

# Evaluación de la regeneración y el estado de salud de las masas forestales de Sierra Espuña (Murcia) mediante el análisis de la biomasa media individual en coleópteros carábidos

José Serrano & Diego Gallego

Departamento de Zoología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, Apto. 4021, Campus de Espinardo, 30071 Murcia, España.

## Resumen

Correspondencia

J. Serrano

Email: jserrano@um.es

**Recibido:** 27 Septiembre 2004

**Aceptado:** 22 Octubre de 2004

Hemos determinado la Biomasa Media Individual de la fauna de Carabidae de Sierra Espuña (Murcia), a fin de verificar la condición y la capacidad de regeneración los bosques de pinos. Empleamos trampas de caída durante otoño de 2002 y primavera de 2003. Se ha analizado la relación entre la biomasa de las tres especies más abundantes y diversos parámetros ambientales, mediante el Modelo Aditivo Generalizado (*Generalized Additive Model*, GAM), ligado a un Sistema de Información Geográfica (GIS). En cada lugar se ha determinado la Biomasa Media Individual mediante la pesada directa de los individuos e indirectamente mediante una fórmula que relaciona la masa con la longitud corporal. También se ha pesado la fauna de coleópteros no carábidos y arácnidos. Los datos de las especies más abundantes indican que hay un óptimo hacia los 1.000 m de altitud, siendo esta la variable que mejor explica la abundancia. A esta altitud los valores de BMI son similares o superiores a los descritos en Polonia (300 mg o más en varios lugares). Esto significa que el estado de salud, la capacidad de regeneración y la resistencia frente a plagas son buenas en la mayoría de estas masas forestales. En los pinares situados por debajo de los 800 m apenas hay carábidos, lo que impide utilizarlos como bioindicadores. La biomasa de otros artrópodos epigeos no se puede usar como medida indirecta, pues la correlación con la de los carábidos no es significativa. Estas conclusiones deben ser corroboradas mediante muestreos sostenidos durante 5-10 años.

**Palabras clave:** Carabidae, bioindicadores, pinares, Sierra Espuña, Murcia, España, Biomasa media individual

## Abstract

*Evaluation of regeneration process and status of pine forests from Sierra Espuña (Murcia) by analysis of mean individual biomass in ground-beetles.*

We have determined the Mean Individual Biomass (MIB) of the ground beetle fauna of Sierra Espuña (Murcia, Spain) to assess the status and regeneration capacity of pine forests. Pitfall traps used during autumn 2002 and spring 2003. The relationship between biomass and environmental parameters of the three most abundant species was studied using a Generalized Additive Model (GAM) linked to a Geographic In-

formation System (GIS). En each site we calculated the MIB either by weighing directly the beetles, and indirectly after applying a formula related to beetle length. Likewise, we have weighed the biomass of non-carabid insects and spiders. Data on the three most abundant carabids indicate that there is an optimum around 1,000 m. Site altitude is the parameter that best explains abundance data. Values of MIB are similar or higher than those reported in old pine forests of Poland (300 mg or more in each site). This means that the status and regeneration capacity of pine forests of Sierra Espuña are probably good, and that their potential to resist pest outbreaks is high. Few carabid beetles were collected in pine forests under 800 m. At these altitudes an indirect analysis based on the biomass of the other epigeic arthropods was not likewise possible as both measures were not significantly related. To corroborate these preliminary conclusions it is necessary to keep on sampling these pine forest through at least 5-10 years.

**Key words:** Carabidae, bioindicators, pine forests, Sierra Espuña, Murcia, Spain, Mean Individual Biomass

## Introducción

El uso de los bioindicadores está adquiriendo un protagonismo evidente a la hora de gestionar los espacios naturales con fines de protección, conservación y desarrollo sostenible. Entre los invertebrados epigeos destacan para dicha finalidad los coleópteros carábidos, ya que se incluyen entre los grupos mejor estudiados en Europa, tanto en investigación básica como aplicada. Así, por ejemplo, existe una clasificación de pastizales europeos basados en las comunidades de carábidos (Eyre & Luff 1990). Los volúmenes editados por Stork (1990), Niemelä (1996) y Brandmayr et al. (2000) incluyen numerosos trabajos centrados en estos coleópteros, donde se pone de manifiesto la variedad de aplicaciones que tiene su estudio: detección de niveles de estrés ambiental, índices de regeneración (desde el ámbito local al de amplias zonas geográficas), efectos macroclimáticos, importancia en los terrenos cultivados, papel como controladores de plagas, etc.

Una aplicación reciente, pero ya bien contrastada en los bosques de Polonia, Holanda y Alemania, es la determinación de la *Biomasa Media Individual* (en adelante BMI), como un método relativamente simple pero eficaz, para estimar la progresión de la regeneración de los bosques centroeuropeos y su estado de salud (o capacidad y perspectivas de progresar a medio y largo plazo) (Szyzsko et al. 2000, Szyzsko 2002).

Aunque no hay datos de otros grupos de artrópodos del suelo, es posible que la determinación de su biomasa sea un parámetro igualmente apropiado y complementario de los valores hallados para los ca-

rábidos. Lógicamente, al referirse a un grupo muy heterogéneo de organismos —miriápodos, dípteros, arácnidos, etc.— los resultados pueden ser más difíciles de interpretar, por lo que la estimación de la biomasa del colectivo de artrópodos epigeos puede considerarse como un ensayo exploratorio de su bondad, a los efectos de su utilidad como bioindicador.

El estudio a realizar en Sierra Espuña consiste en determinar la biomasa media individual de los coleópteros carábidos y los demás artrópodos epigeos mediante trampas de caída situadas en parcelas seleccionadas en función de varios parámetros ambientales: edad de la plantación, actividades forestales (cortas, clareos,) altitud, tipo de especie de arbórea dominante, humedad edáfica, orientación, tipo de suelo, etc. Se pretende investigar si la fauna de carábidos —y de forma subsidiaria la de todos los artrópodos epigeos— guarda una relación con uno o varios de dicho parámetros, y si la biomasa y la composición de la comunidad de carábidos y además artrópodos son útiles para evaluar el estado de salud de las masas forestales de Sierra Espuña.

## Metodología

### Área de estudio

El área de estudio está incluida dentro de los límites del Parque Regional de Sierra Espuña (municipios de Alhama de Murcia y Totana, Murcia). Este parque es un espacio protegido de carácter eminentemente forestal, con una superficie de unas 16.000 ha. Forma parte de la unidad de relieve que constituye el reborde interior de la depresión prelitoral, presentando la

máxima altitud de esta unidad (1.579 m), con una orografía muy compleja. El clima está modulado por la altitud y la temperatura media anual varía entre los 18,4 y 12,8 °C. Las precipitaciones varían entre 510 y 277 mm anuales en función de la altitud, repartidos en unos 45 ó 50 días al año.

Litológicamente la sierra está formada por rocas paleozoicas y mesozoicas, principalmente argilitas, calizas y dolomías permotriásicas, triásicas y jurásicas de la unidad geológica Bética Maláguide. La mayor parte de la sierra presenta litosoles, suelos con escasa profundidad sobre calizas y dolomías.

Con estas características, el área de estudio resume gran parte de la variabilidad ambiental murciana. Como ya se ha destacado, uno de los principales valores ambientales de la sierra es su cobertura vegetal. Esta se encuentra constituida fundamentalmente por pinares de *Pinus halepensis*, y marginalmente *P. pinaster* y *P. nigra*. Este pinar presenta diferentes grados de desarrollo y densidad, situándose los más maduros y densos en la zona interior y norte, mientras que los menos maduros predominan por debajo de los 700 m. Los pinares de más edad tienen entre 80 y 120 años. La descripción de su flora incluye más de 300 especies vegetales, con numerosas especies de interés.

Esta cobertura vegetal procede en su mayoría de la actividad repobladora que se inició a finales del siglo XIX con la plantación de 5.000 ha, y que se ha prolongando hasta 1970.

La Figura 1 muestra un mapa de la zona de estudio con los lugares donde se ha efectuado el muestreo.

### Toma de muestras

Se han colocado trampas de caída en veintiún lugares de la sierra (Fig. 1). Las características de cada lugar se resumen en la Tabla 1. En dicha tabla se aprecia que los lugares representan distintas combinaciones de manejos, suelos, orientaciones, gradiente altitudinal, etc.

En cada lugar se colocaron cuatro vasos formando un cuadrado de unos 5 m de lado. Los vasos son de plástico y tienen una capacidad de 250 ml; se añadió como conservante unos 50 ml de propilenglicol al 20% en agua y se enterraron a ras de suelo. Los vasos se protegen colocando a su alrededor pequeñas piedras que sustentan una de gran tamaño que hace de paraguas. Se pretendía así evitar inundaciones y, en parte, que lo saquen animales silvestres

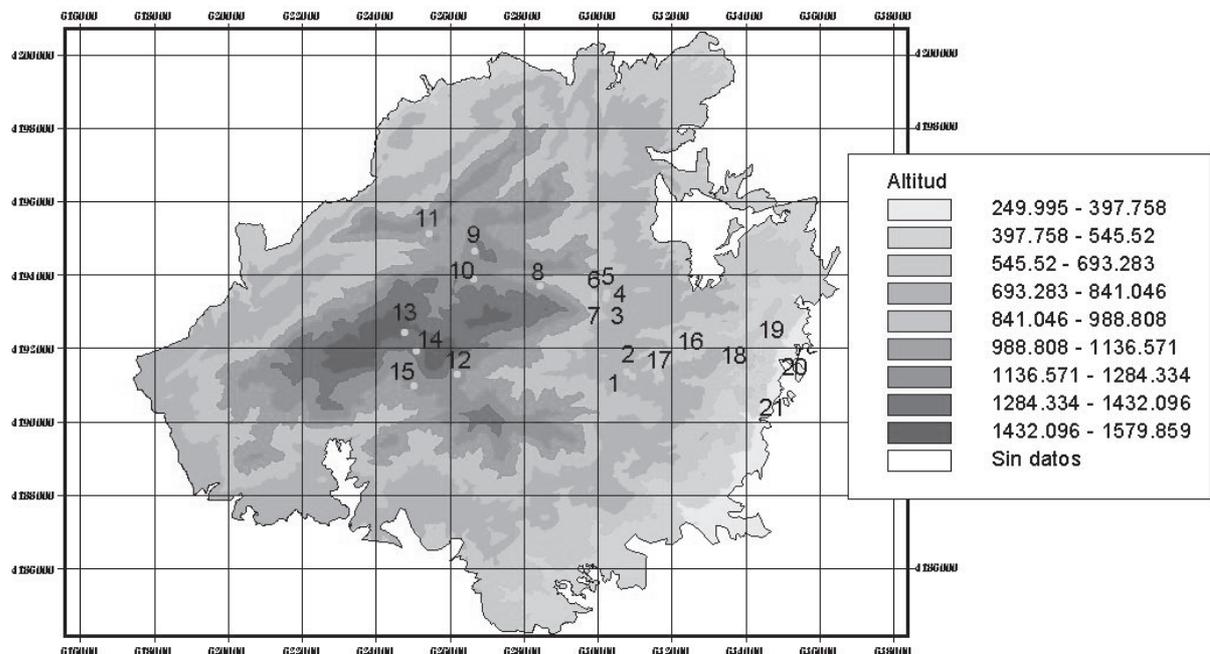


Figura 1. Mapa de Sierra Espuña mostrando la localización de las estaciones de muestreo.  
Figure 1. Map of Sierra Espuña showing the location of sampling sites.

