

ATLAS DE MIGRACIÓN

COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y DINÁMICA
TEMPORAL DE LAS AVES EN ESPAÑA

ANÁLISIS DE LA FENOLOGÍA DE MIGRACIÓN

CITA RECOMENDADA

Urios, V., Morollón, S. y Monrós, J. Cambios en la fenología de la migración. 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



Análisis de la fenología de migración

Vicente Urios¹, Sara Morollón¹ y Juan Monrós²

¹ Grupo de Investigación Zoología de Vertebrados. Universidad de Alicante

² Institut "Cavanilles" de Biodiversitat i Biologia Evolutiva. Universitat de València

Este Atlas cuenta con una base de datos de casi 10 millones de aves anilladas y casi 700.000 recuperaciones correspondientes a más de 485 especies; información obtenida con trabajo de campo de más de 70 años. Estos números hacen que se plantee la posibilidad de estudiar si con este volumen de datos de anillamiento se podría extraer alguna información sobre la fenología de las aves y posibles cambios en la misma.

El principal reto para esta tarea es que los datos corresponden al día en que la persona anilladora captura el ave, se hace una lectura a distancia, se encuentra al ave muerta, etc. y no corresponden directamente a fechas exactas del comportamiento fenológico de las aves a estudiar. Por lo general, no son datos obtenidos en una estación de anillamiento de esfuerzo constante donde los datos se cogen con regularidad, en las mismas fechas y en los mismos lugares o con el mismo esfuerzo de muestreo a lo largo del año y durante distintos años. No obstante, sí que se podría asumir que puede existir una relación entre estas capturas y el comportamiento migratorio del ave. Por ejemplo, evidentemente no podrá haber registros de fechas anteriores a la llegada de las aves migradoras aunque sí fechas posteriores a esta.

De esta gran base de datos se han seleccionado algunas de las especies estrictamente estivales o estrictamente invernantes. Esta selección permite que los datos fenológicos de la migración no sean oscurecidos por datos de aves residentes, en el caso de invernantes; o con un importante paso migratorio en el caso de las estivales, entre las que incluso algunas poblaciones pasan el invierno también en España.

Esta clasificación permitió adaptar los periodos anuales al comportamiento de cada grupo, especialmente en lo relativo a la definición del ciclo anual. Se extrajo el año natural y el día del año, que constituyen la base para el análisis en especies estivales. En el caso de las especies invernantes, se definió un "año invernal" como periodo que abarca desde julio de un año hasta junio del siguiente. Esta definición es fundamental para evitar la fragmentación artificial de la temporada invernal en dos años naturales distintos. De forma complementaria, se construyó un calendario adaptado



Abejaruco europeo © Seneca

a este ciclo invernal, de modo que los días se contabilizan secuencialmente desde el inicio de julio.

Después de este primer filtro se han excluido los datos de los individuos de primer año calendario, debido a que aumentan considerablemente el número de datos en los meses de la reproducción distorsionando el peso de las fechas de llegada o salida. Además de que los individuos nacidos en un año no aportan información de la llegada migratoria en ese año en las especies estivales.

Otro filtro aplicado consistió en descartar los años en que el número de anillamientos es excesivamente bajo y por tanto no representativos para la tendencia general de los años con número suficientes. Se estableció un filtro basado en la mediana (valor central de un conjunto de datos numéricos ordenados de menor a mayor) del número anual de registros por especie. En concreto, se excluyeron aquellos años cuyo número de registros no alcanzaba al menos un porcentaje del 50 % de la mediana de la especie. Este enfoque permite adaptar el umbral a la escala de cada especie, evitando tanto la inclusión de años con escasa representatividad como la exclusión innecesaria de años válidos en especies menos abundantes.

Además, se aplicó un criterio de serie temporal mínima, reteniendo únicamente aquellas especies con al menos diez años de datos válidos. Este requisito es esencial para garantizar la fiabilidad de los análisis de tendencia, ya que series temporales demasiado cortas pueden generar estimaciones inestables o altamente sensibles a valores extremos.

Se seleccionaron 65 especies tras todos estos filtros y condiciones, 54 especies estrictamente estivales (1.264.325 registros) y 11 especies estrictamente invernantes (49.076 registros). Para cada especie y año (o periodo invernal, según corresponda) se calcularon tres variables fenológicas principales basadas en la distribución de los registros a lo largo del tiempo: 1) Llegada, 2) Salida y 3) Estancia en España. Estas variables se calcularon utilizando percentiles (valor que divide un conjunto ordenado de datos estadísticos de forma que un porcentaje de tales datos sea inferior a dicho valor) de los datos de cada año. Para la llegada de cada especie en cada año se utilizó el valor del percentil del 5 % de la distribución de fechas, para la salida de España se utilizó el percentil del 95 % y la estancia se calculó como la diferencia entre estos dos percentiles. En lugar de valores extremos (mínimos o máximos), el uso de percentiles permite reducir la influencia de observaciones atípicas o registros esporádicos, proporcionando estimaciones más robustas del ciclo fenológico.

