

# PREFERENCIAS DE HÁBITAT, ESTIMA Y TENDENCIAS POBLACIONALES DE LA AVUTARDA HUBARA *CHLAMYDOTIS UNdulATA* EN LANZAROTE Y LA GRACIOSA (ISLAS CANARIAS)

Luis M. CARRASCAL\* <sup>1</sup>, Javier SEOANE\*\* , David PALOMINO\* <sup>2</sup> y César Luis ALONSO\*\*\*

**SUMMARY.**—*Habitat preferences, population size and demographic trends of houbara bustard Chlamydotis undulata in Lanzarote and La Graciosa (Canary Islands).*

**Aims:** To quantify the population size and the distribution patterns of the houbara bustard (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*) in Lanzarote and La Graciosa islands (Canary Islands). To analyze habitat preferences of the species according to topographic, soil, vegetation and human impact variables.

**Location:** Lanzarote and La Graciosa islands (Canary Islands).

**Methods:** Bird censuses using the line transect method and the estimation of detection probabilities. Bootstrap to calculate the confidence interval of population size estimations. Classification trees were used to analyze the effect of habitat descriptors on bird species occurrence in 671 0.5 km-transects.

**Results:** The population size of the houbara bustard was 500 birds (90 % confidence interval: 272-801) in Lanzarote and 6 birds (3 - 10) in La Graciosa. The average density in the occupied semiarid environments was 1.63 birds/km<sup>2</sup> in Lanzarote and 0.32 birds/km<sup>2</sup> in La Graciosa. The maximum ecological density recorded was 3 birds/km<sup>2</sup>. The most important areas for the species were the steppe plains of Famara-Soo-Zonzamas, Guatiza and Teguisse (202 km<sup>2</sup>), where 85 % of the whole population of Lanzarote is included. Slope of the terrain, rock cover on the ground and the density of roads and unpaved tracks had a highly negative influence on the habitat preferences of the houbara bustard. The probability of occurrence of the species increased as the distance to the nearest urban area also increased. Habitat descriptors related to vegetation structure played a minor role in the distribution of the houbara bustard.

**Conclusions:** According to the data provided by this paper, and those previously published in 1990 decade, the population of houbara bustard in Lanzarote has shown a 40 % increase in the last 10-15 years. Only 20 % of this population is included in protected areas. The density of the species in Lanzarote is the highest recorded in the whole geographic range of the species in northern Africa and central Asia. Although the species has a favourable protection status in Lanzarote and La Graciosa, conservation efforts should be reinforced in order to preserve semiarid grasslands and shrublands with a steepness of the terrain lower than 15 %, a rock cover less than 60 %, a low density of roads and tracks (less than 0.5 km/20 ha) and away from urban sprawls (at least further than 650 m).

---

\* Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), José Gutiérrez Abascal 2, Madrid, E-28006 España.

\*\* Departamento Interuniversitario de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, E-28049 España.

\*\*\* Departamento de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, E-45071 España.

<sup>1</sup> Corresponding author: mcnc152@mncn.csic.es

<sup>2</sup> Área de Estudio y Seguimiento de Aves, Sociedad Española de Ornitología, C/ Melquiades Biencinto 34, 28053 Madrid, Spain.

*Key words:* houbara Bbustard, Lanzarote, Canary Islands, habitat preferences, population size, demographic trends, conservation measures, steppe-land environments.

RESUMEN.—*Preferencias de hábitat, estima y tendencias poblacionales de la avutarda hubara Chlamydotis undulata en Lanzarote y La Graciosa (Islas Canarias).*

**Objetivos:** Cuantificar el tamaño poblacional y los patrones de distribución de la avutarda hubara (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*) en las islas de Lanzarote y La Graciosa (Islas Canarias). Analizar las preferencias de hábitat de la especie de acuerdo a variables topográficas, de tipo de suelo, vegetación e impacto humano.

**Métodos:** Censos de aves mediante el método del transecto lineal y estimas de probabilidad de detección. Los intervalos de confianza de las estimas poblacionales se calcularon mediante 'bootstrapping'. Para analizar el efecto de los descriptores del hábitat sobre la ocurrencia de la especie en 671 transectos de 0,5 km, se emplearon árboles de clasificación.

**Resultados:** El tamaño poblacional de la avutarda hubara fue de 500 aves (intervalo de confianza al 90 %: 272-801) en Lanzarote y de 6 aves (3 - 10) en La Graciosa. La densidad media en los ambientes semiáridos ocupados fue de 1,63 aves/km<sup>2</sup> en Lanzarote y de 0,32 aves/km<sup>2</sup> en La Graciosa. La máxima densidad registrada fue de 3 aves/km<sup>2</sup>. Las áreas más importantes para la especie fueron las llanuras estepáricas de Famara-Soo-Zonzamas, de Guatiza y de Teguisse (202 km<sup>2</sup>), que acogen el 85 % de la población total de Lanzarote. La pendiente del terreno, la cobertura de rocas del suelo y la densidad de carreteras y caminos de tierra tuvieron una muy negativa influencia en las preferencias de hábitat de la avutarda hubara. La probabilidad de presencia de la especie aumentó con mayores distancias al núcleo urbano más cercano. Los descriptores del hábitat relacionados con la estructura de la vegetación desempeñaron un papel menor en la distribución de la avutarda hubara.

**Conclusiones:** Según los datos proporcionados por este trabajo, y los publicados previamente en la década de 1990, la población de avutarda hubara en Lanzarote ha mostrado un incremento del 40 % durante los últimos 10 - 15 años. Sólo el 20 % de esta población estaría incluida en áreas protegidas. La densidad de la especie en Lanzarote es la mayor registrada en todo el rango geográfico de la especie en África del norte y Asia central. Aunque la especie tiene un estatus de protección favorable en Lanzarote y La Graciosa, deberían acentuarse los esfuerzos de conservación tendentes a preservar las áreas semiáridas de herbazales y matorrales con pendiente de menos del 15 %, cobertura de rocas menor del 60 %, baja densidad de carreteras y caminos (menos de 0,5 km/20 ha) y alejadas de pueblos y ciudades (al menos 650 m).

*Palabras clave:* avutarda hubara, Lanzarote, Islas Canarias, preferencias de hábitat, tamaño poblacional, tendencias demográficas, medidas de conservación, ambientes esteparios.

## INTRODUCCIÓN

La avutarda hubara *Chlamydotis undulata* es una especie propia de medios desérticos y semidesérticos de la franja que se extiende desde el Norte de África hasta Asia Central (Del Hoyo *et al.*, 1996; aunque véase también Broders *et al.*, 2003, para una reconsideración de su taxonomía a nivel de especie), cuyas poblaciones residentes en Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa se distinguen por ser las únicas insulares de toda su extensa área de distribución mundial. Reúne numerosas características ecológicas que la predispone a pade-

cer problemas de conservación (p.e., especialización en las preferencias de hábitat, grandes áreas de campeo, bajas densidades poblacionales, elevada sensibilidad a las molestias de origen antrópico), como atestigua el que durante la última década se hayan datado descensos poblacionales en todo su ámbito de distribución (Chammem *et al.*, 2003; Goriup, 1997; Tourenq *et al.*, 2005). Ha sido catalogada como 'En Peligro' en el Libro Rojo de las Aves de España (Madroño *et al.*, 2005) y con 'SPEC-1' a nivel europeo (Burfield y Van Bommel, 2004), y presenta un elevado estatus de protección jurídica ('En peligro de extinción' en los

catálogos nacional y regional de especies amenazadas; BOE del 27 de Marzo de 1989 y BOC del 1 de Agosto de 2001, respectivamente).

La avutarda hubara, gracias a su singularidad en el contexto de la avifauna del archipiélago (especie de gran tamaño –los machos adultos superan los tres kg– con identidad subespecífica endémica, aunque recientemente puesta en cuestión – *C. u. fuertaventurae*, Idaghdour *et al.*, 2004; Pitra *et al.*, 2004) se ha empleado como ‘especie-bandera’ (Simberloff, 1998) para la protección de los medios estepárico-desérticos, pues los esfuerzos de conservación complejos y/o costosos son más fácilmente abordables por las agencias gestoras cuando se orientan a estas especies. Esta situación implica que la avutarda hubara sea protagonista de numerosos conflictos entre las políticas de ordenación territorial canaria (esencialmente relativas al crecimiento urbano y de las actividades agropecuarias) y las estrategias de conservación de su medio natural.

A pesar de la preocupación por su estado de conservación en Canarias, es poco lo que se conoce todavía sobre aspectos básicos de su historia natural (ver Martín y Lorenzo, 2001 y referencias allí dadas), con lo cual la información disponible actualmente podría no ser suficiente para garantizar que las medidas de conservación tomadas sean las más eficaces. Así, el éxito de los programas de conservación de poblaciones amenazadas depende fuertemente del conocimiento detallado de sus requerimientos de hábitat, y del seguimiento riguroso de la evolución temporal de su abundancia a medio-largo plazo (Collins, 2001). Por ello, es necesario obtener medidas precisas de su tamaño poblacional actual para conocer cuál ha sido su evolución demográfica en los últimos años, examinar cuáles son las áreas concretas más importantes para la especie, y conocer los aspectos del medio físico que más limitan su distribución y abundancia. Esto es especialmente importante, habida cuenta de la presión urbanística que están sufriendo las islas Canarias Orientales y de los compromi-

dos de conservación que el Estado Español ha adquirido con la Unión Europea (la avutarda hubara desempeña un papel central en el ámbito canario; Heredia, 1996).

