

## Dimorfismo sexual en tamaño y marca frontal en el chorlo nevado (*Charadrius nivosus*)

Salvador Gómez del Ángel,<sup>1\*</sup> Eduardo Palacios Castro<sup>2</sup> y Atahualpa Eduardo De Sucre-Medrano<sup>1</sup>

### Resumen

El dimorfismo sexual en aves se expresa de diferentes formas, entre ellas está el tamaño o la coloración del plumaje. En aves playeras las marcas melánicas son distintas entre sexos y muy variables; se cree que cumplen una función disruptiva con el paisaje. Analizamos el dimorfismo sexual en tamaño corporal y en la estructura de la barra frontal del chorlo nevado (*Charadrius nivosus*) y encontramos que el tarso, la cuerda alar y que tanto la longitud como la amplitud de la barra frontal son de mayores dimensiones en los machos. Además, describimos por primera vez un ornamento con forma de “cuernos” en la frente, exclusivo de los machos. Aunque otros autores han revisado la variabilidad de estas marcas, su valor adaptativo es poco conocido. Consideramos que el dimorfismo en la estructura de la barra frontal es importante dentro y entre sexos durante la temporada reproductora, ya que cumple un papel clave durante los despliegues de cortejo y en la competencia entre machos, donde son exhibidas las plumas del pecho que contrastan con esta marca. Además, las medidas morfométricas mayores en los machos son consistentes con la poliandria y la competitividad intensa entre los machos.

**Palabras clave:** morfometría, ornamento en forma de cuernos, cuenca de México, lago de Texcoco.

### Sexual dimorphism in size and forehead marking of the snowy plover (*Charadrius nivosus*)

#### Abstract

Sexual dimorphism in birds is expressed in different forms such as size or plumage coloration. In shorebirds melanistic marks differ between sexes and are highly variable, and it is believed that they play a disruptive role in the landscape. For the Snowy Plover (*Charadrius nivosus*) we analyzed the sexual dimorphism in body size and structure of the frontal bar. We found that the male is larger in the tarsus, wing chord, and the length and breadth of the frontal bar. In addition, we describe for the first time a horn-shaped ornament on the forehead bar, exclusive of males. Although other authors have reviewed the variability of these marks, its adaptive significance is poorly understood. We believe that dimorphism in the frontal bar is important both within and between sexes during the breeding season, playing a key role during courtship displays and male-male competition, where breast feathers contrast with this mark. Also a greater body size of males is consistent with polyandry and intense male-male competition.

**Keywords:** morphometry, horn-shaped ornament, Mexican basin, Texcoco lake.

**Recibido:** 30 de abril de 2014. **Revisión aceptada:** 21 de octubre de 2014

**Editor asociado:** Fernando Villaseñor Gómez

### Introducción

El dimorfismo sexual en tamaño y morfología es casi universal en las aves, pero la dirección y el grado de esta diferencia varían entre y dentro de las especies (Selander 1966, Arak 1988). Se ha

argumentado que el dimorfismo sexual ha evolucionado con la selección sexual o por las diferencias en el tipo de cuidado parental (Campbell 1972, Trivers 1972, Székely *et al.* 2000, 2004) y en la mayoría de las especies en el que es notorio, el macho es más grande que la hembra (Selander 1972, Székely *et al.* 2000, Kis y Székely 2003). La selección sexual implica reproducción diferencial como resultado de la competencia intra-sexual por parejas, lo que puede ocurrir por competencia entre machos o por las hembras al seleccionar al macho.

Las diferencias en tamaño, coloración del plumaje o aspectos conductuales (cantos, construcción de nido,

<sup>1</sup> Laboratorio de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida de los Barrios No. 1, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 54090, México. Correo electrónico: \*salvacvin@gmail.com

<sup>2</sup> Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz. Miraflores 334 entre La Paz y Mulegé, Fraccionamiento Bellavista, La Paz, Baja California Sur, 23050, México.

despliegues de cortejo, etc.) podrían reflejar una conducta agresiva, dominancia social en grupos o el estado de salud de un individuo adulto, entre otros aspectos (Trivers 1972). Estos rasgos han sido evaluados en relación con el éxito reproductor, el cuidado parental y la competencia intra-específica (Owens y Hartley 1998, Lendvai et al. 2004, Székely et al. 2004). Por ejemplo, en el chorlo de Kent (*Charadrius alexandrinus*) se demostró que los machos con marcas melánicas más grandes en el cuello, se reproducen primero y el tamaño de nidada es mayor en comparación con machos con marcas pequeñas, lo que sugiere una ventaja reproductora, ya que estas dos características (reproducción temprana y tamaño de nidada grande) aumentan el éxito reproductor en aves playeras (Lendvai et al. 2004).

