

# Sexado de Mirlos acuáticos *Cinclus cinclus* en Gipuzkoa a partir de la biometría

Aritz Arzak, José I. Jauregi, Javier Goikoetxea, Jose M. Sánchez, Iñaki Aranguren & Juan Arizaga

## *Using biometrics to sex White-throated Dippers Cinclus cinclus in Gipuzkoa*

The region of Gipuzkoa (N Spain) has a good White-throated Dipper *Cinclus cinclus* population whose biometrics have never been studied. The aims of this article are (1) to describe its biometrics, (2) generate useful functions for accurately sexing individuals and (3) assess the usefulness of the formulas given in other studies for sexing birds in Gipuzkoa. Overall, we obtained results that were similar to those reported in comparable studies: males were larger than females and wing length was one of the most useful variables for sexing individuals. Our formulas allowed us to sex correctly 97% of our sample [First-year birds:  $D_1 = 0.52(\text{wing length}) - 2.24(\text{index } C_2) - 44.12$ ; if  $D_1 > 0.40$ , the bird is a male, while if  $D_1 < 0.40$ , the bird is a female; adult birds:  $D_2 = 0.54(\text{wing length}) - 48.17$ ; if  $D_2 > 0.48$ , the bird is a male, while if  $D_2 < 0.48$ , the bird is a female]. This equation is much more accurate than the formulas provided in similar studies carried out in other areas. Finally, we compared the biometry of the Gipuzkoa population with populations in Iberia, Europa and Africa.

Key words: White-throated Dipper, *Cinclus cinclus*, DNA, wing length, wing morphology, Cantabrian region

Aritz Arzak\*, José I. Jauregi, Javier Goikoetxea, Jose M. Sánchez, Iñaki Aranguren, Juan Arizaga, Estación de Anillamiento de Txingudi, Departamento de Ornitología, Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagagaina 11, E-20014 Donostia-S. Sebastián.

\* Correspondencia: aritzarzak@gmail.com

Received: 05.02.2014; Accepted: 14.04.2014 / Edited by O. Gordo

Muchos aspectos de la biología y ecología de las especies animales varían en función del sexo. Es el caso, por ejemplo, de la dispersión (Cristol *et al.* 1999, Dale & Steifetten 2011) y mortalidad (Newton 1998, Marzolin 2002). En este contexto, los estudios que tienen como objetivo establecer fórmulas para la identificación sexual a partir de la coloración o morfología están plenamente justificados, especialmente en aquellas especies sin dimorfismo sexual aparente.

El Mirlo acuático *Cinclus cinclus* es un pa-seriforme polítipico distribuido en casi todo el Paleártico (Cramp 1988). En España, la especie se localiza en ríos impolutos, poco profundos y con lechos pedregosos, tanto en el norte, donde es una especie común, como en el área mediterránea, donde queda confinado a zonas de montaña (López *et al.* 2003).

La ausencia de dicromatismo sexual impide determinar el sexo de esta especie mediante el plumaje (Cramp 1988, Svensson 1996), siendo necesario recurrir a fórmulas basadas en la existencia de dimorfismo sexual en el tamaño corporal y, particularmente, la longitud alar (p.ej., Marsà 1988, Marzolin 1990, Horváth 1992, Róbert 1992, Esteban *et al.* 2000, Campos *et al.* 2005b). Este tipo de fórmulas, no obstante, es útil a menudo sólo en un ámbito geográfico reducido (Ellrich *et al.* 2010), ya que el tamaño corporal y la relación alométrica entre variables puede variar entre poblaciones (Moreno-Rueda & Rivas 2007, Arizaga *et al.* 2009). Campos y colaboradores (2005b) han proporcionado fórmulas para el sexado de la especie en España en función de la zona geográfica, si bien, no incluyeron muestras de Gipuzkoa, donde las

características del medio, algo diferentes a las de otras zonas de España, favorecen una biometría claramente diferenciada (Arizaga *et al.* 2009).

En Gipuzkoa, región localizada en el este de la región cantábrica, el Mirlo acuático es común (Aierbe *et al.* 2001) y su biometría no ha sido descrita en detalle hasta el momento. Los objetivos del presente artículo son, en consecuencia: (1) describir la biometría de la población de la especie en Gipuzkoa y compararla con la de otras poblaciones; (2) desarrollar una fórmula que permita determinar su sexo en este territorio; y (3) evaluar la utilidad de la ecuación proporcionada en otros estudios para determinar el sexo de la especie en Gipuzkoa.

## Material y métodos

### Área de muestreo

El área de muestreo abarcó 21 cursos fluviales de la provincia de Gipuzkoa: 16 en la cuenca del río Oria (Albistur, Amezketa, Antzibar, Elduaien, Leizarán, Zizurkil, Zaldibia, Lasarbe, Alegia, Agauntza, Araxes, Alkiza, Asteasu, Orea, Ubane y Zelai), uno en el río Urumea y otro en su cuenca (regata de Urruzuno), uno más en el propio río Oiartzun y finalmente dos en la cuenca del río Bidasoa (regatas de Ibarla y Alzubide).

Las capturas se hicieron desde finales de febrero hasta finales de octubre de 2013. El 6,6% de los individuos capturados presentaron muda activa. Complementariamente, se consideraron aves de sexo conocido, capturadas en la misma zona desde 2008 hasta 2012.

