

Tendencias poblacionales recientes de la avutarda hubara en las Islas Canarias: análisis metodológico y estado de conservación

C. Schuster, J. J. Iglesias–Lebrija & L. M. Carrascal

Schuster, C., Iglesias–Lebrija, J. J. & Carrascal, L. M., 2012. Tendencias poblacionales recientes de la avutarda hubara en las Islas Canarias: análisis metodológico y estado de conservación. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35.1: 125–139.

Abstract

Recent population trends of the houbara bustard in the Canary Islands. Methods and conservation status.—Determining conservation status requires rigorous and reliable data about population sizes and trends, especially if they have to be applied to islands where the species have small populations. The Canary bustard houbara (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*) is catalogued as 'in danger' by the *Red Book of the Birds of Spain*. This work analyzes the value of previously published information on the species using the method of adjacent linear transects separated by 200 m, as a baseline for establishing robust population trends in 30 important areas (ranging from 1.3 to 12.8 km²) for the houbara in the islands of Lanzarote and Fuerteventura (Canary Islands). Censuses were repeated on the same dates (from November to December) and localities as those carried out in 1994, 2004 and 2006. The detection probability of the houbara was estimated by means of distance sampling, being 0.42 up to 250 m from the observer, and 0.82 in the main census belt of 100 m on either side of the line transect. The method of adjacent linear transects—counting the maximum number of hubaras detected—provides accurate figures of population densities (detection of 95.2% of the birds). The previous estimations of houbara densities can therefore be considered highly trustworthy, with a probable average underestimation of only 5%. Nevertheless, the confidence intervals of density estimations using only one census were very large. Therefore, with only one census per sampling area and year it is not possible to obtain precise estimates of houbara densities with small variation around the average value. This raises concern when trying to obtain solid evidence about the increases–decreases of houbara populations comparing different dates or study areas. The density of the Canary Island houbara bustard decreased significantly from 2004/2006 to 2011 in eight areas of Fuerteventura (Vega Vieja, Los Alares–Pocetas, Matas Blancas, Lorenzo–Diviso, Corralejo, Lajares and Fimapaire) and in two areas of Lanzarote (Argana and La Santa). Conversely, the density of the houbara significantly increased in three areas of Lanzarote (Zonzamas, Guatiza and Llano de las Maretas). As a whole, average population density did not differ significantly between 2004/2006 and 2011 in Fuerteventura (slight decrease of 29% in 2011), but there was a significant increase in Lanzarote (increase of 60% from 2004/2006 to 2011). The change in density from 2004/2006 to 2011 tended to be an increase in areas further from paved roads, and a decrease in locations predominantly covered by loose sandy soils.

Key words: Census method, Confidence intervals, Fuerteventura and Lanzarote (Islas Canarias), Houbara bustard, Population trends.

Resumen

Tendencias poblacionales recientes de la avutarda hubara en las Islas Canarias Orientales. Análisis metodológico y estado de conservación.—El establecimiento del estatus de conservación demanda la existencia de datos rigurosos y fiables acerca de los efectivos y las tendencias poblacionales, especialmente si se han de aplicar en islas en donde las especies tienen poblaciones pequeñas. Este trabajo analiza la valía de los resultados previos para la hubara utilizando el método de transectos lineales adyacentes separados 200 m,

como puntos de partida adecuados para establecer tendencias poblacionales robustas en las 30 localidades principales de las islas de Lanzarote y Fuerteventura. Para ello se efectuaron censos en las mismas fechas (noviembre–diciembre 2011) y localidades estimando la probabilidad de detección. Este método de censo, que estima el máximo número de hubaras diferentes detectadas, proporciona valores de densidad muy poco subestimados (detección del 95,2% de las aves), por lo que las estimas previas de abundancia pueden ser consideradas como fiables (*i.e.*, probable subestima media de un 5%). No obstante, los intervalos de confianza de las estimas de hubaras en las zonas prospectadas mediante un solo censo fueron enormes. Por tanto, con un solo censo por localidad y año no es posible obtener estimas precisas con un escaso margen de variabilidad en torno al valor medio. Esto plantea un problema considerable a la hora de obtener evidencias sólidas acerca de la certeza de los aumentos–disminuciones de los efectivos poblacionales al comparar fechas o zonas diferentes. La avutarda hubara ha disminuido significativamente su densidad de 2004/2006 a 2011 en ocho zonas de Fuerteventura (Vega Vieja, Los Alares–Pocetas, Matas Blancas, Lorenzo–Diviso, Corralejo, Lajares y Fimapaire) y en dos de Lanzarote (Argana y La Santa). Por el contrario, la densidad de la hubara ha aumentado significativamente en tres localidades de Lanzarote (Zonzamas, Guatiza y Llano de Las Maretas). Globalmente, las estimas medias por isla no difirieron significativamente entre 2004/2006 y 2011 en Fuerteventura (leve disminución del 29% en 2011), pero sí en Lanzarote (aumento del 60% en 2011). El cambio de densidad entre los dos periodos de estudio tendió al incremento en 2011 en las localidades más alejadas de la carretera asfaltada más cercana, y tendió a la disminución en 2011 en las zonas con suelo predominantemente arenoso.

Palabras clave: Avutarda hubara, Fuerteventura y Lanzarote (Islas Canarias), Intervalos de confianza, Método de censo, Tendencias poblacionales.

(Received: 26 III 12; Conditional acceptance: 24 V 12; Final acceptance: 19 VI 12)

Claudia Schuster & Juan José Iglesias–Lebrija, Grupo de Rehabilitación de Fauna Autóctona y su Hábitat (GREFA), Monte del Pilar s/n., 28220 Majadahonda, España (Spain).– Luis M. Carrascal, Dept. Biogeografía y Cambio Global, Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN–CSIC), 28006 Madrid, España (Spain).

Corresponding author: L. M. Carrascal, E–mail: lmcarrascal@mncn.csic.es

Introducción

El establecimiento del estatus de conservación y el riesgo de extinción viene determinado por aspectos como la extensión del área de distribución, el tamaño de población absoluto y la tendencia demográfica en periodos recientes de tiempo (Gregory et al., 2005; IUCN, 2006). La aplicación de estos criterios a escala local (Gärdenfors, 2001) plantea problemas, ya que demanda la existencia de datos rigurosos y fiables, especialmente si se han de aplicar en islas en donde las especies tienen poblaciones pequeñas (Martín, 2009; Seoane et al., 2011).

Para poder conocer las tendencias demográficas de poblaciones animales es necesario tener buenos datos históricos con los que realizar comparaciones y evitar el problema de los sesgos en los puntos de partida de los efectivos poblacionales (Papworth et al., 2009). Esto es especialmente acuciente para especies animales amenazadas, para las cuales es necesario examinar la relevancia de planes de gestión y conservación diseñados en el pasado, o establecer objetivamente su estatus de amenaza. Los datos históricos pueden contener información obtenida por diferentes metodologías o con sesgos implícitos de muestreo, con lo cual las comparaciones con datos históricos pueden estar sometidas a importantes distorsiones. Entre los aspectos que más limitan el valor de los datos históricos están la no consideración del fenómeno de la detectabilidad (*i.e.*, se asume que los conteos absolutos observan todos los individuos existentes), la ausencia de un programa de censo correctamente replicado, y no proporcionar medidas de precisión – intervalos de confianza de las estimas (*p. ej.*, Norvell et al., 2003; Lurz et al., 2008; Carrascal, 2011; Archaux et al., 2012).

La avutarda hubara canaria (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*; de ahora en adelante hubara) es una especie catalogada como “en peligro” por el *Libro Rojo de las Aves de España* (Lorenzo, 2004), atendiendo a su estatus taxonómico de subespecie endémica, sus escasos efectivos poblacionales y lo reducido de su área de extensión en España. De hecho, es una de las especies de la avifauna terrestre de las Islas Canarias con menor área de extensión geográfica, densidad máxima y amplitud de hábitat, cuyos efectivos se concentran casi exclusivamente en las islas de Lanzarote y Fuerteventura (Martín & Lorenzo, 2001; Carrascal et al., 2008b). Los principales problemas para su conservación son la fragmentación, degradación y desaparición de los grandes espacios abiertos que necesita y la mortandad asociada a las colisiones con los tendidos eléctricos (Lorenzo, 2004; Lorenzo & Genové, 2007). Martín et al. (1997) efectuó el primer censo exhaustivo de la población canaria de hubara en 1994, aplicando un programa de censo estandarizado mediante el empleo del método de las batidas utilizando transectos lineales adyacentes. Estos autores efectuaron una sola réplica por localidad de censo, asumiendo un conteo absoluto sin subestima apreciable de la abundancia. Los censos se efectuaron sobre las principales áreas para la especie atendiendo a la información faunística

disponible hasta aquel momento, cuya validez ha sido posteriormente confirmada por otros programas de muestreo independientes (Carrascal et al., 2006, 2008a). La tendencia poblacional creciente registrada en los últimos treinta años ha sido cuestionada por Lorenzo (2004), aduciendo que lo que realmente ha ocurrido ha sido una mejora en los métodos de censo. Esto plantea que para esta especie emblemática de la avifauna canaria propia de medios áridos no se tengan evidencias robustas acerca de la evolución temporal de sus efectivos poblacionales en los últimos años. Considerando estos hechos, los objetivos concretos de este trabajo son tres:

Analizar críticamente el método de censo diseñado por Martín et al. (1997), examinando cuánto subestima la densidad de la hubara, y cómo de precisos son los valores de abundancia calculados. El objetivo último es establecer la valía de los inventarios previos como puntos de partida (*baselines*) adecuados para establecer tendencias poblacionales robustas.

