

## Hábitat potencial para el quebrantahuesos en áreas de antigua distribución del Sistema Ibérico oriental (Aragón)

Emma Sánchez-Castilla<sup>1</sup>, J.A. Gil<sup>1</sup>, Luis A. Longares<sup>2</sup>, Manuel Alcántara<sup>3</sup>

**RESUMEN.** Dentro de las actuaciones desarrolladas en el Plan de Recuperación del Quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) en Aragón, se ha llevado a cabo un estudio del hábitat potencial del quebrantahuesos en las estribaciones orientales del Sistema Ibérico aragonés con el objeto de identificar las zonas que reúnen las condiciones más adecuadas para el asentamiento de la especie y determinar su actual capacidad de carga. Se ha estudiado la relación existente entre la distribución de la especie y las características del hábitat que ocupa en la vertiente sur del Pirineo central, desarrollando modelos matemáticos predictivos y cuantitativos de idoneidad de hábitat.

**ABSTRACT.** Within the Recovery Plan of the Bearded vulture (*Gypaetus barbatus*) in Aragon, a study of the potential habitat for this species in the Western mountains of the Iberian System has been carried. The main objectives were to identify the most suitable areas for the re-establishment of the species and determine its carrying capacity. The relation between the distribution of the species and the characteristics of the habitat occupied in the South of the Central Pyrenees has been studied, developing predictive and quantitative mathematical models of habitat suitability.

(1) Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos. Pza. San Pedro Nolasco, 1 4º F. 50001 Zaragoza. E-mail: fcq@quebrantahuesos.org

(2) Departamento de Geografía Física, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna s/n - 50009 Zaragoza.

(3) Servicio de Biodiversidad, Gobierno de Aragón. Ed. Pignatelli s/n, 50071 Zaragoza.



## Introducción

El quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), especie catalogada *En peligro de extinción* en el marco de la normativa nacional (R.D. 439/1990) y como *Especie sensible a la alteración de su hábitat* según la normativa europea (Directiva 79/409/CEE), ha sido objeto de numerosos planes de conservación durante las últimas décadas. Las diferentes acciones de conservación desarrolladas en España desde la década de los años setenta han sido determinantes para su recuperación, observándose un significativo crecimiento poblacional. Paralelamente a su recuperación en los Pirineos, en los últimos años se han incrementado las observaciones fuera de la Cordillera pirenaica (Antor *et al.*, 2000), lo que podría interpretarse como una tendencia dispersiva de la especie hacia territorios de antigua distribución (BirdLife International 1999). Proyectos *Life* como el *Plan de Recuperación del Quebrantahuesos en los Sistemas Montañosos del Noreste de España* (FCQ, 2002) o *Recuperación del Quebrantahuesos en los Picos de Europa* (Báguena *et al.* 2003, 2004a, 2004b, 2005), posibilitaron la ejecución de actuaciones de conservación dirigidas a favorecer la recolonización natural del quebrantahuesos en el Sistema Ibérico y la Cordillera Cantábrica, respectivamente. Dichas acciones establecieron como objetivo general crear las condiciones ambientales y sociales necesarias para la recuperación de la especie en dichos macizos montañosos, dando así cumplimiento a uno de los objetivos reflejados por el Plan de Acción del Quebrantahuesos de la Comisión Europea (BirdLife International, 1999).

En la actualidad, son numerosos los estudios que llevan a cabo evaluaciones cuantitativas de los hábitats ocupados por las especies, recientemente acompañados de tecnologías que emplean Sistemas de Información Geográfica. Este tipo de estudios de hábitat, coherentes con los criterios establecidos por la IUCN (1998) y, en este caso, con las directrices aprobadas en la Estrategia Nacional para la Conservación del Quebrantahuesos en España (Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza, 2000), constituyen herramientas indispensables en el diseño de planes y estrategias de conservación de especies amenazadas, ya que permiten evaluar correctamente las interacciones derivadas de actividades humanas sobre la estabilidad de las poblaciones de rapaces y desarrollar proyectos de gestión del territorio (Sánchez-Castilla *et al.*, 2005).

