

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS AVES

Carlos Cano Barbacil¹ y Javier Cano Sánchez²

¹Universidad Rey Juan Carlos y ²Agencia Estatal de Meteorología

RESUMEN: Se describen algunas de las consecuencias del cambio climático observadas en la naturaleza durante los últimos cien años y los impactos más importantes que producen en las aves, como por ejemplo los cambios detectados en el comportamiento, la anticipación en la fenología migratoria, alteraciones en la distribución geográfica y, el más grave de todos, el riesgo de extinción de especies. Se concluye que el calentamiento global es una gran amenaza para los ecosistemas del planeta y que las aves pueden ser vistas como precursoras de la detección del cambio climático.

INTRODUCCIÓN

El clima de la Tierra siempre ha estado cambiando a lo largo del tiempo, en una escala geológica de miles de años o, incluso, de millones, pero raramente tan rápido como lo ha hecho durante el pasado siglo y en particular en sus dos últimas décadas.

Pese a la controversia que todavía persiste sobre el calentamiento global, admitido por el 97 % de los científicos, las evidencias del cambio climático que se observan en la naturaleza, atribuidas a la variación en la composición de los gases de la atmósfera inducidos por la actividad del hombre, en lo que se denomina gases de efecto invernadero debido a la quema de combustibles fósiles, están provocando alteraciones en el sistema climático terrestre. Entre las consecuencias más significativas se encuentran el derretimiento de los casquetes polares de Groenlandia y la Antártida, el retroceso de los glaciares alrededor del mundo, muchos de los cuales desaparecerán en unas décadas de las regiones tropicales, primero, y de las zonas templadas, después, la subida del nivel del mar, entre 15 y 20 cm en el siglo XX y el incremento en la temperatura global de la superficie terrestre y oceánica de 0,85 °C durante el periodo 1880-2012 (STOCKER *et al.*, 2013), aunque este no se distribuye por igual sobre la superficie de la Tierra sino que experimenta un dramático aumento en altas latitudes del hemisferio norte, como Europa occidental, Mongolia y China, alcanzando hasta 1,5 °C, siendo especialmente marcado en el Ártico. Así, por ejemplo, el hielo del Ártico ha disminuido un 7,4 % por década durante el periodo de 1978 a 2005. Las precipitaciones en forma de nieve se han reducido en gran parte de Europa, y en especial las de primavera. En muchas áreas de la cuenca mediterránea, el Sahel, el sur de África y el sur de Asia se están acelerando los procesos de desertificación. Los cambios en las variables climáticas producidos en el pasado siglo han sido mucho más rápidos que en el último milenio hasta el punto de producirse en las últimas décadas los años más cálidos registrados.

Otros efectos adicionales sobre el clima son el aumento de sequías, tormentas tropicales y la alteración de las estaciones, con inviernos más suaves y veranos cálidos, cada vez con más olas de calor. Estos fenómenos extremos están siendo en la actualidad más frecuentes, duraderos y acentuados. Según los climatólogos un fenómeno climático se considera extremo cuando ocurre con una frecuencia menor o igual al 5 %, en relación con el periodo de referencia considerado. Sequías extremas, por ejemplo, aumentan los riesgos de incendios forestales, como los sobrevenidos en grandes áreas de Rusia y Ucrania en el verano de 2010.

Los seres vivos necesitan adaptarse gradualmente a las variaciones que se producen en los hábitats y ecosistemas (Moss, 1998). Sin embargo, la velocidad de ese cambio actualmente

excede la de la propia adaptación, teniendo consecuencias severas sobre todos los organismos (WWF, 2001). Un aumento en la frecuencia de las tormentas tropicales tiene efectos negativos sobre las poblaciones asiladas y endémicas de las islas, ya que los organismos que allí viven no tienen otro lugar adonde ir; el mismo resultado se produce en las cimas de las montañas, donde viven una fauna y flora muy especializadas.

