

Favorabilidad, selección de hábitat, distribución y abundancia primaveral de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en el macizo de Sierra Blanca y Canucha (provincia de Málaga, SO España)

J. DUARTE¹, M. A. FARFÁN¹, D. ROMERO²,
J. M. VARGAS², R. REAL² y P. J. RUBIO³

(1) Biogea Consultores. C/ Navarro Ledesma 243, 29010 Málaga.

(2) Dpto. Biología Animal, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos, Universidad de Málaga. E-mail: jmvy@uma.es

(3) Delegación de Medio Ambiente, Mancomunidad Municipios de la Costa del Sol Occidental, Urb. Elviria, CN 340, Km. 190,7; 29600 Marbella (Málaga).

Palabras clave: cabra montés, distribución, favorabilidad, gestión del hábitat, selección de hábitat.

RESUMEN

Se ha analizado la selección de hábitat, distribución y abundancia primaveral de una población de cabra montés y se han generado modelos de favorabilidad de hábitat para la gestión de la especie. El área de estudio es una zona colindante con el Parque Natural Sierra de las Nieves (provincia de Málaga). Se han realizado censos de la población de cabra y muestreos de la vegetación, análisis de la topografía, la presencia de agua y los usos de suelo, basándose en ortofotografía digital. La densidad se analizó mediante transectos lineales con estima de distancia perpendicular. Para la selección de hábitat se comparó mediante ANOVAs y tests no paramétricos la vegetación y el hábitat de las cuadrículas con presencia y ausencia de cabras. Para el análisis de distribución y abundancia se utilizaron modelos basados en distribuciones binomiales, regresiones logísticas y lineales múltiples. Se generaron funciones de favorabilidad y mapas predictivos de zonas óptimas para la presencia y abundancia de la cabra en el área de estudio. Los resultados muestran que la población de cabras oscila en torno a una densidad media de $1,97 \pm 0,71$ cabras / Km². Su productividad es de $0,47 \pm 0,33$ crías / hembra y la razón de sexos de 2:1 (H:M). Las cabras muestran una distribución contagiosa y se asocian directamente con zonas rocosas, con pastos de gramíneas y claros de monte con matorral disperso procedentes de áreas incendiadas recientes. Las zonas con mayor abundancia de cabras están relacionadas con una mayor cobertura de quercíneas. Los modelos y mapas de favorabilidad de generados permiten decidir cuales son las medidas idóneas de gestión del hábitat para la cabra en la sierra, a la vez que la toma de decisiones a microescala sobre cuáles serían las mejores zonas para implementar dichas medidas.

INTRODUCCIÓN

Los estudios existentes sobre selección y uso del hábitat por la cabra montés son relativamente escasos en comparación con otros aspectos de la biología de la especie. Granados *et al.* (2001) ha revisado el conocimiento general que se tiene de la especie y cita, entre otros, los trabajos de Ramírez *et al.* (1994) sobre ocupación del espacio; los de Escós y Alados (1992a, 1992b y 1996) sobre preferencias de hábitat, áreas de campeo y ecología en general de la especie. Estos datos contrastan con la relativa abundancia de trabajos sobre la dinámica de poblaciones, abundancia, distribución, morfología y comportamiento de la especie (véase, por ejemplo, Alados y Escós, 1985; Alados, 1986; Fandos y Martínez, 1988; Fandos, 1991; o Pérez *et al.*, 1994; Granados *et al.*, 1997), sobre sus hábitos alimentarios (Cuartas y García-González, 1991; Martínez, 1990 y 1994) o sobre aspectos sanitarios (Lavin *et al.*, 1997; León *et al.*, 1999). La gestión que se lleva a cabo actualmente de las especies de caza se basa sobre todo en aspectos relacionados con el control de especies, los refuerzos poblacionales y los traslados y reintroducciones, muchas veces con animales de granja (Vargas, 2002). Este modelo de gestión es en muchos casos ineficaz o fomenta un tipo de caza basada en la producción y la cantidad. Tanto a una escala local como a escala regional hay factores del hábitat que no suelen ser tenidos en cuenta a la hora de la gestión. De hecho, la gestión del hábitat reúne un conjunto de medidas muy recomendadas por diferentes autores para la gestión cinegética de muchas especies (véase por ejemplo, Borralho *et al.*, 1999; Lombardi *et al.*, 2003; Acevedo *et al.*, 2005), que van en consonancia con una gestión de calidad de la caza (Carranza y Vargas, 2007), pero que rara vez se ponen en práctica. La potencialidad del territorio, es decir, la favorabilidad ambiental de un determinado territorio respecto a una especie es uno de los factores antes citados. Este aspecto, que aún hoy día está escasamente investigado, fue ya puesto de manifiesto por López-Ontiveros y García-Verdugo (1991) al afirmar que todavía no se conoce con exactitud los parámetros ambientales que condicionan la geografía cinegética. No obstante, ya hay diversos autores que, conscientes de la importancia de este nuevo enfoque para la gestión de las especies cinegéticas, han desarrollado metodologías para la elaboración de modelos predictivos que permiten, por un lado, conocer los factores ambientales y usos del suelo que están determinando la distribución actual de las especies cinegéticas y, por otro, delimitar las áreas más favorables para la presencia de las especies (Vargas *et al.*, 2006; Farfán *et al.*, 2009). Sin embargo, el concepto de favorabilidad ambiental, que a una escala regional tiene una evidente relevancia en la gestión de especies de caza, no es menos importante cuando se trata de aplicar a microescala, ya sea en un coto o en una reserva, puesto que permite decidir medidas concretas de gestión del hábitat y localizar geográficamente la implementación de dichas medidas. En esta comunicación se ponen de manifiesto las posibles aplicaciones de estos modelos a escala local, usando como ejemplo a la cabra montés en una reserva de caza de Andalucía (sur de España), próxima al Parque Natural Sierra de las Nieves (Málaga), y basándose en el estudio previo de la selección de hábitat, la distribución y la abundancia del ungulado en la zona.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está constituida por el núcleo central de los municipios que componen la Mancomunidad de la Costa del Sol Occidental (provincia de Málaga, Andalucía, Sur de España), que agrupan las estribaciones más meridionales de las cordilleras béticas, las cuales forman sierras costeras en esta zona y en la que se encuadra la unidad de

Figura 1. Localización del área de estudio.