El objetivo general de este estudio es conocer la idoneidad del hábitat potencial del quebrantahuesos en el Sistema Ibérico oriental, antigua zona de distribución que actualmente recibe la llegada periódica de ejemplares en dispersión, valorando estadísticamente las diferencias con el hábitat ocupado por la especie en los Pirineos. Se plantea como objetivos específicos: (i) modelizar el hábitat de nidificación a partir de los factores que determinan su selección en el quebrantahuesos, (ii) identificar los

lugares con mayor probabilidad de ocupación por el quebrantahuesos y (iii) determinar el tamaño de población potencial. A partir de los resultados obtenidos se proponen las zonas preferentes de actuación y manejo de la especie, sirviendo de orientación para las diferentes acciones de conservación.

## Métodos

El trabajo realizado se dividió en dos fases:

- I. Valoración cuantitativa del hábitat ocupado actualmente por el quebrantahuesos en el Pirineo central, mediante el desarrollo de un modelo predictivo que determina qué características del hábitat favorecen la presencia de la especie.
- II. Aplicación del modelo obtenido en el área de estudio en el Sistema Ibérico (Figura 1), estableciendo las zonas que reúnen las mejores condiciones para ser ocupadas por el quebrantahuesos así como su capacidad de carga.

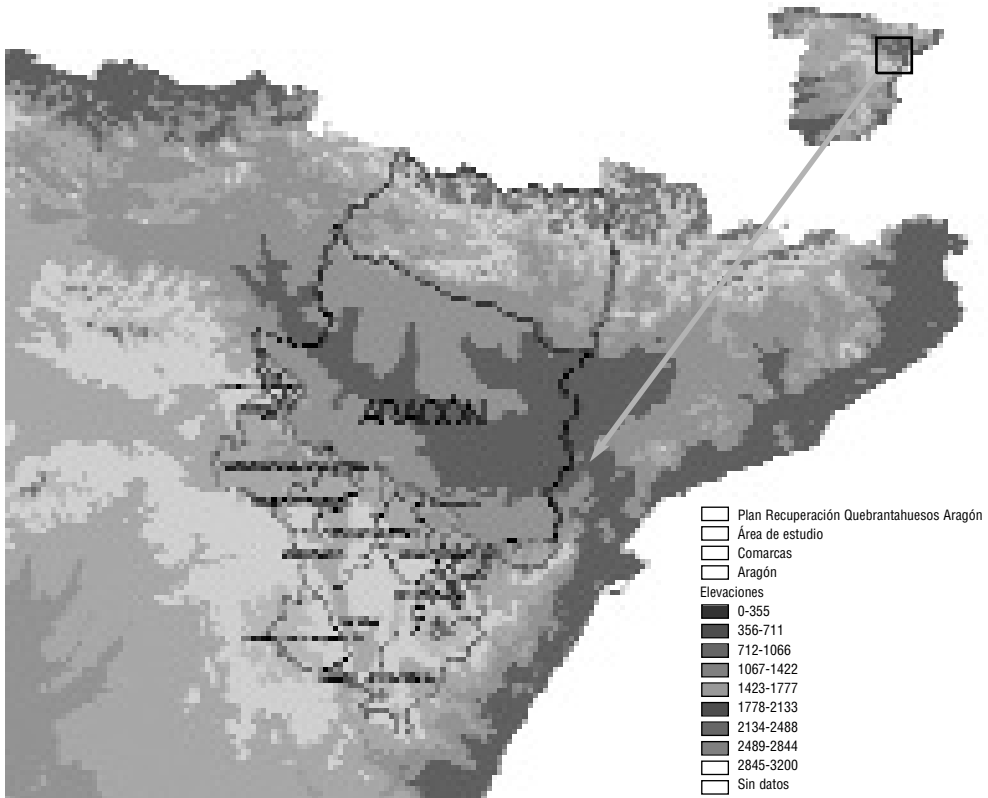


Figura 1. Ámbito de actuación del Plan de Recuperación del quebrantahuesos en Aragón (línea azul) y área de estudio en el Sistema Ibérico oriental (Aragón) (línea roja).

## **Caracterización del hábitat en Pirineos**

La localización geográfica de las Unidades Reproductoras (UR) de quebrantahuesos se obtuvo a partir de los resultados del programa de monitorización de la población reproductora localizada en la vertiente sur del Pirineo central, llevado a cabo entre 1988 y 2004 (FCQ & GA, 2004).

Se caracterizaron áreas circundantes a 58 UR y a 58 puntos no ocupados por la especie distribuidos al azar para proporcionar una medida de la disponibilidad de hábitat. Se utilizó el estatus de ocupación de los territorios en el año 2004 para definir la presencia/ausencia de la especie. La localización de los territorios fue incorporada a un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizado asimismo para generar las coordenadas de los puntos al azar. El mismo SIG fue utilizado para caracterizar los hábitats mediante 24 variables explicativas relativas a topografía, climatología, usos del suelo, disponibilidad de alimento, perturbaciones antrópicas e interacciones intraespecíficas.