Los mirlos acuáticos fueron capturados con redes japonesas (luz: 16 mm; altura: 2,5 m; longitud: 6-12 m, en función de la anchura del río; cinco baldas), situadas de lado a lado del río, a intervalos de 500 m, durante un periodo de aproximadamente 4 h, tanto desde el orto como antes del ocaso. En cada una de las jornadas de muestreo se recorrieron, normalmente, unos 2 km lineales de cauce.

Cada individuo capturado se anilló y determinó su edad según Svensson (1996) (primeros años: edad EURING 3 ó 5, ejemplares con un año de calendario de vida; adultos: edad EURING 4 ó 6, ejemplares con dos o más años de vida). Además, a cada ejemplar se le midió la longitud del ala (método III de Svensson 1996;

$\pm 0,5$  mm) (LA), de la cola ( $\pm 0,5$  mm) (LC), de las primarias P2 a P10 (numeración ascendente;  $\pm 0,5$  mm; P1 es vestigial y no se mide), del tarso ( $\pm 0,1$  mm) (LT), del cráneo+pico ( $\pm 0,1$  mm) (CP) y del pico (desde la punta hasta el cráneo;  $\pm 0,1$  mm) (LP). Todas las medidas fueron tomadas por un solo observador (JIJ).

### Sexado

El sexo de los individuos capturados en 2013 se determinó mediante técnicas moleculares de ADN (Griffiths *et al.* 1998). El ADN se obtuvo a partir de muestras de sangre extraídas de la vena braquial (0,05 ml). Hasta su análisis en laboratorio, la sangre se almacenó en tarjetas FTA<sup>®</sup> (Gutiérrez-Corcheró *et al.* 2002).

Por otro lado, el sexo de los individuos que se capturaron hasta 2012 se estableció mediante el examen de la zona ventral/cloacal: se identificó como hembra a los individuos con placa de incubación manifiesta (código 2 a 4 *sensu* Pinilla 2000), y como machos a los individuos con protuberancia cloacal patente (código 7 *sensu* Pinilla 2000).

### Análisis estadísticos

Para describir la biometría de la población, las variables P2 a P10 (longitud de las primarias) se resumieron en el índice  $C_2$  y  $C_3$  (Lockwood *et al.* 1998), relativos a la morfología alar. El índice  $C_2$  representa el apuntamiento alar. Valores altos se relacionan con alas más redondeadas, es decir, con un menor grado de apuntamiento. El índice  $C_3$  se asocia a la convexidad alar y valores altos corresponden a alas más convexas.

Para determinar el efecto de la edad y sexo en la biometría de la población se llevó a cabo un MANOVA con las siguientes variables: LA, LC, LT, CP e índices  $C_2$  y  $C_3$ . La edad y el sexo se incluyeron en el MANOVA como factores. La variable LP se excluyó ya que se encuentra integrada en la variable CP. Por otro lado, para analizar con más detalle los efectos de la edad y sexo en cada variable, se desarrolló un ANOVA con la edad y sexo como factores. Se hicieron tests post-hoc para determinar qué categorías difirieron entre sí.

Para comparar la biometría de la población de Gipuzkoa con la de otras poblaciones tanto de España como de otras zonas de Europa y

África se tuvo en cuenta únicamente la longitud alar (LA), ya que en muchos casos fue la única variable disponible. Para esta comparación se empleó un *t*-test de 1 muestra, donde se empleó la media citada en la bibliografía como valor de referencia. Esto se repitió para cada sexo y zona. En este análisis las edades se agruparon dentro de cada sexo.

Finalmente, se empleó un análisis discriminante por pasos con el objetivo de obtener una fórmula útil para determinar el sexo a partir de la biometría. Además, el análisis discriminante permitió introducir en la ecuación sólo aquellas variables con capacidad discriminante significativa. En el análisis discriminante se tuvieron en cuenta las mismas variables incluidas en el MANOVA.

Todos los análisis se llevaron a cabo con el programa SPSS.

## Resultados

Se capturaron y tomaron medidas a 74 hembras y 47 machos. La biometría de la población de estudio se resume en la Tabla 1. En conjunto, el sexo y la edad tuvieron un efecto estadísticamente significativo en la biometría (MANOVA: Sexo: Traza de Pillai = 0,775,  $p < 0,001$ ; Edad: Traza de Pillai = 0,193,  $p < 0,001$ ; Sexo  $\times$  Edad: Traza de Pillai = 0,027,  $p = 0,799$ ). Los machos fueron más grandes que las hembras y los adultos más que los individuos de primer año (Tabla 1).

Los ANOVA para cada variable biométrica por separado mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en todos los casos, mientras que adultos y juveniles sólo difirieron en la LC y en el índice  $C_2$  (Tabla 2).