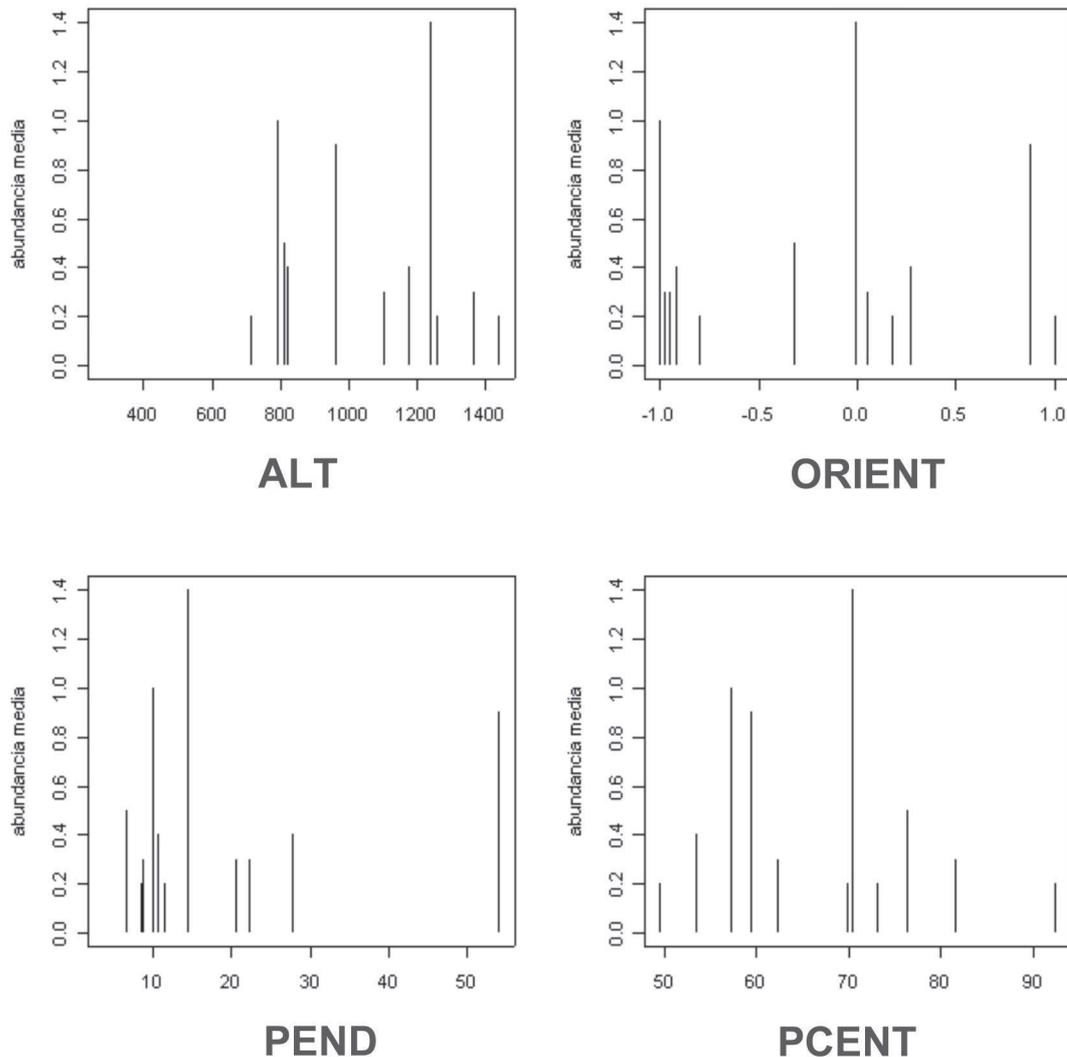


Figura 2. Relación entre el número de individuos de *Carabus lusitanicus baguenai* y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. ALT = altitud, ORIENT = orientación, PEND = pendiente, PCENT = porcentaje de cobertura de la vegetación.

Figure 2. Relationship between the number of individuals of *Carabus lusitanicus baguenai* and different environmental parameters of Sierra Espuña. ALT = altitude, ORIENT = orientation, PEND = slope, PCENT = percentage of development of vegetation canopy.

como zorros y jabalíes. El lugar se marca con una banderola de plástico atada a un árbol para su rápida localización.

Las trampas se visitaron durante el otoño de 2002 el 14/IX, 14/X, 28/X y 13/XI (dos meses y medio de colecta), y durante la primavera de 2003 en 10/IV, 23/IV, 08/V, 17/V, 04/VI y 19/VI (dos meses y tres semanas de colecta). Los periodos de recogida fueron seleccionados en función de los datos existentes de la fenología de los Carabidae en esta misma sierra y otros lugares semejantes de la Península. En cada visita se sacó el vaso, se filtró el contenido con un colador, se rellenó de nuevo y se colocó en el mismo lugar. La muestra se pasó a un frasco que se etiquetó para el análisis posterior de laboratorio.

A partir de la biomasa de los carábidos colectados en cada sitio, tanto en otoño de 2002 como en primavera de 2003, se han efectuado dos estimaciones de la biomasa media individual (BMI). La primera es una medida directa basada en el peso de los individuos. Todos los animales capturados en un lugar se secaron durante 24 h a temperatura ambiente. Se separaron los carábidos, los otros coleópteros y el resto de artrópodos, se identificaron las especies (solo carábidos) y se pesaron en una balanza de precisión (0,1 mg). La biomasa de cada lugar se fue acumulando a lo largo de la estación (otoño o primavera) y la suma total se dividió entre el número total de individuos colectados, resultando así la BMI.

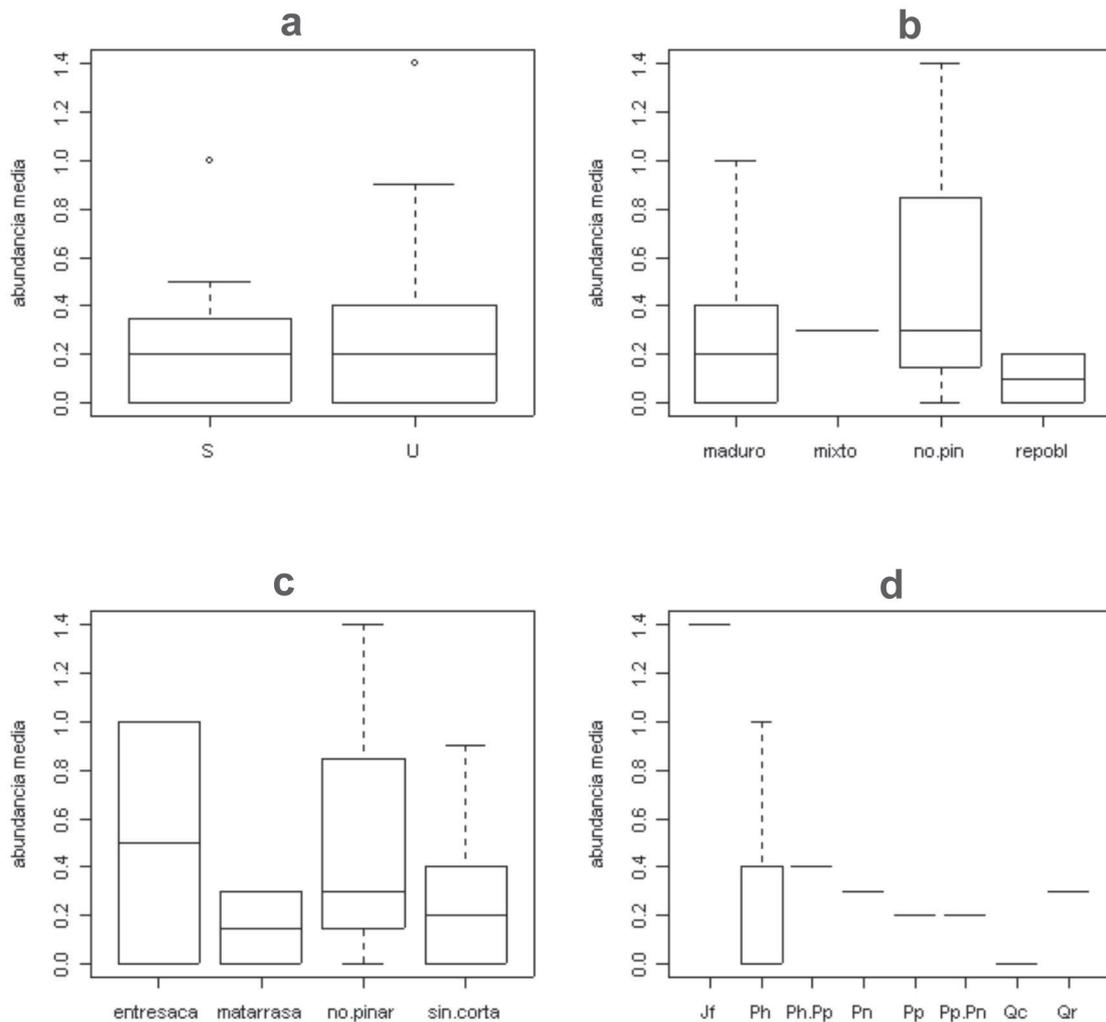


Figura 3. Relación entre el número de individuos colectados de *Carabus lusitanicus* y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. a, orientación solana/umbría; b, tipo de arbolado (maduro, repoblado, etc.); c, tipo de manejo (sin corta, entresaca, etc.); d, especie arbórea dominante (Jf = *Juniperus phoenicea*; Ph, Pp y Pn = *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *P. nigra* respectivamente; Qc y Qr = *Quercus coccifera* y *Q. rotundifolia*, respectivamente).

Figure 3. Relationship between the number of individuals of *Carabus lusitanicus* and different environmental parameters of Sierra Espuña. a, exposure sun/shadow; b, nature of tree forest (mature, recently planted, etc.); c, type of management (clearing, cut, intact, etc.); d, main pine species (Jf = *Juniperus phoenicea*; Ph, Pp and Pn = *Pinus halepensis*, *P. pinaster* and *P. nigra* respectively; Qc and Qr = *Quercus coccifera* and *Q. rotundifolia*, respectively).

Los individuos de cada lugar se guardaron en frascos con propilenglicol al 20% en agua destilada y se almacenaron en nevera para posibles verificaciones posteriores.

La estimación indirecta de la biomasa es la que se practica en Polonia por varios investigadores y nos ha sido sugerida por el Dr. Jarek Sklodowski (Dept. of Forest Protection and Ecology, Warsaw Agricultural University). Los carábidos de cada lugar se miden en un estereomicroscopio (desde el borde anterior del labro al extremo apical de los élitros). La medida de longitud (en mm) se convierte en biomasa (en mg) mediante la fórmula  $\ln Y = -8,50956394 + (2,55549621) \ln X$ , en donde Y es la biomasa y X es la longitud corporal que se ha medido. Este método

pretende evitar las variaciones del peso corporal debidas a los cambios (hinchamientos o deshidrataciones) que ocurren en los individuos una vez que caen en las trampas. Al igual que en el método directo, las capturas de cada sitio se van acumulando a lo largo de todo el periodo de muestreo y el valor final de la biomasa se divide por el total de individuos capturados, resultando la BMI del lugar. Esta aproximación permite contrastar los resultados del estudio con los obtenidos en otros lugares de Europa.

### Modelos

Para el análisis de la biomasa de cada especie con relación al lugar y la fecha, se han usado técnicas de

Nº	Coord. X	Coord. Y	Altitud	Especie dominante	Edad	Manejo	Orientación (grados)	Pendiente	Exposición
1	630793	4191350	716	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	315,55	11,45	Umbría
2	630939	4191218	698	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	337,51	11,98	Umbría
3	630221	4193342	794	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	entresaca	97,44	10,05	Solana
4	630239	4193476	810	<i>Pinus halepensis</i>	repoblado	matarrasa	100,95	3,75	Solana
5	630239	4193511	810	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	155,18	6,64	Solana
6	629934	4193432	820	<i>Pinus halepensis</i>	mixto	matarrasa árboles padre	45,5	8,69	Solana
7	629935	4193393	820	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	42,69	10,6	Solana
8	628436	4193690	960	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	5,78	53,97	Umbría
9	626675	4194653	1177	<i>Pinus halepensis</i> P. <i>pinaster</i>	maduro	sin corta	267,44	27,76	Umbría
10	626643	4193890	1238	<i>Juniperus phoenicea</i>	no determ.	no determ.	249,75	14,45	Umbría
11	625437	4195114	1105	<i>Quercus rotundifolia</i>	no determ.	no determ.	216,56	22,16	Solana
12	626183	4191279	1364	<i>Pinus nigra</i>	maduro	sin corta	91,42	20,62	Umbría
13	624786	4192444	1439	<i>Pinus pinaster</i>	repoblado	sin corta	138,27	8,51	Solana
14	625077	4191929	1368	<i>Pinus pinaster</i> - P. <i>nigra</i>	maduro	sin corta	238,69	10,64	Umbría
15	625035	4190974	1260	<i>Pinus pinaster</i>	maduro	sin corta	178,43	20,64	Solana
16	632447	4191727	680	<i>Quercus coccifera</i>	no determ.	no determ.	323,87	18,46	Umbría
17	631701	4191190	732	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	346,28	9,8	Umbría
18	633760	4191297	574	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	81,97	10,17	Solana
19	634416	4191703	461	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	entresaca	104,94	23,89	Solana
20	634433	4191657	467	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	124,17	6,98	Solana
21	634649	4190774	284	<i>Pinus halepensis</i>	maduro	sin corta	95,3	17,26	Solana

Tabla 1. Datos de las localidades de Sierra Espuña donde se han tomado muestras de la Biomasa Media Individual de coleópteros carábidos y resto de artrópodos epigeos.

