

VALORACIÓN ECOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LOS PASTOS SUPRAFORESTALES EN EL PARQUE NACIONAL DE ORDESA Y MONTE PERDIDO

RICARDO GARCÍA-GONZÁLEZ¹, INMACULADA C. L. ALADOS²,
GUILLERMO BUENO¹, FEDERICO FILLAT¹, MAITE GARTZIA¹,
DANIEL GÓMEZ GARCÍA¹, BENJAMIN KOMAC², ANA MARINAS¹
Y NICOLAS SAINT-JEAN¹

RESUMEN

El 70% de la superficie supraforestal del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP) consiste en un ecosistema pastoral, constituido a su vez por un gran número de comunidades vegetales de los pisos alpino y subalpino. Estas comunidades contienen una parte muy importante de la diversidad vegetal, de los hábitats y de los valores paisajísticos del Parque. Los pastos mantienen una estrecha relación con la actividad de los herbívoros. Debido a esta interacción y a los cambios de la actividad ganadera durante las últimas décadas, los pastos se encuentran también sometidos a un proceso de cambio intenso, mediante mecanismos complejos y todavía poco conocidos. En este estudio, a partir de la distribución espacial de la vegetación, realizamos una valoración eco-pastoral de los pastos del PNOMP, con el fin de conocer de manera detallada y contrastable los valores que incluye. Determinamos separadamente el valor ecológico y forrajero de cada una de las comunidades pascícolas presentes en el Parque y de las distintas unidades de utilización pastoral (puertos), mediante una metodología desarrollada por el propio equipo de investigación. Con ella se evalúan las comunidades pascícolas mediante índices que combinan aspectos ecológicos (rareza de especies y comunidades, amplitud de distribución, diversidad, presencia en catálogos de protección) y forrajeros (producción, digestibilidad, contenido en proteína, preferencia por los herbívoros). La utilidad de esta valoración consiste en identificar para cada una de las comunidades y para el conjunto del área supraforestal, los indicadores de calidad ecológica y pastoral, y diagnosticar su estado de conservación. Los gestores e investigadores pueden disponer de información digital y espacialmente explícita, del valor ecológico y pastoral de la superficie supraforestal del PNOMP con un tamaño de pixel de 5 m². Además, el uso de una metodología estandarizada permite realizar el seguimiento periódico de los pastos, establecer las bases científicas para el uso pastoral del PNOMP y promover medidas de gestión compatibles con la conservación.

Palabras clave: valor ecológico, valor pastoral, pastos de puerto, ganado, Pirineos.

¹ Instituto Pirenaico de Ecología CSIC. Apdo. 64, 22700 Jaca.

² Instituto Pirenaico de Ecología CSIC. Apdo. 202, 50080 Zaragoza

SUMMARY

Grasslands occupy near three quarters of the supraforestal surface (on the alpine and subalpine belts) of the Ordesa and Monte Perdido National Park (PNOMP). This mountain ecosystem is made up by an outstanding number of plant species and communities and, furthermore, it constitutes a visibly stamp on the high mountain landscape. These types of grasslands show a high complexity both in structure and dynamics, as a consequence of the ancient interaction with herbivores and of recent land use changes. Most of these process remain little known yet. With the aim of knowing, in a detailed and contrasted way, the values of these grasslands, we have carried out in this study an eco-pastoral assessment of the National Park pasturelands taking into account their spatial distribution. We have determined, separately, the ecological and forage value of each plant community and, after that, the whole value of the different pastoral units of the territory. To do this, we have developed a methodology which have into consideration ecological features (species and communities rareness, wideness of distribution areas, diversity, and presence in "red books") and nutritive characteristics (biomass, primary production, digestibility, protein content, and herbivore preference). The usefulness of this method consists in identifying, for each plant community or for a determined territory, their ecological and nutritive indicators, as well as their conservation condition. Thus, researches and managers have available digitalized information of those values in a spatial scale of 5 m² pixel size. Finally, by means of this standardized methodology, a periodic monitoring of grasslands can be carried out in order to establish the basis for management in a compatible way with nature conservation.

Key words: ecological assessment, pastoral value, summer pastures, livestock, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

Importancia del ecosistema pastoral en el PNOMP

Casi las tres cuartas partes de la superficie del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), corresponden a zonas supraforestales, entre los 1600 y 3354 m de altitud, ocupadas predominantemente por pastos de verano (pastos de puerto). Dichos pastos, además de constituir un recurso productivo, representan una importante riqueza ecológica y biológica para el parque, ya que más de la mitad de su flora y una parte importante de su fauna, se asocian en mayor o menor grado a los ecosistemas pastorales (V.V.A.A., 2001).

Es bien conocida la estrecha relación de la estructura de estas comunidades vegetales con los herbívoros, con los cuales mantienen una relación interactiva (FRANK 2006). Para visualizar la importancia de dicha interacción, baste decir que, buena parte de la diversidad de los pastos de montaña se ha originado probablemente como consecuencia del pastoralismo ancestral (AUSTRHEIM & ERIKSON 2001). El

herbivorismo obliga a las plantas al desarrollo de estrategias ecológicas particulares que eviten o minimicen los daños producidos por el herbívoro. Estas estrategias incluyen la resistencia al pisoteo y las defensas antiherbívoro, ya sean mecánicas (espinas, lignina, sílice) o químicas (metabolitos secundarios) (ALLEN & SEGARRA 2001). A escala de comunidad, los herbívoros modifican la relación de competencia entre las plantas debido al consumo selectivo, alteran localmente el ciclo de los nutrientes e incrementan el suministro de recursos nutritivos limitados, acelerando su reciclado (AUGUSTINE 2003). Además, promueven el desarrollo de comunidades nitrófilas (debido al aporte de excrementos), con todos los procesos sinérgicos asociados a la fertilidad (atracción de roedores subterráneos, hozaduras de jabalí). Todo ello, unido a la presión del ambiente, ha propiciado adaptaciones muy particulares, incorporadas en muchos casos al patrimonio genético, dando lugar a ecotipos particulares que incrementan la biodiversidad. En una escala temporal más reducida, el herbivorismo favorece determinados morfotipos funcionales (MCINTYRE & LAVOREL 2001) y en condiciones de pastoreo

moderado, o de pastoreo intenso en suelos ricos en nutrientes, contribuyen al incremento de la diversidad general (OLFF & RITCHIE 1998). Estas consideraciones explican el gran interés ecológico de las comunidades pascícolas, a menudo olvidadas al mencionar los valores del PNOMP por la espectacularidad de sus cañones y majestuosidad de sus bosques.

Si la estructura de los pastos depende en gran medida de los herbívoros, todavía más estrechas resultan las relaciones dinámicas. Cabe señalar que, a diferencia de otro tipo de ambientes (bosques, humedales, roquedos), para cuya conservación a menudo es suficiente con la disminución o el cese de actividades humanas (tala, fuego, laboreo, extracciones), la conservación de los pastos está vinculada al mantenimiento del pastoreo (MONTSERRAT 1964, MCNAUGHTON 1983, MARGALEF 1988) y de las actividades que lo complementan (quemadas, desbroces, pisoteo, fertilización). Como es bien sabido, el paisaje pastoral del PNOMP, como el de otras muchas zonas del Pirineo, se ha configurado en el transcurso de siglos de explotación ganadera y esta es la justificación primordial del mantenimiento de la actividad pastoral en el área protegida. Pero los usos pascícolas actuales distan mucho, en su extensión e intensidad, de los que pueden considerarse tradicionales. Cabe recordar que, hace solo algunas décadas, alrededor de 25.000 ovejas pastaban los puertos de Góriz (REVILLA 1987), mientras que en la actualidad apenas 7000 cabezas ocupan el mismo territorio (ALDEZABAL *et al.* 1992). Además, esta disminución general de la presión ganadera, no afecta homogéneamente a todo el territorio. Así, por ejemplo, se puede constatar cómo, junto a amplias zonas abandonadas, se encuentran áreas sobrepastoreadas por la cercanía de pistas, abrevaderos u otras infraestructuras, o por deficiencias de la ordenación ganadera.

Breve revisión sobre la valoración de los pastos

Los estudios de clasificación de ambientes y hábitats, conjugando los aspectos ecológicos con su interés económico (ÁLVAREZ 1999), y los modelos de gestión (“habitat ranking”, “land

ranking”), son relativamente recientes y están muy relacionados con el desarrollo de conceptos tales como la biología de la conservación, el valor de la conservación, el mantenimiento de la biodiversidad, el análisis de impactos y el desarrollo sostenible (ROSSI & KUITUNEN 1996, PIENKOWSKI *et al.* 1996). Para la valoración de los pastos, entre otros métodos, también se ha utilizado la aproximación fitosociológica (LOIDI 1994, YEO *et al.* 1998, DIAZ & GARCÍA 2001)

La importancia económica de los pastos como alimento para el ganado, ha motivado el desarrollo de diversos métodos para determinar su calidad. Uno de los más usados en el Sur de Europa ha sido el índice de valor pastoral de DAGET & POISSONET (1972). Sin embargo, la falta de información en general sobre el verdadero valor nutritivo de las especies no cultivadas, añadida a la de su valor real para los herbívoros, ha provocado numerosas críticas a este método (GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* 2003, AL HAJ KHALED *et al.* 2006). En los Estados Unidos se ha usado ampliamente el método Clementsiano, basado en la sucesión secundaria. Se fundamenta en la supuesta relación entre la composición de especies, la producción primaria aérea y los nutrientes del suelo. Sin embargo algunas revisiones (MILCHUNAS & LAUENROTH 1993) ponen en duda la existencia de tales relaciones. El interés por encontrar métodos de evaluación de la calidad pastoral (“range condition”) de los territorios pascícolas norteamericanos, constituye una preocupación constante en las últimas décadas por parte de los investigadores y sociedades ganaderas (UCT, 1995).

En Sudáfrica (HARDY *et al.* 1991) y en Israel (NOY-MEIR *et al.* 1989) también se utiliza el método de las “especies clave”, consistente en determinar la abundancia en los pastos de ciertas especies características, identificadas por su apetecibilidad o su resistencia al pastoreo. También en Sudáfrica se ha desarrollado métodos de valoración pastoral con una aproximación parecida a la propuesta por nosotros, teniendo en cuenta tanto la producción y calidad, como las características antiherbívoras de las plantas (DU TOIT 2000).

Algunos de los problemas asociados a la valoración pastoral son los relacionados con el muestreo de grandes superficies. Por esta razón en los últimos años se están extendiendo los sistemas de valoración basados en la tele-detección remota y en los sistemas de información geográficos (SMITH *et al.* 1991, OESTERHELD *et al.* 1998, JOBBÁGY *et al.* 2002). Se fundamentan en las relaciones entre la reflectancia espectral y la producción primaria. Requiere sin embargo una importante inversión instrumental.

En nuestro país existen numerosos estudios sobre los pastos y se dispone ya de bastante tradición investigadora en este campo. Sin embargo, a pesar de ser numerosos los estudios sobre los pastos de montaña y de disponer de bastante información, no existe hasta el momento trabajos cuantificados sobre el valor ecológico que presentan muchas de estas comunidades, contrariamente a lo que sucede para otro tipo de ecosistemas (CIRUJANO *et al.* 1992). Para el ecosistema pastoral del PNOMP, se disponía de información abundante sobre su flora y vegetación (ALDEZABAL 2001, GÓMEZ-GARCÍA *et al.* 2002a, BENITO 2006). Respecto al valor forrajero, se disponía también de información sobre producciones, valor nutritivo y preferencia de los herbívoros de las principales comunidades pascícolas (GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* 1998, ALDEZABAL & GARCÍA-GONZÁLEZ, 1999, GARCÍA-GONZÁLEZ, *et al.* 2002). Ambos tipos de estudios han servido de base para la valoración eco-pastoral desarrollada en este estudio y la cartografía correspondiente.

Objetivos

El presente trabajo persigue la mejora del conocimiento de los ecosistemas pastorales del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. En concreto, se propone realizar conjuntamente la valoración ecológica y pastoral del espacio protegido, mediante el uso de índices ya desarrollados en el curso de trabajos anteriores. Los objetivos concretos han consistido en:

1) Elaborar un mapa de vegetación del piso alpino y subalpino del PNOMP a escala

1:10.000 a partir de la información existente y del trabajo de campo.

- 2) Sobre la base cartográfica mencionada, realizar la valoración de las distintas comunidades pascícolas, definiendo el valor ecológico y pastoral de las distintas unidades y de la totalidad del espacio supraforestal.
- 3) Describir brevemente las zonas de mayor interés ecológico y pastoral, señalando las principales características relacionadas con dichos valores.
- 4) Discutir el estado actual de conservación de los pastos y sugerir medidas relacionadas con el uso ganadero y la conservación del área pastoral.