Tradicionalmente, las aves son el grupo animal que ha suscitado mayor interés en los ámbitos académico y naturalista a lo largo del último siglo. Esto permite disponer de gran cantidad de información que es esencial para poder llevar a cabo estudios que ayuden a entender los efectos del cambio climático sobre las aves y cómo están respondiendo a él mediante una adaptación del comportamiento. La biología del cambio climático es una ciencia joven, pues los primeros trabajos publicados sobre las aves aparecieron en 1991 (BERTHOLD, 1991). Desde entonces se han multiplicado los estudios, hasta alcanzar los 300 artículos científicos en 2010 (MØLLER, 2011). Las aves, como la mayoría de las criaturas vivientes del planeta, se ven afectadas en alguna medida por las condiciones atmosféricas y sus cambios. Al ser muy sensibles a estas variaciones, las aves proporcionan con su presencia, o ausencia, información clave sobre el estado del medio ambiente, en general, y un mayor número de evidencias científicas sobre el impacto del cambio climático, en particular. Pocas dudas hay de que el cambio climático puede afectar al comportamiento, reproducción, supervivencia, migración y distribución geográfica de las aves. Se sabe, por observación directa, que cambios en el tiempo reducen la disponibilidad del alimento causando fracasos en la reproducción y que un tiempo extremo de frío o precipitaciones intensas causan elevadas mortandades en muchas especies. En este trabajo se va a describir, principalmente, de qué manera el cambio climático afecta a las aves (tabla 1).

Cómo afecta el cambio climático en las aves		
Cambios en el comportamiento (ciclo biológico anual) y fenología.	Reproducción. Migración.	Comienzan a cantar y a poner más temprano. Variaciones en las fechas de llegada y partida.
Cambios morfológicos.	Microevolución.	Variaciones en el color del plumaje y tamaño del ave.
Cambios en la distribución geográfica.	Desplazamiento de ecosistemas, flora y fauna.	Expansión/contracción. Desplazamientos latitudinales y altitudinales. Colonización (nuevas especies).
Cambios en la dinámica de poblaciones y en la diversidad de especies.	Poblaciones y especies.	Aumento/disminución de la población/extinción/ empobrecimiento/generalistas

Tabla 1. Resumen de algunos de los efectos que produce en las aves el cambio climático.

CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS AVES Y EN SU FENOLOGÍA

El ciclo biológico anual de las aves depende en gran medida de la duración de los periodos de reproducción, muda y migración. Solamente la construcción del nido implica una cantidad de tiempo significativo, un estudio sobre 200 especies europeas indica que las hembras, machos o ambos sexos emplean entre 2 y 105 días (SOLER *et al.*, 1998). La época de reproducción está definida como el periodo en el cual las condiciones ambientales permiten criar descendencia con éxito, y suele durar una temporada en la mayoría de especies, aunque el caso más extremo de reproducción es el del cálao terrestre sureño en el

que cada grupo familiar saca adelante, como media, un único pollo cada nueve años (DEL HOYO *et al.*, 2001; FERNÁNDEZ, 2016).

En ciertas ocasiones, los efectos del cambio climático pueden ser difíciles de observar y, por tanto, muy complicados de predecir, como ocurre con el éxito reproductor de las aves. En cambio, la fenología, disciplina que estudia la relación recurrente que hay entre el clima y las variaciones producidas en los registros de fenómenos biológicos, como la fecha de llegada de las aves migratorias, puede servir como una poderosa herramienta para su detección de una manera sencilla y precisa. Los estudios fenológicos son esenciales como parte de la estrategia nacional de lucha contra el cambio climático. Cualquier ciudadano puede convertirse potencialmente en un observador y, por tanto, en una valiosa fuente de datos fenológicos. La mayoría de países de nuestro entorno, Reino Unido, Alemania, Suiza, Holanda, etc., están creando redes fenológicas (HUDSON Y KEATLEY, 2010). La presente red fenológica de AEMET debería potenciarse para que pudiera ser considerada una pieza importante en la estrategia española para la adaptación al cambio climático.

En la actualidad, los estudios sobre migración de aves proporcionan algunos de los ejemplos más claros y evidentes de los efectos del cambio climático. En 1749 Carlos Linneo organizó el registro de la llegada de seis especies de aves a Finlandia (cuco común, vencejo común, alondra común, golondrina común, lavandera blanca y pinzón vulgar) siendo la serie fenológica más larga, ya que continúa desde entonces (figura 1). En ella se pueden apreciar claramente los patrones correspondientes a dos cortos periodos de años cálidos, 1860-1889 y 1930-1940 (LEHIKONEN *et al.*, 2004), que las pautas migratorias de todas las especies coinciden al unísono y que la tendencia en las aves es de adelantarse en los últimos decenios. En España, la serie fenológica más larga conocida se localiza en Tortosa con registros sobre la llegada de la golondrina desde 1908 (GORDO Y SANZ, 2005; figura 2).