Table 1. Data of sampling localities of Sierra Espuña where it has been determined the Mean Individual Biomass of ground beetles and other epigean arthropods.

regresión del tipo *Generalized Additive Model* (GAM, Hastie & Tibshirani 1990; Yee & Michell 1991) con regresión logística, usando los datos de presencia/ausencia (Franklin 1995; Guisan & Zimmermann 2000; Scott et al. 2002), que se unen a un Sistema de Información Geográfica (GIS).

Los GAM son extensiones no paramétricas de los GLM (*Generalized Linear Models*, Hastie y Tibshirani 1990, Yee & Mitchel 1991). Un GLM ajusta la distribución de la variable dependiente a una función de la familia exponencial (binomial, binomial negativa, gaussiana, normal, beta o exponencial entre otras), mediante una combinación lineal de las variables independientes multiplicada por sus respectivos parámetros. En el GAM el ajuste no se realiza a una función con una forma predeterminada, resultando éste de la combinación (sumatorio) de las variables predictoras por respectivas funciones inespecíficas. Ello reduce en una mayor flexibilidad, lo que dota a esta técnica de un alto valor prospectivo (Franklin 1995; Guisan & Zimmermann 2000; Scott et al. 2002). La evaluación se ha realizado mediante validación cruzada y un estadístico

ROC (Fielding & Bell 1999, Lehmann et al. 2002, Zaniewski et al. 2002).

#### Tratamiento de los datos con un Sistema de Información Geográfica (GIS)

Se ha utilizado el GIS Arc View 3.2 con la extensión Spatial Analysts. A partir de la base de datos del inventario forestal del Plan de Ordenación del Parque Regional de Sierra Espuña, se han generado mapas raster con celdillas de 200 x200 m.

Se extrajo la información de cada capa raster y se construyó una base de datos georeferenciada a 200 x 200 m que contenía todos los puntos de muestreo. A cada punto se unió toda la información extraída, generándose una matriz de datos para realizar los análisis estadísticos.

Se han estudiado los parámetros ambientales que definen la biomasa y abundancia de las especies seleccionadas mediante GAM. Para el análisis se utilizó el programa GrasperR del paquete estadístico R (Ihaka & Gentleman 1996), realizándose el modelo

Especie	Acrónimo	Nº indiv.
<i>Carabus (Mesocarabus) lusitanicus baguenai</i> Breuning 1926	Clus	68
<i>Amara (Celia) sollicita</i> Pantel 1888	Asol	1
<i>Calathus (Calathus) baeticus baeticus</i> Rambur 1837	Cbae	49
<i>Calathus (Neocalathus) cinctus</i> Motschulsky 1850	Ccin	1
<i>Calathus (Neocalathus) granatensis</i> Vuillefroy 1866	Cgra	5
<i>Laemostenus terricola terricola</i> (Herbst 1783)	Lter	2
<i>Platyderus</i> sp. (endemismo de Murcia)	Plat	17
<i>Tschitscherinellus cordatus cordatus</i> (Dejean 1825)	Tcor	1
<i>Harpalus (Harpalus) fuscicornis</i> Ménétríés 1832	Hfus	1
<i>Pseudomasoreus canigouensis</i> (Fairmaire y Laboulbène 1854)	Pcan	1
<i>Lebia (Lamprias) cyanocephala cyanocephala</i> (Linnaeus 1758)	Lcya	1
<i>Singilis alternans</i> Bedel 1905	Salt	2

Tabla 2. Relación de especies de Carabidae colectadas en Sierra Espuña mediante trampas de caída en otoño de 2002 y primavera de 2003. La relación sigue el orden del catálogo de los Carabidae ibéricos (Serrano 2003).

Table 2. List of ground beetles species collected in Sierra Espuña with pitfall traps during Autumn 2002 and Spring 2003. The list follows that of the catalogue of Iberian Carabidae (Serrano 2003).

Sitios	Especies (nº de indiv.) otoño 2002	Biomasa Carabidae	BMI Carabidae	Biomasa otros artrópodos	Especies (nº de indiv.) primavera 2003	Biomasa Carabidae	BMI Carabidae	Biomasa otros artrópodos
1	Clus (1), Pcan (1)	656	328	12500	Clus (1)	452	452	3444
2				4093				9879
3	Clus (4), Plat (5)	2363	263	48370	Clus (6), Plat (5)	2682	244	14036
4	Clus (1)	572	572	20042	Salt (1)	6	6	19462
5	Clus (4)	1897	474	32018	Clus (1)	359	359	6549
6	Clus (3)	1170	390	11877	Plat (2)	57	29	10242
7	Clus (3)	2167	722	18645	Clus (2)	1140	570	14950
8	Clus (8), Cbae (8), Ccin (1)	5196	306	16405	Clus (3), Plat (2), Cbae (6), Tcor (1)	2117	176	14283
9	Clus (1)	630	630	4020	Clus (3), Hfus (1)	1662	416	6245
10	Clus (8), Cbae (6)	5080	363	1216	Clus (6), Cbae (6), Salt (1)	4352	335	10827
11	Clus (4), Cbae (1), Cgra (2)	2649	378	17720	Clus (1), Cgra (3)	512	128	17074
12	Clus (2)	1493	747	6853	Clus (1), Asol (1), Lter (1)	736	245	8874
13	Cbae (1)	55	55	3109	Clus (2)	1034	517	18910
14	Clus (4), Cbae (20), Plat (1)	4024	161	16634	Plat (2), Cbae (2)	217	54	15920
15	Clus (2), Lter (1)	1002	334	9013	Plat (5)	139	28	16532
16				16702				9946
17				15213				9605
18				12592	Lcya (1)	20	20	13493
19				10387				14786
20				1739				8301
21				1202				9452

Tabla 3. Resumen de capturas y biomasa (en mg) de los Carabidae colectados en Sierra Espuña. El acrónimo de las especies es el indicado en la Tabla 2.

Table 3. Summary of captures and biomass data (in mg) of ground beetles collected in Sierra Espuña. Acronym of species as in Table 2.

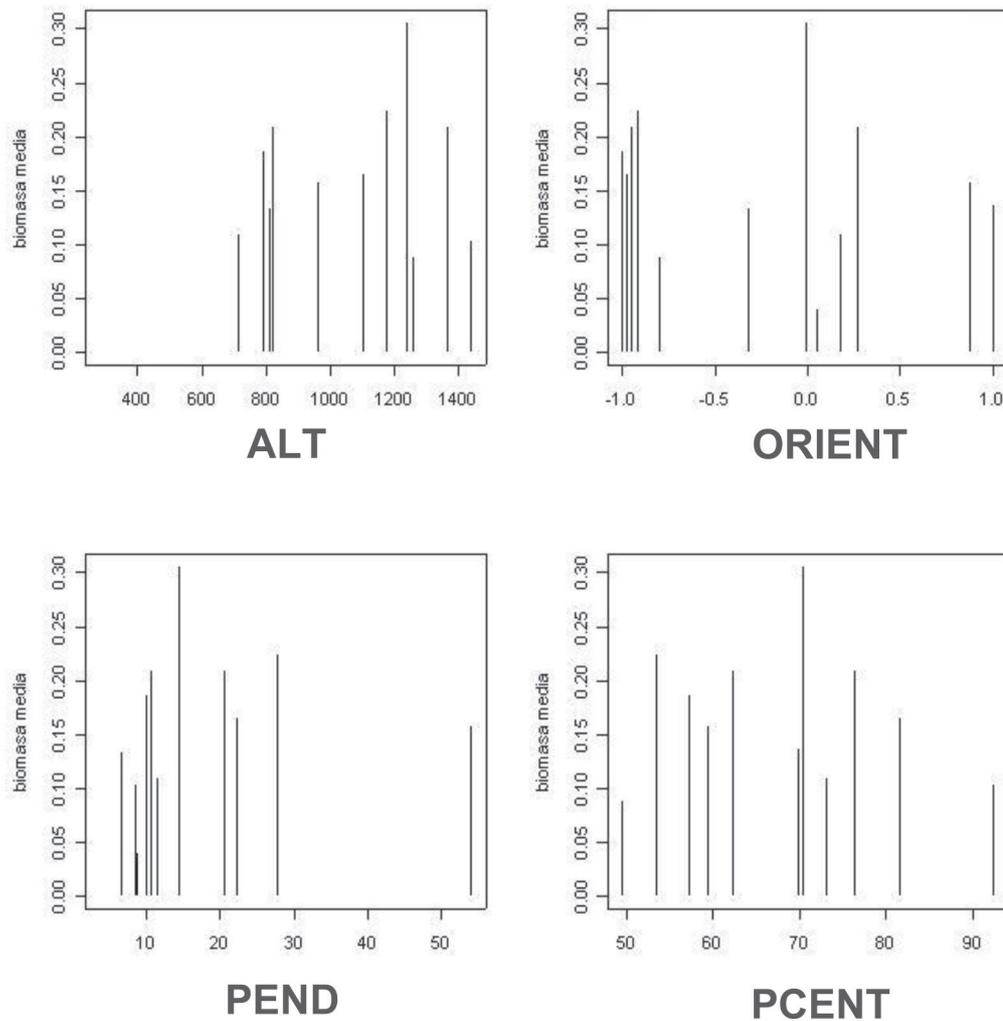


Figura 4. Relación entre la biomasa de *Carabus lusitanicus* y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. Abreviaturas como en la Figura 2.

Figure 4. Relationship between the biomass of *Carabus lusitanicus baguenai* and different environmental parameters of Sierra Espuña. Abbreviations as in Figure 2.

de cada especie por separado. Se ha estudiado la correlación entre las variables, omitiéndose las que aportan valores superiores a 0,8 (Lehmann et al. 2002).

Se han realizado modelos con todas las variables no correlacionadas usando la incorporación de variables paso a paso en dos direcciones, excluyéndose las variables con significación  $P > 0,01$  (Zaniewski et al. 2002). La contribución de cada variable se ha evaluado según la variación en la deviance residual conforme se vayan añadiendo variables al modelo.

Los mapas de distribución potencial se generaron mediante la función de predicción de GraspER, exportándose como tabla para el GIS ArcView 3.2.

## Resultados

La lista de los carábidos capturados se indica en la Tabla 2, junto con el número de individuos colectados de cada especie. Las tres especies capturadas con mayor frecuencia son *Carabus lusitanicus*, *Calathus baeticus* y una especie aún no descrita del género *Platyderus* posiblemente endémica de las sierras de Murcia (Jeanne, com. pers.).