Sierra Blanca y Canucha (ver figura 1). Esta unidad se encuentra localizada entre los términos municipales de Istán (al oeste), Ojén y Monda (norte y este) y Marbella (al sur). Geográficamente su centro se localiza en los 36° 30' N y 4° 45' W, lo que corresponde a efectos de este estudio con un área comprendida entre las cuadrículas UTM de 10 x 10 Km 30SUF25, 20SUF35, 30SUF24 y 30SUF34 (ver figura 2). Se trata de un pequeño macizo montañoso que destaca a primera vista en la Costa del Sol, por su color blanco grisáceo y por la característica forma de una de sus cimas más altas (La Concha) vista desde la bahía de Marbella. La superficie aproximada del conjunto de la sierra es de 6.500 hectáreas. Las alturas máximas de la sierra están en el pico de La Concha (1.215 m.), Cerro Lastonar (1.275 m.), Picacho de Castillejos (1.232 m.) y Los Cuchillos (1.222 m.). El clima de la zona es mediterráneo templado, con una temperatura media de 17°C (rango 0 a 40°C) y una pluviometría media anual variable entre los 650 y 930 mm (Capel-Molina, 1981). Rara vez nieva y cuando lo hace sólo cubre las cumbres más altas y apenas dura un par de días. Sierra Blanca data del plegamiento Alpino y presenta una secuencia litológica basada en grupos de migmatitas, gneises y esquistos sobre los que se ha formado un bloque metamórfico de mármoles basados en calizas y dolomitas (Sanz de Galdeano y Andreo, 1995). La vegetación de Sierra Blanca se encuadra en la serie *Smilaco mauritanicae-Querceto rotundifoliae* termomediterránea bética de la encina (Nieto *et al.*, 1991), según la cual potencialmente dominaría el encinar acompañado de acebuche y lentisco. Actualmente la mayor parte de la sierra está cubierta por pino carrasco *Pinus halepensis* de repoblación, acompañado de lentisco, acebuche, algarrobo y matorral de jaras y aromáticas. En las zonas altas domina el pastizal de gramíneas y el lastonar *Brachypodium phoenicoides*. En algunas de las cañadas más occidentales aparecen rodales de pinsapo *Abies pinsapo*, sobre todo el límite con la Dehesa de Bornoque y el Parque Natural Sierra de las Nieves, en las cañadas de Los Cuchillos y El Pozuelo. El monte de Sierra Blanca fue cazadero y propiedad de los Marqueses de Larios. La antigua casa o “palacio” de Juanar fue mandada construir por el marqués a finales de los años veinte con el objeto de acoger y alojar al Rey Alfonso XIII durante las cacerías de cabras monteses que se celebraban en la zona. El Coto Nacional de la Serranía de Ronda, que

Figura 2. Unidad de Sierra Blanca y Canucha enmarcada en una cuadrícula UTM de 10 x 10 Km con delimitación de las unidades de muestreo a 1 x 1 Km.



acogería a Sierra Blanca tras su venta al estado en 1940 por los marqueses de Larios, se creó en 1948. En 1966 pasó a denominarse Reserva Nacional de Caza y en 2003 Reserva Andaluza de Caza. Con la aprobación y puesta en marcha de la Directiva 92/43/CEE Habitat de la Unión Europea el conjunto montañoso de Sierra Blanca ha pasado a ser declarado Zona LIC (Lugar de Interés Comunitario) con el código ES6170011, formando parte de la Red Natura 2000. Recientemente se ha propuesto que Sierra Blanca entre a formar parte, como una ampliación, del Parque Natural Sierra de las Nieves, con el que ya comparte el límite occidental.

MATERIAL Y MÉTODOS

El periodo de estudio fue la primavera temprana de 2006 (marzo y abril). Como unidad de muestreo se utilizó la cuadrícula UTM de 1x1 Km. Para caracterizar la vegetación se han realizado transectos con 100 puntos de muestreo distribuidos cada 10 metros en la longitud del transecto. En cada punto de muestreo se ha anotado la vegetación presente.

Tabla 1. Clases de vegetación consideradas en el análisis de la vegetación de las cuadrículas UTM de 1x1 km del área de estudio.

Abreviatura	Clase de vegetación
Canchales	Presencia de canchales de roca
Pgra	Pastizal de gramíneas
Pnogra	Pastizal no gramíneas (compuestas, helechos, musgo)
Laston	Lastonar
Mat_bajo	Matorral bajo (< 30 cm)
Mat_alto	Matorral alto (> 30 cm)
Mat_esp	Matorral espinoso (aulagar)
Arbust	Vegetación arbustiva (> 2 m)
Quer	Quercíneas
Algarrob	Algarrobal
Pinar	Pinar
Ribera	Vegetación de ribera
Roca	Roca desnuda
Agric	Uso agrícola
Otro	Otros tipo de vegetación
Agua	Presencia de agua

Las diferentes clases de vegetación que han sido consideradas aparecen en la tabla 1. Además, a lo largo de los transectos también se anotó la presencia de puntos de agua. Los porcentajes relativos de cada tipo de vegetación con respecto al total estiman la cobertura de cada tipo de vegetación en esa cuadrícula.

Para caracterizar el hábitat, además de tener en cuenta la vegetación, se han considerado otras variables para cada cuadrícula UTM. En concreto, éstas han sido variables topográficas tomadas directamente del mapa militar de España de la zona de estudio a escala 1:50.000 (Servicio Geográfico del Ejército); de usos de suelo; y distancias del centro geográfico de cada cuadrícula a núcleos de población habitados y a carreteras. Los usos de suelo han sido estimados directamente a partir de la serie de Ortografía Digital de Andalucía, usándose fotografía aérea a escala 1:5.000. Para ello, sobre cada cuadrícula UTM se ha superpuesto una retícula de 10 x 10 celdillas (aprox. 100 x 100 m. equivalentes a 1 hectárea cada celdilla). Se han contado los usos de suelo en cada celdilla de la retícula, calculándose de esta manera la frecuencia (equivalente a cobertura) de las clases de usos de suelo definidos en la tabla 2. Se ha calculado también la riqueza de usos o número de usos de suelo diferentes por cuadrícula, la diversidad y la dominancia de usos de suelo. Para ello se han utilizado los índices de Shannon y Simpson, respectivamente. El Índice de diversidad de Shannon (H') se ha calculado a

Tabla 2. Variables de hábitat consideradas en el análisis de las cuadrículas UTM de 1x1 km del área de estudio.