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido se extiende por 15.690 ha, de las cuales un 29,6% corresponde a vegetación leñosa (bosque y matorral) y un 70,4% corresponde a pastos supraforestales (*sensu lato*), en el piso alpino y subalpino. Respecto a los pastos supraforestales podemos distinguir dos sectores, administrativa y topográficamente bien diferenciados, divididos por el cañón de Añisclo de orientación Norte-Sur: el sector occidental, compuesto por los puertos de Góriz (5850 ha) y La Estiva (586 ha), y el sector oriental que comprende el puerto de la Montaña de Sesa (1177 ha), el de Escuaín (739 ha) y parte del de Revilla (ver fig. 6). Las áreas de pastoreo para los domésticos presentan un rango altitudinal de 1800-2700 m para cabras y ovejas, y de 1700-2100 m para vacas y yeguas.

El PNOMP posee una alta diversidad vegetal. Más de 1000 especies de fanerógamas y 25 comunidades fitosociológicas han sido descritas (BENITO 2006). Para el presente estudio hemos considerado 12 comunidades simplificadas básicas, que forman un intrincado mosaico y mezclas entre ellas. Entre las más importantes cabe destacar: los pastos mesófilos de *Bromus erectus* (Alianza *Mesobromion erecti*); cervunales ácidos

de *Nardus stricta* (Al. *Nardion strictae*); pastos acidófilos de *Festuca eskia* (Al. *Festucion eskiae* incluyendo Asociaciones con *Festuca paniculata*); pastos densos sobre suelos profundos e innivados (Al. *Primulion intricatae*); pastos pedregosos oromediterráneos de laderas y crestas (Al. *Festucion scopariae* y Al. *Saponarion caespitosae*); vegetación de suelos inundados (Al. *Caricion nigrae*), así como comunidades de majada y pastos nitrófilos (Al. *Rumicion pseudoalpini*) (ALDEZABAL 2001, BENITO y GÓMEZ, 2001). La nomenclatura completa de los sintaxones puede consultarse en GÓMEZ (2007 a y b).

El sustrato litológico principal es el calcáreo, y la temperatura media y precipitación anual son de 4,9°C y 1721 ml, respectivamente (Estación de Góriz 2200 m, promedio de 20 años). La duración del período vegetativo a 2000 m es de 122 días, comenzando como promedio el 28 de mayo y finalizando el 29 de septiembre (DEL BARRIO *et al.* 1990). Durante dicho período, la temperatura y precipitación media en la zona de estudio fue de 10,0°C y 714,4 ml, respectivamente (media de 20 años)

El ganado sube a puerto a principios de julio y estiva hasta la llegada de las primeras nieves en octubre. La carga ganadera dentro del PNOMP ha descendido bruscamente durante los últimos años por lo que se refiere al ovino, mientras que se ha mantenido o ha aumentado respecto al bovino. En el año 1999 pastaban 8300 ovejas más 290 vacas en el sector occidental y 4900 ovejas más 340 vacas en el oriental, mientras que en el año 2005 pastaban 4700 ovejas más 250 vacas en el sector occidental y 2000 ovejas más 1200 vacas en el oriental. Durante los años 2000 utilizaban también los pastos del parque unas 250 cabezas de cabras y 30 yeguas. Cabe recordar que la carga ganadera tradicional en estos puertos a principios del siglo pasado, era de 27.000 y 20.000 cabezas de ovino en el sector occidental y oriental, respectivamente (ALDEZABAL *et al.* 1992). El número de vacunos era aproximadamente igual al del año 1999. Por otro lado, el macizo de Monte Perdido (con una superficie algo más extensa que la del Parque), albergaba una población de 3072 sarríos (*Rupicapra pyrenaica*) en 1999 (HERRERO *et al.* 2004).

MATERIAL Y MÉTODOS

El índice eco-pastoral desarrollado por el Grupo de Ecología de Sistemas Pastorales del Instituto Pirenaico de Ecología (IEP – IPE), se define como un binomio formado a su vez por dos subíndices:

$$\text{IEP} = \text{VE}, \text{VP}$$

donde IEP es el Índice Eco-Pastoral, VE es el Valor Ecológico y VP es el Valor Productivo (GÓMEZ-GARCÍA *et al.*, 2002 b). Ambos valores tienen un rango de variación entre 0 y 10, aunque excepcionalmente pueden alcanzar valores más altos. El ámbito de aplicación del índice es en principio los pastos de los Pirineos, pero puede ampliarse a otras áreas. Los pastos se han definido a partir de unidades fitosociológicas, normalmente al nivel de Alianza o grupos de ellas. Sólo cuando las Alianzas presentan una gran complejidad interna, se ha considerado el nivel de Asociación.

Definición del valor ecológico (VE)

El Valor Ecológico (VE) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{VE} = \text{VF} + \text{VC}$$

donde VF es el Valor Florístico de la comunidad (función de la composición florística de la misma) y VC es el Valor de Comunidad (valor de la comunidad propiamente dicha). Para calcular el Valor Florístico (VF) de cada comunidad pascícola, se realizaron inventarios en la zona de estudio (Fig. 1) y se extrajeron otros de la bibliografía correspondiente, hasta totalizar 1992 inventarios para 40 unidades fitosociológicas. Con los inventarios fitosociológicos disponibles, se ha elaborado un "inventario tipo" para cada comunidad que resume la composición florística y la frecuencia de cada especie. Se han considerado las especies características de asociación y alianza; las características de orden y clase, y de las especies acompañantes, las 20 que presentaban mayor porcentaje de presencia. Para cada comunidad, el valor florístico (VF) se calcula como el promedio del valor

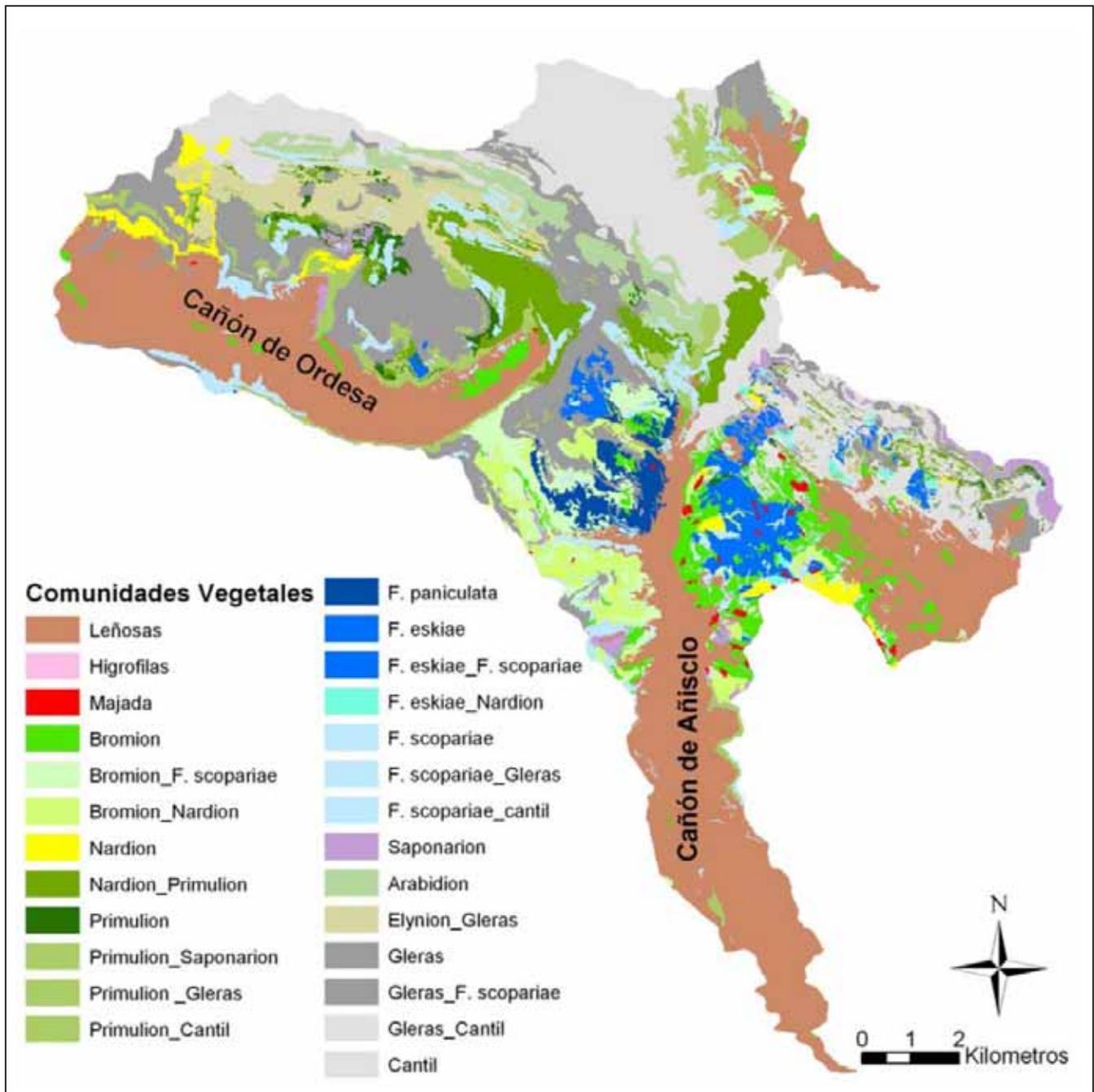


Figura 1. Mapa de vegetación de los pastos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP). (Elaborado por M. GARTZIA, D. GÓMEZ y A. ALDEZABAL)

Figure 1. Vegetation map of the pastures of the Ordesa National Park (made by M. GARTZIA, D. GÓMEZ y A. ALDEZABAL).

florístico asignado a cada especie (V_{sp}) multiplicado por el porcentaje con que esa especie aparece en los inventarios tipo (F_{sp}),

$$VF = (1/n \sum V_{sp} \times F_{sp}) / 10$$

siendo n el número de especies en cada comunidad definida por su inventario tipo (GÓMEZ-

GARCÍA *et al.* 2001). El valor florístico de cada especie (V_{sp}) se calcula promediando la suma de tres parámetros valorados con una escala de 0 a 5 (Tabla 1):

Área general de distribución de la especie en Europa: 0, presente en más de 30 países; 1 entre 15-30 países; 2, entre 8-14 países; 3, entre 3-7 países y 4, presente

Especie	D _{europa}	D _{p. Ibérica}	A	V _{sp}
<i>Nardus stricta</i>	0	1	0,5	0,5
<i>Poa alpina</i>	1	3	0,8	1,6
<i>Trifolium alpinum</i>	4	2	0,5	2,2
<i>Festuca gautieri</i>	5	2	0,8	2,6
<i>Androsace pyrenaica</i>	5	5	5,0	5,0

Tabla 1. Ejemplo de obtención del valor florístico de especie (V_{sp}) para cinco especies típicas de los pastos del PNOMP. D_{europa} representa el valor para el área de distribución de la especie en Europa, D_{p. Ibérica} en la Península ibérica y A su abundancia en los Pirineos (para más detalles véase el texto).

Table 1. An example for the calculation of floristic value (V_{sp}) for five typical species of PNOMP pastures. D_{europa} is the value corresponding to the species distribution in Europe, D_{europa} the value for the species distribution in Iberian Peninsula, A is the value for the abundance of species in the Pyrenees (for details see text).

en 1-2 países. Si además es endémica europea se le añade una unidad a los valores anteriores.

Área de distribución de la especie en la Península Ibérica: 0, presente en más 30 provincias; 1, entre 15-30 provincias; 2, entre 8-14 provincias; 3, entre 3-7 provincias y 4, entre 1-2 provincias. Si además es endémica pirenaica se le añade una unidad a los valores anteriores.

Abundancia de la especie en los Pirineos: 0 común o muy común; 1 frecuente; 2 escasa; 3 rara; 4 muy rara. Estos valores son determinados para Navarra, Aragón y Cataluña, obteniéndose posteriormente la media. Si está presente en algún catálogo de protección, se suma una unidad a los valores anteriores. El valor de VF obtenido se divide por 10 para mantenerlo en una escala aproximada a la decena.

El valor de la comunidad (VC) se estima también como promedio de tres parámetros:

Comunidad vegetal	A _m	A _c	Nº especies por inventario tipo	D	VC
Al. <i>Arrhenatherion elatioris</i>	1	2	27,7	3	2,0
As. <i>Trifolio alpini-Alopecuretum gerardii</i>	3	5	15,7	2	3,3
As. <i>Ranunculo-Festucetum eskiae</i>	4	4	16,4	2	3,3
Al. <i>Saponario caespitosae-Festucetum scopariae</i>	5	4	28,5	3	4,0

Tabla 2. Ejemplo de cálculo del valor de comunidad (VC) para cuatro comunidades pascícolas típicas del PNOMP. A_m amplitud del área de distribución, A_c abundancia de la comunidad en el ámbito pirenaico, D diversidad de la comunidad (para más detalles véase el texto).

