
Efecto de la edad, el sexo y el tiempo en la biometría del Piquituerto común (*Loxia curvirostra curvirostra*) en Navarra.

Effect of age, sex and time in the biometrics of common crossbill (*Loxia curvirostra curvirostra*) in Navarre.

D. ALONSO¹ & J. ARIZAGA^{1,2}



RESUMEN

Se estudia en detalle la biometría del Piquituerto Común (*Loxia curvirostra curvirostra*) en Navarra (N de España, W de Pirineos), según los sexos, edad y el año de captura. Entre 1994 y 2006 se capturaron un total de 2101 aves, en dos localidades emplazadas en bosques de pino silvestre (*Pinus sylvestris*). Además de la edad y sexo, en cada ejemplar se tomaron diez medidas, relacionadas con el ala, cola, pata y pico, y la morfología del ala de 2004 a 2006. Para toda variable hubo diferencias significativas entre los sexos y edades, presentando los valores máximos los machos adultos, y los mínimos las hembras jóvenes. Tras eliminar el efecto de la edad y sexo, se observaron diferencias interanuales, posiblemente debido a la ocurrencia de aves irruptivas. En lo relativo a la morfología alar, la especie parece mostrar en promedio alas apuntadas y cóncavas, sugiriendo cierta naturaleza nómada, tal vez debido a la variabilidad en la producción de semillas en el pino silvestre. Además, se registraron diferencias entre los sexos, mostrando los machos un ala más apuntada y convexa. Se desconocen por ahora las causas de esta variabilidad.

• PALABRAS CLAVE: Piquituerto Común (*Loxia curvirostra curvirostra*), biometría, sexo, edad, variación interanual, Navarra, Pirineos Occidentales.

ABSTRACT

Biometrics of Common Crossbill (*Loxia curvirostra curvirostra*) in Navarra (N Spain, W Pyrenees) is analysed in detail, according to age, sex and year of capture. From 1994 to 2006, 2101 crossbills were captured in two localities in forests of Scots pine (*Pinus sylvestris*). In addition to age and sex, ten records related to wing, tail, bill and tarsus were measured, as well as wing morphology from 2004 to 2006. In all the variables, significant differences between sex and age classes were observed, having adult males the highest records

¹ Sociedad de Ciencias Aranzadi. Departamento de Vertebrados. Zorroagaina, 11 • 20014 Donostia - San Sebastián.

² Universidad de Navarra. Departamento de Zoología y Ecología. Irunlarrea 1 • 31080 Pamplona. jarizaga@alumni.unav.es

and juvenile females the lowest ones. Once the age and sex effect removed, year-to-year significant differences were registered, likely due to the occurrence of irruptive crossbills. In relation to wing morphology, the Common Crossbill seems to have on average pointed and concave wings, suggesting a nomadic behaviour, likely due to the variability of the cone crop of Scots pines. Additionally, sex-associated variations were detected, having males a more pointed and concave wing. Causes to explain this result are far to be completely understood.

• **KEY WORDS:** Common Crossbill (*Loxia curvirostra curvirostra*), biometrics, sex, age, year-to-year variability, Navarra, Western Pyrenees.

LABURPENA

Nafarroan (Espainiako I, Pirinioetako W) mokoker arruntak (*Loxia curvirostra curvirostra*) duen biometria zehazki aztertzen da, sexua, adina eta harrapaketa urtearen arabera. 1994 eta 2006 urteen artean, 2101 ale harrapatu ziren, pinu gorrien basoetan (*Pinus sylvestris*) kokaturiko bi lekuetan. Adina eta sexuez gain, txori bakoitzari hamar neurketa egin zitzaizkion, hegala, buztana, zangoa eta mokoaren ezaugarrienak, eta hegalarren morfologia 2004tik 2006ra. Aldagai guztien neurketetan alde esanguratsuak aurkitu dira sexu eta adin desberdinak dituztenen artean, balio altuenak har helduetan eta apalenak eme gazteetan hain zuzen. Adina eta sexuaren aldakortasuna kenduz gero, urte batetik bestera ere alde nabarmenak aurkitu ziren, beharbada kanpotik etorritako hegaztien eraginez. Hegalen morfologiari dagokionean, batez beste espezieak hegal zorrotzak eta kofadunak aurkezten ditu, batetik bestera ibiltzen denaren adierazgarri izan daitekeena, agian pinu gorriak hazien ekoizpenean eduki dezaken aldakortasunak behartuta. Gainera, sexuen arteko desberdintasunak aurkitu dira, arrak hegal zorrotzagoak eta konbexogokoak baidituzte. Aldaberatasun honen arrazoiak ez dira ezagutzen oraindik.

• **GAKO-HITZAK:** Mokoker arrunta (*Loxia curvirostra curvirostra*), biometría, sexua, adina, urteen arteko aldakortasuna, Nafarroa, Mendebaldeko Pirinioak.