Abreviatura	Variables	Detalle
Altmin	Altitud mínima	
Altmax	Altitud máxima	
Altmed	Altitud media	
Rang_Alt	Rango de altitudes	(Altmax-Altmin)
Abrupt	Abruptuosidad	Número de veces que las curvas de nivel cortan la hipotenusa de la cuadrícula UTM
Slope	Pendiente	Rango de altitudes / hipotenusa de la cuadrícula UTM
D_pob	Distancia mínima a un núcleo de población habitado	
D_carrt	Distancia mínima a carreteras	
Uso_For	Cobertura (%) de suelo con uso forestal	Zonas con arbolado y matorral alto
Uso_Tur	Cobertura (%) de suelo con uso turístico	Zonas con uso recreativo y presencia habitual de senderistas
Uso_Urb	Cobertura (%) de suelo con uso urbano	Zonas con núcleos de población habitados
Uso_Inc	Cobertura (%) de suelo incendiado	Zonas incendiadas (< 10 años) con matorral bajo o disperso
Uso_Deg	Cobertura (%) de suelo degradado	Zonas con suelo muy degradado y en proceso de urbanización
Uso_Roq	Cobertura (%) de suelo roquedos	Zonas con suelo desnudo o rocoso
Uso_Can	Cobertura (%) de suelo con uso de canteras	Zonas con canteras en uso o abandonadas
Uso_Agr	Cobertura (%) de suelo con uso agrícola	Zonas con presencia de cultivos o huertas
Num_usos	Riqueza de usos o número de usos de suelo diferentes	
Div_usos	Diversidad de usos de suelo	Estimado con Índice de Shannon
Dom_usos	Dominancia de usos de suelo	Estimado con Índice de Simpson

partir de la diversidad de usos de suelo obtenida de los 100 puntos de muestreo en cada UTM de 1x1 Km. mediante la siguiente expresión, donde p_i es la frecuencia de cada uso de suelo i en el total de puntos de muestreo:

$$H' = -\sum p_i \log_e p_i$$

El Índice de dominancia de Simpson (D) se ha calculado como se indica a continuación, siendo p_i igual que en el índice de diversidad. Este índice indica la posible existencia de usos de suelo dominantes o más comunes mientras que el de Shannon es una medida que contempla tanto el número como la proporción o frecuencia de usos de suelo (Magurran, 1989).

$$D = \sum p_i^2$$

Para conocer la abundancia y densidad de cabras en la zona de estudio se ha combinado el uso de dos métodos de censo diferentes, los transectos y los Índices Puntuales de Abundancia. Se han realizado transectos a pie cubriendo la casi totalidad de las unidades de muestreo dentro de la zona de estudio. El transecto se realizaba por personas con experiencia de campo en la observación de cabras y buenos conocedores de los senderos y caminos de Sierra Blanca, provistos de prismáticos Olympus 8x42 EXPSI y telémetro láser Nikon 1200S, y entre las 7,00 am y las 10,30 am. A lo largo del recorrido se realizaban paradas de aproximadamente 10 a 15 minutos en los puntos con mejores condiciones de observación (normalmente zonas elevadas y miradores naturales). Tanto a lo largo del transecto como en las paradas de observación se han anotado los siguientes parámetros: fecha en la que se realiza el transecto, hora de inicio y finalización del transecto, hora de inicio y finalización de la observación puntual, cuadrícula UTM, coordenada concreta del punto de observación, kilómetros recorridos, hora a la que se realiza la observación de ejemplares, distancia recorrida desde el inicio, número de individuos observados, distancia perpendicular al observador, sexo y edad de los ejemplares, tipo de hábitat en el que se encuentran los individuos y otros aspectos (conducta, etc.). Utilizando las observaciones de cabras obtenidas en estos censos y las distancias perpendiculares, se ha realizado una estimación de la densidad global en la zona de estudio mediante el método de los transectos lineales (Buckland *et al.*, 2001) usando el software DISTANCE 5.0 para Windows (Thomas *et al.*, 2006). El método de análisis estándar ha consistido en el uso de los individuos observados como unidad de análisis, desestimando el uso de clusters, distancias perpendiculares sin ajustar a clases y sin truncar la distancia lateral. La detectabilidad se ajustó al mejor de los modelos posibles (Half-normal coseno o Neg-exponencial coseno) usando el Criterio de Información de Akaike para seleccionar el modelo que mejor se ajustaba a los datos. Se utilizó el número de cabras observadas por Km² -o por cuadrícula de muestreo- como variable dependiente en los modelos de análisis posteriores de densidad y la mera presencia/ausencia de cabras por cuadrícula para los modelos de análisis de hábitat. A partir de estos muestreos se obtuvo también la estimación de valores de razones de sexo (hembras por macho) y edad (crías y jóvenes menores de un año por hembra adulta).

Con objeto de determinar el tipo de distribución espacial que presentan los ungulados se ha calculado el índice de dispersión de los ejemplares observados en el área de estudio mediante la siguiente expresión:

$$ID = X / s^2$$

donde ID es el índice de dispersión, X es el número medio de ejemplares visto en cada cuadrícula del área de estudio y s^2 es la varianza (Fowler y Cohen, 1992). El tipo de distribución viene determinado por el valor de ID, de forma que para $ID > 1$, distribución

contagiosa; ID = 1, distribución al azar; ID < 1; distribución regular. En el caso de una distribución contagiosa, se ha comprobado adicionalmente el ajuste a una distribución binomial negativa. Para ello se ha comparado la distribución de las frecuencias observadas con las esperadas según la siguiente expresión (Fowler y Cohen, 1992).

$$P_{(x=j)} = [1 + (x/k)]^{-k}$$

Siendo el parámetro k,

$$k = x^2 / (s^2 - x)$$

y P la probabilidad de aparición de cabras en la clase de frecuencia j; s² la varianza y x la media. En ambos análisis se ha utilizado la prueba de la Chi-cuadrado para determinar la significación estadística (Sokal y Rohlf, 1981).