Inferir con criterios estadísticos cuáles han sido los cambios poblacionales en Lanzarote y Fuerteventura, y en las 30 localidades principales para la hubara dentro de estas islas, poniendo especial énfasis en los cambios ocurridos desde el último censo efectuado en 2004/2006 por Lorenzo et al. (2008).

Identificar los atributos ambientales de las áreas de censo que están más asociados con las variaciones temporales de densidad registrados en ellas en los últimos años.

Material y métodos

Área de estudio

El trabajo de campo se desarrolló en las islas de Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias Orientales). Lanzarote (29° N, 13° 37' O) es una isla volcánica de intensa actividad reciente durante los tres últimos siglos, tiene una extensión de 846 km², un relieve de escasa altitud (máxima de 670 m s.n.m.), un clima caracterizado por una moderada aridez (la precipitación es inferior a 100 mm anuales en el 40% de la superficie de la isla), y una vegetación dominada por formaciones arbustivas (*Suaeda* spp., *Salsola vermiculata*, *Launaea arborescens*, *Lycium intricatum*, *Euphorbia balsamifera*) con distinto grado de cobertura debido a variaciones topográficas, litológicas, edáficas y de usos humanos del suelo. Fuerteventura (28° 27' N, 14° 37' O) es una isla más grande (1.730 km²), de volcanismo más antiguo, caracterizada por un relieve suave de colinas (máxima altitud de 812 m s.n.m.), considerablemente más árida que Lanzarote (aproximadamente en las dos terceras partes de la isla la precipitación anual es inferior a los 100 mm), y con una vegetación predominantemente árida de matorrales xerófitos (dominada por *Launaea arborescens*, *Lycium intricatum*, *Salsola vermiculata*, *Suaeda* spp. y *Euphorbia* spp.) y herbazales de plantas anuales, que en muchas zonas está muy degradada debido al sobrepastoreo por cabras (Rodríguez et al., 2000; Santos, 2000).

Método de censo

Los censos de hubaras se llevaron a cabo entre el 27 de noviembre y el 15 de diciembre de 2011, sobre las mismas zonas y en las mismas fechas que las previamente utilizadas por Martín et al. (1997) y Lorenzo et al. (2008). Debido a dificultades logísticas, el área de Los Alares–Pocetas no pudo ser censada con la misma exhaustividad que en censos previos, aunque se pudo prospectar 1,8 km² de superficie. El método de censo siguió el protocolo diseñado por Martín et al. (1997) para la hubara en las Islas Canarias, consistente en batidas utilizando transectos separados entre sí aproximadamente 200 m, incluidos en áreas predefinidas atendiendo al hábitat potencial para la hubara y la presencia histórica de la especie en esas zonas. Los transectos dentro de cada zona de censo se planificaron previamente utilizando sistemas de información geográfica (GIS), y los recorridos se cargaron en GPS portátiles. Todos los censos se efectuaron a una velocidad aproximada de 2–3 km/h, en días sin lluvia ni viento fuerte (< 30 km/h). Los muestreos se efectuaron tanto por la mañana (cuatro primeras horas del día) como por la tarde (tres últimas horas antes de la puesta del sol). Cada área de estudio fue prospectada por un número de ornitólogos comprendido entre 3 y 8, dependiendo de su extensión. En la tabla 1 se proporcionan las áreas de censo, su localización geográfica, la extensión prospectada, las fechas de censo y el número de ornitólogos implicados en los muestreos (véase también la figura 1).

Estima de la detectabilidad

Con objeto de estimar la detectabilidad de la especie, los censadores anotaron la distancia perpendicular al transecto a la cual se detectó cada hubara o grupo de ellas. Las ocho personas que efectuaron los censos se entrenaron en la estima de distancias hasta 500 m, poniendo énfasis en aquellas comprendidas entre 0 y 100 m, con el objeto de disminuir la variabilidad entre los observadores y mejorar su precisión de estima. Para cada hubara observada se anotó la hora de detección, la distancia a derecha o izquierda del observador, y se marcó con un GPS su posición perpendicular al transecto. No hubo comunicación entre los ornitólogos al efecto de facilitar la detección de hubaras durante los transectos.

Con los datos de las distancias de observación de los individuos durante los transectos lineales se obtuvieron las curvas de detectabilidad (Thomas et al., 2002) ajustando una serie de familias de funciones ('half-normal', 'hazard-rate' y exponencial negativo, con ajustes finos polinomiales o coseno), entre las que se escoge por el criterio estadístico de Akaike (Buckland et al., 2001, 2004). Trescientos cuarenta contactos con 780 hubaras se obtuvieron en las dos islas prospectadas. Las distancias de detección se truncaron a 250 m para proteger los análisis de la influencia de posibles valores extremos (Buckland et al., 2001; se obtuvieron 17 contactos a más de 250 m que incluyeron 63 hubaras). No se obtuvieron diferencias significativas ni entre islas ni entre áreas de

censo en la probabilidad de detección de la especie. Además de estimar la probabilidad de detección de la hubara hasta 250 m de distancia del observador, también se obtuvo la probabilidad de detección a menos de 100 m de distancia utilizando los modelos de ajuste derivados de las funciones de distribución. Los diferentes modelos de ajuste de las funciones de detectabilidad a la distribución de contactos fueron seleccionados de acuerdo con el criterio de $\Delta AICc \leq 2$, y sus valores de probabilidad de detección fueron promediados mediante pesos derivados de los valores de AICc de cada modelo (Burnham & Anderson, 2002). La estima de detectabilidad se calculó utilizando Distance 6.0 (Thomas et al., 2009).

La estima de la probabilidad de detección hasta 100 m se utilizó para corregir el total de individuos contabilizados y calcular la densidad de hubaras. Para ello sólo se consideraron los contactos de hubaras de cada observador efectuados a menos de 100 m de distancia, y que no coincidían en el tiempo (± 3 minutos) con los contactos obtenidos por el observador más cercano. De este modo es posible eliminar el uso de contactos repetidos en la estima de la densidad y tamaño de población. La densidad para cada área de estudio se calculó teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$D = N / (L \cdot 0,2 \cdot p)$$

donde D es la densidad en aves/km², N es el número de individuos detectados a menos de 100 m del observador en la longitud L de transectos realizados en cada zona de estudio (en km), 0,2 se refiere al ancho de banda de los transectos expresado en km (100 m a cada lado del observador) y p es la probabilidad de detección de la hubara hasta 100 de distancia del observador.

Características ambientales de las áreas de estudio

Dentro de cada una de las zonas de estudio se extrajeron al azar localizaciones sobre las cuales se midieron una serie de variables orográficas y de uso antrópico del territorio extraídas de cartografía 1:25.000 y de bases de datos de información geográfica (modelo digital del terreno para las Islas Canarias y mapa de usos del suelo y vegetación Canaria; Del Arco et al., 2003): altitud, pendiente del terreno (obtenida del modelo digital del terreno de Canarias en un círculo de 250 m de radio), tipología del suelo en escala ordinal (0: rocoso; 1: suelo compacto; 2: suelo arenoso suelto), distancia mínima a la carretera asfaltada más cercana y distancia mínima al casco urbano más cercano. El número de puntos de muestreo por zona de estudio osciló entre 2 y 39 dependiendo de la superficie de cada zona (correlación entre superficie y puntos de muestreo: $r = 0,822$, 30 zonas, $p \ll 0,001$). Véase la tabla 2 para las características de cada zona de censo.

Análisis de datos

Para estimar el número de hubaras en cada una de las 30 zonas definidas *a priori*, y sus intervalos de confianza al 90% y al 95%, se utilizó un procedi-

Tabla 1. Localización geográfica (longitud y latitud en coordenadas UTM; datum WGS84) y fechas de censo de las áreas de censo en las islas de Lanzarote y Fuerteventura (véase además la fig. 1). Se proporciona la superficie censada en cada una de ellas (S, en km²) y el número de transectos (T) con bandas de 100 m a cada lado que fueron realizados por distintos ornitólogos.