Las preferencias de hábitat generales de la avutarda hubara por ambientes estepáricos y semidesérticos, combinado con sus grandes áreas de campeo (Martín y Lorenzo, 2001), brindan la posibilidad de examinar conjuntamente el efecto de la estructura de la vegetación, características topográficas e impacto humano sobre sus preferencias de hábitat. Por un lado, la cobertura de la vegetación está muy relacionada con la productividad primaria (p.e., cobertura del estrato herbáceo; Walter, 1973), y la exposición a la depredación a través del ocultamiento del depredador o la presa (p.e., densidad y altura de los arbustos; Lima, 1990; Lima y Dill, 1990). La configuración del terreno definida por la pendiente y la cobertura de roca y tamaño de las piedras puede alterar las preferencias de la especie por características de la vegetación a través de limitaciones asociadas con la locomoción cursora (i.e., mayores dificultades de explotación de ambientes con fuerte pendiente y gran cobertura de rocas volcánicas o piedras de gran tamaño, especialmente para los animales de mayor talla; Lachica y Aguilera, 2000; Daley y Biewener, 2003; Gabaldón *et al.*, 2004). Por último, las molestias y riesgos asociados con la presencia de áreas agrícolas, núcleos urbanos y carreteras (alteración de sus actividades de alimentación, descanso y reproducción por mayor presencia humana, o mayor riesgo de mortandad por colisión con vehículos; Gill *et al.*, 1996; Le Cuziat *et al.*, 2005a, 2005b) podría alterar el patrón final de uso del territorio al impedir que la avutarda hubara ocupara zonas que son potencialmente favorables atendiendo exclusivamente a sus condicionantes ambientales (topográficos y de vegetación).

El presente trabajo aborda estos aspectos con la población reproductora de avutarda hubara de Lanzarote y La Graciosa, donde se ha estimado que se localiza algo más de la mitad de la población canaria (Martín *et al.*, 1997;

Martín *et al.*, 1996). Los objetivos concretos son los siguientes:

- 1) Estimar el tamaño poblacional de la avutarda hubara en estas dos islas, así como su tendencia poblacional con respecto a aproximaciones anteriores.
- 2) Identificar las áreas concretas de mayor relevancia para la especie con el fin de conocer si quedan incluidas en la red de espacios protegidos.
- 3) Determinar sus preferencias de hábitat considerando descriptores topográficos, del tipo de suelo, de la cobertura vegetal, y de fuentes potenciales de impacto humano (urbanismo, carreteras y usos agrícolas).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área y periodo de estudio*

El área de estudio comprendió las islas de Lanzarote (29° Norte, 13°37' Oeste) y La Graciosa (29°15' N, 13°30' O; Islas Canarias Orientales). Lanzarote es una isla de 846 km<sup>2</sup> y baja altitud (máxima de 670 m s.n.m.) de origen volcánico, con coladas y mantos de piroclastos basálticos de unos 6 - 10 millones de años situados en el norte y sur, y otras áreas de vulcanismo reciente (*malpaíses*). Su clima se caracteriza por una acusada aridez, con precipitaciones generalmente inferiores a 300 mm anuales (inferiores a 100 mm en el 40 % de la isla). La vegetación dominante está compuesta por nanofanerófitos xerófilos (*Launaea arborescens*, *Salsola vermiculata*, *Lycium intricatum* y *Suaeda* spp.), en formaciones en distinto grado de alteración por el pastoreo caprino y las actividades agrícolas. Las áreas agrícolas se localizan principalmente en las zonas más elevadas del centro de la isla, con menores pendientes y mayores precipitaciones, mientras que las áreas residenciales turísticas se concentran principalmente en la costa Sur de la isla. La isla de la Graciosa dista 1 km de Lanzarote, es mucho menor (27 km<sup>2</sup>), es más baja (altitud máxima

de 266 m s.n.m.), y comparte las características generales de litología y vegetación de Lanzarote, aunque con un mayor predominio de los suelos arenosos (*jables*). Sólo existe un núcleo urbano desarrollado, en el que se localiza la gran mayoría de la población de la isla (630 habitantes) y no existen carreteras asfaltadas (véase para más detalles Santos, 2000).

Durante la segunda quincena de febrero de 2005 cuatro observadores efectuaron 671 transectos de 0,5 km de longitud repartidos por toda la superficie de las dos islas (Fig. 1A), excluyendo únicamente las áreas urbanizadas, aquellas zonas de *malpaís* más reciente (p.e., P.N. de Timanfaya) y las áreas montañosas (las zonas más agrestes de los macizos de Los Ajaches y de Famara, y los conos volcánicos de La Graciosa) en las que no se tiene constancia de la existencia de la avutarda hubara (Martín y Lorenzo, 2001). Las fechas seleccionadas incluyen las etapas iniciales de la reproducción de la especie (incubación y nacimiento de los primeros pollos; Martín y Lorenzo, 2001; *obs. pers.*). Se muestrearon con mayor intensidad las áreas estepáricas que tradicionalmente han sido consideradas como el hábitat primario para la avutarda hubara en Lanzarote y La Graciosa (Martín *et al.*, 1997), aunque se pretendió abarcar toda la variabilidad ambiental existente dentro de las dos islas, teniendo en cuenta tanto aspectos geomorfológicos, como de estructura de la vegetación y uso humano del suelo. Se distinguieron 12 estratos de muestreo que varían entre 18,7 y 163,2 km<sup>2</sup> y que suman una superficie de 626,5 km<sup>2</sup> (el 72 % de la superficie de ambas islas; Fig. 1A y Tabla 1). En cada uno de estos estratos se realizó un mínimo de 25 transectos (promedio de 57, de forma que se realizaron 1,1 transectos por km<sup>2</sup> en las áreas de muestreo seleccionadas).

### *Método de censo*

Los muestreos se realizaron mediante transectos lineales (Bibby *et al.*, 2000; Buckland

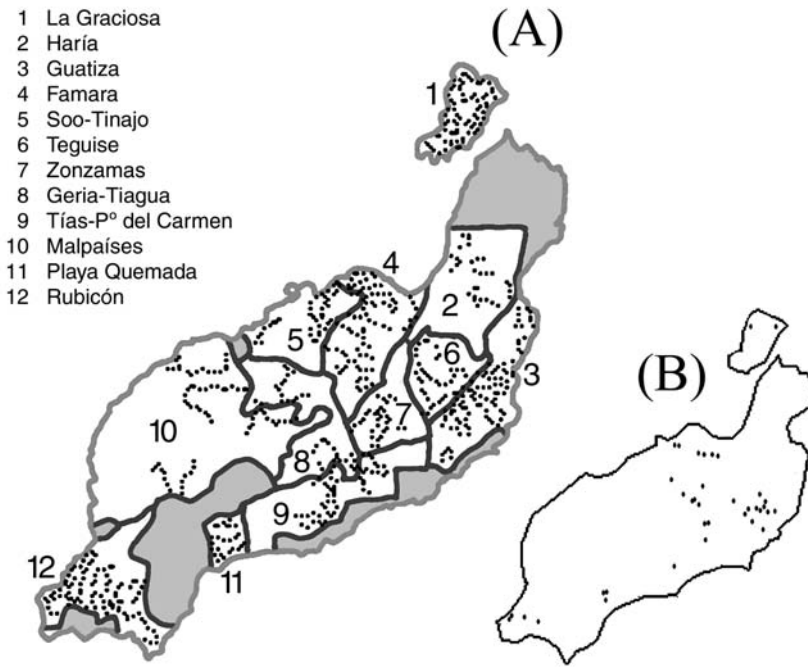


FIG. 1.—A) Localización de los estratos de muestreo (color blanco). Las áreas de color gris muestran sectores de la isla no muestreados. Los puntos representan el centro de los transectos de 0,5 km de longitud. B) Localización de los contactos con la avutarda hubara.

[A) Location of the sampling strata (in white). Grey areas show not-surveyed island sectors. Each dot positions the center of the 0.5 km transects. B) Location of contacts with houbara bustards.]

*et al.*, 2001). Este método se ha revelado de una gran utilidad en aproximaciones extensivas, siendo muy adecuado en estudios comparados de patrones de distribución, preferencias de hábitat o cambios temporales en los efectivos poblacionales (véase Gaston y Blackburn, 2000; y referencias en Scott *et al.*, 2002).

Los transectos lineales se efectuaron en unidades de 0,5 km de longitud ‘campo a través’ o sobre senderos o pistas poco transitadas. Cada una de estas unidades se posicionó con un receptor GPS (precisión  $\pm 10$  m). Los recorridos se efectuaron a pie a una velocidad de 1 - 3 (principalmente 2) km/h, durante días sin viento fuerte ni lluvia y en el periodo entre las 4 primeras horas del día a partir de la salida del sol y las 3 últimas horas del día antes de su puesta (Bibby *et al.*, 2000).

En cada transecto se anotaron todos los individuos vistos u oídos a ambos lados del trayecto, estimando la distancia perpendicular de las aves a la trayectoria del observador y excluyendo los contactos de aves en vuelo (Fig. 1B). Los investigadores se entrenaron en la estima de distancias hasta 500 m, poniendo énfasis en aquellas comprendidas entre 0 y 250 m (las probablemente más utilizadas a lo largo de todo el estudio), con la ayuda de un distanciómetro láser para disminuir la variabilidad entre los observadores y mejorar su precisión.

