: Prey Partial Migration Affects Predator Ecology and Prey Communities. *Ecosystems*, 23(2), 292–306. doi:10.1007/s10021-019-00402-9
- Inouye, D. W., Barr, B., Armitage, K. B., & Inouye, B. D. (2000). Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(4), 1630–1633. doi:10.1073/pnas.97.4.1630
- Jenni, L., & Kery, M. (2003). Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 270(1523), 1467–1471. doi:DOI 10.1098/rspb.2003.2394
- Jolliffe, I. . (2002). Principal components analysis. *International Encyclopedia of Education*. New York: Springer. doi:10.1016/B978-0-08-044894-7.01358-0.
- Jones, T., & Cresswell, W. (2010). The phenology mismatch hypothesis: Are declines of migrant birds linked to uneven global climate change? *Journal of Animal Ecology*, 79(1), 98–108. doi:10.1111/j.1365-2656.2009.01610.x
- Kaitala, A., Kaitala, V., & Lundberg, P. (1993). A theory of partial migration. *American Naturalist*, 142(1), 59–81. doi:10.1086/285529
- Knudsen, E., Lindén, A., Ergon, T., Jonzén, N., Vik, J. O., Knape, J., ... Stenseth, N. C. (2007). Characterizing bird migration phenology using data from standardized monitoring at bird observatories. *Climate Research*, 35(1–2), 59–77. doi:10.3354/cr00714
- Lehikoinen, E., Sparks, T. H., & Zalakevicius, M. (2004). Arrival and Departure Dates. *Advances in Ecological Research*, 35(February 2018), 1–31. doi:10.1016/S0065-2504(04)35001-4
- Martín, B., Onrubia, A., de la Cruz, A., & 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(2), 295–309. doi:10.1007/s10531-016-1047-4
- Morales, J. M., Moorcroft, P. R., Matthiopoulos, J., Frair, J. L., Kie, J. G., Powell, R. A., Haydon, D. T. (2010). Building the bridge between animal movement and population dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1550), 2289–2301. doi:10.1098/rstb.2010.0082
- Muñoz Sabater, J. (2019). ERA5-Land horario data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).
- Nathan, R., Getz, W. M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D., & Smouse, P. E. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(49), 19052–19059. doi:10.1073/pnas.0800375105
- Newton, I. (2007). *The Migration Ecology of Birds*. Elsevier Ltd.
- Pérez-Tris, J., & Santos, T. (2004). El estudio de la migración de aves en España: trayectoria histórica y perspectivas de futuro. *Ardeola*, 51(1), 71–89.
- Post, D. M., Palkovacs, E. P., Schielke, E. G., & Dodson, S. I. (2008). Intraespecific variation in a predator affects community structure and cascading trophic interactions. *Ecology*, 89(7), 2019–32.
- Pulido, F. (2007). The Genetics and Evolution of Avian Migration. *BioScience*, 57(2), 165–174. doi:10.1641/b570211
- Pulido, F., & Berthold, P. (2010). Current selection for lower migratory activity will drive the evolution of residency in a migratory bird population. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(16), 7341–7346. doi:10.1073/pnas.0910361107
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Robinson, R. A., Crick, H. Q. P., Learmonth, J. A., Maclean, I. M. D., Thomas, C. D., Bairlein, F., Visser, M. E. (2009). Travelling through a warming world: Climate change and migratory species. *Endangered Species Research*, 7(2), 87–99. doi:10.3354/esr00095
- Saino, N., Ambrosini, R., Rubolini, D., von Hardenberg, J., Provenzale, A., Hüppop, K., Sokolov, L. (2011). Climate warming, ecological mismatch at arrival and population decline in migratory birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(September 2010), 835–842. doi:10.1098/rspb.2010.1778
- Satterfield, D. A., Maerz, J. C., & Altizer, S. (2015). Loss of migratory behaviour increases infection risk for a butterfly host. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1801). doi:10.1098/rspb.2014.1734
- Shaw, A.K., & Levin, S. (2012). To breed or not to breed: a model of partial migration. *Oikos*, 120, 1871–1879.
- Shaw, Allisson. (2016). Drivers of animal migration and implications in changing environments. *Evolutionary Ecology*, 30(6), 991–1007. doi:10.1007/s10682-016-9860-5
- Thorup, K., Tøttrup, A. P., & Rahbek, C. (2007). Patterns of phenological changes in migratory birds. *Oecologia*, 151(4), 697–703. doi:10.1007/s00442-006-0608-8
- Vansteelant, W. M. G., Wehrmann, J., Engelen, D., Jansen, J., Verhelst, B., Benjumea, R., de Boer, F. (2020). Accounting for differential migration strategies between age groups to monitor raptor population dynamics in the eastern Black Sea flyway. *Ibis*, 162(2), 356–372. doi:10.1111/ibi.12773
- Viana, D. S., Gangoso, L., Bouten, W., & Figuerola, J. (2016). Overseas seed dispersal by migratory birds. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 283, 20152406.
- Viana, D. S., Santamaría, L., Michot, T. C., & Figuerola, J. (2013a). Allometric scaling of long-distance seed dispersal by migratory birds. *American Naturalist*, 181, 649–662.
- Viana, D. S., Santamaría, L., Michot, T. C., & Figuerola, J. (2013b). Migratory strategies of waterbirds shape the continental-scale dispersal of aquatic organisms. *Ecography*, 36, 430–438.
- Visser, M. E., & Both, C. (2005). Shifts in phenology due to global climate change : the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B*, (November), 2561–2569. doi:10.1098/rspb.2005.3356
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389–395. doi:10.1038/416389a
- Wilcove, D. S., & Wikelski, M. (2008). Going, going, gone: Is animal migration disappearing? *PLoS Biology*, 6(7), 1361–1364. doi:10.1371/journal.pbio.0060188

- Wood, S., & Scheipl, F. (2014). gamm4: generalized additive mixed models using mgcv and lme4. R package version 0.2-3. See <https://CRAN.R-project.org/package=gamm4>.
- Zaifman, J., Shan, D., Ay, A., & Jimenez, A. G. (2017). Shifts in Bird Migration Timing in North American Long-Distance and Short-Distance Migrants Are Associated with Climate Change. *International Journal of Zoology*, 2017. doi:10.1155/2017/6025646
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York: Springer.

El anexo de este trabajo se puede consultar en el link:

Anexo I

https://gan-nik.es/sites/default/files/assets/media/Apendice_I.pdf

Anexo II

https://gan-nik.es/sites/default/files/assets/media/Apendice_II.pdf

Anexo I



Anexo II