La Tabla 3 resume las capturas por sitio, con indicación del número de individuos de cada especie de carábido, la biomasa de Carabidae a lo largo de cada estación, la biomasa de los restantes artrópodos recogidos en las trampas de caída y los valores de la

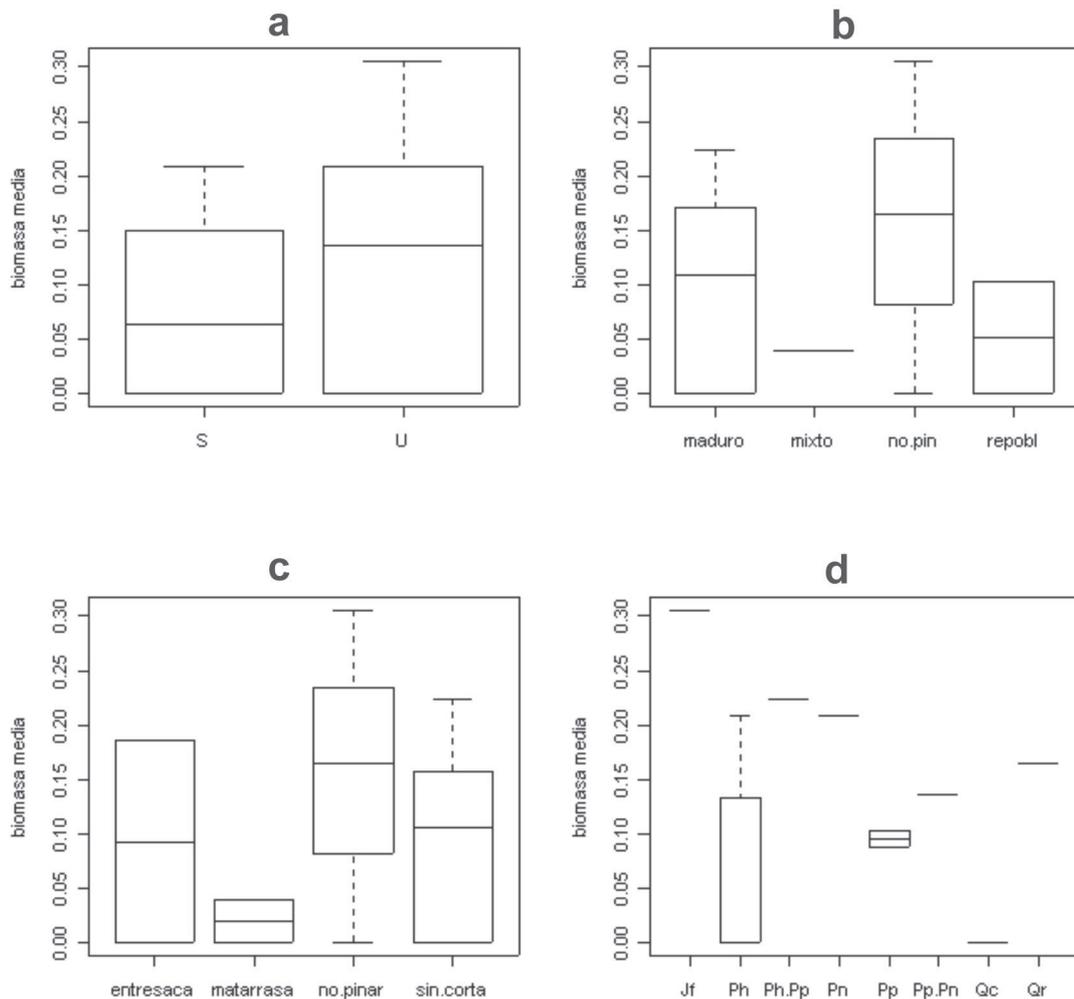


Figura 5. Relación entre la biomasa de *Carabus lusitanicus* y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. Abreviaturas como en la Figura 3.

Figure 5. Relationship between the biomass of *Carabus lusitanicus baguenai* and different environmental parameters of Sierra Espuña. Abbreviations as in Figure 3.

BMI para los Carabidae obtenidos mediante el método directo.

#### Variación de la Biomasa Media Individual

Los valores de la BMI (Tabla 3) obtenidos mediante pesaje directo de los individuos, no difieren estadísticamente de los obtenidos indirectamente (datos no incluidos) a partir de la medida de la longitud corporal y su conversión mediante la fórmula  $\ln Y = -8,50956394 + (2,55549621) \ln X$  ( $Y =$  peso;  $X =$  longitud). En ocasiones, la medida directa del peso lleva a una BMI mayor (sitios 7 y 12) cuando hay pocos individuos. Estos casos corresponden a hembras grávidas que pesan más de lo habitual.

Los valores de la BMI basados en la pesada directa de los individuos oscilan notablemente, tanto

entre los lugares dentro de una misma estación (Tabla 3), como a veces en un mismo lugar del otoño a la primavera. Esto último es apreciable en los lugares 4, 6, 13 y 15. Estas oscilaciones se deben en buena parte al número de individuos de *Carabus lusitanicus* colectados, dada la gran diferencia en biomasa que presenta esta especie con respecto a los demás Carabidae. El sitio 10 es el Collado Blanco, por lo que se considera como una zona abierta. El valor de la BMI en este sitio ( $363 + 335$  mg) es similar al de varias manchas de pinar. Por su parte, el carrascal del sitio 11 dio un valor algo inferior ( $378 + 128$  mg) al de los pinares más cercanos. En los sitios 2, 16, 17, 19, 20 y 21 no se capturó carábido alguno y en el 18 solo se capturó un ejemplar.

Las capturas de otros artrópodos siguen una pauta coincidente solo en parte con la de los Carabidae,

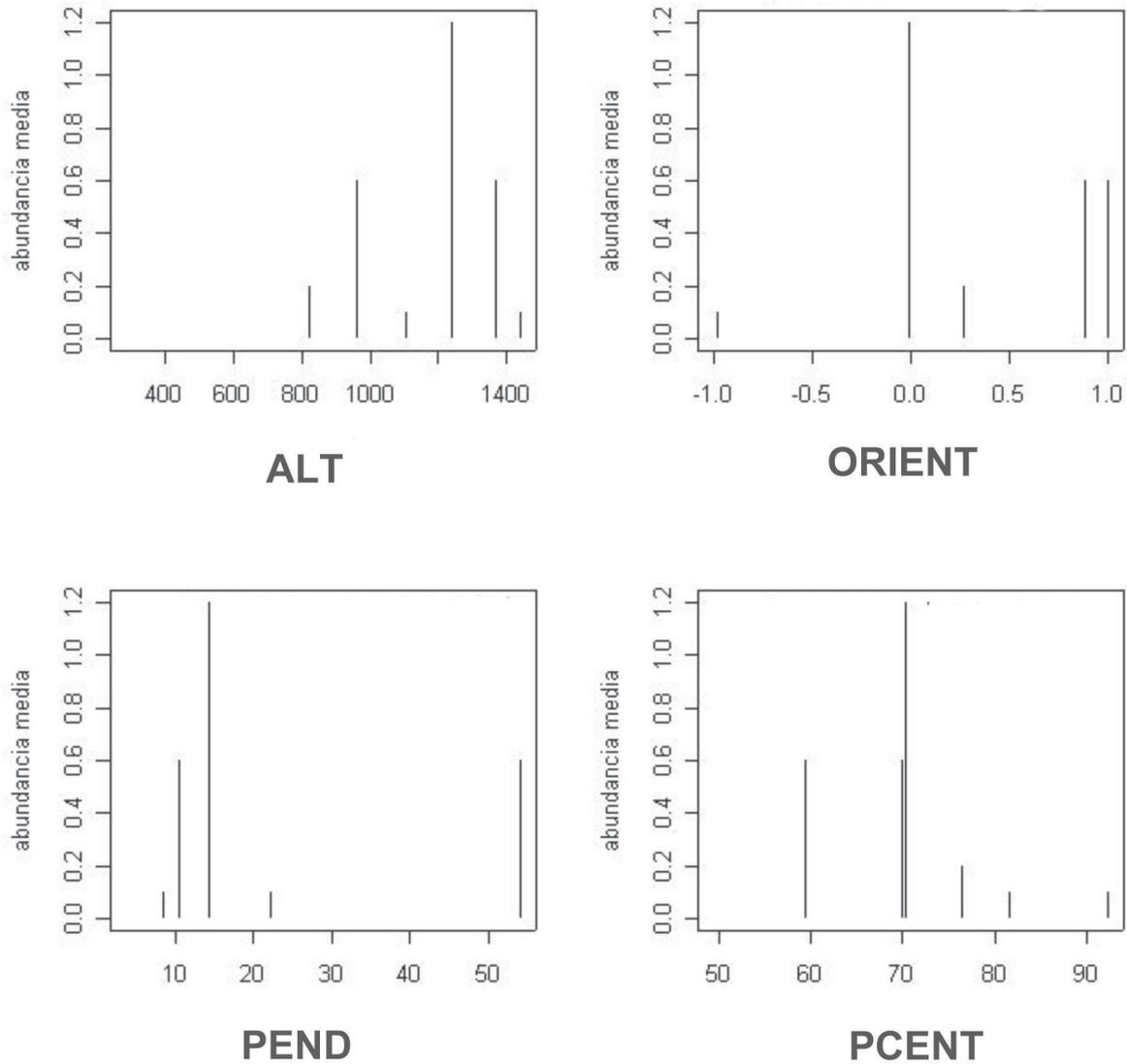


Figura 6. Relación entre el número de individuos de *Calathus baeticus* y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. Abreviaturas como en la Figura 2.

Figure 6. Relationship between the number of individuals of *Calathus baeticus* and different environmental parameters of Sierra Espuña. Abbreviations as in Figure 2.

pues los sitios en los que colectaron más biomasa fueron 3, 4, 5, 7, 8, 11 y 14. En los lugares 16-18 se colectaron también cantidades significativas de biomasa, lo que contrasta con la práctica ausencia de carábidos.

En cuanto a las fechas de las capturas, los Carabidae presentaron un máximo durante el otoño en octubre, mientras que junio fue el mejor mes de primavera. Algo similar se halló para los demás artrópodos, pues el máximo de biomasa se colectó a final de septiembre y la primera mitad de octubre de 2002, y también la biomasa aumentó progresivamente desde abril hasta junio.

#### Relación entre la abundancia y la biomasa de los Carabidae más frecuentes con los parámetros ambientales

##### *Carabus lusitanicus baguenai*

Esta especie comienza a capturarse por encima de los 700 m, con un máximo en torno a 1200 m y disminuye hasta 1400 m (Fig. 2a). *C. lusitanicus* no parece mostrar una preferencia en cuanto a la orientación, aunque se ha colectado con mayor frecuencia en trampas con orientación norte (Fig. 2b). Prefiere lugares con pendientes moderadas, en torno al 15 %, cuyo porcentaje de cobertura de matorral se sitúa en torno

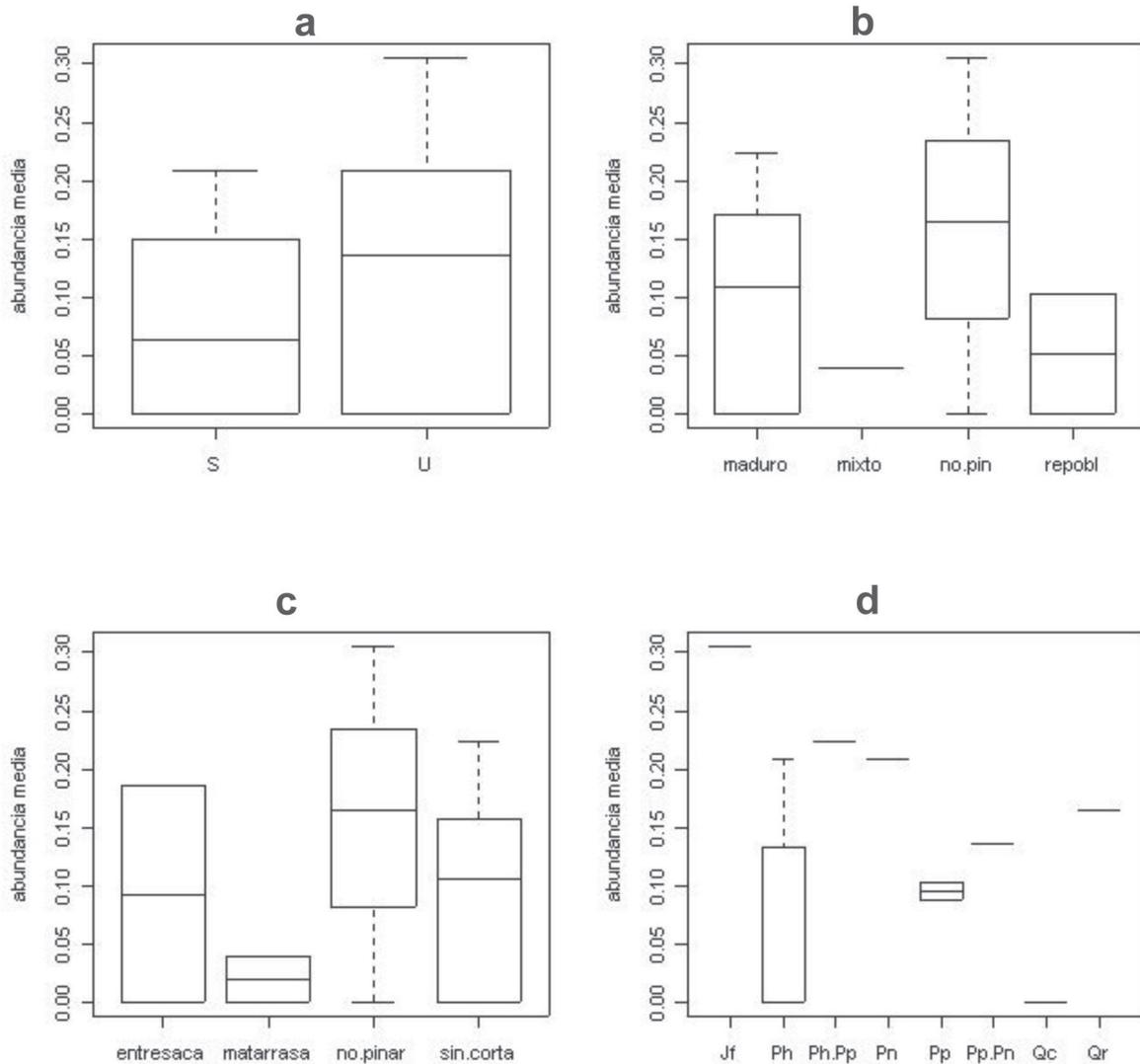


Figura 7. Relación entre el número de individuos de *Calathus baeticus* y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. Abreviaturas como en la Figura 3.