La elaboración de mapas cartográficos temáticos, la integración de bases de datos y el conjunto de operaciones del SIG fueron realizadas mediante soportes informáticos ARCVIEW GIS 3.2 (ESRI Corporation, 1992-1999) y MS Excel 2000 (Microsoft Corporation, 1985-1999).

## **Análisis de datos**

### *Selección de zonas con mayor probabilidad de ocupación*

Para conocer la respuesta de la especie frente a cada variable independiente se realizaron análisis univariantes de comparación de la variable dependiente indicadora de presencia / ausencia con los valores medios de las variables predictoras para cada UR. Este análisis se realizó con el objeto de conocer si la ocupación de una zona por el quebrantahuesos difiere significativamente del hábitat disponible para los distintos valores de cada variable explicativa. Las variables fueron retenidas para su inclusión en cuando existieron diferencias significativas entre los dos grupos (ocupación *vs.* no ocupación) y mostraron bajo nivel de correlación entre ellas ( $r < 0,7$ ). Con las variables predictoras potenciales previamente seleccionadas y la presencia / ausencia de la especie como variable dependiente, se desarrollaron modelos de regresión logística que permitieron predecir cuál es la probabilidad de que una zona concreta sea seleccionada positivamente por el quebrantahuesos. La aplicación de la función resultante en el área de estudio del Sistema Ibérico permitió evaluar la adecuación de un hábitat determinado a los requisitos de la especie y obtener mapas de probabilidad de ocupación (P) mostrando la disponibilidad de áreas con hábitat idóneo. Se asignó un valor de P a cada cuadrícula UTM de 0,5 x 0,5 Km. Valores cercanos a

0,99 representaron elevada probabilidad de ocupación mientras que valores bajos indicaron lo contrario.

### *Capacidad de carga*

Para estimar el número medio de ejemplares de quebrantahuesos que podrían albergar los parches de hábitat identificados mediante el modelo predictivo de ocupación territorial se usaron los valores de densidad reproductora conocida para la población pirenaica.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete informático SPSS 10.0 (SPSS Inc.) y el programa STATISTICA 6.0 (Statsoft Inc. 2003). Los modelos cartográficos de probabilidades de ocupación fueron generados mediante GIS ArcView 3.2. (ESRI Corporation, 1992-1999).

## **Resultados**

### **Comparación de territorios ocupados vs. no ocupados**

Los análisis univariados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre territorios reproductores de quebrantahuesos y los puntos al azar. Las UR parecen no distribuirse al azar, mostrando una clara tendencia por hábitats caracterizados por una orografía con mayor pendiente, mayor altitud media, y mayores diferencias altitudinales que el hábitat disponible, pudiendo observarse una mayor presencia de cortados rocosos. Se observa una ligera preferencia por las exposiciones Sur –Sureste, frente a los puntos al azar más orientados hacia Este– Sureste. Asimismo, los resultados muestran ocupación territorial en áreas con mayores densidades de rebecos (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) y menor grado de perturbación antrópica, estimada ésta última a partir del número de pueblos, número de habitantes, carreteras no asfaltadas y líneas eléctricas. Las distancias observadas entre las UR y los territorios reproductores de buitre leonado (*Gyps fulvus*) también aparecen con valores superiores a las registradas en áreas no ocupadas, a la inversa de lo ocurrido entre los nidos de quebrantahuesos, donde las distancias a la pareja de conespecíficos más cercana fueron inferiores que a los puntos al azar.

### **Modelo de calidad de hábitat**

El modelo de regresión logística que mejor discriminó los territorios ocupados de los no ocupados incluyó la pendiente del terreno, el número de pueblos habitados y las vías de comunicación no asfaltadas (pistas forestales). El modelo clasificó correctamente el 88% de los territorios ocupados y el 84% de los no ocupados (punto de corte de  $P = 50\%$ ).

## Hábitat potencial para el quebrantahuesos en áreas de antigua distribución del Sistema Ibérico oriental (Aragón)

Una vez obtenida la función, ésta fue extrapolada al área de estudio en el Sistema Ibérico de manera que cada cuadrícula obtuvo un valor para dicha función. Se obtuvieron así mapas de hábitats potencialmente idóneos para ser ocupados por el quebrantahuesos.