La mayoría de los contactos se dieron con individuos solitarios, habiéndose detectado en escasas ocasiones ejemplares agregados (media de aves por contacto = 1,36,  $DT = 0,74$ ,  $n = 45$ ; el máximo número de aves vistas juntas



TABLA 1

Características ambientales de los estratos muestreados en La Graciosa (estrato 1) y Lanzarote (estratos 2-12). Para conocer su localización, consúltese la Fig. 1. Entre paréntesis, se proporciona el número de transectos de 0,5 km efectuados en cada uno de los doce estratos. Se proporcionan para cada variable la media y la desviación típica (SD). ALTITUD: altitud media sobre el nivel del mar (m); PENDIENTE: pendiente media del terreno (%); CODSUELO: índice de la granulometría del suelo (0: rocoso; 1: *picón* natural o artificial; 2: compacto no pedregoso; 3: arenoso; 4: arenoso suelto o *jable*); CROCA: cobertura de rocas y piedras (%); TROCA: tamaño medio de las gramíneas (cm); CHERB: cobertura de terófitos y herbáceas perennes (%); CGRAM: cobertura de plantas gramíneas (%); HGRAM: altura media de las gramíneas (m); CMATORRAL: cobertura de plantas arbustivas (%; principalmente caméfitos y nanofanerófitos de los géneros *Suaeda*, *Salsola*, *Launaea*, *Lycium* y *Euphorbia*); HMATORRAL: altura media del matorral (m); CAGRICOLA: cobertura del suelo con uso agrícola (%); DIST MIN URB: distancia mínima al núcleo urbano más cercano (km); LVIAS: longitud de carreteras y caminos rurales (m) en 20 ha de superficie.

[*Environmental characteristics of the sampling strata in La Graciosa (stratum 1) and Lanzarote (strata 2-12). See Fig. 1 for knowing their respective location. In brackets, the number of 0.5 km transects performed in each stratum is shown. Mean ('media') and SD is shown for each variable. ALTITUD: mean altitude above sea level (m); PENDIENTE: mean slope of the terrain (%); CODSUELO: index size of soil grain (0: volcanic soils; 1: stony soils; 2: compact, not sandy, soils; 3: compact sandy soils; 4: loose dunes); CROCA: cover of rocks and stones (%); TROCA: mean size of stones (cm); CHERB: cover of annual and perennial herbs (%); CGRAM: cover of grass (%); HGRAM: mean height of grass (m); CMATORRAL: cover of shrubs (%; mostly chamaephytes and small phanerophytes of genus *Suaeda*, *Salsola*, *Launaea*, *Lycium* y *Euphorbia*); HMATORRAL: mean height of the shrubs (m); CAGRICOLA: cover with agricultural uses (%); DIST MIN URB: minimum distance to the nearest city (km); LVIAS: length of roads and unpaved tracks (m) per 20 ha.]*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Graciosa (77)	Haría (27)	Guatiza (98)	Famara (94)	Soo-Tinajo (31)	Tegüise (36)	Zonzamas (32)	Gería-Tiagna (34)	Tías-Carmen (53)	Malpaíses (69)	Playa Quemada (25)	Rubicón (95)
ALTITUD	media 42.2	345.4	76.9	101.0	109.5	273.6	210.4	271.1	103.8	194.1	156.4	61.4
	SD 21.4	111.7	38.2	63.5	22.3	84.2	27.2	44.8	52.5	95.8	68.3	32.3
PENDIENTE	media 8.8	26.1	5.3	4.7	6.0	7.3	5.9	9.9	5.8	8.4	9.7	4.3
	SD 7.8	10.3	3.5	4.4	3.3	4.2	6.3	7.6	3.6	7.6	4.8	3.7
CODSUELO	media 3.0	1.7	2.1	3.5	3.0	1.9	2.9	1.1	3.0	0.3	1.8	2.3
	SD 0.9	0.4	0.7	0.7	1.0	0.5	0.4	0.3	1.0	0.4	0.7	0.4
CROCA	media 15.0	6.9	30.5	9.5	9.3	14.7	3.7	5.6	14.3	71.3	13.9	41.0
	SD 23.7	10.1	22.2	20.2	20.3	15.8	10.0	5.0	14.3	33.6	11.4	25.7
TROCA	media 10.0	40.4	23.1	16.5	15.9	19.2	10.2	21.0	16.6	60.6	13.2	18.3
	SD 14.2	25.5	16.7	15.6	14.4	11.1	9.4	17.3	4.7	16.8	5.5	9.1

CHERB	media	5.3	44.9	16.6	15.7	8.8	25.9	35.0	18.4	24.8	4.9	40.3	6.3
	SD	8.4	22.2	14.3	11.0	5.8	19.3	18.2	16.0	18.7	11.6	18.3	6.8
CGRAM	media	0.0	19.8	2.8	1.8	0.9	9.3	5.8	7.5	8.4	0.5	23.4	1.2
	SD	0.4	22.9	8.7	3.4	2.0	12.5	5.5	11.1	9.4	1.6	14.7	2.9
HGRAM	media	0.00	0.09	0.03	0.03	0.03	0.06	0.07	0.05	0.14	0.00	0.19	0.04
	sd	0.01	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.07	0.06	0.11	0.01	0.05	0.07
CMATORRAL	media	14.6	10.1	10.1	6.6	4.5	8.2	3.6	3.9	4.7	2.8	1.6	6.6
	sd	7.7	5.9	8.5	5.3	4.1	8.7	3.0	3.1	5.3	5.0	2.7	4.9
HMATORRAL	media	0.30	0.42	0.30	0.24	0.17	0.27	0.20	0.36	0.25	0.23	0.13	0.18
	sd	0.12	0.12	0.15	0.10	0.09	0.11	0.12	0.29	0.14	0.17	0.15	0.07
CAGRICOLA	media	0.2	7.4	2.0	8.4	10.3	4.7	27.2	68.7	2.6	1.1	4.4	0.0
	sd	1.7	9.8	7.1	18.1	23.0	7.3	29.3	30.0	7.9	6.0	10.7	0.0
DIST MIN URB	media	2.6	1.2	1.7	1.9	1.3	1.0	1.7	0.8	1.1	3.8	1.2	2.4
	sd	1.5	0.9	0.9	0.9	0.8	0.5	0.6	0.5	0.5	1.9	0.5	1.0
LVIAS	media	186.7	505.4	267.1	363.0	431.6	431.4	419.7	508.3	510.8	505.7	502.8	252.5
	sd	239.2	298.5	314.6	278.0	315.0	327.5	391.6	249.0	402.6	132.1	305.1	324.4

fue de 4). Este patrón de escasa agregación es consistente con haber efectuado los censos durante la reproducción de la especie (encontramos pollos de menos de 7 días de dos hembras distintas la primera semana de marzo), y contrasta con la agregación de la especie observada durante la última quincena de noviembre y primera de diciembre durante censos invernales (Martín *et al.*, 1997). En consecuencia, creemos que el periodo de muestreo se ajustó bien al periodo reproductor de la especie y que los resultados del estudio pueden asignarse a la población reproductora.

#### Caracterización del hábitat

Se definieron tres parcelas circulares de 25 m de radio distribuidas a lo largo de los transectos (típicamente a los 125, 250 y 375 metros) donde se tomaron las siguientes medidas descriptoras del hábitat: (1) la altitud (obtenida del receptor GPS), (2) el porcentaje de cobertura de gramíneas anuales, (3) el porcentaje de cobertura de terófitos y herbáceas perennes, (4) el porcentaje de cobertura de plantas arbustivas (principalmente caméfitos y nanofanerófitos de los géneros *Suaeda*, *Salso-la*, *Launaea*, *Lycium* y *Euphorbia*), (5) la altura media de las gramíneas (en cm), (6) la altura media del matorral (en cm), (7) el porcentaje de cobertura de rocas y piedras, (8) el tamaño medio de las piedras (en cm), (9) el índice de la granulometría del suelo (0: rocoso; 1: *picón* natural o artificial; 2: compacto no pedregoso; 3: arenoso; 4: arenoso muy suelto o *jable*). Además, se estimó (10) la cobertura del suelo con uso agrícola, aunque esta vez como porcentaje sobre el recorrido. Estas estimas se efectuaron previo entrenamiento. Los valores finales asignados a cada transecto de 0,5 km fueron el promedio de las tres estimas.

Por último, se obtuvieron los siguientes descriptores a partir de mapas de 1:25.000 en los que se posicionaba el punto central de cada transecto: (11) la pendiente del terreno medi-

da en porcentaje, (12) la longitud de carreteras y caminos rurales, ambos dentro de un círculo de 250 m de radio y (13) la distancia al pueblo más cercano (los valores promedios de estos descriptores para cada estrato de muestreo se pueden consultar la Tabla 1).

### *Análisis estadístico*

#### Estimas de abundancia

La abundancia de avutardas hubaras se calculó previa estima de la detectabilidad (Thomas *et al.*, 2002). En primer lugar se examinaron las distancias de detección (es decir, las distancias perpendiculares a la trayectoria del observador a las que se detectaron las aves) y se truncaron a 250 m para proteger los análisis de la influencia de posibles valores extremos (Buckland *et al.*, 2001; obtuvimos 3 contactos a más de 250 m). En segundo lugar se ajustaron los tres modelos más usados para explicar la pérdida de detectabilidad en función de la distancia a la línea de progresión (modelos exponencial negativo, seminormal y de tasa de riesgo), y se estimó la probabilidad de detección dentro de una banda de 250 m a cada lado del observador (Tabla 2). Las estimas de los tres modelos se promediaron ponderándolas por su valor de AICc, que mide la plausibilidad de cada modelo (Burnham y Anderson, 2002). Los modelos para la detectabilidad se desarrollaron con el programa Distance 5.0 (Thomas *et al.*, 2004). Considerando la longitud de transectos efectuados y la anchura de las bandas de censo (250 m a cada lado del observador), el porcentaje del área de estudio efectivamente *censado* fue del 22 % en Lanzarote y del 97 % en La Graciosa.

