

# Los sistemas de información geográfica aplicados al estudio, la gestión y la conservación del hábitat del oso pardo (*Ursus arctos* L.) en una área del Pirineo catalán

Pau Sainz de la Maza

Joan Nunes Alonso

*Departament de Geografia,  
Universitat Autònoma de Barcelona.*

## Antecedentes

En 1993, Francia y España acordaron un programa europeo LIFE para la Restauración y la Conservación de la Fauna Pirenaica, con el objetivo de la protección y la salvaguarda, en los Pirineos, de tres especies amenazadas y de gran importancia por la gran cualidad ecológica de los medios que habitan: el quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), el bucardo o cabra salvaje pirenaica (*Capra pyrenaica*) y el oso pardo (*Ursus arctos*).

Este programa (1994-1998), fue financiado en un 75% por la Unión Europea y fue gestionado al sur de los Pirineos por las comunidades autónomas de Navarra, Aragón y Cataluña. El programa de restauración y de conservación para el oso se centró en dos áreas diferenciadas: en el Pirineo occidental, se propuso principalmente, profundizar en el conocimiento de la población relictual y autóctona de oso pardo y mejorar la gestión y las características del hábitat para la especie; en el Pirineo central, donde la especie ya se considerava extinta, se propuso una operación de reintroducción experimental.

El proyecto de reintroducción en el Pirineo central, prolongado hasta finales de 1999 (gracias a un nuevo proyecto LIFE financiado en un 50% por la UE), se puede resumir en tres grandes iniciativas o trabajos:

- La reintroducción de tres animales, dos hembras (primavera de 1996), las llamadas «Ziva» y «Mellba», y un macho, «Pyros», (primavera de 1997) todos ellos provenientes de Eslovenia y liberados en el lado francés del Pirineo, en una zona muy próxima al Val d'Aran (Cataluña).
- La puesta en marcha de medidas de acompañamiento para favorecer la buena integración del plantígrado en las poblaciones locales (operaciones de información, etc.).
- El desarrollo de medidas para hacer el medio natural más favorable para el oso, el seguimiento y estudio de los animales reintroducidos en el territorio y su adaptación al hábitat pirenaico.

En Cataluña, una vez descartada la opción (inicialmente prevista) de liberar ejemplares en el Pirineo catalán, se centraron las energías en el seguimiento de los animales, el estudio de su aclimatación al territorio y a la interacción con las actividades antrópicas. Entre los diversos trabajos dirigidos al estudio, la gestión y la conservación del hábitat del oso pardo, se encuentran los presentados aquí, y realizados con el apoyo de sistemas de información geográfica (SIG) desde el LIGIT (Laboratori d'Informació Geogràfica i Teledetecció) de la UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), entre finales de 1997 y la primavera del 2000, y siempre en colaboración y con el apoyo del Servei de Fauna (entonces adscrito al Departament d'Agricultura y hoy traspasado al Departament de Medi Ambient) de la Generalitat de Catalunya.

## **Fase inicial: elaboración de una base de datos**

La colaboración entre el LIGIT y el Servei de Fauna nació a partir de dos intereses diversos. Por una parte, el interés de los autores de este escrito por desarrollar mediante tecnología SIG una cartografía de áreas de interés potencial para el oso en el Pirineo central, en su parte catalana. Este interés coincidió con el del Servei de Fauna por completar una base de datos digital apta para el uso con software de SIG como apoyo al proyecto LIFE de reintroducción del plantígrado.

En esta primera fase pues, desarrollada desde finales de 1997 y durante el 1998, el LIGIT colaboró en la composición de la base de datos, mediante la digitalización de diversas bases cartográficas originalmente en formato de papel, en la elaboración del MDE (Modelo digital de Elevaciones) y en la obtención de las bases digitales de pendientes y orientaciones a partir de este. Con posterioridad (finales de 1999), fueron integradas también las radiolocalizaciones tomadas por los equipos de seguimiento (francés y catalán) de los animales radiomarcados a la base de datos como una base digital más.

Esta colaboración nos permitió tener acceso a un buen número de informaciones, algunas de ellas ya disponibles en formato digital, y con las cuales se pudieron desarrollar los dos estudios propiamente elaborados desde el LIGIT mediante sistemas de información geográfica, para el proyecto de reintroduc-

ción del oso pardo. En primer lugar, la delimitación de las áreas de interés para la especie y una primera evaluación de la capacidad del territorio para la acogida de los osos. En segundo lugar, y dentro de una segunda fase de colaboración con el Servei de Fauna, el estudio de selección del hábitat.

El cuadro siguiente muestra las diversas informaciones utilizadas en el LIGIT para el desarrollo de estos dos estudios. Todas las bases digitales se trataron para ser utilizadas por el software de SIG ArcInfo de ESRI.

**Tabla 1**  
**Principales informaciones de la base de datos elaborada<sup>1</sup>**

Base	Fuente	Formato origen	Formato en la BD	Resolución/ escala	Bases derivadas	Tipos de elemento
Topográfica digital	ICC	Vectorial	Vectorial	1:50 000	1	Líneas, puntos y polígonos
					Zona de estudio	Polígonos
Zonas urbanas	DMA	Vectorial	Vectorial	1:250 000	2	Polígonos
MDE	LIGIT	Raster	Raster	25 metros	3	Celdas
					Altitud	Celdas
					Pendientes	Celdas
					Orientaciones	Celdas
Vegetación	UB	Vectorial	Vectorial	1:50 000	2	Polígonos
Vegetación (Esp.prod. de frutos secos de otoño)	SF	Papel	Vectorial	1:50 000	-	Polígonos
Zonas rocosas	SF	Papel	Vectorial	1:50 000	-	Polígonos
Zonas cinegéticas	SF	Papel	Vectorial	1:50 000	-	Polígonos
PEIN	DMA	Vectorial	Vectorial	1:25 000	-	Polígonos
Zonas de pastoreo 1997, 1999	DARP	Papel	Vectorial	1:50 000	-	Polígonos
Explotaciones forestales 1996,1997	DARP	Papel	Vectorial	1:50 000	-	Polígonos
Red viaria	ICC,SF	Digital,papel		Vectorial	1:50 000	2 Líneas
Localizaciones de los osos	SF	Fichero de excel		Vectorial	-	- Puntos

### La delimitación de las áreas de interés potencial para el oso pardo

Las características metabólicas del oso pardo (un animal grande, carnívoro pero demasiado pesado para la caza activa y por esta razón un gran consumidor de alimentos subóptimos de origen vegetal) y la presión histórica por parte de la sociedad humana sobre su hábitat, han convertido las áreas donde el oso

1. Abreviaciones utilizadas: ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya), DMA (Departament de Medi Ambient), UB (Universitat de Barcelona), SF (Servei de Fauna), DARP (Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca).

puede alimentarse y las áreas donde el oso puede descansar e invernar, en zonas de vital importancia para la supervivencia de la especie en Europa.<sup>2</sup> Basados en esta premisa se creyó interesante poder llegar a delimitar las zonas de interés potencial para el oso desde el punto de vista trófico y de refugio.