### Aplicación del modelo en el Sistema Ibérico oriental

Basado en los resultados del modelo de regresión logística, se creó un mapa raster con celdas de 500 m asociadas a valores de probabilidad de ocupación que oscilaron entre 0 a 1 (ver Figura 2).

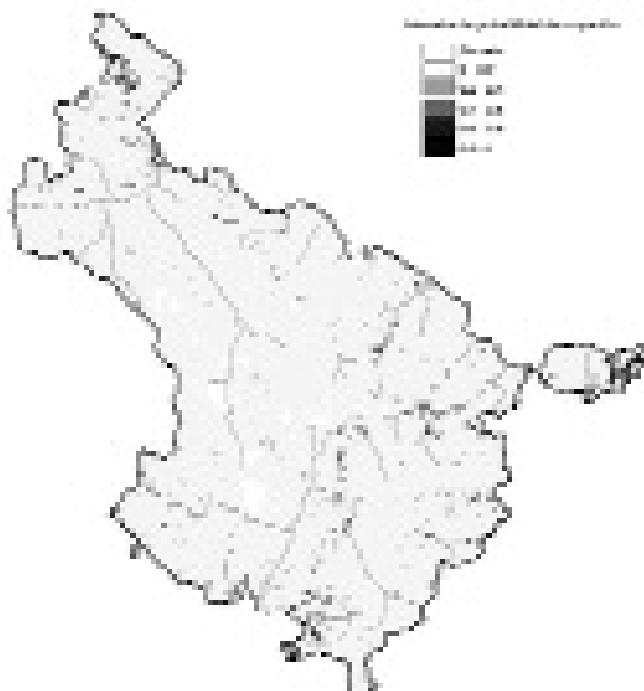


Figura 2. Mapa de probabilidad de ocupación del quebrantahuesos en el área de estudio.

En líneas generales, el índice de calidad de hábitat mostró valores bajos en el área de estudio. Se estableció el valor de  $P= 0,60$  como punto de corte para determinar zonas potencialmente idóneas. Las celdas de hábitat con valores de probabilidad  $P \geq 0,60$  y, por tanto, con condiciones de hábitat adecuadas para el establecimiento de territorios reproductores, únicamente representaron el 2,15% (352,25 Km<sup>2</sup>) del área de estudio.

Estos núcleos quedan restringidos a zonas denominadas como Moncayo, Estrechos del río Jiloca, Tosos – Estrechos del río Huerva, Río Martín, Puertos de Beceite, Maestrazgo, Cedrillas, Gúdar y Javalambre (Figura 3). El nivel de fragmentación del hábitat idóneo para la especie es muy elevado mostrando reducidos y aislados parches de hábitat.

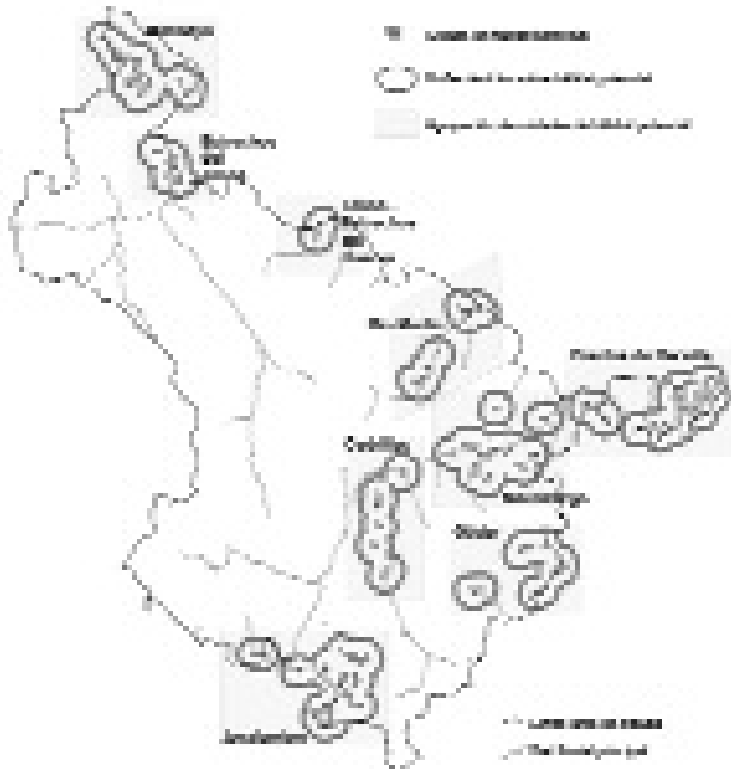


Figura 3. Núcleos identificados como lugares idóneos para ser ocupados por la especie en el área de estudio.

