

Caracterización fenológica, una herramienta clave para la climatología: estudio de la migración en cuatro especies estivales

Carlos CANO-BARBACIL

GRECO, Institut d'Ecologia Aquàtica, Universitat de Girona

carlos.cano@udg.edu

Javier CANO SÁNCHEZ

Delegación Territorial de AEMET en Madrid

jcanos@aemet.es

Resumen: Durante 40 años se ha realizado un seguimiento fenológico, en el centro-sur de la Comunidad de Madrid, a cuatro especies de aves migratorias estivales: el vencejo común, el abejaruco europeo, la golondrina común y el avión común occidental. Se han registrado las fechas de llegada a sus localidades de reproducción, y de partida hacia sus áreas de invernada. En este trabajo se exponen los resultados de la caracterización fenológica para el periodo 1981-2010, así como su comparación con las fechas de llegada y partida obtenidas a lo largo de la década de 2011-2020. El método de estudio empleado es el que habitualmente se utiliza en climatología para caracterizar la normal climática de un elemento climatológico, basada en el análisis de los quintiles para la asignación de un atributo y en la detección de anomalías. Este trabajo supone la primera caracterización fenológica de una especie en España empleando el método recomendado por la Organización Meteorológica Mundial.

Palabras clave: seguimiento fenológico, aves migratorias, anomalía, determinación de atributos.

INTRODUCCIÓN

Una de las recomendaciones que la Organización Meteorológica Mundial hace a sus países miembros consiste en fomentar la normalización de las observaciones meteorológicas y afines, en particular, las que se aplican a las prácticas y los estudios climatológicos (OMM, 2017, 2018). La fenología, como parte de la meteorología, y también de la climatología (entendiendo a esta como el estudio del clima, sus variaciones y extremos), investiga los cambios atmosféricos en su relación con la vida de animales y plantas a través de su cronología. Cuando la fenología se aplica a un grupo concreto de seres vivos, como el de las aves, se pueden estudiar las distintas fases que completan el ciclo biológico en el transcurso de un año, tales como la llegada y la partida de las especies migratorias, el comienzo de las pautas de cortejo, los primeros cantos territoriales, la construcción del nido, la puesta de huevos, la observación de los primeros pollos volanderos y la muda del plumaje, entre las más habituales.

El estudio fenológico a lo largo de un periodo de tiempo amplio y continuado de la llegada y partida de las aves ofrece información sobre los patrones migratorios de las especies objeto de estudio. Si se analiza la evolución de los valores anuales, se pueden detectar secuencias de fechas tempranas y tardías respecto a la mediana de la serie fenológica, es decir, anomalías. Esto permite analizar el carácter aleatorio de las series, encontrar posibles tendencias y evaluar las causas. Por tanto, la fenología puede servir como herramienta fundamental para la detección de cambios que se hayan producido durante el periodo de estudio (CANO-BARBACIL y CANO, 2016, 2019). Hoy en día, los trabajos fenológicos son esenciales como parte de la estrategia nacional de lucha contra el cambio climático.

Así, por ejemplo, en un estudio fenológico previo en la Comunidad de Madrid se ha comprobado que una especie de ave migratoria, en paso por esa zona, como el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*) ha mostrado un adelanto en las fechas de partida, tanto en el paso prenupcial de primavera

como en el posnupcial de otoño (CANO-BARBACIL y CANO, 2018). Otro estudio más amplio (KOLEČEK y otros, 2020), llevado a cabo con 52 especies de aves migratorias de Europa central, ha demostrado, gracias al análisis de su fenología, que el cambio climático condiciona la viabilidad de una población según la capacidad de la especie a ajustar su fecha de llegada en función de la temperatura; es decir, que aquellas especies que han sido capaces de adelantar su fecha de llegada al territorio de reproducción como respuesta al incremento medio de las temperaturas, muestran tendencias poblacionales positivas.

Con este estudio se persigue, por primera vez en España, la caracterización fenológica de la llegada y la partida de cuatro especies de aves migratorias a sus zonas de reproducción, siguiendo las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017, 2018). Se inicia así una nueva línea metodológica que proporcionará información sobre el adelantamiento o el retraso de un fenómeno biológico gracias a la comparación entre la fecha de una temporada concreta con respecto a los valores normales del periodo de referencia. Esos desfases encontrados se caracterizan mediante el establecimiento de unos atributos previamente definidos siguiendo una metodología estándar.