Para la delimitación de estas zonas, se siguieron los métodos de Evaluación Multi Criterio (AMC). El principal procedimiento de estos métodos consiste en la combinación lineal ponderada. En el mundo de los SIG esto se traduce en una superposición de capas con los valores ponderados. El proceso seguido para llevar a cabo los dos modelos desarrollados (el de Interés Trófico y el de Interés de Refugio) ha sido el siguiente:

- a) Una caracterización del hábitat del oso pardo, con la identificación de los factores que se debían considerar en cada uno de los modelos.
- b) Posteriormente se estableció la importancia de cada uno de los factores en juego, y se dieron los valores.
- c) Finalmente, según la expresión aritmética, se obtuvieron los resultados:

$$S = \sum W_i X_i$$

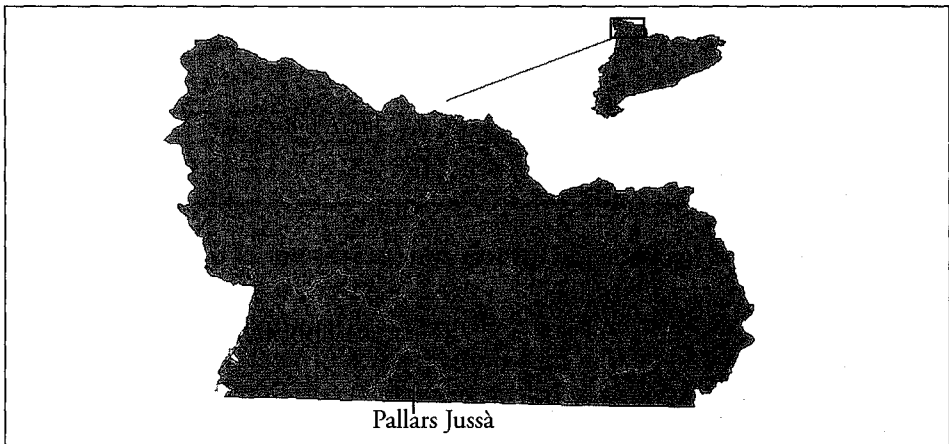
Donde: S = Índice de capacidad de acogida

W = peso del factor i

X = puntuación del factor i

La zona de estudio tratada fue la que se muestra en el mapa 1, que comprende completamente la comarca de la Val d'Aran, y parte de las vecinas comarcas de la Alta Ribagorça, Pallars Sobirà y Pallars Jussà.

**Mapa 1**  
**Área de estudio**



2. Existe un consenso general entre los especialistas sobre la importancia de las zonas de alimentación y la zonas de refugio para la supervivencia del oso pardo en Europa (NAVES y PALOMERO 1993; CAMARRA, 1983; PARDE, 1984; CAUSSIMONT, 1997; CLEVINGER, A.P. y PURROY, F.J., 1991).

### *El Modelo de Interés Trófico*

Se elaboró a partir de un solo factor (la vegetación), debido a que gran parte de la dieta del oso pardo es de origen vegetal, y a la imposibilidad de predecir la localización de los alimentos no vegetales que pueden explotar los osos (insectos, anfibios, carroña, etc.). Dos bases digitales fueron utilizadas en la construcción del modelo, el Mapa de Vegetación elaborado por la Facultad de Biología, un mapa de comunidades vegetales, y el Mapa de Especies Productoras de Frutos Secos elaborado por el Servei de Fauna, un mapa fisionómico, que señala la presencia de las especies que como robles, encinas o hayas, producen unos frutos de vital importancia para el oso pardo. El hecho de poder disponer de esta última base, nos permitió afinar más en localización de las áreas de interés trófico en otoño y primavera, periodos en los que los plantígrados dependen en gran medida de estos recursos para su alimentación.

El proceso llevado ha cabo se puede resumir en los siguientes puntos:

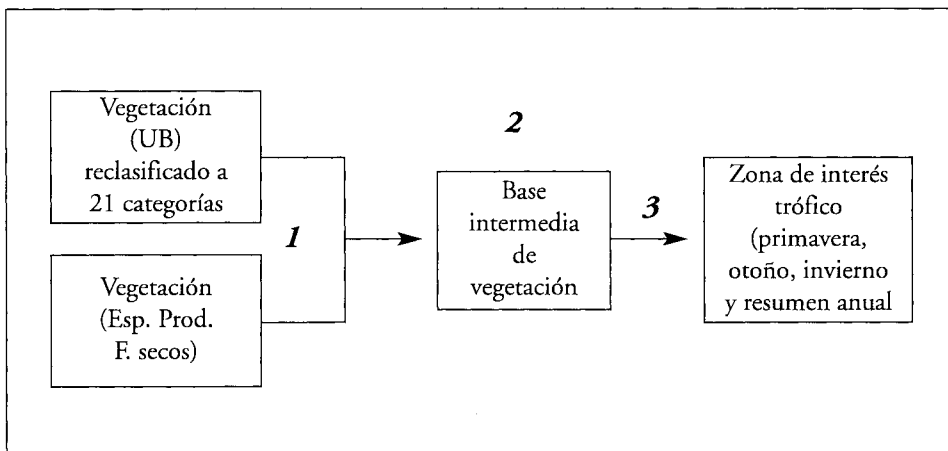
1) *Identificación de las especies de interés trófico para el oso.* En base a la bibliografía existente (NAVES y PALOMERO 1993; CAMARRA, 1983; PARDE, 1984; CAUSSIMONT, 1997; CLEVENGER, y PURROY, 1991) se establecieron los recursos tróficos que el oso explota en cada estación del año (primavera, verano y otoño - el invierno no se consideró pues normalmente el oso invierte y si excepcionalmente no lo hace explota los mismos alimentos que en Otoño). Se establecieron tres grupos básicos de alimentos; los vegetales herbáceos, los frutos carnosos y los frutos secos. Seguidamente se exponen qué especies se consideraron en cada grupo y entre paréntesis y por orden de importancia se apuntan las estaciones del año en que son consumidas. Se estableció también un orden de importancia del consumo de estos tres grupos de alimentos: En primavera, los alimentos de primer orden son los vegetales herbáceos, y en segundo lugar los frutos secos que pueden quedar disponibles del otoño anterior. En verano, los alimentos preferidos son los frutos carnosos por delante de los vegetales herbáceos. En otoño los alimentos más apetecidos por los osos son en primer lugar los frutos secos, después los frutos carnosos, y por último los vegetales herbáceos.