Table 1. Geographical location (UTM longitude and latitude within block 28R; datum WGS84) and dates of censuses in 30 study areas in Lanzarote and Fuerteventura islands (Canary Islands, see also fig. 1). Surfaces censused (S, in km²) and number of adjacent line transects (T, separated by 200 m) censused by ornithologists are provided for each study area.

	Longitud	Latitud	Fecha	T	S
Fuerteventura					
Corralejo	611853	3174571	14 XII 2011	4	5,82
Cotillo–Tostón	596873	3175637	07 XII 2011	4	1,26
Fimapaire	610656	3163913	14 XII 2011	3	2,96
Lajares	601598	3169396	12 XII 2011	8	12,81
Llano Grande	595770	3133000	13 XII 2011	8	6,42
Llano Laguna	595836	3154338	06 XII 2011	8	7,82
Lorenzo–Diviso	603364	3145515	09 XII 2011	8	6,87
Los Alares–Pocetas	600781	3141750	16 XII 2011	3	1,80
Majanicho	604231	3178913	08 XII 2011	7	4,40
Matas Blancas	573131	3115760	11 XII 2011	8	11,87
Muchichafe	597189	3157775	06 XII 2011	8	4,58
Salinas	609012	3139229	14 XII 2011	7	3,11
Tableros	555907	3105505	15 XII 2011	5	4,16
Taca	601598	3169396	05 XII 2011	8	8,99
Tesjuate	602000	3151051	13 XII 2011	4	2,08
Time	612910	3159927	05 XII 2011	5	4,57
Tindaya	597069	3165837	07 XII 2011	8	9,18
Vega Vieja	599119	3146364	10 XII 2011	8	5,64
Lanzarote					
Argana	637658	3206670	28 XI 2011	4	2,22
Caleta Caballo	634665	3221927	28 XI 2011	6	4,65
Famara	635912	3217245	29 XI 2011	8	6,91
Guatiza	646449	3213245	03 XII 2011	8	7,03
La Santa	632539	3220347	27 XI 2011	7	3,34
Las Maretas	612932	3197525	30 XI 2011	8	6,33
Playa Quemada	625161	3200636	27 XI 2011	4	2,21
Sóo	635912	3217245	01 XII 2011	8	8,05
Tahiche	642379	3213250	02 XII 2011	8	7,43
Terminillo	615489	3195748	30 XI 2011	6	2,65
Vuelta de Jai	637473	3213964	01 XII 2011	2	0,87
Zonzamas	637930	3210991	29 XI 2011	4	2,71

miento de remuestreo con reemplazo (Efron, 1981; Davison & Hinkley, 2006). Para ello, previamente se compartimentaron las líneas de transectos dentro de cada zona de muestreo en unidades de 200 m

de longitud (200 x 200 m = 4 ha de superficie), para cada una de las cuales se asignaba el número de hubaras censadas. En cada zona de censo se extrajo al azar (con reemplazo) un número de unidades de

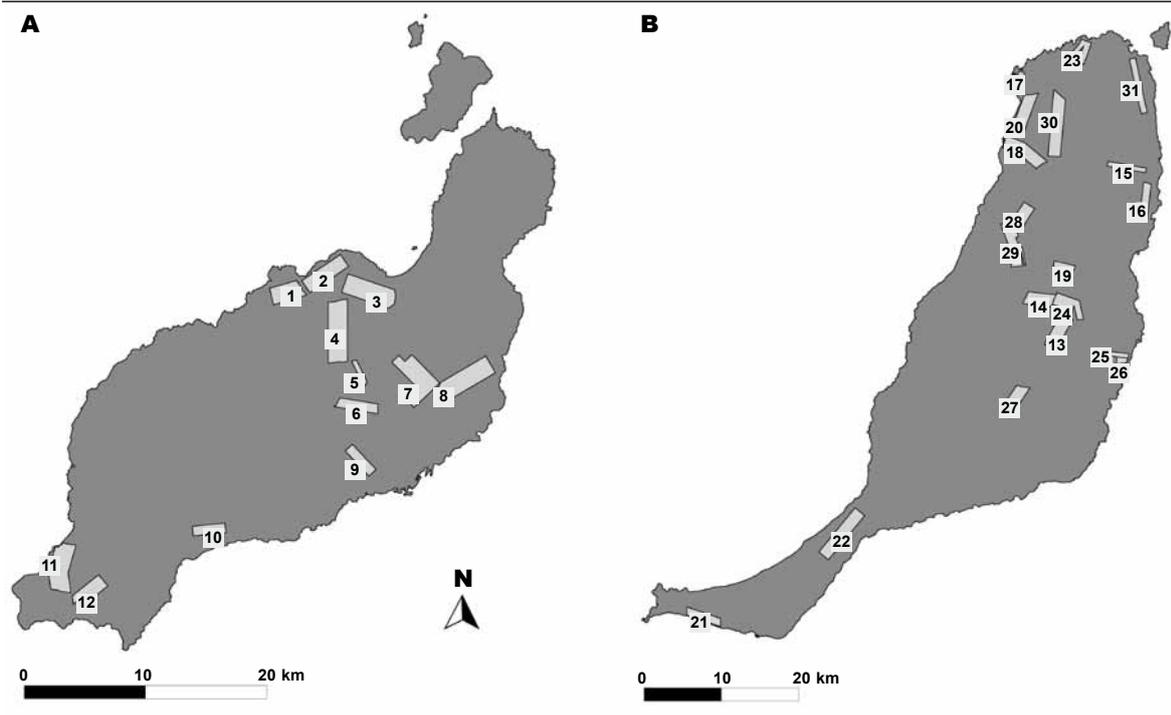


Fig. 1. Localización de las áreas de censo: A. Lanzarote; B. Fuerteventura. Para más detalles acerca de sus características véanse las tablas 1 y 2: 1. La Santa; 2. Caleta Caballo; 3. Famara; 4. Sóo; 5. Vuelta de Jai; 6. Zonzamas; 7. Tahiche; 8. Guatiza; 9. Argana; 10. Playa Quemada; 11. Las Maretas; 12. Terminillo; 13. Los Alares–Pocetas; 14. Vega Vieja; 15. Fimapaire; 16. Time; 17. Cotillo–Tostón; 18. Tindaya; 19. Tesjuate; 20. Taca; 21. Tableros; 22. Matas Blancas; 23. Majanicho; 24. Lorenzo–Diviso; 25–26. Salinas; 27. Llano Grande; 28. Muchichafe; 29. Llano Laguna; 30. Lajares; 31. Corralejo.

Fig. 1. Distribution of study areas in Lanzarote (A) and Fuerteventura (B) islands (Canary Islands). For more details about study areas see tables 1 and 2. (For abbreviations see above.)

200 x 200 m igual al número total de ellas, sumando a continuación el número de hubaras que incluían.

Debido a que la probabilidad de detección de la hubara a menos de 100 m de distancia del observador no es un único valor, sino que se mueve dentro de un intervalo de confianza (determinado por el número de contactos obtenidos, la variabilidad intrínseca en las habilidades perceptivas de las personas que participaron en el censo, las diferencias entre zonas en las características del hábitat, etc), se generaron al azar valores de probabilidad de detección dentro del intervalo de confianza al 95% de la estima de detectabilidad obtenida de Distance 6.0. El número de hubaras existentes en cada proceso de remuestreo con reemplazo, en cada una de las zonas de estudio, se calculó dividiendo el número de hubaras entre el valor de probabilidad de detección. Este proceso se repitió 10.000 veces para cada zona de censo, para después extraer los percentiles 5%, 95% y 2,5%, 97,5% para obtener, respectivamente, los intervalos de confianza de las estimas al 90% y 95%. Todos los cálculos se desarrollaron utilizando las funciones de 'Pop Tools 3.0' (<http://www.cse.csiro.au/poptools/>) trabajando con MicroSoft–Excel 2010.

Para la estima de los intervalos de confianza de la cantidad de hubaras en las áreas de censo de cada isla se repitió el proceso anterior, pero sumando en cada proceso de aleatorización el número de hubaras censadas en todas las zonas de cada isla, y dividiendo la suma de hubaras por isla entre un valor de probabilidad de detección a menos de 100 m obtenido de su intervalo de confianza al 95%. Este proceso se repitió 10.000 veces tanto para Lanzarote como para Fuerteventura, para a continuación extraer los intervalos de confianza de las estimas al 90% y 95% por el método de los percentiles.