La distribución geográfica de los registros de anillamiento no es constante entre años, lo que puede introducir sesgos en la estimación de la fenología. Por ejemplo, en muchas especies las fechas de paso migratorio varían con la latitud, de modo que registros procedentes de zonas más meridionales tienden a mostrar fechas más tempranas que los de zonas



Cernícalo primilla © Jesus Cobaleda

septentrionales. Así, cambios en la localización de los datos entre años podrían generar aparentes tendencias temporales que no reflejan cambios biológicos reales.

Para corregir este efecto, se aplicó un ajuste espacial independiente para cada especie y cada variable fenológica. Éste consiste en ajustar un modelo lineal en el que la variable fenológica se explica en función de la latitud y la longitud medias de los registros anuales, incluyendo también términos cuadráticos e interacciones para capturar posibles relaciones no lineales (Ajuste espacial: $\sim$ latitud + longitud + I(latitud ^2) + I(longitud ^2) + latitud: longitud).

Estivales	N.º especies	Porcentaje	Especies
Desplazamiento hacia fechas más tardías	0	0	-
Desplazamiento hacia fechas más tempranas	6	11,50	Buscarla pintoja, carricero común, curruca mosquitera, escribano hortelano, ruiseñor común y zarcero común
Aumento de la estancia	14	26,92	Alcaudón común, avetorillo común, avión zapador, carraca europea, carricerín común, chotacabras cuellirrojo, cigüeña blanca, codorniz, colirrojo real, curruca carrasqueña, curruca mirlona, golondrina común, mosquitero musical, vencejo pálido y zarcero pálido oriental
Disminución de la estancia	16	30,77	Aguilucho cenizo, alcaudón dorsirrojo, andarríos bastardo, autillo europeo, bisbita campestre, buscarla unicolor, chotacabras europeo, collalba gris, fumarel común, lavandera boyera, milano negro, papamoscas cerrojillo, papamoscas gris, terrera común y tórtola europea
Estable	16	30,77	Abejaruco europeo, avión común, carricero tordal, cernícalo primilla, charrancito, charrán común, chorlitejo chico, cigüeñuela, collalba rubia, curruca tomillera, curruca zarcera, golondrina dáurica, tarabilla norteña, vencejo común, vencejo real y zarcero pálido

Invernantes	N.º especies	Porcentaje	Especies
Desplazamiento hacia fechas más tardías	0	0	-
Aumento de la estancia	2	18,2	Estornino pinto y zorzal alirrojo
Disminución de la estancia	2	18,2	Agachadiza común y aguja colinegra
Desplazamiento hacia fechas más tempranas	3	27,3	Chorlitejo grande, correlimos común y correlimos menudo
Estable	4	36,4	Andarríos grande, bisbita común, correlimos tridáctilo y pinzón real

Resumen de los resultados de tendencias fenológicas a lo largo de los años.

A partir de este modelo se obtienen los residuos, es decir, la diferencia entre los valores observados y los esperados según su localización geográfica. Estos residuos representan la variación fenológica libre de efectos espaciales y son los que se emplean en los análisis temporales posteriores. De este modo, las tendencias detectadas reflejan cambios fenológicos reales y no derivan de variaciones en la distribución espacial del muestreo.

Una vez realizados estos análisis con sus gráficas correspondientes no se observa un patrón general de cambio fenológico ni en las aves estivales ni en las aves invernantes. Se obtienen unos resultados en muchas especies significativos pero que describen, con todas las precauciones expresadas anteriormente, un comportamiento distinto entre ellas, dependiendo lógicamente, en el caso de las estivales, de si son migrantes transaharianas o no; si hay un gran número de nidificantes en el centro o norte de Europa que realizan un gran paso por España hacia África y viceversa; de si existen en España pequeños núcleos invernantes, etc. Esta gran variabilidad interespecífica se puede expresar en el siguiente resumen que muestra que con los datos de la fecha de anillamiento y el método propuesto no existe una tendencia general de cambio fenológico en las especies migradoras. En cambio, en muchas especies sí que observan cambios significativos en su fenología que refuerzan los cambios que ya se han publicado o intuido en su comportamiento.