2) *Atribución de valores.* Una vez establecidas las especies y el orden de importancia según la estación del año, se pasó a la atribución de los valores de interés trófico, de 0 a 10, y para cada estación (primavera, verano y otoño), a las diversas categorías de vegetación disponibles en los dos mapas de vegetación. Para determinar la presencia o ausencia de las especies citadas en las diversas clases de vegetación y poder así otorgar los valores, se utilizaron manuales botánicos (FOLCH I GUILLÈN, 1986; BLANCO CASTRO et al., 1998; BOLÒS y VIGO, 1990), la opinión de especialistas, así como el propio conocimiento del área de estudio (en la medida de lo posible). El valor máximo (10) era adjudicado a la clase de vegetación donde se estimaba una presencia abundante del alimento considerado de primer orden, mientras los valores más bajos (0 y 2) se adjudicaron a aquellas clases de vegetación donde se consideraba que la pre-

sencia de alimentos de interés para el oso, en esa estación determinada era muy escasa (2) o nula (0).

3) *Aplicación del modelo*. Una vez atribuidos los valores, se procedió a la superposición de las dos bases digitales y a la aplicación del modelo. Se obtuvieron así las áreas de interés trófico para cada una de las estaciones consideradas. En el siguiente esquema, se resume el proceso de obtención del modelo. En los recuadros aparecen las bases digitales, mientras los números señalan las principales operaciones de SIG realizadas.

**Esquema 1**



**1** = superposición cartográfica y temática de las bases

**2** = atribución de valores definitiva

**3** = aplicación del modelo

### *El Modelo de Interés de refugio*

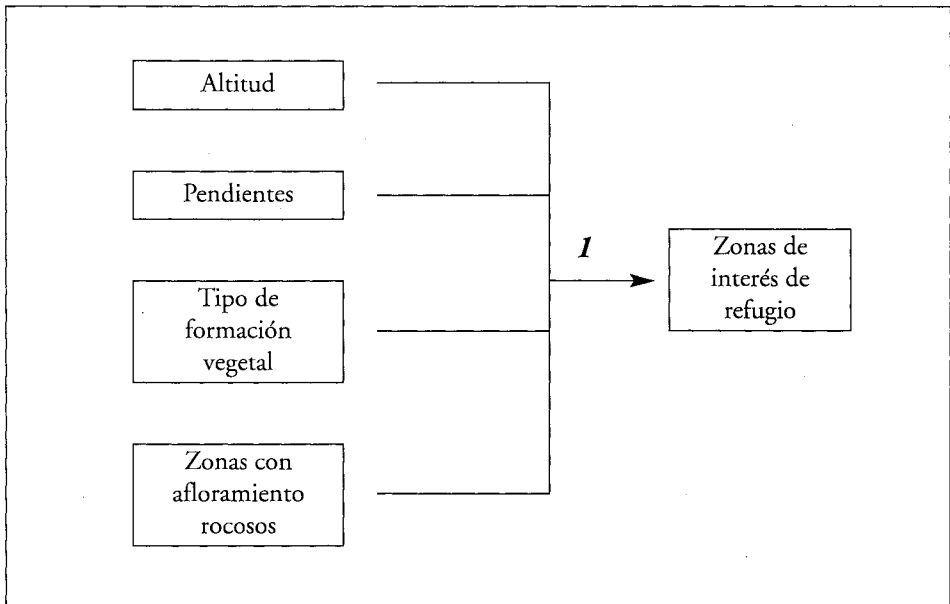
Este modelo se compone de cuatro factores de igual importancia (formación vegetal, pendiente, altitud y presencia de zonas rocosas) y englobaría las áreas que el oso pardo utiliza a lo largo del año para el descanso diario (construcción de encames) y en invierno para invernarse. Veamos también los puntos principales de la elaboración de este modelo:

1) *Identificación de los factores*. En base a los estudios realizados en los Pirineos y en la Cordillera Cantábrica sobre las características de este tipo de zonas (NAVES y PALOMERO, 1993; PARDE, 1994; CAMARRA, 1983), y en base también al tipo de bases digitales disponibles fueron seleccionados cuatro factores, el tipo de formación vegetal, pendiente, altitud y presencia de zonas rocosas, que se estimaron de igual importancia para el cálculo del valor de refugio (ningún valor pues se consideró más determinante que otro para la delimitación de las áreas de interés de refugio para el oso).

2) *Selección de los intervalos y atribución de valores.* Una vez seleccionados los factores, se identificaron los intervalos para los factores de altitud y pendiente a considerar, y en caso necesario, se obtuvieron las bases derivadas necesarias (las de pendientes y altitud con los respectivos intervalos agrupados, y la de tipo de Formación vegetal obtenida a partir del Mapa de Vegetación de la UB). Finalmente se otorgaron los valores, de 0 a 10. Para los diversos factores, los valores más altos fueron para las áreas forestales, en una altitud comprendida entre los 1200 y los 2000 metros, en un pendiente entre los 25 y 40°, y en zonas con presencia de afloramientos rocosos.