La pérdida de detectabilidad con la distancia en áreas heterogéneas puede depender de la estructura del hábitat (Buckland *et al.*, 2004). Por tanto, comprobamos la inclusión de una covariable que describiera la densidad de la vegetación (= altura media de la vegetación x cobertura de arbustos) en los modelos de detectabilidad,

pero al no observar ninguna mejoría convenimos que la vegetación no afectaba significativamente a la probabilidad de detección. Además, se asumió que la detectabilidad de los individuos no difería entre los 12 estratos de muestreo y se ajustaron los tres modelos de detectabilidad para toda el área de estudio. La estima media ponderada de la detectabilidad proporcionada por los tres modelos se utilizó para calcular la densidad de avutardas hubaras por estrato, como el total de individuos contabilizados en la superficie censada corregidos por la probabilidad de detección (para una explicación detallada de este tipo de metodología de análisis ver Seoane, 2005).

La variabilidad de las estimas de abundancia depende principalmente de la variabilidad en la tasa de encuentro (e.g., el número de individuos detectados por unidad muestral). Las estimas de varianza para las abundancias se calcularon mediante un procedimiento de remuestreo iterativo que generó una distribución de las aves observadas en cada estrato. Para ello se seleccionaron al azar el 80% de los transectos realizados dentro de cada estrato y se calculó la abundancia en ellos considerando valores de probabilidad de detección dentro de bandas de 250 m a cada lado del observador extraídos al azar del intervalo de confianza al 90% (esto equivale a considerar como la unidad muestral el conjunto de los transectos remuestreados dentro de cada estrato). Este procedimiento se repitió 1000 veces, para después extraer los percentiles 5% y 95% y generar el correspondiente intervalo de confianza al 90% de la abundancia por estrato. Cuando este intervalo proporcionaba una estima mínima de 0 aves, y este valor era inferior al número de individuos realmente observado en los transectos, se asignó al intervalo inferior el número de aves vistas. Para calcular la abundancia de individuos en toda la isla se repitió el mismo procedimiento con la muestra de todos los transectos efectuados en Lanzarote dentro de aquellos estratos donde la especie fue detectada (i.e., excluyendo Geria-Tiagua, los Malpaíses y Haría), efectuando una extracción al azar de transectos dentro de cada estrato proporcional a



TABLA 2

Modelos ajustados a las distancias de detección truncadas a 250 m ( $n = 42$  observaciones de 58 individuos), ordenados crecientemente según a sus valores de AICc (i.e., de menor a mayor plausibilidad). W es el peso dado a cada modelo de acuerdo a la fórmula  $W_i = \exp(-0.5\Delta AICc) / \sum \Delta AICc$  (Burnham y Anderson, 2002). Se da también la probabilidad de detección en bandas de 250 m de ancho y su intervalo de confianza al 90 % (P). GOF es el p-valor del test de bondad de ajuste de Cramer-von Mises, que mide la diferencia entre la distribución empírica y la teórica en un diagrama de cuantiles (Buckland *et al.*, 2004). [Models fitted to the detection distances truncated at 250 m ( $n = 42$  contacts with 58 individuals), ordered increasingly according to their AICc values (i.e., from larger to smaller reliability). W is the weight given to each model according to the formula  $W_i = \exp(-0.5\Delta AICc) / \sum \Delta AICc$  (Burnhman and Anderson, 2002). It is also given the detection probability within 250 m and its 90% confidence interval (P). GOF gives the p-value for the Cramer-von Mises goodness of fit test, which measures the difference between the empirical distribution function and the probability distribution function in a quantile-quantile plot (Buckland *et al.*, 2004).]

	$\Delta AICc$	AICc	W	P	GOF
Exp. negativo	0.00	438.9	0.609	0.32 (0.22, 0.43)	0.7
Tasa de riesgo	1.66	440.6	0.265	0.29 (0.09, 0.55)	0.9
Seminormal	3.15	442.0	0.126	0.40 (0.30, 0.54)	0.6
Promedio ponderado				0.32 (0.20, 0.48)	

la superficie de cada uno de ellos. Esta restricción redujo la muestra de transectos seleccionados al azar a 234 del conjunto de los 374 transectos efectuados en todos los estratos de Lanzarote donde la especie fue observada (i.e., 56,1% del total de transectos disponibles).

#### Preferencias de hábitat

Los principales determinantes de la presencia-ausencia de la especie en los 671 transectos efectuados se exploraron mediante árboles de clasificación ('classification-tree analyses'; De' Ath y Fabricius, 2000). Esta técnica de regresión-clasificación permite identificar los umbrales críticos de las variables de hábitat, consideradas individualmente, con los que se maximiza la probabilidad de encontrar a la especie. Los árboles de clasificación resuelven adecuadamente dos problemas frecuentes en los análisis multivariantes, como son las relaciones no lineales entre las variables respuesta y los predictores, y las interacciones entre predictores, por lo que resultan de particular interés para explorar los patrones básicos de presencia/ausencia de aves. Esta técnica se asocia con las

aproximaciones de análisis jerárquicos que consideran de manera simultánea varias escalas espaciales y conjuntos de variables en el estudio de la selección de hábitat y abundancia de aves (p.e., Rolstad *et al.*, 2000; Kristian, 2006).

#### RESULTADOS

##### *Modelos de detectabilidad, estimas de tamaño de población y densidad*

Se obtuvieron 45 contactos (61 individuos) con avutardas hubaras durante los transectos, hasta una distancia máxima de observación de 280 m. De ellos sólo se tuvieron en cuenta para los análisis los 42 contactos (58 individuos) a una distancia inferior a 250 m. En casi todos los estratos geográficos se detectó al menos un individuo, con la excepción de Geria-Tiagua, Haría y los Malpaíses donde no se observó ninguno.

Aunque los tres modelos que se construyeron para las distancias de detección (exponencial negativo, tasa de riesgo y seminormal), se

TABLA 3

Estima del número de individuos de avutarda hubara por estrato geográfico y para todo el área de estudio (áreas no montañosas de Lanzarote y La Graciosa). Se da la superficie de cada estrato (ha), el número medio de aves existente en cada uno de ellos (con su intervalo de confianza al 90 % obtenido mediante *bootstrapping*), y la densidad de la especie en aves/km<sup>2</sup>. Los asteriscos indican algunos extremos inferiores de los intervalos donde se ha sustituido un cero por el número de individuos realmente observados en esos estratos.

[*Population size estimates for the houbara bustard in each geographical stratum and in the whole study area (non-mountainous areas in Lanzarote and La Graciosa islands). Numbers are the stratum area ('Área' in ha), the mean number of individuals with bootstrapped 90 % confidence intervals ('Número medio') and the density of the species in birds/km<sup>2</sup> ('Densidad'). Asterisks show some lower confidence levels where estimates of zero individuals have been substituted for the actual number of Houbara Bustards recorded during the field work.*]

Estrato	Área (ha)	Nº de Hubaras (intervalo del 90%)	Densidad aves/km <sup>2</sup>	Aves observadas
<b>Graciosa</b>	<b>1870</b>	<b>6 (3 - 10)</b>	<b>0.32</b>	<b>2</b>
<b>Lanzarote</b>	<b>60782</b>	<b>500 (272 - 801)</b>	—	<b>58</b>
Famara	5390	161 (98 - 227)	2.99	21
Geria-Tiagua	4650	0 (0 - 0)	0.00	0
Guatiza	4950	68 (40 - 97)	1.37	10
Haría	8642	0 (0 - 0)	0.00	0
Malpaíses	16320	0 (0 - 0)	0.00	0
Playa Quemada	1090	29 (8 - 45)	2.66	5
Rubicón	5330	37 (18 - 56)	0.69	5
Soo-Tinajo	3880	33 (2* - 55)	0.82	2
Teguisse	3010	91 (42 - 142)	3.02	8
Tías-Carmen	4500	11 (1* - 19)	0.24	1
Zonzamas	3020	77 (34 - 118)	2.55	6

ajustaron plausiblemente, de acuerdo con sus valores de AICc, los tests de bondad de ajuste de Cramer-von Mises y los intervalos de confianza de la probabilidad de detección (Tabla 2), el modelo exponencial negativo fue claramente el mejor, y el modelo de tasa de riesgo el más impreciso. Así, las estimas para la probabilidad de detección de la avutarda hubara dentro de la banda de muestreo de 250 m a cada lado del observador variaron entre 0,40 y 0,29. La detectabilidad media ponderada por los valores de AICc (ver pesos  $W_i$  en la Tabla 2) fue de 0,32.

El número medio de aves por estrato estimado osciló entre 0 y 161 aves (Tabla 3). El número total de avutardas hubaras estimado

para Lanzarote fue de 500, con un intervalo de confianza al 90 % de 272-801 individuos. Para la isla de La Graciosa, la cantidad de aves fue mucho menor, estimándose en 6 individuos (intervalo de confianza: 3 - 10 aves).