Table 2. An example for the calculation of the community value (VC) of four typical pasture communities of the Ordesa N.P. A_m extent of the distribution area, A_c abundance in Pyrenees, D diversity of the community (for details see the text).

$$VC = 1/3 (A_m + A_c + D)$$

donde A_m es la amplitud del área de distribución general de la comunidad, A_c es la abundancia de la comunidad en la zona de estudio a escala regional y D es la diversidad en número de especies en el inventario tipo (Tabla 2). Los valores de estos parámetros varían de 0 a 5 de acuerdo con los siguientes criterios:

Amplitud del área de distribución: 1, en muchas zonas de montaña y altas latitudes de Europa; 2, en las cordilleras alpinas; 3, en los Pirineos y Montes Cantábricos; y 4, sólo en Pirineos. Si esta reseñada en la Directiva de Hábitats europea se añade una unidad a los valores anteriores.

Abundancia de la comunidad en el ámbito pirenaico: 1, muy abundante y ocupando amplias zonas (km² o varias hectáreas) (e.g. *Nardion strictae*, *Bromion erecti*); 2, frecuente y extendida pero en ambientes más restrictivos (e.g. *Festucion eskiae*, *F. scopariae*, *F. supinae*); 3, localizada en zonas concretas y en pequeñas superficies (e.g. *Caricion nigrae*, *Primulion intricatae*); y 4, rara y muy localizada y en superficies muy pequeñas (e.g. *Caricion davallianae*, *Elynyion myosuroidis*). Si está restringida a un solo sector de los Pirineos (occidental, central u oriental) se añade una unidad a los valores anteriores.

Diversidad de la comunidad: se mide a partir del número medio de especies del inventario tipo según la siguiente escala: 1, < 15 especies por inventario; 2, ≥ 15 y < 25 especies; 3, ≥ 25 y < 30 especies; 4, ≥ 30 y < 35 especies y 5, ≥ 35 especies.

Definición del valor pastoral (VP)

El Valor Pastoral (VP) es una estima del valor productivo y nutritivo de las comunidades pascícolas, incorporando además una estimación de su preferencia o selección por parte de los herbívoros. Se calcula mediante la expresión:

$$VP = Pr [(N + P) \cdot DMS] (1 + IJ) / 10.000$$

donde **Pr** es la producción de la comunidad expresada en g.m⁻².año⁻¹ La expresión entre corchetes [(N+P)·DMS] es un estimador de la calidad de la comunidad y está representado por su contenido en nitrógeno (**N**), contenido en fósforo (**P**) y su digestibilidad (**DMS**), expresados todos ellos como porcentaje de la materia seca. La expresión (**1 + IJ**) es un factor ligado a la selección o preferencia de los herbívoros por la comunidad vegetal correspondiente, en donde **IJ** es el Índice de Selección de Jacobs (JACOBS, 1974). Toda la expresión se divide por 10.000 para que el rango de valores de VP se sitúe entre 0 y 10 aproximadamente.

Como no suele existir información de los parámetros anteriores para los pastos pirenaicos al nivel de Asociación fitosociológica, hemos utilizado el nivel de Alianza, o incluso de categorías más amplias compuestas por varias alianzas: majadas, humedales, pedrizas, etc. Los datos de producción y calidad de las comunidades pascícolas del PNOMP se han estimado a partir de los trabajos de GÓMEZ *et al.* (1997), ALDEZABAL (2001), GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* (2002), MARINAS *et al.* (2002), MARINAS *et al.* (2003), MARINAS *et al.* (2005), MARINAS & GARCÍA-GONZÁLEZ (2006). Como la calidad del forraje varía con el estado fenológico, los datos de calidad (N, P y DMS) se refieren a una media de los valores máximos de cada comunidad (periodo óptimo), normalmente durante la primera quincena del mes de julio, dependiendo de la altitud (GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* 2006).

Mediante la ecuación de CALLOW *et al.* (2000) podemos estimar la energía metabolizable (EM) a partir de la digestibilidad (DMS), y multiplicando por la producción de cada comunidad pascícola podemos estimar la energía metabolizable disponible para los herbívoros por unidad de superficie (MARINAS & GARCÍA-GONZÁLEZ

2006, GARCÍA-GONZÁLEZ & MARINAS 2007). Se han calculado estos valores para cada tipo de pasto y para la totalidad del parque, y se han comparado con los del valor pastoral. Las unidades para esta "densidad" de EM son MegaJulios de EM por metro cuadrado (MJ EM·m⁻²)

La primera parte de la expresión de VP (Pr [(N + P)·DMS] / 10000), sin el factor de selectividad, equivale a lo que llamamos **valor pastoral potencial (VPP)**. El valor pastoral potencial representa la capacidad de una comunidad vegetal como alimento para el ganado, independientemente de su ubicación física concreta.

El índice de Jacobs (**IJ**) que aparece en la segunda parte del algoritmo de VP, se define como:

$$IJ = (U_i - A_i) / [(U_i + A_i) - 2A_i U_i / 100]$$

en donde A_i es la proporción de abundancia de la comunidad i , y U_i es la proporción de uso de la misma comunidad en la zona de estudio. El rango de variación de IJ es de -1 a +1. Los valores entre -1 y 0 indican rechazo (la comunidad se utilizada en menor proporción a lo disponible). El valor 0 indica indiferencia (se utiliza en igual proporción a lo disponible). Los valores entre 0 y +1 equivalen a preferencia (la comunidad se usa más que lo disponible). Sumando una unidad a IJ el valor pastoral de la comunidad se duplica cuando IJ es igual a 1 (máxima preferencia). Cuando IJ es igual a 0, VP equivale al valor pastoral potencial (VPP). Cuando IJ vale -1, el valor pastoral es igual a 0, es decir, independientemente del valor pastoral potencial de la comunidad, los herbívoros no muestran ninguna preferencia por la misma (por razones de accesibilidad, presencia de elementos antiherbívoro, etc.), por lo que su valor pastoral es nulo (GARCÍA-GONZÁLEZ & MARINAS 2007).

La selectividad o preferencia hacía un pasto o comunidad depende de la disponibilidad y calidad de la misma, por tanto IJ no es independiente de Pr ni de las variables de calidad (N, P, DMS). Por esta razón, IJ debe calcularse para territorios y situaciones concretas. Su estimación puede ser costosa, existiendo varios procedimientos. Uno de ellos es disponer de un sistema de información

Comunidad	Producción g·m ⁻² ·año ⁻¹	%N	%P	Digest.	Ind. Jacobs Ovejas	Ind. Jacobs Vacas	VP Ovejas	VP Vacas
Bromion	483	2,3	0,17	63,9	-0,02	0,00	7,4	7,6
Festucion eskia	545	1,7	0,10	62,0	-1	-	0,0	-
F. scopariae	116	1,4	0,09	63,2	-0,35	-0,62	0,7	0,4
Nardion	371	2,2	0,15	64,2	-	-0,07	-	5,1
Primulion	297	2,8	0,21	62,8	0,22	-	6,8	-
Bromion-Nardion	538	2,2	0,23	52,3	0,09	0,22	7,5	8,4

Tabla 3. Ejemplo de cálculo del valor pastoral para seis comunidades de pastos del PNOMP. El índice de Jacobs se obtuvo por solapamiento del mapa de vegetación y de la distribución del ganado en el parque (la falta de datos del índice de Jacobs en algunos casos, se debe a la ausencia de la comunidad correspondiente en el área de pastoreo de la especie animal).

Table 3. An example of calculation of pastoral value for six pasture communities in the PNOMP. Jacobs index (IJ) was obtained by overlapping a vegetation and livestock distribution maps by means of a GIS. The absence of IJ values for some communities is explained by their absence in the corresponding animal grazing area.

geográfico (SIG) con una capa relativa al mapa de vegetación de la zona y otras a la distribución de las especies animales durante el periodo de pastoreo. Por superposición de ambos tipos de capas puede determinarse la selectividad de las comunidades pascícolas (ALDEZABAL 2001, GARTZIA *et al.* 2005a). Como las diferentes especies animales pueden mostrar una preferencia distinta por la misma comunidad vegetal, los índices de selección deben calcularse para cada especie de herbívoro, lo cual da lugar a VP específicos para cada especie animal (VPv valor pastoral para las vacas y VPo valor pastoral para las ovejas)(Tabla 3).

Para poder comparar los datos del valor ecológico y el pastoral, estos se han estandarizado mediante la transformación $(X_i - X_{\min}) \cdot 10 / (X_{\max} - X_{\min})$ (COLWELL & FUTUYMA 1971). Cada serie de valores varía entre 0 (valor mínimo) y 10 (valor máximo). Los análisis estadísticos que se mencionan en el texto se realizaron con el software SPSS 14.0. Las comparaciones estadísticas entre los datos de uso y disponibilidad se han realizado por medio del método de los intervalos de Bonferroni (NEU *et al.* 1974, GILLEN *et al.* 1984)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cartografía de la superficie supraforestal del PNOMP

En la figura 1 se representa el mapa de vegetación del nivel supraforestal del PNOMP (piso

alpino y subalpino), elaborado en el contexto de este proyecto. Existen otras cartografías sobre la vegetación del parque en toda su superficie a una escala de 1:25.000 (VILLAR & BENITO 2001) y 1:40.000 (BENITO 2006). Sin embargo, dichas cartografías no presentaban el nivel de detalle requerido para la valoración eco-pastoral propuesta en el presente estudio. Nuestra base cartográfica (fig. 1) es un mapa digitalizado de escala 1:5.000 utilizable en sistemas de información geográficos compatibles con ArcGis. Para su elaboración partimos de un mapa de pastos a escala 1:25.000 del sector occidental del parque (Puertos de Góriz), realizado a partir de un vuelo de 1977 (ALDEZABAL *et al.* 1992; véase también ALDEZABAL 2001). Dicho mapa fue reelaborado, mediante corrección y nueva digitalización de los polígonos. Para ello se dispuso de ortofotos aéreas recientes en color (vuelo SIG-PAC, Ministerio de Agricultura), y se realizaron nuevas comprobaciones sobre el terreno. Por otra parte, procedimos a la elaboración completa del mapa de vegetación del sector oriental del parque (Montaña de Sesa).

La superficie cartografiada, lo que podríamos considerar espacio pastoral del PNOMP, ocupa 11.052 ha, el 70,4% de su superficie total. Se ha excluido la superficie forestal del piso montano y subalpino (categoría *leñosas*) en la figura 1. El matorral de boj (*Buxus sempervirens*) y erizón (*Echinospartium horridum*) se han integrado también en las leñosas, aunque se conservan los polígonos originales digitalizados. Hemos dis-

tinguido 12 comunidades elementales y 12 que son combinaciones o mezclas de ellas (fig. 1). Las clasificaciones de las figuras 1 y 2 son clasificaciones simplificadas. Para la información de base (especialmente para la valoración ecológica), se han utilizado unidades fitosociológicas al nivel de Asociación o Alianza, que posteriormente se han integrado en comunidades simplificadas. Así por ejemplo, lo que llamamos *cantiles* (acantilados y roquedos) corresponde fundamentalmente a las comunidades fisurícolas de la Asociación *Saxifrago longifoliae-Ramondetum myconii*; las llamadas *gleras* o *pedrizas* corresponden a las asociaciones *Crepidetum pygmaea*, *Festucetum glaciali-pyrenaicae* y Alianza *Saxifragion praetermissae*; etc. Un detalle de las comunidades consideradas con sus equivalentes fitosociológicos y su valoración ecológica se indican en la tabla 4.

