



## OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LOS RECURSOS PASTABLES EN UNA ESTACIÓN DE ESQUÍ DEL PIRINEO

Isabel Casasús Pueyo<sup>1</sup>, José Antonio Rodríguez Sánchez<sup>1</sup>, Albina Sanz Pascua<sup>1</sup>, Carlos Ferrer Benimeli<sup>2</sup>, Ramón Reiné Viñales<sup>3</sup> y Olivia Barrantes Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), 50059 Zaragoza. [icasasus@aragon.es](mailto:icasasus@aragon.es)

<sup>2</sup> Dpto. Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, 50013 Zaragoza.

<sup>3</sup> Dpto. Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza, 22071 Huesca.

### OPTIMISATION OF PASTURE USE BY LIVESTOCK IN A PYRENEAN SKI STATION

#### Historial del artículo:

Recibido: 20/01/15

Revisado: 10/03/15

Aceptado: 11/08/15

Disponible online: 06/10/2015

#### Autor para correspondencia:

[icasasus@aragon.es](mailto:icasasus@aragon.es)

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

#### Palabras clave:

Recursos forrajeros, ganado vacuno, uso del espacio, manejo del pastoreo.

#### Keywords:

Forage resources, beef cattle, space use, grazing management.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue diagnosticar y mejorar el aprovechamiento ganadero de los pastos de la estación de esquí Aramón-Panticosa (Huesca). Se valoraron sus recursos forrajeros mediante la caracterización y cartografía de sus unidades de vegetación. Sobre las 227 ha de superficie pastable, se identificaron las siguientes unidades, con sus respectivos datos de superficie (ha) y cargas ganaderas admisibles (UGM/ha): *Bromion erecti* (117 y 1,67), *Festucion eskiae* (65 y 0,83), *Nardion strictae* (23 y 0,64), *Primulion intricatae* (11 y 1,63), *Festucion gautieri* (9 y 0) y "pastos higrófilos con nitrofilia" (2 y 0,38). La capacidad ganadera teórica global del área estudiada fue de 282 UGM/verano. Se determinaron los aspectos que influían en el uso real de los pastos, aprovechados actualmente por 314 vacas y sus crías durante 71 días en dos periodos (verano y otoño). Un día por semana se registraron cada 30 min la localización de cada grupo de vacas, su tamaño y actividad. Las vacas aprovecharon 190 ha (64% del total), a una carga ganadera que coincidía con la capacidad teórica de la estación. Se rechazaron zonas con menor valor pastoral (16,4 vs. 24,3 puntos en las zonas rechazadas y pastadas, respectivamente), mayor pendiente (23 vs. 16%), mayor altitud (1895 vs. 1695 m) y más alejadas de saladeros (1004 vs. 461 m), edificios y pistas. Las cargas y preferencias espaciales variaron según la época de pastoreo. El índice de electividad de Ivlev fue negativo en roquedos, bosques y pastos de *Festucion eskiae* y se seleccionaron positivamente los pastos de *Festucion gautieri*, *Nardion*, pastos higrófilos y *Bromion*. Se comparó el uso real de los pastos con su capacidad de carga y se propusieron medidas correctoras donde el manejo no era el más adecuado, modificando el manejo espacio-temporal del ganado y recomendando la provisión y localización de infraestructuras.

### ABSTRACT

A study was conducted to improve grazing management of pastures of the ski station of Aramón-Panticosa (Huesca). Forage resources were evaluated by characterization and mapping the existing vegetation units. On the 227 ha considered as pasture, the different units, areas (ha) and carrying capacities (LU/ha) were as follows: *Bromion erecti* (117 and 1.67), *Festucion eskiae* (65 and 0.83), *Nardion strictae* (23 and 0.64), *Primulion intricatae* (11 and 1.63), *Festucion gautieri* (9 and 0) and "nitrate enriched hygrophilous pastures" (2 and 0.38). The theoretical global carrying capacity was established as 282 LU/summer. We studied the patterns of space use of the 314-cow herd grazing on this rangeland for 71 days in two periods (summer and autumn). Position, size and activity of cattle groups were recorded one day per week during the grazing season by scan-sampling at 30-min intervals. Cattle grazed on 190 ha (64% of the total area) and rejected areas of lower pastoral value (16.4 vs. 24.3 points in non-grazed and grazed areas), higher slope (23 vs. 16%), higher altitude (1895 vs. 1695 m) and farther from salt supply points (1004 vs. 461 m), buildings and roads. According to Ivlev electivity index, rocky areas, lower forests and *Festucion eskiae* pastures were rejected, while preferences were observed for *Festucion gautieri*, *Nardion*, hygrophilous pastures and *Bromion*. After a diagnosis of current use, recommendations were made for a more homogeneous distribution of livestock in the area, either by modifying temporal and spatial management or by providing infrastructures (fences, salt distribution areas) to ensure a proper use of each vegetation type.

## INTRODUCCIÓN

Las estaciones de esquí se ubican en áreas de montaña cuyo paisaje actual es fruto de la ancestral interacción del hombre y el territorio y en las que la ganadería ha sido la actividad económica tradicional hasta fechas relativamente recientes. En estas zonas, la interacción entre el esquí y la ganadería puede materializarse en una simbiosis, aunque también a veces en una relación de competencia (López i Gelats *et al.*, 2011).

La simbiosis vendría dada, en primer lugar, porque los pastos de puerto en que se ubican las estaciones constituyen la principal fuente de alimentación del ganado durante un periodo relativamente largo del año y su manejo anual se articula en buena medida en torno a los rendimientos que alcanzan en esta fase (Casasús *et al.*, 2002). Este aprovechamiento es beneficioso y necesario para las estaciones de esquí, puesto que el pastoreo facilita la revegetación de las zonas erosionadas (Isselin-Nondedeu *et al.*, 2006) y reduce el impacto negativo que la instalación de las pistas pudiera tener sobre la biodiversidad (Barrantes *et al.*, 2013). Además, evita la existencia de una elevada biomasa residual al final del periodo vegetativo, que retiene aire y adelanta la fusión de la nieve, comportándose como un plano de deslizamiento en el deshielo y facilitando la formación de aludes (Ferrer, 1982). Por otro lado, la coexistencia de ambas actividades económicas ofrece a los ganaderos de montaña alternativas de diversificación laboral que pueden ser compatibles entre sí con un manejo adaptado de los rebaños (Casasús *et al.*, 2014).