MÉTODOS

Zona de estudio y especies observadas

Este estudio, iniciado en 1981 y concluido en 2020, se ha llevado a cabo en los términos municipales de Madrid, Getafe, Valdemoro y Colmenar de Oreja, pertenecientes al centro y sur de la Comunidad de Madrid. Las altitudes, por término medio, oscilan entre los 500 y 600 metros, con algunos cerros que superan los 700 metros. Toda la zona se caracteriza por tener un clima mediterráneo continental templado, con invierno lluvioso y verano seco y caluroso (Csa, según la clasificación de Köppen), y el piso bioclimático es mesomediterráneo de ombroclima seco (CANO-BARBACIL y CANO, 2018).

Las especies estudiadas (figura 1) son el vencejo común (*Apus apus*), el abejaruco europeo (*Merops apiaster*), la golondrina común (*Hirundo rustica*) y el avión común occidental (*Delichon urbicum*). Se trata de aves estivales que vienen al centro de la península ibérica para reproducirse. Todas ellas son muy comunes y están ampliamente distribuidas por la geografía española, lo que facilita su seguimiento y estudio (MARTÍNEZ y otros, 2018).

El vencejo común (figura 1a) es una especie muy abundante en primavera y verano, sociable y de distribución amplia, que desarrolla la mayor parte de su actividad revolando y chirleando. Se trata de un ave migratoria de larga distancia y estrictamente estival, ya que toda la población pasa el invierno al sur del ecuador. Solo algunos ejemplares permanecen en invierno en la Península. Su llegada comienza en el mes de marzo, excepcionalmente antes, y se prolonga hasta primeros de abril. Abandona la región en agosto de forma súbita, aunque se pueden realizar avistamientos de aves aisladas hasta el mes de noviembre.

El abejaruco europeo (figura 1b) presenta un comportamiento netamente gregario. Se distribuye por toda la península ibérica, evitando la franja norte cantábrica. Se trata de una especie estival, que pasa el invierno al sur del ecuador. Toda la población es migratoria, formando bandadas de varias decenas de individuos que vuelan principalmente por el día y a gran altura. En primavera, la mayoría de abejarucos comienzan a observarse en el mes de abril, aunque hay avistamientos de aves en marzo por el sur. Entre finales de agosto y septiembre se preparan para el largo viaje que les llevará de regreso a los cuarteles de invernada en África.