La densidad máxima de avutardas hubaras observada fue de 3 aves/km<sup>2</sup>, medida en los estratos de Teguisse y Famara. Otros valores de densidad elevados se midieron en Zonzamas y Playa Quemada (unas 2,6 aves/km<sup>2</sup>). La especie estuvo ausente de áreas agrícolas intensivas, fuertemente antropizadas (Geria-Tiagua), de zonas sometidas a vulcanismo reciente (Malpaíses), y de zonas montañosas relativamente pobladas y cultivadas del norte de Lanzarote (entorno de Haría). En la isla de La Graciosa,

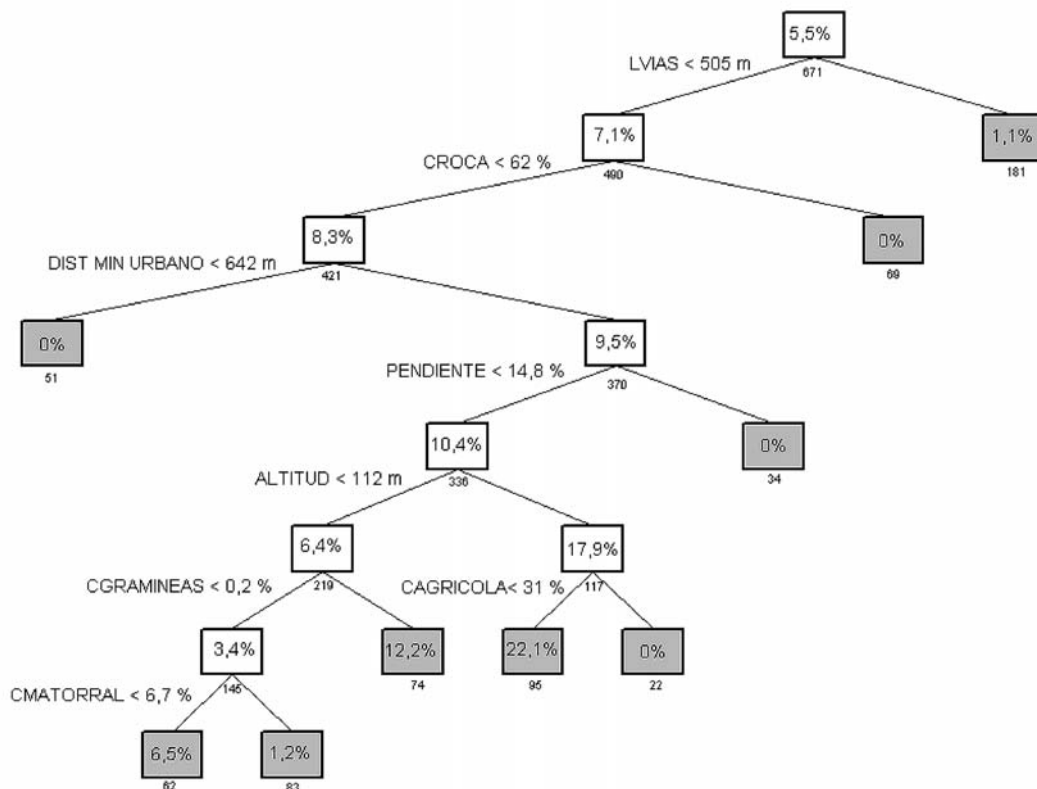


FIG. 2.—Árbol de clasificación que describe los patrones de preferencias de hábitat de la avutarda hubara en Lanzarote y La Graciosa. En cada caja se indica la probabilidad de presencia de la especie expresada en porcentaje. Las cajas marcadas en gris denotan situaciones ambientales finales. Debajo de cada caja se señala el número de transectos que cumplen las condiciones previas. Los criterios de ramificación, y los valores umbral seleccionados, hacen referencia a las ramas izquierda del árbol, dándose los criterios contrarios en las ramas situadas a la derecha de cada caja. Para los acrónimos de las variables, consúltese la Tabla 1. La distinta longitud de las ramas no indica ningún hecho estadístico; son diferentes para facilitar la representación gráfica.

[Classification tree describing the patterns of habitat preferences of houbara bustard in Lanzarote and La Graciosa. The probability of presence of the species is expressed inside each box as a percentage. Grey boxes indicate final environmental conditions. Below each box, the number of transects meeting the previous set of conditions is shown. The splitting variables and threshold values selected refer to left branches of the tree, so that right branches met opposite conditions. See Table 1 for acronyms of the variables. Differences in branch lengths are not related to any statistical parameter; they are different for the sake of representation.]

a pesar de la escasa población humana presente, la nula presencia de carreteras y el buen estado de conservación de sus arenas y matorrales, la avutarda hubara presentó una baja densidad (0,32 aves/km<sup>2</sup>).

#### Preferencias de hábitat

El modelo resultante del análisis del árbol de clasificación es muy significativo ( $P < 0,001$ , Fig. 2); explica correctamente el 70 % de todas

las muestras, y el 92 % de la presencia de la especie (37 transectos donde la avutarda hubara fue observada). Los 20 procesos de validación cruzada llevados a cabo proporcionaron un porcentaje global de clasificación correcta similar (70 %), aunque el porcentaje de acierto disminuyó considerablemente para las muestras con presencia de la especie (42 %).

Las principales variables que influyeron sobre la distribución de la especie, por afectar a más de la mitad de toda la muestra de transectos, por aparecer como primeros criterios de clasificación, y por provocar mayores cambios en las probabilidades de observación de la avutarda hubara, fueron la longitud de carreteras y caminos (LVIAS en la Figura 2), la distancia al núcleo urbano más cercano (DIS MIN URBANO), la cobertura de roca (CROCA) y la pendiente del terreno (PENDIENTE). Estas variables tuvieron un efecto negativo sobre la especie. Las avutardas hubaras sólo estuvieron presentes en aquellos lugares en los que la densidad de caminos y carreteras fue menor de 505 m por 20 ha, la cobertura de roca y piedras en el suelo fue inferior al 62 %, la distancia mínima al núcleo urbano fue superior a 642 m, y la pendiente del terreno fue menor del 14,8 %. En los lugares en los que la estructura del paisaje cumplió estos requisitos la probabilidad media de observar a la especie fue del 10,4 %.

Dentro de las áreas que cumplían los requisitos anteriores, la frecuencia de aparición de la especie aumentó con la altitud (mayor por encima de los 112 m s.n.m.), y disminuyó con la cobertura de suelo agrícola. La especie estuvo ausente si la superficie de suelo cultivado fue superior al 31 % en las localidades de Lanzarote cuya altitud fue superior a unos 100 m.

Por último, las variables estrictamente relacionadas con la estructura de la vegetación entraron en el modelo solamente en los últimos criterios de clasificación, en aquellas localidades situadas por debajo de los 112 m de altitud, que cumplían los requisitos ambientales enunciados al principio (i.e., primeras cinco ramificaciones de la Fig. 2). La especie fue conside-

rablemente más frecuente con la mera existencia de plantas gramíneas en el suelo. Así, la aparición de estas plantas herbáceas con coberturas tan escasas como el 0,2 %, multiplicó la probabilidad de presencia de avutardas hubaras por 3,6 (incremento de la frecuencia de aparición del 3,4 al 12,2 %). Por el contrario, la cobertura de matorral por encima del 6,7 % disminuyó la probabilidad de encontrarlas.

## DISCUSIÓN

### *Densidad, tendencias demográficas y áreas importantes para la especie*

En Lanzarote la avutarda hubara estuvo ampliamente distribuida, localizándose en 7 de las 11 zonas distinguidas. Los valores máximos de abundancia se midieron en el área de Famara y Teguisse (3 aves/km<sup>2</sup>). Las zonas de mayor importancia para la especie, según su frecuencia de aparición y su densidad, definen una superficie continua que se extiende por las zonas llanas, arenosas o areno-pedregosas del centro de la isla, y que comprende Famara, Teguisse, Zonzamas, Guatiza y Playa Quemada. En la isla de La Graciosa presenta valores bajos de abundancia (0,32 aves/km<sup>2</sup>) pero indicativos de la posible existencia de un contingente reproductor pequeño. Nuestros resultados confirman la estabilidad del reciente núcleo de La Graciosa, donde la primera reproducción se comprobó en 1990 (Martín y Lorenzo, 2001). Teniendo en cuenta la actual red de espacios naturales protegidos en Lanzarote y La Graciosa ([http://www.gobcan.es/cmavot/espaciosnaturales/informacion/lanz\\_todo.html](http://www.gobcan.es/cmavot/espaciosnaturales/informacion/lanz_todo.html)), se considera que los núcleos más importantes de distribución de la avutarda hubara no están incluidos en áreas con entidad legal suficiente para proteger a la especie (caso destacado de los dos tercios meridionales de Famara, de Zonzamas, y del área de Teguisse-Guatiza que acogen el 68 % de toda la población de Lanzarote).

En Lanzarote, la densidad máxima (promedio de 3 aves/km<sup>2</sup> en Famara y Teguiise, sobre 84 km<sup>2</sup>) y global en las zonas estepáricas semiáridas con presencia de la especie (1,63 aves/km<sup>2</sup>, sobre 312 km<sup>2</sup>) son notablemente superiores a las medidas en Fuerteventura, donde Carrascal y Alonso (2005) estiman una densidad media de 0,54 aves/km<sup>2</sup> en áreas estepáricas y semiáridas con presencia de la especie y una máxima de 0,76 aves/km<sup>2</sup> en el entorno de Tindaya y Triquivijate. Estos resultados de diferencias entre islas son consistentes con los obtenidos por Martín *et al.* (1997) hace diez años, y constatan la mayor adecuación actual de Lanzarote frente a Fuerteventura para la avutarda hubara, a pesar de la información existente en el pasado de que eran mucho más abundantes en Fuerteventura que en Lanzarote (Martín y Lorenzo, 2001), y que motivó la denominación taxonómica de la subespecie canaria (*C. u. fuertaventurae*).

La mayor densidad ecológica en poblaciones insulares respecto a las continentales es una predicción clásica de la biogeografía de islas (MacArthur *et al.*, 1972; Blondel *et al.*, 1988). Esta predicción parece cumplirse con la avutarda hubara en Lanzarote, ya que su densidad ecológica es sustancialmente mayor a las estimadas a lo largo de toda su área de distribución (0,01 - 0,6 aves/km<sup>2</sup> -Combreau *et al.*, 2000; Mian, 2003; Seddon y Van Heezik, 1996; Tourenq *et al.*, 2005), aunque similar a la hallada en algunas áreas concretas (2 - 4 aves/km<sup>2</sup> en el desierto del Negev: Lavee, 1988). BirdLife (Burfield y Van Bommel, 2004) califica de estable la población canaria de avutardas hubaras entre 1970 y 1990. Sin embargo, a partir de 1990 se ha realizado un gran esfuerzo de prospección y se ha constatado una importante reducción (e incluso desaparición) en determinadas zonas, especialmente de la vecina isla de Fuerteventura, pero una ligera mejora poblacional global para todo Canarias (Madroño *et al.*, 2005). El primer censo que muestreó la totalidad de su área de distribución estimó una población de 527 aves, de las que el

TABLA 4

Estimas de la población de avutarda hubara en las islas de Lanzarote y La Graciosa efectuadas durante los últimos 13 años.