Aunque las relaciones de competencia entre ambas actividades se plasman especialmente en el plano socioeconómico (Lasanta *et al.*, 2007), una gestión inadecuada de los recursos y los rebaños puede conducir a desequilibrios ambientales. Para solventarlos se requiere el desarrollo de planes de manejo de pastos con una sólida base técnica, tanto zootécnica como agroecológica, que permita aprovechar las posibilidades de utilizar el ganado como herramienta para la gestión medioambiental (Ates *et al.*, 2014). Para ello, es necesaria una adecuada caracterización de los recursos disponibles, así como de los factores que condicionan el comportamiento animal e influyen en el uso que los rebaños hacen del pasto. En este sentido, los rebaños en pastoreo libre (práctica habitual en los sistemas de producción de vacuno en montaña) utilizan el territorio de forma heterogénea, dependiendo de aspectos bióticos, físicos y antrópicos (Bailey, 2005). En ganado vacuno destacan factores como la pendiente, el tipo de vegetación, la distancia a puntos de agua, saladeros, cercas y caminos, y la existencia de zonas resguardadas del sol o el viento (Senft *et al.*, 1985), que además varían en importancia a lo largo de la estación de pastoreo (Casasús *et al.*, 2009). Esto puede dar lugar a que existan áreas sobrepastoreadas, con compactación del suelo, nitrofilia por acúmulo de deyecciones, etc.; mientras otras zonas se aprovechan a cargas subóptimas, facilitando la invasión

por especies arbustivas y el embastecimiento de la vegetación herbácea (Casasús *et al.*, 2007).

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue, en primer lugar, valorar los recursos forrajeros y determinar la capacidad ganadera estival de los pastos de una estación de esquí del Pirineo. Posteriormente se determinaron los aspectos que influían en el uso actual de los pastos, para compararlos con su capacidad de carga y proponer medidas correctoras en caso necesario.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se realizó en los pastos de puerto donde se asientan las pistas de esquí de la estación de Aramón-Panticosa (Pirineo de Huesca, Figura 1), a una altitud de 1550 a 2100 msnm y con una superficie total de 297 ha. El área de estudio se caracteriza por un clima de montaña y alta montaña oceánico, con un 20% de precipitación para el periodo diciembre-enero y una temperatura media anual de 6,4°C. Por circunstancias de la gestión comunal de las diferentes partidas de pastos del municipio, el aprovechamiento ganadero del área de estudio se realiza exclusivamente en dos periodos, al inicio del verano y al inicio del otoño. En el año de estudio (2011), se registraron medias mensuales de 15,6 °C y 59 l m<sup>-2</sup> de pluviometría en los meses de junio y julio, siendo los valores de 10,0 °C y 72 l m<sup>-2</sup> en octubre.

### Caracterización de los pastos

Para evaluar los recursos pastorales de la estación se identificaron las distintas ocupaciones del suelo (edificaciones, caminos e infraestructuras, cursos de agua e ibones, suelo desnudo natural y vegetación) (Figura 1), resultando que únicamente 227 de las 297 ha se correspondían con pastos aprovechables por el ganado. Sobre la superficie de pastos se realizó una caracterización de las unidades de vegetación en que se fragmentaba el tapiz vegetal y la cartografía y planimetría de cada una de ellas. Cada una de estas unidades se valoró con respecto a su uso ganadero: producción, calidad, eficiencia y rehúso de la oferta de pasto, estacionalidad, especies ganaderas más adecuadas, limitaciones al pastoreo, etc. A partir de la superficie ocupada por cada unidad y de su valoración pastoral se calculó la carga ganadera potencial o teórica durante el pastoreo de verano.

Para la *caracterización de unidades de vegetación* se utilizó el método fitosociológico de Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979), mediante inventarios florísticos siguiendo un "muestreo preferencial", dado el conocimiento previo de los tipos de vegetación de la zona (Ferrer, 1981; Barrantes *et al.*, 2013). Durante la última semana de junio de 2011, se establecieron 22



© CITA-Aragón

Concentración de vacas en torno al bebedero de la zona de Fobas en la estación de esquí de Aramón-Panticosa.

inventarios (uno por cada 10,3 ha de media), aplicando a cada especie el índice de “abundancia-dominancia” (+, 1, 2, 3, 4, 5). Los inventarios se referenciaron geográficamente mediante GPS y en cada uno de ellos se midió también la pendiente (clinómetro), la orientación (brújula) y la altitud (GPS). Posteriormente los inventarios se adscribieron a alianzas fitosociológicas.

Para la *cartografía de los pastos* se contó con las siguientes capas de información digital: ortofotografías en color a escala 1:5000, vuelo del año 2000, descargadas desde SITAR (2012); Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25 000 (CNIG, 2012); Mapa de curvas de nivel a escala 1:5000 descargado de SITAR (2012); y Mapa litológico descargado de CHEBRO (2012). A partir del mapa de las curvas de nivel, se obtuvo el Modelo Digital del Terreno mediante el software ArcGis 9.3.1, derivando mapas de altitudes, orientaciones y pendientes. Los 22 inventarios se localizaron en el mapa y a partir de ellos se realizaron interpolaciones sucesivas mediante el módulo de ArcGis “3D Analyst”-“Interpolate to raster”- método IDW (“*Inverse Distance Weighted*”). El resultado de cada interpolación se examinó analizando el ajuste de los polígonos obtenidos a las condiciones ecológicas refrendadas por nuestro conocimiento

experto, bibliografía y comprobaciones de campo: topografía (altitud, pendiente, orientación, cumbre, depresión, vaguada), litología, afloramientos rocosos, derrubios, aspecto de la vegetación en la fotografía aérea, abrevaderos, etc. El proceso fue iterativo hasta obtener los polígonos con los tipos de pastos y otros usos del suelo que mejor se ajustaron al trabajo de campo y de fotointerpretación y a las condiciones ecológicas mencionadas anteriormente.

Para el *cálculo de la carga ganadera admisible* en cada tipo de pasto se partió de la producción total u “oferta” (kg MS/ha/verano) en puertos pirenaicos (Ferrer *et al.*, 1978 y 1991) y de su Valor Pastoral (VP) (Daget y Poissonet, 1972). La Frecuencia específica (Fs) se calculó transformando los índices de abundancia-dominancia a porcentajes (Van der Maarel, 1979) (+ = 0,1%, 1 = 5%, 2 = 17,5%, 3 = 37,5%, 4 = 62,5% y 5 = 87,5%). La Contribución específica (Cs) se calculó a partir de la Fs y del porcentaje de suelo desnudo (SD):  $Cs = Fs (100 - SD) / \sum Fs$ . Finalmente, el  $VP = 0,2 \sum Cs \cdot Is$ , donde Is es el Índice específico, que cualifica empíricamente a cada especie entre 0 y 5 (base de datos de los autores). Con el VP se determinó la “eficiencia del pastoreo” (Ep), o porcentaje de la hierba ofertada que realmente es consumida en pastoreo:  $Ep (\%) = 1,874 \cdot VP$

+ 1,15 (Ferrer *et al.*, 1991). La “producción utilizable” es la “oferta” (kg MS/ha/verano) \* Ep (%). La calidad, expresada en Unidades forrajeras (UF/kg MS) se obtuvo de Ferrer *et al.* (1978, 1991), Ascaso *et al.* (1991) y Ascaso y Ferrer (1993), aplicándola a la “producción utilizable” (kg MS/ha/verano \* UF/kg MS). Por otro lado, dado que una Unidad de Ganado Mayor (UGM) consume 3000 UF/año y que el ganado permanece en el puerto unos 120 días (1/3 del año), se consideró que el consumo teórico sería de  $3000 \text{ UF} / 3 = 1000 \text{ UF/UGM}$ . De este modo, la carga ganadera admisible en cada uno de los tipos de pastos se calculó en  $\text{UGM/ha/verano} = \text{UF/ha/verano}/1000$ .