En la figura 2 se expresa el porcentaje de superficie ocupada por las comunidades simplificadas para la totalidad del parque y para los sectores occidental y oriental. Se ha procedido a una simplificación aun mayor para visualizar mejor las características de la vegetación supraforestal del PNOMP. Las comunidades mixtas se han agrupado con la comunidad dominante. La comunidad de *Festuca paniculata* se ha agrupado con *Festucion eskiae*, *Saponarion* con *F. scopariae* y las higrófilas con las majadas. Como puede observarse en la fig. 2, la mitad de la superficie supraforestal del parque esta ocupada por comunidades de muy baja cobertura vegetal (gleras y cantiles). La cobertura de las primeras suele ser como media del 7,7 % y su productividad de 4,9 g m⁻² año⁻¹ (MARINAS *et al.* 2005), lo cual les confiere un escaso valor pastoral. Sin embargo, como puede verse en la tabla 4, su interés ecoló-

Comunidad Simplificada	Sintaxones	VF	VC	VE
Higrófilas	As. <i>Caricetum nigrae</i>	2,7	2,0	4,7
	As. <i>Caricetum davallianae</i>	4,1	3,0	7,1
Arrhenatherion	Al. <i>Arrhenatherion elatioris</i>	4,0	2,0	6,0
F. <i>eskae</i>	As. <i>Campanulo-Festucetum eskiae</i>	4,0	3,0	7,0
	As. <i>Carici graniticae-Festucetum eskiae</i>	4,6	2,7	7,3
	As. <i>Ranunculo-Festucetum eskiae</i>	4,4	3,3	7,7
F. <i>paniculata</i>	As. <i>Teucro pyrenaici-Festucetum spadiceae</i>	7,3	2,9	10,2
	As. <i>Hieracio-Festucetum paniculatae</i>	3,9	3,3	7,2
	As. <i>Irido-Festucetum paniculatae</i>	6,1	2,9	9,0
Nardion	As. <i>Alchemillo flabellatae-nardetum strictae</i>	3,8	2,0	5,8
	As. <i>Selino-Nardetum</i>	3,3	3,3	6,7
	As. <i>Trifolio alpini-Alopecuretum gerardii</i>	4,4	3,3	7,7
	As. <i>Trifolio thalii-nardetum strictae</i>	6,3	2,7	8,9
Elynion	Al. <i>Elynion myosuroidis</i>	5,1	3,7	8,8
Primulion	As. <i>Dryado-Salicetum pyrenaicae</i>	10,6	2,9	13,5
	As. <i>Primulo intricatae-Horminetum pyrenaici</i>	7,4	3,7	11,1
	As. <i>Trifolio thalii-Festucetum nigrescentis</i>	5,5	2,7	8,2
Landas alpinas	Al. <i>Arabidion caeruleae</i>	5,3	3,0	8,3
Bromion	Al. <i>Bromion erecti</i>	1,8	2,0	3,8
F. <i>scopariae</i>	Subal. <i>Festucenion scopariae</i>	4,5	3,3	7,8
Saponarion	Al. <i>Saponario caespitosae-Festucetum scopariae</i>	6,3	4,0	10,3
Majadas	Al. <i>Rumicion pseudoalpini</i>	3,5	2,3	5,9
Gleras	As. <i>Crepidetum pygmaea</i>	7,3	2,3	9,6
	As. <i>Festucetum glaciali-pyrenaicae</i>	8,7	3,3	12,0
	Al. <i>Saxifragion praetermissae</i>	8,3	3,3	11,7
Cantil	As. <i>Saxifrago longifoliae-Ramondetum myconii</i>	3,8	2,3	6,1

Tabla 4. Comunidades simplificadas utilizadas en la cartografía y valoración de los pastos del PNOMP, su equivalencia fitosociológica y estimación de su valor ecológico (VE). VF valor florístico, VC valor de comunidad (véase texto). La nomenclatura completa de los sintaxones puede consultarse en GÓMEZ (2007).

Table 4. Simplified pasture communities used for mapping and valuing the grasslands of Ordesa National Park; phytosociological equivalents and ecological value (VE). VF floristic value, VC community value. The complete nomenclature of sintaxons can be found in GÓMEZ (2007).

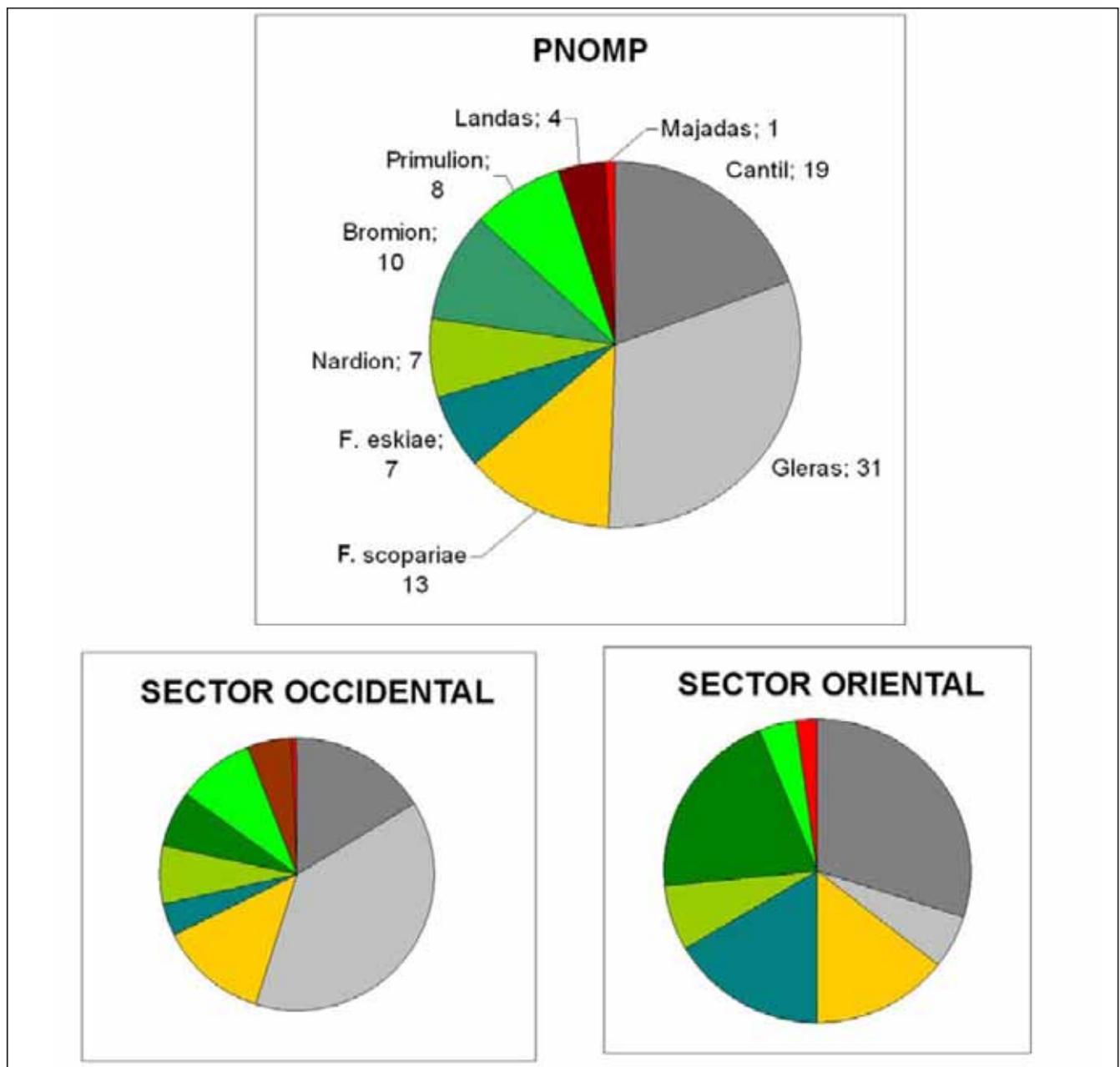


Figura 2. Distribución de la superficie de las comunidades de pastos supraforestales en el conjunto del parque y en los sectores occidental y oriental.

Figure 2. Distribution of simplified pasture community surface in the Ordesa National Park, and in the Western and Eastern sector.

gico es alto, debido a su rareza y a la cantidad de endemismos que albergan.

Al lado de estas comunidades, en color naranja en la figura 2, se ha representado comunidades de cobertura baja o intermedia, también con alto valor ecológico y escaso valor pastoral. Tales serían *Festucion scopariae*, *Saponarion caespitosae*, *Elynion myosuroides* y sus mezclas. La cobertura media de la primera comunidad suele ser de 30% y su produc-

tividad de $111 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (MARINAS *et al.* 2002). Los pastos densos, con mayor valor pastoral, están representados en diversas tonalidades de verde (fig. 2) y se diferencian, además de por su composición florística, por la acidez del sustrato y el rango altitudinal. *Bromion* y *Primulion* están considerados los mejores pastos para el ganado y *Nardion* y *F. eskiae* son de calidad media (GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* 2006). La proporción de estas comunidades en los diferentes puertos y unida-

des administrativas, determinará su valor pastoral y su capacidad de carga ganadera. Precisamente las diferencias en cuanto a las proporciones de estas comunidades (pastos densos o/y de baja cobertura), entre el sector occidental y oriental del parque (fig.2), determina las diferencias de su valoración eco-pastoral, tal como expondremos en el apartado siguiente.

Valor ecológico y valor pastoral del PNOMP

En la tabla 5 se muestran los valores del valor ecológico (VE), valor pastoral potencial (VPp) y densidad de la energía metabolizable disponible para los herbívoros (Dens. EM), de las comunidades pascícolas simplificadas del PNOMP. Los valores de las comunidades mixtas se han obtenido promediando las correspondientes comunidades y asociaciones de base. Las comunidades con VE más alto corresponden a las comunidades de gleras o pedrizas innivadas

(*Saxifragion praetermissae*, *Festucetum glacialis-pyrenaicae*, *Crepidetum pigmaea*), los pastos alpinos del *Primulion intricatae* y los pastos pedregosos del *Saponarion caespitosae* y *Elynion myosuroidis*. Se trata de comunidades de carácter alpino, de elevada altitud, alta innivación y normalmente baja cobertura. Las de VE más bajo corresponden a los pastos densos del *Bromion erecti* y a las comunidades nitrófilas (majadas) e higrófilas. Las dos últimas representan un porcentaje muy bajo de la superficie supraforestal y las dos primeras son comunidades relativamente ligadas a la actividad de los herbívoros.

Bromión erecti, las majadas y las comunidades higrófilas, junto con las de *Festuca paniculata* y *F. eskiae*, son las que presentan un valor pastoral potencial (VPp) más alto, mientras que los valores más bajos son para las comunidades de roquedos (*Saxifragion mediae*), gleras (*Iberidion spathulatae*) y los pastos pedregosos de *Festucion*

Comunidad	VE	VPp	Densidad EM	Superficie Sect. Occ. (ha)	Superficie Sect. Ori. (ha)
Arabidion	8,3	3,0	1,5	443	
Bromion	3,8	7,5	4,3	178	453
Bromion_F. scopariae	5,8	3,8	2,6	505	33
Bromion_Nardion	5,5	6,9	3,7	273	74
Cantil	6,1	0,1	0,0		746
Elynion_Gleras	10,0	1,5	0,9	550	
F. eskiae	7,3	6,2	4,7	76	381
F. eskiae_F. scopariae	7,6	3,5	2,9	12	
F. eskiae_Nardion	7,3	6,0	4,0		46
F. paniculata	7,2	6,1	4,1	251	
F. scopariae	7,8	1,1	1,0	124	103
F. scopariae_cantil	7,0	0,7	0,5	308	
F. scopariae_Gleras	9,5	0,7	0,5	1117	80
Gleras	11,1	0,1	0,0	1132	96
Gleras_Cantil	8,6	0,1	0,0	1914	
Higrófilas	5,9	5,7	3,4		4
Majada	5,9	7,6	3,6	47	49
Nardion	7,3	5,5	3,3	163	84
Nardion_Primulion	9,1	4,0	2,3	606	66
Primulion	10,9	5,5	2,6	102	39
Primulion_Gleras	9,7	2,4	1,3	179	
Primulion_Cantil	8,5	2,5	1,3	594	
Primulion_Saponarion	10,6	3,3	1,7		52
Saponarion	10,3	1,5	1,0		171
TOTAL				8575	2477

Tabla 5. Valor ecológico (VE), valor pastoral potencial (VPp) y densidad de la energía metabolizable (Dens. EM, expresado en MegaJulios de EM · m⁻²) de las comunidades pascícolas simplificadas del PNOMP. A la derecha se indica la superficie en hectáreas de cada comunidad para el sector occidental y el oriental.

Table 5. Estimated ecological value (VE), potential pastoral value (VPp) and standing metabolizable energy (MJ EM · m⁻²) of the pasture communities in the park. On the right, community surface by sectors.