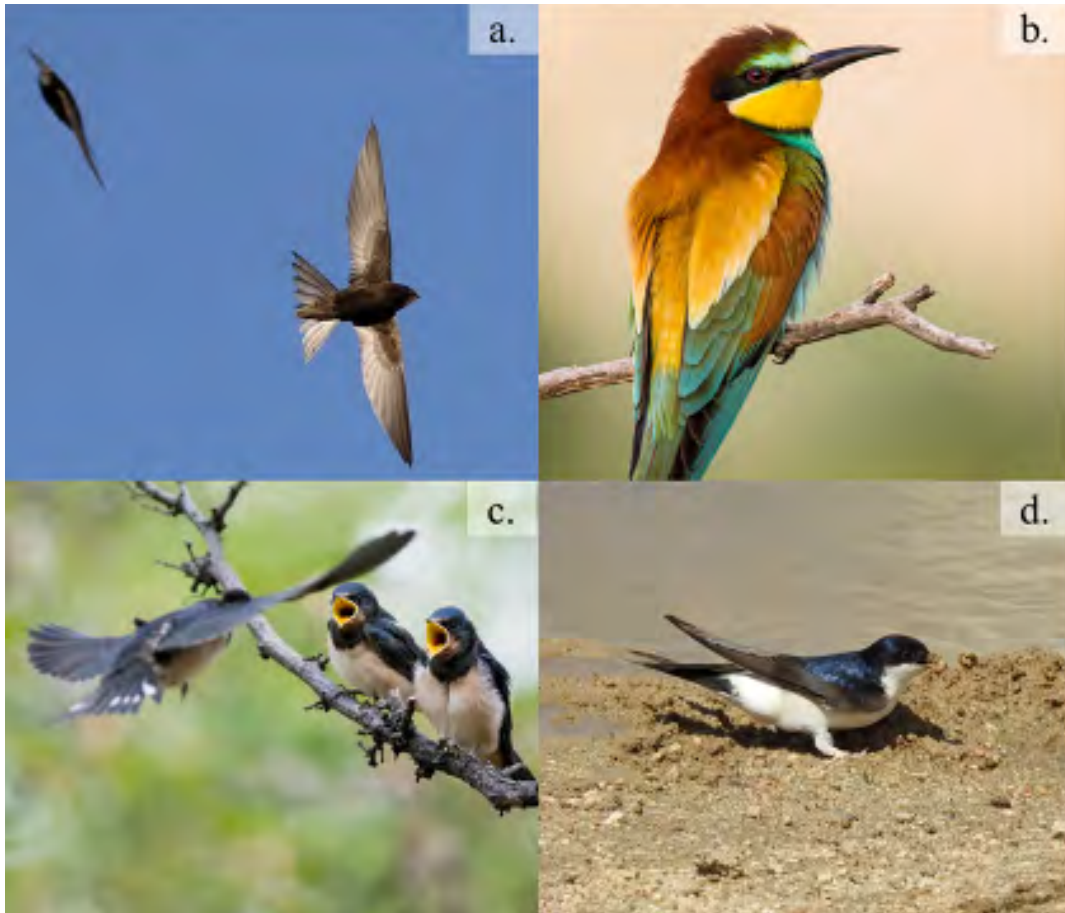


Figura 1. Las cuatro especies de este estudio, a) vencejo común, b) abejaruco europeo, c) golondrina común y d) avión común occidental. Las fotografías a y d son de Delfín González Fernández; b y c, de Víctor Ortega Horcajo.

La golondrina común (figura 1c) es un pequeño pájaro abundante y ampliamente distribuido. Es muy conocido y popular por su estrecha relación con el hombre al criar en establos, cobertizos y zaguanes de ambientes rurales y pequeños pueblos. Aunque se trata de una especie migratoria de larga distancia, que pasa el invierno al sur del Sáhara, una pequeña parte de la población permanece en la región suroccidental de la península ibérica. El viaje migratorio lo realiza durante el día, dejándose observar con facilidad. Los primeros ejemplares llegan en enero por el litoral andaluz y el valle del Guadalquivir, y continúan hasta abril en las regiones del interior, de clima más frío, con un máximo en marzo. El viaje de vuelta, para buscar otras regiones más templadas, comienza en agosto cuando se juntan en grandes bandadas y se extiende hasta finales de octubre, con máximos en septiembre y primera decena de octubre.

El avión común occidental (figura 1d) es un ave muy extendida, abundante y sociable, suele establecerse en el casco urbano de pueblos y ciudades para anidar en grandes colonias. Está considerada como ave estival, aunque una pequeña parte de la población se queda en invierno en el suroeste de la península ibérica. Especie migratoria transahariana, su llegada es temprana, ya que los primeros grupos de aviones se observan en febrero, o incluso antes en el sur, mientras que en ambas mesetas suele ser en marzo o primeros de abril. Aunque en otoño forma grandes bandadas, de hasta miles de individuos, la migración comienza a finales de julio y se prolonga hasta finales de octubre, con un máximo entre septiembre y octubre.

ANÁLISIS DE DATOS

Durante los 40 años comprendidos entre 1981 y 2020, ininterrumpidamente, se han anotado las fechas de llegada de cada especie, es decir, el primer día en que se detecta su presencia, tanto por la vista como por su canto, y las fechas de partida, esto es, la última observación del año. La serie de observaciones que van desde 1981 hasta 2010 (en adelante «serie histórica») es completa, y se ha utilizado para realizar la caracterización fenológica de dicho periodo, ya que, por lo general, suele recomendarse el uso de periodos de 30 años como referencia (OMM, 2017) y, además, que concluyan en un año acabado en 0. Las observaciones del decenio 2011-2020 se han empleado para compararlas con la serie histórica con el objetivo de evaluar el comportamiento migratorio de las especies estudiadas durante esa década.