La limitada información sobre el chorlo nevado (*C. nivosus*) sugiere que los machos pueden ser de mayores dimensiones que las hembras (Boyd 1972, Page et al. 2009). Las marcas melánicas en las plumas de la frente, ojos, cuello y pecho cumplen funciones disruptivas con el paisaje, son señales de agresividad y se usan como reconocimiento individual (Bock 1958, Graul 1973, Lendvai et al. 2004), y también son diferentes, al menos en su coloración, entre machos y hembras. Sin embargo, no existe una evaluación formal de ninguna de estas características para definir el dimorfismo sexual en esta especie (Boyd 1972, Conway 2001, Page et al. 2009).

El sistema de apareamiento en el chorlo nevado es

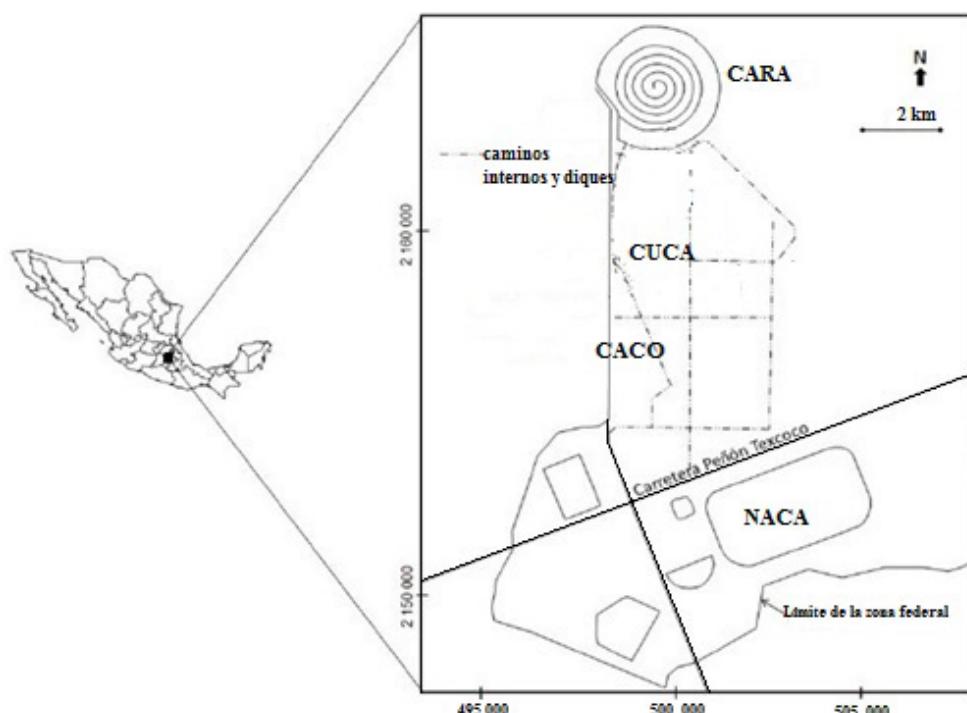
muy flexible, existen reportes de poblaciones monógamas, poliándricas y poligínicas (Boyd 1972, Warriner et al. 1986, Paton 1995, Küpper et al. 2009, Page et al. 2009). Con esta amplia variación en su conducta reproductora, y considerando que existe competencia dentro de los sexos por tener acceso a una pareja, es de esperarse que la selección sexual conduzca al aumento del tamaño en el sexo más competitivo (Mueller 1990, Székely et al. 2000, 2004).

Presentamos un análisis del dimorfismo sexual en tamaño (masa corporal, tarso, cuerda alar y culmen) y estructura de la marca en la frente (longitud y amplitud) del macho del chorlo nevado.