Para comprobar una posible selección de hábitat por parte de las cabras, se analizó la existencia de diferencias en función de la vegetación y el hábitat en las cuadrículas UTM con presencia y ausencia de cabras mediante dos enfoques, uno univariante y otro multivariante. La aproximación univariante permitió comparar la vegetación y el hábitat disponible mediante ANOVAs, T-tests y la prueba no paramétrica de la U de Mann Whitney para variables no normales. La aproximación multivariante consistió en el uso de la regresión logística por pasos (Hosmer y Lemeshow, 1989). La probabilidad de presencia de ungulados en una cuadrícula determinada en función de sus características de vegetación y topografía se obtiene a partir de la siguiente ecuación logística:

$$P = e^y / (1 + e^y)$$

donde e es la base de los logaritmos neperianos e y es una función llamada predictor lineal del tipo:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + \dots + zx_n$$

donde x₁, x₂,... x_n, es una selección de las variables utilizadas (Hosmer y Lemeshow, 1989). La primera variable que entra en la ecuación es la que explica la mayor variación de los datos. La segunda variable es la que explica la mayor variación una vez que la primera variable se hace estadísticamente constante, y así sucesivamente (Lawless y Singhal, 1978; 1987). La relación existente entre abundancia de ungulados por cuadrícula, se analizó mediante una regresión múltiple por pasos, teniendo como variables independientes las de vegetación y hábitat. Este método permite explorar de forma secuencial la relación causa-efecto existente entre la variable dependiente (y) y otras variables (x_n), mediante la siguiente expresión (Tabachnick y Fidell, 1996):

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + \dots + nx_n$$

Los valores de probabilidad obtenidos en los modelos elaborados mediante regresiones logísticas no dependen exclusivamente de las variables predictoras (vegetación y hábitat), sino también de la probabilidad al azar debida a la proporción en el área de estudio de las cuadrículas con los casos más frecuentes (Hosmer y Lemeshow, 1989). Cuando el número de cuadrículas con presencia y ausencia de cabra montés en el área de estudio es diferente, como ocurre en este caso, los valores de probabilidad están sesgados hacia la categoría con un mayor número de casos y por ello el modelo no

puede ser aplicado de forma generalizada. Para corregir este hecho se ha utilizado la función de favorabilidad descrita por Real *et al.* (2006):

$$F = (P/(1-P))/((n_1/n_0)+(P/(1-P)))$$

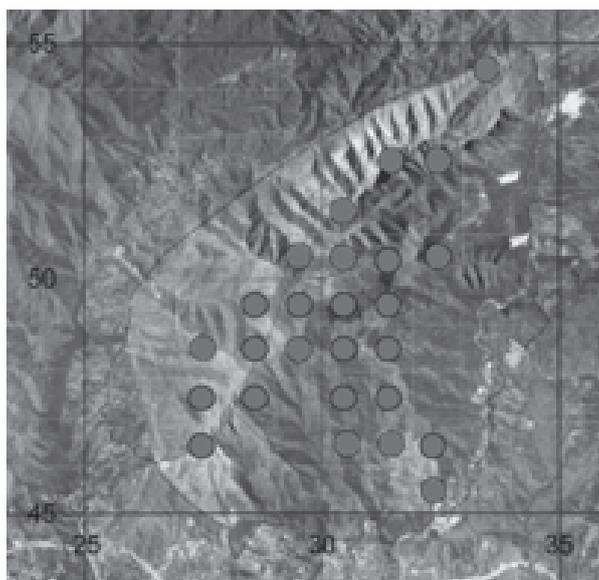
donde F es la favorabilidad ambiental, \ln es el logaritmo neperiano, p es el valor de probabilidad dado por la regresión logística, n_1 es el número de cuadrículas con presencia del ungulado en concreto y n_0 el número de cuadrículas con ausencias. De esta forma, los valores de probabilidad reflejan estrictamente la favorabilidad ambiental para la presencia de la especie.

Todos los análisis se han realizado mediante el paquete estadístico SPSS 11.0. Los valores medios están expresados junto con su error estándar.

RESULTADOS

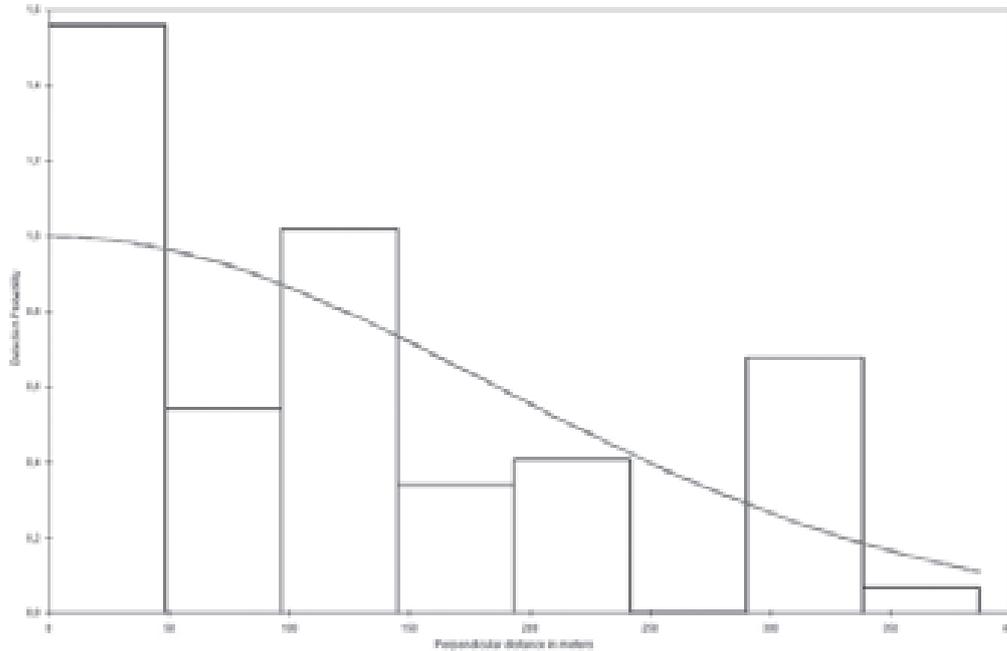
El número de cuadrículas UTM 1x1 km muestreadas asciende a 77. La vegetación predominante en el área de estudio es la representada por los pastos y el matorral. Concretamente, los pastos están presentes en el 80% de los puntos muestreados, mientras que en el caso del matorral alta dicha proporción asciende al 90%. Por el contrario, el estrato arbóreo está escasamente representado. La formación más abundante es la constituida por pinos carrascos (presente en el 20% de los puntos muestreados) y es seguida por las formaciones de algarrobos y quercíneas (10% de los puntos muestreados en cada caso). También cabe resaltar que en todo el área de estudio no se ha detectado la presencia de vegetación agrícola. El número de tipos de vegetación detectados en las cuadrículas de muestreo ha oscilado entre un valor máximo de 11 y el mínimo de 4, con un valor medio de $7,7 \pm 1,5$. El uso de suelo más frecuente en la zona de estudio es el forestal ($72,51\% \pm 0,254$ de cobertura), seguido en orden de

Figura 3. Cuadrículas UTM donde se la detectado al presencia de cabra montés en primavera en Sierra Blanca y Canucha.