## Uso ganadero de los pastos

Con el objeto de determinar el aprovechamiento ganadero real de los pastos en el área de la estación de esquí y de los factores que influían en dicho uso, se efectuó un seguimiento de los rebaños presentes en el área de la estación de esquí durante la estación de pastoreo del año 2011. Siguiendo el manejo tradicional en la zona, un rebaño de 314 vacas adultas y sus crías pastaron durante 71 días en el verano (14-06 a 28-07, 44 días) y otoño (30-09 a 27-10, 27 días) en las 297 ha de la estación, mientras que durante el resto del verano utilizaron otros puertos vecinos.

A lo largo de este periodo se analizaron las pautas de uso del espacio en 8 días, a intervalos semanales. Los datos se tomaron durante todo el periodo de luz diurna, por muestreo instantáneo (*scan-sampling*) (Lehner, 1996) a intervalos de 30 minutos, registrando la localización, tamaño y actividad de los distintos grupos de ganado. La información espacial se recogió sobre una impresión de las ortofotografías digitales del área de estudio. La información obtenida se incorporó al Sistema de Información Geográfica recogido en el apartado anterior, al que se añadieron las localizaciones de los puntos de agua y zonas de distribución de sal. Se obtuvieron un total de 278 observaciones, tomando como unidad cada posición del rebaño o de los distintos sub-grupos observados cada 30 min a lo largo de los 8 días de control. Para cada polígono de observación se calculó la carga ganadera ( $\text{UGM} \text{ mes}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ) a partir de los datos de campo (función “*Field Calculator*” de ArcGis), utilizando como base de equivalencias las descritas para el ganado vacuno por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Real Decreto 1582/2006) (1 UGM por animal mayor de 24 meses, 0,6 UGM entre 6 y 24 meses y 0,2 UGM para menores de 6 meses). El dato de carga registrado en cada observación de 30 minutos se ponderó sobre el periodo total de aprovechamiento de los pastos.

Tomando como referencia las coordenadas del centroide del polígono se asignó el tipo de pasto y su valor pastoral y se calculó su altura, pendiente, exposición (función “*Extract values to point*” de ArcGis), distancia a caminos, edificaciones

y puntos de agua y sal (función “*Near*” de ArcGis). Los mismos parámetros se calcularon para los polígonos de vegetación o usos del suelo no utilizados por el ganado ( $n = 73$  polígonos), tomando en este caso como unidad los polígonos con tipos de pastos y otros usos del suelo homogéneos obtenidos en el apartado anterior.

Para detectar las preferencias del ganado se calculó el índice de electividad de Ivlev  $((A-D) / (A+D))$ , donde A: % aprovechamiento y D: % disponibilidad (Jacobs, 1974) para los distintos tipos de pasto (*Bromion erecti*, *Festucion eskiae*, *Nardion strictae*, *Primulion intricatae*, *Festucion gautieri*, pastos higrofilos con nitrofilia, prados con bosque ralo, bosque muy ralo, bosque ralo y bosque denso) o usos del suelo (roquedo y una categoría formada por edificaciones, caminos e infraestructuras) ( $n = 12$ ).

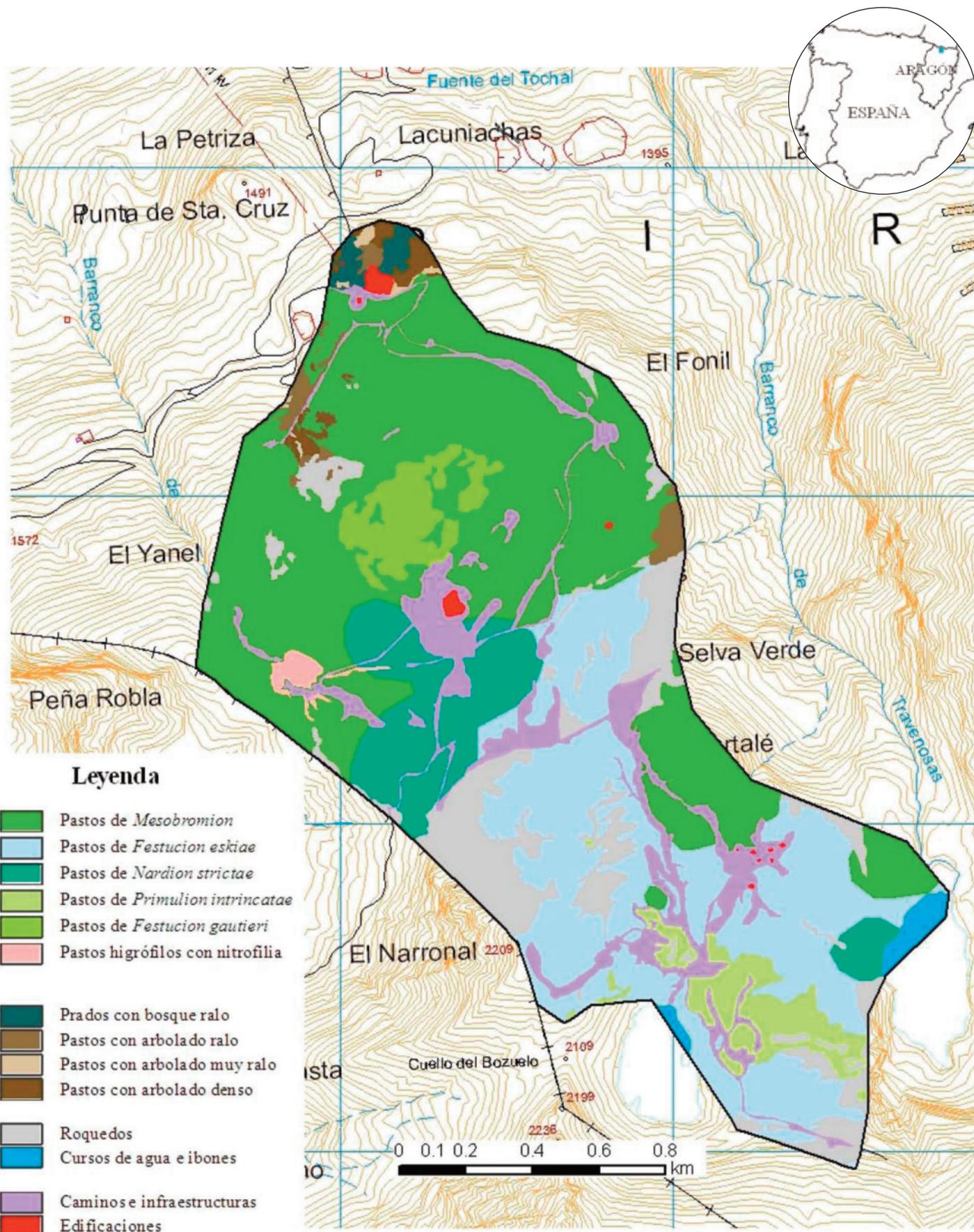
Los datos relativos al aprovechamiento ganadero de los pastos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (versión 9.1). Se compararon las características del pasto (altitud, pendiente, orientación, distancia a saladeros, bebederos, caminos y edificios y valor pastoral de la comunidad vegetal) en función del uso por el ganado (zonas pastadas vs. no pastadas), mediante un análisis de varianza (*proc GLM*) que consideraba esta variable como efecto fijo. Igualmente, se determinaron las preferencias según la época (verano vs. otoño) mediante análisis de varianza (*proc GLM*). En las zonas pastadas, se compararon las cargas ganaderas ejercidas y las características de los pastos anteriormente citadas entre las distintas categorías de vegetación (*proc GLM*, con el tipo de pasto como efecto fijo). En todos los casos el nivel de significación establecido fue  $P < 0,05$ . Se presentan las medias mínimo cuadráticas y el error estándar de la diferencia (e.e.d.).