INTRODUCCIÓN

El análisis biométrico constituye un capítulo esencial en el estudio de la biología, pues es de gran utilidad en la descripción de poblaciones (MASSA, 1987; CLOUET & JOACHIM, 1996; SUMMERS & PIERTNEY, 2003) e individuos (e.g. según los sexos o la edad, SVENSSON 1992; ALONSO & ARIZAGA, *en prensa*) y a la hora de relacionar la morfología a aspectos de su ambiente y comportamiento, como el tipo de alimentación (BENKMAN, 1987, 1993), el desarrollo de caracteres sexuales (FUTUYMA, 1998) o el flujo de individuos entre distintas zonas (EDELAAR & TERPSTRA, 2004).

El Piquituerto Común (*Loxia curvirostra*) es un passeriforme ampliamente distribuido en el Paleártico (NEWTON, 1972; CRAMP & PERRINS, 1994). Adaptado a la alimentación de semillas de coníferas, se asocia a bosques de este tipo de vegetación (CRAMP & PERRINS, 1994). En España ocupa las masas forestales más relevantes de coníferas, especialmente en el N

y E de la Península y en Baleares (BORRÁS & SENAR, 2003). Actualmente se reconocen dos subespecies: *L. c. curvirostra*, presente en el N de la Península; y *L. c. balearica*, endémica de Baleares (CRAMP & PERRINS, 1994). Además, estudios recientes muestran que las poblaciones del sur de España posiblemente se podrían incluir en la subespecie *L. c. balearica*, dada su morfología y su adaptación a y dependencia por las semillas de pino carrasco (*Pinus halepensis*) (ALONSO *et al.*, 2006).

La separación biométrica de las poblaciones del N de España de las del S de España y Baleares es bien conocida (ALONSO *et al.*, 2006). No obstante, todavía no se dispone de análisis biométricos detallados para el N de España (CRAMP & PERRINS, 1994), ni de comparaciones con poblaciones del C y N de Europa, incluidas en la subespecie *L. c. curvirostra*. Periódicamente, cuando la disponibilidad de recursos es limitada y el número de individuos se incrementa en un área concreta, los piquituerros realizan movimientos (irrupciones) para buscar zonas nuevas de alimentación (NEWTON, 1972; CRAMP & PERRINS, 1994). El análisis morfológico también resulta interesante para detectar la ocurrencia de aves irruptivas (e.g. SUMMERS *et al.*, 1996; EDELAAR & TERPSTRA, 2004).

En este estudio se plantea como objetivo analizar detalladamente la biometría del Piquituerto Común en Navarra, W de Pirineos, N de España, prestando una especial atención a la edad, el sexo y el año de captura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio y protocolo de anillamiento

Se capturaron piquituerros de 1994 a 2006, en dos localidades del NE de Navarra (N de España, W de Pirineos): Bigüézal (Sierra de Leire, 42°40'N 01°07'W, 1096 m.s.n.m.), Uztárroz (Sierra de Uztárroz, 42°52'N 01°00'W, 1383 m.s.n.m.); ambas distantes entre sí 25 km en línea recta. Se sitúan en bosques maduros de pino silvestre (*Pinus sylvestris*), la principal formación de vegetación en la zona, entre 800 y 1400 m.s.n.m. (LOIDI & BÁSCONES, 1995).

Para la captura (se muestreó en todos los meses) se utilizaron redes de niebla emplazadas en zonas donde el ganado es alimentado con sal, y a donde los piquituerros van para complementar su dieta con sales. Cuando en invierno y debido a la nieve estas zonas no se utilizan, se emplearon, ocasionalmente, un máximo de 2 individuos como señuelo vivo, para lo cual se obtuvieron los permisos correspondientes de la Administración.

Cada ejemplar se anilló (o leída la anilla si ya estaba anillado) y determinados su sexo (machos y hembras; M y H respectivamente) y edad (adultos, A: edad EURING 4 ó 6; aves capturadas tras realizar un proceso de muda completo; jóvenes, J: edad EURING 3 ó 5; aves capturadas en su primer -o segundo- año que no han realizado aún un proceso de muda completo; se excluyeron los individuos recién saltados del nido con plumas aún en

desarrollo). Se establecieron en consecuencia cuatro categorías de edad y sexo: MA, MJ, HA y HJ. Además, se midieron un total de diez variables asociadas a la longitud de diferentes plumas, pico y pata (SVENSSON, 1992): longitudes del ala (LA; cuerda máxima, método III de SVENSSON, 1992; ± 0.5 mm), cola (LC, ± 0.5 mm), pata (*metatarsus*; LT, ± 0.5 mm) y cabeza y pico (CP, ± 0.1 mm); longitudes del culmen (CUL, ± 0.1 mm, Figura 1) y mandíbulas superior e inferior (MSU y MIN, respectivamente, ± 0.1 mm, Figura 1); ancho (ANC, medida en la comisura, ± 0.1 mm) y alto del pico (ALT, ± 0.1 mm, Figura 1) y amplitud de la mandíbula inferior (AMI, SVENSSON, 1992, ± 0.1 mm). De 2004 a 2006 se midió, además, la longitud de la primaria P2 a P9 (numeración ascendente, ± 0.5 mm). En todos los casos las medidas fueron tomadas por un único autor (DA).