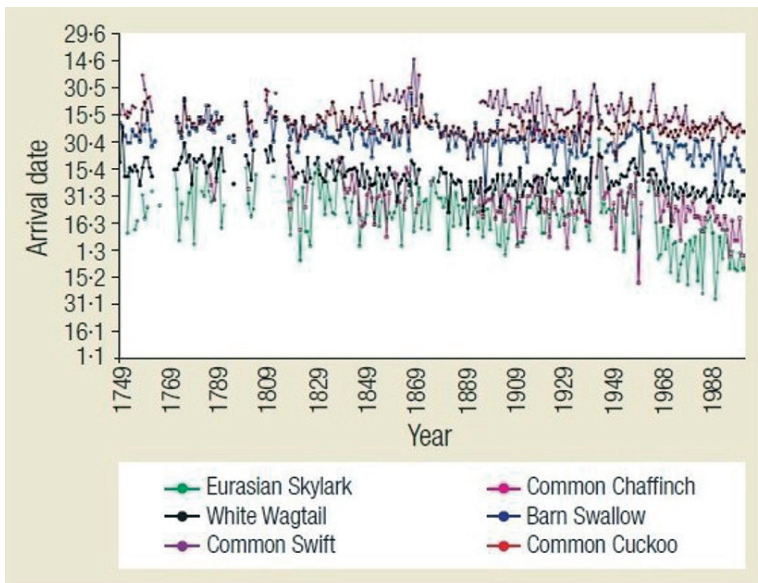


Figura 1. Registro de la llegada de seis especies de aves a Finlandia: cuco común, vencejo común, alondra común, golondrina común, lavandera blanca y pinzón vulgar.

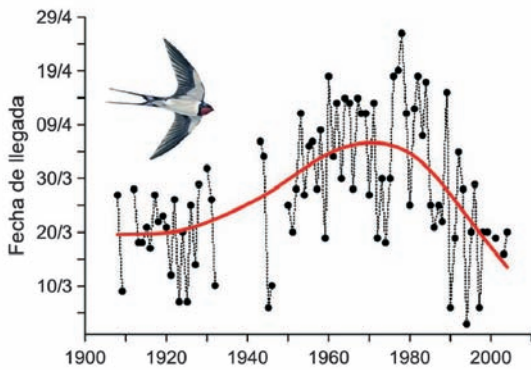


Figura 2. Serie fenológica de la llegada de la golondrina a Tortosa, la más larga conocida en España.

SPARKS, 2010). En otro estudio, realizado por la Royal Meteorological Society (SPARKS, 2002), la fecha de llegada de la golondrina común está correlacionada con la temperatura, adelantándose dos días por cada grado Celsius de aumento, si bien, esto es considerablemente menor que los 6-8 días observados en las plantas. En algunas especies, como el carbonero común, el herrerillo común, los papamoscas cerrojillo y collarino, y el porrón osculado, se ha demostrado que están realizando sus puestas más temprano que en el pasado. En la península ibérica, la llegada primaveral de las aves migratorias se ha adelantado en torno a una semana desde mediados de los años 70 (GORDO, 2015). En la zona centro-sur de la Comunidad de Madrid se ha encontrado, para cuatro especies estivales, un adelanto promedio de 2,4 días por década, y de 1,2 días por década para dos especies invernantes, según las observaciones efectuadas en el periodo comprendido entre 1978 y 2016 (figuras 3 y 4). Por tanto, las variaciones que se produzcan en los registros fenológicos en las próximas décadas indicarán el grado de alteración en el comportamiento de las aves en relación a los nuevos escenarios climáticos.

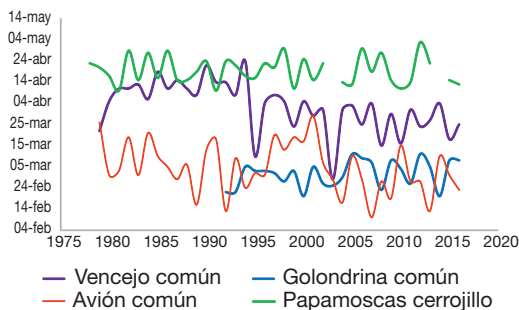


Figura 3. Serie fenológica de la llegada del vencejo común, la golondrina común, el avión común y el papamoscas cerrojillo a la zona centro-sur de la Comunidad de Madrid. (Fuente: los autores).