Figure 7. Relationship between the number of individuals of *Calathus baeticus* and different environmental parameters of Sierra Espuña. Abbreviations as in Figure 3.

al 70% (Fig. 2c). Se captura preferentemente en lugares con cobertura arbórea bien desarrollada, en torno al 60-70% (Fig. 2d).

La falta de preferencia de *Carabus lusitanicus* por una determinada orientación también se manifiesta en la Figura 3a. Esta especie es más abundante en formaciones distintas al pinar y de entre los pinares, prefiere los maduros y mixtos frente a los repoblados, en los que es rara (Fig. 3b). Respecto al manejo del pinar, las mayores abundancias medias corresponden a las entresacas y las formaciones distintas al pinar (Fig. 3c). En cuanto a la especie forestal dominante, las mayores abundancias se han registrado en la formación de *Juniperus phoenicea* y en el pinar de *Pinus halepensis* (Fig. 3d).

La distribución de la biomasa media en función de las diferentes variables muestra un patrón similar al de la abundancia media (Fig. 4), con un máximo en torno a 1200 m de altitud, sin clara preferencia por la orientación, en lugares con pendientes en torno al 15 % y cobertura de matorral alrededor del 70%.

En cuanto a la biomasa media, *C. lusitanicus* es algo más grande en umbría que en solana (Fig. 5). Los insectos capturados en formaciones distintas al pinar también son más grandes, seguidos de los colectados en pinares maduros y repoblados. En cuanto al manejo, los ejemplares capturados en lugares diferentes al pinar son los de mayor tamaño, seguidos de los capturados en la entresaca y en los pinares sin corta. Respecto a la especie forestal dominante,

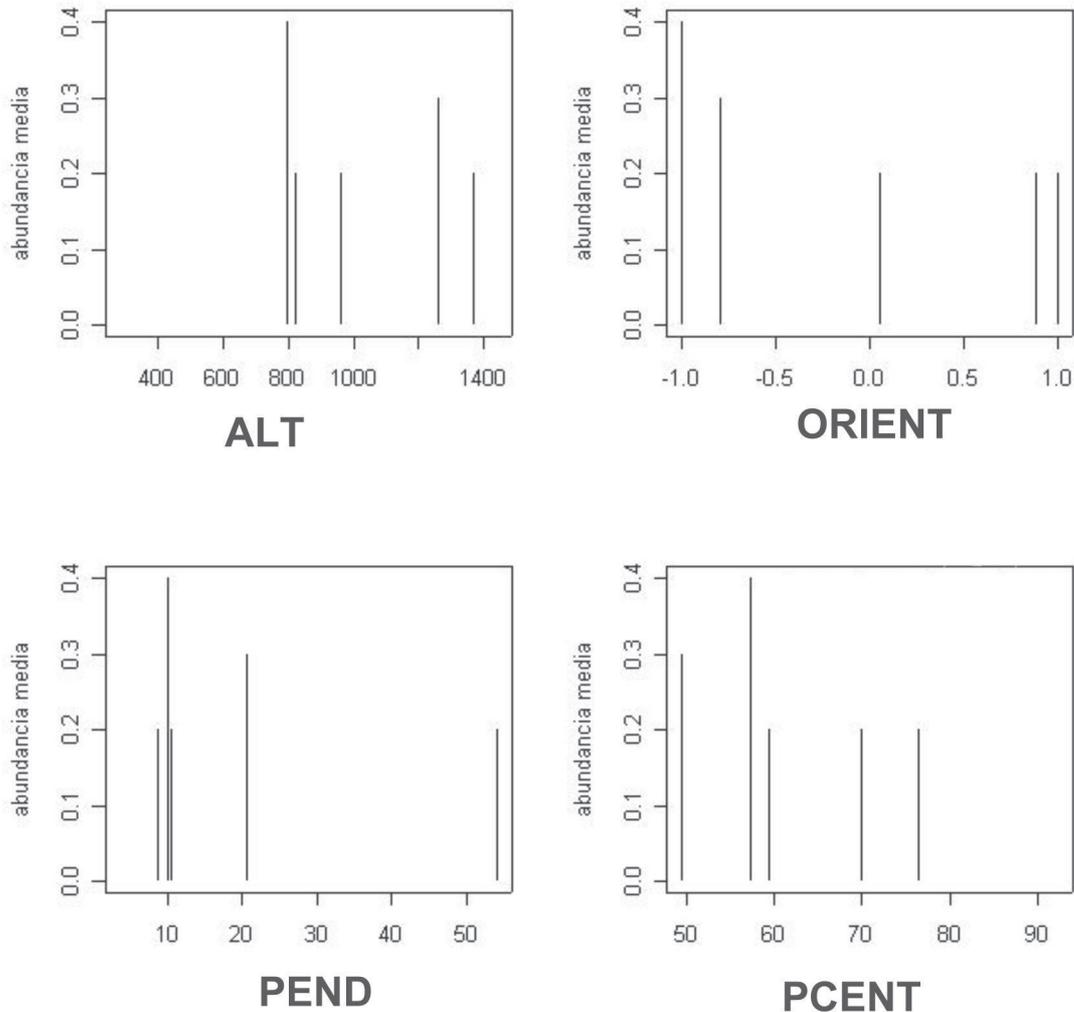


Figura 8. Relación entre el número de individuos de *Platyderus* sp. y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. Abreviaturas como en la Figura 2.

Figure 8. Relationship between the number of individuals of *Platyderus* sp. and different environmental parameters of Sierra Espuña. Abbreviations as in Figure 2.

los insectos de mayor tamaño son los capturados bajo *Juniperus phoenicea*, seguidos por los de los pinares de *Pinus pinaster* y *P. nigra*, mezclados o no con *P. halepensis*. Los *C. lusitanicus* que viven en pinares de *P. halepensis* muestran una gran variabilidad de tamaño.

#### ***Calathus baeticus baeticus***

*C. baeticus* aparece por encima de los 800 m, donde prefiere la orientación norte y las pendientes escasas, así como lugares con cobertura de matorral en torno al 75 % (Fig. 6). Esta especie es más frecuente en la umbría (Fig. 7), en las formaciones vegetales distin-

tas al pinar, en los pinares no manejados, en los matorrales de *Juniperus phoenicea* y en menor medida en pinares mixtos de *Pinus nigra* y *P. pinaster*.

Respecto a la biomasa, los individuos de mayor tamaño se han capturado en altitudes comprendidas entre 800 y 1200 m (se omiten las figuras correspondientes por ser similares a la Fig. 6). La mayor biomasa se captura en trampas con orientación norte, pendientes bajas y coberturas de matorral en torno al 75 %. Respecto a la exposición, los insectos más grandes están en la umbría, aunque esta tendencia es débil. Los valores de biomasa siguen el patrón ilustrado en la Fig. 7, pues son también mayores en las formaciones vegetales diferentes al pinar (cualquiera que sea su edad), así como en matorrales de *Juniperus phoenicea*.

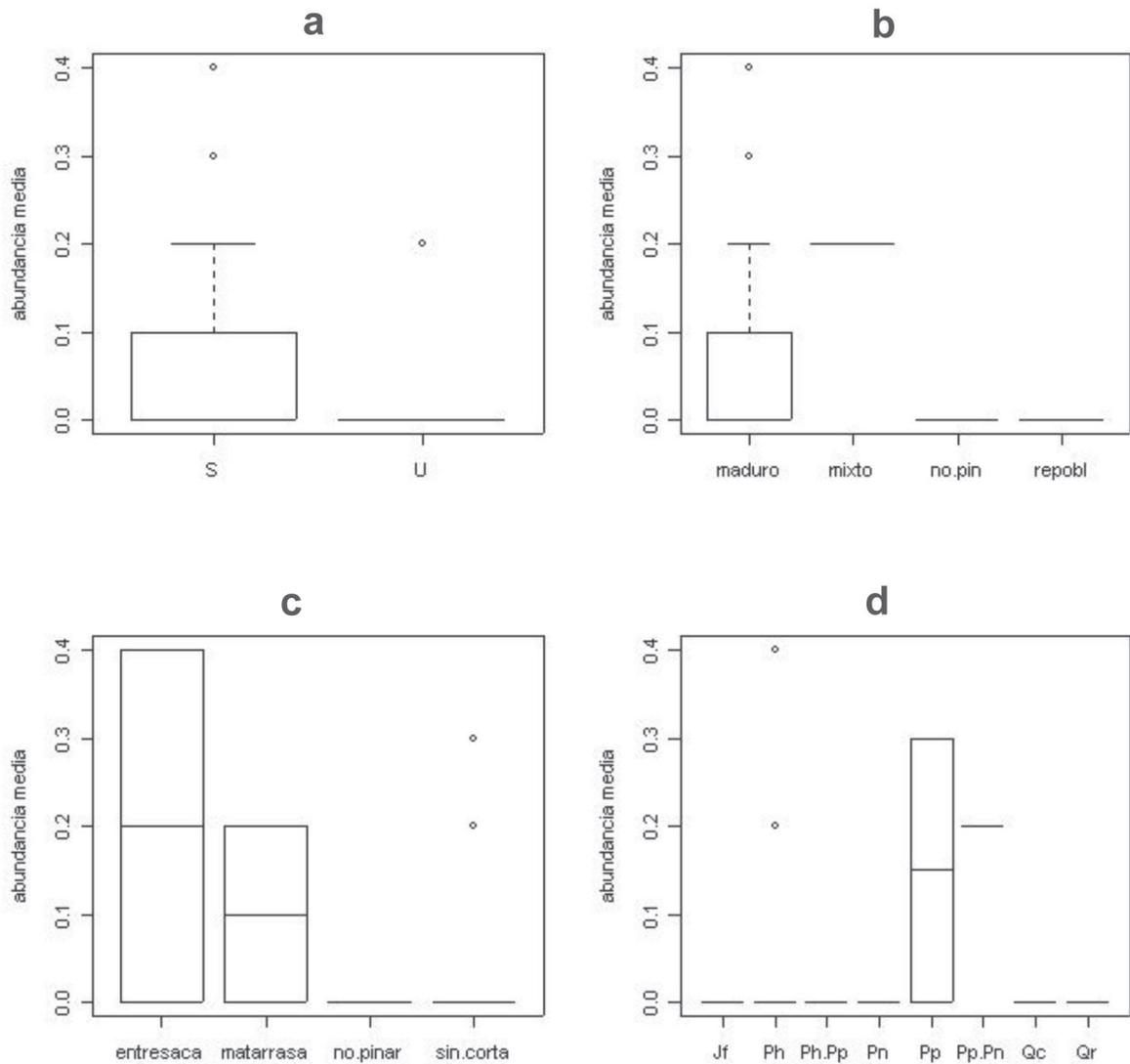


Figura 9. Relación entre el número de individuos de *Platyderus* sp. y diversos parámetros ambientales de Sierra Espuña. Abreviaturas como en la Figura 3.

Figure 9. Relationship between the number of individuals of *Platyderus* sp. and different environmental parameters of Sierra Espuña. Abbreviations as in Figure 3.

### ***Platyderus* sp.**

Con respecto al número de individuos, esta especie tiende a ocupar el rango de altitudes comprendido entre 800 y 1400 m, con una abundancia máxima en torno a 1200 m (Fig. 8). Prefiere la orientación sur y las pendientes moderadas, así como coberturas de matorral inferiores al 60 %. Las preferencias por la orientación sur se confirman en la Figura 9. Esta especie es más abundante en pinares de edad mixta, mientras que los valores referidos a los pinares maduros son variables. Respecto al manejo, son más frecuentes en pinares manejados y abundan más en

la entresaca que en los lugares con corta o matarrasa, donde predomina *Pinus pinaster*.

