

Un nuevo criterio para sexar Mirlos Acuáticos *Cinclus cinclus* en la Península Ibérica

Francisco Campos, Francisco Gutiérrez-Corchero, Jesús López-Fidalgo & M^a Ángeles Hernández

A new criteria to sex European Dippers Cinclus cinclus in the Iberian Peninsula

Altogether 231 European Dippers *Cinclus cinclus* from the Iberian Peninsula were measured and sexed using molecular methods. The Dippers were captured in four different areas of Spain that can be grouped into two large regions according to their morphological characteristics: the South (Sierra Nevada Mountains); and the rest of Spain (Western Pyrenees, Cantabrian Mountains and Central Mountains). Logistical regression considering the length of the third primary, body mass and geographical area as explanatory variables provided a formula for classifying the Dippers into males and females, with a misclassification error of 1.3%, lower than those obtained with other criteria in other European studies.

Key words: Dipper, *Cinclus cinclus*, sexing criteria, biometrics, logistical regression, Spain.

Francisco Campos*, *Universidad Europea Miguel de Cervantes, C/ Padre Julio Chevalier 2, E-47012 Valladolid, España.*

Francisco Gutiérrez-Corchero, *Joan Baptista La Salle 30, E-17002 Girona, España.*

Jesús López-Fidalgo, *Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias, Plaza de los Caídos s/n, Universidad de Salamanca, E-37008 Salamanca, España.*

M^a Ángeles Hernández, *Departamento de Zoología y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, E-31080 Pamplona, España.*

*Autor para correspondencia. E-mail: fcampos@arvo.net

Received: 22.02.05; Accepted: 25.07.05 / Edited by J.Figuerola.

La biometría del Mirlo Acuático *Cinclus cinclus* es bien conocida en Europa por los numerosos estudios que se han llevado a cabo sobre esta especie (e.g. Schmid & Spitznagel 1985, Ormerod *et al.* 1986, Marzolin 1990, O'Halloran *et al.* 1992; Tasinazzo *et al.* 2000, Esteban *et al.* 2000). Las medidas obtenidas han sido usadas para distinguir machos de hembras basándose principalmente en la longitud del ala (Galbraith & Broadley 1980, Marsà 1988, Robert 1992, Schmid & Spitznagel 1985), o en la combinación de longitud del ala y masa corporal, cuya representación gráfica produce dos grupos de puntos más o menos diferenciados, uno de ellos atribuido a ejemplares machos y otro a ejemplares hembras (Esteban *et al.* 2000). Sin embargo, hasta ahora ningún trabajo ha presenta-

do datos en los que se haya sabido con seguridad el sexo de todos los mirlos acuáticos analizados y se haya relacionado con diferentes variables biométricas para cuantificar los posibles errores en la asignación del sexo.

En muchas ocasiones es necesario reconocer individualmente a cada ave y saber a qué sexo pertenece si se quiere obtener datos precisos sobre comportamiento, reproducción, ecología, etc., que facilitan una mejor y más precisa gestión y conservación de las poblaciones silvestres (McGregor & Peake 1998). A esto han ayudado en gran medida las técnicas moleculares, que permiten averiguar con cierta facilidad el sexo de las aves (Griffiths *et al.* 1998), de modo que su uso se ha convertido ya en algo rutinario. No obstante, estos análisis requieren a ve-

ces técnicas invasivas, que pueden suponer molestias para las aves, además de una inversión de tiempo y dinero. Si se pretende minimizar las molestias a las aves y aumentar la rentabilidad del esfuerzo de muestreo, parece preferible sexar a las aves por caracteres biométricos, siempre que la probabilidad de error sea pequeña. Por otra parte, fuera del periodo reproductor las hembras no presentan placa incubadora, por lo que no son reconocibles con total seguridad.

El tamaño de una misma especie puede cambiar a lo largo de su área de distribución, lo que dificulta la comparación de datos morfológicos obtenidos en distintas poblaciones (Svensson 1996). En muchas especies se da una clina latitudinal en tamaño, con individuos de mayor tamaño en el norte y menores en el sur (fenómeno conocido como la regla de Bergmann). Esta clina sería debida a una mayor capacidad de los individuos de mayor tamaño para sobrevivir a los climas más extremos característicos de latitudes elevadas (Bergmann 1947). La variación morfológica del Mirlo Acuático en España parece no seguir esta regla, ya que las poblaciones del sur de la Península Ibérica son de mayor tamaño que las del norte (obs. pers.). Algo similar ocurre también en las Islas Británicas (O'Halloran *et al.* 1992). Para las poblaciones españolas es necesario reajustar los criterios de sexado obtenidos en otras zonas de Europa, y comprobar si puede obtenerse menor número de errores al adjudicar un ave a cada sexo. En este trabajo se presenta un nuevo criterio para sexar mirlos acuáticos basado en caracteres biométricos, que mejora los resultados obtenidos con otros criterios anteriores.