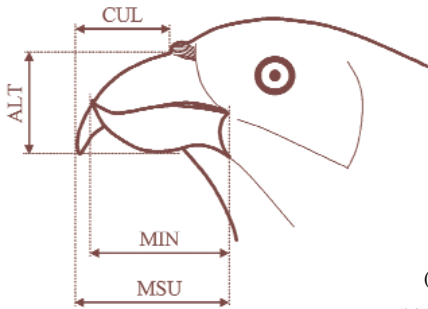


Figura 1.- Modo en que se midieron algunas variables del pico.

Figure 1.- Some of bill measurements recorded on Crossbills

Análisis de datos

En el análisis no se utilizaron las recapturas (para evitar pseudorreplificaciones) ni aves cuya edad o sexo no se pudo determinar. Además, dada la proximidad de ambas zonas de muestreo y para mantener un tamaño muestral grande ($N > 10$ en todos los casos), se decidió agrupar la información.

Primeramente se desarrolló un ANOVA para cada variable, considerando como factor la categoría de edad y sexo (para la F_{Levene} , $P > 0.05$ en todos los casos). Como prueba *a posteriori* se empleó un test de Tukey-B.

Posteriormente, los residuales del primer ANOVA (i.e. cada variable tras eliminar el efecto de la edad y sexo; ver para más detalles EDELAAR & TERPSTRA, 2004 y ALONSO *et al.*, 2006) se incluyeron en otro ANOVA, siendo en este caso el factor de análisis el año de captura. Éste no se incluyó en el primer ANOVA porque de este modo el tamaño de un buen número de casillas (Tabla I) habría sido inferior a diez. Complementariamente y dado el alto número de medidas se decidió, para estudiar la variabilidad biométrica interanual, incorporar los residuales del primer ANOVA en un Análisis de Componentes Principales (ACP). De esta manera se obtuvieron cuatro variables nuevas (ver para más detalles los resultados) que resumen las diez variables iniciales. Posteriormente, los valores del ACP (componentes 1 a 4) se incluyeron en un ANOVA con el año como factor, facilitando así el análisis de las diferencias interanuales.

Mediante un test de *t* se compararon los datos con poblaciones de otras zonas donde la subespecie *L. c. curvirostra* está presente.

Finalmente, se analizó la variabilidad de la morfología del ala en función de la edad y sexo. Para esto se empleó el método de LOCKWOOD *et al.* (1998), basado en un ACP de P2 a P9 tras eliminar el efecto del tamaño, y que estima los índices C_2 y C_3 , utilizados

para estudiar, respectivamente, el apuntamiento y convexidad del ala (ver para más estudios similares COPETE *et al.*, 1999). Valores altos de C_2 se relacionan con alas más redondeadas, y valores altos de C_3 se corresponden con alas más convexas. En este caso no se estudiaron las diferencias interanuales, pues sólo se midieron fórmulas alares de 2004 a 2006.

Para el análisis se empleó el programa SPSS v.13.0 para Windows. El fundamento estadístico puede encontrarse en SOKAL & ROHLF (1995).

RESULTADOS

En conjunto se capturaron 2101 piquituertos, variando el número de aves capturadas de 38 individuos en 1996 a 331 en 2000 (Tabla I).

	MA	MJ	HA	HJ
1994	61	6	35	3
1995	84	39	44	16
1996	11	6	15	6
1997	71	21	50	8
1998	94	18	80	12
1999	62	39	45	20
2000	69	133	55	74
2001	20	17	14	13
2002	57	63	41	33
2003	34	66	20	39
2004	43	70	24	36
2005	21	21	25	18
2006	70	77	48	54

Tabla I.- Número de capturas de Piquituerto (*Loxia curvirostra*) en bosques de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) en Navarra, Pirineos Occidentales, entre 1994 y 2006. Para las abreviaturas ver material y métodos.

Table I.- Number of captures of Common Crossbill (*Loxia curvirostra*) in forests of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Navarra, Western Pyrenees, from 1994 to 2006. For abbreviations, see materials and methods.

Para toda variable hubo diferencias significativas entre sexos y edades (Tablas II y III). Aunque cada medida mostró su propio patrón de variabilidad, en la mayoría de los casos los valores máximos se registraron en MA, seguidos de MJ, HA y HJ.

Tras eliminar el efecto de la edad y sexo, hubo diferencias interanuales en todos los casos si bien, como en el análisis para el sexo y la edad, cada variable mostró su propio patrón de variación (Tabla IV). Para analizar estos patrones mejor se realizó un ACP con los residuales del primer ANOVA. De este modo se obtuvo un modelo en el que los componentes 1 a 4, con autovalores por encima de 1, explicaron casi el 70% de la varianza

