

Comparación de la extensión de la muda posjuvenil en el ruiseñor pechiazul ibérico (*Luscinia svecica azuricollis*) con dos subespecies próximas geográficamente.

Comparison of the post-juvenile moult extent in Iberian bluethroats (*Luscinia svecica azuricollis*) in relation to two geographically nearby subspecies.

Daniel Alonso¹, Juan M. Barbarin¹, Blanca Fernández-Eslava¹, Juan Arizaga^{1*}



Resumen

El ruiseñor pechiazul ibérico *Luscinia svecica azuricollis* es una subespecie que cría en zonas de montaña del noroeste de la Península Ibérica y que cuenta con una reducida ventana temporal para mudar entre la cría y la migración. En este artículo se describe la extensión de la muda posjuvenil del ruiseñor pechiazul ibérico a partir de ejemplares capturados en el Sistema Central (concretamente, en Sierra de Béjar) y testamos si difiere de la de las dos subespecies más próximas geográficamente (*L. s. namnetum* y *L. s. cyanecula*) que, teóricamente, disponen de un periodo de tiempo mayor para mudar al criar en zonas bajas. La extensión media de la muda posjuvenil del pechiazul ibérico incluye 3,8 grandes cobertoras y 0,10 terciarias. Sólo un 5% de las aves muda las terciarias y menos de un 5% muda la cobertura carpal, álula o rectrices. La extensión de la muda no varió significativamente entre sexos pero sí entre subespecies, siendo el número de grandes cobertoras mudadas en *L. s. azuricollis* similar a *L. s. cyanecula*, pero significativamente inferior a *L. s. namnetum*. En consecuencia, la variabilidad intraespecífica en la extensión de la muda posjuvenil del pechiazul podría reflejar limitaciones de tiempo y recursos provocadas por la latitud y/o altitud de cría. Así, los efectos de la altitud sobre la muda serían equivalentes a los que

¹ Sociedad de Ciencias Aranzadi. Departamento de Ornitología.
Zorroagaina 11, 20014 Donostia.

*Correspondencia: jarizaga@aranzadi.eus



se dan en poblaciones de latitudes altas. Estos resultados son relevantes al considerar las implicaciones que esto podría acarrear en un contexto de cambio climático.

Palabras clave: Anillamiento, aves de montaña, aves ibéricas, fichas de muda, muda parcial.

Abstract

The Iberian bluethroat (*Luscinia svecica azuricollis*) is a subspecies that breeds in the mountain ranges of the north-western part of the Iberian peninsula, with a relatively time-constrained window for moulting after breeding and before the autumn migration. This article aims to describe the extent of the post-juvenile moult of Iberian bluethroats based on birds captured in the Central System (specifically, in Sierra de Béjar), and test whether it differs from that of the other two geographically closest subspecies (*L. s. namnetum* and *L. s. cyanecula*) which, theoretically, have a longer period of time for moulting. On average, bluethroats moulted 3.8 greater coverts and 0.10 tertials (95% of the birds did not moult any tertials). The percentage of birds moulting their carpal covert, alula or any rectrice was less than 5%. The extent of the moult did not vary in relation to sex, but subspecifically, with the number of greater coverts moulted in *L. s. azuricollis* being statistically equal to *L. s. cyanecula*, but significantly lower than *L. s. namnetum*. Interannual variability in the extent of post-juvenile moult may reflect the effects of climate change on mountain shrubland habitats in the Mediterranean region, one of the most threatened ecosystems of the Iberian peninsula.

Key words: Ringing, mountain birds, Iberian birds, moult cards, partial moult.

Laburpena

Paparrurdin iberiarra *Luscinia svecica azuricollis* Iberiar Penintsulako ipar-ekialdeko mendietan ugaltzen den espeziea da eta ugaltzeko eta migratzeko prozesuen artean muda egiteko denbora tarte laburra du. Artikulu honetan, Erdialdeko Sistemari (Béjar mendilerroan zehazki) harrapatutako aleetan oinarrituz, paparrurdin iberiarraren nerabezaro ondoko muda deskribatzen da. Era berean, geografikoki gertuen dauden bi subespezieekiko (*L. s. namnetum* eta *L. s. cyanecula*) desberdina ote den testatzen dugu; bi subespezie hauek teorikoki altuera gutxiagoko eremuetan muda egiteko denbora tarte luzeagoa dute. Paparrurdin iberiarrean nerabezaro ondoko mudak 3,8 estal-luma handi eta 0,10 hirugarren mailako luma barne hartzen ditu. Aleen %5ek bakarrik aldatzen dituzte hirugarren mailako lumak eta %5ek baino gutxiagok aldatzen dituzte karmo-luma, alula edo erretrizeak. Mudaren zenbaterainoa sexuen artean ez da esanguratsuki desberdina baina bai subespezieen artean, oso desberdina baita: *L. s. azuricollis* eta *L. s. cyanecula* motakoen artean aldatutako estal-luma handien kopurua antzekoa da baina *L. s. namnetum* aleetan baino nabarmen txikiagoa. Hortaz, espeziearen baitako nerabezaro ondoko mudaren zenbaterainokoaren aldagarritasunak denbora eta baliabide mugak islatu litzake, latitudeak edota altitudeak eragindakoak. Horrenbestez, altitudeak mudan duen eragina iparraldeko latitudeetako populazioek dutenaren parekoa izango litzateke. Emaizta