3) *Aplicación del modelo* - Seguidamente se procedió a la superposición de las bases y la aplicación del modelo. El siguiente esquema muestra el proceso de elaboración del modelo de interés de refugio.

**Esquema 2**

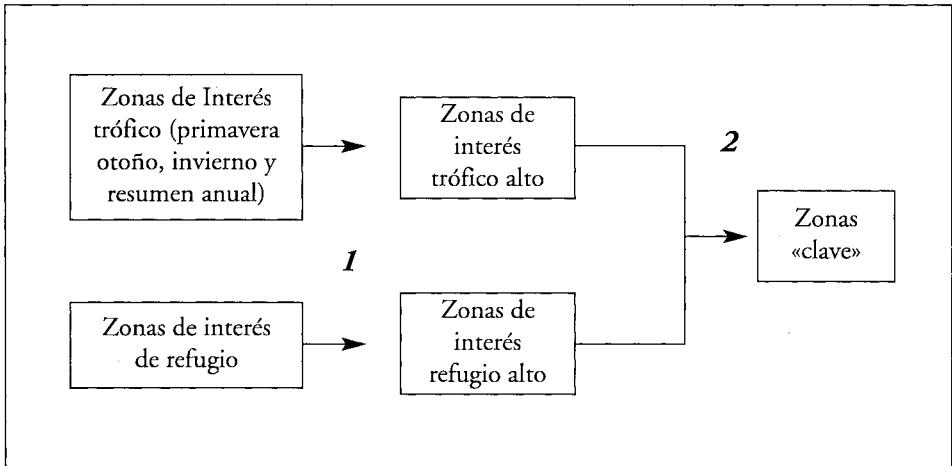


*1* = superposición cartográfica y temática de las bases

***Combinación de los dos modelos: obtención de las zonas clave***

Una vez delimitadas las áreas de interés trófico y las áreas de interés de refugio se procedió a combinar los dos modelos para así poder obtener como resultado, aquellas áreas que reunían a la un interés trófico alto o muy alto y un interés de refugio también alto o muy alto. Estas zonas se denominaron «Zonas clave».

## Esquema 3

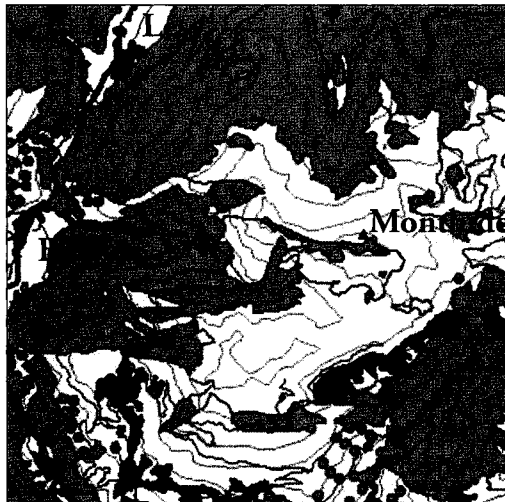


- 1 = Selección de las áreas con valores de interés respectivo alto o muy alto
- 2 = superposición cartográfica y temática de las bases

En las siguientes figuras (a,b, c y d) se observan, para una pequeña zona del área de estudio (el macizo de Montludé en el Val d'Aran) los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos (escala aproximada de las figuras 1:100 000).

*Zonas de interés trófico en primavera; (b) Zonas de interés trófico en otoño (En ambos casos el color oscuro señala las áreas de mayor interés, hasta el blanco, áreas sin interés trófico).*

(a)





(b)

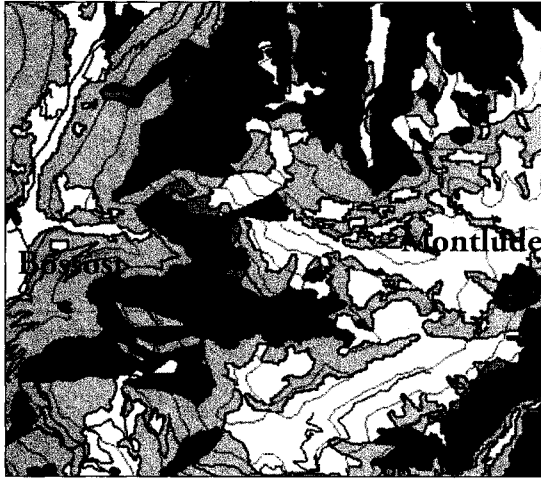


(c) Zonas de interés de refugio y (d) Zonas «clave». (En c, las áreas de mayor interés corresponden al marrón más oscuro, hasta llegar al blanco, áreas sin interés. En d, el color oscuro corresponde a áreas que presentan un interés trófico alto durante todo el año y un alto interés de refugio. Las demás áreas corresponden a zonas de interés trófico alto solo durante alguna estación, mientras que las zonas pintadas con marrón claro corresponden a áreas con valor de refugio alto o medio, sin valor trófico elevado, pero de posible valor como vías de conexión entre zonas de mayor interés para el oso pardo.

(c)



(d)



### *Primera evaluación de los resultados y validación*

Una vez aplicados los modelos y obtenida la delimitación de las distintas áreas de interés potencial para el oso pardo se realizó una primera evaluación de los resultados de este proceso. Un simple análisis del número de hectáreas y el tanto por ciento que cada tipo de zona representaba en el área de estudio así como su distribución espacial hacían pensar, siempre tomando como base las premisas de los modelos elaborados, que en el área de estudio existían suficientes zonas aptas para albergar una población de osos. Evidentemente, mucho más difícil resultó aventurarse a decir qué número de animales podían habitar el territorio.

La disponibilidad, con posterioridad a la finalización de los modelos, de las localizaciones radiotelemétricas de los animales rastreados por los diferentes equipos de seguimiento sobre el terreno, nos permitió evaluar la bondad de los modelos de interés trófico y de refugio presentados. Mediante un análisis estadístico (método del Chi cuadrado e intervalos de confianza de Bonferroni) se pudo comprobar cómo, en un grado más que aceptable, se confirmaba la utilidad de los diversos modelos elaborados.