Se denomina «normal climática» (OMM, 1992, 2017, 2018) a la media de los datos calculada para un periodo determinado. Para el cálculo de una normal, según la Guía de prácticas climatológicas (OMM, 2018), se recomienda que se disponga de datos de, por lo menos, el 80 % de los años que integran el periodo de promedio. En el presente estudio, la serie histórica tiene el 100 % de los datos excepto para el abejaruco europeo que tiene el 88,7 %. Estos cálculos también son válidos para otras modalidades de observación, como las observaciones fenológicas a fin de permitir la realización de comparaciones entre diferentes periodos. Para este estudio, la «normal fenológica» será la mediana. Su uso permite establecer comparaciones de tipo temporal en términos de frecuencia o en términos de anomalía, entendiéndose por «anomalía» la diferencia entre el valor presentado y la normal fenológica. Las anomalías se expresarán en número de días, en negativo cuando los eventos estudiados se adelantan y en positivo cuando se atrasan. En los años bisiestos el cálculo de la anomalía varía en +1 día para aquellas observaciones que se produzcan en fechas posteriores al 29 de febrero. Finalmente, la «fecha extrema» será el valor más alto o más bajo registrado durante la serie histórica.

Una vez conocidas todas las fechas de llegada y de partida de las series históricas, la determinación de atributos, o caracterización fenológica propiamente dicha, se realizará mediante el cálculo de los quintiles de las series. De tal manera que cada una de las fechas correspondientes a los años de la década 2011-2020, que son los que se van a comparar, se caracterizarán como muy temprana, si el dato registrado es mayor o igual al mínimo valor observado en la serie histórica e inferior o igual al que figura en el cuadro de parámetros estadísticos en el quintil Q_1 (INM, 2001; OMM, 2017); es decir, el valor del quintil equivale, en este caso, a una frecuencia inferior a 0,2 (o lo que es lo mismo, el 20 % de los años más tempranos). Si está comprendido entre Q_1 y es menor o igual que Q_2 , se calificará como temprana; por tanto, con una frecuencia entre 0,2 y 0,4 (correspondientes al intervalo entre el 20 % y el 40 %). Se considerará normal si el valor es mayor que Q_2 y menor o igual que Q_3 ; su frecuencia estará comprendida entre el 0,4 y el 0,6 (o 40 % y 60 %). Si no supera el valor Q_4 y es mayor que Q_3 se caracterizará como tardía; cuando la frecuencia se encuentre entre el 0,6 y el 0,8 (60 % y 80 %). Y muy tardía si la fecha es superior al valor de Q_4 e inferior o igual a Q_5 ; esto es, la frecuencia es mayor de 0,8 (la fecha está en el intervalo del 20 % de los valores más tardíos). En el caso de que la fecha de llegada o de partida sea inferior o superior a los extremos de la serie se dice que la fecha de ese año ha sido extraordinariamente temprana o extraordinariamente tardía, respectivamente.

Tras la obtención de la caracterización fenológica, se han comparado las fechas de llegada y partida de las cuatro especies de la serie histórica y las de la última década mediante un análisis de la varianza (ANOVA), con el objetivo de comprobar si existen diferencias en dichas fechas entre ambos periodos. Para todos los análisis se usó el programa estadístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS

En la serie histórica, el valor normal de la llegada del vencejo común es el 7 de abril. En la última década no se han observado cambios significativos ($p = 0,183$) en la fecha de llegada con respecto a la serie histórica, a pesar de haber caracterizado cuatro años como «muy temprana». La partida, cuya fecha normal ha sido el 21 de septiembre, tampoco ha mostrado cambios significativos ($p = 0,066$) en los últimos diez años, aunque se haya clasificado la fecha como «extraordinariamente temprana» en cuatro años (tabla 1).