Los cambios de efectivos poblacionales de la hubara en las Islas Canarias desde 2004 a 2011 se han estimado teniendo en cuenta los datos de densidad de población obtenidos en el censo de 2011 (este trabajo) y en los años 2004 y 2006 (Lorenzo et al., 2008). Para ello se ha dividido el número de hubaras estimadas por localidad o isla entre la superficie censada. Con el objeto de corregir la probable subestima de la densidad en los datos de Lorenzo et al. (2008) se aplicó la estima detectabilidad estimada en este trabajo. Los datos de densidad obtenidos en 2004 y 2006 se promediaron para obtener una estima promedio en el periodo 2004/2006, y

Tabla 2. Características ambientales de cada una de las áreas de censo: Alt. Altitud (en m s.n.m.); Pend. Pendiente (en %); DistUrbano. Media de las distancias al casco urbano más cercano (en km); DistCarretera. Medias de las distancias a la carretera asfaltada más cercana (en m); TipoSuelo. Características litológicas de las zonas (0: rocosos–pedregosos; 1: compactos; 2: arenosos denudados).

Table 2. Environmental characteristics of the study areas in Fuerteventura and Lanzarote islands. Figures for variables are averages of 2 to 39 points randomly selected within each study area: Alt. Altitude (in m a.s.l.); Pend. Slope of the terrain (in %); DistUrbano. Distance to the nearest city or village (in km); DistCarretera. Distance to the nearest paved road (in m); TipoSuelo. Index size of soil grain (0: rocky or stony; 1: compact, not sandy; 2: sandy).

	Alt.	Pend.	DistUrbano	DistCarretera	TipoSuelo
Fuerteventura					
Corralejo	43,8	2,2	3,4	1.406,2	1,97
Cotillo–Tostón	22,0	1,7	0,5	227,1	2,00
Fimapaire	109,0	5,8	1,2	1.065,4	1,21
Lajares	156,4	5,8	2,7	1.467,1	1,48
Llano Grande	164,9	5,8	1,8	1.408,8	1,21
Llano Laguna	157,9	3,7	2,4	1.159,0	0,99
Lorenzo–Diviso	208,8	5,3	2,3	1.230,8	1,11
Los Alares–Pocetas	168,0	2,4	2,6	889,3	1,27
Majanicho	26,9	2,8	5,0	1.080,9	1,75
Matas Blancas	147,0	8,1	2,5	1.461,3	1,95
Muchichafe	151,5	4,4	2,3	859,6	1,15
Salinas	82,0	6,4	2,2	549,2	1,05
Tableros	51,5	7,0	7,8	370,0	0,58
Taca	156,4	5,8	2,7	1.467,1	1,48
Tesjuate	219,6	5,6	0,8	830,0	1,14
Time	48,4	3,6	1,9	424,6	1,22
Tindaya	107,4	2,8	3,1	773,5	1,12
Vega Vieja	317,5	3,9	1,4	1.140,5	1,36
Lanzarote					
Argana	118,8	4,4	1,5	315,0	2,00
Caleta Caballo	70,3	6,6	2,0	1.795,9	1,88
Famara	142,6	2,6	2,0	1.538,1	1,91
Guatiza	96,0	6,0	2,5	1.097,9	0,99
La Santa	66,0	4,4	0,9	355,0	0,87
Las Maretas	46,4	2,5	2,1	797,1	1,11
Playa Quemada	112,0	7,2	0,9	523,3	0,74
Sóo	142,6	2,6	2,0	1.538,1	1,91
Tahiche	266,7	7,7	1,0	704,3	1,06
Terminillo	55,0	2,5	2,1	504,3	1,07
Vuelta de Jai	199,5	3,6	2,1	425,0	1,54
Zonzamas	209,0	3,5	2,0	932,7	1,49

su valor medio se comparó con el intervalo de confianza de la densidad medido en 2011.

Los cambios de abundancia local de la hubara en cada zona de censo entre el inventario de 2011 y los

anteriores más recientes de 2004 y 2006 (Lorenzo et al., 2008) se efectuaron restando las densidades expresadas en hubaras/km² obtenidas en 2011 del promedio de las estimadas en 2004 y 2006; valores

positivos de esta diferencia indican que la hubara aumentó su abundancia en 2011 respecto a 2004/2006. Estas diferencias fueron analizadas mediante un ANCOVA, empleando el efecto isla (Lanzarote vs. Fuerteventura) como factor, y las variables altitud, pendiente del terreno, tipología del suelo y distancias a la carretera asfaltada y al casco urbano más cercanos como covariantes. Debido a que las zonas de censo tienen diferentes áreas, el ANCOVA se efectuó utilizando su superficie como variable de ponderación (*i.e.*, las zonas tenían en el análisis más peso cuanto mayor fuese su superficie). Los análisis se llevaron a cabo con Statistica 10 (StatSoft Inc, Tulsa, Oklahoma).

Resultados

Estimas de población en 2011

De los nueve modelos de ajuste calculados para la distribución de las distancias de los contactos con hubaras (tres funciones de distribución, y tres variantes –sin ajustes, con ajustes coseno y con ajustes polinomiales–) sólo dos modelos tuvieron los menores valores de $\Delta AICc \leq 2$ ('hazard-rate' con ajuste fino coseno: $AICc = 3.358,9$, peso = 0,525, probabilidad de detección hasta 250 m = 0,430, probabilidad de detección hasta 100 m = 0,829; 'half-normal' con ajuste fino coseno: $AICc = 3.359,1$, peso = 0,475, probabilidad de detección hasta 250 m = 0,415, probabilidad de detección hasta 100 m = 0,802; 323 contactos). No se obtuvo un efecto significativo del número de hubaras detectadas en cada contacto sobre la probabilidad de detección de la especie ($p > 0,4$ para ambos modelos de ajuste; rango: 1–16 hubaras, 2,2 hubaras por contacto). La probabilidad de detección ponderada hasta 250 m de distancia fue de 0,423 (intervalo de confianza al 95%: 0,365–0,489), y hasta 100 m de distancia fue de 0,816 (intervalo de confianza al 95%: 0,705–0,944).

La cantidad de hubaras existentes en cada zona de estudio muestra una considerable variación que oscila entre ninguna hubara, y más de 100 individuos (véanse las estimas y sus intervalos de confianza –IC– al 90% y 95% en la tabla 3). No existe una relación significativa entre la superficie de las zonas prospectadas y el número de hubaras existentes en ellas ($r = 0,289$, $n = 30$, $p = 0,122$). Las zonas con mayor cantidad de hubaras en Fuerteventura fueron los llanos de Tindaya, Taca y Laguna (unos 20 individuos), Majanicho (18 hubaras), Time y Vega Vieja (alrededor de 10 aves). Por el contrario, ninguna hubara fue detectada en Fimapaire, Lorenzo–Diviso, Los Alares–Pocetas, Matas Blancas y Salinas. En Lanzarote, las mayores concentraciones de hubaras se dieron en Guatiza y Sóo (más de 100 individuos), existiendo también importantes efectivos (30–40 hubaras) en Caleta Caballo, Famara, llano de Las Maretas, Tahiche y Zonzamas. Sólo en la localidad de La Santa no se detectaron hubaras.

El total de hubaras existente dentro de las zonas prospectadas de cada isla fue 129 hubaras en Fuerteventura (IC95%: 84–186 individuos; IC90%: 90–175 hubaras en 103,3 km²), y 447 hubaras en Lanzarote

(IC95%: 334–579 individuos; IC90%: 351–557 hubaras en 54,4 km²). Por tanto, los efectivos poblacionales en las localidades de censo consideradas como las más adecuadas para la especie fueron significativamente superiores en Lanzarote que en Fuerteventura (3,5 veces más en la primera que en la segunda isla).

La variabilidad en torno a las estimas de hubaras en las zonas prospectadas fue enorme, a juzgar por los amplios intervalos de confianza obtenidos para aquellos lugares en los que se detectó a la especie (tabla 3). Así por ejemplo, en la zona con mayor abundancia de hubaras (Sóo, 137 individuos) el intervalo de confianza de la estima osciló entre 79 y 207 individuos con una probabilidad del 95%; en una localidad con una concentración alta de hubaras como Famara (37 aves) la estima real podría oscilar entre 18 y 60 individuos con la misma certidumbre del 95%; en zonas con escasa abundancia de la especie (*p. ej.*, Lajares, 6 aves) la cantidad de hubaras existentes podría oscilar entre 1 y una decena.