### Capacidad de carga del Sistema Ibérico oriental

A partir de los valores de probabilidad de ocupación de las unidades de hábitat consideradas óptimas ( $P \geq 0,60$ ), y conociendo la densidad reproductora actual de la fracción de población en estudio ( $0,004 \text{ UR/Km}^2$ ), ha sido posible estimar el número de parejas reproductoras de quebrantahuesos que el Sistema Ibérico oriental es capaz de albergar. De ese modo, se obtuvieron valores de capacidad de carga asociada a los diferentes valores de probabilidad. Así, teniendo en cuenta que  $P \geq 0,60$ ,  $P > 0,80$  y  $P = 1$  representan superficies de terreno de  $352,25$ ,  $284,75$  y  $0,0 \text{ Km}^2$ , respectivamente, es posible predecir que la capacidad de carga actual del área objeto de



estudio se reduciría a 1 pareja de quebrantahuesos. Los datos anteriores han sido obtenidos considerando la totalidad de la población de quebrantahuesos del Pirineo central, criterio conservador dada la existencia de amplias zonas de valle no ocupadas por la especie.

Por el contrario, si se toma como referencia un valor más optimista derivado de la existencia de un núcleo reproductor situado en el entorno montañoso del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (estableciendo como límites físicos las cuencas fluviales de 2º orden de los ríos Alcanadre y Vero en sus tramos altos), el cual representa una superficie de 818 Km<sup>2</sup>, se obtiene una densidad reproductora de 0,011 UR/Km<sup>2</sup>. Siguiendo el procedimiento expuesto anteriormente, el número de parejas que el hábitat de distribución potencial sería capaz de albergar se elevaría, oscilando entre 3 para  $P \geq 0,60$  y 4 parejas para  $P \geq 0,80$ .

## Conclusiones

El modelo estadístico obtenido revela la pendiente del terreno como uno de los principales factores determinantes en la selección de hábitat por el quebrantahuesos, coincidente con resultados obtenidos en estudios precedentes (Hiraldó *et al* 1979; Donázar *et al.*, 1993). Asimismo, las áreas de nidificación ocupadas en el Pirineo central se sitúan en lugares poco humanizados, con escasos núcleos de población y bajas densidades de vías de comunicación, mostrándose como una especie sensible a las perturbaciones de origen antrópico.

El análisis de hábitat realizado ha permitido determinar la calidad del territorio como hábitat potencial para el quebrantahuesos en el Sistema Ibérico oriental. Se identificaron como idóneas aquellas celdas de 0,5 x 0,5 Km con valores de  $P \geq 0,60$ , las cuales únicamente representan el 2,15% (352,25 Km<sup>2</sup>) del área de estudio. La disponibilidad de hábitat potencial en el Sistema Ibérico oriental es reducida, tanto en el tamaño de las unidades identificadas por su calidad como en la conectividad que presentan dichos núcleos. Por este motivo, resulta de gran importancia conservar las escasas zonas de conexión entre las manchas de alta calidad, que pudieran facilitar la dispersión de individuos, así como determinar la idoneidad de hábitat que presentan espacios limítrofes (e.g. estribaciones más septentrionales y meridionales del Sistema Ibérico). En el caso de encontrar pasillos ecológicos que permitieran un posible flujo de individuos, deberían establecerse criterios de conservación coordinados y convergentes entre las Administraciones públicas con competencias en su gestión.

A partir de los valores de probabilidad de ocupación de las unidades de hábitat considerados óptimos, y conociendo la densidad reproductora actual existente en el entorno montañoso del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (0,011

UR/Km<sup>2</sup>), ha sido posible estimar que el número de parejas reproductoras de quebrantahuesos que el Sistema Ibérico oriental es capaz de albergar oscila entre 3 y 4 parejas para  $P \geq 0,60$  y  $P \geq 0,80$ , respectivamente.