Con respecto a la biomasa, los individuos de mayor tamaño se han capturado en una altitud en torno a 1200 m, en orientación sur y en pendientes medias en torno al 20 %. En cuanto a la cobertura de matorral, los insectos de mayor tamaño se encuentran en los lugares con cobertura más baja. Los datos de biomasa coinciden con los del número de individuos con relación al tipo de bosque, su manejo y las especies arbóreas dominantes (las figuras correspondientes se han omitido por ser similares a las Figs. 8 y 9).

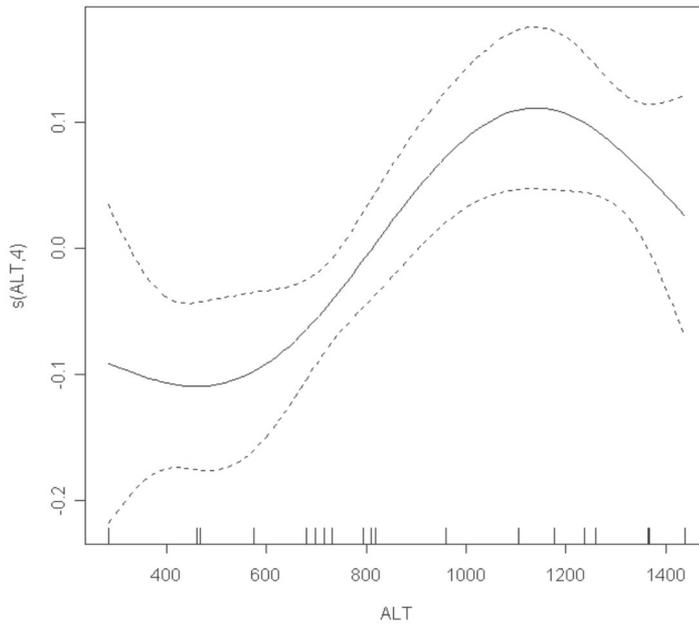


Fig. 10. Modelo de la distribución de la biomasa de *Carabus lusitanicus* en las masas forestales de Sierra Espuña. Se advierte la preferencia por los lugares en torno a los 1.000 m de altitud.  
 Fig. 10. Distribution model of biomass of *Carabus lusitanicus* in pine forests of Sierra Espuña. Note the preference on places around 1,000 m of altitude.

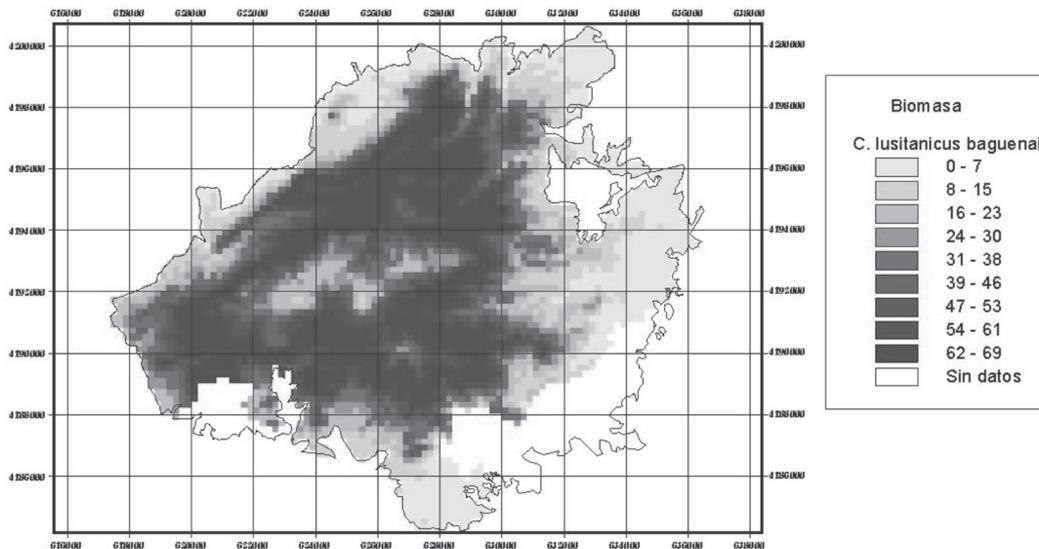


Figura 11. Mapa de la distribución de la biomasa de *Carabus lusitanicus* en Sierra Espuña.  
 Figura 11. Biomass distribution map of *Carabus lusitanicus* in Sierra Espuña.

**Relación entre abundancia y biomasa de los Carabidae más comunes y los parámetros ambientales**

***Carabus lusitanicus baguenai***

La distribución de la abundancia de esta especie en el Parque Regional de Sierra Espuña únicamente se explica por la variable altitud, que consigue absorber el 50,7 % de la deviance de dicha distribución. El

modelo generado indica una preferencia por lugares situados en torno a 1.200 m de altitud, con independencia de otros factores como tipo de bosque o manejo. En cuanto a la biomasa media, el modelo sigue una tendencia similar, con un máximo situado también en torno a 1.200 m (Fig. 10). Este factor explica un 59,4 % de la deviance. El modelo muestra una variabilidad muy alta en altitudes bajas, haciéndose más estable hacia el máximo. El mapa de probabilidad de la biomasa se ilustra en la Figura 11.

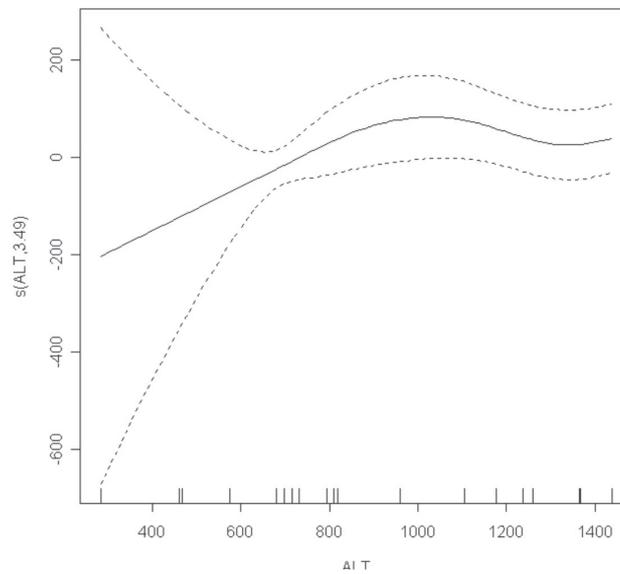


Fig. 12. Modelo de abundancia de *Calathus baeticus* en las masas forestales de Sierra Espuña. Se advierte la preferencia por los lugares en torno a los 1.000 m de altitud.

Fig. 12. Abundance model of *Calathus baeticus* in pine forests of Sierra Espuña. Note the preference on places around 1,000 m of altitude.

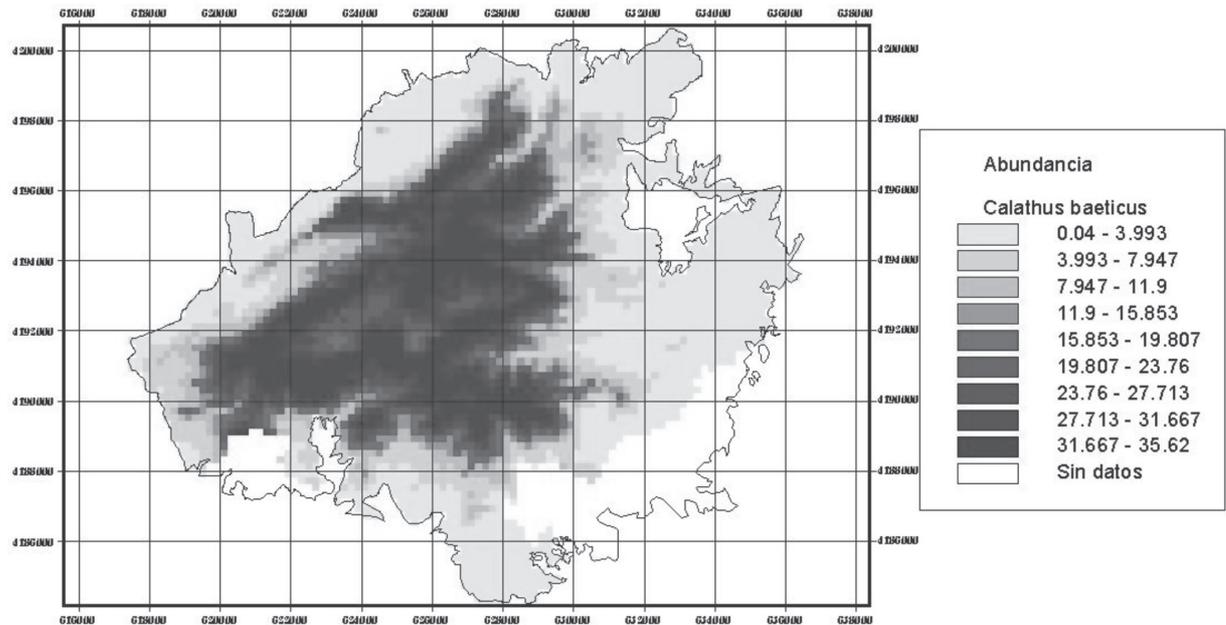


Fig. 13. Mapa de distribución de la abundancia de *C. baeticus*.

Fig. 13. Biomass distribution map of *C. baeticus* in Sierra Espuña.

**Calathus baeticus**

Según los modelos obtenidos, la abundancia de *C. baeticus* en el Parque Regional de Sierra Espuña depende sobre todo de la altitud y el estado de latizal de la masa forestal. En la Figura 12 se observa que la abundancia varía notablemente a altitudes bajas y se estabiliza a partir de 800 m, para mantenerse con pequeñas variaciones hasta los 1.400 m. El mapa de distribución teórica de esta especie se indica en

la Figura 13. La presencia más probable se da en áreas de altitud superior a 800 m donde ocurren latizales; ambos parámetros explican el 41,8% de la deviance.

Respecto a la biomasa de esta especie, no se ha podido realizar ningún modelo con explicación superior al 7 %, siendo este porcentaje demasiado bajo. Dado que una variable con efecto significativo debería explicar al menos un 10% de la deviance, se estima que la variable biomasa de *C. baeticus* no está

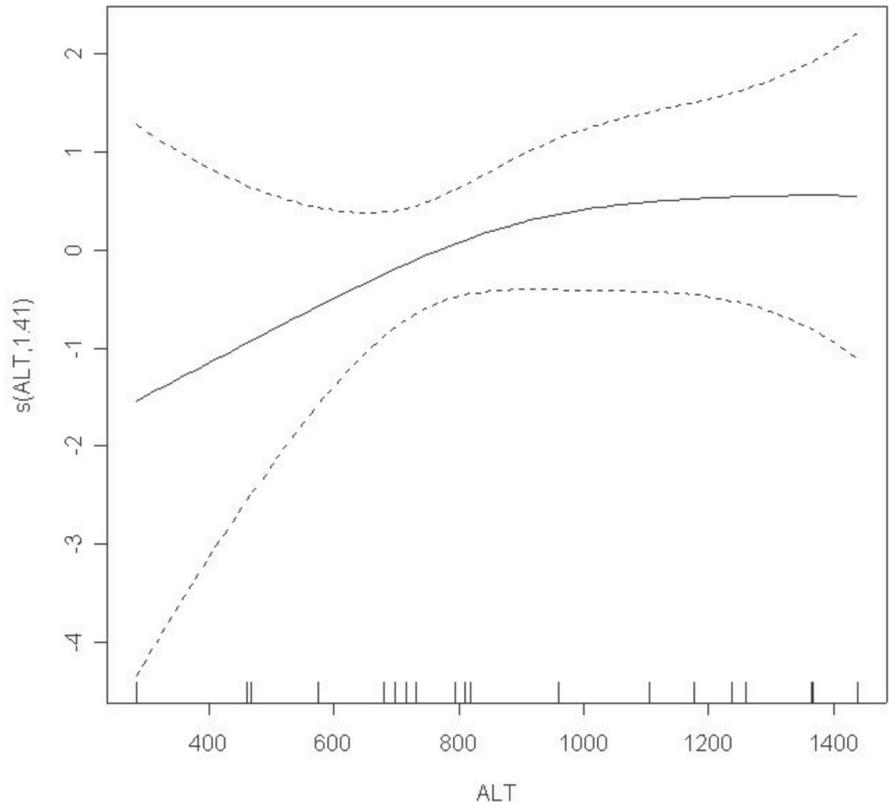


Fig. 14. Modelo de abundancia de *Platyderus* sp. en las masas forestales de Sierra Espuña. Se advierte la preferencia por los lugares en torno a los 1.000 m de altitud.  
 Fig. 14. Abundance model of *Platyderus* sp. in pine forests of Sierra Espuña. Note the preference on places around 1,000 m of altitude.