Material y métodos

El trabajo se ha llevado a cabo en cuatro zonas representativas de la distribución geográfica del Mirlo Acuático en España (López *et al.* 2003): Pirineos Occidentales (provincias de Navarra y Huesca), Sistema Central (provincias de Cáceres, Salamanca y Madrid), Cordillera Cantábrica (provincia de León) y Sierra Nevada (provincia de Granada). Se utilizaron redes japonesas para capturar mirlos acuáticos entre los años 2000-2004. A todas las aves se les extrajo una pequeña cantidad de sangre que fue conservada en tarjetas FTA[®] Classic Cards, y de la cual se obtuvo ADN siguiendo la metodología propuesta por

Gutiérrez-Corchero *et al.* (2002). Este ADN fue utilizado en el laboratorio para determinar el sexo de los mirlos acuáticos siguiendo la metodología descrita por Griffiths *et al.* (1998).

Todas las aves fueron anilladas para individualizarlas, y de cada una se tomaron las siguientes medidas según Svensson (1996): longitud de ala (cuerda máxima), tercera primaria y cola (todas ellas con reglas de precisión 0,5 mm), longitud del culmen y tarso (ambas con un calibre de precisión 0,1 mm). Además, se determinó la masa corporal con una balanza de precisión 0,1 g. La edad (adulto o jóvenes de menos de un año de edad) se determinó en base al estado de muda del plumaje (Svensson 1996).

En España las diferencias biométricas entre mirlos acuáticos adultos y jóvenes de cada sexo no son significativas (Esteban *et al.* 2000, obs. pers.). Por este motivo en los cálculos estadísticos se han agrupado todas las aves de cada sexo, independientemente de su edad. Asimismo, no se han encontrado diferencias significativas en la biometría de las poblaciones de Pirineos, Cordillera Cantábrica y Sistema Central, pero sí entre éstas y la población de Sierra Nevada (obs. pers.). Por tanto, los datos se han agrupado en dos regiones, una denominada "Sur", que comprende las aves de Sierra Nevada, y otra denominada "Resto" formada por las aves de las otras tres zonas muestreadas.

Resultados y discusión

Se capturaron 231 Mirlos Acuáticos: 28 en la Cordillera Cantábrica (19 machos, 9 hembras), 93 en Pirineos Occidentales (44 machos, 49 hembras), 73 en el Sistema Central (39 machos, 34 hembras) y 37 en Sierra Nevada (18 machos, 19 hembras). De ellos, en 227 se pudo medir la longitud del ala y en 226 la longitud de la tercera primaria.

Se realizó una regresión logística por pasos sucesivos con todas las variables biométricas y la región geográfica (Sur y Resto) como variables explicativas. En el modelo final quedaron solamente las variables longitud de la tercera primaria (A, en mm), masa corporal (M, en g) y región geográfica. Se utilizó una probabilidad de corte del 50% para realizar la clasificación. Se obtuvieron las siguientes probabilidades de hembra en cada una de las dos regiones consideradas:

$$\text{a) Sur: } \frac{1}{1 + e^{-189 + 2A + M}}$$

$$\text{b) Resto de España: } \frac{1}{1 + e^{-183 + 2A + M}}$$

En particular las variables longitud de la tercera primaria y peso fueron significativas en el modelo de probabilidad ($P = 0,001$ en ambos casos). Además se detectó el efecto significativo de la variable región (Sur y Resto, $P = 0,007$). De este modo, para sexar un Mirlo Acuático debe aplicarse la fórmula correspondiente a su región y se clasificará como hembra si la probabilidad es $\geq 0,5$.