La población de Gipuzkoa mostró alas más cortas que las poblaciones de Cataluña y Sierra Nevada, más largas que los mirlos de los Pirineos Occidentales y, en hembras, que las aves de la Cordillera Cantábrica y del Sistema Central, mientras que en machos fueron similares a las aves del Sistema Central y de la Cordillera Cantábrica (Tabla 3). A escala europea, la población de Gipuzkoa mostró, invariablemente, alas más cortas que las observadas en las poblaciones más nórdicas, desde Francia hasta Escandinavia, además de Italia, pero similares, en machos, a las que se documentan para tres países del este de Europa y más largas, en hembras, para dos de ellos (Tabla

3). Las aves de Marruecos son claramente más grandes que las de Gipuzkoa (Tabla 3).

Debido al efecto de la edad en dos de las variables (LC y  $C_2$ ), el análisis discriminante se desarrolló para cada uno de los grupos de edad (adultos/jóvenes) por separado. Así, en el caso las aves adultas, el análisis discriminante sólo tuvo en cuenta la LA (Wilk's  $\lambda = 0,199$ ;  $F = 161,5$ ;  $p < 0,001$ ) como variable predictora en la ecuación:  $D_2 = 0,54(LA) - 48,17$ . En jóvenes, el análisis discriminante tuvo en cuenta la LA (Wilk's  $\lambda = 0,243$ ;  $F = 240,3$ ;  $p < 0,001$ ) y el índice  $C_2$  (Wilk's  $\lambda = 0,231$ ;  $F = 126,8$ ;  $p < 0,001$ ), siendo en este caso la ecuación:  $D_1 = 0,52(LA) - 2,24(\text{Índice } C_2) - 44,12$ . Considerando el valor de los centroides del análisis discriminante, se concluye que los individuos con un valor de  $D_1 > 0,40$  y  $D_2 > 0,48$  serían machos, y los individuos con un valor menor a estos límites serían hembras. Estas fórmulas clasificaron el sexo del 97% de los individuos correctamente.

Ninguna otra fórmula discriminante hallada en la bibliografía tuvo un poder predictivo tan alto como la obtenida en el presente estudio (Tabla 4).

## Discusión

En conjunto, hemos obtenido resultados similares a trabajos previos: los machos son más grandes que las hembras (Cramp 1988, Esteban *et al.* 2000, Campos *et al.* 2005a, Arizaga *et al.* 2009), y la longitud alar es una de las variables más útiles a la hora de clasificar el sexo de un ejemplar (Andersson & Wester 1971, Galbraith & Broadley 1980, Ormerod *et al.* 1986, Marsà 1988, Horváth 1992, Campos *et al.* 2005b).

Encontramos, por otro lado, que la morfología del ala varió entre sexos y edades. Concretamente, observamos un gradiente en el que los machos adultos tienen las alas más apuntadas y convexas, y las hembras jóvenes las alas más redondeadas y cóncavas. Puesto que la especie de estudio no es migratoria, no pueden explicarse tales variaciones según patrones de movimiento diferencial en función de la edad o sexo (Mönkkönen 1995, Copete *et al.* 1999, Fiedler 2005). Alternativamente, podría ser que las variaciones registradas entre sexos se debieran a aspectos relacionados al cortejo nupcial y al

**Tabla 1.** Biometría (media  $\pm$  SD, rango) de la población de Mirlo acuático en Gipuzkoa. Todas las medidas son en mm, excepto los índices  $C_2$  y  $C_3$ , que son adimensionales. P2, P3, ... se refieren a la longitud de las primarias. *Biometrics (mean  $\pm$  SD, range) of the White-throated Dipper population in Gipuzkoa. All biometrics except the indices  $C_2$  and  $C_3$ , which have no dimensions, are in mm. P2, P3, ... are the lengths of the primary feathers.*