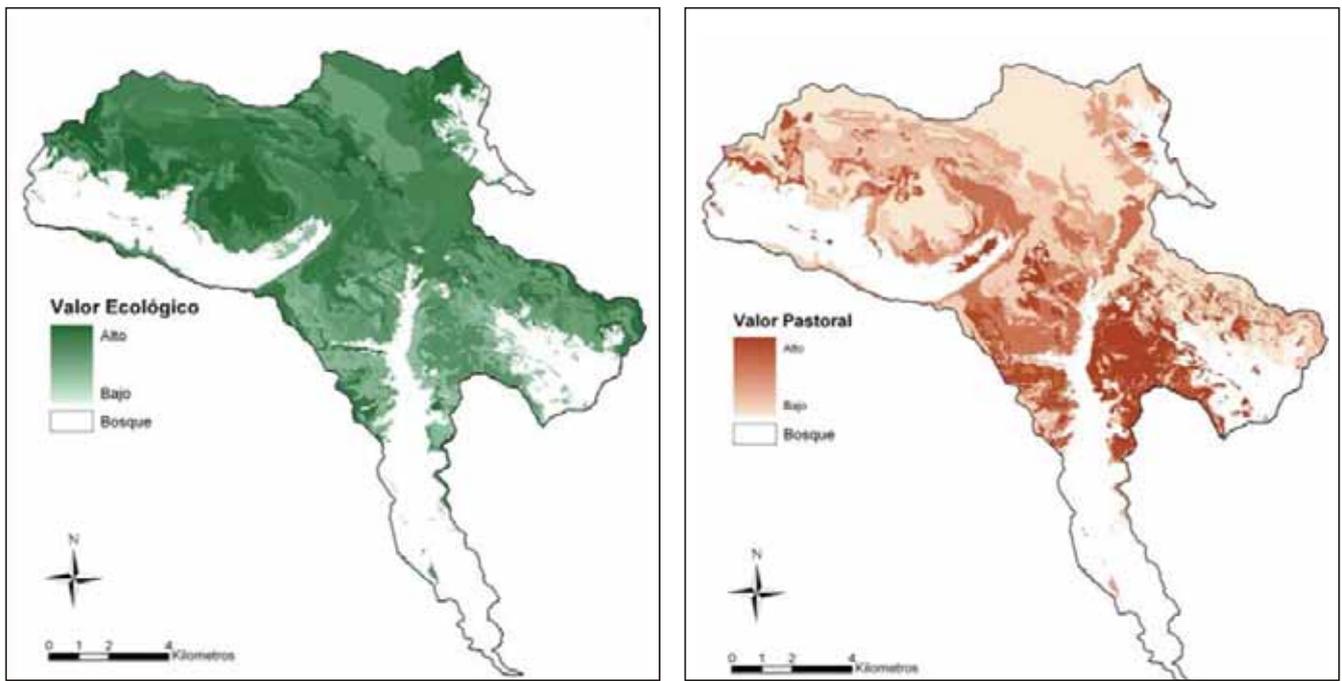


Figura 3.- Distribución espacial del Valor Ecológico (izq.) y Pastoral (der.) en el área supraforestal del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

Figure 3. Spatial distribution of ecological value (left) and pastoral value (right) in the supraforestral area of Ordesa National Park.

scopariae (MARINAS *et al.* 2002 y 2005). Ello se debe principalmente, a que el nivel de producción afecta mucho al valor pastoral, mientras que desde el punto de vista de la calidad las comunidades presentan valores más homogéneos (GARCÍA-GONZÁLEZ & MARINAS 2007). Las comunidades de pastos densos tales como *Bromion erecti*, *Nardion strictae*, o las comunidades de *F. eskia* y *F. paniculata*, tienen una alta productividad (GARCÍA-GONZÁLEZ *et al.* 2002), por lo que su valor pastoral también es alto.

Los resultados obtenidos respecto al valor pastoral son concordantes con los obtenidos por FERRER *et al.* (1991) en los pastos de puerto de Benasque con otros métodos de valoración. La densidad de energía metabolizable (Dens. EM, tabla 5), equivale a la energía que los herbívoros pueden encontrar por metro cuadrado de pasto, libres de las pérdidas de excreción. Las comunidades de mayor producción y digestibilidad son las que presentan valores más altos y viceversa. Las variables que intervienen en su estimación son similares a las del valor pastoral y de hecho existe una correlación muy significativa entre Dens. EM y VPp ($r^2 = 0,923$; $n = 24$).

Los datos de VE y VPp estimados para cada comunidad (tabla 5), fueron posteriormente traspasados a cartografía digital y generamos dos mapas temáticos en donde se representa un gradiente de dichos índices en la superficie supraforestal del parque (fig. 3). En estos mapas es posible distinguir zonas de alto valor ecológico, normalmente ligadas a las pedrizas de mayor altitud y los pastos pedregosos de *Festución scopariae* y *Elymion muosuroidis* (Circo de Angonés, Circo de Gurrundué, Marboré, Macizo de Monte Perdido, Tobacor y La Catuarta). Las zonas de mayor valor pastoral corresponderían a las partes más llanas de Cuello Arenas y La Montaña de Sesa, ocupadas por los pastos densos de *Bromion erecti* y *Festuca eskia*, respectivamente. Este tipo de información puede ser de gran interés para los gestores y usuarios de estos espacios, puesto que les permite disponer de información georeferenciada (especialmente explícita), sobre los valores ecológicos y productivos con una precisión de 5 m².

En la figura 3 también puede observarse como existe una cierta complementariedad espacial entre los valores bajos de VE y los altos de VPp,

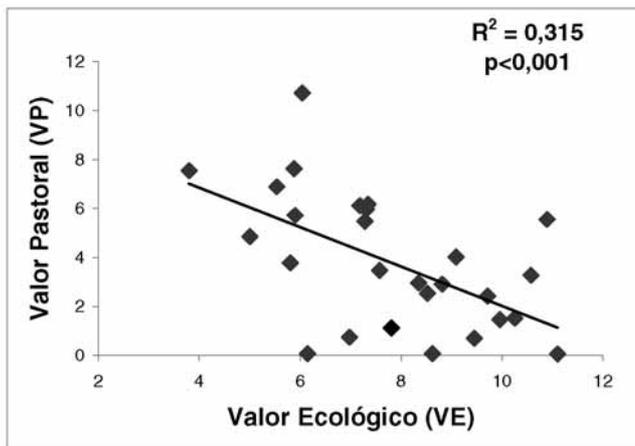


Figura 4.- Relación inversa entre el valor ecológico (VE) y el valor pastoral (VP) en las comunidades de pastos del PNOMP.

Figure 4. Inverse relationship between ecological (VE) and pastoral (VP) values of the PNOMP pasture communities.

y viceversa. De hecho existe una correlación inversa significativa entre ambas variables (fig. 4). Esto indica, que los lugares de alto interés ecológico presentan un menor interés desde el punto de vista productivo y nutritivo para los herbívoros. Como se había apuntado anteriormente, las zonas de baja cobertura vegetal, tales como gleras, cantiles y pastos pedregosos, parecen ser refugio de especies y comunidades raras, de distribución restringida y a menudo endémica, lo cual aumenta el valor de VE. Ello podría estar relacionado con el aislamiento y heterogeneidad ambiental propios de los ambientes alpinos.

Contrariamente, los pastos densos de *Bromion* y *Nardion*, de alto VPP, apetecidos por el ganado por su elevada productividad, y a veces también por su calidad, presentan en su composición florística, una alta abundancia de especies frecuentes y de amplia distribución (p.e. *Festuca rubra*, *Agrostis capilaris*, *Nardus strica*, etc)(GAÑÁN *et al.* 2002), además de ser también eurícoras como comunidad, lo cual disminuye su valor ecológico. El hecho de que las especies y comunidades raras sean frecuentes en pedrizas, cantiles y pastos pedregosos alpinos, y las especies y comunidades más banales lo sean en pastos productivos, puede ser objeto de interés teórico para la ecología evolutiva. Desde un punto de vista aplicado, esta relación inversa entre valor ecológico y productivo en territorios pastorales, puede tener también un gran interés de gestión,

ya que contribuiría a reducir conflictos cuando exista contraposición de intereses conservacionistas y pastorales.

Comparaciones de VE y VP entre sí y por sectores

Una de las aplicaciones del IEP consiste en intentar responder a la pregunta de si la superficie supraforestal del PNOMP tiene un mayor valor ecológico o pastoral. Una primera aproximación podría obtenerse promediando los estimadores de VE y VPP para la totalidad del espacio supraforestal del parque o para los sectores que interese comparar. Por lo que respecta al valor pastoral, parece conveniente considerar también la superficie ocupada por cada comunidad para valorar su importancia de cara a los herbívoros. Por ello hemos ponderado el VPP por la superficie de la comunidad correspondiente (expresada en la tabla 5). Por lo que respecta a VE, puede considerarse que los valores medios para la totalidad del parque y para cada sector, podrían obtenerse como media simple de las comunidades presentes, ya que la calidad de un territorio podría acreditarse con la presencia de una comunidad muy valiosa, independientemente de su superficie (GÓMEZ GARCÍA 2007a). Considerando ambos puntos de vista, hemos comparado las medias simples y ponderadas de VE y VP para la totalidad del parque y por sectores. Previamente para realizar la comparación hemos estandarizado sus valores mediante la transformación indicada en material y métodos. Los resultados se expresan en la tabla 6.

Respecto a las medias simples no se observaron diferencias significativas en la comparación de medias estandarizadas entre VE y VPP, sin embargo, respecto a las medias ponderadas sí se obtuvieron diferencias significativas en el sector occidental, aunque no en el oriental. Estos resultados podrían interpretarse como que, en el sector occidental, el espacio supraforestal, es más valioso desde el punto de vista ecológico (valor de conservación) que desde el punto de vista productivo o pastoral, mientras que en el sector oriental ambas evaluaciones son igualmente

	VE estandar	VPp estandar	Comparación (significación)
Medias simples			
Total PNOMP	5,7	4,6	NS
Sector occidental	5,7	4,7	NS
Sector Oriental	5,3	5,5	NS
Medias ponderadas por superficie			
Total PNOMP	6,1	3,0	p < 0,05
Sector occidental	6,7	2,5	p < 0,05
Sector Oriental	4,2	4,6	NS

Tabla 6. Comparación de medias de los valores estandarizados de VE y VPp en la totalidad del parque y por sectores. Medias simples y ponderadas por la superficie de las comunidades (ver tabla 5). Test de la t de Student para muestras relacionadas. NS = no significativo.

Table 6. Mean comparisons between standardized values of VE and VP in the whole park and by sectors. Simple means and means weighted by community surface. Comparisons by means of Student t-test for paired samples. NS = non significative.

importantes. De hecho, observando la fig. 2 se explica este resultado, ya que en el sector occidental las comunidades ecológicamente valiosas (*gleras*, *F. scopariae* y *Primulion*) representan el 60% de su superficie, mientras que en el oriental ocupan solo el 26%. Las diferencias significativas en el sector occidental parece que afectaron a la totalidad del parque ya que este representa el 78% de su superficie supraforestal.

En la tabla 7 hemos comparado los valores medios de VE, VPp y densidad de energía metabolizable (MJ EM·m⁻²), sin estandarizar, entre el sector occidental y oriental. La media simple de VE no presenta diferencias significativas entre sectores, pero sí la presenta la media ponderada por la superficie de las comunidades. El sector occidental tiene un mayor valor ecológico que el oriental, e inversamente, el sector oriental posee mayor valor pastoral que el occidental (tabla 7), corroborando el anterior análisis de la tabla 6. Este aspecto puede observarse también en la figura 3, en donde se aprecia que la extensión de valores altos (color oscuro) de VPp, es relativamente mayor en el sector oriental que en el occidental.

Este tipo de análisis puede plantearse también en unidades administrativas de pastoreo más pequeñas tales como los puertos. A modo de ejemplo, se ha comparado el valor ecológico medio de los

	PNOMP Sector Occidental	Sector Oriental	Comparación entre sectores (significación)	
VE simple	8,0	7,9	7,7	NS
VE_pond	8,3	8,7	6,8	p < 0,001
VPp pond	2,3	2,0	3,5	p = 0,01
MJ EM · m ⁻²	1,4	1,2	2,2	p = 0,02

Tabla 7. Medias del valor ecológico (VE), valor pastoral potencial (VPp) y densidad de energía metabolizable (MJ EM · m⁻²) en la superficie supraforestal del PNOMP y comparación entre el sector occidental y oriental (test de la t de Student). Medias simple y ponderada por la superficie de la comunidad en el sector correspondiente (ver tabla 5). NS = no significativo.

Table 7. Means of ecological value (VE), potential pastoral value (VPp) and standing metabolizable energy (MJ EM · m⁻²) in the whole park area. Mean comparisons (Student t-test) between Western and Eastern sectors. Simple (simple mean), pond (mean weighted by community surface). NS = non significative.

puertos que componen el sector occidental (fig. 5). Existen diferencias significativas entre el valor medio de VE entre puertos (Anova, F = 3,02; p = 0,039; g.l. = 3 y 46). El puerto de Góriz Alto presenta diferencias significativas con el puerto de La Estiva, pero no existen diferencias con el resto de los puertos (test post-hoc HSD de Tukey). El puerto de Góriz Alto, inversamente al de La Estiva, es el que presenta una mayor altitud media y por tanto mayor abundancia de comunidades de esca-

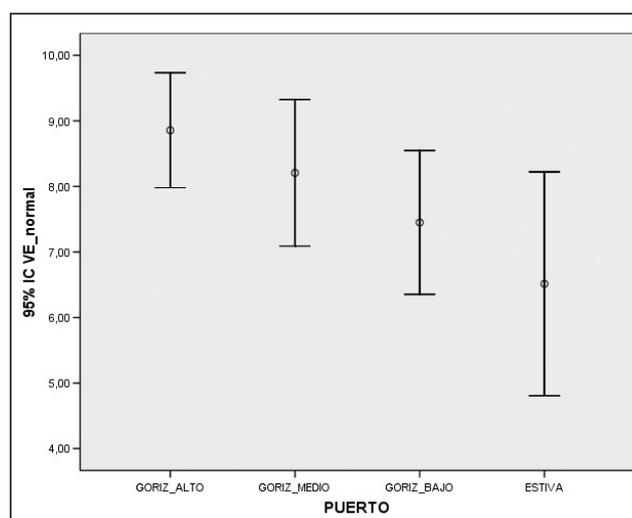


Figura 5. Media del valor ecológico (VE) estimado para cuatro puertos del sector occidental del PNOMP. Las barras verticales indican los intervalos de confianza al 95%. El primero y el último presentan diferencias significativas.

