

ATLAS DE MIGRACIÓN

COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y DINÁMICA
TEMPORAL DE LAS AVES EN ESPAÑA

EL ANILLAMIENTO Y OTROS TIPOS DE MARCAJES COMO FUENTE DE INFORMACIÓN

CITA RECOMENDADA

Fandos, G., Leal, A., Gordo, Ó., Astudillo, C. y Del Moral, J. C. Anillamiento como fuente de información. En, SEO/BirdLife (Ó. Gordo, S. Morollón y J. C. del Moral, Eds.) 2026. *Atlas de migración, comportamiento espacial y dinámica temporal de las aves en España*. SEO/BirdLife. Madrid



El anillamiento y otros tipos de marcajes como fuente de información

Guillermo Fandos¹, Carmen Astudillo², Arantza Leal² y Juan Carlos del Moral²

¹ Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid

² SEO/BirdLife

El estudio de los movimientos y, de manera más general, la biología de las aves ha avanzado de forma extraordinaria gracias a diferentes sistemas de marcaje desarrollados durante más de un siglo. Estas técnicas permiten identificar individualmente a las aves, lo que posibilita la obtención de información que no se puede obtener mediante la simple observación. El marcaje, con la ineludible captura de las aves para llevarlo a cabo, constituye una piedra angular del conocimiento actual sobre migración, ecología, demografía y conservación de las aves.

El anillamiento científico: una herramienta histórica y fundamental

El anillamiento con anillas metálicas, tal y como lo conocemos hoy, fue iniciado por Hans C. Mortensen en 1899 en Dinamarca. Aún a día de hoy, sigue siendo el sistema de marcaje más empleado en todo el mundo. Este sistema consiste en colocar una pequeña anilla, normalmente de metal,

con un código identificativo en la pata del ave, de modo que cuando el individuo es recapturado, observado en mano o encontrado muerto o herido, se le puede reconocer individualmente y, en consecuencia, se puede trazar su historia vital, ya que se puede saber dónde, cuándo y en qué circunstancias se anilló originalmente, así como en cualesquiera de las recapturas que hayan sucedido posteriormente.

La probabilidad de recuperar un ave anillada es baja y muy variable. Depende de la especie, de la zona geográfica y del tipo de recuperación: en aves cinegéticas o en países con amplia tradición ornitológica, las tasas pueden ser relativamente altas, mientras que en paseriformes pequeños o en regiones con pocos observadores activos, las cifras caen drásticamente. Con todo, tras más de un siglo de anillamiento y cerca de diez millones de aves marcadas en España, el volumen acumulado de recuperaciones ha permitido construir series temporales que revelan patrones de movimientos, supervivencia, longevidad y demografía para buena parte de las especies de nuestra avifauna.