importancia por el roquedo ($8,45\% \pm 0,152$), el suelo urbano ($5,38\% \pm 0,135$), el suelo degradado ($5,24\% \pm 0,129$) y el suelo incendiado ($4,11\% \pm 0,103$). Menos frecuentes son los usos de suelo agrícola ($2,91\% \pm 0,59$), con canteras ($0,76\% \pm 0,021$) y turístico ($0,6\% \pm 0,151$). Cabe destacar que el suelo forestal, a tenor de los resultados del muestreo de vegetación, está constituido principalmente por matorral y no por arbolado. La diversidad media de usos es baja ($0,59 \pm 0,41$). La media de usos por cuadrícula es de $3,07 \pm 1,35$; con un índice de dominancia medio-alto ($0,67 \pm 0,22$) en el que pesa bastante el uso forestal-matorral. La distancia media a carreteras de las cuadrículas con presencia de cabras es de $1.010,39 \pm 960,78$

Figura 4. Función de detección de la cabra montés en los censos realizados en primavera en Sierra Blanca y Canucha.



metros; mientras que a núcleos habitados es de $3.292,21 \pm 1.337,39$ metros. La pendiente media es del $24,16\% \pm 9,62$ y la abruptuosidad de $18,74 \pm 6,89$ curvas de nivel.

Se han empleado un total de veintiocho días entre marzo y abril de 2006 para realizar los censos de cabra, invirtiéndose 24 horas en las observaciones desde puntos fijos y 102 horas en los transectos, y recorriéndose un total de 72,78 km a pié. La superficie muestreada ha sido de 62 km², lo cual representa el 92,5% de la extensión total de Sierra Blanca. Durante este periodo se han detectado un total de 68 ejemplares de cabra montés repartidos en veintiseis cuadrículas diferentes (ver figura 3), es decir, en el 33,8 % de las cuadrículas muestreadas. El número medio de observaciones por cuadrícula ha sido de $0,883 \pm 3,021$ cabras, con un rango de 0 a 22 individuos observados. Se realizaron un total de 28 transectos, recorriendo una media de $2,34 \pm 1,13$ Km por transecto y se observaron una media de $1,94 \pm 3,34$ cabras por transecto. Aplicando el DISTANCE y corrigiendo la detectabilidad de las cabras observadas con una función Half-Normal coseno (ver figura 4), que es la que menor criterio de Información de Akaike ($AIC = 792,34$) ha obtenido y mejor se ha ajustado al modelo de distancias perpendiculares de cabras observado, se obtiene una densidad media de $1,967 \pm 0,706$ cabras / Km² ($gl = 12,04$; $\%CV = 0,359$; intervalo de confianza al 95% = $0,971 - 3,982$ cabras / Km²). Según este modelo, la población estimada para el área de estudio sería de $122 \pm 43,82$ cabras (intervalo de confianza al 95% = $60 - 247$ cabras).

Respecto al sexo de los individuos observados, las más abundantes han sido las hembras. Así, aproximadamente las dos terceras partes de las observaciones (65,6%) han estado constituidas por hembras, lo cual supone una razón de sexos de aproximadamente 2:1 (H:M) a favor de las hembras. Con respecto a las razones de

edad y productividad, los resultados indican un valor de medio de $0,47 \pm 0,33$ crías por hembra. Esto indica que en el momento del censo, dos terceras partes de la población era adulta. Con respecto a la distribución de grupos, a lo largo del periodo de muestreo se han contabilizado 15 grupos de cabras. El tamaño de grupo ha oscilado entre 1 y 16 ejemplares, con un valor medio de $4,5 \pm 3,9$ individuos / grupo. Los grupos más numerosos, integrados por más de seis ejemplares, han estado siempre constituidos por hembras adultas y ejemplares jóvenes. Los grupos de machos han resultado siempre de menor tamaño que los de hembras (T Student: $t = -2,402$; $gl = 1$; $p < 0,05$).

El índice de dispersión (ID) de los ejemplares observados durante el periodo de muestreo ha sido de 10,339. Ello indica que la distribución de la cabra montés en la zona de estudio es de tipo contagiosa ($C^2 = 785,794$; $gl = 76$; $p < 0,01$). Aplicando un modelo de distribución binomial negativa a las frecuencias observadas se obtiene un modelo de frecuencias esperadas para el que no hay diferencias significativas con respecto al observado ($C^2 = 7,850$; $gl = 8$; $p > 0,05$).

El hábitat seleccionado en primavera por la cabra montés en Sierra Blanca se diferencia respecto al disponible en las siguientes características: mayor cobertura de pastizal de gramíneas (ANOVA; $F(1,75) = 19,781$; $p < 0,001$); mayor cobertura de lastonar (ANOVA; $F(1,75) = 21,294$; $p < 0,001$); menor cobertura de pastizal no graminoide (ANOVA; $F(1,75) = 21,297$; $p < 0,001$); menor cobertura de pinar (ANOVA; $F(1,75) = 8,307$; $p < 0,01$); menor cobertura de algarrobal (ANOVA; $F(1,75) = 17,236$; $p < 0,001$); mayor presencia de canchales (U-Mann Test; $U(65,12) = 359$; $p < 0,001$) y roquedos (U-Mann Test; $U(65,12) = 365$; $p < 0,001$); menor superficie de suelo urbanizado (ANOVA; $F(1,75) = 5,474$; $p < 0,01$) y degradado (ANOVA; $F(1,75) = 4,745$; $p < 0,01$); y mayor lejanía a núcleos urbanos (U-Mann test; $U(51,26) = 468$; $p < 0,05$). No se aprecian diferencias significativas respecto a la presencia de agua en el área de estudio y la presencia de cabras, al menos durante el periodo de muestreo.

El análisis multivariante de las unidades de muestreo con presencia de cabra montés mediante regresión logística ofrece el siguiente resultado:

$$y = 6,896 * \text{Pastos_gram} + 0,013 * \text{Altmax} + 25,840 * \text{Usos_Forestal} + 24,037 * \text{Usos_Incendio} - 16,172 * \text{Dom_Usos} - 48,259 * \text{Pastos_nogram} + 24,831$$