La precisión de estas fórmulas y de otros criterios de sexado de mirlos acuáticos propuestos por varios autores, basados principalmente en análisis discriminantes, se ha comprobado en la muestra de aves españolas de sexo previamente conocido por técnicas moleculares (Tabla 1). En ocasiones las aves no pudieron ser adjudicadas a un sexo, ya que los criterios de los autores no permiten determinar el sexo de individuos con valores intermedios. Así, por ejemplo, según O'Halloran *et al.* (1992) el valor de la longitud del ala en machos es >94 mm y en hembras es <94 mm. En los mirlos acuáticos analizados en

el presente trabajo hubo 15 ejemplares cuya longitud del ala fue 94 mm que, por tanto, se consideraron no sexados. El porcentaje de aves erróneamente sexadas o que no se pudieron sexar varió de 6,6% a 30%, excepto cuando se aplicó el criterio propuesto en el presente trabajo, que fue del 1,3%. Sin embargo, una comparación más rigurosa exigiría aplicar el modelo aquí propuesto a una muestra de mirlos acuáticos analizados por otros autores. Como los datos de esas aves no están disponibles, es necesario tomar con precaución los resultados aquí expuestos. No obstante, el modelo que proponemos presenta un valor de R^2 de Cox y Snell de 72,1%, y un valor de R^2 de Nagelkerke de 96,2%, siendo ambos muy elevados e indicando un alto poder predictivo del análisis. La significación muestral de la prueba de Hosmer y Lemeshow fue $P = 1,000$, lo que indica un ajuste muy preciso de los datos al modelo (Hosmer & Lemeshow 2000).

Puesto que existen diferencias biométricas significativas entre poblaciones españolas de mirlos acuáticos, para la correcta determinación del sexo es necesario tener en cuenta la variable "región geográfica", tal como confirman los resultados del presente trabajo. Si no se tuviera en cuenta la "región geográfica", el error de clasificación hubiera sido incrementado hasta el

Tabla 1. Errores cometidos al aplicar a Mirlos Acuáticos capturados en el presente estudio los criterios de sexado (basados en la longitud del ala) de varios autores. ^a $y + 2x = 243$ (y : peso del ave en g. x : longitud del ala en mm).

Errors incurred when applying sex criteria (based on wing length) from various authors to Dippers from Spain. ^a $y + 2x = 243$ (y : body weight in g. x : wing length in mm).

Autores [Authors]	Zona [Area]	Criterio [Criterion]	Errores [Errors]	%	Aves sin sexar [Unclassified]
Ormerod <i>et al.</i> (1986)	Gales [Wales]	♂ > 93 mm ♀ < 93 mm	♂ 41 ♀ 0	18,1	9 (3,9 %)
O'Halloran <i>et al.</i> (1992)	Irlanda [Ireland]	♂ > 94 mm ♀ < 94 mm	♂ 53 ♀ 0	23,3	15 (6,6 %)
Robert (1992)	Hungría [Hungary]	♂ 90-99 mm ♀ 88-90 mm	♂ 9 ♀ 5	6,2	12 (5,3 %)
Tasinazzo <i>et al.</i> (2000)	Italia [Italy]	♂ ≥ 92 mm ♀ ≤ 90 mm	♂ 9 ♀ 2	4,8	26 (11,5 %)
Marzolin (1990)	Francia [France]	♂ > 92 mm ♀ < 92 mm	♂ 24 ♀ 0	10,6	9 (3,9 %)
Marsá (1988)	España [Spain]	♂ 93-101 mm ♀ 85-91 mm	♂ 19 ♀ 0	8,4	27 (11,9 %)
Esteban <i>et al.</i> (2000) ^a	España [Spain]	♂ $y > 243$ ♀ $y < 243$	♂ 15 ♀ 0	6,6	0
Presente trabajo [This paper]	España [Spain]		♂ 1 ♀ 2	1,3	0

3,6%. Esto hace que sea aún más desaconsejable aplicar en España criterios obtenidos a partir de aves de otros países europeos.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Ana Amezcua por su colaboración en el sexado de aves. José Rivas (de la Estación de Anillamiento Sierra Nevada), Luis Lezana y Juan Arizaga ayudaron en las labores de muestreo de campo. Las Direcciones Generales del Medio Natural de la Junta de Extremadura, Junta de Andalucía, Junta de Castilla y León, Comunidad Autónoma de Madrid, Diputación General de Aragón y Comunidad Foral de Navarra proporcionaron permisos oficiales para la captura y anillamiento de mirlos acuáticos en sus respectivos territorios. Jordi Figuerola y dos revisores anónimos aportaron valiosos comentarios a la primera versión del trabajo.