Figure 5. Estimated means of ecological value (VE) for four different summer ranges of the Western sector of PNOMP. Vertical bars indicate 95% confidence intervals. The first and last summer ranges show significative differences.

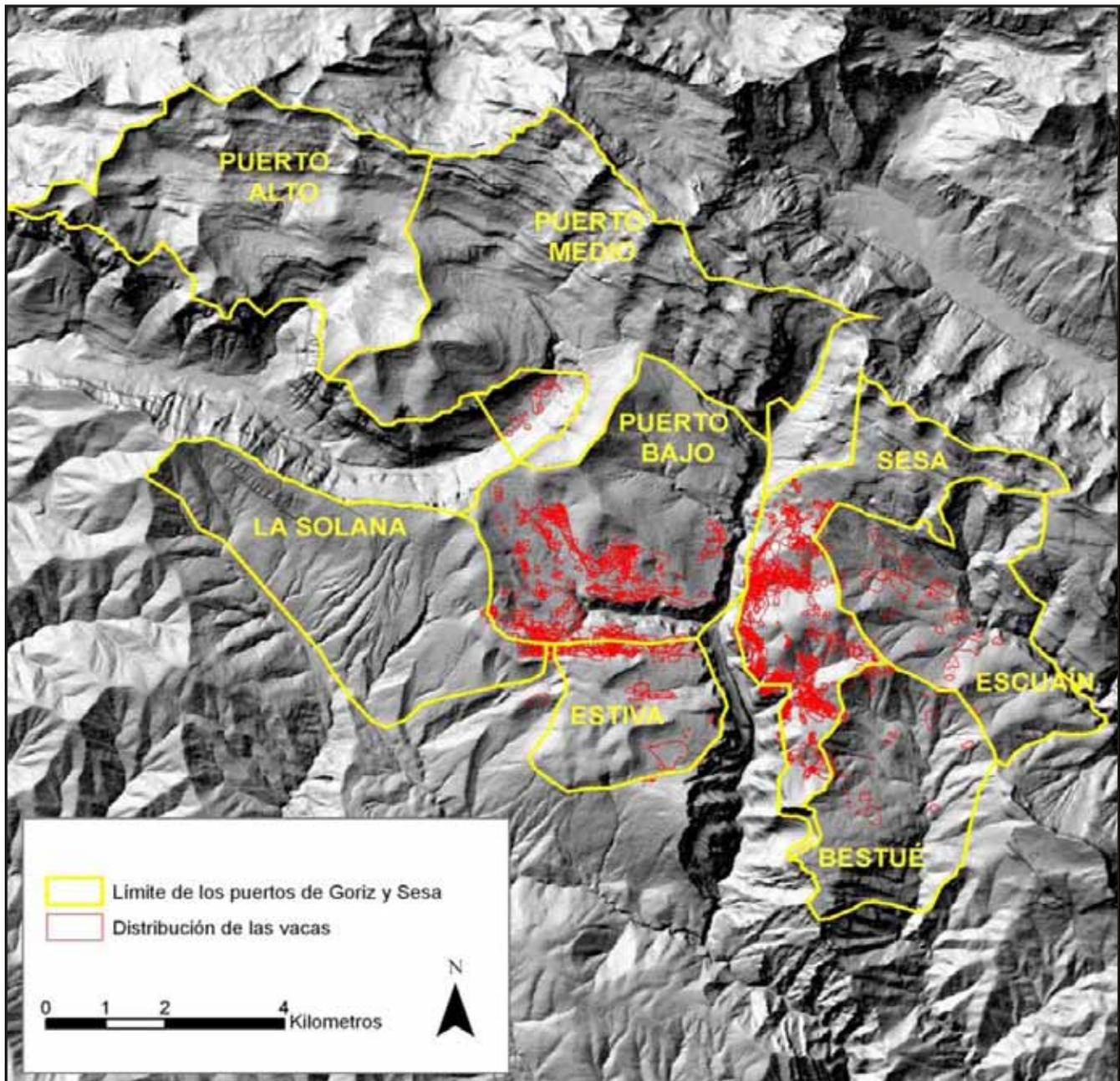


Figura 6. Distribución del ganado vacuno en los pastos estivales del PNOMP según registros obtenidos en 1992 (ALDEZABAL *et al.* 1992) y límites de las unidades pastorales (puertos).

Figure 6. Cattle distribution in the summer ranges (pasturelands) of PNOMP from a survey undertaken in 1992 (ALDEZABAL *et al.* 1992) and limits of pastoral units (local name "puertos").

sa cobertura, que suele coincidir con las de mayor valor ecológico (ver fig. 6).

Distribución y selectividad de los herbívoros en los pastos estivales del PNOMP

Como se ha comentado en el apartado de Material y métodos, una parte muy importante de la valoración pastoral consiste en evaluar la

preferencia o selectividad que los herbívoros pastadores ejercen sobre las diferentes comunidades vegetales. Una comunidad determinada puede tener un valor pastoral potencial alto por su elevada producción y/o calidad y sin embargo no ser utilizada por los ungulados, debido a la presencia de ciertas especies tóxicas o con alto contenido en sílice o taninos. La comunidad en cuestión puede tener problemas de accesibili-

dad, o tratarse de comunidades higrófilas o nitrófilas, normalmente poco apetecidas por el ganado, al menos por ciertas especies animales. En ese caso, a pesar de que el valor pastoral potencial puede ser alto, la escasa o nula selección por parte de los herbívoros, la convierte en un valor pastoral real bajo. Numéricamente, esto se expresa en el algoritmo del valor pastoral mediante el término $1 + IJ$ siendo IJ el índice de selección de Jacobs (tabla 3).

El estudio de la selectividad del pasto, tanto de especies como de comunidades, por parte de los grandes herbívoros, resulta a menudo difícil de realizar con precisión. Además, dicha selectividad no es independiente de las condiciones de productividad y calidad de la propia comunidad (WHITE 1983), por lo que debe ser analizada en situaciones concretas de espacio y tiempo. Una forma de evaluar la selección, es mediante el estudio de la distribución de los herbívoros en el espacio pastoral y por medio de un SIG, cruzar esa información con mapas temáticos relacionado con variables topográficas, de vegetación o de aquellas otras variables que se consideren importantes para explicar dicha distribución (ALDEZABAL 2001, GARTZIA *et al.* 2005a). Una vez obtenidos los índices de selección, estos pueden ser incorporados a la fórmula del valor pastoral (ver Material y métodos). Como la selectividad puede ser diferente para cada especie animal, es necesario realizar la estimación para cada una de las especies pastadoras que utilicen el territorio (GARCÍA-GONZÁLEZ & MARINAS 2007).

En este apartado expondremos brevemente, a modo de ejemplo, la aplicación del método mencionado en el espacio pastoral del PNOMP, y su aplicación para establecer mapas de idoneidad de pastoreo para diferentes especies de herbívoro.

A raíz de un estudio detallado de la distribución del ganado en los pastos estivales del PNOMP que realizamos a principios de los 90 (ALDEZABAL *et al.* 1992), generamos varios mapas con la distribución de las diferentes especies de herbívoros: vacas, ovejas, cabras, yeguas y sarríos. En la figura 6 se muestra la distribución obtenida para el ganado vacuno. La información espacial

se obtuvo por medio de registros gráficos, sobre foto aérea, de la posición de los diferentes grupos de animales durante todo el periodo diurno, a intervalos de 30 minutos, tres días a la semana durante todo el verano. Los registros contenían también información sobre el número de animales, estructura de sexo-edad del grupo, actividad, etc. Esta información fue posteriormente digitalizada y cruzada con capas procedentes del modelo digital de elevaciones (MDT) y del mapa de vegetación mostrado en la fig. 1. Para calcular la selectividad por dichas variables, comparamos la disponibilidad y el uso (en términos de superficie), de las diferentes categorías en que habíamos dividido las variables y por medio del método de los intervalos de Bonferroni estimamos la significación de las diferencias (GILLEN *et al.* 1984). Los resultados se muestran en la figura 7. Por razones de espacio se exponen solo los obtenidos para el ganado vacuno y para el sector occidental de los pastos supraforestales del PNOMP (Puertos de Góriz).

Los resultados muestran como el ganado bovino tiene preferencia por las zonas llanas y pendientes suaves (uso significativamente superior a la disponibilidad), y rechaza las pendientes superiores al 20%, tanto en el sector occidental como en el oriental (GARTZIA *et al.* 2005b). Un análisis del mismo tipo con los ovinos mostró que estos no presentaban rechazo por la clase de 20-30% (SAINT-JEAN 2006), lo cual les capacita para utilizar mejor los pastos en las laderas bajas de la montaña (por ej. del tipo *Festucion scopariae*) y utilizar una mayor proporción de la superficie de pastos disponible.

En cuanto a la altitud, los resultados de la fig. 7 muestran como los bovinos prefirieron altitudes comprendidas entre 1700 y 2100 m rechazándose las demás categorías. Esta preferencia se prolongó hasta los 2300 m en el caso de los ovinos, lo cual indica que los ovinos pueden utilizar terrenos de pastos elevados, por lo general más accidentados y pendientes, pero también donde se encuentran los pastos de mejor calidad del *Primulion intricatae*.

La distribución de los bovinos en los Puertos de Góriz según la orientación, muestra una prefe-

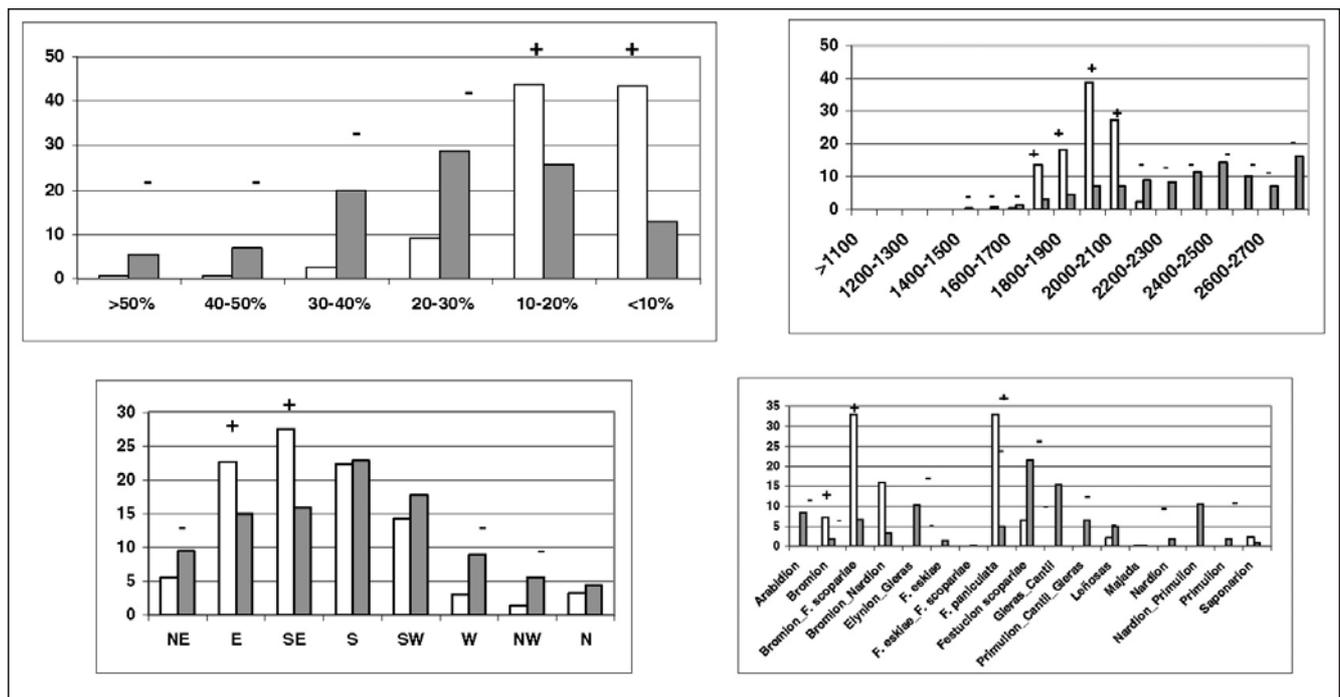


Figura 7. Histogramas representando la disponibilidad (gris) y uso (blanco) en el sector occidental del PNOMP por parte del ganado bovino en términos de porcentaje de superficie (%), de diferentes categorías de pendiente, altitud, orientación y vegetación (de arriba a abajo). Los signos más y menos indican que la preferencia o rechazo son significativos al nivel de $p < 0,05$ según el método de los intervalos de Bonferroni.