En las zonas pastadas se establecieron correlaciones entre la carga ganadera y las características ambientales y topográficas de los pastos, mediante el coeficiente de correlación de Pearson (*proc CORR*). Finalmente, dadas las correlaciones entre algunas de las variables físicas y antrópicas observadas, se realizó un modelo de regresión lineal múltiple de las cargas ganaderas observadas sobre distintas variables mediante el método de eliminación progresiva (*backward elimination, proc REG*), considerando por separado las dos épocas de pastoreo (verano y otoño). El nivel de significación elegido para la salida de variables fue de  $P > 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de los pastos

Excluidas del área de la estación las 70 ha con ocupaciones del suelo diferentes a pastos (edificaciones, caminos e infraestructuras, cursos de agua e ibones, suelo desnudo natural) se



**FIGURA 1.** Cartografía de los tipos de pastos donde se asientan las pistas de la estación de esquí de Aramón-Panticosa.

**FIGURE 1.** Map of the different pasture types in the ski station of Aramón-Panticosa.

	BE	FE	NS	PI	FG	PH	Media
Superficie (ha)	117	65	23	11	9	2	-
Superficie (%)	51,6	28,6	10,1	4,8	4,0	0,9	-
Producción total, PT (kg MS/ha/verano)	4531 <sup>(1)</sup>	3534 <sup>(1)</sup>	2383 <sup>(1)</sup>	3258 <sup>(1)</sup>	0 <sup>(1)</sup>	2086 <sup>(2)</sup>	2632
Valor Pastoral, VP	30,6	20,0	20,6	33,5	0	15,5	20,5
Eficiencia del pastoreo, Ep (%) <sup>(3)</sup>	58,5	38,6	39,8	63,9	1,15	30,2	38,6
Producción utilizable, PU (kg MS/ha/verano) <sup>(4)</sup>	2651	1378	948	2085	0	630	1282
Calidad (UF/kg MS)	0,63 <sup>(1,5,6)</sup>	0,60 <sup>(1)</sup>	0,68 <sup>(1)</sup>	0,78 <sup>(1)</sup>	- <sup>(1)</sup>	0,60 <sup>(2)</sup>	0,66
Energía utilizable, EU (UF/ha/verano) <sup>(7)</sup>	1670	827	645	1626	0	378	858
Carga ganadera, CG (UGM/ha/verano) <sup>(8)</sup>	1,67	0,83	0,64	1,63	0	0,38	0,86
Ganado admisible total, GAT(UGM/verano) <sup>(9)</sup>	195,4	53,4	14,7	17,8	0	0,7	-

BE: *Bromion erecti*, FE: *Festucion eskiae*, NS: *Nardion strictae*, PI: *Primulion intricatae*, FG: *Festucion gautieri*, PH: *Pastos higrófilos*. (1) Ferrer *et al.* (1978), (2) Ferrer *et al.* (1991), (3) Ascaso *et al.* (1991), (4) Ascaso y Ferrer (1993)

(5) Ep (%) = 1,874 \* VP + 1,15 (Ferrer *et al.* 1991). (6) PU (kg MS/ha/verano) = PT (kg MS/ha/verano) \* Ep (%). (7) EU (UF/ha/verano) = PU (kg MS/ha/verano) \* UF/kgMS. (8) CG (UGM/ha/verano) = PU (UF/ha/verano) / 1000. (9) GAT (UGM/verano) = Superficie (ha) \* CG (UGM/ha/verano).

**TABLA 1.** Superficie, potencial productivo y capacidad sustentadora de ganado de los tipos de pastos existentes en la estación de esquí de Aramón-Panticosa.

diferenciaron seis comunidades fitosociológicas principales. Éstas estaban asociadas a diferentes condiciones ecológicas: *Bromion erecti* preferentemente a bajas altitudes, ya en contacto con el bosque o los prados de siega; *Festucion eskiae* en laderas de elevada altitud y pendiente y vegetación preferentemente rala; *Nardion strictae* en depresiones o vaguadas; *Primulion intricatae* al pie de cantiles calizos y con encalado natural; *Festucion gautieri* sobre derrubios calizos y con una baja cobertura del suelo; y pastos higrófilos con nitrofilia en una pequeña depresión alrededor de un abrevadero. La cartografía se presenta en Figura 1 y la superficie, potencial productivo y capacidad de carga de cada unidad se muestran en la Tabla 1.

Los pastos de *Bromion erecti* se asentaban sobre sustrato calcáreo en las zonas más bajas del puerto, con cobertura total del suelo y una alta diversidad. Ocupaban 117 ha, el 51,6% de la superficie de pastos de la estación. Según Ferrer *et al.* (1978), su manejo óptimo implica dos pastoreos, uno de fin de junio a mediados de julio, antes de ir a pastos más altos, y otro a fin de septiembre (si no hay agostamiento por falta de lluvias estivales), cuando el ganado va bajando hacia el valle, totalizando una “oferta” media de 4531 kg MS/ha/verano. El VP medio obtenido en este trabajo fue de 30,6, muy semejante a los dados para este tipo de pastos: 33 (Ferrer *et al.*, 1991) o 31 (Ascaso y Ferrer, 1993). La carga ganadera admisible de los pastos de *Bromion* fue de 1,67 UGM/ha/verano.