VENCEJO COMÚN (<i>Apus apus</i>)				
Caracterización de la migración (treintena 1981-2010)				
Llegada			Partida	
28-feb ≤ f ≤ 26-mar	Muy temprana		17-ago ≤ f ≤ 29-ago	Muy temprana
26-mar < f ≤ 4-abr	Temprana		29-ago < f ≤ 10-sep	Temprana
4-abr < f ≤ 8-abr	Normal		10-sep < f ≤ 2-oct	Normal
8-abr < f ≤ 14-abr	Tardía		2-oct < f ≤ 20-oct	Tardía
14-abr < f ≤ 24-abr	Muy tardía		20-oct < f ≤ 18-nov	Muy tardía
Decenio 2011-2020				
Año	Llegada (anomalía)		Partida (anomalía)	
2011	1-abr	Temprana (-6 días)	12-ago	Extraordinariamente temprana (-40 días)
2012	24-mar	Muy temprana (-13 días)	31-jul	Extraordinariamente temprana (-51 días)
2013	27-mar	Temprana (-11 días)	22-oct	Muy tardía (+31 días)
2014	4-abr	Temprana (-3 días)	18-sep	Normal (-3 días)
2015	18-mar	Muy temprana (-20 días)	12-sep	Normal (-9 días)
2016	25-mar	Muy temprana (-12 días)	19-sep	Normal (-1 día)
2017	26-mar	Muy temprana (-12 días)	13-ago	Extraordinariamente temprana (-39 días)
2018	3-abr	Temprana (-4 días)	16-oct	Tardía (+25 días)
2019	8-abr	Normal (+1 día)	8-ago	Extraordinariamente temprana (-44 días)
2020	2-abr	Temprana (-4 días)	26-ago	Muy temprana (-25 días)

*Tabla 1. Caracterización de la migración del vencejo común (*Apus apus*) durante el periodo 1981-2010 y su comparación con el decenio 2011-2020.*

Las anomalías encontradas muestran el número de días que se han adelantado, o atrasado, en cada temporada.

El abejaruco europeo, de acuerdo con la normal de la serie histórica, llega el 13 de abril, y no ha presentado cambios significativos en los últimos 10 años ($p = 0,326$). Sin embargo, la partida, cuya fecha normal es el 10 de septiembre, se ha adelantado de forma significativa ($p = 0,047$) en la última década, de los cuales en seis años se ha caracterizado como «muy temprana» (tabla 2).

ABEJARUCO EUROPEO (<i>Merops apiaster</i>)				
Caracterización de la migración (treintena 1981-2010)				
Llegada			Partida	
1-abr \leq f \leq 5-abr	Muy temprana		27-ago \leq f \leq 7-sep	Muy temprana
5-abr $<$ f \leq 10-abr	Temprana		7-sep $<$ f \leq 8-sep	Temprana
10-abr $<$ f \leq 18-abr	Normal		8-sep $<$ f \leq 12-sep	Normal
18-abr $<$ f \leq 23-abr	Tardía		12-sep $<$ f \leq 16-sep	Tardía
23-abr $<$ f \leq 28-abr	Muy tardía		16-sep $<$ f \leq 7-oct	Muy tardía
Decenio 2011-2020				
Año	Llegada (anomalía)		Partida (anomalía)	
2011	31-mar	Extraordinariamente temprana (-13 días)	7-sep	Muy temprana (-3 días)
2012	31-mar	Extraordinariamente temprana (-12 días)	8-sep	Temprana (-1 día)
2013	12-abr	Normal (-1 día)	4-sep	Muy temprana (-6 días)
2014	11-abr	Normal (-2 días)	9-sep	Normal (-1 día)
2015	13-abr	Normal (0 días)	31-ago	Muy temprana (-10 días)
2016	7-abr	Temprana (-5 días)	4-sep	Muy temprana (-5 días)
2017	7-abr	Temprana (-6 días)	2-sep	Muy temprana (-8 días)
2018	18-abr	Normal (+5 días)	8-sep	Temprana (-2 días)
2019	19-abr	Tardía (+6 días)	3-sep	Muy temprana (-7 días)
2020	17-abr	Normal (+5 días)	10-sep	Normal (+1 día)

*Tabla 2. Caracterización de la migración del abejaruco europeo (*Merops apiaster*) durante el periodo 1981-2010 y su comparación con el decenio 2011-2020.*

Las anomalías encontradas muestran el número de días que se han adelantado, o atrasado, en cada temporada.

La golondrina común, cuya normal fenológica de llegada se corresponde con el 5 de marzo durante la serie histórica, no ha mostrado cambios significativos ($p = 0,633$) en la última década. Sin embargo, al igual que en el abejaruco europeo, también se observa un adelantamiento significativo ($p = 0,008$) en la fecha de partida, que tiene como valor normal el 10 de octubre. De los últimos 10 años, en ocho fechas de partida se ha caracterizado como «muy temprana» y una como «extraordinariamente temprana» (tabla 3).