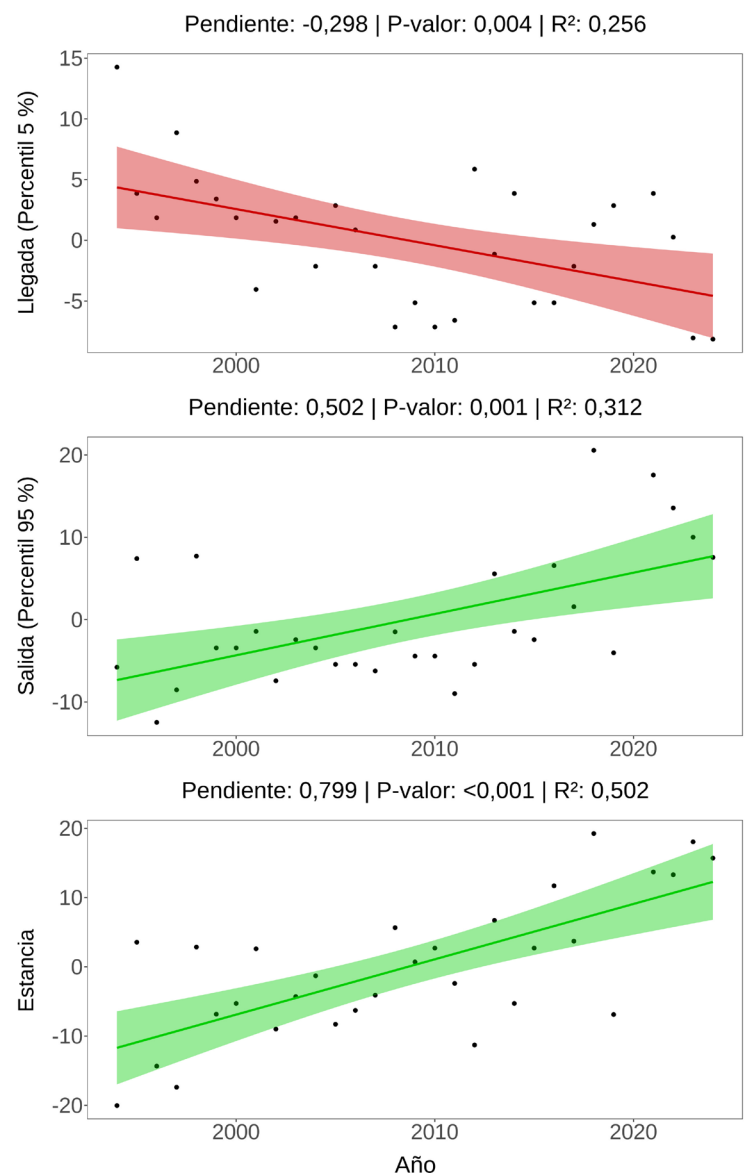
Mostrar estos casos en las fichas de las especies completa la información aportada a partir de datos de anillamiento. También el hecho de que para todas las especies seleccionadas se haya utilizado la misma metodología permite realizar comparaciones entre ellas y aportar más información de su dinámica temporal.

Es necesario aclarar al lector que las gráficas solo expresan unas tendencias, significativas o no, de los cambios fenológicos. No expresan ni número de días ni fechas concretas debido a que estas tendencias están basadas en las fechas de los anillamientos o recuperaciones durante el ciclo anual o invernal y no a fechas fenológicas exactas de cada especie en España.

Guía explicativa del gráfico de fenología a lo largo de los años

En cada gráfico se representa cómo cambia la fenología de la especie a lo largo del tiempo. En el eje horizontal (eje X) se muestran los años del estudio, mientras que en el eje vertical (eje Y) se representan los residuos del modelo lineal de las fechas ajustadas espacialmente (es decir, corregidas para eliminar el efecto de la localización geográfica). Cada punto corresponde a un año concreto y refleja el valor estimado de la llegada (percentil 5 %), la salida (percentil 95 %) o la duración de la estancia, según las gráficas ordenadas de arriba a abajo. La línea representa la tendencia general a lo largo del tiempo obtenida mediante un modelo lineal, y la

banda coloreada alrededor indica el intervalo de confianza (rango de valores dentro del cual está el valor real) de esa estimación. Así, una pendiente ascendente indica tendencia a un retraso en las fechas (o aumento de la estancia), mientras que una descendente indica tendencia a un adelanto (o reducción de la estancia). Además de la pendiente, se extrajeron el valor p asociado al término temporal y el coeficiente de determinación (R^2), como medidas de la significación estadística y la capacidad explicativa del modelo, respectivamente. El color de la línea resume si esa tendencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$) y en qué dirección se produce: verde aumenta, rojo disminuye.



Ejemplo de gráfico de tendencias fenológicas a lo largo de los años (curruca carrasqueña).