Resum

Un nou criteri per sexar Merles d'Aigua *Cinclus cinclus* a la península Ibèrica

Una mostra de 231 Dippers, *Cinclus cinclus* de la península Ibèrica es van mesurar i sexar utilitzant mètodes moleculars. Les merles d'aigua es van capturar en quatre àrees diferents d'Espanya que es poden agrupar en dues grans regions segons les seves característiques morfològiques: sud (muntanyes de Sierra Nevada) i la resta d'Espanya (Pirineus Occidentals, serralada Cantàbrica i Sistema Central). A partir d'una regressió logística considerant la longitud de la tercera primària, massa corporal i àrea geogràfica com a variables descriptives, es va obtenir una fórmula per a la classificació dels mascles i les femelles de Merla d'aigua amb un error del 1,3% més baix que el que s'obté amb altres criteris disponibles a la bibliografia europea.

Resumen

Un nuevo criterio para sexar Mirlos Acuáticos *Cinclus cinclus* en la Península Ibérica

Una muestra de 231 mirlos acuáticos *Cinclus cinclus*, de la península Ibérica se midieron y sexaron utilizando métodos moleculares. Los mirlos acuáticos se capturaron en cuatro áreas diferentes de España que se pueden agrupar en dos grandes regiones según las características morfológicas de las aves: sur (montañas de Sierra Nevada) y el resto de España (Pirineos Occidentales, Cordillera Cantàbrica y Sistema Cen-

tral). A partir de una regresión logística considerando la longitud de la tercera primaria, masa corporal y área geográfica como variables descriptivas, se obtuvo una fórmula para la clasificación de machos y hembras de Mirlo Acuático con un error del 1,3%, inferior al que se obtiene utilizando otros criterios disponibles en la bibliografía europea.

Bibliografía

- Bergmann, N.C.** 1947. Ueber die Verhältnisse der Warmeökonomie der Tiere zu ihrer Grösse. *Göttinger Studien* 3: 595-708.
- Esteban, L., Campos, F. & Ariño, A.H.** 2000. Biometrics amongst Dippers *Cinclus cinclus* in the north of Spain. *Ringing & Migration* 20: 9-14.
- Galbraith, H. & Broadley, B.** 1980. Biometrics and sexing of the British race of the Dipper. *Ringing & Migration* 3: 62-64.
- Griffiths, R., Double, M.C., Orr, K. & Dawson, R.J.G.** 1998. A DNA test to sex most birds. *Molecular Ecology* 7: 1071-1075.
- Gutiérrez-Corcheró, 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. *Molecular Ecology Notes* 2: 75-77.
- Hosmer, D.W. & Lemeshow, S.** 2000. *Applied Logistic Regression*. New York: Wiley Interscience.
- 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: Dirección General de Conservación de la Naturaleza & Sociedad Española de Ornitología.
- McGregor, P.K. & Peake, T.M.** 1998. The role of individual identification in conservation biology. In Cato, T. (ed.): *Behavioural Ecology and Conservation Biology*. Pp. 31-55. Oxford: Oxford University Press.
- Marsà, J.** 1988. Longitud alar i sexe de *Cinclus cinclus pyrenaicus*. *Butll. GCA* 5: 1-8.
- Marzolin, G.** 1990. Variabilité morphométrique du cincle plongeur *Cinclus cinclus* en fonction du sexe et l'âge. *Alauda* 58: 85-94.
- O'Halloran, J., Smiddy, P. & O'Mahony, B.** 1992. Biometrics, growth and sex ratios amongst Irish Dipper *Cinclus cinclus hibernicus*. *Ringing & Migration* 13: 152-161.
- Ormerod, S.J., Tyler, S.J. & Lewis, J. M. S.** 1986. Biometrics, growth and sex ratios amongst Welsh Dippers *Cinclus cinclus*. *Ringing & Migration* 7: 61-70.
- Robert, 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 Größendimorphismus süddeutscher Wasseramseln (*Cinclus c. aquaticus*): Biometrie, Funktion und mögliche Ursachen. *Okol. Vögel* 7: 379-408.
- Svensson, L.** 1996. *Guía para la identificación de los Paseriformes europeos*. Madrid: SEO.
- Tasinazzo, S., Fracasso, G. & Faccin, F.** 2000. Adult biometrics and nestling growth in a southern Prealpine Dipper *Cinclus cinclus* population. *Avocetta* 24: 39-44.