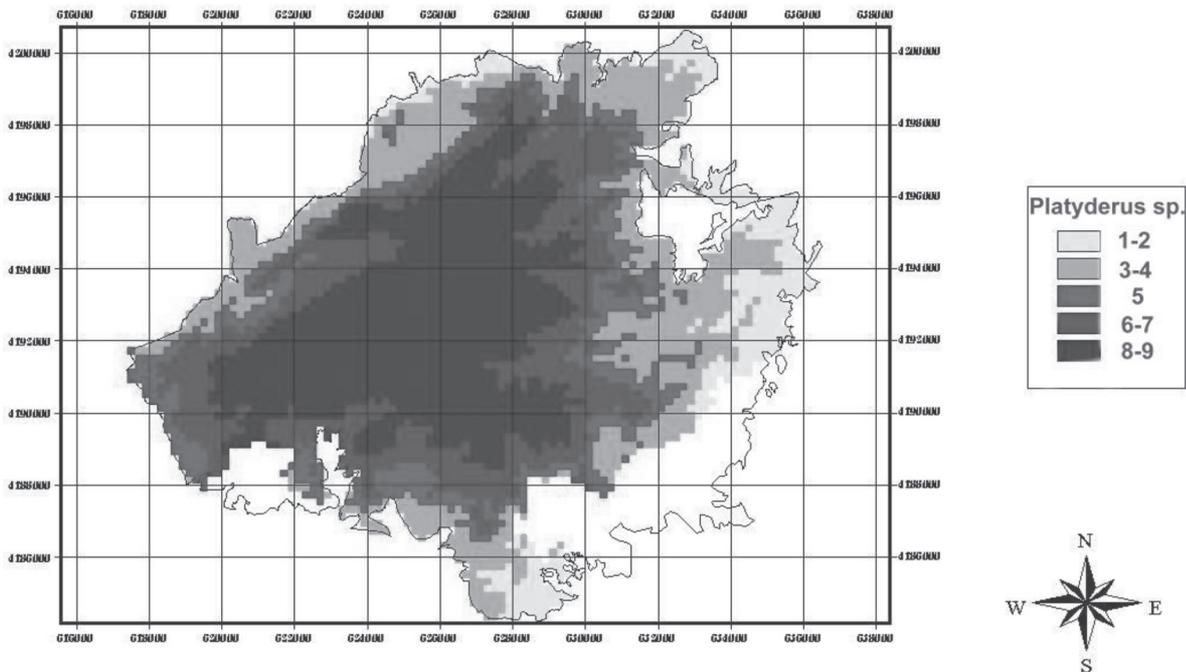


Fig. 15. Mapa de distribución de la abundancia de *Platyderus* sp.  
 Fig. 15. Biomass distribution map of *Platyderus* sp. in Sierra Espuña.

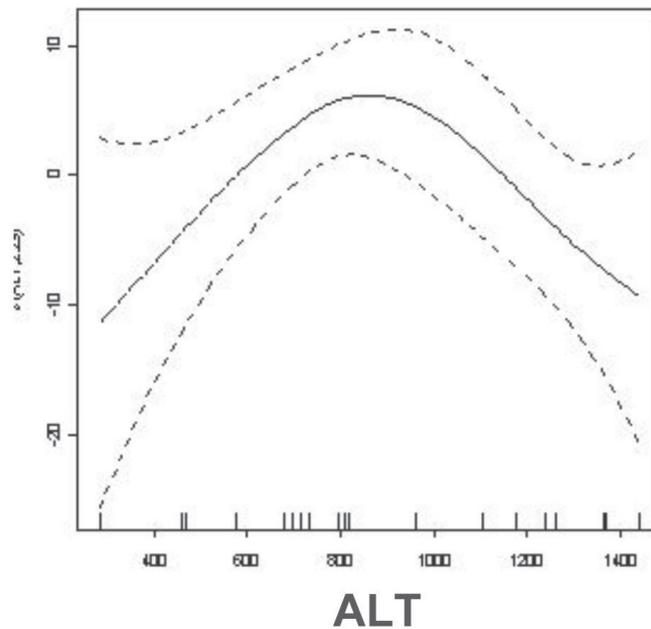


Fig. 16. Modelo de distribución de la abundancia de los artrópodos no carábidos en los pinares de Sierra Espuña.  
 Fig. 16. Abundance distribution model of non-carabid arthropods in pine forests of Sierra Espuña.

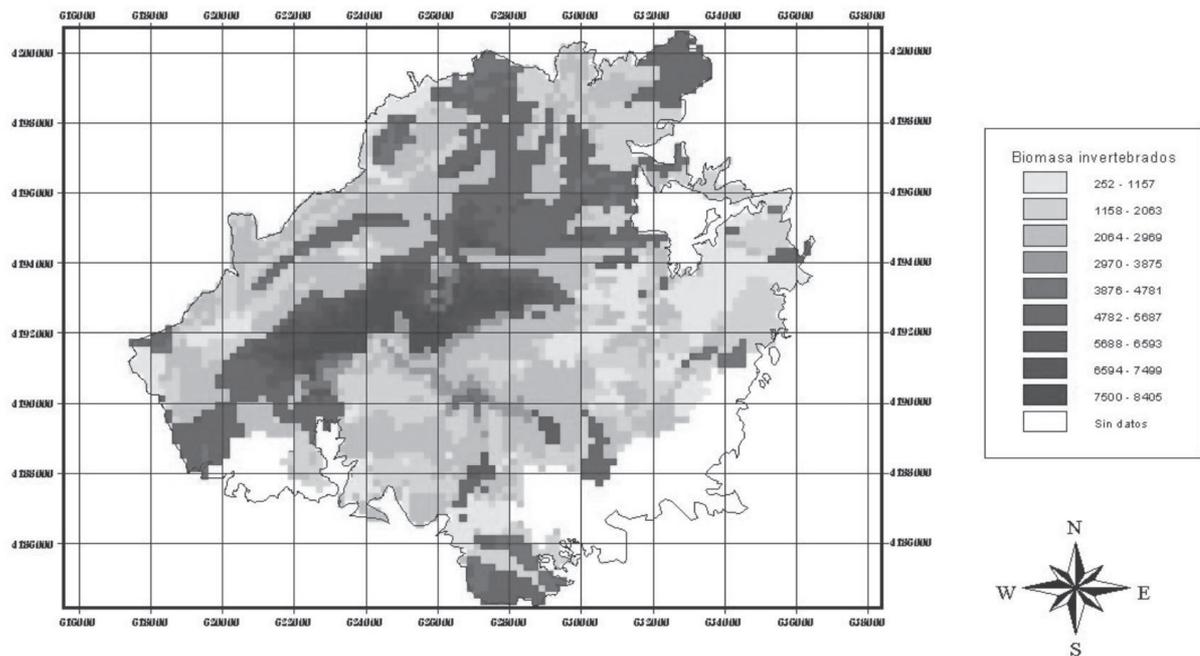


Fig. 17. Mapa de distribución de la abundancia de los artrópodos no carábidos en los pinares de Sierra Espuña.  
 Fig. 17. Abundance distribution map on non-carabid arthropods in pine forests of Sierra Espuña.

muy relacionada con las variables independientes estudiadas.

***Platyderus* sp.**

La abundancia de *Platyderus* sp. tampoco guarda mucha relación con las variables consideradas pues

los porcentajes son bastante bajos. La variable altitud es la única que explica un 12 % de su deviancia. La Figura 14 ilustra el comportamiento del modelo en función de dicha variable. La escasa pendiente indica el bajo porcentaje de explicación que absorbe. La especie comienza a ser abundante a partir de 800 m, manteniéndose casi sin variaciones

hasta la máxima altitud prospectada. Este comportamiento también se refleja en el mapa correspondiente (Fig. 15).

Al igual que la especie anterior, ninguna variable estudiada consigue hacer descender la deviance de la variable biomasa de *Platyderus* sp. más del 10 %, por lo que se considera que la biomasa no está claramente relacionada con las variables estudiadas.

### Otros artrópodos epigeos

La biomasa del resto de invertebrados capturados guarda relación con la altitud y el tipo de vegetación, factores que explican un 66,7 % de descenso de deviance. En las Figuras 16 y 17 se observa un máximo de biomasa en torno a los 800 m de altitud, así como una clara preferencia por el bosque claro. Dado que la biomasa de los Carabidae puede guardar relación con la disponibilidad de otros artrópodos que utilizan como presas (Szyszko 2002), se ha estimado la regresión de la primera sobre la segunda usando los datos de biomasa total de la Tabla 3. Los resultados indican que esta regresión no es significativa. Por tanto, no se puede relacionar la biomasa de los Carabidae con la de los otros artrópodos epigeos en función de los datos obtenidos.

## Discusión

### Abundancia y biomasa de los Carabidae en las masas forestales de Sierra Espuña

Tanto la abundancia como la biomasa y el número de especies de coleópteros carábidos recogidos en el Parque Regional de Sierra Espuña son moderadas en los sitios favorables y escasas o nulas en los lugares con condiciones ambientales extremas. Los valores de biomasa total de los sitios 4-5 y 6-7 corroboran las conclusiones halladas en numerosas zonas forestales de Centroeuropa. El sitio 4 es una zona talada cercana (unos 25 m) al bosque del lugar 5, y presenta valores de la BMI inferiores. Igual ocurre con el lugar 6, que también es una zona recién cortada y próxima al bosque del lugar 7, pues presenta valores de BMI inferiores a los de este último. La depauperación de la fauna que sigue a la tala se va recuperando con el paso del tiempo, posiblemente a partir de las zonas forestales intactas más cercanas.

La BMI del carrascal (sitio 11) es inferior a la hallada en la mayoría de los pinares. Este hecho quizá guarda relación con el tamaño relativamente pequeño de esta formación, lo que supone una condi-

ción posiblemente alejada del óptimo de los bosques caducifolios.

Los lugares en torno al Morrón (12-15) muestran el efecto de la orientación, puesto que los orientados hacia el norte (12 y 13) presentan valores de la BMI mayores que los orientados hacia el sur (14 y 15).

Los lugares de Sierra Espuña situados a menor altitud (del 16 al 21) son poco favorables para la fauna de carábidos, probablemente debido a las condiciones de pluviosidad escasa y alta evapotranspiración, que dan lugar a una baja humedad edáfica (suelos duros y secos). Tan solo se capturó un individuo de *Lebia cyanocephala* en el sitio 18. Los lugares 16 y 17 (a 680 y 732 m, respectivamente) corresponden a la zona incendiada del Turullón y un pinar adyacente, donde es posible que la densidad de los carábidos sea muy baja y no se capturen con las trampas de caída.

Otro factor que explica la escasez de capturas en algunos sitios es la destrucción de las trampas por los animales silvestres. Aunque el número de trampas inutilizadas en la mayoría de los lugares se sitúa en torno al 10%, este porcentaje fue muy elevado en el lugar 2, ya que las trampas estaban sacadas y rotas casi en el 75% de los muestreos. En este lugar no se capturaron carábidos a pesar de tratarse de una vaguada con buenas características de humedad edáfica y cobertura vegetal.

Los resultados obtenidos eran previsible en función de las colectas que hemos venido efectuando a mano en numerosas zonas de pinar de la Península Ibérica desde 1980. En general, la riqueza de especies de los pinares es discreta e inferior a la de otros hábitats más favorables. Novoa (1977) estudió los Carabidae de la Sierra de Guadarrama con relación a los pisos de vegetación y las comunidades vegetales. Para ello usó datos de capturas a mano efectuadas de forma no periódica, si bien estas capturas fueron realizadas en fechas diversas; además incluyó datos de colecciones y bibliográficos. Novoa (1977) encontró que los distintos tipos de pinar de la sierra coinciden en presentar una riqueza de especies algo inferior a la de robledales y melojares. En cuanto a la abundancia, los pinares resultaron ser relativamente pobres, capturándose normalmente pocos individuos. Novoa encontró que predominaban algunas especies de los géneros *Carabus*, *Leistus*, *Cryobius* (citadas como *Haptoderus*), *Steropus*, *Platyderus*, *Calathus* y *Eucryptotrichus*.