La estima de los efectivos poblacionales de la hubara atendiendo al número máximo de hubaras diferentes detectadas, y sin tener en cuenta la detectabilidad de la especie (*i.e.*, estima de censo absoluto empleada por Martín et al., 1997 y Lorenzo et al., 2008) estuvo fuertemente correlacionada con la obtenida restringiendo las bandas de censo 100 m a cada lado del observador y empleando la estima de la detectabilidad ($r = 0,994$; $p < 0,001$, 30 localidades de censo). El conteo máximo de hubaras distintas, teniendo en cuenta aquellas detectadas de modo no repetido más allá de los 100 m a cada lado del observador, fue el 95,2% de las estimadas mediante el censo que sólo considera las observadas a menos de 100 m del observador y la detectabilidad de la especie. No obstante, hubo algunas localidades de estudio en las que el conteo del número máximo de hubaras diferentes fue superior (*p. ej.*, Time, Vega Vieja, Famara).

Tendencia de la población en el periodo 2004–2011

La comparación apareada de la densidad de la hubara estimada por Lorenzo et al. (2008) en 2004 y 2006 arroja diferencias no significativas entre ambos años utilizando las 30 localidades de censo (ANOVA de medidas repetidas usando la superficie de las áreas de censo como pesos: $F_{1,29} = 1,21$; $p = 0,281$). Similar ausencia de diferencia significativa se obtiene al comparar la densidad de la hubara en 2011 frente al promedio de densidad en 2004 y 2006 (ANOVA de medidas repetidas usando la superficie de las áreas de censo como pesos: $F_{1,29} = 1,28$, $p = 0,268$).

No obstante, comparando las estimas de densidad de la hubara para cada localidad de censo respecto al periodo 2004/2006 (aplicando la corrección de detectabilidad que implica dividir por 0,952 la densidad obtenida por estos autores), con los intervalos de confianza al 95% de la densidad calculados mediante remuestreo en 2011, se obtiene que la especie ha disminuido significativamente su densidad en ocho zonas de Fuerteventura (por orden decreciente de magnitud de cambio: Vega Vieja, Los Alares–Pocetas, Matas Blancas, Lorenzo–Diviso,

Tabla 3. Conteo máximo de hubaras diferentes, y estima del número medio e intervalos de confianza al 90% y 95% teniendo en cuenta la estima de detectabilidad y tras utilizar 10.000 procesos de remuestreo con reemplazo ('bootstraps'), en cada una de las áreas de censo, y en el conjunto de Lanzarote y Fuerteventura teniendo en cuenta solamente la superficie censada en cada una de las dos islas.

Table 3. Maximum number (conteo máximo) of different houbara bustards detected in each study area, and average estimation (estima media) of houbaras detected within census belts of 100 m on both sides of the observer corrected by the probability of detection of the species and 90% and 95% confidence intervals (IC90% and IC95%) of the average estimation obtained after 10,000 bootstraps.

	Conteo máximo	Estima media	IC95%	IC90%
Fuerteventura	117	128,8	84–186	90–175
Corralejo	2	2,5	0–6	0–6
Cotillo–Tostón	2	2,4	0–8	0–7
Fimapaire	0	0,0	0–0	0–0
Lajares	5	6,2	1–13	1–12
Llano Grande	1	1,2	0–4	0–4
Llano Laguna	18	19,6	5–39	7–35
Lorenzo–Diviso	0	0,0	0–0	0–0
Los Alares–Pocetas	0	0,0	0–0	0–0
Majanicho	15	18,4	2–39	5–35
Matas Blancas	0	0,0	0–0	0–0
Muchichafe	5	6,1	1–12	2–11
Salinas	0	0,0	0–0	0–0
Tableros	3	3,7	0–10	0–9
Taca	18	20,7	3–45	5–40
Tesjuate	3	3,7	0–8	1–7
Time	17	13,3	0–33	0–29
Tindaya	18	20,9	4–43	6–39
Vega Vieja	10	9,8	0–28	0–24
Lanzarote	430	446,9	334–579	351–557
Argana	2	2,5	0–7	0–6
Caleta Caballo	27	30,7	13–54	15–49
Famara	45	36,9	18–60	21–56
Guatiza	105	102,1	53–165	60–154
La Santa	0	0,0	0–0	0–0
Las Maretas	38	41,8	22–66	25–61
Playa Quemada	6	4,9	1–10	1–9
Sóo	122	136,6	79–207	87–194
Tahiche	39	43,0	22–70	25–65
Terminillo	7	8,5	0–24	0–21
Vuelta de Jai	6	5,0	0–14	0–12
Zonzamas	33	34,2	8–75	10–67

Corralejo, Lajares y Fimapaire) y en dos de Lanzarote (Argana y La Santa). Por el contrario, la densidad de la hubara ha aumentado significativamente de 2004/2006 a 2011 en tres localidades de Lanzarote (Zonzamas, Guatiza y Llano de Las Maretas).

Atendiendo al promedio de densidad en cada isla considerando toda la superficie censada, la abundancia media en el periodo 2004/2006 fue de 1,77 hubaras/km² para Fuerteventura y 5,14 hubaras/km² para Lanzarote. La densidad media estimada en 2011

en Fuerteventura fue 1,26 hubaras/km² (IC al 95%: 0,82–1,82) y en Lanzarote 8,21 hubaras/km² (IC al 95%: 6,14–10,64). Por tanto, las estimas medias por isla no difirieron significativamente a $p \leq 0,05$ entre 2004/2006 y 2011 en Fuerteventura (leve disminución del 29% en 2011), pero sí en Lanzarote (aumento del 60% en 2011).

Determinantes ambientales de los cambios en los efectivos poblacionales

La magnitud de cambio en las densidades de la hubara entre 2004/2006 y 2011 para las 30 localidades censadas en Fuerteventura y Lanzarote osciló entre -4,9 y +10,2 hubaras / km². La tabla 5 analiza esta variación entre las 30 localidades de censo atendiendo a las características del paisaje en ellas. Se obtiene un modelo significativo ($F_{6,23} = 5,06$, $p = 0,002$) que explica el 56,9% de la variación entre zonas en los cambios de densidad entre 2011 y 2004/2006. Los efectos de mayor importancia cuantitativa fueron la Isla, la distancia mínima a la carretera asfaltada más cercana, la granulometría del suelo y la altitud (véanse los valores de 'partial eta²' en la tabla 5). Controlando por las covariantes ambientales, la especie aumentó sus efectivos de 2004/2006 a 2011 en Lanzarote (aumento medio de 3,27 hubaras/km²) y disminuyó en Fuerteventura (disminución media de 0,75 hubaras/km²). El cambio de densidad entre los dos periodos de estudio tendió al incremento en 2011 en las localidades más alejadas de la carretera asfaltada más cercana, y tendió a la disminución en 2011 en las zonas con suelo predominantemente arenoso.

Discusión

Aspectos relativos al método de censo

Dos de los principales limitantes que pueden condicionar la calidad de las estimas y el valor de las comparaciones a través del tiempo son las asunciones de que todos los individuos son detectados durante los inventarios y que las estimas son precisas y muestran poco grado de incertidumbre o variabilidad en torno al valor medio (Buckland et al., 2001; Carrascal, 2011). Desde 1994 se llevan realizando sobre una serie de localidades concretas, con delimitación y extensión bien definidas, una serie de inventarios utilizando el método de las batidas mediante transectos separados entre sí 200 m (Martín et al., 1997). Aunque la probabilidad de detección de la hubara medida en 2011 es sólo del 42,3% de 0 a 250 m de distancia del observador, la detectabilidad aumenta considerablemente al restringir las bandas de censo a 100 m a cada lado del observador, ya que asciende al 81,6%. No obstante, esto significa que casi un 20% de la población pasaría inadvertida en las batidas. Por este motivo, Martín et al. (1997) trataron de complementar los conteos con otras aves detectadas más allá de los 100 m del observador, siempre y cuando no hubiesen sido observadas por otros ornitólogos que participaban en el censo (mediante la comunicación

por medio de transmisores–receptores portátiles entre el personal de censo, la anotación precisa de la observación, etc). Considerando estas correcciones, el conteo directo de hubaras asciende al 95,2% de las teóricamente existentes. Por tanto, el método diseñado por Martín et al. (1997) para censar hubaras proporciona valores de efectivos poblacionales muy poco infravalorados, por lo que las estimas previas proporcionadas utilizando este método pueden ser consideradas como muy fiables. No obstante, desaconsejamos el empleo de correcciones tendentes a incrementar el número de aves detectadas dentro de las bandas de censo de 100 m a cada lado del observador, añadiendo otros contactos observados más allá de los 100 m. Es más recomendable calcular la detectabilidad empleando la aproximación estándar de transectos lineales, o en su defecto aplicar la estima de probabilidad de detección proporcionada en este estudio que ha sido obtenida por un amplio grupo de ocho personas con experiencia en trabajos ornitológicos de campo (*i.e.*, dividir los valores de aves censadas por 0,816).