### **El estudio de selección del hábitat**

El objeto de este estudio fue el análisis en profundidad de las características del hábitat del oso pardo en la misma zona de estudio anteriormente delimitada, en el Pirineo occidental catalán. La realización de este estudio, en el marco del programa LIFE de reintroducción del oso pardo, se encargó por parte del

Servei de Fauna, en noviembre de 1999 como continuación de la colaboración iniciada en 1997 con el LIGIT.

En este apartado se resume el proceso de elaboración y los resultados de esta segunda fase de colaboración. Se trata básicamente de un estudio que analiza la selección del hábitat por parte del oso en contraste con la disponibilidad que presenta el territorio (estudio de *uso versus disponibilidad*). Para la realización del estudio se combinaron las funciones de análisis espacial de un SIG, con la aplicación de métodos estadísticos (análisis de Chi cuadrado y de los intervalos de confianza de Bonferroni). El objetivo de un estudio de este tipo es el de profundizar en el conocimiento del uso que los animales hacen de su hábitat. En concreto, por medio de la comparación del uso observado que hacen de las diferentes categorías de las variables relevantes para la definición del hábitat, en frente de la disponibilidad ofertada por el territorio de estas mismas categorías, se pueden identificar preferencias y por lo tanto inferir las características distintivas del hábitat más apreciado por la especie.

La realización de este estudio partió del hecho de poder contar con una base de datos geográfica, con una serie de informaciones cartografiadas en formato de cobertura Arc/Info (ver segundo apartado). A estos datos, se añadieron posteriormente, las localizaciones de los osos obtenidas por radiotelemetría por los equipos de seguimiento del Servei de Fauna entre 1996 y 1998, sin las cuales, evidentemente, no hubiera sido posible un estudio de esta naturaleza.

### *Las variables estudiadas*

A grandes rasgos, son dos tipos de variables las que fueron consideradas para el estudio. Un primer grupo de variables hace referencia a las condiciones del relieve y la vegetación (*altitud, orientaciones, pendientes, vegetación —comunidades vegetales—, vegetación —especies productoras de frutos secos— y zonas rocosas —no alpinas—*). El segundo grupo de variables se refiere a la presencia humana en el territorio (*distancia a zonas urbanas, distancia a «vías», distancia a carreteras y distancia a pistas forestales*). Las primeras, caracterizan bastante bien el tipo de hábitat de la zona de estudio. Las segundas se escogieron con el objetivo de conocer un poco mejor el comportamiento de los osos en relación a la presencia humana.

### *Las localizaciones de los osos y los casos analizados*

Las localizaciones de los osos fueron el otro elemento indispensable, a demás de las distintas variables presentadas, para la realización del estudio de *uso vs disponibilidad*. La mayoría de las localizaciones fueron obtenidas por radiotelemetría por los equipos de seguimiento (francés y catalán). Además, en un número reducido de casos, se dispuso también de localizaciones deducidas a partir de

rastros observados sobre el terreno. Unas y otras, inicialmente en forma alfanumérica, fueron tratadas para poder ser utilizadas en el entorno de los SIG.

En el cuadro siguiente se muestran el número de localizaciones disponibles para cada animal, estación y año. Los análisis de uso vs disponibilidad fueron realizados en todos los casos en que se disponía de localizaciones, a excepción de los análisis referentes a las variables «antrópicas» (distancia a zonas urbanas, etc.) que fueron realizadas únicamente para el conjunto de los animales.

**Tabla 2**

**Localizaciones recogidas en territorio catalán entre 1996 y 1998 para Ziva (hembra, llegada en 1996), Mellba (hembra, llegada en 1996, muerta por un cazador francés en setiembre de 1997), Pyros (macho, llegado en 1997) y Nere (macho, cría de Ziva, nacido el invierno de 1997 y equipado con un radioemisor temporal)<sup>3</sup>**

oso	1996				1997				1998				Todos los años			
	Pri.	Ver.	Oto.	A.	Pri.	Ver.	Oto.	A.	Pri.	Ver.	Oto.	A.	Pri.	Pri.	Oto.	A.
Ziva	33	74	27	134	42	69	76	187	57	69	86	212	132	212	189	533
Mellba	25	8	33	-	-	-	-	25	8	-	33					
Pyros	-	-	-	-	25	39	-	64	42	93	87	222	67	132	87	286
Nere									17	-	-	17	17	-	-	17
Todos	33	74	27	134	92	116	76	284	116	162	173	451	241	352	276	869

### *Metodología*

Este estudio de selección del hábitat se llevó a cabo por medio de tecnología SIG (proporcionada por los programas ArcInfo i ArcView) y los análisis de tipo estadístico se realizaron con el apoyo del programa SPSS y la hoja de cálculo Excel.

Los cuadros del anexo de resultados que se adjuntan, nos sirven ahora para explicar la metodología del estudio punto por punto.

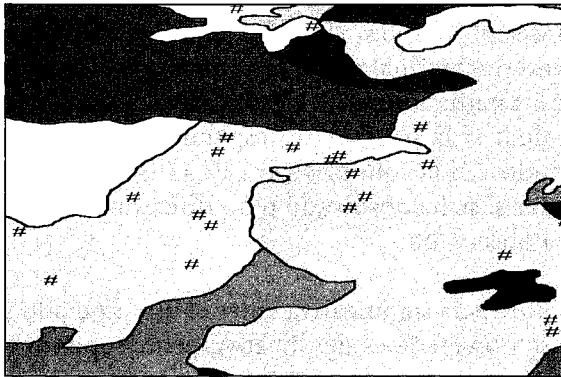
1. En primer lugar (columna de DISPONIBILIDAD) se calculó para cada una de las variables, la superficie y el porcentaje disponible en el área de estudio para cada uno de los intervalos o clases de cada variable.

2. En segundo lugar (columna de USO OBSERVADO) se procedió a conocer que uso habían realizado los osos de cada una de las clases de las distintas variables. Para esta operación se utilizó la capacidad de los SIG para computar la intersección entre los puntos que representan las localizaciones de los

3. Pyros perdió el collar radioemisor a finales del verano de 1997 y fue capturado y reequipado con un nuevo collar en primavera de 1998 por el equipo de seguimiento francés. Nere, cría de Ziva (que como Mellba llegaron al Pirineo fecundadas y dieron a luz a 2 y 3 esbardos respectivamente a principios de 1997) fue capturado y equipado con un radioemisor temporal la primavera de 1998.

osos y las distintas variables (en forma de polígonos). Una vez hecho el recuento de las localizaciones observadas para cada intervalo o clase de una variable dada, se calculó el porcentaje de uso observado sobre el total de localizaciones (también en la columna de USO OBSERVADO). En la figura (e) se pueden apreciar los puntos que representan las localizaciones de los osos sobre la base digital de vegetación (comunidades vegetales). Mediante la intersección, se obtuvieron para cada punto el valor de la clase de vegetación correspondiente a posición.