[*Estimates of population size for the houbara bustard in Lanzarote and La Graciosa islands made during the last 13 years.*]

Año	Lanzarote y La Graciosa	Referencia
1991	400	Emmerson <i>et al.</i> , 1991
1993	411	Martín <i>et al.</i> , 1996
1994	286	Martín <i>et al.</i> , 1997
2000	303	Anónimo, 2000
<b>2005</b>	<b>506</b>	<b>Este trabajo [This study]</b>

mayor contingente poblacional (286 aves) se encontraba en Lanzarote, pese a que Fuerteventura presenta una mayor superficie de hábitat potencial (Martín *et al.*, 1997; Tabla 4). Puesto que la cantidad media de avutardas hubaras en Lanzarote estimada en este trabajo (500 aves) es considerablemente más alta que la estima media de hace una década (Martín *et al.*, 1997), estos resultados sugerirían un crecimiento poblacional desde principios de los años 90.

Esta última conclusión habría que matizarla teniendo en cuenta que las distintas aproximaciones metodológicas de los diferentes estudios dificultan su comparación. Así, la intensidad de prospección, la cobertura de los muestreos, y el refinamiento metodológico ha ido aumentando a lo largo de los diez últimos años. En primer lugar, en este trabajo no hemos asumido que observamos al 100 % de los individuos, sino que realizamos estimas de detectabilidad. Si aceptamos que la detectabilidad media para la avutarda hubara hallada en este estudio (33 %, entre el 20 y el 50 %) puede extrapolarse a otros anteriores, posiblemente las 300 - 400 aves calculadas para los años 1991 - 1994 estuviesen subestimadas.

Por otro lado, los tamaños poblacionales calculados con anterioridad no proporcionaban



los intervalos de confianza de sus resultados. En este estudio estimamos que la suma de los intervalos de confianza del 90 % de la población de Lanzarote y La Graciosa es de 275-811 avutardas hubaras, intervalo que incluye las estimas previas efectuadas por otros investigadores en la década de 1990. El haber proporcionado un intervalo de confianza tan amplio no debe ser entendido como una indicación de deficiencia de muestreo frente a otras estimas previas que no los proporcionaban, sencillamente por no haberlos calculado. Dicho intervalo viene definido por el énfasis de este trabajo en efectuar estimas de las componentes de variación-error (error de observación con el cálculo de la detectabilidad, y variación espacial en la aparición de la hubara), aspecto elemental en la investigación en disciplinas ecológicas (Underwood, 1997; Bibby *et al.*, 2000; Quinn y Keough, 2002). Por tanto, recomendamos que en el futuro las estimas de poblaciones de aves no asuman una detectabilidad del 100 %, ausencia de fuentes de error, y que proporcionen intervalos de confianza basados en la replicación muestral y la varianza espacial en la densidad de las especies.

Por último, los censos de este trabajo se realizaron en pleno periodo reproductor, mientras que el censo más exhaustivo de 1994 (Martín *et al.*, 1997) fue llevado a cabo en la época pre-reproductiva. Esto, como ya se ha apuntado tanto en la avutarda hubara (Van Heezik y Seddon, 1999; Hingrat *et al.*, 2004; Le Cuziat *et al.*, 2005b) como en otras aves estepáricas, incluyendo sus equivalentes ecológicos en la península Ibérica (la avutarda común *Otis tarda* y el sisón común *Tetrax tetrax*, Alonso *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 2002), supone que los individuos alteran sus patrones de agregación a lo largo de su ciclo anual y realizan movimientos hacia otras zonas. Si por deficiencia de muestreo, o puro azar, un grupo de avutardas hubaras pasara inadvertido durante el periodo invernal, entonces la estima de población se infravaloraría, tanto más cuanto mayor gregarismo mostrara la especie en esta época.

### *Preferencias de hábitat e implicaciones para la gestión del medio*

Los patrones de preferencias de hábitat previamente publicados para la población canaria de avutarda hubara (Martín y Lorenzo, 2001; Martín *et al.*, 1996; Medina, 1999) indican que es una especie característica de hábitats estepáricos llanos, tanto arenosos como pedregosos. Los resultados de este trabajo matizan y afinan estas tendencias, pero también manifiestan algunas discrepancias. La principal consistencia radica en la selección de una amplia variedad de áreas relativamente llanas con presencia de herbáceas y en que también puede ocupar áreas agrícolas. No obstante, en este trabajo se especifica que estas áreas deberían tener pendientes inferiores al 14 %, coberturas de roca y piedras inferiores al 62 %, una cobertura de suelo agrícola en uso activo menor del 31 %, y que la especie evita las áreas con total ausencia de gramíneas. Por tanto, las preferencias de hábitat de la avutarda hubara en Lanzarote parecen estar condicionadas principalmente por restricciones mecánicas asociadas con la locomoción cursora, ya que ocupa preferentemente terrenos llanos y poco pedregosos donde encontraría menos impedimentos mecánicos durante sus desplazamientos en su ciclo diario de actividad, suponiéndole un menor consumo metabólico y un balance energético potencialmente más rentable (Lachica y Aguilera, 2000; Daley y Biewener, 2003; Gabaldón *et al.*, 2004).

Otras preferencias de hábitat que se han detectado en este estudio, no señaladas previamente en la literatura, son la ocupación menos frecuente de áreas situadas a baja altitud (por debajo de los 100 m), el efecto marcadamente pernicioso de caminos rurales y carreteras (si la densidad de vías es mayor de 500 m por 20 ha de superficie la probabilidad de existencia de la avutarda hubara es seis veces menor), y la fuerte evitación de las proximidades de núcleos urbanos (la probabilidad de presencia de la especie es nula cuando la distancia al área

urbanizada más cercana es inferior a 650 m). Por otro lado, los resultados del árbol de clasificación no confirman la preferencia por áreas con un buen desarrollo del matorral (Martín *et al.*, 1996), ya que la avutarda hubara fue 5 - 6 veces menos frecuente en zonas con una cobertura de matorral superior a un valor tan bajo como el 7 %. La preferencia por paisajes llanos y con buena visibilidad se ha asociado a un menor riesgo de depredación en aves que nidifican en el suelo (Whittingham *et al.*, 2002), con lo que las hubaras podrían estar manifestando una preferencia por lugares llanos con poco matorral para minimizar este riesgo durante la reproducción.

La preferencia de las avutardas hubaras por áreas alejadas más de 500 - 600 m de vías de comunicación y de núcleos urbanos, y con un uso agrícola menos intenso (superficie cultivada menor del 30 %), podría interpretarse como un rechazo hacia las actividades humanas (Lavee, 1985; Hingrat y Saint Jalme, 2005; Le Cuziat *et al.*, 2005a; 2005b; y también véase Lane *et al.*, 2001 para otros Otíridos). Tanto las labores agrícolas como el simple trasiego humano podrían aumentar el tiempo que las avutardas hubaras emplean en actividades de vigilancia y evasión de posibles depredadores (como el hombre, perros, gatos), en detrimento del tiempo dedicado a la alimentación y el descanso (Gill *et al.*, 1996; Frid y Dill, 2002). En este sentido, es sugerente el hecho de que en La Graciosa los muestreos de este trabajo y los de Martín *et al.* (1997) sólo encontraron aves en su tercio norte, que no difiere en cuanto a sus características topográficas y de vegetación de la parte sur de la isla, pero que es menos accesible desde el único núcleo de población de la isla y recibe menos visitantes. Por otro lado, también es probable que la distancia mínima a los pueblos inferior a 642 m, que determina la ausencia de la especie (ver Fig. 2), esté asociada con la presencia de depredadores potenciales como gatos o perros que pueden recorrer esa distancia desde los núcleos urbanos en sus rutinas diarias. En aves, la abundancia de nidos está negativamente asociada a la proximidad

de los lugares de cría de los depredadores (véase, por ejemplo, Tryjanowski *et al.*, 2002).

Las áreas con mera presencia de gramíneas anuales mostraron una de las intensidades de ocupación más altas. Este tipo de especies vegetales responde rápidamente a las lluvias en los medios áridos, donde las precipitaciones son el principal limitante a la productividad primaria, y por tanto pueden ser consideradas como un buen indicador de la productividad global (Walter, 1973). Hay que hacer notar que este efecto opera en las localidades más bajas que son, precisamente, las de menores precipitaciones (menos de 100 mm de precipitación anual por debajo de los 100 m de altitud; Anónimo, 1980). En consecuencia, las avutardas hubaras mostrarían una mayor preferencia por las áreas de mayor productividad dentro de la región estudiada (Combreau y Smith, 1997; De Juana y García, 2005), donde probablemente tengan más disponibilidad de alimento durante el periodo de cría (Alonso *et al.*, 1991; Collins, 1993).