## Métodos

### Zona de estudio

La información para este trabajo se obtuvo de una pequeña población reproductora en la cuenca de México. La zona federal ex lago de Texcoco (Figura 1) está localizada en la parte más baja de la cuenca, a 23 km al este de la ciudad de México, entre las coordenadas extremas  $19^{\circ}25' - 19^{\circ}35'N$  y  $98^{\circ}55' - 99^{\circ}03'W$ , con una altitud promedio de 2,200 msnm y una extensión aproximada de 11,600 ha (Alcántara y Escalante-Pliego 2005). El área presenta un clima semiárido templado,



**Figura 1.** Zona federal ex lago de Texcoco en la cuenca de México. Se muestra la ubicación de las planicies inundables conocidas como el Caracol (CARA), Cuatro Caminos (CUCA), Casa Colorada (CACO) y el lago permanente Nabor Carrillo (NACA).

con lluvias en el verano que alcanzan los 600-800 mm anuales. La temperatura media anual es de 15.3 °C, la mínima de -5 °C en enero y la máxima de 32°C en abril y junio (DUMAC 2005, Ezcurra *et al.* 2006). Una descripción más detallada de la zona puede ser consultada en Alcántara y Escalante (2005) y De Sucre *et al.* (2011).

Aunque el área de estudio es un conjunto de humedales salinos inmersos en una mancha urbana en constante crecimiento, es un Área de Importancia para la Conservación de Aves en México (AICA) (González-Olvera *et al.* 2000) y una Región Hidrológica de Alta Prioridad en la categoría: Región Amenazada (Conabio 2005); además, es un Sitio de Importancia Regional para Aves Playeras por la Red Hemisférica de Reservas de Aves Playeras (WHSRN 2008, Lesterhuis y Clay 2010).

## Trabajo de campo

El trabajo de campo lo llevamos a cabo durante la temporada reproductora de marzo a julio de 2009, de febrero a agosto de 2010 y de febrero a julio de 2011 en las planicies inundables de cuatro sitios de anidación: Caracol (CARA), Casa Colorada (CACO), Cuatro Caminos (CUCA) y en Nabor Carrillo (NACA) (Figura 1). En NACA trabajamos sólo en 2010, cuando el nivel del agua descendió y hubo hábitat adecuado para la anidación del chorlo nevado. El monitoreo de chorlos y sus nidos, en los sitios de anidación, lo realizamos a pie y con la ayuda de telescopios 15-45X60. En cada visita buscamos adultos sobre el nido de 07:00 a 15:00 h, debido a que en la zona había restricciones en el horario. Al localizar los nidos, capturamos a los adultos con trampas tipo corazón (*funnel traps*) y los anillamos y medimos. Categorizamos cada ave como hembra o macho según su plumaje (cf. Pyle 2008, Page *et al.* 2009). En los machos las marcas frontales, auriculares y del cuello son oscuras, mientras que en las hembras van de café oscuro a pálido, y tienen los bordes más amplios de blanco. Con un calibrador milimétrico ( $\pm 0.1$  mm) medimos la longitud del tarso, el culmen y la cuerda alar tanto en machos como en hembras; seguimos las indicaciones de Gratto-Trevor (2004). Para evaluar la estructura de la marca melánica en la frente y la barra frontal (BF), medimos con un calibrador milimétrico ( $\pm 0.1$  mm) el largo y ancho de esta marca y la longitud de las prolongaciones a cada extremo de la BF en machos (Figura 2). No incluimos la cola en el análisis, ya que ésta es utilizada durante los despliegues de atracción para los posibles depredadores, y en 75% de los casos ( $n=61$ ) se encontraba muy desgastada por el uso o por haberla retenido desde la temporada anterior. La masa corporal la medimos con una balanza granataria ( $\pm 0.1$  g).

Para establecer las diferencias entre sexos con base en la masa corporal y la morfometría, así como las medidas (largo y ancho) de la BF, usamos únicamente la información de individuos nuevos; las recapturas no fueron incluidas en los análisis. Normalizamos los datos mediante una transformación logarítmica ( $\log_{10}$ ) y los analizamos con una prueba *t* de Student (Fraga y Amat 1996) con un nivel de significancia de  $P<0.05$  (Zar 1984). Utilizamos esta prueba porque permite un análisis con tamaños de muestra pequeños y diferente número de datos entre las muestras. La magnitud del dimorfismo sexual entre sexos lo obtuvimos con el Índice de Dimorfismo Sexual de Storer (1966) o *iS*, que se calcula de la siguiente forma:

$$iS_x = 100 \left( \frac{(\bar{x}_a - \bar{x}_b)}{(0.5)(\bar{x}_a + \bar{x}_b)} \right)$$

donde:

*x* = es una variable a evaluar

*a* = corresponde a esa variable en las hembras

*b* = corresponde a esa variable en los machos

Un índice mayor a 0 refleja diferencias a favor de las hembras. Cuando el índice es negativo el tamaño del macho es mayor que el de la hembra.