hauek garrantzitsuak dira klima-aldaketako testuinguru batean honek izan lezakeen eraginari ereparatuz gero.

Gako hitzak: Eraztunketa, mediko hegaztiak, hegazti iberiarrak, muda-fitxak, muda partziala.



Introducción

Las plumas son estructuras epidérmicas que experimentan un alto desgaste, por lo que las aves las han de renovar periódicamente (en la mayoría de especies, una vez por año), a través de la muda (Ginn y Melville, 1983, Jenni y Winkler, 1994). La muda demanda gran cantidad de recursos (nutrientes, energía, tiempo) (Barta *et al.*, 2006, Barta *et al.*, 2008), por lo que tiene lugar en un periodo del año que no se solapa con otras fases o procesos muy costosos energéticamente, como la reproducción, la migración o los meses más fríos del invierno (Lindström *et al.*, 1994, De la Hera *et al.*, 2009, Newton, 2009). Por ello, la muda está sometida a importantes fuerzas selectivas (Delhey *et al.*, 2020). La extensión y duración de la muda, así como la calidad de las plumas, son parámetros que pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del hábitat o de los efectos del cambio climático, entre otros factores (Borrás *et al.*, 2004, Zuberogoitia *et al.*, 2018, Nadal *et al.*, 2021).

En paseriformes de latitudes medias y altas es común que las aves de primer año (nacidas durante el año en curso) renueven solo una parte del plumaje que desarrollan en el nido, en un proceso llamado muda parcial, que tiene lugar antes de la migración de otoño (Jenni y Winkler, 1994). El número de plumas reemplazadas en esta muda posjuvenil varía considerablemente según especies y poblaciones, y probablemente es fijado a través de la selección natural (Kiat *et al.*, 2019, Delhey *et al.*, 2020, Pérez-Granados *et al.*, 2021). La extensión de la muda parcial tiende a disminuir en aquellas zonas donde la ventana temporal durante la cual existe una cantidad suficiente de recursos para mudar es menor (Kiat y Izhaki, 2016, Kiat y Sapir, 2017, Jenni y Winkler, 2020). Esto es típico en latitudes altas, donde el verano es corto, pero también en zonas de montaña, donde se dan condiciones equivalentes a las de las latitudes más altas (Hemborg *et al.*, 2001, Newton, 2009, Chabot *et al.*, 2018, Jenni y Winkler, 2020).

El ruiseñor pechiazul (*Luscinia svecica*; en adelante, pechiazul) es una especie con una amplia área de distribución, extendida por buena parte del Holártico, desde el oeste de Europa (España) hasta el oeste de Norteamérica (Alaska, fundamentalmente) (Collar, 2005). En la actualidad se reconocen diez subespecies (Shirihai y Svensson, 2018), siendo *L. s. azuricollis* endémica de la Península Ibérica (Arizaga *et al.*, 2011). Esta subespecie cría mayoritariamente en medios arbustivos, en zonas montañosas

entre 1200 y 2000 m.s.n.m., en el Sistema Central, Montes de León y el sur de la Cordillera Cantábrica (Juan y García, 2022). Inverna en el África subsahariana (Lomas-Vega et al., 2019) y permanece en la península ibérica durante unos pocos meses al año, desde abril/mayo hasta agosto/septiembre (Arizaga y Alonso, 2015). La muda tiene lugar inmediatamente después del periodo de cría y justo antes de que se inicie la migración (Arizaga y Alonso, 2015). Debido a ello, es esperable que, a pesar de que los pechiazules ibéricos ocupan una de las zonas más meridionales del área de distribución de la especie a escala global, la extensión de su muda parcial sea limitada por su altitud de cría, en comparación con subespecies que crían a menor altitud, tales como *L. s. namnetum* (presente en la fachada atlántica francesa) o *L. s. cyanecula* (propia de las tierras bajas del oeste y centro de Europa), también propias del Paleártico occidental (Arizaga et al., 2014). Así, en *L. s. namnetum* el asentamiento en el área de cría en zonas bajas tiene lugar desde marzo, donde permanecen hasta septiembre (Leconte et al., 2012). En consecuencia, *L. s. namnetum* dispondría en total de (5)-6-(7) meses para la reproducción y muda (Leconte et al., 2012), frente a los (4)-5-(6) de *L. s. azuricollis* en zonas altas (Arizaga y Alonso, 2015). El patrón fenológico descrito para *L. s. namnetum* es aplicable, también, al menos en las poblaciones más meridionales y occidentales de *L. s. cyanecula* (Cramp, 1988), que son las que llegan a la Península Ibérica en periodo no reproductor, bien en paso o como invernantes (Arizaga y Tamayo, 2013). Los primeros volantones de *L. s. azuricollis*, además, se observan en junio (Arizaga y Alonso, 2015), mientras que en *L. s. namnetum* y *L. s. cyanecula* los primeros pollos ya vuelan a partir de mayo (Cramp, 1988, Constant y Eybert, 1995).