Variable	Primeros años Juveniles (EURING 3/5)		Adultos Adults (EURING 4/6)	
	Machos Males (n = 31)	Hembras Females (n = 48)	Machos Males (n = 16)	Hembras Females (n = 26)
Cráneo+Pico <i>Cranium+Beak</i>	47,0 $\pm$ 0,8 45,6 - 48,5	45,1 $\pm$ 2,1 32,0 - 46,6	46,8 $\pm$ 1,4 42,5 - 48,3	45,6 $\pm$ 0,6 44,0 - 46,4
Pico <i>Beak</i>	24,0 $\pm$ 1,3 22,1 - 28,5	21,8 $\pm$ 2,8 14,1 - 25,5	23,9 $\pm$ 0,9 22,6 - 25,5	22,6 $\pm$ 2,1 17,4 - 25,8
Tarso <i>Tarsus</i>	30,9 $\pm$ 1,6 23,7 - 32,9	29,5 $\pm$ 1,6 20,3 - 31,8	30,9 $\pm$ 2,2 23,4 - 32,5	29,8 $\pm$ 0,7 28,7 - 31,3
Ala <i>Wing</i>	93,0 $\pm$ 2,7 86,0 - 97,0	86,1 $\pm$ 1,2 83,0 - 88,0	93,8 $\pm$ 1,9 89,0 - 97,0	86,3 $\pm$ 1,9 83,0 - 89,0
Cola <i>Tail</i>	47,9 $\pm$ 2,5 39,0 - 51,0	44,9 $\pm$ 2,8 40,0 - 56,0	49,6 $\pm$ 2,2 46,0 - 52,0	47,1 $\pm$ 2,2 42,0 - 52,0
P2	65,5 $\pm$ 2,6 59,0 - 70,0	61,0 $\pm$ 1,2 58,0 - 63,5	66,3 $\pm$ 2,3 59,0 - 69,0	61,3 $\pm$ 2,0 57,0 - 64,0
P3	67,2 $\pm$ 2,1 61,0 - 71,0	62,5 $\pm$ 1,1 61,0 - 64,5	67,8 $\pm$ 1,8 64,0 - 71,0	62,9 $\pm$ 2,1 58,0 - 66,0
P4	67,5 $\pm$ 2,2 61,5 - 72,0	62,8 $\pm$ 1,4 58,8 - 65,5	68,6 $\pm$ 1,9 65,0 - 72,0	63,3 $\pm$ 2,1 58,0 - 66,5
P5	67,1 $\pm$ 2,3 61,0 - 71,0	62,4 $\pm$ 1,3 60,0 - 65,5	68,1 $\pm$ 2,2 64,0 - 71,5	62,8 $\pm$ 2,0 59,0 - 66,0
P6	64,4 $\pm$ 2,5 56,0 - 68,0	60,3 $\pm$ 1,4 58,0 - 64,0	64,6 $\pm$ 2,2 60,5 - 68,0	60,1 $\pm$ 2,0 56,0 - 63,0
P7	62,4 $\pm$ 2,1 56,0 - 66,0	58,6 $\pm$ 1,4 56,0 - 62,5	62,5 $\pm$ 2,5 58,0 - 66,0	58,3 $\pm$ 1,7 55,5 - 61,0
P8	61,2 $\pm$ 2,0 55,0 - 64,0	57,4 $\pm$ 1,3 54,5 - 61,5	61,4 $\pm$ 2,2 57,0 - 64,0	57,2 $\pm$ 1,9 54,0 - 61,0
P9	59,9 $\pm$ 2,2 53,0 - 63,5	56,5 $\pm$ 1,3 54,0 - 61,0	60,3 $\pm$ 2,1 56,5 - 63,0	56,2 $\pm$ 1,8 53,0 - 60,0
P10	58,1 $\pm$ 1,9 53,0 - 61,0	54,8 $\pm$ 1,7 49,0 - 58,5	58,3 $\pm$ 1,8 55,5 - 61,0	54,3 $\pm$ 2,1 48,0 - 58,0
Índice $C_2$ <i>Index <math>C_2</math></i>	0,74 $\pm$ 0,11 0,57 - 1,17	0,80 $\pm$ 0,12 0,58 - 1,09	0,69 $\pm$ 0,15 0,40 - 0,87	0,74 $\pm$ 0,14 0,38 - 0,94
Índice $C_3$ <i>Index <math>C_3</math></i>	-1,50 $\pm$ 0,20 -1,82 - -0,85	-1,60 $\pm$ 0,16 -1,98 - -1,20	-1,46 $\pm$ 0,17 -1,75 - -1,10	-1,52 $\pm$ 0,19 -1,97 - -1,15

comportamiento de cada sexo durante el periodo de cría. Según edades, el hecho de hallar unas alas más redondeadas y cóncavas en los jóvenes estaría más relacionado con que esta morfología facilita la maniobrabilidad (Lockwood *et al.* 1998), lo cual es ventajoso desde un punto de vista evolutivo ya que, por su inexperiencia, los jóvenes son más vulnerables que los adultos frente a los depredadores.

Nuestras ecuaciones basadas en biometría permitieron clasificar correctamente el sexo del 97% de los individuos analizados, un porcentaje superior al alcanzado con las fórmulas dadas para otras poblaciones de España, que determinaron correctamente entre un 81,0% y un 92,6% de nuestra muestra. Esto podría estar ligado a la alta variabilidad de la biometría de la especie en España (Campos *et al.* 2005a, Arizaga *et al.*

2009), así como los posibles sesgos de medida por parte del observador. La aplicación de la ecuación discriminante obtenida para nuestra muestra de Gipuzkoa sobre nuevos datos está limitada, o condicionada, a la constancia de la variable en el tiempo (Alonso & Arizaga 2006) y en el ámbito geográfico (Ellrich et al. 2010), así como por la exactitud y precisión del observador (Hamer & Furness 1991).

A escala peninsular, la población de Gipuzkoa mostró un ala más corta que las poblaciones del sur (Sierra Nevada) y este (Cataluña), más larga que las de los Pirineos Occidentales, y similar a las del Sistema Central y la Cordillera Cantábrica en machos. Por lo tanto, las medidas biométricas en el Mirlo acuático a escala peninsular no parecen estar asociadas a la proximidad geográfica de las poblaciones. Esto podría estar ligado al hecho de que la variabilidad en la biometría de la especie no responde exclusivamente a clinas latitudinales o longitudinales (Campos et al. 2005a), sino más bien al efecto de diversos factores externos (Arizaga et al. 2009) o genéticos (Hernández et al. 2012).

Los mirlos acuáticos de Gipuzkoa tienen alas más cortas que las aves más nórdicas, así como las aves de Italia. Gipuzkoa, y en gran medida la Península Ibérica, albergaría una de las poblacio-

nes de menor tamaño corporal del continente. Una excepción a esto es Europa Oriental o, como mínimo, determinados países o regiones de esa zona, en los que las longitudes alares son similares a las que presenta la población de Gipuzkoa. En este contexto, sería conveniente profundizar en los factores que influyen en la biometría de la especie a gran escala.