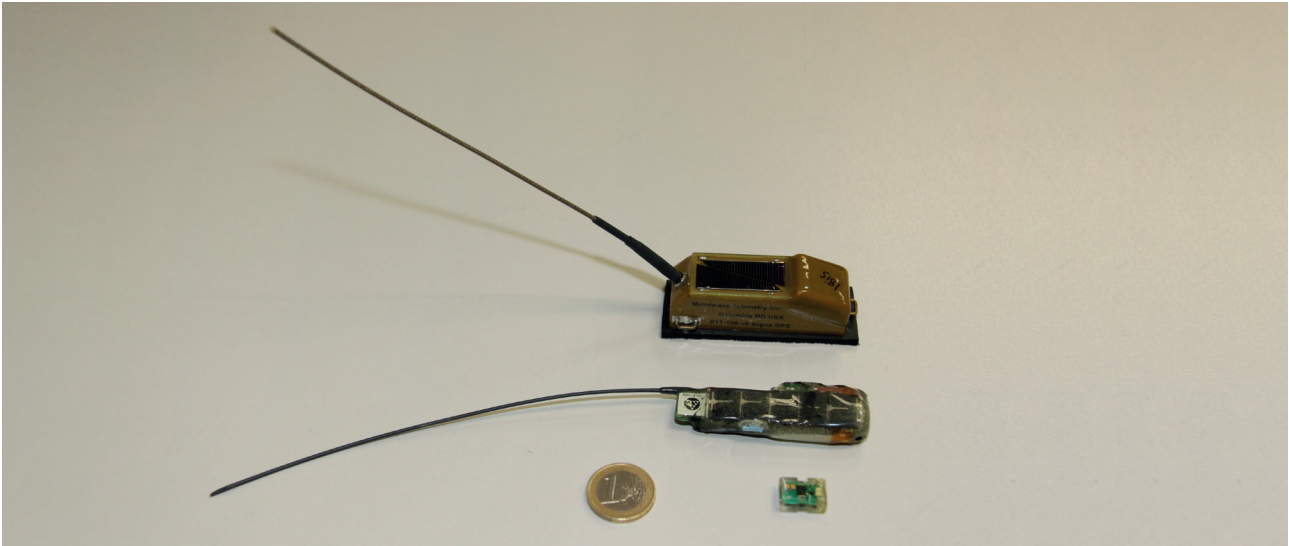


Marca alar en milano negro © Lucas González

Además del anillamiento con anillas metálicas clásico, se han ido desarrollando otros tipos de marcajes, como anillas de colores de PVC y/o de lectura a distancia, marcas alares y nasales, collares, etc., que permiten identificar individuos a distancia sin necesidad de recaptura. Su efectividad varía mucho según el grupo taxonómico: en aves acuáticas coloniales, rapaces o limícolas que se concentran en puntos predecibles, la lectura sistemática de marcas ha incrementado notablemente las tasas de re-encuentro. En paseriformes migrantes, en cambio, el rendimiento es mucho menor. En cualquier caso, como el anillamiento clásico, estos marcajes dependen de la presencia de observadores humanos y conservan un componente inherente de oportunismo.

Nuevas tecnologías para el seguimiento remoto

En las últimas tres décadas, la tecnología ha transformado el seguimiento de las aves. La aparición progresiva de transmisores satelitales, dispositivos GSM, geolocalizadores y otros



Tipos de transmisores © SEO/BirdLife

sistemas cada vez más miniaturizados ha permitido conocer, con un nivel de detalle sin precedentes, los movimientos y el comportamiento de las aves. Estos dispositivos facilitan el registro de rutas migratorias completas, la duración y fenología de los viajes, los movimientos dentro de las áreas de invernada y reproducción o el uso del hábitat. Cuando un mismo individuo porta uno de estos dispositivos durante varios años, los datos resultantes permiten cuantificar la repetibilidad del comportamiento migratorio y evaluar hasta qué punto las rutas y calendarios son flexibles o están canalizados genéticamente.

Conviene, eso sí, no tratar estas tecnologías como un bloque homogéneo. Los transmisores GPS ofrecen una resolución espacial excelente, pero su peso los restringe a especies de tamaño medio o grande (rapaces, cigüeñas, aves marinas, limícolas grandes), lo que ha generado un sesgo taxonómico considerable: sabemos mucho sobre las rutas de águilas y albatros, bastante menos sobre las de curruacas o mosquiteros. Los geolocalizadores, más ligeros, permiten trabajar con paseriformes, pero su resolución espacial ronda los 200 km, pierden datos durante los equinoccios y exigen recapturar al ave para recuperar la información almacenada. Redes de antenas automatizadas como Motus combinan emisores ligeros con estaciones de recepción distribuidas, lo que constituye una alternativa prometedora para pequeños migrantes, aunque su cobertura geográfica aún es desigual.

A estos condicionantes técnicos se suman las limitaciones de diseño muestral. El número de individuos equipados en un estudio típico de seguimiento remoto rara vez supera unas pocas decenas, lo que dificulta cualquier extrapolación a escala poblacional. También existe un sesgo geográfico: la mayoría de los proyectos se concentran en Europa occidental y Norteamérica, mientras que las poblaciones que crían en Rusia o Europa del Este, o que invernán en África subsahariana, están comparativamente poco representadas. Los efectos físicos de los dispositivos sobre las aves se han ido reduciendo con

la miniaturización y la mejora de las técnicas de sujeción, pero esta tecnología sigue requiriendo vigilancia, especialmente en especies pequeñas.

Sesgos de los datos de anillamiento

Los datos de anillamiento son, con diferencia, la fuente de información más extensa sobre los movimientos de aves a escala continental. Pero su naturaleza oportunista genera sesgos que conviene tener presentes. El más conocido es la heterogeneidad espacial en la probabilidad de recuperación. Que un ave anillada sea encontrada y comunicada depende, en gran medida, de factores ajenos a su biología: densidad de población humana, tradición cinegética y presencia de ornitólogos activos en la zona. Los mapas de recuperaciones no representan únicamente la distribución real de las aves, sino también una imagen filtrada por la distribución de quienes pueden encontrarlas. El problema es especialmente agudo en las migrantes paleárticas-africanas: la probabilidad de recuperación en África subsahariana es mucho más baja que en Europa, lo que ha distorsionado históricamente nuestra visión de las áreas de invernada de muchas especies.

La naturaleza de la recuperación también influye. Las recuperaciones de aves muertas, comunicadas sobre todo por el público en general, se concentran en entornos humanizados y tienden a sobrerrepresentar causas de mortalidad antrópica, como colisiones o atropellos, mientras infraestiman la depredación y otras causas naturales. En el mochuelo europeo *Athene noctua*, por ejemplo, estudios comparativos con datos de radiotelemetría han mostrado que las recuperaciones de anillas sobrestiman considerablemente las muertes por atropello frente a las por depredación (Naef-Daenzer *et al.*, 2017). Las recapturas de aves vivas, por su parte, dependen de dónde operan los anilladores y concentran la información en un número concreto de localidades. A todo ello se añade que el esfuerzo de anillamiento,

los métodos de captura permitidos y los sistemas de gestión de datos han ido cambiando a lo largo de las décadas de formas distintas en cada país, y que los propios criterios de registro no son homogéneos entre esquemas nacionales, lo que añade fuentes adicionales de variación a las comparaciones internacionales.