El objetivo de este artículo es doble: (1) describir la extensión de la muda posjuvenil en la subespecie *L. s. azuricollis* y (2) compararla con las de *L. s. namnetum* y *L. s. cyanecula*, las dos subespecies más próximas geográficamente que, teóricamente, disponen de un periodo de tiempo mayor para mudar al criar en zonas bajas. Se espera que la extensión de la muda en *L. s. azuricollis* sea menor que en las otras dos subespecies.

Material y métodos

Área de estudio y toma de muestras

Se utilizaron muestras recolectadas en la Sierra de Béjar (Salamanca; 40,36°N 05,70°W; Tabla 1), el sector más occidental del Sistema Central y uno de los principales puntos de reproducción del pechiazul en España (Molina et al., 2022). Los pechiazules se capturaron entre los meses de mayo y agosto de 2010-2012 y 2014-2016. Para ello se utilizaron cepos-malla cebados con gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*), junto a los que se colocó un reproductor de sonido con una grabación del canto de un macho. Tras ello, fueron anillados y determinados su sexo (sólo factible en ejem-

plares no juveniles) y edad (Jenni y Winkler, 1994). Se distinguieron tres edades: (1) EURING 3: aves nacidas durante el año en curso, antes (es decir, aún con plumaje juvenil), durante o después de acabar la muda posjuvenil; reconocibles por el plumaje fresco, nuevo; (2) EURING 5: nacidas durante el anterior año de calendario, reconocibles por la presencia de límites de muda en el ala. A diferencia de un ave con edad EURING 3, presenta desgaste general en el plumaje, visible en las primarias más externas, bordes de cobertoras, etc. La coloración de garganta y babero de los machos es la típica de un plumaje nupcial (derivado de la muda prenupcial), no posnupcial; (3) EURING 4 o 6: aves nacidas antes del pasado año calendario, sin límite de muda, porque ya han realizado una muda completa en el verano anterior (código de edad 6) o el año en curso (código de edad 4).

Para describir la extensión de la muda posjuvenil (parcial) solo se consideraron aves con edad EURING 5, por tanto con la muda posjuvenil finalizada, ya que la mayoría de las aves con edad EURING 3 o bien estaban en plumaje juvenil o bien estaban aún mudando cuando se capturaron. Cada una de las plumas del ala (solo una de las alas) y cola se puntuaron como mudadas (plumas posjuveniles) o retenidas (juveniles).

Asimismo, con el fin de comparar la muda posjuvenil de *L. s. azuricollis* con otras dos subespecies próximas geográficamente, se utilizaron datos propios tanto publicados (Arizaga *et al.*, 2014) como de individuos de la subespecie *L. s. cyanecula* capturados para anillamiento en paso migratorio en la laguna de Badina de Escudera (Navarra) (para más detalles ver Arizaga *et al.*, 2010) (Tabla 1). Las subespecies *L. s. namnetum* y *L. s. cyanecula* fueron determinadas mediante su biometría (Neto y Correia, 2012).

Para describir la extensión de la muda posjuvenil se consideraron las diferentes plumas del ala y cola: grandes cobertoras o cobertoras mayores (GC), cobertora carpal (CC), álula (AL), terciarias (TT), secundarias (SS), primarias (PP), cobertoras primarias (CP), rectrices (RR). Para cada ejemplar se rellenó una ficha de muda, en la que para cada una de las plumas anteriores se diferenció si eran juveniles o posjuveniles (Pinilla, 2000).

Subespecies / Zona	Macho	Hembra	Descon.	Fuente
<i>L. s. azuricollis</i> Sistema Central (Salamanca)	77	17	0	Este artículo
<i>L. s. namnetum</i> Estuarios cantábricos	61	37	2	Arizaga <i>et al.</i> (2014)
<i>L. s. cyanecula</i> Badina Escudera (Navarra)	197	50	7	Este artículo

Tabla 1.- Tamaños muestrales de subespecies de ruiseñor pechiazul capturados para anillamiento, con plumaje posjuvenil, utilizados para la elaboración de este artículo.