Este modelo ($R^2 = 0,78$; $gl = 1$; $p < 0,001$) clasifica de forma correcta un 96,1% de las ausencias y un 84,6% de las presencias y relaciona el hábitat donde está presente la cabra con la existencia de una buena cobertura de pastos de gramíneas, ubicados en zonas altas, rodeados de zonas con uso forestal y zonas incendiadas recientes (< 10 años y con matorral disperso), con un bajo índice de dominancia de usos de suelo (uso diversificado) y con baja cobertura de pastos no gramínoide (compuestas normalmente). Aplicando al modelo la función de favorabilidad se obtiene un mapa de las zonas más favorables para la cabra montés en el área de estudio (ver figura 5). El análisis de la abundancia de cabras mediante regresión lineal múltiple ofrece el siguiente resultado:

$$y = 10,032 * \text{Querc} - 6,117 * \text{Algarrb} + 0,725$$

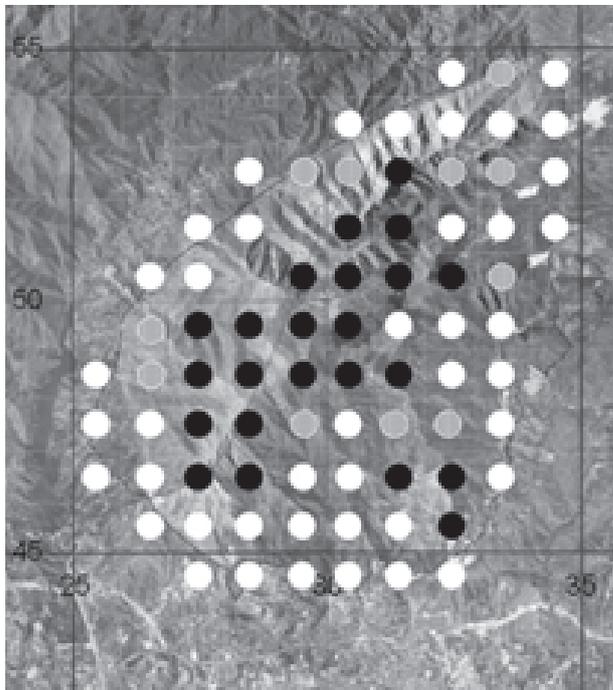
Este modelo ($R^2 = 0,251$; $gl = 76$; $F = 12,376$; $p < 0,001$) relaciona las mayores abundancias de cabra montés en la zona con los parches de hábitat en los que existe mayor cobertura o abundancia de especies de quercíneas. Un análisis posterior de correlaciones permite determinar que la cobertura de quercíneas está significativa

y negativamente correlacionada con la de pináceas (r de Pearson = -0,23; $p < 0,05$). Aplicando a la ecuación la función de favorabilidad se obtiene el mapa de las zonas con potencialidad para albergar mejores densidades de cabra montés (ver figura 6).

DISCUSIÓN

Ballesteros (1998) cita una densidad media de cabras en la Sierra de Cazorla y Segura en torno a 11 cabras por Km² antes de los episodios de sarna sarcóptica. Sin embargo, esta densidad descendió dramáticamente tras la epizootia. Granados *et al.* (2001) hace una comparativa de densidades medias con datos más actuales en las sierras andaluzas y establece para el conjunto de las sierras de Cazorla y Segura un valor en torno a las 2,5 a 5 cabras por Km², similar al que tendrían las sierras de Antequera y la serranía de Ronda. Según este mismo autor la máxima densidad de cabras estaría en Sierra Nevada y su entorno (7,5 a 10 cabras / Km²). En un contexto más cercano al área de estudio, a finales de los años noventa, Salas (2005) establecía una densidad media de 3,93 cabras por Km² para el conjunto de la Reserva de Caza de la Serranía de Ronda, en la que se incluye la Sierra de las Nieves y nuestra zona de estudio. Más recientemente, este mismo autor para nuestro mismo periodo (primavera de 2006) y zona de estudio estima una población de 135 ejemplares, lo cual supone una densidad global de 2,17 cabras

Figura 5. Mapa de favorabilidad para la presencia de la cabra montés en Sierra Blanca y Canucha en función de la vegetación y las características del hábitat. En blanco = zonas desfavorables (probabilidad = 0-0,3); con trama = zonas de favorabilidad intermedia ($p=0,3-0,7$); en negro = zonas favorables ($p=0,7-1,0$)



por Km² (Salas, datos inéditos). Los resultados obtenidos en el presente estudio se muestran coherentes con todos los datos anteriores. De hecho, según nuestros resultados la población de cabras de Sierra Blanca y Canucha presenta una densidad media (1,9 cabras por Km²) ligeramente inferior al promedio de la Serranía de Ronda, pero que no difiere significativamente del valor obtenido por otros autores para la misma zona de estudio, estando los valores de otros autores entre nuestro intervalo de confianza al 95%. El resultado obtenido con el método de censo empleado en este estudio, combinando transectos con observaciones desde puntos fijos, corrobora la validez del método empleado (Distance Sampling) para censar cabras montesas, tal y como han comprobado otros autores (Jiménez *et al.*, 1991; Alados y Escós, 1996).

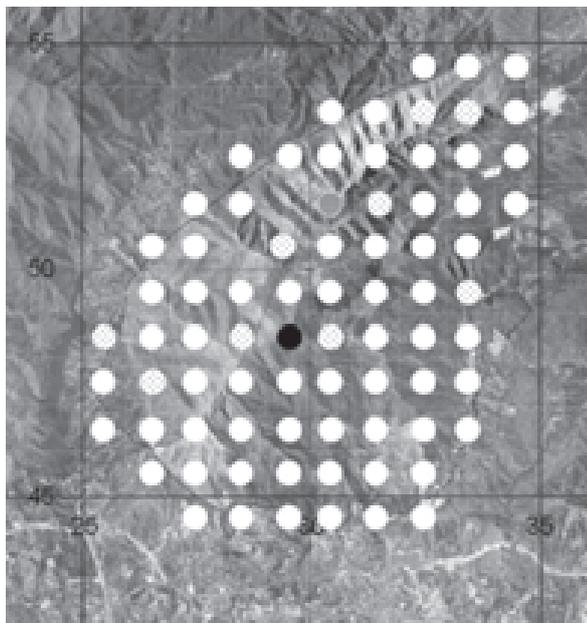
La productividad encontrada en la población de cabras de

Sierra Blanca (0,47 crías por hembra) está entre la que otros autores han descrito. Pérez *et al.* (1994) cita 0,39 crías por hembra en Sierra Nevada antes de la irrupción de la sarna; Fandos (1991) describe un valor de 0,83 en Cazorla con posterioridad al brote de sarna. Teniendo en cuenta que la mayoría de partos de cabra se suceden a finales de mayo (Granados *et al.*, 1991) y que nuestro muestreo se realizó poco antes de esa fecha, es de esperar que el valor de productividad obtenido sea inferior al real, ya que no se habrían observado a muchas crías que aún no han nacido o que estarían ocultas por las hembras durante sus primeros días de vida. De hecho, de los censos realizados en la primavera de 2006 por Salas (datos inéditos) se deduce una productividad de entre 0,76 a 0,96 crías por hembra para la misma zona de estudio. Ballesteros (1998) considera un valor promedio de productividad entre 0,5 y 0,7 crías

por hembra. Tendiendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, la población de cabras estudiada estaría muy próxima a superar o habría superado ese valor promedio. Los valores medio-altos de productividad indicarían que la cabra en la zona de estudio estaría en fase de expansión, lo cual es lógico tras haber superado también en esta zona y en toda la Sierra de las Nieves episodios de sarna. La relación de sexos encontrada en la población de Sierra Blanca y Canucha (dos a uno favorable a las hembras) es acorde con la que se deduce de los censos de Salas (datos inéditos) para la misma zona de estudio, aunque muy superior a la que encontró Pérez *et al.* (1994) en Sierra Nevada antes del brote de sarna, cuando la población debería estar estable. Estos datos conducen nuevamente a concluir que la población de cabra en Sierra Blanca estaría en fase de expansión, o al menos mantendría una gran capacidad productiva.