*Figura (e)*



3. En tercer lugar (columna USO ESPERADO) se calculó el uso esperado, es decir las localizaciones de los osos que se podrían esperar para una determinada variable. Este valor se obtuvo en base al tanto por ciento de área disponible para cada intervalo de la variable en cuestión y en base también al número de localizaciones de oso del periodo analizado.

4. El paso siguiente (columna de SIGNIFICACIÓN y recuadro de Chi cuadrado) fue el de analizar los datos a nivel estadístico. El método elegido fue el conocido como de Neu et al. (1974; BYERS, 1984). Este método se basa en la realización conjunta, primero del test de chi cuadrado y después en la construcción de los intervalos de confianza de Bonferroni. El test de chi cuadrado es un test útil a la hora de determinar si existe una diferencia significativa entre dos distribuciones de frecuencias. En nuestro caso, entre el uso esperado y el uso observado de una determinada variable del hábitat. Con todo, este test resulta insuficiente para identificar los intervalos o clases responsables de las diferencias entre la distribución esperada y la distribución observada. Para examinar individualmente cada una de las clases, el método de Neu et al. usa los intervalos de confianza de Bonferroni, para así establecer si el uso de una determinada clase o intervalo está significativamente por encima o por debajo de lo esperado. La fórmula usada para construir los intervalos es la siguiente:

$$p_i - Z_{\alpha/2k} \sqrt{p_i(1-p_i)/n} \leq p_i \leq p_i + Z_{\alpha/2k} \sqrt{p_i(1-p_i)/n}$$

Donde:

$P_i$  = proporción observada (en tanto por 1)

$Z_{\alpha/2k}$  = valor límite de la Distribución Normal Estándar correspondiente a una probabilidad de  $\alpha/2k$ ; donde  $k$  son el número de clases. En nuestro estudio  $\alpha = 0.05$  (Nivel de significación del 95 %)

$n$  = número de localizaciones

En el apartado SIGNIFICACIÓN, se pueden apreciar de izquierda a derecha las columnas de proporción esperada (en tanto por 1), de proporción observada (en tanto por 1), los intervalos de confianza de Bonferroni (primero el límite inferior, después el límite superior del intervalo construido con la fórmula anterior) y finalmente la columna donde se señala si ha habido o no selección estadísticamente significativa. Para observar esto último solo hay que evaluar si la proporción esperada se sitúa dentro o fuera del intervalo construido. En la columna (SELECCIÓN) se ha indicado con los siguientes símbolos si se ha observado o no diferencias significativas entre el uso esperado y el observado:

= si no existe diferencia significativa entre el uso esperado y el observado

+ (o ++ ) si el uso observado es significativamente superior (o muy superior) al uso esperado

- (o -- ) si el uso observado es significativamente inferior (o muy inferior) al uso esperado

5. Por último, y para las variables de distancia (a zonas urbanas, todo tipo de vías, carreteras y pistas forestales) se calculó también la distancia entre cada uno de los puntos de localización de los osos al objeto espacial más próximo. Con esta información se calcularon los estadísticos descriptivos (distancia mínima, máxima, media y desviación típica) que han sido incluidos en los cuadros de resultados.

### *Los resultados*

El estudio de selección del hábitat aquí presentado mostró una gran cantidad de información sobre las características del hábitat, que al menos durante tres años, y en el lado catalán del Pirineo, fue el preferido por los osos reintroducidos en el Pirineo central. Un retrato robot, resumido, de ese hábitat podría ser el siguiente:

El hábitat preferido por los osos ha sido esencialmente forestal, con una preferencia clara por los bosques de abeto, los hayedos y los robledales húmedos y los abedulares, y más puntualmente por los pinares de pino negro o los matorrales de avellano. En general, el hábitat frecuentado por los osos

se sitúa en altitudes medias (entre 1300 y 1800 metros), tal como corresponde a las comunidades indicadas, aunque según el periodo del año pueden explorar áreas un poco más bajas (en primavera y otoño) o un poco más altas (en verano), seguramente en función de la presencia de alimentos disponibles en cada temporada. Son en general también zonas bastante escarpadas (de pendiente frecuentemente entre los 30° y 60°) y sin una exposición preferente clara, y situadas a una cierta distancia, no mucha pero sí apreciable de las áreas donde la presencia humana es más importante (zonas urbanas y carreteras).

También gracias a este estudio (o en parte al menos) se pudieron observar diferencias entre el comportamiento de la osa Ziva y el oso Pyros (los dos ejemplares para los que se disponía de mayor número de localizaciones). El macho pareció ocupar un hábitat muy estable durante los dos años de seguimiento (siempre mostrando una clara preferencia hacia los bosques de abeto). La hembra en cambio ocupó hábitats más variados, y también en comparación con el oso, pareció buscar zonas de acceso más difícil (a mayor altura y pendiente) y además, durante el otoño mostró una tendencia a buscar zonas con presencia de afloramientos rocosos, cosa que no hizo el macho. La razón de estas diferencias podría encontrarse en el hecho que Ziva parió dos esbardos en el invierno de 1997, cosa que la habría obligado a buscar la seguridad de las zonas de más difícil acceso, zonas más seguras para ella y sus cachorros.

En el anexo de resultados (páginas se adjuntan algunos ejemplos de los resultados obtenidos. En concreto, y considerando todo el periodo y todos los animales, se muestran el análisis de selección de altitud, pendiente, vegetación (comunidades vegetales más significativas) y análisis de proximidad a zonas urbanas.