**Agradecimientos**

Este estudio fue financiado por la Diputación de Gipuzkoa y el Gobierno Vasco. La Diputación de Gipuzkoa autorizó el anillamiento de aves.

**Resum**

**Sexat de Merles d'aigua *Cinclus cinclus* a Guipuzkoa a partir de la seva biometria**

Guipuzkoa és un territori on la Merla d'aigua *Cinclus cinclus* és una espècie comuna. Tot i això, la biometria de la seva població no s'ha descrit fins al moment. Els objectius d'aquest article són: (1) descriure'n la biometria; (2) desenvolupar una fórmula que permeti determinar-ne el sexe; i (3) avaluar la utilitat de l'equació proporcionada per d'altres estudis per determinar el sexe de l'espècie en les poblacions de

**Tabla 2.** ANOVA llevados a cabo para determinar el efecto de la edad y sexo en la biometría de la población de mirlos acuáticos de Gipuzkoa. Se muestran el estadístico *F*, el valor de *p* y una clasificación obtenida tras un test *post-hoc*. JH: Juvenil Hembra; AH: Adulto Hembra; JM: Juvenil Macho; AM: Adulto Macho. Los superíndices a, b y c indican qué categorías difieren entre sí.

*ANOVA carried out to determine the effect of age and sex on the biometrics of the White-throated Dipper population in Gipuzkoa. The statistic F, the p-value and a classification obtained with a post-hoc test are shown. JH: Juvenile female; AH: Adult female; JM: Juvenile male; AM: Adult male. The superscripts a, b and c indicate differences between categories.*

Variable	Edad Age		Sexo Sex		Edad x Sexo Age x Sex		Test post-hoc
	F	p	F	p	F	p	
Cráneo+Pico <i>Cranium+Beak</i>	0,341	0,561	27,80	<0,001	1,209	0,274	JH <sup>a</sup> , AH <sup>a</sup> , AM <sup>b</sup> , JM <sup>b</sup>
Tarso <i>Tarsus</i>	0,208	0,649	16,74	<0,001	0,111	0,740	JH <sup>a</sup> , AH <sup>a</sup> , JM <sup>b</sup> , AM <sup>b</sup>
Ala <i>Wing</i>	1,968	0,163	369,81	<0,001	0,600	0,440	JH <sup>a</sup> , AH <sup>a</sup> , JM <sup>b</sup> , AM <sup>b</sup>
Cola <i>Tail</i>	15,51	<0,001	30,69	<0,001	0,214	0,645	JH <sup>a</sup> , AH <sup>b</sup> , JM <sup>b</sup> , AM <sup>c</sup>
Índice C <sub>2</sub> <i>Index C<sub>2</sub></i>	5,225	0,024	5,086	0,026	0,034	0,854	AM <sup>a</sup> , AH <sup>ab</sup> , JM <sup>ab</sup> , JH <sup>b</sup>
Índice C <sub>3</sub> <i>Index C<sub>3</sub></i>	3,040	0,084	5,045	0,027	0,311	0,578	JH <sup>a</sup> , AH <sup>ab</sup> , JM <sup>ab</sup> , AM <sup>b</sup>

**Tabla 3.** Comparativa de la longitud alar de la población de Gipuzkoa con otras de España, Europa y África. Para cada sexo se muestran la media ( $\mu$ ), la desviación estándar (SD), el tamaño muestral ( $n$ ), y el test de  $t$  (\*\*\*)  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; ns  $p > 0,05$ ).

*Analysis comparing wing-length in the White-throated Dipper population in Gipuzkoa with those in populations in Spain, Europe and Africa. For each sex, the mean ( $\mu$ ), standard deviation (SD), sample size ( $n$ ) and t-test (\*\*\*)  $p < 0.001$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ ; ns  $p > 0.05$ ) are shown.*