Los pastos de *Festucion eskiae* se encontraban a partir de 1900 msnm, en laderas con pendiente de hasta 30° y sobre sustratos silíceos. Se caracterizaron por la dominancia de *Festuca eskia*, gramínea de hojas punzantes que consolida suelos deslizantes y dificulta la soliflucción (Ferrer, 1981), originando formas periglaciares de aspecto escalonado. Ocupaban 65 ha, el 28,6% de la superficie de pastos. Su aprovechamiento óptimo según Ferrer *et al.* (1978) implica un pastoreo temprano (mejor por caballos) a mediados de julio, con una “oferta” media de 3534 kg MS/ha/verano. El VP medio obtenido fue de 20,0, coincidiendo exactamente con el dado a estos pastos por Ferrer *et al.* (1991), y la carga ganadera calculada fue de 0,83 UGM/ha/verano.

**TABLA 1.** Area, potential forage production and stocking capacity of the different pasture types existing in the ski station of Aramón-Panticosa.

Los pastos de *Nardion strictae* se asentaban en superficies casi horizontales, formando un césped muy denso y con cobertura total del suelo. Ocupaban 23 ha, el 10,1% del área de pastos. Según Ferrer *et al.* (1978), su aprovechamiento óptimo implica tres pastoreos, con una “oferta” media de 2383 kg MS/ha/verano: el primero, temprano e intenso, en junio y mejor con equino, para despuntar el *Nardus stricta* y provocar un rebrote menos duro; el segundo en julio; y el tercero, intenso, a fin de verano para evitar los restos de *Nardus stricta*, que se descomponen mal y facilitan la fusión temprana de la nieve. El VP medio obtenido fue de 20,6, semejante al de 24 estimado por Ferrer *et al.* (1991), y la carga ganadera calculada fue 0,64 UGM/ha/verano.

Los pastos de *Primulion intricatae*, situados en las partes altas de laderas orientadas al norte, al pie de una sierra cretácica, tapizaban depresiones sobre derrubios calizos y bien provistas de agua. Es un césped tupido y de pequeño porte que destaca por su intenso color verde, ocupando sólo 11 ha, el 4,8% de la superficie de pastos. Se trata de pastos de excelente calidad y buena capacidad de rebrote, cuyo manejo óptimo se consigue con tres pastoreos a lo largo del verano, en julio, agosto y septiembre, totalizando una “oferta” media de 3258 kg MS/ha/verano. Por su ubicación en zonas altas y por su pequeño porte, son pastos preferentemente de ovino pero poco atractivos para el vacuno (San Miguel, 2001). El VP medio fue 33,5, el máximo encontrado en estos pastos y la carga ganadera admisible fue 1,63 UGM/ha/verano.

Los pastos de *Festucion gautieri* tapizaban pendientes inestables sobre derrubios calizos, dominados por *Festuca gautieri*, una gramínea basta y punzante, que retiene los suelos en escalones con forma de media luna. El recubrimiento del suelo fue sólo de un 35% y, además, debido a la percolación rápida del agua entre los derrubios, la hierba tendía a secarse muy pronto con el avance del verano. Ocupaban sólo 9 ha, el 4% de la superficie de pastos. El escaso recubrimiento y el bajo valor de la *Festuca gautieri* determinaban un VP prácticamente nulo (2,6). Por ello y porque se trataba de zonas de pendientes inestables, se consideró deseable impedir el paso del ganado por ellas, tanto por el alto riesgo de erosión como para

dejar fructificar a las leguminosas y favorecer su autorresiembrado. Con ello se aumentaría a medio y largo plazo el recubrimiento del suelo (Ferrer *et al.*, 1978), condición necesaria para una buena retención de la nieve durante el invierno. Consecuentemente, para los pastos de esta comunidad se consideró un VP y carga admisible nulos.

Los pastos higrófilos con nitrofilia se localizaron en una pequeña depresión de sólo 2 ha (el 0,9% de la superficie de pastos) con un abrevadero. La concentración de ganado en su entorno había propiciado una vegetación nitrófila, con especies de *Rumici-Chenopodietum boni-henrici* y de *Polygonion avicularis*, pero las fugas de agua del abrevadero originaron un encharcamiento permanente, con formación de suelos turbosos y aparición de *Carex nigra*, una especie característica de pastos higrófilos de *Caricion nigrae* (cobertura del 30% del suelo). En pleno verano, con agostamiento de otros pastos, esta comunidad húmeda y de intenso color verde atrae al ganado que, aunque rechaza el *Carex* dominante, consume otras especies acompañantes. Su aprovechamiento sería por tanto preferentemente en agosto. El VP obtenido en este trabajo fue de 15,5, coincidiendo prácticamente con el valor de 16 dado por Ferrer *et al.* (1991) para pastos de *Caricion nigrae*, y la carga ganadera calculada fue de 0,38 UGM/ha/verano.

Con la valoración y la planimetría de todos los tipos de pastos (Figura 1), la carga teórica total de los pastos de la estación de esquí (Tabla 1) fue de 1,24 UGM/ha/verano, resultado del pastoreo de las 227 ha de los distintos tipos de pasto que admitirían durante el verano una ganadería de hasta 282 UGM.

## Uso ganadero de los pastos

El ganado aprovechó 190 de las 297 ha disponibles (64%), con una carga media de 0,646 UGM\*mes/ha sobre estas 190 ha durante 2,3 meses. Por tanto, la cantidad de ganado que albergaron estos pastos durante el verano fue de 282 UGM, coincidiendo exactamente con la capacidad sustentadora descrita en el apartado anterior. Esto es el fruto del manejo ancestral establecido por los ganaderos, diseñado para acomodar las necesidades de los animales a la oferta de pastos disponibles (Casasús *et al.*, 2014).

Sin embargo, la determinación a gran escala del ajuste entre la capacidad de carga y la carga real es insuficiente para detectar si el pastoreo de las distintas comunidades vegetales es adecuado. Por ello, el diseño de planes de manejo requiere el estudio de las pautas de uso del territorio por el ganado y el seguimiento del estado de conservación de los recursos (García González, 2008). A este respecto, aunque el presente estudio se realizó en una única estación de pastoreo, los animales manifiestan gran fidelidad en sus preferencias espaciales en distintos años (Howery *et al.*, 1996), por lo que los resultados presentados en adelante pueden considerarse suficientemente representativos.