## Conclusiones

El oso pardo (*Ursus arctos*) es el más grande de los carnívoros de Europa. Es un animal poderoso, pero al mismo tiempo frágil, que debido a su estructura metabólica debe ingerir una gran cantidad de alimentos subóptimos, vegetales mayoritariamente, dada su poca habilidad para la caza y la escasez de presas fáciles, al menos en el continente europeo. Este hecho convierte al oso en una especie que depende para su supervivencia de la disponibilidad estacional de alimentos muy concretos, que se concentran en hábitats determinados. A su vez, es también básico para la especie, poder disponer de áreas lo suficientemente tranquilas para el reposo diario y para pasar el invierno. El reposo diario suficiente es la manera de mantener el frágil equilibrio energético proporcionado por la dieta casi vegetariana de un carnívoro, y la hibernación, la manera de superar el periodo del año en el que escasean más los alimentos.

Los estudios realizados desde el LIGIT con el apoyo del Servei de Fauna de la Generalitat de Catalunya aquí presentados, demuestran la utilidad de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta de apoyo para el estudio y gestión de la fauna amenazada. Es bien cierto que los modelos utilizados para la delimitación de las áreas de interés trófico y de refugio son claramente mejorables, pero creemos sinceramente en su utilidad y validez, esta en parte confirmada por la presencia de los animales reintroducidos. El estudio de selección del hábitat ha sido un paso más allá para poder comprender las necesidades de los plantígrados, y son muchas las enseñanzas que se pueden extraer de él: la importancia de unos determinados hábitats, la relación de los animales y las zonas donde se concentran las actividades humanas, el desigual comportamiento de los individuos (macho y hembra) o el desigual comportamiento del mismo animal de un año para otro.

Estos estudios, y en general la buena adaptación de los animales reintroducidos (hoy son seis individuos, fruto del nacimiento en el Pirineo de cuatro oseznos, a los que se suman la osa Ziva y el macho Pyros) demuestran que el Pirineo central es hoy todavía una área con suficientes hábitats de calidad para albergar a un animal tan exigente como el oso pardo. Actualmente el proyecto de reintroducción se encuentra parado. La administración francesa ha decidido no liberar más animales pero tampoco recapturar a los ya presentes (como algunos políticos pretendían). Lleguen o no más ejemplares, y aunque la población actual es escasa como para ser optimistas, la supervivencia de los plantígrados en esta área dependerá en el futuro de una gestión que contemple la conservación de las áreas de interés para la especie (que a la vez son zonas de interés para un gran número de otras especies protegidas, como el urogallo, el pico picapinos, la lechuza de Tengmalm, la marta, o la garduña por citar solo unos pocos) y la gestión de las actividades humanas en la zona osera (la caza especialmente pero también el turismo agresivo —excesiva proliferación de pistas de esquí, urbanizaciones sin fin, etc.—). En definitiva el oso pone en cuestión el tipo de desarrollo hasta ahora impuesto en el Pirineo. No se trata de reservar una gran cantidad de hectáreas y hacerlas intocables. No se trata tampoco de perjudicar a los pocos ganaderos que quedan en el Pirineo. No se trata tampoco de prohibir la caza, o limitar las estaciones de deportes de invierno. El Pirineo con osos demanda un modelo de desarrollo globalmente diferente, donde tendría cabida la caza, pero más controlada, las estaciones de esquí, pero no en todas partes y a cualquier precio, y por supuesto la ganadería, una actividad tradicional, que con ciertas precauciones (cerrado de los rebaños durante la noche, incorporación de perros vigilantes,...) podría incluso sacar provecho de la imagen de marca que el oso pardo puede añadir a los productos de la tierra (quesos, carne, mermeladas, etc.). Estamos seguros que en este Pirineo el oso tendría su lugar, y seguro que los beneficios para la mayoría de ciudadanos, locales y foráneos, serían mayores que los que propone el modelo de desarrollo actual.



## Bibliografía

- BOLÒS, O. DE; VIGO, J. (1990). *Flora dels Països Catalans*. Barcelona: Barcino.
- BYERS, C.R.; STEINHORST, K. (1984). «Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data». *Journal of Wildlife Management* [Bethesda, USA], 48, 3.
- CAMARRA, J.J. (1983). «Habitat utilization of brown bear in the western Pyrenees». *Acta Zool. Fennica*, 174, p. 157-158.
- CAUSSIMONT, G. (1997). *Avec le naturaliste sur les pas de l'ours brun des Pyrénées*. Loubatières.
- CLEVENGER, A.P.; PURROY F.J. (1991). *Ecología del oso pardo en España*. Instituto de Ciencias Naturales. Madrid: CSIC.
- COSTA, M.; MORLA, C.; SAINZ, H. [eds.] (1998). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Barcelona: Planeta.
- NAVES, J.; PALOMERO, G. (1993). *El oso pardo en España*. Madrid: Icona.
- NEU, C.W.; BYERS, C.R.; PEEK, J.M. (1974). «A technique for analysis of utilization-availability data». *Journal of Wildlife Management* [Bethesda, USA], 38, 3.
- PARDE, J.M. (1984). *Ecologie de l'ours brun (Ursus arctos L.) dans les Pyrenees centrales et orientales. Application à la conservation de ses biotopes*. Tolosa: Tesis de tercer ciclo. Université Paul Sabatier.

## Anexo de resultados: ejemplo de los resultados obtenidos con algunas de las variables tratadas

### 1.1.a Selección de altitud: todos los osos (1996, 1997, 1998)

altitud (m)	Disponibilidad		Uso esperado			Uso observado			Significación (95%)	
	área (ha)	%	localizaciones	localizaciones	%	prop esperada	prop. observada	intervalos de confianza <sup>2</sup>	selección <sup>1</sup>	
300-800	1076	0,61	5,28	2	0,23	0,0061	0,0023	-0,0020	0,0066 =	
801-1300	20299	11,47	99,65	135	15,54	<b>0,1147</b>	0,1554	0,1229	0,1878 +	
1301-1800	46415	26,22	227,87	462	53,16	<b>0,2622</b>	0,5316	0,4870	0,5763 ++	
1801-2300	67197	37,96	329,89	266	30,61	<b>0,3796</b>	0,3061	0,2649	0,3473 -	
2301-2800	41166	23,26	202,10	4	0,46	<b>0,2326</b>	0,0046	-0,0015	0,0107 - -	
2801-3300	858	0,48	4,21	0	0,00	0,0048	0,0000	0,0000	0,0000 no evaluado	
<b>Total</b>	<b>177011</b>	<b>100</b>	<b>869</b>	<b>869</b>	<b>100,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