	MA	MJ	HA	HJ
LA	98,0 ± 0,1* (669)	97,4 ± 0,1* (554)	95,0 ± 0,1 (462)	94,7 ± 0,1 (328)
LC	58,9 ± 0,1 (652)	58,9 ± 0,1 (543)	57,2 ± 0,2 (445)	57,3 ± 0,1 (325)
LT	21,4 ± 0,1* (663)	21,4 ± 0,1* (534)	21,4 ± 0,1* (456)	21,3 ± 0,1* (327)
CP	39,7 ± 1,4 (663)	39,5 ± 1,3 (536)	39,1 ± 1,4 (458)	38,8 ± 1,3 (328)
CUL	19,2 ± 0,1* (664)	18,9 ± 0,1* (536)	18,7 ± 0,1* (458)	18,4 ± 0,1* (326)
MSU	18,2 ± 0,1* (628)	17,9 ± 0,1* (497)	17,8 ± 0,1* (434)	17,5 ± 0,1* (306)
MIN	16,5 ± 0,1* (626)	16,4 ± 0,1* (498)	16,2 ± 0,1* (431)	16,0 ± 0,1* (304)
AMI	4,2 ± 0,1* (625)	4,5 ± 0,1* (498)	4,2 ± 0,1* (428)	4,5 ± 0,1* (305)
ANC	10,8 ± 0,1* (629)	10,7 ± 0,1* (506)	10,6 ± 0,1* (436)	10,6 ± 0,1* (311)
ALT	10,6 ± 0,1* (628)	10,7 ± 0,1* (505)	10,4 ± 0,1* (434)	10,5 ± 0,1* (312)

Tabla II. – Biometría de piquituerfos capturados en Navarra, entre 1994 y 2006, para diferentes categorías de edad y sexo (para las abreviaturas ver material y métodos). Para cada caso se señala el valor medio ± EE y el tamaño muestral. Cuando el EE es inferior a 0,1 se señala mediante un (*).

Table II. – Biometrics of crossbills captured in Navarra, from 1994 to 2006, in relation to different sex and age categories (for abbreviations see materials and methods). Within each case, mean ± SE and the sample size is shown. With an () cases with SE below 0.1 are shown.*

	F ₃	P	Tukey-B			
LA	330,899	< 0,001	MA ^a	MJ ^b	HA ^c	HJ ^c
LC	50,383	< 0,001	MJ ^a	MA ^a	HJ ^b	HA ^b
LT	3,574	0,013	HA ^a	MA ^a	MJ ^a	HJ ^b
CP	37,116	< 0,001	MA ^a	MJ ^a	HA ^b	HJ ^c
CUL	80,018	< 0,001	MA ^a	MJ ^b	HA ^c	HJ ^d
MSU	57,849	< 0,001	MA ^a	MJ ^b	HA ^b	HJ ^c
MIN	32,202	< 0,001	MA ^a	MJ ^b	HA ^c	HJ ^d
AMI	36,873	< 0,001	MJ ^a	HJ ^a	MA ^b	HA ^b
ANC	24,790	< 0,001	MA ^a	MJ ^a	HA ^b	HJ ^b
ALT	29,580	< 0,001	MJ ^a	MA ^b	HJ ^b	HA ^c

Tabla III. – ANOVAS desarrollados para estudiar el efecto de la edad y el sexo en cada variable. Para las abreviaciones ver material y métodos. En el test de Tukey-B las diferentes categorías de edad y sexo se ordenan de mayor a menor, y se ha usado el mismo superíndice entre los casos en que no hubo diferencias significativas.

Table III. – ANOVAS used to study the effect of age and sex on each variable. For abbreviations see materials and methods. The sex-age categories among which no significant differences were registered according to a Tukey-B test, are indicated with the same superscripts.

(Tabla V). El primer componente (PC_{mc1}) parece relacionarse con el tamaño de los individuos, si consideramos el alto y positivo peso de cada factor. En todo caso, los valores máximos son observados en CP, CUL y MSU. El PC_{mc2} indica, fundamentalmente, la morfología del pico. Una puntuación alta en este componente indica un pico más alto y ancho y menos largo. En el PC_{mc3} , valores altos indican aves de colas y tarsos más largos. En el PC_{mc4} , valores altos señalan aves de alas más largas.