La significación biológica de la ocupación preferente de las áreas más despejadas de cobertura de matorral podría entenderse como una respuesta al riesgo de depredación, y/o a los requerimientos durante la exhibición de los machos. Así, las avutardas hubaras, como otras aves propias de medios abiertos, ocupan principalmente áreas con un campo visual despejado desde las que pueden detectar la aproximación de posibles depredadores (Yang *et al.*, 2003; Le Cuziat *et al.*, 2005a), por lo que evitan los medios con mayor cobertura de matorral (Lima, 1990; Watts, 1990; Yasué *et al.*, 2003). Por otra parte, las fechas de muestreo de este trabajo (segunda mitad de febrero) se incluyen dentro del largo periodo de exhibición de los machos de la población canaria (diciembre - abril; Hellmich, 2003), que seleccionan aquellos puntos elevados desde los que pueden ser más visibles para otros congéneres, lo cual sería otra razón para que evitaran las áreas de matorrales densos y altos (Yang *et al.*, 2002; Le Cuziat *et al.*, 2005a). Nuestro resultado matiza la observación de Mar-

tin *et al.* (1996) efectuada durante noviembre-diciembre de que los matorrales de *Lycium intricatum* y *Launaea arborescens* son utilizados por la avutarda hubara como camuflaje y protección (ver similares resultados en Launay *et al.*, 1997; Osborne *et al.*, 1997). En cambio, durante el periodo reproductor, si esta cobertura supera el pequeño umbral del 7 % (atendiendo a los resultados del árbol de clasificación de la Fig. 2) puede influir negativamente sobre las preferencias de hábitat de la especie. No obstante, este valor umbral promedio no tiene en cuenta posibles diferencias entre ambos sexos en sus preferencias de hábitat (Hingrat y Saint Jalme, 2005).

#### *Conclusiones y recomendaciones de conservación*

Todos estos hechos permiten concluir que la avutarda hubara en Lanzarote y La Graciosa tiene una población de unas 506 aves, que podría estar en ligero aumento y que no parece haber colonizado nuevas áreas o desaparecido de otras ocupadas previamente en los últimos 10 años. Teniendo en cuenta lo anterior, y que su densidad ecológica es de las más altas estimadas en toda su área de distribución mundial, consideramos que la avutarda hubara tendría un estatus de conservación favorable en Lanzarote y La Graciosa, siempre y cuando se mantuviesen las mismas condiciones ambientales y de conservación de sus poblaciones que han existido a lo largo de los últimos 10 años.

No obstante, es recomendable definir medidas y figuras de protección local en el entorno de las áreas de Famara, Zonzamas, Tegui-se y Guatiza, que no están incluidas en la actual red de espacios protegidos de Canarias pero albergan el 68 % de toda la población de Lanzarote. Las áreas con las características más positivas para la especie (pendiente menor del 15 %, cobertura de roca menor del 60 %, baja densidad de caminos y carreteras -menor de 0,5 km/20 ha-, y alejadas de núcleos urbanos -al menos 650 m) deberían ser prioritarias para

definir planes de gestión concretos en las áreas estepáricas y semiáridas.

AGRADECIMIENTOS.—Este trabajo se ha beneficiado de los comentarios de dos revisores anónimos. La Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias financió la realización del trabajo de campo a través del proyecto *centinela* “Censo de aves estepáricas en las islas orientales del Archipiélago Canario” (EU initiative Interreg III-B Açores-Canarias-Madeira 2000-2006). El cabildo de Fuerteventura nos facilitó el alojamiento en sus instalaciones de La Oliva.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J. A., MARTÍN, C. A., ALONSO, J. C., MORALES, M. B. y LANE, S. 2001. Seasonal movements of male great bustards in central Spain. *Journal of Field Ornithology*, 72: 504-508.
- ALONSO, J. C., ALONSO, J. A. y CARRASCAL, L. M. 1991. Habitat selection of foraging White Storks *Ciconia ciconia* during the breeding season. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 1957-1962.
- ANÓNIMO. 1980. *Atlas Básico de Canarias*. Interinsular Canaria, S. A. Santa Cruz de Tenerife.
- ANÓNIMO. 2000. *Plan de Recuperación de la Hubara Canaria*. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias.
- BIBLY, C. J., BURGESS, N. D., HILL, D. A. y MUSTOE, S. H. 2000. *Bird Census Techniques*. Academic Press. London.
- BLONDEL, J., CHESSEL, D. y FROCHOT, B. 1988. Bird species impoverishment, niche expansion, and density inflation in Mediterranean island habitats. *Ecology*, 69: 1899-1917.
- BRODERS, O., OSBORNE, T. y WINK, M. 2003. A mtDNA phylogeny of bustards (family Otidae) based on nucleotide sequences of the cytochrome b-gene. *Journal fur Ornithologie*, 144: 176-185.
- BUCKLAND, S. T., ANDERSON, D. R., BURNHAM, K. P., LAAKE, J. L., BORCHERS, D. L. y THOMAS, L. 2001. *Introduction to distance sampling*. Oxford University Press. Oxford.
- BUCKLAND, S. T., ANDERSON, D. R., BURNHAM, K. P., LAAKE, J. L., BORCHERS, D. L. y THOMAS, L. 2004. *Advanced distance sampling*. Oxford University Press. Oxford.

- BURFIELD, I. y VAN BOMMEL, F. (Eds.) 2004. *Birds in Europe: Population Estimates, Trends and Conservation Status*. BirdLife International.
- BURNHAM, K. P. y ANDERSON, D. R. 2002. *Model selection and multimodel inference. A practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag. New-York.
- CARRASCAL, L. M. y ALONSO, C. L. 2005. *Censo de aves estepáricas en las islas orientales del archipiélago canario. Programa de seguimiento y planificación de especies amenazadas de Canarias "CENTINELA"*. Consejería de Medio Ambiente, Gobierno de Canarias.
- CHAMMEM, M., KHORCHANI, T., BOUKHRIS, M., COMBREAU, O., CHNITI, L. y HAMMADI, M. 2003. L'Outarde houbara *Chlamydotis undulata undulata* en Tunisie: statut actuel et distribution géographique. *Alauda*, 71: 41-47.
- COLLINS, D. R. 1993. The diet of the Houbara bustard *Chlamydotis undulata fuertaventurae* in the Canary Islands. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*: 57-67.
- COLLINS, S. L. 2001. Long-term research and the dynamics of bird populations and communities. *Auk*, 118: 583-588.
- COMBREAU, O. y SMITH, T. R. 1997. Summer habitat selection by houbara bustards introduced in central Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, 36: 149-160.
- COMBREAU, O., GELINAUD, G. y SMITH, T. R. 2000. Home range and movements of houbara bustards introduced in the Najd Pediplain in Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, 44: 229-240.
- DALEY, M. A. y BIEWENER, A. A. 2003. Muscle force-length dynamics during level versus incline locomotion: a comparison of in vivo performance of two guinea fowl ankle extensors. *Journal of Experimental Biology*, 206: 2941-2958.
- DE'ATH, G. y FABRICIUS, K. E. 2000. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology*, 81: 3178-3192.
- DE JUANA, E. y GARCÍA, A. N. 2005. Fluctuaciones relacionadas con la precipitación en la riqueza y abundancia de aves de medios esteparios mediterráneos. *Ardeola*, 52: 53-66.
- DEL HOYO, J., ELLIOT, A. y SARGATAL, J. (Eds.) 1996. *Hanbook of the birds of the world*. Volume 2. Lynx Editions. Barcelona.
- EMMERSON, K. W., BARONE, R., CARRILLO, J., DELGADO, G., LORENZO, J. A., NARANJO, J. J., TRUJILLO, N. y VALIDO, A. 1991. *Censo de la población de Hubara Canaria (Chlamydotis undulata fuertaventurae) en la isla de Lanzarote (abril de 1991)*. Ornistudio S.L. Informe no publicado. 22 pp.
- FRID, A. y DILL, L. M. 2002. Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology*, 6: 11.
- GABALDON, A. M., NELSON, F. E. y ROBERTS, T. J. 2004. Mechanical function of two ankle extensors in wild turkeys: shifts from energy production to energy absorption during incline versus decline running. *Journal of Experimental Biology*, 207: 2277-2288.
- GASTON, K. J., BLACKBURN, T. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science. Oxford, UK.
- GILL, J. A., SUTHERLAND, W. J. y WATKINSON, A. R. 1996. A method to quantify the effects of human disturbance on animal population. *Journal of Applied Ecology*, 33: 786-792.
- GORIUP, P. 1997. The world status of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata*. *Bird Conservation International*, 7: 373-397.
- HELLMICH, J. 2003. The display run of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata fuertaventurae*. *Ornithologische Beobachter*, 100: 127-141.
- HEREDIA, B. 1996. Action plan for the houbara bustard in the Canary Islands (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*). En, B. Heredia, L. Rose y M. Painter (Eds.): *Globally threatened birds in Europe: action plans*, pp. 261-270. Council of Europe Publishing. Strasbourg.
- HINGRAT, Y. y SAINT JALME, M. 2005. Mating system of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata undulata* in eastern Morocco. *Ardeola*, 52: 91-102.
- HINGRAT, Y., SAINT JALME, M., YSNEL, F., LACROIX, F., SEABURY, J. y RAUTUREAU, P. 2004. Relationships between home-range size, sex and season with reference to the mating system of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata undulata*. *Ibis*, 146: 314-322.
- IDAGHDOUR, Y., BRODERICK, D., KORRIDA, A. y CHBEL, F. 2004. Mitochondrial control region diversity of the houbara bustard *Chlamydotis undulata* complex and genetic structure along the Atlantic seaboard of North Africa. *Molecular Ecology*, 13: 43-54.
- KRISTAN, W. B. 2006. Sources and expectations for hierarchical structure in bird-habitat associations. *Condor*, 108: 5-12.