Finalmente, y debido a la diferencia en el tamaño de muestra de cada sexo, extrajimos al azar una muestra de 30 datos de las variables evaluadas de cada sexo y llevamos a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) mediante el programa estadístico SPSS (versión 19), con un nivel de significancia de  $P<0.001$ , con el propósito de determinar los niveles de asociación entre las variables. Utilizamos los valores obtenidos a partir de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin ( $KMO > 0.5$ ) y la significancia ( $sig \neq 1$ ) de la prueba de esfericidad de Barlett como los criterios para evaluar este análisis factorial.

## Resultados

En las temporadas reproductoras de 2009, 2010 y 2011 capturamos 32 machos y 52 hembras. Esta diferencia en las capturas era de esperarse debido a la combinación de la conducta de incubación de la especie y al horario restringido de trabajo (07:00-15:00 h); generalmente, la hembra incuba en el día y el macho durante la noche. La prueba *t* de Student mostró que el dimorfismo sexual fue significativo en la cuerda alar y el tarso, siendo mayor el macho, mientras que en el culmen y la masa corporal no existe diferencia estadística significativa. En relación con la estructura de la BF, tanto la longitud como la

amplitud de esta marca fueron significativamente mayores en los machos (Cuadro 1).

El rasgo de dimorfismo sexual, que fue exclusivo de los machos, consistió en una extensión perpendicular a cada extremo de la BF, formando una marca a modo de “cuernos” (Figura 2); mientras que en las hembras su BF es una barra uniforme sin cuernos y más delgada (Cuadro 1, Figura 2). La longitud promedio de estos ornamentos (“cuernos”) en los machos fue de  $3.88 \pm 1.57$  mm (intervalo 2.5-5.1 mm). Además, en las hembras, la coloración de las plumas en esta barra fue café pálido y más oscura en los machos (Figura 2).

El índice de dimorfismo sexual de Storer (1966) mostró que los machos pesan poco menos que las hembras ( $iS_{masa} = 2.49$ ) y son ligeramente más grandes que las hembras en cuerda alar, tarso y culmen ( $iS_{cuerda-alar} = -2.18$ ,  $iS_{tarso} = -5.55$  y  $iS_{culmen} = -1.35$ ). Respecto a la longitud y amplitud de la BF, este índice mostró que en el macho son considerablemente mayores que en las hembras, en particular en la amplitud ( $iS_{longBF} = -9.60$  y  $iS_{amplBF} = -45.21$ ).

En el ACP, la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) nos dio un valor ligeramente por encima de lo aceptado (KMO=0.562, Kaiser 1974). Por su parte, la prueba de esfericidad de Barlett fue estadísticamente significativa ( $sig=0.000$ ,  $P<0.005$ ) con un valor aproximado de  $\chi^2=76.92$ , por lo que no todos los coeficientes de correlación son iguales a cero, y el análisis factorial fue un modelo satisfactorio. El ACP arrojó tres componentes que explican en conjunto 67.45% de la varianza total (autovalores $>1$ ); el primero de estos componentes está conformado por las variables sexo, amplitud de la BF y cuerda alar, explicó 32% de la varianza total y más del 80% de cada variable de la que está conformado; el segundo, por la variable culmen y explica 19.50% de la varianza total y el tercero, por la variable tarso, explica 15.99% de la varianza total.

Del total de hembras sólo 5.7% ( $n=3$ ) presentaron una coloración oscura en la frente y prolongaciones breves de

la BF ( $<0.05$  mm). Sin embargo, fueron categorizadas como hembras por el horario en el cual fueron capturadas en el nido, por lo delgado de su BF, y porque a pesar de esta coloración los parches auriculares siempre fueron café pálido en todas las hembras (Figura 2).