	F_{12}^{***}	Tukey-B												
R ^{LA}	7,971	2006 ^a	2003 ^a	2005 ^{ab}	2004 ^{ab}	1995 ^{abc}	2000 ^{abc}	2001 ^{abc}	1994 ^{abc}	1997 ^{bc}	2002 ^{bc}	1996 ^{bc}	1999 ^c	1998 ^c
R ^{LC}	102,955	1998 ^a	2006 ^b	1999 ^{bc}	2003 ^{bcd}	2001 ^{bcd}	2004 ^{cdef}	2000 ^{def}	2005 ^{def}	2002 ^{ef}	1997 ^f	1996 ^g	1995 ^g	1994 ^g
R ^{LT}	40,035	1997 ^a	1998 ^a	1996 ^{ab}	1999 ^{ab}	2001 ^{bc}	2000 ^{bcd}	2006 ^{cde}	2003 ^{cde}	2004 ^{de}	2005 ^{ef}	1994 ^f	1995 ^f	2002 ^f
R ^{CP}	75,548	2001 ^a	2000 ^b	1998 ^c	1999 ^c	2006 ^c	1997 ^d	2002 ^{de}	2003 ^{de}	2005 ^{de}	2004 ^e	1995 ^f	1996 ^f	1994 ^f
R ^{CUL}	26,581	2006 ^a	1998 ^b	2000 ^b	2001 ^b	2005 ^{bc}	1999 ^{bbc}	2003 ^{cd}	1997 ^{cd}	1996 ^{cd}	1995 ^{cd}	2002 ^{cd}	1994 ^{cd}	2004 ^{cd}
R ^{MSU}	10,756	2001 ^a	2006 ^{ab}	1998 ^{abc}	2000 ^{bc}	2002 ^{bcd}	2003 ^{bc}	2005 ^{cde}	1999 ^{cde}	1996 ^{cde}	1995 ^{de}	1997 ^{de}	1994 ^e	2004 ^e
R ^{MIN}	15,765	2001 ^a	2000 ^b	1998 ^{bc}	1999 ^{bc}	1994 ^{bc}	2006 ^{bc}	1996 ^{cd}	1995 ^{cd}	1997 ^{cd}	2002 ^{cd}	2003 ^{cd}	2005 ^d	2004 ^d
R ^{AMI}	286,293	2001 ^a	2000 ^b	2006 ^{bc}	2005 ^{bcd}	2002 ^{bcd}	2003 ^{cde}	1999 ^{de}	2004 ^e	1998 ^f	1997 ^g	1994 ^h	1996 ⁱ	1995 ⁱ
R ^{ANC}	26,722	2003 ^a	2002 ^{ab}	2006 ^{abc}	2001 ^{abcd}	1996 ^{abcd}	2004 ^{abcde}	2005 ^{abcde}	1997 ^{bde}	1994 ^{cde}	1998 ^{de}	2000 ^e	1995 ^f	1999 ^g
R ^{ALT}	88,793	2001 ^a	2002 ^b	2000 ^{bc}	2004 ^{bc}	2006 ^{bc}	1999 ^{bc}	2003 ^c	2005 ^c	1994 ^d	1998 ^e	1997 ^e	1995 ^{ef}	1996 ^f

Tabla IV. – ANOVAS para cada variable tras eliminar el efecto de la edad y sexo y comprobar el efecto del año de captura. Para las abreviaciones ver material y métodos. En el test de Tukey-B las años son ordenados de mayor a menor, según el valor de los residuales, y se ha usado el mismo superíndice entre los casos en que no hubo diferencias significativas. En todos los casos, la significación de F fue inferior a 0,001 (***).

Table IV. – ANOVAS of the corrected variables for age and sex, used to test the effect of year of capture. The years among which no significant differences were registered according to a Tukey-B test, are indicated with the same superscripts

	PC_{mc1}	PC_{mc2}	PC_{mc3}	PC_{mc4}
R ^{LA}	0,362	0,230	0,330	0,716
R ^{LC}	0,500	0,278	0,612	-0,100
R ^{LT}	0,393	-,0226	0,553	-0,039
R ^{CP}	0,784	-0,145	0,067	-0,246
R ^{CUL}	0,741	-0,423	-0,155	0,073
R ^{MSU}	0,730	-0,378	-0,218	0,111
R ^{MIN}	0,540	-0,438	-0,148	-0,008
R ^{AMI}	0,602	0,553	-0,042	-0,407
R ^{ANC}	0,406	0,395	-0,345	-0,464
R ^{ALT}	0,579	0,540	-0,305	-0,130
Autovalores	3,39	1,47	1,10	1,00
Varianza (%)	33,87	14,70	11,01	9,99

Tabla V. – Peso de cada variable, una vez eliminados el efecto de la edad y sexo, en cada componente (PC_{mc1} a PC_{mc4}) a partir de un Análisis de Componentes Principales (ACP). El PC_{mc1} se asocia al tamaño, dada la puntuación alta y positiva de cada factor. En el resto de casos, en negrita se señalan los factores más relevantes.

Table V. – Factor loadings of the principal components (PC_{mc1} a PC_{mc4}) derived from a Principal Component Analysis (PCA). According to the high and positive values in the PC_{mc1} , this component is related to body size. In the rest of cases, the main factor loads are in bold.

En el ANOVA desarrollado a partir de los valores del ACP se observaron, como en el análisis para cada variable, diferencias interanuales (Figura 2). En particular, atendiendo al PC_{mc1} , el cual aglutina casi un 35% de la varianza, se observaron valores mínimos de 1994 a 1996, y máximos en 1998, 2001, 2003 y 2006. En conjunto, y considerando el resto de componentes, puntuaciones altas del PC_{mc1} se relacionan con aves con alas, cola y tarsos más largos (coincidiendo con valores máximos del PC_{mc3} y PC_{mc4}), y picos menos altos y más estrechos. Así, los máximos del primer componente pueden asociarse a aves posiblemente irruptivas, tal vez procedentes del C y N de Europa (ver para más detalles a continuación y CRAMP & PERRINS, 1994).