Sin embargo, con un solo censo por localidad no es posible obtener estimas precisas con un escaso margen de variabilidad en torno al valor medio, a juzgar por los resultados obtenidos mediante procesos de remuestreo aleatorio ('bootstrapping'; véanse los intervalos de confianza de las estimas de hubaras por localidad de censo en la tabla 3). Esto plantea un problema considerable a la hora de obtener evidencias sólidas acerca de la certeza de los aumentos–disminuciones de los efectivos poblacionales al comparar fechas o zonas diferentes, especialmente si los intervalos de confianza con criterios probabilísticos y muestrales no son proporcionados en estudios previos (caso de Martín et al., 1997; Lorenzo et al., 2008). Los intervalos de confianza son una necesidad en los programas de censo en los cuales se pretenda obtener inferencias acerca de cambios en los tamaños de población (*p. ej.*, Carrascal, 2011), y un programa de censo deficientemente replicado puede conducir a estimas imprecisas sin potencia para poder discernir aumentos o disminuciones tan grandes como un 50% (*p. ej.*, Freilich et al., 2005).

Atendiendo a las comparaciones entre los intervalos de confianza del 95% de las estimas poblacionales efectuadas en este trabajo, y el único valor medio estimado para el periodo 2004–2006, dos conclusiones emanan: (1) es necesario obtener más de una repetición de los censos en cada localidad de estudio con el objetivo de obtener estimas promedio más precisas (posiblemente un mínimo de tres repeticiones; véase Carrascal et al., 2007 para el caso del corredor sahariano en estas mismas islas, y Guillera–Arroita et al., 2010 para un análisis de simulaciones basado en diferentes probabilidades de ocupación y detección); y (2) sólo es probable datar cambios significativos en los efectivos de hubaras en la misma localidad comparando fechas diferentes si estos se producen en zonas donde la especie fue relativamente abundante (más de 1–2 hubaras/km²) y son de una magnitud de aumento mayor del 125%, y de disminución mayor del 60%. De no darse estas

Tabla 4. Densidades (hubaras/km²) en las localidades de censo en noviembre–diciembre de 2004, 2006 (Lorenzo et al., 2008) y 2011 (este estudio), e intervalo de confianza del 95% de la estima para este último año. Los valores de densidad en la columna 2004/2006 hacen referencia a la densidad media de las estimas en esos dos años: NS. No hay diferencias significativas a $p < 0,05$ entre el valor medio de densidad estimado por Lorenzo et al. (2008) en los años 2004 y 2006 y el intervalo de confianza para la estima de 2011; ↓. descenso significativo a $p < 0,05$ en 2011; ↑. Aumento significativo a $p < 0,05$ en 2011. (Las estimas de densidad para Lanzarote y Fuerteventura se han efectuado teniendo en cuenta solamente la superficie censada en cada una de las dos islas, ver tabla 1.)

Table 4. Density (birds/km²) of houbara bustard in 30 study areas of Fuerteventura and Lanzarote islands in November–December 2004, 2006 (Lorenzo et al., 2008) and 2011 (this paper), and 95% confidence interval for 2011 data. The column 2004/2006 shows the average of 2004 and 2006 densities: NS. Non-significant changes comparing 2004/2006 and 2011 density estimations; ↓. Significant ($p < 0.05$) decrease in density from 2004/2006 to 2011; ↑. Significant ($p < 0.05$) increase in density from 2004/2006 to 2011. (Global estimations for Fuerteventura and Lanzarote have been obtained considering the area censused in each island, see table 1.)

	2004	2006	2004/2006	Cambio	2011	IC95% 2011
Fuerteventura	1,78	1,75	1,77	NS	1,26	0,82–1,82
Corralejo	0,53	2,21	1,37	↓	0,42	0–1,11
Cotillo–Tostón	0,00	0,00	0,00	NS	1,92	0–6,36
Fimapaire	0,74	0,00	0,37	↓	0,00	0–0
Lajares	1,16	1,26	1,21	↓	0,48	0,09–1,05
Llano Grande	0,00	0,21	0,11	NS	0,19	0–0,65
Llano Laguna	1,68	0,95	1,31	NS	2,50	0,69–4,99
Lorenzo–Diviso	2,31	0,32	1,31	↓	0,00	0–0
Los Alares–Pocetas	1,81	1,91	1,86	↓	0,00	0–0
Majanicho	0,74	6,30	3,52	NS	4,18	0,55–8,93
Matas Blancas	1,47	2,00	1,73	↓	0,00	0–0
Muchichafe	1,79	1,26	1,52	NS	1,34	0,27–2,67
Salinas	0,32	0,00	0,16	↓	0,00	0–0
Tableros	0,21	1,16	0,68	NS	0,88	0–2,39
Taca	3,68	1,58	2,63	NS	2,30	0,36–4,97
Tesjuate	5,15	2,31	3,73	NS	1,78	0–3,96
Time	4,52	1,68	3,10	NS	2,92	0–7,22
Tindaya	1,16	0,42	0,79	NS	2,27	0,47–4,73
Vega Vieja	4,41	8,93	6,67	↓	1,74	0–4,9
Lanzarote	6,25	4,03	5,14	↑	8,21	6,14–10,64
Argana	1,89	10,08	5,99	↓	1,12	0–2,93
Caleta Caballo	3,57	2,52	3,05	NS	6,59	2,75–11,53
Famara	3,78	4,52	4,15	NS	5,33	2,62–8,73
Guatiza	2,73	8,19	5,46	↑	14,52	7,48–23,43
La Santa	0,95	0,32	0,63	↓	0,00	0–0
Las Maretas	4,31	1,68	2,99	↑	6,60	3,53–10,35
Playa Quemada	2,84	3,78	3,31	NS	2,23	0,5–4,59
Sóo	6,30	15,55	10,93	NS	16,98	9,83–25,76
Tahiche	7,77	7,88	7,83	NS	5,79	2,94–9,42
Terminillo	0,00	0,42	0,21	NS	3,21	0–9,13
Vuelta de Jai	6,62	1,37	3,99	NS	5,71	0–15,84
Zonzamas	0,84	3,99	2,42	↑	12,62	2,96–27,82

circunstancias, existe un elevado riesgo de cometer el error estadístico de tipo II (aceptar la hipótesis nula—ausencia de cambios de población reales— cuando de hecho es falsa; Quinn y Keough, 2002). Es probable que sean necesarias al menos tres repeticiones por localidad de censo para poder obtener estimas fiables de densidad asumiendo que la hubara está presente y la probabilidad de detección es del 80% (Guillera-Aroita et al., 2010).

Tendencias poblacionales y estado de conservación

La tendencia de población de la hubara en Lanzarote entre 2004/2006 y 2011 parece confirmar lo previamente observado comparando los años 1994 (Martín et al., 1997) y 2004/2006 (Carrascal et al., 2006; Lorenzo et al., 2008): aumento poblacional consistente a lo largo de los últimos quince años, y un incremento del 60% en los últimos cinco años. El aumento local de 2004/2006 a 2011 se ha producido principalmente en Guatiza, Zonzamas, llano de Las Maretas y Caleta de Caballo. Sería muy conveniente que el personal de las administraciones públicas canarias encargado de la gestión del territorio y la conservación de la naturaleza analizase lo que ha ocurrido en estas zonas en los últimos cinco años, para sacar conclusiones acerca de los modelos de uso del suelo compatibles con la conservación de la especie. Salvo en La Santa y en el jable de Argana, en el resto de las localidades de Lanzarote la especie se ha mantenido estable desde 2004/2006. Estos datos vuelven a confirmar el buen estado de conservación de la hubara canaria en Lanzarote, que ha casi triplicado su densidad desde 1994 (3,1 hubaras/km² sobre 49,7 km² prospectados; Martín et al., 1997) hasta 2011 (8,2 hubaras/km²). Por otro lado, a pesar de que su gran tamaño corporal determina bajas densidades por cuestiones alométricas (Gaston & Blackburn, 2000; véase Carrascal & Tellería, 1991 para densidades máximas a escala regional), la especie alcanza en esta isla la mayor densidad de hubara registrada en el mundo (considerando conjuntamente a *Chlamydotis undulata* y *C. macqueni*).