GOLONDRINA COMÚN (<i>Hirundo rustica</i>)				
Caracterización de la migración (treintena 1981-2010)				
Llegada			Partida	
20-feb ≤ f ≤ 25-feb	Muy temprana		20-sep ≤ f ≤ 3-oct	Muy temprana
25-feb < f ≤ 3-mar	Temprana		3-oct < f ≤ 7-oct	Temprana
3-mar < f ≤ 6-mar	Normal		7-oct < f ≤ 11-oct	Normal
6-mar < f ≤ 9-mar	Tardía		11-oct < f ≤ 20-oct	Tardía
9-mar < f ≤ 19-mar	Muy tardía		20-oct < f ≤ 14-nov	Muy tardía

Decenio 2011-2020				
Año	Llegada (anomalía)		Partida (anomalía)	
2011	26-feb	Temprana (-7 días)	22-sep	Muy temprana (-18 días)
2012	11-mar	Muy tardía (+7 días)	30-sep	Muy temprana (-9 días)
2013	5-mar	Normal (0 días)	29-sep	Muy temprana (-11 días)
2014	20-feb	Muy temprana (-13 días)	21-sep	Muy temprana (-19 días)
2015	8-mar	Tardía (+3 días)	28-sep	Muy temprana (-12 días)
2016	8-mar	Tardía (+4 días)	2-oct	Muy temprana (-7 días)
2017	23-feb	Muy temprana (-10 días)	9-oct	Normal (-1 día)
2018	2-mar	Temprana (-3 días)	23-sep	Muy temprana (-17 días)
2019	12-mar	Muy tardía (+7 días)	18-sep	Extraordinariamente temprana (-22 días)
2020	24-mar	Extraordinariamente tardía (+20 días)	19-oct	Tardía (+10 días)

*Tabla 3. Caracterización de la migración de la golondrina común (*Hirundo rustica*) durante el periodo 1981-2010 y su comparación con el decenio 2011-2020.*

Las anomalías encontradas muestran el número de días que se han adelantado, o atrasado, en cada temporada.

Por último, para el avión común occidental se ha obtenido el día 6 de marzo como fecha normal de llegada al centro-sur de la Comunidad de Madrid a lo largo de la serie histórica. Pero, al contrario que para las otras tres especies estudiadas, este evento se ha adelantado de forma significativa ($p = 0,022$) en esta última década. En cambio, la partida, cuya normal fenológica es el 3 de octubre, no ha variado de forma significativa ($p = 0,292$) (tabla 4).

AVIÓN COMÚN (<i>Delichon urbicum</i>)				
Caracterización de la migración (treintena 1981-2010)				
Llegada			Partida	
10-feb ≤ f ≤ 25-feb	Muy temprana		29-ago ≤ f ≤ 27-sep	Muy temprana
25-feb < f ≤ 2-mar	Temprana		27-sep < f ≤ 30-sep	Temprana
2-mar < f ≤ 10-mar	Normal		30-sep < f ≤ 6-oct	Normal
10-mar < f ≤ 18-mar	Tardía		6-oct < f ≤ 13-oct	Tardía
18-mar < f ≤ 29-mar	Muy tardía		13-oct < f ≤ 26-oct	Muy tardía
Decenio 2011-2020				
Año	Llegada (anomalía)		Partida (anomalía)	
2011	27-feb	Temprana (-7 días)	3-oct	Normal (0 días)
2012	27-feb	Temprana (-7 días)	1-oct	Normal (-1 día)
2013	13-feb	Muy temprana (-21 días)	27-sep	Muy temprana (-6 días)
2014	10-mar	Normal (+4 días)	3-oct	Normal (0 días)
2015	1-mar	Temprana (-5 días)	4-oct	Normal (+1 día)
2016	23-feb	Muy temprana (-11 días)	5-oct	Normal (+6 días)
2017	26-feb	Temprana (-8 días)	1-oct	Normal (-2 días)
2018	7-mar	Normal (+1 día)	25-sep	Muy temprana (-8 días)
2019	7-feb	Extraordinariamente temprana (-27 días)	25-sep	Muy temprana (-8 días)
2020	14-feb	Muy temprana (-20 días)	4-oct	Normal (+2 días)

*Tabla 4. Caracterización de la migración del avión común occidental (*Delichon urbicum*) durante el periodo 1981-2010 y su comparación con el decenio 2011-2020.*

Las anomalías encontradas muestran el número de días que se han adelantado, o atrasado, en cada temporada.