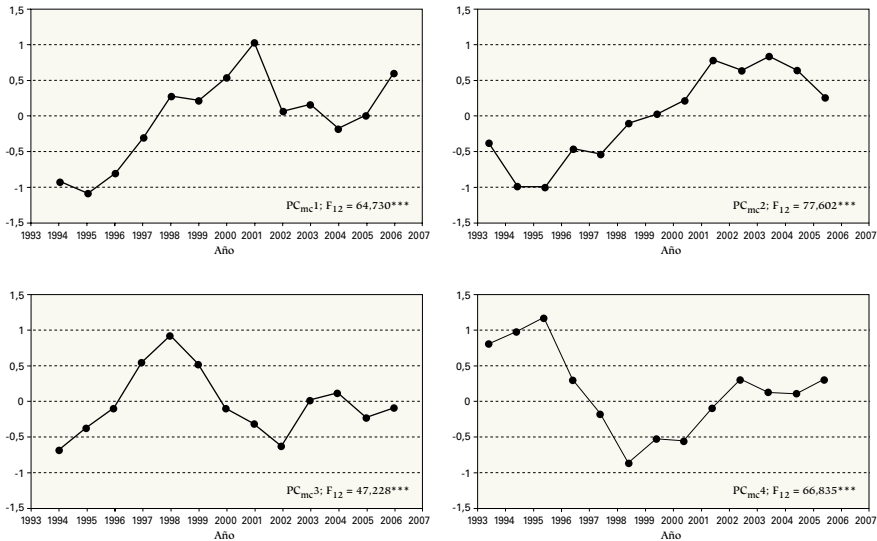


Figura 2.- Variabilidad de la biometría de piquituertos en Navarra, entre 1994 y 2006, tras eliminar el efecto de la edad y sexo.

Figure 2.- Variability of biometrics of crossbills in Navarra, from 1994 to 2006, once the age and sex effect was removed.

Considerando la longitud del ala, los individuos del W de Pirineos apenas se diferenciaron de las aves del C de Pirineos así como los Alpes (Tabla VI). Alternativamente, los piquituertos del W de Pirineos fueron más pequeños que los del N, C y W de Europa.

En relación a la morfología del ala y a juzgar por el valor de los resultados de C_2 y C_3 (Figura 3), la especie muestra en promedio alas más bien cóncavas y apuntadas. En todo caso, también se observó la existencia de diferencias entre sexos y edades (índice C_2 : $F_3 = 11,176$, $P < 0,001$; C_3 : $F_3 = 6,446$, $P < 0,001$), con los machos con alas más apuntadas y cóncavas (Figura 3).

	Pirineos Occidentales	Pirineos Centrales	Alpes	N, C y W de Europa
MA	98,0 ± 2,2 (N = 669)	98,1 ± 2,1 (N = 67) $t_{668} = -1,456^{NS}$	97,8 ± 1,7 (N = 15) $t_{668} = 2,091^*$	99,5 ± 1,4 (N = 20) $t_{668} = -18,012^{***}$
MJ	97,4 ± 1,9 (N = 554)			97,9 ± 2,4 (N = 67) $t_{553} = -6,483^{***}$
HA	95,0 ± 2,0 (N = 462)	95,3 ± 2,2 (N = 23) $t_{461} = -3,695^{***}$	94,8 ± 2,4 (N = 13) $t_{461} = 1,670^{NS}$	96,0 ± 1,6 (N = 17) $t_{461} = -11,205^{***}$
HJ	94,7 ± 1,9 (N = 328)			94,9 ± 1,7 (N = 37) $t_{327} = -2,266^*$
Fuente	Este trabajo	CLOUET & JOACHIM (1996)	CLOUET & JOACHIM (1996)	CRAMP & PERRINS (1994)

Tabla VI. – Longitud del ala (media ± DE) de cinco poblaciones de la subespecie *L. c. curvirostra*, en Europa. Se compara la población de Pirineos Occidentales con el resto de las poblaciones, mediante test de t. *** P < 0,001; ** P < 0,01; * P < 0,05; NS, diferencias no significativas.

Table VI. – . Wing length (mean ± SD) of five populations belonging to *L. c. curvirostra* subspecies, in Europe. By means of a t-test, the population from the Western Pyrenees is compared with other populations. *** P < 0,001; ** P < 0,01; * P < 0,05; NS, no significant differences.

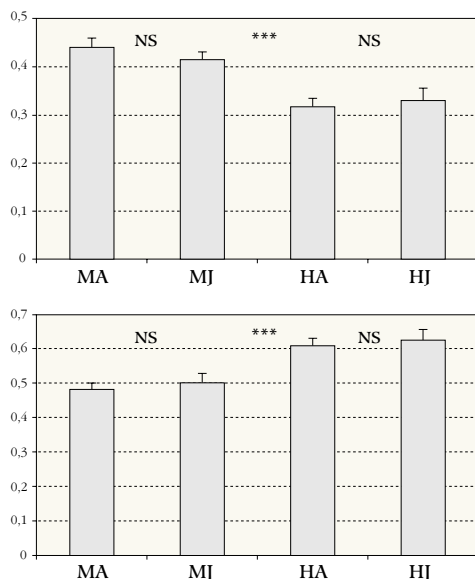


Figura 3.- Variabilidad de la morfología alar en diferentes clases de edad y sexo. Arriba: índice C₂ (apuntamiento). Abajo: índice C₃ (convexidad).