Table 1.- Sample size of bluethroats sampled for ringing, used in this work.

Análisis estadísticos

En el análisis para *L. s. azuricollis*, para determinar si el número de plumas mudadas varió entre sexos se aplicó un modelo lineal generalizado (MLG), con el número de GC posjuveniles (mudadas) como variable respuesta y el sexo como factor fijo. Debido a la naturaleza discreta de la variable respuesta, se utilizó una función de enlace log-lineal, con distribución del error de Poisson. La sobredispersión del modelo fue baja (0,80, $P = 0,92$). Posteriormente, se realizó un segundo análisis, para el cual de nuevo se aplicó un MLG, en este caso con el número de GC o el número de TT reemplazadas en la muda como variable respuesta (esto es, un modelo para cada tipo de variable respuesta), y la subespecie (*L. s. azuricollis*, *L. s. namnetum*, *L. s. cyanecula*) y el sexo (incluida la interacción entre ambos factores) como factores fijos. En ambos MLG la sobredispersión fue muy significativa (1,40 para el modelo con las GC, 1,62 para el modelo con las TT, $P < 0,001$). Por ello, para mejorar el ajuste se corrigió la dispersión utilizando un modelo lineal generalizado con distribución del error binomial negativa. Por otro lado, para comprobar el grado de correlación entre el número de CM y TT mudadas, se utilizó la r de Spearman.

Resultados

Extensión de la muda posjuvenil de *L. s. azuricollis*

Se obtuvieron 94 fichas de muda de pechiazules ibéricos durante el periodo de cría con edad EURING 5. De éstas, 77 correspondieron a machos y 17 a hembras. La extensión de la muda no varió significativamente entre sexos ($Z = -0,15$, $P = 0,88$, $R^2 = 0,03\%$). En consecuencia, los análisis para *L. s. azuricollis* se hicieron sin considerar los sexos (Fig. 1).

Descripción de la extensión de la muda parcial en la especie de estudio:

GC: GC1, 100%; GC2, 98%; GC3, 75%; GC4, 42%; GC5, 32%; GC6, 26%; GC7-10, <5%. El porcentaje de aves en las que se mudan todas las GC es de un 2%, mientras que ningún ave retuvo todas las GC. La media poblacional es de 3,8 GC mudadas y la mediana de 3,5 plumas.

CC: Mudada en un 8,5% de la muestra.

AL: AL1, 19%; AL2-3, <5%. El porcentaje de aves en las que se mudan todas las plumas del AL es 2%, mientras que un 76,6% mantiene todas las plumas del álula sin mudar.

TT: T7-9, <5%. El porcentaje de aves en las que se mudan todas las TT es 2%, mientras que un 95% mantiene todas las TT sin mudar.

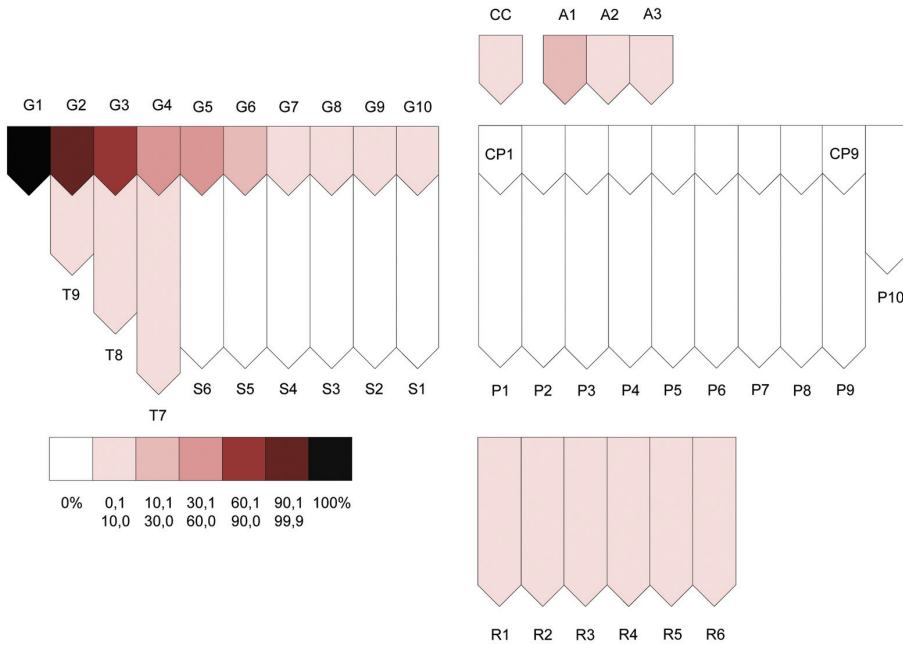


Fig 1.- Frecuencia de reemplazo de las plumas del ala y rectrices de la muda posjuvenil parcial realizada durante el primer año de vida en ruiseñores pechiazules ibéricos. Código de plumas: CC, cobertora carpal; A, álula; G, grandes cobertoras; T, terciarias; S, secundarias; P, primarias; CP, cobertoras primarias; R, rectrices.