Figure 7. Histograms showing the percentage of available (white) and used (grey) surface by cattle in the Western sector of the National Park for different categories of slope gradient, compass direction, elevation and vegetation (from top to bottom). Minus and plus signs point to significant differences between use and availability proportions (Bonferroni intervals test, NEU *et al.* 1974).

rencia de estos por las exposiciones Este y Sudeste y un rechazo por las de componente Oeste (fig. 7). En el caso del vacuno del sector oriental (Montaña de Sesa) se obtuvo un resultado contrario, con una preferencia hacia las exposiciones Oeste (GARTZIA *et al.* 2005b). La interpretación de este resultado es que los bovinos, en su búsqueda por el confort térmico que les proporcionan las corrientes de aire fresco ascendentes del cañón de Añisclo (fig. 6), se aproximan al borde del cañón los días calurosos de verano. Ello provoca un mayor uso de superficies con orientación Oeste en el sector oriental y con orientación Este en el sector occidental. El uso de estas áreas de reposo próximas al cañón de Añisclo es tan intenso (especialmente en el sector oriental, fig. 6), que algunas de ellas se convierten en *majadas*, zonas caracterizadas por un fuerte pisoteo y acumulación de excrementos, lo cual provoca la aparición de comunidades nitrófilas particulares (*Al. Rumicion pseudoalpini* y *As. Taraxaco-poetum supinae*).

Por lo que respecta a la vegetación, las comunidades vegetales seleccionadas por el vacuno, en el sector occidental fueron aquellas de alta densidad y productividad, y sus mezclas (*Bromion erecti*, *Bromion/F.scopariae*, *Bromion/Nardion*, comunidad de *F. paniculata*). La selección de los bovinos en el sector oriental siguió la misma tendencia, solo que la preferencia por la comunidad de *F. paniculata*, que no existe en el sector oriental, se cambió por la de *F. eskia*, también de alta productividad (tabla 3), mucho más abundante en ese sector (fig. 1). Los ovinos mostraron un patrón de selección similar aunque su nivel de rechazo fue menor, especialmente por lo que respecta a la comunidad del *F. scopariae* (SAINT-JEAN 2006).

A partir de los patrones de selección obtenidos para las vacas y ovejas en los Puertos de Góriz, se elaboró un mapa de "idoneidad de pastoreo" para cada especie en el mismo territorio. Se asignó un valor nominal de 0 a 5 a los diferentes intervalos o categorías de cada variable según

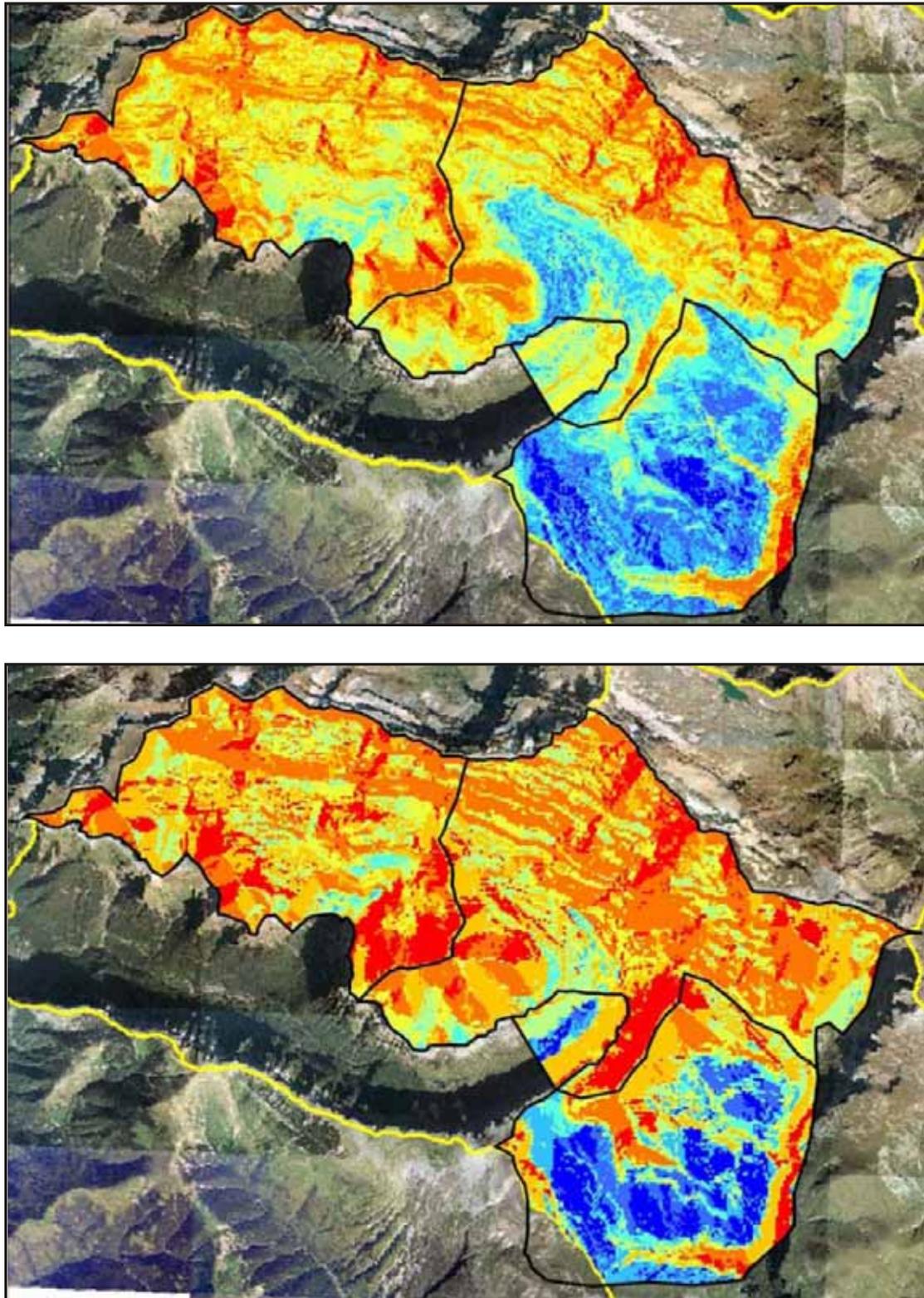


Figura 8. Mapa de Idoneidad para el pastoreo de ovinos (arriba) y bovinos (abajo) en los Puertos de Góriz y Circo de Soaso según un gradiente de mayor (azul) a menor (rojo). Para su elaboración se han combinado la selectividad del ganado para las tres variables topográficas y para la vegetación (ver fig. anterior).

Figure 8. Maps of grazing suitability for sheep (above) and cattle (below) in Puertos de Góriz and Circo de Soaso pastoral units according to a higher (blue) and lower (red) gradient. Spatial values combine cattle selectivity for the three topographical and one vegetation variables showed in fig. 7.

su menor o mayor índice de selección. Se sumaron esos valores nominales y se escalaron, obteniéndose dos nuevos mapas que traducían la capacidad del territorio para responder a las preferencias o rechazos del ganado vacuno u ovino, respectivamente (fig. 8). Las zonas con mayor intensidad de azul serían las más propicias para el pastoreo del ganado, e inversamente, las de color rojo las menos propicias. Estos mapas están basados en los patrones de selección obtenidos en un territorio determinado y pueden no ser adecuados para extrapolarlos a otros territorios. Sin embargo, sí pueden resultar de utilidad para comparar entre especies animales. En este caso, podemos apreciar cómo el puerto de Góriz Bajo (fig. 6) resultaría el más idóneo para el pastoreo de bovinos. No en vano es el puerto que presenta mayor proporción de comunidades con mayor valor pastoral (fig. 1). También resulta muy idóneo para el pastoreo de los ovinos, pero estos pueden encontrar también áreas favorables fuera de ese territorio.

En los dos mapas de la fig. 8 puede observarse también, que el correspondiente al del ganado bovino muestra valores más extremos, ya sea de preferencia o de rechazo, mientras que el de los ovinos presenta amplias zonas de valores intermedios. Estas diferencias se corresponden con las características pastorales de cada especie. Las ovejas son más adaptables a los ambientes montañosos; su capacidad para desplazarse y alimentarse en terrenos abruptos les permite acceder a una parte importante de la superficie pastoral disponible. Contrariamente los bovinos están más limitados a moverse por zonas llanas o de poca pendiente, normalmente con suelos profundos y con pastos de alta producción en los cuales pueden optimizar sus altos niveles de consumo. Por otra parte, su mayor peso y sus características anatómicas les impiden normalmente el acceso a las zonas más escarpadas.

CONCLUSIONES

1. Se proporciona, mediante un algoritmo simplificado y sencillo, un método de valoración ecológica y productiva para los ecosistemas de pastoreo del PNOMP. Este índice eco-pastoral recoge a su vez, una gran cantidad de información relativa a estructura y calidad de las comunidades pascícolas, obtenida a lo largo de varios años de trabajo en común del grupo de investigación de Ecosistemas Pastorales del IPE (CSIC). Dicha información, contrastable y cuantificada, incrementa la objetividad del índice a diferencia de otros índices pastorales (p.e. DAGET & POISSONET 1972).
2. Todo índice implica la simplificación de una realidad compleja y a menudo difícil de sintetizar. Detrás del índice eco-pastoral subyacen una serie de interacciones medio-planta-herbívoro de gran complejidad. Afinar en la bondad de la información para elaborar y cuantificar el índice eco-pastoral, ha supuesto la generación de conocimientos sobre estas interacciones, a través de la investigación de aspectos más teóricos, que han incrementado el conocimiento de la estructura y función de los pastos pirenaicos.
3. Bajo una misma expresión binomial se recogen dos estimaciones de valoración, relacionadas, por un lado, con criterios de conservación y por otra, con aspectos productivos. Esta doble componente, que puede usarse conjunta o separadamente, resulta especialmente útil como método para valorar la sostenibilidad de la actividad humana en un territorio y puede ser utilizable por aquellos sectores sociales implicados en la gestión del territorio: evaluadores de impacto ambiental, gestores de espacios protegidos, técnicos agropecuarios, forestales, etc.
4. La elaboración de los datos necesarios para la determinación del índice, permite disponer de un inventario y cartografiado de los diferentes tipos de pastos en el PNOMP, de los valores ecológicos y pastorales contenidos en dichos pastos y de la distribución espacial de estos valores. Esta información, georeferenciada con una precisión de 5 m², es susceptible de incorporarse a un SIG y facilitar labores de investigación, gestión y conservación.

5. Los resultados obtenidos muestran, que las comunidades supraforestales del PNOMP son en general reservorios de alto valor ecológico. Este alto valor viene proporcionado por el carácter endémico de muchos de sus especies y por una alta diversidad de sus comunidades, estando muchas de ellas catalogadas en la Directiva de Hábitats europea.
6. Por la razón anterior, convendría mantener el pastoreo de animales domésticos dentro del PNOMP con las pautas de gestión "tradicionales" (en cuanto a cargas ganaderas y distribución espacial y temporal de los animales). Además, convendría mostrar mucha cautela sobre el establecimiento de nuevas infraestructuras o permitir nuevos usos en la gestión del ganado, y valorar previamente su impacto. Especial atención debería prestarse a la circulación de vehículos (aun de uso ganadero), fuera de las pistas. Lo mismo puede decirse de la utilización de maquinaria pesada e instalación de nuevas infraestructuras (abrevaderos, rediles, pistas, etc).
7. En todos los territorios valorados (fuera y dentro del PNOMP), hemos encontrado una relación inversa y significativa entre el valor ecológico y el valor pastoral. Es decir, las comunidades más productivas y más idóneas para el pastoreo suelen tener un escaso valor de conservación y viceversa. Esto plantea interesantes preguntas desde el

punto de vista teórico (¿porque aquellas especies más adaptadas al pastoreo de rumiantes -especialmente ciertas gramíneas- son cosmopolitas y dominantes dentro de las comunidades?). Asimismo, también tiene interesantes repercusiones aplicadas: la correlación inversa entre valor ecológico y pastoral puede ser conveniente para la reducción de conflictos cuando existen intereses de gestión contrapuestos.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han participado en la elaboración y obtención de los datos presentados en este estudio, desde investigadores, becarios, estudiantes, hasta colaboradores desinteresados. Ante la imposibilidad de mencionarlos particularmente a todos aquí, queremos manifestar colectivamente nuestro más sincero agradecimiento a todas ellas, por su entrega y entusiasmo. Especial mención quisiéramos hacer a la Guardería y personal en general del Parque Nacional de Ordesa que en todo momento nos prestó su ayuda y facilitó nuestro trabajo. Este estudio se ha realizado con fondos de los proyectos 059/2002 del Organismo Autónomo de Parques Nacionales (MMA), Proyecto CGL2005-01131/BOS del Plan Nacional de Investigación Científica (MEC) y Proyecto RTA2005-00160-C02-02 del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL HAJ KHALED, R., DURU, M., DECRUYENAERE, V., JOUANY, C. & CRUZ, P. 2006. Using leaf traits to rank native grasses according to their nutritive value. *Rangeland Ecology & Management*, 59: 648-654.
- ALDEZABAL, A., BAS, J., FILLAT, F., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., GARIN, I., GÓMEZ, D. & SANZ, J.L. 1992. Utilización ganadera de los pastos supraforestales en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Informe inédito. CSIC-ICONA. Jaca-Huesca.
- ALDEZABAL, A. & GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 1999. Feeding strategies of free-ranging ungulates in a multispecific grazing system in mountain grasslands. En: P. Duncan & T. Micol (eds.). *Herbivore feeding strategies, population processes and impact on biodiversity*, pp. 6-14. Centre d'Études Biologiques de Chizé. Chizé, Francia.
- ALDEZABAL, A. 2001. El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros. Publ. Consejo Protección Naturaleza Aragón, n° 28. Zaragoza.