Figure 3.- Variability of wing morphology in different age and sex categories. Top panel: C₂ index (wing pointedness). Bottom panels: C₃ index (convexity).

DISCUSIÓN

En diez medidas tomadas en piquitertos comunes en bosques de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) en Navarra, Pirineos Occidentales, se pone de manifiesto la existencia de diferencias significativas entre sexos y edades. Aunque cada medida mostró su propio patrón de variabilidad, en la mayoría de los casos los valores máximos se registraron en machos adultos, y los mínimos en hembras jóvenes. Este patrón ha sido registrado en otros casos, tanto en poblaciones de Pirineos (CLOUET & JOACHIM, 1996) como de otras zonas de Europa (CRAMP & PERRINS, 1994), y en general se debe a que los machos son más grandes que las hembras, y los adultos que los jóvenes. En el primer caso, el porqué de este dimorfismo, no obstante, debería ser abordado en estudios de otro tipo y complementarios, si bien a menudo es explicado por selección sexual, ya que el tamaño grande de los machos se asocia a un mayor éxito reproductivo, al mantener los machos más grandes una posición de dominancia (SOLER, 2002).

Por otro lado, y considerando la longitud alar, apenas hubo diferencias entre el W y C de Pirineos, y entre los individuos del W de Pirineos y Alpes, sugiriendo cierta homogeneidad dentro de los Pirineos así como entre esta cordillera y los Alpes. Por otro lado, las aves del W de Pirineos mostraron alas más cortas que las del N, C y W de Europa. Aunque a menudo el ala se asocia al tamaño estructural de un individuo (e.g. GOSLER *et al.*, 1998), su uso es poco recomendable para comparar aves de poblaciones diferentes, pues su longitud y apuntamiento pueden variar independientemente del tamaño estructural de los individuos (ALONSO *et al.*, 2006). Así, el ala más larga en las poblaciones del N y C de Europa podría ser debido a un mayor grado de nomadismo, ya que la longitud de esta variable se asocia a especies o poblaciones más migratorias (MÖNKKÖNEN, 1995; CALMAESTRA & MORENO, 2001; para más detalles ver abajo). De ser así, se apoyaría la existencia de un gradiente N-S en el carácter nomádico de la especie en Europa (en el Mediterráneo, la longitud alar es todavía más pequeña; MASSA, 1987; ALONSO *et al.*, 2006), siendo las poblaciones del S del continente más sedentarias. Este fenómeno estaría asociado al menor grado de variabilidad en la producción de piñas en las coníferas más meridionales, en la medida en que la naturaleza migratoria (o nómada) del Piquituerto se fundamenta en la falta de estabilidad en la producción de semillas (BENKMAN, 1987; BORRÁS & SENAR, 1993).

Tras eliminar el efecto de la edad y sexo, hubo diferencias biométricas interanuales. Este fenómeno ha sido registrado en otras zonas de Europa, para la subespecie *L. c. curvirostris* (e.g. EDELAAR & TERPSTRA, 2004), y podría explicarse debido a diferentes causas discutidas a continuación. Primeramente, la posibilidad de que el patrón de variación observado se deba a un error de medida parece remota, pues durante el periodo de estudio se observan varios máximos y mínimos, y no un gradiente o tendencia, que es lo esperable si el que mide modifica paulatinamente el modo o la precisión de medición. Por otro lado, la posible captura de piquitertos de diferentes grupos de origen debido al uso de distintos reclamos es poco probable, ya que la sustitución de éstos es más lenta que las variaciones registradas en la biometría de año en año.

Periódicamente, cuando la disponibilidad de recursos es limitada y el número de individuos se incrementa, los piquituertos desarrollan irrupciones (principalmente en el C y N de Europa; las poblaciones del S muestran un alto sedentarismo; CRAMP & PERRINS, 1994; BORRÁS & SENAR, 1993). En consecuencia, España recibe individuos irruptivos del N y C del continente y, como observaron DAVIS (1964) y SUMMERS *et al.* (1996) en Reino Unido e Irlanda, HERREMANS (1988) en Bélgica y EDELAAR & TERPSTRA (2004) en Holanda, la variación observada se podría explicar debido a cambios en la proporción de diferentes poblaciones de piquituertos.

Atendiendo a la morfología del ala, la especie muestra en promedio alas más bien cóncavas y apuntadas. Esta morfología es propia de especies que realizan vuelos largos (MÖNKKÖNEN, 1995), al minimizar el gasto de energía durante el vuelo. A diferencia de otros pinos mediterráneos, como el pino carrasco, la producción de piñas en pinos silvestres es menos estable y fluctúa mucho más de año en año (BASCONES, *com. per.*). Esto podría impulsar a las aves locales a moverse a otras zonas, para buscar parcelas de bosque en las que la producción de piñas sea mayor. La morfología alar, en este caso, sugeriría una naturaleza más nómada de las poblaciones del W de Pirineos, si bien esto debería ser contrastado con otro tipo de estudios (e.g. basados en datos de captura-recaptura; BORRAS & SENAR, 1993).