Fig. 1.- Frequency of replacement of wing and tail feathers of the partial post-juvenile moult of first-year Iberian bluethroats. Feather code: CC, carpal covert; A, alula; G, greater coverts; T, tertials; S, secondaries; P, primaries; CP, primary coverts; R, rectrices.

RR: R1-6, <5%. El porcentaje de aves en las que se mudan todas las RR es 2%, mientras que un 98% mantiene todas las RR sin mudar. Esto es, de 94 ejemplares, en todos salvo en uno todas las RR eran juveniles, mientras que tan solo un ejemplar había cambiado la totalidad de RR. Es muy posible que este ejemplar tuviera una muda accidental, por lo que bien podría asumirse que el 100% de las aves no muda RR.

No se registró reemplazo de secundarias, primarias o cobertoras primarias. Asimismo, se registró una correlación muy significativa entre el número de GC y TT mudadas ($r = 0,28$; $P = 0,005$), de tal modo que los pechiazules que mudaron más GC mudaron, también, más TT.

Comparativa de la muda posjuvenil entre subespecies

El número de fichas de muda realizadas para *L. s. namnetum* y *L. s. azuricollis* fue de 100 y 254, respectivamente (Tabla 1). La media de GC reemplazadas varió entre

subespecies, sin efecto del sexo (efecto de la subespecie: $LR\chi^2_2 = 15,82$, $P < 0,001$; sexo: $LR\chi^2_2 = 2,02$, $P = 0,155$; interacción subespecies-sexo: $LR\chi^2_2 = 1,08$, $P = 0,584$; sobredispersión: 1,00, $P = 0,45$; Tabla 2), siendo en relación a *L. s. azuricollis* significativamente superior en *L. s. namnetum* ($Beta = +0,18$, $SE = 0,05$, $P < 0,001$; Tabla 2) e igual en *L. s. cyanecula* (*L. s. azuricollis*: $Beta = 0$; *L. s. cyanecula*: $Beta = -0,034$, $SE = 0,05$, $P = 0,412$; Tabla 2). El número de terciarias mudadas varió entre subespecies, siendo además significativa la interacción subespecie-sexo (efecto de la subespecie: $LR\chi^2_2 = 15,40$, $P = 0,001$; sexo: $LR\chi^2_2 = 2,02$, $P = 0,154$; interacción subespecies-sexo: $LR\chi^2_2 = 6,72$, $P = 0,035$; sobredispersión: 1,00, $P = 0,53$; Tabla 2). No obstante, al examinar en detalle los valores de los Beta-parámetros ninguno resultó significativo (respecto a la subespecie de referencia, *L. s. azuricollis*: *L. s. namnetum*: $Beta = +3,25$, $SE = 382$, $P \sim 1$; *L. s. cyanecula*, $Beta = +3,10$, $SE = 382$, $P \sim 1$; para el resto de parámetros: $P \sim 1$). Por otro lado, tanto en *L. s. namnetum* como *L. s. cyanecula* hubo una correlación muy significativa entre el número de GC y TT mudadas (*namnetum*: $r = 0,34$; $P < 0,001$; *cyanecula*: $r = 0,58$; $P < 0,001$).

	Media	Todas	Ninguna
Grandes cobertoras			
<i>L. s. azuricollis</i>	3,8	2%	0%
<i>L. s. namnetum</i>	5,2	5%	0%
<i>L. s. cyanecula</i>	3,8	4%	0,4%
Terciarias			
<i>L. s. azuricollis</i>	0,10	2%	95%
<i>L. s. namnetum</i>	0,32	4%	81%
<i>L. s. cyanecula</i>	0,38	4%	75%

Tabla 2.- Extensión observada de la muda posjuvenil en tres subespecies de ruiseñores pechiazules capturadas en España.

Table 2.- Observed post-juvenile moult extent of three bluethroat subspecies captured in Spain.