	Pastadas	No Pastadas	e.e.d.	Sign.
Altitud, m	1695	1895	20,5	***
Pendiente, %	16,0	23,0	1,1	***
Orientación, ° respecto al N	254	156	15,6	***
Distancia a los saladeros, m	461	1004	60,6	***
Distancia a los bebederos, m	442	381	30,9	*
Distancia a los edificios, m	237	402	25,0	***
Distancia a los caminos, m	63	88	9,3	**
Valor Pastoral, puntos	24,3	16,4	1,52	***

**TABLA 2.** Características físicas y valor pastoral de las zonas según su uso por el ganado.

**TABLE 2.** Comparison of characteristics of grazed and non-grazed areas in the ski station.

Los animales utilizaron el territorio de manera heterogénea, seleccionando unas áreas y rechazando otras de características físicas y valor pastoral diferentes. Como puede observarse en la Tabla 2, las zonas pastadas se localizaron a una altitud significativamente menor, con menor pendiente, exposición mayoritariamente Oeste y más próximas a puntos de sal, edificaciones y caminos. Inesperadamente, las zonas pastadas se encontraban como media más alejadas del agua, lo que indica que éste no era un factor limitante de su uso, a diferencia de lo referido en otras zonas (Bailey, 2005; Putfarken *et al.*, 2008). De hecho, la distancia máxima observada desde las zonas de pastoreo al bebedero más cercano fue de 1045 m, distancia inferior a las habitualmente recorridas diariamente por las vacas en pastoreo en puertos de montaña (Villalba *et al.*, 1995), o a los 2,5 km establecidos por Fraser (2004) como límite sobre el cual se reduce la presión de pastoreo. Finalmente, las zonas aprovechadas por el ganado presentaban un valor pastoral claramente superior a las rechazadas, lo que se debería a la alta proporción de áreas con valor pastoral nulo en éstas últimas (26,4% de roquedo, 10,8% de caminos e infraestructuras, 2,6% de cursos de agua e ibones).

Las preferencias espaciales del rebaño no fueron constantes a lo largo de todo el periodo de pastoreo, sino que variaron en función de la época de aprovechamiento, al igual que indicaron Senft *et al.* (1985). Como puede observarse en la Tabla 3, al inicio del verano las vacas se concentraban en áreas más

	Verano	Otoño	e.e.d.	Sign.
Carga ganadera total, UGM*mes/ha	0,747	0,362	0,109	**
Área de los polígonos, ha	6,0	16,8	2,9	**
Distancia a los saladeros, m	406	615	48,7	***
Distancia a los bebederos, m	482	329	27,7	***
Distancia a los edificios, m	252	195	21,5	*
Distancia a los caminos, m	61	149	7,7	***
Pendiente, %	16,6	14,4	0,9	*
Orientación, ° respecto al N	270	208	13,8	***
Altitud, m	1672	1759	15,1	**

**TABLA 3.** Efecto de la época de uso sobre la carga ganadera y características de los pastos aprovechados por el ganado en la estación de esquí.

**TABLE 3.** Effect of season (summer vs. autumn) on stocking rates and characteristics of grazed areas in the ski station.

reducidas y con cargas más altas que en el otoño, más cerca de los saladeros y caminos pero más alejados de los puntos de agua y edificaciones, en zonas con mayor pendiente y a menor altitud. La mayor concentración de los rebaños a principio del verano se ha observado también en otros trabajos (Parsons *et al.*, 2003), aunque con frecuencia asociada a una mayor proximidad a puntos de agua, que en este estudio no fue un condicionante del uso ganadero de los pastos. La mayor dispersión en otoño podría deberse a la reducción de los lazos materno-filiales con los terneros, de mayor edad y menos dependientes de la leche materna para su alimentación (Casasús *et al.*, 2012a). Por otro lado, la reducción en la oferta y la calidad del forraje en otoño (Casasús *et al.*, 2012b) haría necesario el uso de áreas de pastoreo más extensas, rechazadas incluso en épocas de mayor abundancia forrajera (Putfarken *et al.*, 2008).

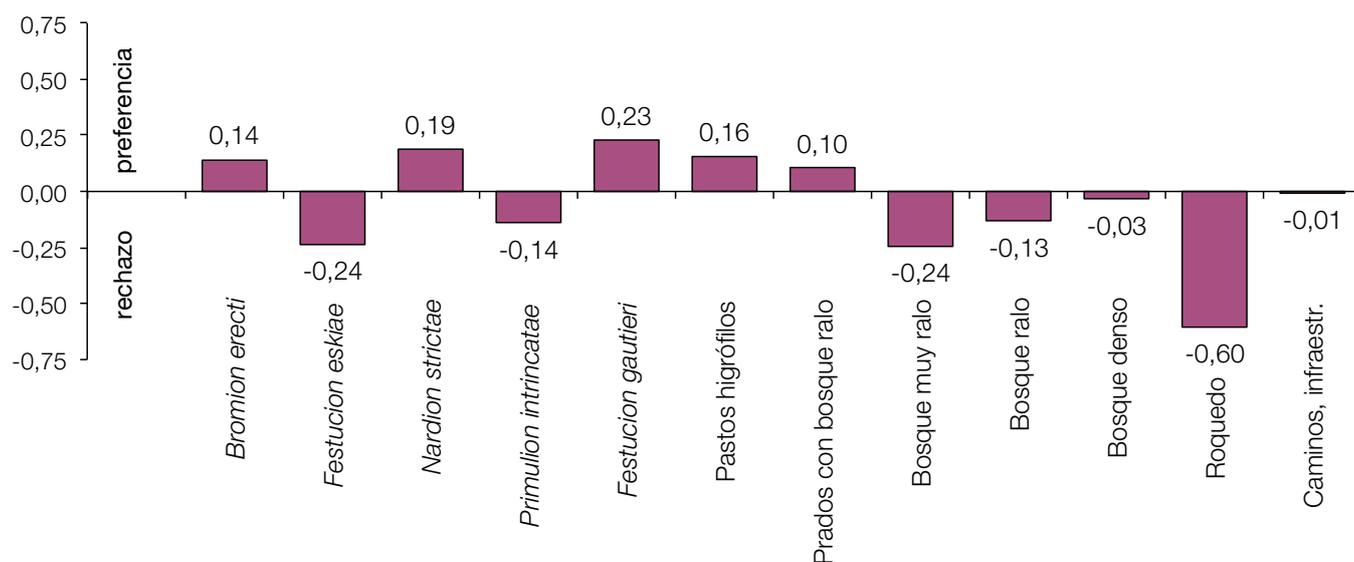
En la Figura 2 se presentan los valores del índice de electividad de Ivlev en los distintos tipos de pastos y usos del suelo de toda la superficie de la estación de esquí, considerando la estación de pastoreo en su conjunto. El valor de dicho índice fue positivo en algunos casos, indicando una preferencia de los animales por las comunidades de *Festucion gautieri*, *Nardion strictae*, pastos higrófilos con nitrofilia y *Bromion erecti*. Por el contrario, los valores fueron negativos en las comunidades de *Primulion intricatae*, *Festucion eskiaie*, pasto arbolado muy ralo o ralo en la zona baja de la estación y especialmente en el suelo desnudo. Esto se adecuaba en parte a la capacidad de carga establecida para los distintos pastos en el apartado anterior. Sin embargo, algunos pastos de gran calidad (*Primulion*

*intricatae*) eran infrautilizados por su mayor altitud y distancia a saladeros, como ya observaron Gartzia *et al.* (2005) en condiciones similares. Por el contrario, la relativa selección positiva por los pastos de *Festucion gautieri*, a pesar de su nulo valor pastoral, se debería más a su uso como zona de tránsito que de pastoreo. Finalmente, la selección nula o negativa de los bosques en la zona inferior de la estación contrasta con lo observado en otros trabajos (Putfarken *et al.*, 2008; Casasús *et al.*, 2009), en los que éstos se seleccionan no tanto como recurso alimenticio sino como zona de refugio o por su provisión de sombra.