Jiménez *et al.* (1991) hace referencia al contagio como modelo de distribución espacial de la cabra montés. Este modelo se confirma a tenor de los resultados de este estudio e indica claramente una agregación de los animales en función de recursos del hábitat. Martínez (1994) resalta la importancia de las bellotas de *Quercus* y ramoneo de *Juniperus* en la dieta primaveral de las cabras en zonas de baja-media altitud. Esta conclusión es refrendada por Escós y Alados (1992b), quienes concluyen en un estudio de preferencias de hábitat que las cabras buscan durante la primavera áreas de encinar y rocas, en laderas soleadas. Estos mismos autores sostienen que existiría una segregación sexual del hábitat en primavera, ya que los machos buscarían zonas de pinar y matorral más denso y las hembras con crías zonas más abiertas, donde abundara

Figura 6. Mapa de favorabilidad de las zonas con mayor potencialidad para albergar mejores densidades de cabra montés en Sierra Blanca y Canucha. Densidad esperada: Blanco = 0-2 cabras / Km²; con trama = 2-4 cabras / Km²; con trama densa = 4-6 cabras / Km²; en negro = >6 cabras / Km².



el pastizal. Granados *et al.* (2001) concluyen que en primavera la selección de hábitat de las monteses depende de las diferentes necesidades metabólicas y energéticas de los sexos. Los machos buscarían mayor refugio para el descanso post-reproductivo y recursos para el ramoneo; mientras que las hembras necesitarían pastos, sobre todo de gramíneas, tras los partos o bien zonas rocosas y laderas abruptas para los partos. Los resultados obtenidos en este estudio son coherentes con las consideraciones y resultados de los autores antes citados. Sin llegar a analizar la selección sexual del hábitat, hemos encontrado una selección global muy significativa de quercíneas y de pastos de gramíneas y lastonares; un rechazo a los pastos no graminoides; y una preferencia por canchales y roquedos. Mención especial merece también el hecho de haber encontrado una influencia negativa en la zona de estudio del suelo urbanizado y una mayor distancia del hábitat usado por las cabras hacia los núcleos poblados urbanos. Igualmente, la selección positiva de los terrenos incendiados recientes coincide con los resultados anteriores, ya que estos terrenos son los que potencialmente mayor producción de pastos tendrían. De hecho, ha sido tradición entre los cabreros de estas sierras la quema de matorrales para entrar con las cabras a pastos. La poca influencia encontrada por la presencia de agua en el hábitat de la cabra puede deberse a la época del año en que se realizó el muestreo. Es de esperar que más avanzado el verano el agua podría ser un factor determinante.

Para terminar, cabe resaltar la utilidad de los modelos de favorabilidad generados. Este tipo de modelos son importantes en la gestión de especies y espacios a escalas medias y regionales (Farfán *et al.*, 2009). A una escala pequeña, como la del presente estudio, reflejan realmente la influencia del hábitat sobre la especie en una zona muy concreta. Al ser esta zona un monte público o una reserva –aunque el mismo criterio sería válido por ejemplo para cotos privados de caza- permiten tomar decisiones muy concretas sobre las medidas de gestión del hábitat que se podrían tomar e integrarlas espacialmente en una zona de actuación. En concreto, la mejora del hábitat para la cabra en la zona de estudio pasaría por la regeneración de masas de quercíneas y la implantación de pastizales. Las zonas de actuación serían aquéllas que los modelos señalan como de favorabilidad media o baja y que no estuviesen influenciadas por factores negativos como la cercanía a núcleos urbanos.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, P., DELIBES-MATEOS, M., ESCUDERO, M.A., VICENTE, J., MARCO, J. y GORTÁZAR, C. 2005. Environmental constraints in the colonization sequence of roe deer (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) across the Iberian Mountains, Spain. *Journal of Biogeography*, 32: 1671-1680.
- ALADOS, C. 1986. Aggressive behaviour, sexual strategies and their relation to age in male Spanish ibex (*Capra pyrenaica*). *Behaviour Processes*, 12: 145-158.
- ALADOS, C. y ESCÓS, J. 1985. La cabra montés de las sierras de Cazorla y Segura. Una introducción al estudio de sus poblaciones y comportamiento. *Naturalia Hispanica*, 28: 36 pp.
- ALADOS, C.L. y ESCÓS, J. 1996. *Ecología y comportamiento de la cabra montés. Consideraciones para su gestión*. Monografías Museo Nacional de Ciencias Naturales nº 11. CSIC, Madrid, 329 pp.