El presente estudio permite concluir que el hábitat potencial para el quebrantahuesos en el Sistema Ibérico oriental satisface los requerimientos ecológicos de la especie, siendo factible la recolonización de antiguos áreas de distribución. Sin embargo, el reducido tamaño de las unidades de hábitat óptimo al mismo tiempo que la baja conectividad que presentan limitarían la existencia de una amplia población, entendiéndose el proceso de recolonización como la constitución de núcleos aislados dentro de una metapoblación, en contacto con zonas de hábitat de calidad más extensa a través de su continuidad con estribaciones del Sistema Ibérico más septentrionales.

## Bibliografía

- ANTOR, R., J.A., GIL, L. LORENTE, O. DÍEZ, G. BÁGUENA (2000): Observaciones de quebrantahuesos fuera de los Pirineos. *Quercus* 168: 10-14.
- BÁGUENA, G., E. SÁNCHEZ-CASTILLA, M. ROLLÁN, L. TIRADO, A. RODRÍGUEZ (2003): Los Picos de Europa se preparan para el regreso del Quebrantahuesos. *Quercus* 214: 8-9.
- BÁGUENA, G., P. Otero, L. RODRÍGUEZ-REY, M. ROLLÁN, E. SÁNCHEZ-CASTILLA, L. TIRADO (2004a): Resurgir de la extinción. *Ambienta* 38: 43-48.
- BÁGUENA, G., E. SÁNCHEZ-CASTILLA, J.A. GIL, O. DÍEZ, L. LORENTE, R. ANTOR (2004b): Quebrantahuesos. El retorno de la extinción. En: M. Gomendio (Ed.) *Los retos medioambientales del siglo XXI. La conservación de la biodiversidad en España*: 99-112. CSIC, FBBVA. Bilbao.
- BÁGUENA, G., E. SÁNCHEZ-CASTILLA (2005): Restauración de poblaciones extintas: la recuperación del Quebrantahuesos en los Picos de Europa. En: A. Margalida & R. Heredia (Eds.). *Biología de la Conservación del Quebrantahuesos Gypaetus barbatus en España*: 237-254. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (1999): *European Action Plan Lammergeier*. European Commission.
- DONÁZAR, J. A., F. Hiraldo, J. Bustamante (1993): Factors influencing nest site selection, breeding density and breeding success in the bearded vulture (*Gypaetus barbatus*). *J. Appl. Ecol.*, 30: 504-514.
- COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA (2000): Estrategia para la Conservación del Quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) en España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. MIMAN.

- FCQ (2002): Plan de Recuperación del Quebrantahuesos en los Sistemas Montañosos del Noreste de España. Proyecto LIFE NAT/E/005296. Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos (FCQ) y Gobierno de Aragón. Informe inédito.
- FCQ & GA (2004): Gestión de datos del Quebrantahuesos en Aragón. Base de datos inédita.
- HIRALDO, F., M. DELIBES, J. CALDERÓN (1979): *El Quebrantahuesos (Gypaetus barbatus). Sistemática, taxonomía, biología, distribución y protección.* Monografías, 22. Ministerio de Agricultura, ICONA.
- IUCN (1998): *Guidelines for re-introductions.* Prepared by the IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 10 pp.
- SÁNCHEZ-CASTILLA, E., G. BÁGUENA, L.A. LONGARES (2005): Análisis preliminar del hábitat potencial del quebrantahuesos en los Picos de Europa. *Locustella* 3: 27-40.

## **Agradecimientos**

Este estudio ha sido promovido y financiado por la Dirección General de Medio Natural, de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Se encuentra enmarcado dentro del Programa Técnico '*Estudio y Conservación del Quebrantahuesos en Aragón*' establecido mediante Convenio marco de Colaboración entre el Gobierno de Aragón y la Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos para el período 2004-2007. En las diversas etapas de este estudio han participado las siguientes personas y Organismos a los cuales agradecemos su colaboración: Ángel Borque, Antonio Pérez, Carlos Ferrer, Eduardo Calleja, Elena Palacios, Emilio Escudero, Enrique Arrechea, Federico Fillat, Fernando Tapia, Gerardo Báguena, Gonzalo Gil, Ignacio Navacués, Javier Marco, Joaquín Guerrero, José Manuel González Cano, José Luis Lagares, Jesús Insausti, Jesús Laborda, José Ramón Obeso, Julio Guiral, Luis Lorente, Óscar Díez, Raúl Ayala, Ramón J. Antor, Salvador Filella, Víctor Sanz, Xavier Agut. *Generalitat de Catalunya* y Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de la Alfranca (Gobierno de Aragón).