Los distintos tipos de pastos y categorías de usos del suelo fueron utilizados a distintas cargas, como puede observarse en la Tabla 4. Destaca especialmente la concentración de los rebaños a cargas muy altas (media 1,86 UGM\*mes/ha) en caminos o sobre suelo desnudo en torno a las infraestructuras de esquí. Al tratarse de zonas de valor pastoral nulo, se trataba de áreas de descanso o desplazamiento y no de pastoreo. No se observaron diferencias significativas entre las diversas categorías de vegetación, que oscilaron entre 0,01 y 0,52 UGM\*mes/ha. Sin embargo, destacan las bajas cargas de uso en *Festucion gautieri*, que serían zonas de tránsito muy disperso de los rebaños, y las cargas más altas en *Bromion erecti* y *Nardion strictae*, seleccionadas por su mayor valor pastoral para el ganado vacuno, como indicaran García-González *et al.* (2005).

La distribución de la carga ganadera en los pastos de la estación se presenta en la Figura 3. Como puede observarse,

Índice de electividad de Ivlev<sup>s</sup>



<sup>s</sup> Índice de selección de Ivlev = (A-D) / (A+D) donde A: % aprovechamiento, D: % disponibilidad; valores negativos indican rechazo, positivos preferencia y 0 indica indiferencia.

**FIGURA 2.** Selección ejercida por el ganado sobre las distintas comunidades vegetales y usos del suelo en el entorno de la estación.

**FIGURE 2.** Relative selection by cattle of the different vegetation types and land use categories in the ski station.

	BE	FE	NS	PI	FG	PH	CE	e.e.d.	Sign.
Carga, UGM*mes/ha	0,428 <sup>b</sup>	0,291 <sup>b</sup>	0,519 <sup>b</sup>	0,172 <sup>b</sup>	0,013 <sup>b</sup>	0,162 <sup>b</sup>	1,857 <sup>a</sup>	1,032	***
Altitud, m	1675 <sup>de</sup>	1992 <sup>ab</sup>	1857 <sup>bc</sup>	2080 <sup>a</sup>	1786 <sup>cd</sup>	1764 <sup>cde</sup>	1619 <sup>e</sup>	136	***
Pendiente, %	17,2 <sup>a</sup>	8,5 <sup>b</sup>	18,2 <sup>a</sup>	15 <sup>ab</sup>	11 <sup>ab</sup>	6,8 <sup>b</sup>	12,1 <sup>ab</sup>	9,8	***
Orientación, ° desde N	249	252	233	308	311	227	285	162	NS
Valor Pastoral, puntos	31 <sup>a</sup>	20 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	34 <sup>a</sup>	3 <sup>c</sup>	16 <sup>b</sup>	5 <sup>c</sup>	5,8	***

<sup>abcde</sup> en la misma fila letras diferentes implican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

BE: *Bromion erecti*, FE: *Festucion eskiaae*, NS: *Nardion strictae*, PI: *Primulion intricatae*, FG: *Festucion gautieri*, PH: *Pastos higrófilos*, CE: caminos y edificaciones.

**TABLA 4.** Características de las zonas pastadas según el tipo de vegetación o uso del suelo.

dentro de las zonas pastadas, la carga ganadera no se distribuyó de forma homogénea. El análisis de correlaciones indicó que la densidad de ganado se relacionaba negativamente ( $P < 0,001$ ) con la pendiente ( $r = -0,23$ ), la distancia a caminos ( $-0,32$ ), edificaciones ( $-0,34$ ), saladeros ( $-0,35$ ) y la altitud ( $-0,38$ ), como indican otros autores con ganado vacuno en pastoreo libre y continuo (Kaufmann *et al.*, 2013; Probo *et al.*, 2013).

A diferencia de lo esperado, las cargas ganaderas se asociaron negativamente con el valor pastoral ( $-0,38$ ). Esto se debe a que los pastos de mayor calidad (*Primulion intricatae*, 34 puntos) eran poco utilizados por las características físicas antes mencionadas. Por el contrario, las cargas eran muy altas en torno a los caminos e infraestructuras de la estación, cuyo valor pastoral es nulo y soportarían principalmente actividades de reposo o desplazamiento.

Cuando se analizó la intensidad de uso en función de la actividad desarrollada por los rebaños, las características físicas del terreno estuvieron más asociadas a las áreas elegidas para el descanso que a las de pastoreo, como observaron otros autores (Aldezábal *et al.*, 2012; García-González *et al.*, 1990). Así mismo, cuando estas asociaciones se analizaron considerando por separado las dos épocas de pastoreo, se observaron correlaciones más estrechas en la primera fase del aprovechamiento. Durante el verano las cargas alcanzaron correlaciones de hasta  $-0,45$  con la distancia a los puntos de distribución de sal, de  $-0,43$  con la altitud y la distancia a edificaciones o de  $-0,42$  con el valor pastoral ( $P < 0,001$ ). Por el contrario, la magnitud de las correlaciones fue menor en otoño, y varias de ellas no alcanzaron la significación. La existencia de correlaciones entre algunas de las variables topográficas indican, por ejemplo, que los saladeros se hallaban a baja altitud (correlación entre altitud y la distancia a los saladeros  $r = 0,79$ ), próximos a edificios y caminos, relativamente alejados de las fuentes de agua y en zonas de escasa pendiente. Los bebederos estaban alejados de caminos, en zonas llanas y relativamente altas, mientras que las zonas de mayor valor pastoral estaban relativamente alejadas de caminos y edificaciones y próximas a las fuentes de agua. Estas correlaciones entre variables implican que no ejercen su efecto de manera aislada, como ya observaron otros autores (Tate *et al.*, 2003), por lo que debe considerarse su acción combinada. Para ello, el análisis de regresión lineal múltiple uti-

**TABLA 4.** Livestock use and characteristics of the main vegetation types and land use categories in the sites grazed by cattle.

lizado permitió tener en cuenta la combinación de las diversas variables en un punto, resultando dos modelos de utilización del territorio con distinto valor predictivo en función de la época de aprovechamiento:

a) en verano:

$$\text{Carga ganadera total (UGM*mes/ha)} = -0,0019 * \text{Distancia a saladeros} + 0,0012 * \text{Altitud} \\ - 0,0318 * \text{Valor Pastoral} + 0,0039 * \text{Orientación} - 0,0015 * \text{Distancia bebederos} \\ R^2=0,620$$

b) en otoño:

$$\text{Carga ganadera total (UGM*mes/ha)} = +0,0003 * \text{Altitud} - 0,0015 * \text{Distancia caminos} \\ \text{e infraestructuras} \\ R^2=0,348$$



Vaca Parda de Montaña en los pastos de *Bromion erecti* de la parte baja de la estación de esquí Aramón-Panticosa.