Población <i>Population</i>	Machos <i>Males</i>			Hembras <i>Females</i>			Fuente <i>Source</i>
	$\mu \pm SD$	$n$	$t$	$\mu \pm SD$	$n$	$t$	
Gipuzkoa	93,3 $\pm$ 2,5	47		86,2 $\pm$ 1,5	74		Este estudio / <i>Present study</i>
Cataluña <i>Catalonia</i>	96,4 $\pm$ 1,7	66	***	88,3 $\pm$ 1,8	33	***	(Marsà 1988)
Cordillera Cantábrica <i>Cantabrian Mountains</i>	92,6 $\pm$ 0,4	19	ns	84,6 $\pm$ 0,3	9	***	(Campos <i>et al.</i> 2005a)
Pirineos Occidentales <i>Western Pyrenees</i>	92,5 $\pm$ 0,6	44	*	84,4 $\pm$ 0,3	49	***	(Campos <i>et al.</i> 2005a)
Sistema Central <i>Central System</i>	93,2 $\pm$ 0,4	15	ns	85,1 $\pm$ 0,4	17	***	(Campos <i>et al.</i> 2005a)
Sierra Nevada <i>Sierra Nevada</i>	96,2 $\pm$ 0,5	18	***	88,8 $\pm$ 0,4	22	***	(Campos <i>et al.</i> 2005a)
Sierra Nevada <i>Sierra Nevada</i>	95,9 $\pm$ 2,3	196	***	88,3 $\pm$ 2,0	180	***	(Moreno-Rueda & Rivas 2007)
Escandinavia <i>Scandinavia</i>	97,8 $\pm$ 0,6	13	***	88,9 $\pm$ 0,6	7	***	(Cramp 1988)
Suecia <i>Sweden</i>	98,4 $\pm$ 1,8	337	***	89,8 $\pm$ 1,9	432	***	(Andersson & Wester 1971)
Alemania <i>Germany</i>	94,7 $\pm$ 1,9	91	***	86,8 $\pm$ 2,3	69	***	(Schmid & Spitznagel 1985)
Escocia <i>Scotland</i>	96,0 $\pm$ 1,9	89	***	88,1 $\pm$ 2,1	81	***	(Galbraith & Broadley 1980)
Gales <i>Wales</i>	96,7 $\pm$ 0,2	282	***	88,7 $\pm$ 0,3	243	***	(Ormerod <i>et al.</i> 1986)
Irlanda <i>Ireland</i>	97,8 $\pm$ 1,9	280	***	89,8 $\pm$ 1,6	246	***	(O'Halloran <i>et al.</i> 1992)
Francia <i>France</i>	95,9 $\pm$ 1,7	225	***	87,8 $\pm$ 1,8	243	***	(Marzolin 1990)
Hungría <i>Hungary</i>	93,2	89	ns	85,6	107	**	(Horváth 1992)
Eslovaquia <i>Slovakia</i>	92,9	45	ns	85,3	40	***	(Horváth 1992)
Bulgaria <i>Bulgaria</i>	93,4 $\pm$ 2,8	51	ns	88,6 $\pm$ 3,0	54	***	(Simeonov & Sofroniev 1983)
Italia <i>Italy</i>	94,7 $\pm$ 0,4	6	***	88,1 $\pm$ 0,7	17	***	(Cramp 1988)
Marruecos <i>Morocco</i>	102,8	9	***	94,3	3	***	(Tyler & Ormerod 1991)

Gipuzkoa. En conjunt, s'han obtingut resultats similars als de treballs previs amb d'altres poblacions: els mascles són més grans que les femelles i la longitud alar és una de les variables amb més pes a l'hora de classificar el sexe d'un exemplar. L'índex  $C_2$  també va

tenir un pes significatiu a l'hora de classificar el sexe. L'equació obtinguda a partir d'una anàlisi discriminant va permetre classificar correctament el sexe del 97% de la mostra [Joves:  $D_1 = 0,52$  (longitud alar) - 2,24 (índex  $C_2$ ) - 44,12; si  $D_1 > 0,40$  l'exemplar seria un

**Tabla 4.** Porcentaje de mirlos acuáticos de la población de Gipuzkoa correctamente clasificados según este estudio o según los criterios dados en estudios previos.  $y_1^* = M + 2A$ ,  $y_2^* = 1 / (1 + e^{[-183 + 2P + M]})$ ,  $y_3^* = 1 / (1 + e^{[-189 + 2P + M]})$ , donde M es el peso (g), A la longitud alar (mm), y P la longitud de P3 (mm).  
*Percentage of White-throated Dippers from the Gipuzkoa population that were correctly sexed in the present study or by using criteria given in other studies.*  $y_1^* = M + 2A$ ,  $y_2^* = 1 / (1 + e^{[-183 + 2P + M]})$ ,  $y_3^* = 1 / (1 + e^{[-189 + 2P + M]})$ , where M is weight (g), A is wing length (mm) and P is the length of P3 (mm).

<b>Población Population</b>	<b>Machos Males</b>	<b>Hembras Females</b>	<b>Clasificados correctamente Correctly classified</b>	<b>Fuente Source</b>
Gipuzkoa <i>Gipuzkoa</i>	D > 0,43	D < 0,43	96,7%	Este estudio <i>Present study</i>
Cataluña <i>Catalonia</i>	≥ 93 mm	≤ 91 mm	86,0%	(Marsà 1988)
Navarra <i>Navarra</i>	$y_1^* > 243$	$y_1^* < 243$	90,9%	(Esteban et al. 2000)
España (sin el sur) <i>Spain (not south)</i>	$y_2^* < 0,5$	$y_2^* ≥ 0,5$	81,0%	(Campos et al. 2005b)
Sur de España <i>Southern Spain</i>	$y_3^* < 0,5$	$y_3^* ≥ 0,5$	92,6%	(Campos et al. 2005b)
Hungría <i>Hungary</i>	> 90 mm	< 90 mm	95,0%	(Horváth 1992)
Francia <i>France</i>	> 92 mm	< 92 mm	88,4%	(Marzolin 1990)
Irlanda <i>Ireland</i>	> 94 mm	< 94 mm	76,0%	(O'Halloran et al. 1992)
Escocia <i>Scotland</i>	≥ 93 mm	≤ 90 mm	86,0%	(Galbraith & Broadley 1980)
Gales <i>Wales</i>	> 94 mm	< 92 mm	76,0%	(Ormerod et al. 1986b)
Italia <i>Italy</i>	≥ 92 mm	≤ 90 mm	95,0%	(Tasinazzo et al. 2000)
Marruecos <i>Morocco</i>	> 97 mm	< 97 mm	61,2%	(Tyler & Ormerod 1991)

mascle, mentre que si  $D_1 < 0,40$  seria una femella; Adults:  $D_2 = 0,54$  (longitud alar) - 48,17; si  $D_2 > 0,48$  mascle i si  $D_2 < 0,48$  femella]. Ambdues fórmules van ser millors que qualsevol de les que s'han obtingut per a d'altres zones d'Espanya. Finalment, la comparació de la biometria de la població estudiada va oferir diferències amb altres poblacions, tant ibèriques com d'altres zones d'Europa i del nord d'Àfrica.