## Discusión

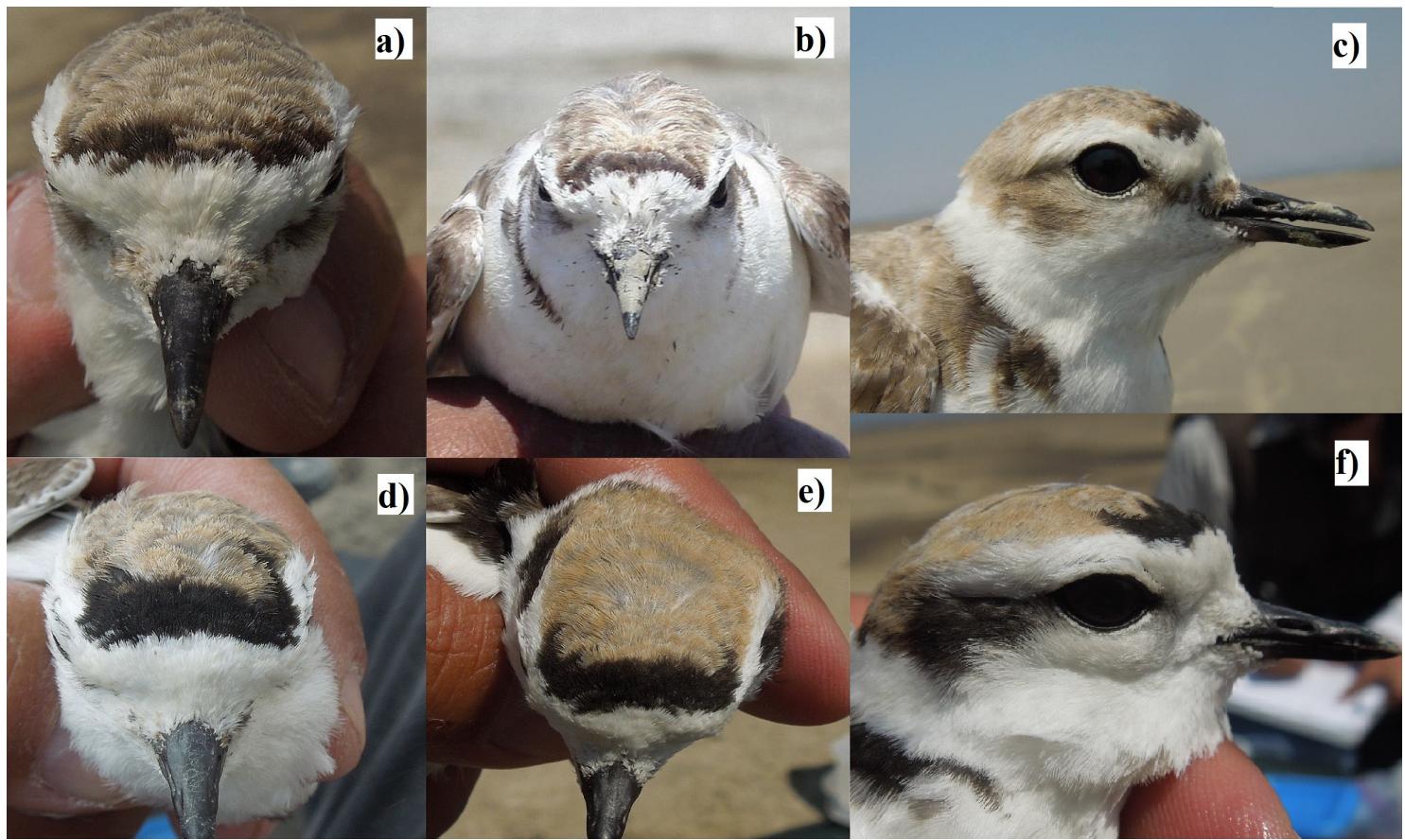
El grado y la dirección del dimorfismo sexual determinado por la cuerda alar y el tarso confirman lo sugerido por Boyd (1972) y Page et al. (2009) con base en sus observaciones de las poblaciones del centro de EUA. El  $iS$  arrojó que la hembra es ligeramente más pesada que el macho, aunque esta diferencia no fue significativa cuando se realizó una prueba  $t$  de Student. Consideramos que la toma de datos en horarios y en edades del nido diferentes pudo afectar la validez de los análisis de masa corporal, ya que ésta puede variar con la hora del día y con la fenología reproductora, como se ha observado en el chorlo de Kent (Fraga y Amat 1996, Szentirmai et al. 2001).

Respecto al culmen observamos algo similar, ya que el  $iS$  y la prueba  $t$  de Student mostraron resultados contradictorios y posiblemente sea necesaria una muestra mayor para poder saber cómo se comporta esta variable (Boyd 1972).