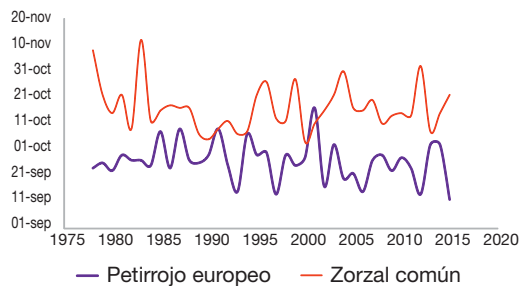


Figura 4. Serie fenológica de la llegada del petirrojo europeo y del zorzal común a la zona centro-sur de la Comunidad de Madrid. (Fuente: los autores).

La migración anual es una adaptación cuyo objetivo es optimizar los recursos que ofrece la naturaleza en cada una de las estaciones y está determinada por las condiciones ambientales de todas las áreas geográficas por las que atraviesan. Las aves migratorias se encuentran bajo una intensa selección debido, en primer lugar, a que los individuos que más temprano llegan tienen más posibilidades de encontrar territorio, emparejarse y reproducirse con éxito que los ejemplares que lo hacen más tarde y, en segundo lugar, porque las aves migratorias de larga distancia dependen en gran medida del grado de sincronización entre el periodo de migración y el de los ciclos biológicos de las plantas y animales de los que dependen. Si alguno de esos factores cambia entonces la estrategia migratoria podría llegar a no ser viable.

Especies con diferente ecología en migración no responden de igual forma al cambio climático; la respuesta a las variaciones es menor en los de larga distancia que en los de corta distancia. Esto parece ser debido, en primer lugar, al desfase fenológico que puede encontrarse en las áreas de reproducción, ya que sus cuarteles de invernada a menudo están a miles de kilómetros de distancia y es difícil ajustar la llegada porque las aves no saben en qué condiciones pueden encontrarse los territorios de reproducción, como les ocurre al colirrojo real y al papamoscas cerrojillo. En segundo lugar, migrantes de larga distancia, como la curruca zarcera o el mosquitero musical, a quienes las sequías en África les causan serios problemas de supervivencia, tienen que atravesar cada vez un desierto del Sahara más extenso. Hay alguna evidencia que sugiere que anomalías en la temperatura en África afectan las fechas de llegada de las aves estivales europeas (SAINO *et al.*, 2007). Además, todas estas especies se encuentran amenazadas por la pérdida de hábitats causados por prolongadas y periódicas sequías, tanto en sus territorios de invernada como en sus lugares de reproducción, así como en las zonas de parada y descanso de sus rutas migratorias.

Numerosas especies han alterado sus estrategias de migración durante los últimos cien años, e incluso durante los últimos 20 años, pues a partir de 1990 el cambio climático comenzó a hacerse más severo. Un gran número de especies visitantes invernantes dejarán de hacerlo, porque los inviernos más suaves permitirán tener un hábitat libre de hielos en latitudes más septentrionales que los actuales, pudiendo quedarse en invierno más cerca de las áreas de reproducción. Esto es lo que puede ocurrirles al cisne cantor, al ánsar careto o a la serreta chica, que crían en el Ártico ruso, Islandia y Groenlandia, y pasan el invierno, una buena parte de su población, en Escocia e Inglaterra.

Otros cambios, como los que se puedan producir en los patrones de vientos y en la circulación general de la atmósfera, tendrán efectos sobre las especies divagantes o raras, que arriban ocasionalmente empujadas por vientos fuertes o por fenómenos meteorológicos extremos como huracanes, olas de frío polares o de calor africano.