**Resumen**

**Sexado de Mirlos acuáticos *Cinclus cinclus* en Gipuzkoa a partir de la biometría**

Gipuzkoa es un territorio donde el Mirlo acuático *Cinclus cinclus* es común. Sin embargo, la biometría de su población no ha sido descrita hasta el momento. Los objetivos del presente artículo son: (1) describir

la biometría; (2) desarrollar una fórmula que permita determinar el sexo; y (3) evaluar la utilidad de la ecuación proporcionada en otros estudios para determinar el sexo de la especie en el territorio de Gipuzkoa. En conjunto, se han obtenido resultados similares a los de trabajos previos con otras poblaciones: los machos son más grandes que las hembras y la longitud alar es una de las variables con más peso a la hora de clasificar el sexo de un ejemplar. El índice  $C_2$ , no obstante, también tuvo un peso significativo a la hora de clasificar el sexo. La ecuación obtenida a partir de un análisis discriminante permitió clasificar correctamente el sexo del 97% de la muestra [Jóvenes:  $D_1 = 0,52$  (longitud alar) - 2,24 (índice  $C_2$ ) - 44,12; si  $D_1 > 0,40$  el ejemplar sería un macho, y si  $D_1 < 0,40$ , una hembra; Adults:  $D_2 = 0,54$  (longitud alar) - 48,17; si  $D_2 > 0,48$  el ejemplar sería un macho, y si  $D_2 < 0,48$ , una hembra]. Ambas fórmulas fueron mejores que cualquiera de las que se han obtenido para otras zonas de España. Finalmente, la comparación

de la biometría de la población estudiada arrojó diferencias con otras poblaciones, tanto ibéricas como de otras zonas de Europa y del norte de África.