1. No se evalúan los intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5; ni los intervalos con prop. observada = 0 o 1

2. Intervalos de confianza simultáneos (intervalos de Bonferroni, considerando  $Z_{\alpha/2k}$ , donde k = número de clases)

Chi-cuadrado <sup>3</sup>	465,941
gl	5
Significación	0,000

3. Nombre de intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5: 1

### 1.1.c Selección de pendiente: todos los osos (1996, 1997, 1998)

pendientes (m)	Disponibilidad		Uso esperado			Uso observado			Significación (95%)	
	área (ha)	%	localizaciones	localizaciones	%	prop esperada	prop. observada	intervalos de confianza <sup>2</sup>	selección <sup>1</sup>	
0 a 10	14634	8,27	71,84	21	2,42	<b>0,0827</b>	0,0242	0,0104	0,0379 -	
10 a 20	34408	19,44	168,92	98	11,28	<b>0,1944</b>	0,1128	0,0845	0,1411 -	
20 a 30	59426	33,57	291,74	277	31,88	0,3357	0,3188	0,2771	0,3605 =	
30 a 40	52374	29,59	257,12	358	41,20	<b>0,2959</b>	0,4120	0,3679	0,4560 +	
40 a 60	16102	9,10	79,05	115	13,23	<b>0,0910</b>	0,1323	0,1020	0,1627 +	
60 a 90	67	0,04	0,33	0	0,00	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000 no evaluado	
<b>Total</b>	<b>177011</b>	<b>100</b>	<b>869</b>	<b>869</b>	<b>100,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

1. No se evalúan los intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5; ni los intervalos con prop. observada = 0 o 1

2. Intervalos de confianza simultáneos (intervalos de Bonferroni, considerando  $Z_{\alpha/2k}$ , donde k = número de clases)

Chi-cuadrado <sup>3</sup>	122,771
gl	5
Significación	0,000

3. Nombre de intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5: 1

### 1.1.d Selección de vegetación (comunidades vegetales): todos los osos (1996, 1997, 1998)

Disponibilidad altitud (m)	Uso esperado		Uso observado		Significación (95%)		prop esperada	prop. observada	intervalos de confianza <sup>2</sup>	selección <sup>1</sup>
	área (ha)	%	localizaciones	localizaciones %		%				
Robledal seco y carrascal	4631,25	2,61	22,72	0	0,00	0,0261	0,0000	0,0000	0,0000	no evaluado
Matorral de avellanos	2416,44	1,36	11,85	24	2,76	0,0136	0,0276	0,0117	0,0435	=
Robledal húmedo	7369	4,16	36,15	76	8,75	<b>0,0416</b>	0,0875	0,0600	0,1149	+
Hayedos	4766,67	2,69	23,38	100	11,51	<b>0,0269</b>	0,1151	0,0841	0,1461	++
Fresnedales y b. de ribera	1322,55	0,75	6,49	0	0,00	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000	no evaluado
Bosques de Pino silvestre	12892,87	7,28	63,24	56	6,44	0,0728	0,0644	0,0406	0,0883	=
Abetales	8201,98	4,63	40,23	256	29,46	<b>0,0463</b>	0,2946	0,2503	0,3389	++
Bosques de Pino negro	23697,07	13,38	116,24	125	14,38	0,1338	0,1438	0,1097	0,1780	=
Matorral	23046,23	13,01	113,05	75	8,63	<b>0,1301</b>	0,0863	0,0590	0,1136	-
Prados	61108,69	34,49	299,75	136	15,65	<b>0,3449</b>	0,1565	0,1212	0,1918	-
Cultivos y zonas urbanas	8615,67	4,86	42,26	13	1,50	<b>0,0486</b>	0,0150	0,0032	0,0268	-
Zonas rocosas	19091,66	10,78	93,65	8	0,92	<b>0,1078</b>	0,0092	-0,0001	0,0185	-
<b>Total</b>	<b>177160,08</b>	<b>100</b>	<b>869</b>	<b>869</b>	<b>100,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

1. No se evalúan los intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5; ni los intervalos con prop. observada = 0 o 1

2. Intervalos de confianza simultáneos (intervalos de Bonferroni, considerando  $Z_{\alpha/2k}$ , donde k = número de clases)

Chi-cuadrado <sup>3</sup>	1696,248
gl	11
Significación	0,000

3. Nombre de intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5: 1

## 2.1 Análisis de distancia a zonas urbanas: todos los osos (1996, 1997,1998)

intervalos (m)	Disponibilidad		Uso esperado			Uso observado			Significación (95%)	
	área (ha)	%	localizaciones	localizaciones	%	prop esperada	prop. observada	intervalos de confianza <sup>2</sup>	selección <sup>1</sup>	
0-1000	27335,47	15,43	134,09	33	3,80	0,1543	0,0380	0,0213	0,0547 --	
1000-2500	43812,99	24,73	214,91	371	42,69	0,2473	0,4269	0,3837	0,4701 +	
2500-5000	48009,72	27,10	235,50	236	27,16	0,2710	0,2716	0,2327	0,3104 =	
5000-7500	38682,84	21,83	189,75	164	18,87	0,2183	0,1887	0,1545	0,2229 =	
más de 7500	19319,04	10,90	94,76	65	7,48	0,1090	0,0748	0,0518	0,0978 -	
<b>Total</b>	<b>177160,06</b>	<b>100</b>	<b>869</b>	<b>869</b>	<b>100,00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

1 No se evalúan los intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5; ni los intervalos con prop.observada = 0 o 1

2 Intervalos de confianza simultáneos (intervalos de Bonferroni, considerando  $Z_{\alpha/2k}$ , donde k = número de clases)

Chi-cuadrado <sup>3</sup>	202,379
gl	4
Significación	0,000

3 Nombre de intervalos con frecuencia esperada (localizaciones) < 5: 1

Estadísticos descriptivos	n	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típica
	869	133,39	9977,10	3522,22	2186,11
n válidos	869				