Por el contrario, los cambios temporales en los efectivos de la hubara en Fuerteventura han sido muy diferentes. En 2011 se ha medido una densidad media de 1,27 aves/km² en las 18 zonas censadas, mientras que en estas mismas áreas se estimaron 1,78 aves/km² en 2006, 1,75 aves/km² en 2004 (Lorenzo et al., 2008) y 1,48 aves/km² en 1994 (Martín et al., 1997; estimas corregidas por la detectabilidad). Aunque no se han detectado diferencias significativas globales para esta isla a $p \leq 0,05$ entre la estima de 2011 y las tres anteriores, ha habido ligeras oscilaciones en torno a 1,5 hubaras/km² en los últimos 15 años en Fuerteventura: una leve tendencia al aumento (20%) de 1994 a 2004/2006, y un leve descenso (29%) de 2004/2006 a 2011. No obstante, sí se han podido identificar disminuciones de efectivos poblacionales en ocho de las 18 localidades de Fuerteventura prospectadas en 2004/2006 a 2011 (tabla 4). Estas disminuciones han sido muy marcadas en zonas tan importantes para la especie desde 1994 como Vega

Vieja, jables de Corralejo y Matas Blancas, Lajares, Los Alares-Pocetas y Fimapaire, en donde se detectaron 119 hubaras en 1994 y sólo 17 hubaras en 2011 (utilizando muy similares superficies de 50,5 km² en 1994 y 40,9 km² en 2011).

Estos resultados ponen de manifiesto que los planes de conservación y de gestión tendentes a favorecer a la hubara en las Islas Canarias han tenido diferente éxito a lo largo de los últimos 15 años en Lanzarote y Fuerteventura. Es más, sorprende que en las zonas donde la hubara ha disminuido más sus efectivos en Fuerteventura están incluidas en espacios con algún tipo de figura de protección o importancia natural (EUROPARC-España, 2009). Varias causas pueden explicar este distinto patrón de tendencias poblacionales y estatus de conservación de la hubara en las Islas Canarias Orientales. Los resultados del análisis de los cambios temporales de la densidad de la hubara entre 2004/2006 y 2011 muestran que la especie disminuyó con más intensidad cuanto menor era la distancia a las carreteras asfaltadas. Esto es congruente con los análisis efectuados para la hubara a distinta escala espacial en las Islas Canarias (Carrascal et al., 2006, 2008a), y lo encontrado por Le Cuziat et al. (2005a) para la población de la especie en el este de Marruecos. Una red densa de carreteras y la proximidad a las mismas favorece la penetración del territorio por las actividades humanas (*p. ej.*, actividades de motor al aire libre con quads y motocross, actividades de ocio al aire libre acompañados de perros, recogida de trufas [*Terfezia pinoyi*], etc), incrementando las molestias que pueden alterar el balance de tiempo y energía de las especies y la percepción de riesgo en las actividades cotidianas, afectando finalmente a la biodiversidad animal (Forman & Alexander, 1998; Bennett, 1991; Spellerberg, 1998; Bautista et al., 2004; Palomino & Carrascal, 2007; Benítez-López et al., 2010). Un ejemplo de afección severa de infraestructuras viales afecta a la zona de Fimapaire, en Fuerteventura, que ha sido atravesada por una autovía de reciente construcción; la densidad en dicha zona de censo ha pasado de 2,32 hubaras/km² en 1994, a 0,74 en 2004, y a la ausencia de la especie en 2006 y 2011. Por otro lado, las zonas con predominio de suelo arenoso fueron las que mostraron los mayores descensos de abundancia de la hubara, especialmente si estaban cercanas a carreteras y áreas urbanas (caso muy marcado de los jables de Matas Blancas y Corralejo). Estas zonas arenosas son más susceptibles de ser utilizadas para desarrollar actividades al aire libre muy agresivas (*p. ej.*, práctica de campo a través con vehículos a motor) las cuales generan un elevado impacto sobre la especie.

Controlando por los rasgos ambientales considerados en la tabla 5, en la isla de Lanzarote se dataron incrementos medios de densidad de 2004/2006 a 2011, mientras que en la isla de Fuerteventura las disminuciones de los efectivos poblacionales fueron predominantes. Dos grandes diferencias entre estas islas son la mayor precipitación y productividad primaria de Lanzarote (Morales & Pérez-González, 2000), y el mayor tamaño de la enorme cabaña ganadera caprina existente en Fuerteventura respecto

Tabla 5. Resultados del ANCOVA que analiza las diferencias en densidad de la hubara en [2004/2006–2011] en las islas de Lanzarote (LZ) y Fuerteventura (FV): Alt. Altitud; Pend. Pendiente del terreno; DistUrbano. Distancia mínima a un núcleo urbano; DistCarretera. Distancia mínima a una carretera asfaltada. TipoSuelo. Índice de granulometría del suelo (0: rocoso–pedregoso; 1: compacto; 2: arenoso); Partial eta². Medida de la magnitud del efecto explicando la variabilidad observada. Los efectos definen si las covariantes se asocian negativamente (–) o positivamente (+) con la diferencia de densidad [2004/2006–2011].

Table 5. Results of the ANCOVA analyzing the changes in houbara density from 2004/2006–2011 in Lanzarote (LZ) and Fuerteventura (FV): Alt. Altitude; Pend. Slope of the terrain; DistUrbano. Minimum distance to the nearest city; DistCarretera. Minimum distance to the nearest paved road; TipoSuelo. Index size of soil grain (0: rocky or stony soils; 1: compact, not sandy, soils; 2: sandy soils); Partial eta². Magnitude of effect size accounting for variability observed. The effects define whether the five covariates have a negative (–) or a positive (+) effect.

	Partial eta ²	Efecto	F	g.l.	p
Alt.	0,14	–	3,74	1, 23	0,065
Pend.	0,08	–	2,10	1, 23	0,161
DistUrbano	0,02	+	0,46	1, 23	0,506
DistCarretera	0,23	+	7,00	1, 23	0,014
TipoSuelo	0,17	–	4,82	1, 23	0,038
Isla/Island (FV vs. LZ)	0,41	LZ > FV	15,74	1, 23	0,001

a Lanzarote (*p. ej.*, unas 125.000 y 36.400 cabras respectivamente en 2010; Gobierno de Canarias <http://www.gobcan.es/agricultura/>). El sobrepastoreo por cabras ha sido identificado como un problema de conservación preocupante en Canarias, debido a que erosiona el suelo, reduciendo la biomasa vegetal, la disponibilidad de alimento para muchas especies y la biodiversidad animal (Rodríguez et al., 1993; Rodríguez et al., 2000; Martín & Lorenzo, 2001; Gangoso et al., 2006). Además, hay evidencias de que una elevada densidad de ganado tiene un efecto negativo sobre la hubara debido a molestias y disminución del éxito reproductivo (Lavee, 1988; ver también Pavel, 2004 para su generalizado efecto sobre otras especies), de manera que se ha detectado en la hubara una clara evitación de las áreas con mayor carga ganadera de cabras y ovejas (Le Cuziat et al., 2005b).

Conclusiones

Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto que a pesar de que la hubara es una de las especies más escasas en las Islas Canarias, a finales de 2011 siguió alcanzando en estas islas las mayores densidades registradas para el taxon *Chlamydotis undulata/macqueniei*, y sus efectivos poblacionales han seguido aumentando globalmente en las Islas Canarias orientales desde el primer inventario riguroso efectuado en 1994, aunque esta tendencia de aumento sólo se registró en la isla de Lanzarote, habiéndose datado una tendencia poblacional estable

o ligeramente regresiva en la isla de Fuerteventura. La diferente magnitud de los impactos humanos en estas dos islas, asociados con las infraestructuras viales, la cabaña ganadera de cabras y las actividades de ocio al aire libre, podría ser responsable de las diferentes tendencias poblacionales registradas. Los cambios temporales en la densidad de hubaras descritos en este trabajo para el periodo 2004/2006 a 2011, son similares a los previamente señalados para el periodo 1994 a 2004/2006 (Carrascal et al., 2006, 2008a; Lorenzo et al., 2008). Cuatro zonas importantes para la especie en Fuerteventura (Vega Vieja, jables de Corralejo y Matas Blancas, Lajares) han sufrido importantes reducciones en los efectivos de la especie, a pesar de estar incluidas en zonas con alguna figura de protección.

Se recomienda el empleo del método de censo de las batidas de transectos lineales diseñado por Martín et al. (1997), ya que proporciona unos resultados de censo absoluto muy fiables, que pueden ser corregidos fácilmente mediante las estimas de detectabilidad proporcionadas en este trabajo. También se aconseja seguir efectuando los censos sobre la red de localidades previamente definidas, para poder efectuar comparaciones interanuales en áreas control sobre las cuales se puedan establecer además los cambios habidos en los usos del suelo. No obstante, un solo censo en cada localidad proporciona estimas poco precisas con un gran margen de variabilidad en torno al valor medio. Con un solo censo sólo sería posible acertar en la tendencia correcta de cambio de abundancia local si el incremento es mayor del 125%, o la disminución fuese superior al 60%.