Discusión

Este artículo describe la extensión de la muda posjuvenil de la subespecie de pechiazul *L. s. azuricollis*. Hasta la fecha la única información sobre la muda de esta subespecie se refería la fenología de muda (Arizaga y Alonso, 2015). La extensión de esta muda no varió significativamente entre sexos, si bien debe destacarse que el número de hembras capturadas durante el periodo de cría fue muy inferior al número de machos. En todo caso, a la vista de la evidencia actual no parece que, de existir, tales diferencias entre sexos pudieran ser importantes en cuanto a un mayor o menor número de plumas mudadas (Bojarinova et al., 1999, Arizaga et al., 2014).

La extensión de la muda posjuvenil es reducida, e.g. si la comparamos con otros muscicápidos como el petirrojo europeo *Erithacus rubecula* o el ruiseñor común *L. megarhynchos* que, por ejemplo, mudan de media más GC (Jenni y Winkler, 1994). Atendiendo a GC, esta extensión de la muda parcial en *L. s. azuricollis* es similar a la de la subespecie *L. s. cyanecula* (una subespecie que recorre grandes distancias migratorias), pero significativamente inferior a la de *L. s. namnetum* (que realiza una migración muy corta). Esto es, los resultados son coherentes con lo esperado para poblaciones con diferentes distancias migratorias: la extensión de la muda es mayor según se acorta la distancia de migración (Barta *et al.*, 2008, Chabot *et al.*, 2018, Jenni y Winkler, 2020), si bien otros factores pueden también alterar esta relación (Rueda-Hernández *et al.*, 2023).

La reducida extensión de *L. s. azuricollis* concuerda con lo esperado: que una población que cría en zonas de montaña, estival, con una reducida ventana temporal para mudar (apenas unas pocas semanas antes de la migración), presenta una muda muy reducida, que reflejaría la existencia de una limitación muy importante de recursos o tiempo efectivo para mudar antes de que se inicie la migración. En este contexto, es complicado prever cuáles serían las consecuencias del cambio climático en la muda que las poblaciones de pechiazules ibéricos realizan en el área de cría y, sobre todo, en las interacciones que un proceso de muda problemático (e.g. por la falta de recursos o limitaciones temporales) podría tener sobre otras fases relevantes del ciclo vital, a través de procesos *carry-over* (Conklin y Battley, 2012). El adelanto de la primavera podría favorecer un adelanto de la reproducción, lo que por su lado aumentaría, potencialmente, el periodo de tiempo disponible para la muda tras ésta, siempre y cuando la fecha de abandono del área de cría no se adelantara (Briedis *et al.*, 2020) y exista, además, un ajuste en la llegada a estas áreas de cría desde las zonas de invernada en África (Jones y Cresswell, 2010). Por otro lado, los cada vez más cálidos veranos podrían impulsar un fuerte descenso de la disponibilidad de recursos tróficos, incluso en cotas altitudinales altas, lo cual sí podría impulsar un abandono temprano del área de cría que, tal vez, podría promover que los pechiazules buscaran zonas aptas para la muda, e.g. en humedales, que por su lado y, especialmente en la región mediterránea, son también muy vulnerables a los efectos del cambio climático (Nunes *et al.*, 2008, Cramer *et al.*, 2018) y la sobreexplotación (Serrano y Serrano, 1996, Fernández-Delgado, 2017). Todo este conglomerado de hipótesis podría ser abordado más detalladamente con estudios comparados, e.g. extendidos a otras zonas montañosas y especies de hábitats montanos y/o alpinos o alpinizados, tanto a nivel peninsular como continental.

En el futuro, podría analizarse si existe variabilidad interanual en la extensión de la muda y si ésta se relaciona con las condiciones ambientales dominantes en periodos teóricamente sensibles para la muda (e.g., sequías durante el periodo de cría o al final del mismo, etc.). A título preliminar, aplicando un GLM sobre la extensión de la muda

de GC, con el año como factor, exclusivamente para *L. s. azuricollis*, se obtuvieron diferencias interanuales significativas (detalles no mostrados), lo que abre una potencial vía de trabajo para futuros estudios. Esto podría tener cierto interés porque podría reflejar los efectos del cambio climático sobre la fauna asociada a los hábitats arbustivos montanos de la región mediterránea, uno de los ecosistemas más amenazados de la península ibérica (Huntley *et al.*, 2007, Araujo *et al.*, 2011).

Agradecimientos

La Junta de Castilla y León y el Gobierno de Navarra autorizó el anillamiento de los pechiazules. Los comentarios de dos revisores anónimos ayudaron a mejorar una primera versión del trabajo.