Es la primera vez que se describe el patrón de la BF en esta especie y que son mostradas las diferencias entre los sexos, además de una marca exclusiva a modo de “cuernos” en los machos. Hasta el momento, no existen datos de otras poblaciones en EUA ni en México comparables con este estudio. Algunos autores han revisado la variabilidad de la BF y otras marcas en especies de chorlos Charadriinae, y sugieren que su función es disruptiva con el paisaje, además de cumplir un papel muy importante en los despliegues entre machos durante el cortejo (Simmons 1953, Bock 1958, Graul 1973), aunque su valor adaptativo es poco conocido (Kis y Székely

**Cuadro 1.** Evaluación del dimorfismo sexual en tarso, cuerda alar, culmen, masa corporal y en la longitud y amplitud de la barra frontal (BF) (promedio  $\pm$  desviación estándar) en el chorlo nevado. La masa corporal se expresa en g y el resto de las medidas en mm.

Rasgo	Hembra ( $n=52$ )	Macho ( $n=32$ )	Prueba $t$ -Student	P
Tarso	$21.05 \pm 2.93$	$22.25 \pm 2.77$	2.47	0.007
Cuerda Alar	$103.63 \pm 3.63$	$105.91 \pm 3.03$	2.96	0.001
Culmen	$13.84 \pm 2.18$	$14.04 \pm 1.60$	0.61	0.271
Masa	$41.10 \pm 2.77$	$40.09 \pm 2.93$	1.57	0.059
Largo BF	$14.63 \pm 2.21$	$16.06 \pm 1.58$	3.07	0.001
Ancho BF	$3.57 \pm 1.00$	$5.88 \pm 1.14$	8.13	0.000



**Figura 2.** Diferencia estructural en la barra frontal del chorlo nevado. a-c) hembras y d-f) machos. Todas las fotografías son de adultos en reproducción de dos años de edad. La edad se conoce por haber sido marcados como pollos (fotos: A.E. De Sucre Medrano).

2003, Lendvai *et al.* 2004). Esta marca podría cumplir un papel significativo dentro del mismo sexo debido a que durante los encuentros agonísticos entre machos, éstos agachan el cuerpo y la cabeza mientras avanzan para mostrar las plumas blancas del pecho que contrastan con esta barra, lo que puede señalar la agresividad del individuo y con ello la defensa del territorio (Bock 1958, Owens y Hartley 1998, Székely *et al.* 2004).

Se ha observado que durante el cortejo del chorlo nevado se forman grupos de competencia de entre dos a tres machos por el acceso a una hembra. En estos grupos, los machos son muy agresivos entre sí y sus despliegues son principalmente en el suelo, esta conducta es característica de un sistema polígamico de apareamiento, donde se compite entre un sexo por el acceso a una pareja, lo cual ha sido reportado en varias poblaciones del chorlo nevado de EUA y en la bahía de Ceuta en la costa del Pacífico mexicano (Warriner *et al.* 1986, Paton 1995, Küpper *et al.* 2009, Page *et al.* 2009). Estos despliegues de cortejo probablemente podrían explicar nuestros resultados; por ejemplo, Székely *et al.* (2004) encontraron que en un sistema de apareamiento con mayor competitividad entre machos existe una alta correlación con el aumento en su tamaño

(cuerda alar y masa corporal) y viceversa con las hembras. Esto es consistente con la hipótesis de que el dimorfismo sexual en tamaño de *Charadrii* evolucionó a partir de selección sexual. Esta regla del aumento del tamaño, en respuesta a la alta competitividad intra-sexual, ha sido observada en otros taxa de animales como ácaros, lagartos, serpientes, tortugas, colibríes y aves canoras (Abouhief y Fairbairn 1997, Cox *et al.* 2003, Székely *et al.* 2000, 2004).

Comúnmente se utiliza la coloración del plumaje como único rasgo para determinar el sexo de algún individuo; sin embargo, el ACP mostró de manera consistente que la amplitud de la BF, la cuerda alar y en menor medida la longitud de la BF se agrupan de manera lineal con el sexo, lo que indica que estas variables se diferencian claramente entre sexos y pueden ser utilizadas como elementos en su determinación. Ninguno de los tres principales componentes extraídos explica de manera satisfactoria la variabilidad de los datos de masa corporal, incluso al llevar a cabo una Normalización Varimax (rotación ortogonal), los datos se comportaron del mismo modo, lo cual es consistente con la variación de peso discutida con anterioridad.