Agradecimientos

Este trabajo no habría podido realizarse sin la ayuda incondicional de un equipo de GREFA compuesto por José Fernando Garcés, Manuel Galán, José María de Colsa, José Luís González, Fernando Blanca, Alfonso Paz y Yeray Seminario. Red Eléctrica de España ha financiado la realización de este trabajo a través de convenios técnicos firmados con GREFA y el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Al Gobierno Canario y los Cabildos de Fuerteventura y Lanzarote como gestores de la especie y territorio respectivamente. Los comentarios de dos revisores anónimos aportaron mejoras al manuscrito original.

Referencias

- Archaux, F., Pierre-Yves, H. & Olivier, G., 2012. When can we ignore the problem of imperfect detection in comparative studies? *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 188–194.
- Bautista, L. M., García, J. T., Calmaestra, R. G., Palacín, C., Martín, C. A., Morales, M. B., Bonal, R. & Viñuela, J., 2004. Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors. *Conservation Biology*, 18: 726–732.
- Benítez-López, A., Alkemade, R. & Verweij, P. A., 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation*, 143: 1307–1316.
- Bennett, A. F., 1991. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. In: *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*: 99–117 (D. A. Saunders & R. J. Hobbs, Eds.). Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L. & Thomas, L., 2001. *Introduction to distance sampling*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- 2004. *Advanced distance sampling*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R., 2002. *Model selection and multimodel inference. A practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York.
- Carrascal, L. M., 2011. Data, preconceived notions and methods: the case of population sizes of common breeding birds in Spain. *Ardeola*, 58: 371–385.
- Carrascal, L. M., Palomino, D., Seoane, J. & Alonso, C. L., 2008a. Habitat use and population density of the houbara bustard *Chlamydotis undulata* in Fuerteventura (Canary Islands). *African Journal of Ecology*, 46: 291–302.
- Carrascal, L. M., Seoane, J., Palomino, D. & Alonso, C. L., 2006. Preferencias de hábitat, estima y tendencias poblacionales de la Avutarda Hubara (*Chlamydotis undulata*) en Lanzarote y La Graciosa (Islas Canarias). *Ardeola*, 53: 251–269.
- Carrascal, L. M., Seoane, J., Palomino, D. & Alonso, C. L., 2007. *El corredor sahariano en España. I Censo Nacional (2005–2006)*. SEO/BirdLife, Madrid.
- Carrascal, L. M., Seoane, J., Palomino, D. & Polo, V., 2008b. Explanations for bird species range size: ecological correlates and phylogenetic effects in the Canary Islands. *Journal of Biogeography*, 35: 2061–2073.
- Carrascal, L. M. & Tellería, J. L., 1991. Bird size and density: a regional approach. *American Naturalist*, 138: 777–784.
- Davison, A. C. & Hinkley, D., 2006. *Bootstrap Methods and their Applications*. Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics, Cambridge.
- Del Arco, M., Wildpret, W., Pérez de Paz, P. L., Rodríguez, O., Acebes, J. R., García, A., Martín, V. E., Reyes, J. A., Salas, M., Díaz, M. A., Bermejo, J. A., González, R., Cabrera, M. V. & García, S., 2003. *Cartografía 1:25.000 de la Vegetación Canaria*. GRAFCAN S. A., Santa Cruz de Tenerife.
- Efron, B., 1981. Nonparametric estimates of standard error: The jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68: 589–599.
- EUROPARC-España, 2009. *Visualizador Cartográfico*. <http://www.redeuroparc.org/>
- Forman, R. T. T. & Alexander, L. E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207–231.
- Freilich, J. E., Camp, R. J., Duda, J. J. & Karl, A. E., 2005. Problems with sampling desert tortoises: a simulation analysis based on field data. *Journal of Wildlife Management*, 69: 45–56.
- Gangoso, L., Donazar, J. A., Scholz, S., Palacios, C. J. & Hiraldo, F., 2006. Contradiction in conservation of island ecosystems: plants, introduced herbivores and avian scavengers in the Canary Islands. *Biodiversity and Conservation*, 15: 2231–2248.
- Gärdenfors, U., 2001. Classifying threatened species at national versus global levels. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 511–516.
- Gaston, K. J. & Blackburn, T., 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science, Oxford.
- Gregory, R. D., Van Strien, A. J., Vorisek, P., Gmelig-Meyling, A. W., Noble, D. G., Foppen, R. P. B. & Gibbons, D. W., 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, 360: 269–288.
- Guillera-Arroita, G., Ridout, M. S. & Morgan, B. J. T., 2010. Design of occupancy studies with imperfect detection. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 131–139.
- IUCN, 2006. *IUCN red list of threatened species*. Available at www.iucnredlist.org
- 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., Vidal, E., Médail, F., Orhant, N. & Béranger, 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. & Lacroix, F., 2005b. Human activities affect the potential distribution of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata undulata*. *Ardeola*, 52: 21–30.
- Lorenzo, J. A., 2004. Avutarda Hubara (Canaria), *Chlamydotis undulata fuertaventurae*. In: *Libro Rojo*

- de las Aves de España: 207–209 (A. Madroño, C. González & J. C. Atienza, Eds.). Dirección General para la Biodiversidad y SEO/BirdLife, Madrid.
- Lorenzo, J. A. & Genové, J., 2007. *Mortandad de aves en los tendidos eléctricos en los ambientes estepáricos de Lanzarote y Fuerteventura, con especial referencia a la avutarda hubara*. SEO/BirdLife, La Laguna (Tenerife). Disponible en www.seo.org/lifehubara/Document/informe_tendidos.pdf.
- Lorenzo, J. A., González, C. Hernández, M. Á. & Delgado, J. D., 2008. *La avutarda hubara en España. Población en 2004–2006 y método de censo*. SEO/BirdLife, Madrid.
- Lurz, P. W. W., Shirley, M. D. F. & Geddes, N., 2008. Monitoring low density populations: a perspective on what level of population decline we can truly detect. *Animal Biodiversity and Conservation*, 31: 29–39.
- Martín, A. & 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. & Delgado, G., 1997. Distribution, status and conservation of the Houbara Bustard *Chlamydotis undulata fuerteventurae* Rothschild & Hartert, 1894, in the Canary Islands, November–December 1994. *Ardeola*, 44: 61–69.
- Martín, J. L., 2009. Are the IUCN standard home-range thresholds for species a good indicator to prioritize conservation urgency in small islands? A case study in the Canary Islands (Spain). *Journal for Nature Conservation*, 17: 87–98.
- Morales, G. & Pérez-González, R., 2000. *Gran Atlas Temático de Canarias*. Arafo, Tenerife.
- Norvell, R. E., Howe, F. P. & Parrish, J. R. 2003. A seven-year comparison of relative-abundance and distance-sampling methods. *Auk*, 120: 1013–1028.
- Palomino, D. & Carrascal, L. M., 2007. Threshold distances to nearby cities and roads influence the bird community of a mosaic landscape. *Biological Conservation*, 140: 100–109.
- Papworth, S. K., Rist, J., Coad, L. & Milner-Gulland, E. J., 2009. Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. *Conservation Letters*, 2: 93–100.
- Pavel, V., 2004. The impact of grazing animals on nesting success of grassland passerines in farmland and natural habitats: a field experiment. *Folia Zoologica*, 53: 171–178.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J., 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Rodríguez, A. R., Soto, M. C. G., Hernández, L. A. H., Mendoza, C. C. J., González, M. J. O., Padrón, P. A. P., Cabrera, J. M. T. & Chávez, G. E. V., 1993. Assessment of soil degradation in the Canary-islands (Spain). *Land Degradation and Rehabilitation*, 4: 11–20.
- Rodríguez, O., García, A. & Reyes, J. A., 2000. Estudio fitosociológico de la vegetación actual de Fuerteventura (Islas Canarias). *Vieraea*, 28: 61–98.
- Santos, A., 2000. La vegetación. In: *Gran Atlas Temático de Canarias* (G. Morales & R. Pérez-González, Eds.). Arafo, Tenerife.
- Seoane, J., Carrascal, L. M. & Palomino, D., 2011. Assessing the ecological basis of conservation priority lists for bird species in an island scenario. *Journal for Nature Conservation*, 19: 103–115.
- Spellerberg, I. F., 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7: 317–333.
- Thomas, L., Buckland, S. T., Burnham, K. P., Anderson, D. R., Laake, J. L., Borchers, D. L. & Strindberg, S., 2002. Distance sampling. In: *Encyclopedia of Environmetrics*: 554–552 (A. El-Shaarawi & W. W. Piegorsch, Eds.). John Wiley & Sons, Chichester.
- Thomas, L., Laake, J. L., Rexstad, E., Strindberg, S., Marques, F. F. C., Buckland, S. T., Borchers, D. L., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Burt, M. L., Hedley, S. L., Pollard, J. H., Bishop, J. R. B. & Marques, T. A., 2009. *Distance 6.0*. Research Unit for Wildlife Population Assessment, Univ. of St. Andrews, UK.