Bibliografía

- Araujo, M. B., Guilhaumon, F., Neto, D. R., Pozo, I., Calmaestra, R., 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Fauna de vertebrados. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.
- Arizaga, J., Alonso, D., 2015. Phenological parameters of a Bluethroat *Luscinia svecica azuricollis* population breeding at high altitude in Spain. *Ardeola* 62, 173-178.
- Arizaga, J., Barba, E., Alonso, D., Vilches, A., 2010. Stopover of bluethroats (*Luscinia svecica cyaneola*) in northern Iberia during the autumn migration period. *Ardeola* 57, 69-85.
- Arizaga, J., García, J., Suárez-Seoane, S., 2011. Ruiseñor Pechiazul - *Luscinia svecica*. En: Salvador, A., Bautista, L. M. (Eds.), *Enciclopedia virtual de los Vertebrados Españoles*, MNCN, Madrid. Disponible en: <http://www.vertebradosibericos.org>.
- Arizaga, J., Tamayo, I., 2013. Connectivity patterns and key non-breeding areas of white-throated bluethroat (*Luscinia svecica*) European populations. *Anim. Biodivers. Cons.* 36, 69-78.
- Arizaga, J., Unamuno, E., Azkona, A., Laso, M., Peón, P., 2014. Moulting extent differs between populations of different migratory distances: preliminary insights from Bluethroats *Luscinia svecica*. *Rev. Cat. Ornitol.* 30, 24-29.
- Barta, Z., Houston, A. I., McNamara, J. M., Welham, R. K., Hedenström, A., Weber, T. P., Feró, O., 2006. Annual routines of non-migratory birds: optimal moulting strategies. *Oikos* 112, 580-593.
- Barta, Z., McNamara, J. M., Houston, A. I., Weber, T. P., Hedenström, A., Feró, O., 2008. Optimal moulting strategies in migratory birds. *Phil. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* 363, 211-229.

- Bojarinova, J. G., Lehtikoinen, E., Eeva, T., 1999. Dependence of postjuvenile moult on hatching date, condition and sex in the Great Tit. *J. Avian Biol.* 30, 437-446.
- Borrás, A., Cabrera, T., Cabrera, J., Senar, J. C., 2004. Interlocality variation in speed of moult in the Citril Finch *Serinus citrinella*. *Ibis* 146, 14-17.
- Briedis, M., Bauer, S., Adamík, P., Alves, J. A., Costa, J. S., Emmenegger, T., Gustafsson, L., Kolek, J., Krist, M., Liechti, F., Lisovski, S., Meier, C. M., Procházka, P., Hahn, S., 2020. Broad-scale patterns of the Afro-Palaearctic landbird migration. *Glob. Ecol. Biogeograph.* 29, 722-735.
- Chabot, A. A., Hobson, K. A., Craig, S., Loughheed, S. C., 2018. Molt in the Loggerhead Shrike *Lanius ludovicianus* is influenced by sex, latitude and migration. *Ibis* 160, 301-312.
- Collar, N. J., 2005. Family Turdidae (Thrushes). En: Del Hoyo, J., Elliot, A., Christie, D. A. (Eds.), *Handbook of the Birds of the World*. Vol 10, 514-807. Lynx, Barcelona.
- Conklin, J. R., Battley, P. F., 2012. Carry-over effects and compensation: late arrival on non-breeding grounds affects wing moult but not plumage or schedules of departing bar-tailed godwits *Limosa lapponica baueri*. *J. Avian Biol.* 43, 252-263.
- Constant, P., Eybert, M. C., 1995. Données sur la reproduction et l'hivernage de la Gorge-bleue *Luscinia svecica namnetum*. *Alauda* 63, 29-36.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.-P., Iglesias, A., Lange, M. A., Lionello, P., Llasat, M. C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M. N., Xoplaki, E., 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nat. Clim. Change* 8, 972-980.
- Cramp, S., 1988. *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa*. Vol. 5. Oxford University Press, Oxford.
- De la Hera, I., Perez-Tris, J., Telleria, J. L., 2009. Migratory behaviour affects the trade-off between feather growth rate and feather quality in a passerine bird. *Biol. J. Lin. Soc.* 97, 98-105.
- Delhey, K., Guallar, S., Rueda-Hernández, R., Valcu, M., Wang, D., Kempenaers, B., 2020. Partial or complete? The evolution of post-juvenile moult strategies in passerine birds. *J. Anim. Ecol.* 89, 2896-2908.
- Fernández-Delgado, C., 2017. Doñana Natural Space: The uncertain future of a crown jewel in Europe's Protected Areas. *Case Stud. Environ.* 1, 1-12.
- Ginn, H. B., Melville, D. S., 1983. Molt in birds. BTO, Tring.
- Hemborg, C., Sanz, J., Lundberg, A., 2001. Effects of latitude on the trade-off between reproduction and moult: a long-term study with pied flycatcher. *Oecologia* 129, 206-212.
- Huntley, B., Green, R. E., Collingham, Y. C., Willis, S. G., 2007. *A climatic atlas of European breeding birds*. Lynx, Barcelona.
- Jenni, L., Winkler, R., 1994. *Moult and ageing of European passerines*. Academic Press, London.
- Jenni, L., Winkler, R., 2020. *The biology of moult in birds*. Helm, London.