La comparación más fiable de los resultados de Sierra Espuña se puede hacer con los hallados en un pinar de repoblación de *Pinus pinaster* casi maduro (80 años), del Parque Nacional de Cabañeros (Serrano et al. en prensa). Se trata de una zona con factores

ambientales relativamente similares a los de Sierra Espuña, aunque en Cabañeros la pluviosidad es mayor, la zona apenas tiene pendiente y es objeto de escaso manejo. La toma de muestras se efectuó en periodos parecidos de otoño y primavera aunque extendidos a dos anualidades completas (2001 y 2002). Los valores de biomasa de Cabañeros son similares en un bosque de encinas y alcornoques y en el pinar, aunque la riqueza de especies es ligeramente mayor en el primero. Los datos de Cabañeros coinciden con los de Sierra Espuña en que hay igualmente una especie del género *Carabus* que domina (*C. rugosus*), una especie posiblemente endémica de *Platyderus* que es abundante y una muy frecuente del género *Calathus*, *C. granatensis*, cuyo papel ecológico es probablemente similar al de *C. baeticus*. Es interesante notar que *Calathus granatensis* también se ha colectado en Sierra Espuña, aunque en número escaso y restringida al carrascal de las zonas más altas (sitio 11). También se ha colectado en Cabañeros *Carabus lusitanicus*, aunque en número menor al de Sierra Espuña, lo que sugiere que en Cabañeros esta especie es desplazada por *C. rugosus*.

En Polonia, donde se han efectuado numerosos estudios en pinares desde la década de los 80 (revisión en Szyszko 2002), se ha constatado que la biomasa medida en términos de BMI, tienen su óptimo (más de 300 mg) en los pinares maduros (más de 100 años). No obstante, la riqueza de especies es mayor en los pinares jóvenes en proceso de regeneración (unos 20 años), debido al predominio de especies euritópicas, voladoras y de tamaño mediano, que desaparecen en las etapas posteriores de la regeneración. Esto significa que la riqueza de especies varía notablemente en función del dinamismo del pinar, pero no es elevada en condiciones de madurez. Dado que la repoblación de Sierra Espuña comenzó en el inicio del siglo XX, es posible que varios de los lugares prospectados hayan alcanzado una madurez notable, reduciéndose el número de especies oportunistas.

#### **Relación entre la Biomasa Media Individual, la madurez y el manejo del pinar**

Este análisis se ha limitado a las tres especies de Carabidae capturadas con mayor frecuencia. Los datos de *Carabus lusitanicus baguenai* son los más significativos de dichas especies, dado que es la de mayor tamaño y biomasa, y también la que ha sido colectada en mayor número. Esta especie mide unos 25 mm y tiene grandes mandíbulas y movimientos ágiles y vigorosos, por lo que se puede considerar

como un depredador destacado del medio epigeo. *C. lusitanicus* es una especie prácticamente euritópica dentro de la Península Ibérica, e incluye a los pinares dentro de sus preferencias, junto a zonas abiertas con cubierta vegetal moderada.

Aunque es más abundante en las formaciones distintas al pinar, dentro de éste prefiere los pinares maduros y mixtos frente a los repoblados. Este hecho indica que *C. lusitanicus* se asemeja a las especies indicadoras de los pinares maduros. Según Szyszko (2002), tales especies son ápteras, de tamaño grande (> 15 mm), apenas se encuentran fuera del bosque, suelen tener carácter endémico y forman parte del grupo de especies dominantes. La única salvedad es que *C. lusitanicus* no es una especie estrictamente ligada al bosque, sino que como se indicó anteriormente, también es abundante en los ecotonos y en lugares con vegetación arbustiva o de gramíneas; en alta montaña se halla bajo grandes piedras. En Sierra Espuña se ha capturado preferentemente en lugares con orientación norte y cobertura bien desarrollada, en torno al 70%. Su mayor abundancia en torno a los 1200 m sugiere que es en esta cota donde encuentra las condiciones más idóneas de humedad y temperatura, factores que son los más influyentes para cualquier carábido (Thiele 1977). Dado que *C. lusitanicus* no es raro en los pinares más húmedos de *Pinus halepensis*, se concluye que esta especie es el carábido que mejor indica la calidad de los pinares de *P. halepensis* de Sierra Espuña.

En cuanto a *Calathus baeticus*, presenta características similares a *Carabus lusitanicus* en cuanto a las preferencias de altitud, orientación y cobertura vegetal. Se trata de una especie ligada a los bosques montanos de las Sierras Béticas y el Sistema Ibérico Sur (Serrano 2003), con preferencia por los pinares. Su carácter forestal queda corroborado por las preferencias de lugares con cobertura en torno al 75%. A diferencia de *Carabus lusitanicus*, es más común en los pinares mixtos de *Pinus nigra* y *P. pinaster*. No se ha podido relacionar la biomasa de esta especie con parámetros ambientales, lo que quizá se debe a un número de capturas insuficiente.

La especie del género *Platyderus* es un elemento lapidícola, más frecuente en zonas de ecotono con cobertura arbórea moderada, y con un rango altitudinal amplio. Así, es frecuente tanto a lo largo de todo el valle de Leiva como en el entorno del Morrón, zonas donde se hallan buenos pinares en cuanto a edad, manejo, desarrollo, tipo de suelo, etc. Por ello, su interés como bioindicador forestal es notable.

### Relación entre la BMI y el estado de salud de los pinares de Sierra Espuña

Los datos de la tabla 3 indican que son varios los lugares que tienen una BMI igual o superior a los 300-350 mg, particularmente en otoño de 2002 (12 lugares). Si se suman los valores de otoño de 2002 con los de primavera de 2003 (acumulando un periodo total de muestreo de casi 5 meses), son 14 los lugares que tienen más de 300 mg de BMI. Estas cifras son similares a las que indica Leśniak (2003) para pinares puros (390) o mezclados con *Quercus* sp. (315) en un parque nacional de Polonia. Szyszko (2002) señala que un pinar se puede considerar maduro cuando la BMI es superior a los 300 mg, siendo entonces susceptible de manejo para fines diversos pues tiene una capacidad de regeneración óptima.

Una comparación simplista de estos datos conduciría a la conclusión de que el estado de salud de los pinares de Sierra Espuña es excelente en comparación con el de los pinares centroeuropeos. No obstante, puede no ser adecuado comparar dos sistemas forestales tan diferentes y sometidos a un esfuerzo investigador tan dispar. Los estudios en Polonia se han prolongado durante décadas mientras que el presente estudio se reduce a un ciclo anual. Si bien los resultados de este estudio inicial son alentadores, es necesario corroborar estas primeras conclusiones con trabajos más exhaustivos en cuanto al número de zonas muestreadas y la duración del estudio, que debería extenderse a 5-10 años.

Szyszko (2002) señala que la regeneración de un pinar cuya BMI es inferior a 180 mg es muy difícil y prácticamente imposible si es inferior a los 100 mg. Sklodowski (com. pers.) indica que un pinar tiene una capacidad de regeneración muy pobre cuando la BMI no supera 40-120 mg. Según estos valores, tan solo los pinares de la cara sur del Morrón parecen ser menos vigorosos (sitio 14, 161 y 54 mg; sitio 15, 334 y 28 mg).

Otro aspecto positivo de estos resultados es que los pinares de Sierra Espuña presentan probablemente una buena capacidad de resistir a la aparición de plagas forestales. Szyszko (2002), al recapitular los resultados de numerosos bosques, señala que en los pinares con BMI mayor a 180 mg la probabilidad de que se produzca la aparición de una plaga forestal es baja. Dicha probabilidad aumenta notablemente conforme se encuentran valores progresivamente inferiores al umbral antes citado.

En los lugares donde no se ha podido estimar la BMI por no haber carábidos, no se puede concluir que su estado sea crítico o que tengan una capacidad regenerativa escasa. Varios de ellos presentan valores

notables de biomasa de otros artrópodos epigeos (Tabla 3). Sería necesario realizar muestreos adicionales, especialmente en los sitios 2, 16 y 17 para determinar la razón de falta de capturas. Por otra parte, los carábidos no son seguramente apropiados para evaluar el dinamismo de los pinares situados a baja altitud y con climatología más adversa, dado que las condiciones ambientales limitan la densidad de las poblaciones y la efectividad de las trampas de caída.

### Agradecimientos

Agradecemos a D. Juan de Dios Cabezas, Director Conservador del Parque Regional de Sierra Espuña las facilidades dadas para realizar este estudio, así como al personal de guardería del parque, especialmente el Agente Forestal Francisco Esteban, por su inestimable ayuda y colaboración. Nuestros compañeros Fernando Cánovas, José Luís Lencina, Bárbara Fernández y Javier Ibáñez han ayudado en la colecta de los ejemplares. Carlos Ruiz nos ayudó con el análisis de los resultados. El Dr. Jarek Sklodowski (Varsovia) nos ayudó con la metodología para calcular la biomasa media individual. Este proyecto ha sido posible gracias a la ayuda de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la región de Murcia, a través de la Dirección General del Medio Natural.

### Referencias

- Brandmayr P, Lövei GL, Zetto Brandmayr T, Casale A & Vigna Taglianti A. (eds.) 2000. Natural History and Applied Ecology of carabid beetles. Sofia: Pensoft Publ.
- Eyre MD & Luff ML. 1990. A preliminary classification of European grassland habitats using carabid beetles. In: The role of ground beetles in ecological and environmental studies. (Stork N, ed.). Andover: Intercept Publ., pp. 227- 236.
- Fielding AH & Bell JF. 1997. A review of methods for the assessment of predictions errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation 24: 474-499.
- Franklin J. 1995. Predictive vegetation mapping: geographical modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. Progress in Physical Geography 19: 474-499.
- Guisan A & Zimmermann NE. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling 135: 147-186.
- Hastie TJ & Tibshirani RJ. 1990. Generalize Additive Models. London: Chapman and Hall.

- Ihaka R & Gentleman R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5: 299-314.
- Lehmann A, Overton JM & Leathwick JR. 2002. GRASP: generalized regression analysis and spatial predictions. *Ecological Modelling* 157: 187-205.
- Leśniak A. 2003. Carabid communities (Coleoptera: Carabidae) of common forest sites in Woliński National Park. *Baltic Journal of Coleopterology* 3: 83-90.
- Niemelä J. (ed.) 1996. Population biology and conservation of carabid beetles. 3<sup>rd</sup> Intern. Symposium of Carabidology, Kauniainen, Finland. *Annales Zoologici Fennici* 33.
- Novoa F. 1977. Los Carabidae de la Sierra de Guadarrama II (las comunidades en relación con los tipos de vegetación). *Publicaciones de la Cátedra de Artrópodos de la Universidad Complutense Madrid*, 14: 1-53.
- Scott JM, Heglund PJ, Morrison M, Haufler JB, Raphael MG, Wall WA & Samson FB. (eds.) 2002. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Covelo: Island Press.
- Serrano J. 2003. Catálogo de los Carabidae (Coleoptera) de la Península Ibérica. Zaragoza: *Monografías de la Sociedad Aragonesa de Entomología* 9.
- Serrano J, Ruiz C, Andújar C, Lencina JL. En prensa. Land use and ground beetle assemblages in the National Park of Cabañeros, Central Spain (Coleoptera: Carabidae). *Proc. XI European Meeting of Carabidologists*, Aarhus.
- Stork N. (ed.) 1990. *The role of ground beetles in ecological and environmental studies*. Andover: Intercept Publ.
- Szysko J. 2002. Carabids as an efficient indicator of the quality and functioning of forest ecosystems useful in forestry management. In *How to protect or what we know about carabid beetles* (Szysko J, den Boer PJ & Bauer T, eds.), Warsaw: Warsaw Agricultural University Press, pp. 301-318.
- Szysko J, Vermeulen H, Klimaszewski K, Abs M & Schwerk A. 2000. Mean individual biomass (MIB) of Carabidae as an indicator of the state of the environment. In *Natural History and Applied Ecology of carabid beetles* (Brandmayr P, Lövei G, Casale A & Vigna Taglianti A, eds.). Sofia: Pensoft Publ., pp. 289-294.
- Thiele, H-U 1977. *Carabid beetles in their environments*. Zoophysiology and Ecology 10. Berlin: Springer.
- Yee TW & Mitchell ND. 1991. Generalized additive models in plant ecology. *Journal of Vegetation Science* 2: 587-602.
- Zaniewski AE, Lehmann A & Overton JM. 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling* 157: 261-280.