CAMBIOS MORFOLÓGICOS

El cambio climático actúa como un fuerte agente selectivo, tanto en el aspecto externo como en el tamaño de la especie. En el año 2002, los británicos Peter y Rosemary Grant publicaron en la revista *Science* los resultados de un estudio de treinta años sobre los pinzones de Darwin en la isla Daphne Mayor, perteneciente al archipiélago de las Galápagos (Ecuador). En ese corto periodo de tiempo, en el que se sucedieron solo seis generaciones de pájaros, varios periodos de sequía extrema alteraron el tipo y la abundancia de las semillas que componen su alimento, provocando que la población evolucionara en tres ocasiones cambiando el tamaño corporal, así como las dimensiones del pico (GRANT Y GRANT, 2002). Entre las conclusiones a las que llegaron los biólogos destaca la de que los cambios



Figura 5. Cárabos comunes. (KARELL *et al.*, 2011).

morfológicos de una generación de pinzones a la siguiente son impredecibles, en la medida que responden a fluctuaciones climáticas azarosas; así, sequías de variable intensidad en años diferentes pueden favorecer cuerpos y picos distintos. Es un claro ejemplo de lo que se llama evolución rápida, evolución contemporánea o microevolución.

Otro caso diferente es el cárabo común en Finlandia, aunque en este los efectos del cambio climático afectan a la coloración del plumaje (KARELL *et al.*, 2011). Esta especie, bien distribuida por casi toda Europa, puede tener dos tonalidades en su plumaje: gris o marrón (figura 5). En inviernos con mucha nieve, hay una fuerte selección natural en contra de la variedad marrón, frente a los grises que sobreviven mejor, independientemente de la profundidad de la capa de nieve. Como los inviernos con abundancia de nieve se están

haciendo raros, y el aumento de las temperaturas provoca una reducción en el espesor de la nieve, está provocando que los cárabos de plumaje marrón hayan incrementado su frecuencia desde el 12 %, en la década de 1960, hasta el 42 % entre 2005 y 2010.



Figura 6. Ejemplar de búho real de la subespecie ibérica. (Fuente: J. Cano).

En el siglo XIX el biólogo alemán Carl Bergmann estableció una regla que señala que las subespecies o razas geográficas tienden a ser más grandes y pesadas en climas más fríos, ya que un tamaño mayor reduce la superficie de contacto en relación al volumen, perdiendo menos energía. Por esa razón, los búhos reales del norte de Siberia son más grandes que los de la península ibérica (figura 6). De producirse

un incremento en las temperaturas debido al calentamiento global se podría predecir que, bajo ese cambio climático, la masa corporal de las aves tendería a disminuir.

CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El efecto global más preocupante que el calentamiento está provocando en los seres vivos es el desplazamiento de los ecosistemas donde viven, comprometiendo la supervivencia de grupos tan diversos como anfibios, insectos y plantas con flores (BRIGGS, 1997). Entre los hábitats más vulnerables y severamente amenazados por el cambio climático destacan los de alta montaña, las islas y los ecosistemas litorales. Las especies que allí habitan, muy especializadas, son las más sensibles y podrían desaparecer en los próximos 50 años como consecuencia de la degradación de sus hábitats y la dominación de las especies generalistas. Para el año 2050 se prevé que el nivel del mar ascienda 37 cm; y para el 2100, los 65 cm, según el IPCC (STOCKER *et al.*, 2013), inundando permanentemente algunos ecosistemas como manglares, marismas, estuarios y deltas. Un aumento de 1 °C en la temperatura equivaldría a un desplazamiento de las isoterms de entre 150 y 300 km de latitud o, su equivalente, 150 m de altitud (BARKHAM, 1994).

La distribución de muchas especies de aves ha cambiado a lo largo de las últimas décadas con el fin de encontrar nuevos emplazamientos que se ajusten a sus requerimientos ecológicos, como queda demostrado en recientes estudios, atlas y mapas de distribución en Norteamérica, Europa y África. Así por ejemplo, el pato colorado ha colonizado gran parte del territorio europeo durante la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX como resultado de un cambio en las colonias de nidificación (TUCKER Y HEATH, 1994). Estas variaciones correspondieron con un periodo largo de calentamiento del clima, cuyos cambios en la vegetación acuática resultaron beneficiosos para la especie. Esta expansión se ha producido en ciclos de 30-45 años, interrumpidos por algún decrecimiento, siendo las más rápidas del siglo las producidas durante las décadas de los años 30 y, especialmente, los 60. Por otro lado, los abejarucos aparecen en lugares donde no estaban citados o lo estaban como divagantes ocasionales, empezando a criar de forma regular en Alemania (NUTTALL Y DEDA, 2007). En la península ibérica, especies norteafricanas han comenzado recientemente a reproducirse, como el corredor sahariano (DE JUANA, 2002), y a expandirse desde el sur, como el vencejo cafre (BARRIOS, 2003), o el sureste ibérico como el camachuelo trompetero (ARAÚJO *et al.*, 2011).