Por otro lado, se detectaron diferencias de la morfología alar entre sexos, con los machos con alas más apuntadas y convexas. Considerando el hilo argumental precedente, se podría pensar en que los machos tal vez se desplazaran más que las hembras. La existencia de movimientos diferenciales entre sexos en piquituertos es algo que sin embargo aún hoy se desconoce. Alternativamente, podría ser que las variaciones registradas se debieran a aspectos relacionados al cortejo nupcial y comportamiento durante el periodo de cría, durante el cual los machos agitan las alas, vuelan de árbol en árbol o junto a la hembra y defienden su territorio (CRAMP & PERRINS, 1994).

AGRADECIMIENTOS

T. Santamaría colaboró durante el trabajo de campo. El Gobierno de Navarra autorizó el anillamiento de aves y el uso de reclamos. D. Galicia proporcionó importantes sugerencias estadísticas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, D., ARIZAGA, J., MIRANDA, R. & HERNÁNDEZ, M. A. 2006. Morphological diversification of Common Crossbill *Loxia curvirostra* populations within Iberia and the Balearics. *Ardea*, 94: 99-107.
- ALONSO, D. & J. Arizaga. 2006. Biometrics of Citril Finch *Serinus citrinella* in the west Pyrenees and the influence of feather abrasión on biometric data. *Ringing & Migration*, 23: 116-124.
- BENKMAN, C.W. 1987. Food profitability and the foraging ecology of crossbills. *Ecological monographs*, 57: 251-267.

- BENKMAN, C.W. 1993. Adaptation to single resources and the evolution of Crossbill *Loxia* diversity. *Ecological Monographs*, **63**: 305-325.
- BORRÁS, A. & SENAR, J. C. 2003. Piquituerto Común. In: *Atlas de las aves reproductoras de España*. R. Martí & J. C. del Moral (Ed.): 588-589. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- CALMAESTRA, R. & MORENO, E. 2001: A phylogenetically-based analysis on the relationship between wing morphology and migratory behaviour in passeriformes. *Ardea*, **89**: 407-416.
- CRAMP, S. & PERRINS, C. M. 1994. *Handbook of the birds of Europe, Middle East and North Africa. Volume VIII*. Oxford University Press. Oxford.
- CLOUET, M. & JOACHIM, J. 1996. Premiers éléments de comparaison de trois populations françaises de Beccroisés *Loxia curvirostra*. *Alauda*, **64**: 149-155.
- COPETE, J. L., MARINÉ, R., BIGAS, D. & MARTÍNEZ-VILALTA, A. 1999: Differences in wing shape between sedentary and migratory Reed Buntings (*Emberiza schoeniclus*). *Bird Study*, **46**: 100-103.
- DAVIS, P. 1964. Crossbills in Britain and Ireland in 1963. *Brittish Birds*, **57**: 477-501.
- EDELAAR, P. & TERPSTRA, K. 2004. Is the nominate subspecies of the Common Crossbill *Loxia c. curvirostra* polytypic? I. Morphological differences among years at a single site. *Ardea*, **92**: 93-102.
- FUTUYMA, D. J. 1998. *Evolutionary biology*. Sianuer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
- GOSLER, A. G., GREENWOOD, J. J. D., BAKER, J. K. & DAVIDSON, N. C. 1998. The field determination of body size and condition in passerines: a report to the British Ringing Committee. *Bird Study*, **45**: 92-103.
- HERREMANS, M. 1988. Measurements and moult of irruptive Common Crossbills (*Loxia curvirostra*) in Central Belgium. *Gerfaut*, **78**: 243-260.
- LOCKWOOD, R., SWADDLE, J. P. & RAYNER, M. V. 1998: Avian wingtip shape reconsidered: wingtip shape indices and morphological adaptations to migration. *Journal of Avian Biology*, **29**: 273-292.
- LOIDI, J. & BASCONES, J. C. 1995. *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- MASSA, B. 1987. Variations in Mediterranean Crossbills *Loxia curvirostra*. *Bulletin of the British Ornithological Club*, **107**: 118-129.
- MÖNKKÖNEN, M. 1995: Do migrant birds have more pointed wings?: a comparative study. *Evolutionary Ecology*, **9**: 520-528.
- NEWTON, I. 1972. *Finches*. Collins. London.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. 1995. *Biometry*. Freeman and Company. USA.
- SOLER, M. (Ed.). 2002. *Evolución. La base de la biología*. Proyecto Sur de Ediciones. España.
- SUMMERS, R., JARDINE, D. C., MARQUISS, M. & PROCTOR, R. 1996. The biometrics of invading Common Crossbills *Loxia curvirostra* in Britain during 1990-1991. *Ringing & Migration*, **17**: 1-10.
- SUMMERS, R. W. & PIERTNEY, B. 2003. The Scottish Crossbill – what we know and what we don't. *British Birds*, **96**: 100-111.
- SVENSSON, L. 1992. *Identification guide to European passerines*. Oxford University Press. Oxford.

- Fecha de recepción/Date of reception: 29/07/2005

- Fecha de aceptación/Date of acceptance: 07/03/2006