Los resultados aquí presentados muestran el considerable dimorfismo sexual en las medidas de la BF (amplitud y longitud) y, en menor magnitud, en la cuerda alar y el tarso, a favor del macho. Un análisis con una muestra más grande podría revelar un comportamiento más claro de las variables evaluadas.

## Agradecimientos

De manera particular agradecemos a la Comisión Nacional del Agua (Conagua) a través de la Biol. M.E. Cortés por autorizar el acceso a la zona federal. La División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, proporcionó financiamiento para el trabajo en campo. Agradecemos a los tres revisores anónimos y al Dr. M.A. Martínez, quienes aportaron críticas y valiosos comentarios para el enriquecimiento de este manuscrito.

## Literatura citada

- Alcántara C., J.L. y P. Escalante-Pliego. 2005. Current threats to the Lake Texcoco Globally important Bird Area. Pp. 1143-1150. In: C.J. Ralph y T.D. Rich. (eds.). Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas. Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference, 2002 March 20-24; Asilomar, California, Volume 2. General Technical Report PSW-GTR-191. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Albany, California, EUA.
- Abouhief, E. y D.J. Fairbairn. 1997. A comparative analysis of allometry for sexual size dimorphism: Assessing Rensch's rule. *The American Naturalist*. 149(3):540-562.
- Arack, A. 1988. Sexual dimorphism in body size: a model and a test. *Evolution*. 42:820-825.
- Bock, W.J. 1958. A generic review of the plovers (Charadriinae: Aves). *Bulletin Museum Comparative Zoology*. 118:27-97.
- Boyd, R.L. 1972. Breeding biology of the snowy plover at Cheyenne Bottoms Waterfowl Management Area, Barton County, Kansas. Tesis de maestría. Emporia State University, Kansas EUA.
- Campbell, B. (ed.). 1972. Sexual selection and the descent of man, 1871-1971. Aldine Publishing Company, Chicago Illinois, USA.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (en línea). 2005. 68. Remanentes del complejo lacustre de la Cuenca de México. <[www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_068.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_068.html)> (consultado el 3 de marzo de 2014).
- Conway, W. C. 2001. Breeding ecology of shorebirds in the playa Lakes region of Texas. Tesis de doctorado. Graduate Faculty of Texas Tech University. Texas USA.
- Cox, R.M., S.L. Skelly, y H.B. John-Alder. 2003. A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in lizards. *Evolution* 57(7):1653-1669.
- De Sucre M. A.E., P. Ramírez-Bastida, O. Cervantes y S. Gómez del Ángel. 2011. Notas sobre la biología reproductora del chorlo nevado (*Charadrius nivosus*) en el lago de Texcoco, México. *Huitzil* 12(2):32-38.
- DUMAC (Ducks Unlimited de México, A.C.) (en línea). 2005. Programa de conservación y manejo para las aves de ribera en el Lago de Texcoco, Estado de México. <[www.dumac.org/dumac/habitat/esp/proyectos02.htm](http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/proyectos02.htm)> (consultado el 1 marzo de 2014).
- Ezcurra, E., M. Mazari-Hiriart, I. Pisanty, y A. Aguilar. 2006. La Cuenca de México. Aspectos ambientales críticos y sustentabilidad. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Fraga, R.M. y J.A. Amat. 1996. Breeding biology of Kentish plover (*Charadrius vociferus*) population in a inland saline lake. *Ardeola*. 43:69-85
- González-Olvera, L.A., E. Cortés-Romero, P. Ramírez-Bastida y D.E. Varona-Graniel. 2000. AICA 1 Lago de Texcoco. pp. 97. In: A.M.C. Arizmendi y L. Márquez-Valdelamar (eds.). Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves de México. FMCN, Conabio, CCA, Cipamex. México, DF.
- Gratto-Trevor, C.L., 2004. Manual del anillador de Norteamérica para aves playeras (Charadriiformes, suborden Charadrii). North American Banding Council and Canadian Wildlife Service. 47p.
- Graul, W. D. 1973. Possible function of head and breast markings in Charadriinae. *Wilson Bulletin*. 85:60-70.
- Kaiser, H.F. 1974. An index of factorial simplicity. *Psychometrika*. 39:31-36
- Kis, J. y T. Székely. 2003. Sexually dimorphic breast-feathers in the Kentish plover *Charadrius alexandrinus*. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 49 (2):103-110.
- Küpper, C., J. Augustin, A. Kosztolányi, T. Burke, J. Figuerola y T. Székely. 2009. Kentish versus snowy plover: phenotypic and genetic analyses of *Charadrius alexandrinus* reveal divergence of Eurasian and American subspecies. *The Auk*. 126(4):839-852.
- Lendvai, A.Z., A. Liker y J. Kis. 2004. Male badge size is related