CAMBIOS EN LA DINÁMICA DE POBLACIONES Y EN LA DIVERSIDAD DE ESPECIES

La respuesta a las variaciones de población por el cambio climático es grande, causando en muchas especies un fuerte impacto negativo. Desde la década de 1980 las precipitaciones en el norte de África han descendido sensiblemente haciendo avanzar al desierto del Sahara en todo su perímetro. Esta situación extrema perjudica a los individuos en peores condiciones físicas de varias especies reproductoras europeas, entre las que destacan golondrinas y currucas, que han de atravesar el desierto hacia sus áreas de invernada en el centro y sur del continente africano, provocando importantes mortandades. El pingüino emperador, que se reproduce en la plataforma de hielo antártico, ha sufrido un dramático descenso en el tamaño de su población asociado con la reducción de la capa cubierta por el hielo en los últimos años. El cisne chico ha reducido su presencia en áreas tradicionales de invernada o ha desaparecido de ellas, en Reino Unido, sospechándose que por la suavización

del clima en Europa y la ausencia de vientos del noreste que le ayudaban a migrar (NUTALL Y DEDA, 2007). Otro ejemplo lo encontramos en el eider de anteojos, un ave acuática septentrional que está en riesgo debido a sus necesidades especiales. Toda la población mundial se congrega en invierno en una reducida y fría zona del mar de Bering, rica en nutrientes para alimentarse de almejas y demás fauna marina. Pero con la retirada de los hielos, el hábitat de esta anseriforme y su acceso a las fuentes de alimento en las zonas de invernada están cambiando. Y los cambios en el litoral están alterando su área de cría en los humedales de la tundra (HOLLAND, 2015). Por último, un incremento de periodos secos en el clima durante el siglo XX puede haber contribuido al descenso de la población de avefría social tanto en sus lugares de cría como de invernada (DEL HOYO *et al.*, 1996).

En un futuro cercano, según los niveles de gases de efecto invernadero emitidos y la respuesta climática que tenga lugar, la vulnerabilidad de las poblaciones de aves provocará que un gran número de especies corran un alto riesgo de extinción, siendo esta la consecuencia más grave. Los pronósticos más recientes, elaborados por BirdLife International y National Audubon Society (2015), sugieren que el 10 % de las especies de aves del mundo pueden estar en peligro en el próximo siglo debido al calentamiento global. Las especies de aves sufrirán reducciones en sus áreas de distribución y otras muchas no podrán adaptarse a la rapidez y magnitud con las que cambia el clima. En general, la composición de las comunidades de aves sufrirá un empobrecimiento en cuanto a diversidad.

Finalmente, tras laboriosos estudios y seguimientos a medio y largo plazo realizados en muchos países del mundo, especialmente en Europa y Norteamérica, los investigadores concluyen que las aves han demostrado ser uno de los mejores bioindicadores de los cambios ambientales que se están produciendo. En este sentido, las aves pueden ser vistas como precursoras de la detección del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAÚJO, M. B. *et al.* (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación de la biodiversidad española frente al cambio climático. 2. Fauna de vertebrados. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- BARKHAM, J. (1994). Climate change and British wildlife. *British Wildlife* 5: 169-180.
- BARRIOS, F. (2003). Vencejo Cafre, *Apus caffer*. En, R. Martí y J. C. del Moral (Eds.): Atlas de las Aves Reproductoras de España, pp. 340-341. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- BERTHOLD, P. (1991). Patterns of avian migration in light of current global “greenhouse” effects: a central European perspective, pp. 780-786. En: Bell, B. D., Cossee, R. O., Flux, J. E. C., Heather, B. D., Hitchmough, R. A., Robertson, C. J. R. & Williams, M. J. eds. (1991). Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici. New Zealand Ornithological Congress Trust Board, Wellington, New Zealand.
- BirdLife International y National Audubon Society (2015). The messengers: what birds tell us about threats from climate change and solutions for nature and people. Cambridge, UK y New York, USA: BirdLife International and National Audubon Society.
- BRIGGS, B. (1997). Climate Change and Wildlife: summary of international workshop at Boulder, Colorado, September 1997. Disponible en RSPB.
- BURTON, J. (1995). Bird & Climate Change. Christopher Helm, London.
- CRICK, H. (2004). The impact of climate change on birds, pp. 48-56. En: *Ibis* 146. British Ornithologists' Union, United Kingdom.
- DE JUANA, E. y Comité de Rarezas de la Sociedad Española de Ornitología (2002). Observaciones de aves raras en España, año 2000. *Ardeola*, 49: 141-171.

- DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. y SARGATAL, J. (eds. 1996). *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Edicions, Barcelona.
- DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. y SARGATAL, J. (eds. 2001). *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 6. Mousebirds to Hornbills. Lynx Edicions, Barcelona.
- ELKINS, N. (2004). *Weather and Bird Behaviour*. T & A D Poyser, London.
- FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ-ARROYO, F. J. (2016). *Argutorio* 36 – II semestre 2016 (56-57).
- GORDO, O. y SANZ, J. J. (2005). Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologica* 146: 484-495.
- GORDO, O. (2015). Impactos del cambio climático en la migración de las aves ibéricas, pp. 153-161. En: Herrero, A. & Zavala, M. A., editores. *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación en España*. Informe de evaluación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- GRANT, P. R. y GRANT, R. (2002). Unpredictable evolution in a 30 year study of Darwin's finches. *Science*, 296: 707-711.
- HOLLAND, J. (2015). ¿Quién saldrá bien parado? En: *National Geographic*, noviembre de 2015, 110-119.
- HUDSON, I. y KEATLEY, M. R. (2010). *Phenological research: methods for environmental and climate change analysis*. Springer, Heidelberg.
- HUNTLEY, B. *et al.* (2007). *A Climatic Atlas of European Breeding Birds*. Durham University, The RSPB and Lynx Edicions, Barcelona.
- KARELL, P. *et al.* (2011). Climate change drives microevolution in a wild bird. *Nature communications*, 2 (208): 1-7.
- LEHIKONEN, E., SPARKS, T. H. y ZALAKEVICIUS, M. (2004). Arrival and departure dates, pp. 1-31. En: Møller, A. P., Fiedler, W. & Berthold, P. eds. *Birds and Climate Change*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- LEHIKONEN, E. y SPARKS, T. H. (2010). Bird migration, pp. 89-112. En: Møller, A. P., Fiedler, W. & Berthold, P. eds. *Effects of Climate Change on Birds*. Oxford University Press, Oxford.
- MØLLER, A. P. (2011). Climate Change and Birds, pp. 13-39. En: Del Hoyo, J., Elliott, A. & Christie, D. A. eds. 2011. *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 16. Tanagers to New World Blackbirds. Lynx Edicions, Barcelona.
- MOSS, S. (1995). *Birds and Weather*. Hamlyn, London.
- MOSS, S. (1998). Predictions of the effects of global climate change on Britain's birds. *British Birds*, 91: 307-325.
- NUTTAL, N. y DEDA, P. (2007). La fauna migratoria sufre ya el cambio climático, según la ONU. En: *Quercus* n.º 251: 58-59.
- SAINO, N. *et al.* (2007). Temperature and rainfall anomalies in Africa predict timing of spring migration in trans-Saharan migratory birds. *Climate Res.*, 35: 123-134.
- SOLER, J. J., MØLLER, A. P. y SOLER, M. (1998). Nest building, sexual selection and parental investment. *Evol. Ecol.*, 12: 427-441.
- SPARKS, T. *et al.* (2002). Birds, weather and climate, pp. 399-410. En: *Weather*. Vol. 57. Royal Meteorological Society, United Kingdom.
- STEPHENS, P. A., *et al.* (2016). Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science*, Apr. 1; 352 (6281): 84-7.
- STOCKER, T. F. *et al.* (2013). Resumen técnico. En: *Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- TUCKER, G. M. y HEATH, M. F. (1994). *Birds in Europe: their conservation status*. Cambridge, U.K.: BirdLife International (BirdLife Conservation Series n.º 3).
- WWF (2001). *Bird Species and Climate Change. A Summary of the Global Status Report*. WWF-Australia, Sydney, Australia.