- ALLEN, V.G. & SEGARRA, E. 2001. Anti-quality components in forage: Overview, significance, and economic impact. *Journal of Range Management*, 54: 409-412.
- ALVAREZ, B. 1999. El análisis de la demanda recreativa de espacios naturales. Aplicación al Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Publ. Consejo Protección Naturaleza Aragón. Zaragoza.
- AUGUSTINE, D.J. 2003. Long-term, livestock-mediated redistribution of nitrogen and phosphorus in an East African savanna. *Journal of Applied Ecology*, 40: 137-149.
- AUSTRHEIM, G. & ERIKSON, O. 2001. Plant species diversity and grazing in the Scandinavian mountains - patterns and processes at different spatial scales. *Ecography*, 24: 683-695.
- BENITO ALONSO, J.L. & GÓMEZ GARCÍA, D. 2001. Vegetación. En: *Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*, pp. 79-134. Canseco Editores. Talavera de la Reina.
- BENITO ALONSO, J.L. 2006. Vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Publ. Consejo Protección Naturaleza Aragón, n° 50. Zaragoza.
- CALLOW, M.N., MICHELL, P., BAKER, J.E. & HOUGH, G.M. 2000. The effect of defoliation practice in Western Australia on tiller development of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and its association with forage quality. *Grass and Forage Science*, 55: 232-241.
- CIRUJANO, S., VELAYOS, M., CASTILLA, F. & GIL, M. 1992. Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares). ICONA - Colección Técnica, Madrid.
- COLWELL, R.K. & FUTUYMA, D.J. 1971. On the Measurement of Niche Breadth and Overlap. *Ecology*, 52: 567-576.
- DAGET, P. & POISSONET, J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49: 31-39.
- DEL BARRIO, G., CREUS, J. & PUIGDEFABREGAS, J. 1990. Thermal seasonality of the high mountain belts of the Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 10: 227-233.
- DÍAZ GONZÁLEZ, T.E. & GARCÍA RODRÍGUEZ, A. 2001. Aplicaciones de la fitosociología en la evaluación de la cubierta vegetal de un territorio: Monte La Lamiella, Valdés (Asturias). En: F.G. Mercado & F.M. Poveda (eds.). *Vegetación y cambios climáticos*, pp. 469-487. Universidad de Almería. Almería.
- DU TOIT, P.C.V. 2000. Estimating grazing index values for plants from arid regions. *Journal of Range Management*, 53: 529-536.
- FERRER, C., ASCASO, J., MAESTRO, M., BROCA, A. & AMELLA, A. 1991. Evaluación de pastos de montaña (Pirineo Central): fitocenología, valor pastoral, producción y calidad. XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P., pp. 189-196. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia. Murcia.
- FRANK, D.A. 2006. Large herbivores in heterogeneous grassland ecosystems. En: K. Danell, R. Bergström, P. Duncan & J. Pastor (eds.). *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*, pp. 326-347. Cambridge University Press. Cambridge.
- GAÑÁN, N., HERNÁNDEZ, Y., ALDEZABAL, A., GÓMEZ, D. & GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 2002. Plant selection by large herbivores in supraforestal Pyrenean pastures. *REU Technical Series FAO*, 66: 86-88.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R., GÓMEZ GARCÍA, D. & ALDEZABAL, A. 1998. Resultados de 6 años de exclusión del pastoreo sobre la estructura de comunidades de *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el P.N. de Ordesa y Monte Perdido. XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P., pp. 55-60. Universidad de Valladolid. 1-5 Junio. Soria.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R., MARINAS, A., GÓMEZ-GARCÍA, D., ALDEZABAL, A. & REMÓN, J.L. 2002. Revisión bibliográfica de la producción primaria neta aérea de las principales comunidades pascícolas pirenaicas. En: C. Chocarro et al. (eds.). *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, pp. 245-250. Ed. Universitat de Lleida. Lleida.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R., MARINAS, A. & GÓMEZ-GARCÍA, D. 2003. Comparación de métodos de valoración pastoral en especies pascícolas pirenaicas. En: A.B. Robles et al. (eds.). *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 437-442. Consej. Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Granada.

- GARCÍA-GONZÁLEZ, R., ALDEZABAL, A., GARIN, I. & MARINAS, A. 2006. Valor nutritivo de las principales comunidades de pastos de los Puertos de Góriz (Pirineo Central). *Pastos*, 35:77-103.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & MARINAS, A. 2007. Bases ecológicas para la ordenación de superficies pastorales. En: F. Fillat *et al.* (eds.). *Pastos del Pirineo*, pp. 229-253. CSIC - Diputación Provincial de Huesca. Madrid (en prensa).
- GARTZIA, M., MARINAS, A., CAMPO, A., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & GÓMEZ-GARCÍA, D. 2005a. Valoración eco-pastoral de los pastos del puerto de Aísa (Pirineo Occidental). En: B. De la Roza *et al.* (eds.). *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. Vol. II, pp. 817-824. SERIDA. Gijón.
- GARTZIA, M., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & FERNÁNDEZ, O. 2005b. Factores que influyen en la distribución del ganado vacuno en la Montaña de Sesa, Pirineo Central, Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. *VII Taller de SIG y Teledetección en Ecología SIGTECO*. 24- 26 noviembre 2005, Universidad de Alicante. Alicante.
- GILLEN, R.L., KRUEGER, W.C. & MILLER, R.F. 1984. Cattle distribution on mountain rangeland in Northeastern Oregon. *Journal of Range Management*, 37: 549-553.
- GÓMEZ, D., CASTRO, P. & ALDEZABAL, A. 1997 Species richness, biomass and plant production in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees. *36th International Symposium of International Association for Vegetation Science*, April 1993, pp. 101-111. Universidad de La Laguna. Tenerife.
- GÓMEZ GARCÍA, D., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & REMÓN, J.L. 2001. Una valoración ecológica de los pastos de montaña de los Pirineos. *Actas de XLI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 201-208. Alicante.
- GÓMEZ GARCÍA, D., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & REMÓN, J.L. 2002a. Clave simplificada para la determinación de los prados y pastos pirenaicos. En: C. Chocarro *et al.* (eds.). *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, pp. 91-98. Ed. Universitat de Lleida. Lleida.
- GÓMEZ GARCÍA, D., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., MARINAS, A. & ALDEZABAL, A. 2002b. An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands. En: J.-L. Durand *et al.* (eds.). *Multi-function Grasslands. Grassland Science in Europe*. vol 7, pp. 922-923. European Grassland Federation. La Rochelle (Francia).
- GÓMEZ GARCÍA, D. 2007a. Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración. En: F. Fillat *et al.* (eds.). *Pastos del Pirineo*, pp. 75-110. CSIC - Diputación Provincial de Huesca. Madrid (en prensa).
- GÓMEZ GARCÍA, D. 2007b. Pastos del Pirineo: breve descripción ecológica y florística. En: F. Fillat *et al.* (eds.). *Pastos del Pirineo*, pp. 111-140. CSIC - Diputación Provincial de Huesca. Madrid (en prensa).
- HARDY, M.B., HURT, C.R. & TAINTON, N.M. 1991. Monitoring in rangeland: A key species approach. *Proceedings of the IVth Int. Rangeland Congress*. 22-26 April 1991., pp. 41-43. Association Française de Pastoralisme. Montpellier.
- HERRERO, J., ESCUDERO, E., GARCÍA, J.M., GARCÍA-SERRANO, A., PRADA, C. & COUTO, S. 2004. Gestión y seguimiento demográfico del sarrío en el Pirineo aragonés. En: J. Herrero *et al.* (eds.). *El sarrío pirenaico Rupicapra p. pyrenaica: Biología, Patología y Gestión*, pp. 69-82. Publ. Consejo Protección Naturaleza Aragón, nº 46. Zaragoza.
- JACOBS, J. 1974. Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*, 14: 413-417.
- JOBBÁGY, E.G., SALA, O.E. & PARUELO, J.M. 2002. Patterns and controls of primary production in the Patagonian steppe: a remote sensing approach. *Ecology*, 83: 307-319.
- LOIDI, J. 1994. Phytosociology applied to nature conservation and land management. *Applied Vegetation Ecology. Proc. 35th Symp. IAVS*, pp. 17-30. East China Normal Univ. Press. Shanghai.
- MARGALEF, R. 1988. Evolución de los macrófitos y su coevolución con los herbívoros. *Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología*, 4: 637-642.
- MARINAS, A., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & GÓMEZ-GARCÍA, D. 2002. Valoración forrajera de los pastos de *Festuca gautieri* (Hackel) K. Richt en el Pirineo aragonés. En: C. Chocarro *et al.* (eds.). *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, pp. 251-256. Ed. Universitat de Lleida. Lleida.

- MARINAS, A., GARCÍA-GONZÁLEZ, R. & FONDEVILA, M. 2003. The nutritive value of five species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, 76: 461-469.
- MARINAS, A., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., GÓMEZ, D., GARTZIA, M. & CAMPO, A. 2005. Valor ecológico y pastoral de las gleras calizas (*Iberidion spathulatae* Br.-Bl. 1948) en el Pirineo aragonés. En: B. De la Roza *et al.* (eds.). *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. Vol. II*, pp. 809-816. SERIDA. Gijón.
- MARINAS, M. & GARCÍA GONZÁLEZ, R. 2006. Preliminary data on nutritional value of abundant species in supraforestal Pyrenean pastures. *Pirineos*, 161: 85-109.
- MCINTYRE, S. & LAVOREL, S. 2001. Livestock grazing in subtropical pastures: steps in the analysis of attribute response and plant functional types. *Journal of Ecology*, 89: 209-226.
- MCNAUGHTON, S.J. 1983. Physiological and Ecological Implications of Herbivory. En: O.L. Lange *et al.* (eds.). *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series*. pp. 657-677. Springer-Verlag. Berlin.
- MILCHUNAS, D.G. & LAUENROTH, W.K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 63: 327-366.
- MONTERRAT, P., 1964. Ecología del Pasto. (Ecología de los agrobiosistemas pastorales). *P. Cent. pir. Biol. exp.*, 1: 1-68.
- NEU, C.W., BYERS, C.R. & PEEK, J.M. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management*, 38: 541-545.
- NOY-MEIR, I., GUTMAN, M. & KAPLAN, Y. 1989. Responses of mediterranean grasslands plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*, 77: 290-310.
- OESTERHELD, M., DIBELLA, C.M. & KERDILES, H. 1998. Relation between NOAA-AVHRR satellite data and stocking rate of rangelands. *Ecological Applications*, 8: 207-212.
- OLFF, H. & RITCHIE, M.E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *TREE*, 13: 261-265.
- PIENKOWSKI, M.W., BIGNAL, E.M., GALBRAITH, C.A., MCCracken, D.I., STILLMAN, R.A. & BOOBYER, M.G. 1996. A simplified classification of land type zones to assist the integration of biodiversity objectives in land-use policies. *Biol. Conserv.*, 75: 11-25.
- REVILLA, R. 1987. Las zonas de montaña y su entorno económico. Análisis estructural y bases técnicas para la planificación de la ganadería en los Altos Valles del Sobrabe (Pirineo Oscense). Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- ROSSI, E. & KUITUNEN, M. 1996. Ranking of habitats for the assessment of ecological impact in land use planning. *Biol. Conserv.*, 77: 227-234.
- SAINT-JEAN, N. 2006. Valoración eco-pastoral des estives du Parc National d'Ordesa-Mont Perdu. Proyecto fin de carrera (inédito). École National du Genie Rural des Eaux et Forêts (ENGREF) - Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Nancy (Francia) - Jaca (España).
- SMITH, S.M., SCHREIER, H.E. & BROWN, S. 1991. Spatial analysis of forage parameters using geographic information system and image-analysis techniques. *Grass and Forage Science*, 46: 183-189.
- UCT, 1995. New concepts for assessment of rangeland condition. *Journal of Range Management*, 48: 271-282.
- V.V.A.A.. 2001. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Canseco Editores, Talavera de la Reina.
- VILLAR, L. & BENITO, J.L. 2001. Memoria del mapa de vegetación actual del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Organismo Autónomo de Parque Nacionales, Serie Técnica. Madrid.
- WHITE, R.G. 1983. Foraging patterns and their multiplier effects on productivity of northern ungulates. *Oikos*, 40: 377-384.
- YEO, M.J.M., BLACKSTOCK, T.H. & STEVENS, D.P. 1998. The use of phytosociological data in conservation assessment: a case study of lowland grassland in mid Wales. *Biological Conservation*, 86: 125-138.