- LACHICA, M. y AGUILERA, J. F. 2000. Estimation of the energy costs of locomotion in the Iberian pig (*Sus mediterraneus*). *British Journal of Nutrition*, 83: 35-41.
- LANE, S. J., ALONSO, J. C. y MARTIN, C. A. 2001. Habitat preferences of great bustard *Otis tarda* flocks in the arable steppes of central Spain: are potentially suitable areas unoccupied? *Journal of Applied Ecology*, 38: 193-203.
- LAUNAY, F., ROSHIER, D., LOUGHLAND, R. y ASPINALL, S. J. 1997. Habitat use by houbara bustard (*Chlamydotis undulata macqueenii*) in arid shrubland in the United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 35: 111-121.
- LAVEE, D. 1985. The influence of grazing and intensive cultivation on the population size of the Houbara Bustard in the northern Negev in Israel. *Bustard Studies*, 3: 103-107.
- LAVEE, D. 1988. Why is the houbara *Chlamydotis undulata macqueenii* still an endangered species in Israel? *Biological Conservation*, 45: 47-54.
- LE CUZIAT, J., LACROIX, F., ROCHE, P., VIDAL, E., M'ÉDAIL, F., ORHANT, N. y B'ÉRANGER, P. M. 2005a. Landscape and human influences on the distribution of the endangered North African houbara bustard (*Chlamydotis undulata undulata*) in Eastern Morocco. *Animal Conservation*, 8: 143-152.
- LE CUZIAT, J., VIDAL, E., ROCHE, P. y LACROIX, F. 2005b. Human activities affect the potential distribution of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata undulata*. *Ardeola*, 52: 21-30.
- LIMA, S. L. 1990. Protective cover and the use of space: different strategies in finches. *Oikos*, 58.
- LIMA, S. L. y DILL, L. M. 1990. Behavioural decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 619-640.
- MACARTHUR, R. H., DIAMOND, J. M. y KARR, J. 1972. Density compensation in island faunas. *Ecology*, 53: 330-342.
- MADROÑO, A., GONZÁLEZ, C. y ATIENZA, J. C. (Eds.) 2005. *Libro Rojo de las aves de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/BirdLife. Madrid.
- MARTÍN, A. y LORENZO, J. A. 2001. *Aves del archipiélago canario*. Francisco Lemus. La Laguna, Tenerife.
- MARTÍN, A., LORENZO, J. A., HERNÁNDEZ, M. A., NOGALES, M., MEDINA, F. M., DELGADO, J. D., NARANJO, J. J., QUILIS, V. y DELGADO, G. 1997. Distribution, status and conservation of the houbara bustard *Chlamydotis undulata fuertaventurae* Rothschilds y Hartet, 1894, in the Canary Islands, November-December 1994. *Ardeola*, 44: 61-69.
- MARTÍN, A., NOGALES, M., HERNÁNDEZ, M. A., LORENZO, J. A., MEDINA, F. M. y RANDO, J. C. 1996. Status, conservation and habitat selection of the houbara bustard *Chlamydotis undulata fuertaventurae* on Lanzarote (Canary Islands). *Bird Conservation International*, 6: 229-239.
- MEDINA, F. M. 1999. Foraging use of cultivated fields by the houbara bustard *Chlamydotis undulata fuertaventurae* Rothschild and Hartert, 1894 on Fuerteventura (Canary Islands). *Bird Conservation International*, 9: 373-386.
- MIAN, A. 2003. On Biology of Houbara Bustard (*Chlamydotis undulata macqueenii*) in Balochistan, Pakistan: Influence of Vegetative Characters on Distribution. *OnLine Journal of Biological Science*, 3: 484-495.
- MORALES, M. B., SUÁREZ, F., GARCÍA DE LA MORENA, E. L., y DE JUANA, E. 2002. Movimientos estacionales e invernada del Sisón. *Quercus*, 193: 34-39.
- OSBORNE, P. E., LAUNAY, F. y GLIDDON, D. 1997. Winter habitat use by Houbara Bustards *Chlamydotis undulata* in Abu Dhabi and implications for management. *Biological Conservation*, 81: 51-56.
- PITRA, C., LIECKFELDT, D., y COMBREAU, O. 2004. Genetic variation across the current range of the Asian houbara bustard (*Chlamydotis undulata macqueenii*). *Conservation Genetics*, 5: 205-215.
- QUINN, G. P. y KEOUGH, M. J. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- ROLSTAD, J., LOKEN, B. y ROLSTAD, E. 2000. Habitat selection as a hierarchical spatial process: the green woodpecker at the northern edge of its distribution range. *Oecologia*, 124: 116-129.
- SANTOS, A. 2000. La vegetación. En, G. Morales y R. Pérez-González (Eds.): *Gran atlas temático de Canarias*. Arafo. Tenerife.
- SCOTT, J. M., HEGLUND, P. J., MORRISON, M. L., HAUFLE, J. B., RAPHAEL, M. G., WALL, W. A. y SAMSON, F. B. (Eds.) 2002. *Predicting species occurrences. Issues of scale and accuracy*. Island Press. Washington.



- SEDDON, P. J. y Van HEEZIK, Y. 1996. Seasonal changes in houbara bustard *Chlamydotis undulata macqueenii* numbers in Harrat al Harrah, Saudi Arabia: Implications for managing a remnant population. *Biological Conservation*, 75: 139-146.
- SEOANE, J. 2005. *El Alzacola en España*. I Censo Nacional. SEO/BirdLife. Madrid.
- SIMBERLOFF, D. 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: is single species management passe in the landscape era? *Biological Conservation*, 83: 247-257.
- THOMAS, L., BUCKLAND, S. T., BURNHAM, K. P., ANDERSON, D. R., LAAKE, J. L., BORCHERS, D. L. y STRINDBERG, S. 2002. Distance sampling. En, A. H. El-Shaarawi y W. W. Piegorisch (Eds.): *Encyclopedia of Environmetrics*, pp. 554-552. John Wiley & Sons. Chichester.
- THOMAS, L., LAAKE, J. L., SRINDBERG, S., MARQUES, F. F. C., BUCKLAND, S. T., BORCHERS, D. L., ANDERSON, D. R., BURNHAM, K. P., HEDLEY, S. L., POLLARD, J. H. y BISHOP, J. R. B. 2004. *Distance 5.0, Release Beta 2*. Research Unit for Wildlife Population Assessment.
- TOURENQ, C., COMBREAU, O., LAWRENCE, M., POLE, S. B., SPALTON, A., GAO, X. J., AL BAIDANI, M. y LAUNAY, F. 2005. Alarming houbara bustard population trends in Asia. *Biological Conservation*, 121: 1-8.
- TRYJANOWSKI, P., GOLDYN, B. y SURMACKI, A. 2002. Influence of the red fox (*Vulpes vulpes*, Linnaeus 1758) on the distribution and number of breeding birds in an intensively used farmland. *Ecological Research*, 17: 395-399.
- UNDERWOOD, A. J. 1997. *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Van Heezik, Y. y Seddon, P. J. 1999. Seasonal changes in habitat use by Houbara Bustards *Chlamydotis [undulata] macqueenii* in northern Saudi Arabia. *Ibis*, 141: 208-215.
- WALTER, H. 1973. *Vegetation of the Earth in relation to climate and the eco-physiological conditions*. Springer-Verlag. New York.
- WATTS, B. 1990. Cover use and predator-related mortality in song and savannah sparrows. *Auk*, 107: 775-778.
- WHITTINGHAM, M. J., PERCIVAL, S. M. y BROWN, A. F. 2002. Nest-site selection by golden plover: why do shorebirds avoid nesting on slopes? *Journal of Avian Biology*, 33: 184-190.
- YANG, W. K., QIAO, J. F., COMBREAU, O., GAO, X. Y. y ZHONG, W. Q. 2002. Display-sites selection by houbara bustard (*Chlamydotis [undulata] macqueenii*) in Mori, Xinjiang, People's Republic of China. *Journal of Arid Environments*, 51: 625-631.
- YANG, W. K., QIAO, J. F., COMBREAU, O., GAO, X. Y. y ZHONG, W. Q. 2003. Breeding Habitat Selection by the Houbara Bustard *Chlamydotis [undulata] macqueenii* in Mori, Xinjiang, China. *Zoological Studies*, 42: 470-475.
- YASUÉ, M., QUINN, J. L., y CRESSWELL, W. 2003. Multiple effects of weather on the starvation and predation risk trade-off in choice of feeding location in Redshanks. *Functional Ecology*, 17: 727-736.

**Luis M. Carrascal** es Investigador Científico del CSIC cuyos intereses se centran en aspectos de macroecología y biogeografía ecológica de la avifauna del suroeste del Paleártico Occidental, y en el estudio de las preferencias de hábitat de las especies y la modelización de su distribución y abundancia. Es el editor de [www.vertebradosibericos.org](http://www.vertebradosibericos.org) (Aves) y del Atlas Virtual de la Avifauna terrestre Española ([www.vertebradosibericos.org/atlasaves.html](http://www.vertebradosibericos.org/atlasaves.html)).

**Javier Seoane** es profesor de Ecología en la Universidad Autónoma de Madrid, donde compagina la docencia con el desarrollo de modelos de distribución de especies y sus aplicaciones a la biología de la conservación.

**David Palomino** es Doctor en Zoología. Sus intereses científicos versan sobre los determinantes de la distribución y variación temporal de los efectivos poblacionales de la avifauna española a diferentes escalas espaciales, incluyendo el efecto de las actividades humanas relacionadas con el urbanismo, las carreteras y las actividades recreativas.

**César L. Alonso** hizo su tesis doctoral sobre las estrategias comportamentales destinadas a evitar el riesgo de depredación en aves. Actualmente trabaja en la Universidad de Castilla-La Mancha, donde investiga el papel del Arrendajo en la expansión y regeneración de encinares.

[Recibido: 28-02-06]  
[Aceptado: 08-07-06]