Jones, T., Cresswell, W., 2010. The phenology mismatch hypothesis: are declines of migrant birds linked to uneven global climate change? *J. Anim. Ecol.* 79, 98-108.

Juan, M., García, J., 2022. Ruiseñor pechiazul *Luscinia svecica*. En: Molina, B., Nebreda, A., Muñoz, A. R., Seoane, J., Real, R., Bustamante, J., Del Moral, J. C. (Eds.), III Atlas de las aves en época de reproducción en España, SEO/BirdLife, Madrid.

Kiat, Y., Izhaki, I., 2016. Why renew fresh feathers? Advantages and conditions for the evolution of complete post-juvenile moult. *J. Avian Biol.* 47, 47-56.

Kiat, Y., Izhaki, I., Sapir, N., 2019. The effects of long-distance migration on the evolution of moult strategies in Western-Palearctic passerines. *Biol. Rev.* 94, 700-720.

Kiat, Y., Sapir, N., 2017. Age-dependent modulation of songbird summer feather molt by temporal and functional constraints. *Am. Nat.* 189, 184-195.

Leconte, M., Paucot, C., Dupuy, F., Couzi, L., Cardonell, S., Bulens, P., 2012. Étude de la population de Gorgebleue à miroir blanc (*Luscinia svecica namnetum* Mayaud, 1934; Muscicapidae) se reproduisant autour du Bassin d'Arcachon (France, Gironde, 33). *Bull. Soc. Linn. Bordeaux* 147, 159-173.

Lindström, Å., Daan, S., Visser, G. H., 1994. The conflict between molt and migratory fat deposition - A photoperiodic experiment with bluethroats. *Anim. Behav.* 48, 1173-1181.

Lomas-Vega, M., Willemoes, M., Arizaga, J., Onrubia, A., Cuenca, D., Alonso, D., Torralvo, C., Tøttrup, A. P., Thorup, K., 2019. Migration Strategies of Iberian Breeding White-Rumped Swifts *Apus caffer*, Rufous-Tailed Scrub-Robins *Cercotrichas galactotes* and Bluethroats *Cyanecula svecica*. *Ardeola* 66, 51-64.

Molina, B., Nebreda, A., Muñoz, A. R., Seoane, J., Real, R., Bustamante, J., Del Moral, J. C., 2022. III Atlas de aves en época de reproducción en España. SEO/BirdLife, Madrid.

Nadal, J., Ponz, C., Margalida, A., 2021. The end of primary moult as an indicator of global warming effects in the Red-legged Partridge *Alectoris rufa*, a medium sized, sedentary species. *Ecol. Indic.* 122, 107287.

Neto, J. M., Correia, E., 2012. Biometrics and sub-specific identification of white-spotted bluethroats *Luscinia svecica cyanecula* and *L. s. namnetum* during autumn. *Ardeola* 59, 309-315.

Newton, I., 2009. Moult and plumage. *Ring. Migr.* 24, 220-226.

Nunes, J. P., Seixas, J., Pacheco, N. R., 2008. Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. *Hydrol. Proc.* 22, 3115-3134.

Pérez-Granados, C., Calleja, J. A., Seoane, J., Fernández-Tizón, M., Vigalondo, B., Meléndez, L., Kiat, Y., 2021. Time available for moulting shapes inter- and intra-specific variability in post-juvenile moult extent in wheatears (genus *Oenanthe*). *J. Ornithol.* 162, 255-264.

Pinilla, J., 2000. Manual para el anillamiento científico de aves. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM, Madrid.

Rueda-Hernández, R., Guallar, S., Pyle, P., 2023. Preformative molt extent of *Cardellina* warblers increases with breeding latitude and migration distance. *Wils. J. Ornithol.* 135, 46-55.

Serrano, L., Serrano, L., 1996. Influence of groundwater exploitation for urban water supply on temporary ponds from the Doñana National Park (SW Spain). *J. Environ. Manag.* 46, 229-238.

Shirihai, H., Svensson, L., 2018. Handbook of Western Palearctic Birds. Volume 1. Christopher Helm, London.

Zuberogoitia, I., Zabala, J., Martínez, J. E., 2018. Moulting in birds of prey: A review of current knowledge and future challenges for research. *Ardeola* 65, 183-207.



Fecha de recepción / Date of reception: 17/11/2023

Fecha de aceptación / Date of acceptance: 29/05/2024

Editor Asociado / Associate editor: Iván de la Hera