- to clutch volume in the Kentish Plover. *Ornis Hungarica* 14:15-21.
- Lesterhuis, A.J. y R.P. Clay (en línea). 2010. Conservation plan for Wilson's Phalarope (*Phalaropus tricolor*). Version 1.1. Manomet Center for Conservation Sciences, Manomet Massachusetts. <[www.whsrn.org/sites/default/files/file/Wilsons\\_Phalarope\\_Conservation\\_Plan\\_10\\_02-28\\_v1.1.pdf](http://www.whsrn.org/sites/default/files/file/Wilsons_Phalarope_Conservation_Plan_10_02-28_v1.1.pdf)> (consultado el 1 de marzo de 2014).
- Mueller, H.C. 1990. The evolution of reversed sexual dimorphism in size in monogamous species of birds. *Biol. Rev.* 65:553-585.
- Owens, I.P.F. y I.R. Hartley. 1998. Sexual dimorphism in birds: why are there so many different forms of dimorphism? *Proceedings Royal Society London Series B.* 265(1324):397-407.
- Page, Gary W., Lynne E. Stenzel, G.W. Page, J.S. Warriner, J.C. Warriner and P.W. Paton. (en línea) 2009. Snowy Plover (*Charadrius alexandrinus*), The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America Online: <[bna.birds.cornell.edu/bna/species/154/articles/introduction](http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/154/articles/introduction)> (consultado 3 de marzo de 2014).
- Paton, P.W.C. 1995. Breeding biology of snowy plover at Great Salt Lake, Utah. *Wilson bulletin.* 107(2):275-288.
- Pyle P. 2008. Identification guide to North American Birds Part II. Slate Creek Press. Point Reyes Station, California. EUA.
- Rzedowsky, J. 1979. Vegetación de México. Limusa. México, DF.
- Selander, R.K. 1966. Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *Condor* 68:113-151.
- Selander, R.K. 1972. Sexual selection and dimorphism in birds. Pp. 180-230. In: Sexual Selection and the Descent of man, 1871-1971. Campbell, B. (ed.) Aldine Publishing Company, Chicago Illinois, USA.
- Simmons, K.E.L. 1953. Some aspects of the aggressive behavior of three closely related plovers (Charadriidae): Little Ringed, Kentish, and Ringed, *Ibis*, 95:115-127.
- Storer, R.W. 1966. Sexual dimorphism and food habitats in three North American accipiters. *Auk.* 83:423-426.
- Székely, T., J.D. Reynolds y J. Figueroa. 2000. Sexual size dimorphism in shorebirds, gulls and alcids: the influence of sexual and natural selection. *Evolution.* 54(4):1404-1413.
- Székely, T., R.P. Freckleton y J.D. Reynolds. 2004. Sexual selection explains Rensch's rule of size dimorphism in shorebirds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 101 (33):12224-12227.
- Szentirmai, I., A. Kosztolányi y T. Székely. 2001. Daily changes in body mass of incubating Kentish Plovers. *Ornis Hungarica.* 11:27-32.
- Trivers, R.L. 1972. Parental investment and sexual selection. Pp. 136-179. In: Sexual Selection and the Descent of man, 1871-1971. Campbell, B. (ed.) Aldine Publishing Company, Chicago Illinois, USA.
- Warriner, J.S., J.C. Warriner, G.W. Page y L.E. Stenzel. 1986. Mating system and reproductive success of a small population of polygamous Snowy plover. *Willson Bulletin.* 98:15-37.
- WHSRN (Western Hemisphere Shorebird Reserve Network) (en línea). 2008. Lago de Texcoco, México. <[www.whsrn.org/site-profile/lago-texcoco](http://www.whsrn.org/site-profile/lago-texcoco)> (consultado 3 de marzo de 2014).
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.



Sociedad para el Estudio y Conservación  
de las Aves en México, A.C.