En las últimas décadas se han desarrollado herramientas estadísticas para abordar estos sesgos, desde modelos de marca-recaptura que ajustan por diferencias en la probabilidad de re-encuentro hasta marcos bayesianos jerárquicos que integran varias fuentes de incertidumbre de forma simultánea (véase Thorup *et al.*, 2014, para una revisión). Estos avances no eliminan los sesgos, pero permiten cuantificarlos y obtener estimaciones biológicas más robustas, lo cual es crítico cuando se trabaja con datos acumulados a lo largo de décadas y procedentes de múltiples países.

Complementariedad entre métodos y perspectivas

Todos los sistemas de marcaje, desde la anilla metálica hasta el transmisor GPS, persiguen, en último término, las mismas preguntas: dónde crían las aves, dónde invernán, qué rutas siguen, cuánto viven, cómo se dispersan los jóvenes, qué determina su supervivencia, etc. También permiten evaluar la condición corporal, describir las fenologías de muda, identificar áreas críticas para la conservación y detectar señales de alerta vinculadas al cambio climático o a la transformación del hábitat. La cuestión relevante no es qué método es superior, sino en qué se complementan.

El anillamiento convencional ofrece algo que ningún otro método puede igualar: la escala. Décadas de datos, miles de individuos marcados por especie y cobertura continental. Esa escala es imprescindible para estimar tasas vitales a largo plazo, detectar tendencias poblacionales o construir series temporales lo suficientemente largas como para vincular cambios en la fenología o en la supervivencia con variables ambientales. Los programas de Estaciones de Esfuerzo Constante añaden, además, índices de productividad, datos de biometría y patrones de muda que ningún dispositivo electrónico registra.

El seguimiento remoto, en cambio, aporta resolución. Con un GPS sabemos exactamente por dónde vuela un individuo, cuánto tarda en cruzar el Sáhara, dónde se detiene y durante cuánto tiempo. Eso es inalcanzable con datos de anillamiento, pero se obtiene para unos pocos individuos. Combinar ambas fuentes resulta particularmente potente: las rutas detalladas de individuos con GPS pueden validar y contextualizar los patrones de conectividad migratoria inferidos a partir de miles de recuperaciones de anillas.

La ciencia ciudadana está abriendo un espacio intermedio cada vez más productivo. La lectura de anillas de colores por personas voluntarias a través de plataformas como eBird u

observado.es multiplica las tasas de re-encuentro sin necesidad de recaptura ni de dispositivos costosos, y funciona especialmente bien en especies que se congregan en puntos accesibles.

De cara al futuro, la miniaturización de los dispositivos, la reducción de costes y la expansión de redes de antenas automatizadas como Motus están haciendo viable equipar especies cada vez más pequeñas con muestras más amplias. En paralelo, los avances en modelización estadística (modelos de poblaciones integrados, modelos de distribución que combinan datos de anillamiento con censos y seguimiento remoto) están ampliando la capacidad de extraer información fiable de conjuntos de datos heterogéneos que, por separado, serían insuficientes. El acervo de información que genera el marcaje de aves, tanto tradicional como moderno, facilitará estudios hoy inabordables que contribuirán al conocimiento de la biología de las aves y a su conservación.

Marco normativo

El análisis riguroso de la migración de las aves constituye además un elemento fundamental para la aplicación efectiva de la normativa europea en materia de conservación de la biodiversidad y para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por los Estados miembros en el marco de convenios internacionales como los de Berna y Bonn (1979) o el Acuerdo sobre la Conservación de las Aves Acuáticas Migratorias de África y Eurasia (AEWA, 1995). La Directiva Aves (2009/147/CE) y los instrumentos legales derivados de la Red Natura 2000 requieren un conocimiento actualizado y verificable de las poblaciones de especies migratorias, de sus rutas y de las presiones que enfrentan a lo largo de su ciclo biológico. En este contexto, la generación de información científica sólida sobre la biología, el comportamiento espacial y la dinámica migratoria de las especies de aves que ocupan un país es indispensable para fundamentar las decisiones de gestión y las políticas de conservación, tanto a escala nacional como en el conjunto de regiones que conectan sus migraciones.

Bibliografía

- AEWA, 1995. Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds. <http://www.unep-aewa.org>
- Naef-Daenzer, B., Korner-Nievergelt, F., Fiedler, W. y Gruebler, M.U. (2017). Bias in ring-recovery studies: causes of mortality of little owls *Athene noctua* and implications for population assessment. *Journal of Avian Biology*, 48, 266-274.
- Thorup, K., Korner-Nievergelt, F., Cohen, E.B. y Baillie, S.R. (2014). Large-scale spatial analysis of ringing and re-encounter data to infer movement patterns: a review including methodological perspectives. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 1337-1350.