- BALLESTEROS, F. 1998. *Las especies de caza en España. Biología, ecología y conservación*. Estudio y Gestión del Medio. Colección técnica, Oviedo, 316 pp.
- BORRALHO, R., CARVALHO, S. REGO, F. y VAZ-PINTO, P. 1999. Habitat correlates of red-legged partridge *Alectoris rufa* breeding densities on mediterranean farmlands. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 54: 59-69.
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.L., BORCHERS, D.L. y THOMAS, L. 2001. *Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford, 432 pp.
- CAPEL-MOLINA, J.J. 1981. *Los climas de España*. Ediciones Oikos-Tau, Barcelona, 429 pp.
- CARRANZA, J. y VARGAS, J.M. 2007. *Criterios para la certificación de la calidad cinegética en España*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, Cáceres, 169 pp.
- CUARTAS, P. y GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 1991. Utilización de la vegetación por la cabra montés en relación a la disponibilidad vegetal y a la densidad de ungulados. Actas XXXI Reunión Científica de la SEEP, Murcia. 348-351.
- ESCÓS, J. y ALADOS, C.L. 1992a. The home-range of the Spanish ibex in spring and fall. *Mammalia*, 56 (1): 57-63.
- ESCÓS, J. y ALADOS, C.L. 1992b. Habitat preference of Spanish ibex and other ungulates in Sierras de Cazorla y Segura (Spain). *Mammalia*, 56(3): 393-406.
- ESCÓS, J. y ALADOS, C.L. 1996. *Ecología y comportamiento de la cabra montés. Consideraciones para su gestión*. Monografías Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, Volumen 11: 1-329.
- FANDOS, P. 1991. *La cabra montés (Capra pyrenaica) en el Parque Natural de Cazorla, Segura y Las Villas*. Colección Técnica, Icona, Madrid, 176 pp.
- FANDOS, P. y MARTÍNEZ, T. 1988. Variación en la agregación y distribución de la cabra montés (*Capra pyrenaica* Schinz, 1838) detectado por un muestreo de excrementos. *Doñana, Acta Vertebrata*, 15: 133-140.
- FARFÁN, M.A., VARGAS, J.M., DUARTE J. y REAL, R. 2009. Improving management plans by downscaling hunting yield models: a case of study with the red-legged partridge *Alectoris rufa* in southern Spain. *Wildlife Biology*, 15: 1-12.
- FOWLER, J. y COHEN, L. 1992. *Practical Statistics for field biology*. Wiley & Sons, New York, 227 pp.
- GRANADOS, J.E., PÉREZ, J., SORIGUER, R.C., FANDOS, P., RUIZ-MARTÍNEZ. I. 1997. On the biometry of the Spanish ibex *Capra pyrenaica*, from Sierra Nevada (Southern Spain). *Folia Zoologica*, 46 (1): 9-14.

- GRANADOS, J.E., FANDOS, P., MÁRQUEZ, F.J., SORIGUER, R.C., CHIROSA, M. y PÉREZ, J.M. 2001. Allometric growth in the Spanish ibex, *Capra pyrenaica*. *Folia Zoologica*, 50 (2): 19-23.
- HOSMER, D.W. y LEMESHOW, S. 1989. *Applied logistic regression*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 307 pp.
- JIMÉNEZ, J., RUIZ-OLMO, J. y AGUERAS, M. 1991. Métodos de estimación de las poblaciones de cabra montés. Problemas en su aplicación. I Simposium sobre Gestión de Cabra Montés. Tortosa, 10-36.
- LAVIN, S., MARCO, I., ROSSI, L., MENEGUZ, P.G. y VIÑAS, L. 1997. Haemonchosis in Spanish ibex. *Journal of Wildlife Diseases*, 33 (3): 656-659.
- LAWLESS, J.F. y SINGHAL, K. 1978. Efficient screening of nonnormal regression models. *Biometrics*, 34: 318-327.
- LAWLESS, J.F. y SINGHAL, K. 1987. ISMOD: An all-subsets regression program for generalizer linear models. I. Statistical and computational background. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 24: 117-124.
- LEÓN, L., RUIZ, M., CUBERO, M.J., ORTIZ, J.M., ESPINOSA, J., PÉREZ, L., SIMÓN, M.A. y ALONSO, F. 1999. Sarcoptic mange in Spanish ibex from Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 35 (4): 647-659.
- LOMBARDI, L., FERNÁNDEZ, N., MORENO, S. y VILLAFUERTE, R. 2003. Habitat-related differences in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution and activity. *Journal of Mammalogy*, 84: 26-36.
- LÓPEZ-ONTIVEROS, A. y GARCÍA-VERDUGO, F.J. 1991. Geografía de la caza en España. *Agricultura y Sociedad*, 58: 81-112.
- MAGURRAN, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral, Barcelona, 200 pp.
- MARTÍNEZ, T. 1990. Régimen alimentario de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en la zona alpina de Sierra Nevada durante los meses de Julio y Agosto. *Ecología*, 4: 177-183.
- MARTÍNEZ, T. 1994. Hábitos alimentarios de la cabra montés (*Capra pyrenaica*) en zonas de distinta altitud de los puertos de Tortosa y Beceite. Referencia a la dieta de machos y hembras. *Doñana, Acta Vertebrata*, 21 (1): 25-37.
- NIETO, J.M., PÉREZ, A. y CABEZUDO, B. 1991. Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España). *Acta Botanica Malacitana*, 16: 417-436.
- PÉREZ, J.M., GRANADOS, J.E. y SORIGUER, R.C. 1994. Population dynamic of the Spanish Ibex *Capra pyrenaica* in Sierra Nevada natural Park (southern Spain). *Acta Theriologica*, 39: 289-294.

- RAMÍREZ, S., LÓPEZ, A., ORTIZ, C. y MENEGUZZ, P.G. 1994. Ocupación del espacio por la cabra montés (*Capra pyrenaica*, Schinz) en el hábitat mediterráneo. Primeros datos en el Parque Natural Sierra de las Nieves, Ronda-Málaga (E). *Actas del I Congreso Internacional del género Capra en Europa, Ronda*: 247-248.
- REAL, R., BARBOSA, A.M. y VARGAS, J.M. 2006. Obtaining environmental favourability functions from logistic regression. *Environmental and Ecological Statistics*, 13: 237-245.
- SALAS, R. 2005. Gestión de la cabra montés. Aplicación al caso de la provincia de Málaga. Actas II Jornadas Zoológicas del Parque Natural Sierra Tejeda y Almirajara. Canillas del Aceituno.
- SANZ DE GALDEANO, C. y ANDREO, B. 1995. Structure of Sierra Blanca (Alpujarride complex, west of the Betic Cordillera). *Estudios Geológicos*, 51: 43-55.
- SOKAL, R.R. y ROHLF, F.J. 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. Freeman and Company, New York, 859 pp.
- TABACHNICK, B.G. y FIDELI, L.S. 1996. *Using multivariate statistics*. New York, Harper Collins, 880 pp.
- THOMAS, L., LAAKE, J.L., STRINDBERG, S., MARQUES, F.F.C., BUCKLAND, S.T., BORCHERS, D.L., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., HEDLEY, S.L., POLLARD, J.H., BISHOP, J.R.B. y MARQUES, T.A. 2006. Distance 5.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>
- VARGAS, J.M. 2002. Alerta cinegética. Reflexiones sobre el futuro de la caza en España. Otero, Málaga, 398 pp.
- VARGAS, J.M., GUERRERO, J.C., FARFÁN, M.A., BARBOSA, A.M. y REAL, R. 2006 Land use and environmental factors affecting red-legged partridge (*Alectoris rufa*) hunting yields in Southern Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 52: 188-195.