CONCLUSIONES

Los seguimientos fenológicos a largo plazo han demostrado ser un instrumento muy útil para conocer los ciclos biológicos de las especies y su relación con las condiciones meteorológicas y el clima. Las normales fenológicas obtenidas responden a dos objetivos principales: en primer lugar, hacen las veces de indicador de las condiciones que es más probable que se produzcan en la zona estudiada en el marco del clima actual y, en segundo lugar, constituyen una referencia estable con la que se pueden comparar cambios a largo plazo en las observaciones fenológicas. Todas las normales, tanto las climáticas como las fenológicas, deben actualizarse cada diez años (OMM, 2017), por lo que el siguiente reajuste está previsto pueda realizarse cuando finalice el año 2020 y servirá para comparar las observaciones de la siguiente década 2021-2030. La caracterización fenológica de las cuatro aves migratorias estivales estudiadas ha reflejado que el vencejo común, el abejaruco común y la golondrina común no muestran cambios significativos en su llegada en la última década, mientras que sí los hay en la llegada del avión común, que se adelanta. En cuanto a las fechas de partida, no hay cambios significativos en el vencejo común y el avión común, pero sí se ha detectado un adelantamiento en el abejaruco común y la golondrina común.

Finalmente, si se quieren llevar a cabo estudios fenológicos en grandes áreas, y con el máximo detalle, se recomienda disponer de una red de estaciones fenológicas de cierta densidad que proporcione los datos suficientes para obtener los valores normales, muy útiles, por ejemplo, para la confección de atlas fenológicos (MARTÍNEZ y otros, 2018). En la actualidad, la red de observación fenológica de AEMET es considerada insuficiente debido, principalmente, a la escasez de observadores y a la falta de continuidad de sus registros. Como resultado, en la mayoría de los casos, las series de observaciones obtenidas tienen una duración inferior a los 30 años y suelen ser incompletas, lo que confiere una mayor relevancia a este trabajo, en el que se exponen cuatro series ininterrumpidas de 40 años. El no disponer de los suficientes registros fenológicos puede suponer que los valores normales calculados, y la posterior caracterización, no sean homogéneos ni lo suficientemente representativos, pudiendo llegar a obtener resultados erróneos. En este sentido, se debería hacer un esfuerzo para la reactivación de dicha red y fomentar desde AEMET el compromiso con los colaboradores, poniendo en valor la observación fenológica.

BIBLIOGRAFÍA

- CANO-BARBACIL, C. y CANO, J. (2016). Efectos del cambio climático sobre las aves. En: *Calendario Meteorológico 2017. Información meteorológica y climatológica de España*: 263-271. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- CANO-BARBACIL, C. y CANO, J. (2018). Fenología de los pasos migratorios del papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*). Seguimiento a largo plazo en el centro y sur de la Comunidad de Madrid. En: *Calendario Meteorológico 2019. Información meteorológica y climatológica de España*: 304-314. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.
- CANO-BARBACIL, C. y CANO, J. (2019). El importante papel de las series largas en fenología. En: *Calendario Meteorológico 2020. Información meteorológica y climatológica de España*: 322-328. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.
- INM (2001). Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales (1971-2000). Volumen 4: Madrid, Castilla-La Mancha y Extremadura. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- KOLEČEK, J., ADAMÍK, P. y REIF, J. (2020). Shifts in migration phenology under climate change: temperature vs. abundance effects in birds. *Climate Change*, 159: 177-194.
- MARTÍNEZ, L., DE CARA, J. A., CANO, J., GALLEGO, T., ROMERO, R. y BOTEY, R. (2018). Selección de especies de interés fenológico en la península ibérica e islas Baleares. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.
- OMM (1992). Vocabulario Meteorológico Internacional. OMM-N.º 182. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra.
- OMM (2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. OMM-N.º 1203. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra.
- OMM (2018). Guía de prácticas climatológicas. OMM-N.º 100. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. Retrieved from <https://www.r-project.org/>.