## Bibliografía

- Aierbe, T., Olano, M. & Vázquez J.** 2001. Atlas de las aves nidificantes de Gipuzkoa. *Munibe* 52 (Supl.).
- Alonso, D. & Arizaga, J.** 2006. Biometrics of Citril Finch *Serinus citrinella* in the West Pyrennes and the influence of feather abrasion on biometric data *Ring. Migr.* 23: 116–124.
- Andersson, J.S. & Wester, S.A.L.** 1971. Length of wing, bill and tarsus as a character of sex in the Dipper *Cinclus cinclus*. *Ornis Scand.* 3: 75–79.
- Arizaga, J., Hernandez, M.A., Rivas, J. & Miranda, R.** 2009. Biometrics of Iberian Dippers *Cinclus cinclus*: environmental sources of among-population variation. *Ardea* 97: 23–30.
- Arluziaga, I.** 2002. Variación de la calidad de las aguas de los ríos gipuzkoanos al cabo de veinte años (1981–2001). *Munibe* 53: 39–56.
- Campos, F., Gutiérrez-Corchero, F., Hernández, M.A., Rivas, J.M. & López-Fidalgo, J.** 2005a. Biometric differences among the Dipper *Cinclus cinclus* populations of Spain. *Acta Ornithol.* 40: 87–93.
- Campos, F., Gutiérrez-Corchero, F., López-Fidalgo, J. & Hernández, M.A.** 2005b. Un nuevo criterio para sexar Mirlos Acuáticos *Cinclus cinclus* en la Península Ibérica. *Revista Catalana d'Ornitologia* 21: 43–46.
- Copete, J.L., Mariné, R., Bigas, D. & Martínez-Vialta, A.** 1999. Differences in wing shape between sedentary and migratory Reed Buntings *Emberiza schoeniclus*. *Bird Study* 46: 100–103.
- Craamp, S.** 1988. *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. 5. Oxford: Oxford University Press.
- Cristol, D.A., Baker, M.B. & Carbone, C.** 1999. Differential migration revisited. Latitudinal segregation by age and sex class. In Nolan, V.J., Ketterson, E.D. & Thompson, C.F. (eds.): *Current Ornithology*. Vol. 15. Pp. 33–88. New York: Academic Press.
- Dale, S. & Steiffetten, Ø.** 2011. The rise and fall of local populations of ortolan buntings *Emberiza hortulana*: importance of movements of adult males. *J. Avian Biol.* 42: 114–122.
- Ellrich, H., Salewski, V. & Fiedler, W.** 2010. Morphological sexing of passerines: not valid over larger geographical scales. *J. Ornithol.* 151: 449–458.
- Esteban, L., Campos, F.J. & Ariño, A.H.** 2000. Biometrics amongst Dippers *Cinclus cinclus* in the north of Spain. *Ring. Migr.* 20: 9–14.
- Fiedler, W.** 2005. Ecomorphology of the external flight apparatus of Blackcaps (*Sylvia atricapilla*) with different migration behavior. *Ann. NY Acad. Sci.* 1046: 253–263.
- Galbraith, H. & Broadley, B.** 1980. Biometrics and sexing of the British race of the Dipper. *Ring. Migr.* 3: 62–64.
- Griffiths, R., Double, M.C., Orr, K. & Dawson, R.J.G.** 1998. A DNA test to sex most birds. *Mol. Ecol.* 7: 1071–1075.
- Gutiérrez-Corchero, F., Arruga, M.V., Sanz, L., García, C., Hernández, M.A. & Campos, F.** 2002. Using FTA cards to store avian blood samples for genetic studies. Their application in sex determination. *Mol. Ecol. Notes* 2: 75–77.
- Hernández, M.A., Campos, F., Santamaría, T., Corrales, L., Rojo, M.A. & Dias, S.** 2012. Genetic differences among Iberian White-throated dipper *Cinclus cinclus* populations based on the cytochrome b sequence. *Ardea* 59: 111–122.
- Horváth, R.** 1992. Morphometric parameters and sex differentiation of Dipper *Cinclus cinclus* populations of Hungary. *Aquila* 99: 111–118.
- Hourlay, F., Libois, R., D'Amico, F., Sara, M., O'Halloran, J. & Michaux, J.R.** 2008. Evidence of highly complex phylogeographic structure on a specialist river bird species, the dipper (*Cinclus cinclus*). *Mol. Phylogenet. Evol.* 49: 435–444.
- Lockwood, R., Swaddle, J.P. & Rayner, J.M.V.** 1998. Avian wingtip shape reconsidered: wingtip shape indices and morphological adaptations to migration. *J. Avian Biol.* 29: 273–292.
- López, V., Vázquez, X. & Gómez-Serrano, M.A.** 2003. Mirlo Acuático *Cinclus cinclus*. In Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.): *Atlas de las aves reproductoras de España*. Pp. 406–407. Madrid: SEO/BirdLife-MMA.
- Marsà, J.** 1988. Longitud alar i sexe de *Cinclus cinclus pyrenaicus*. *Butlletí del Grup Català d'Anellament* 5: 1–8.
- Marzolin, G.** 1990. Variabilité morphométrique du cingle plongeur *Cinclus cinclus* en fonction du sexe et l'age. *Alauda* 58: 85–94.
- Marzolin, G.** 2002. Influence of the mating system of the Eurasian Dipper on Sex-Specific Local Survival Rates. *J. Wildlife Manage.* 66: 1023–1030.
- Mönkkönen, M.** 1995. Do migrant birds have more pointed wings?: a comparative study. *Evol. Ecol.* 9: 520–528.
- Moreno-Rueda, G. & Rivas, J.M.** 2007. Recent changes in allometric relationships among morphological traits in the dipper (*Cinclus cinclus*). *J. Ornithol.* 48: 489–494.
- Newton, I.** 1998. *Population limitation in birds*. London: Academic Press.
- O'Halloran, J., Smiddy, P. & O'Mahony, B.** 1992. Biometrics, growth rate and sex ratios amongst Irish Dipper *Cinclus cinclus hibernicus*. *Ring. Migr.* 7: 61–70.
- Ormerod, S., Tyler, S.J. & Lewis, J.M.S.** 1986. Biometrics, growth rate and sex ratios amongst Welsh Dippers *Cinclus cinclus*. *Ring. Migr.* 7: 61–70.
- Ormerod, S., Efteland, S. & Gabrielsen, L.E.** 1987. The diet of breeding Dippers *Cinclus cinclus cinclus* and their nestlings in southwestern Norway. *Holarctic Ecol.* 10: 201–205.
- Pinilla, J.** 2000. *Manual para el anillamiento científico de aves*. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM, Madrid.
- Róbert, H.** 1992. Morphometric parameters and sex differentiation of Dipper (*Cinclus cinclus*) populations of Hungary. *Aquila* 99: 111–118.
- Schmid, W. & Spitznagel, A.** 1985. Der sexuelle Größensdimorphismus süddeutscher Wasseramseln (*Cinclus c. aquaticus*): Biometrie, Funktion und mögliche Ursachen. *Okol. Vögel* 7: 379–408.
- Simeonov, S. & Sofroniev, J.** 1983. Investigation on the sex dimorphism and te feeding of the dipper (*Cinclus cinclus* L.) in Bulgaria. *Annuaire Univ. Sofia* 72/73: 79–88.



- Svensson, L.** 1996. *Guía para la identificación de los passeriformes europeos*. Madrid: Sociedad Española de Ornitología.
- Tasinazzo, S., Fracasso, G. & Faccin, F.** 2000. Adult biometrics and nestling growth in a southern Prealpine Dipper *Cinclus cinclus* population. *Avocetta* 24: 39-44.
- Tyler, S.J. & Ormerod, S.** 1991. Aspects of the biology of Dippers *Cinclus cinclus minor* in the Atlas Mountains of Morocco outside the breeding season. *Bonn. Zool. Beitr.* 42: 35-45.