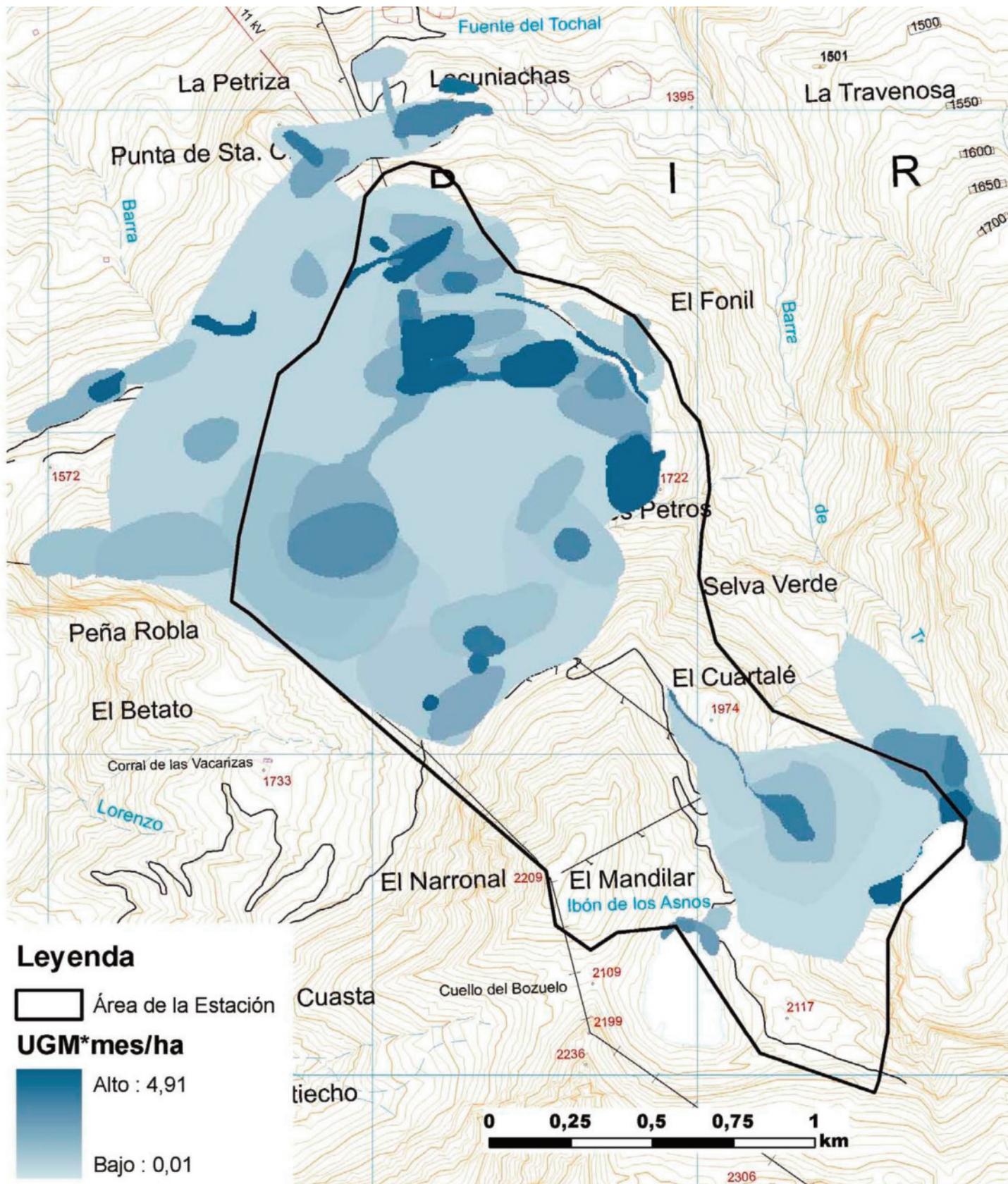


FIGURA 3. Distribución de la carga ganadera de ganado vacuno en el área de estudio.

FIGURE 3. Cattle stocking rate distribution in the study area.

En verano, las características tanto físicas como de origen antrópico condicionaban de manera importante la carga ganadera ejercida sobre los pastos. La distancia a los saladeros explicaba el 34% de la varianza del modelo, la altitud el 31%, el valor pastoral el 14%, la orientación el 14% y la distancia a bebederos sólo el 7%; el resto de variables analizadas no se incluyeron en el modelo por no ser significativas. Al tratarse de una regresión múltiple, el efecto de algunas variables puede tener un signo diferente al observado en las correlaciones simples. Éste sería el caso de la altitud, que presentó un signo positivo, matizado por su alta correlación con la distancia a los puntos de sal, que ejercía un efecto inverso.

El modelo obtenido en otoño explicaba un menor porcentaje de la variabilidad real observada en las cargas, que sólo se vieron influidas por la altitud (84% de la varianza observada) y en menor medida por la distancia a caminos e infraestructuras de la estación de esquí (16%). Como se ha indicado previamente, la distribución de los animales en otoño está menos ligada a las características del territorio. Esto podría deberse, por un lado, a la menor disponibilidad de pasto de calidad en esta época, que obliga a los rebaños a utilizar territorios inicialmente menos preferidos por la menor relación entre el coste que supone acceder a ellos y el beneficio obtenido (Bailey *et al.*, 1998), y que sin embargo se aprovechan en ausencia de otros recursos. Por otra parte, las vacas serían menos selectivas al final del otoño, al encontrarse en un estado más avanzado de la lactación y tener menores necesidades nutricionales (Farrugia *et al.*, 2006), que podrían cubrirse con el pasto disponible en zonas antes rechazadas.

Otros autores desarrollaron modelos con un reducido número de variables (Ganskopp y Bohnert, 2009), incluyendo, en este orden, la distancia en vertical y horizontal al agua, la calidad del forraje y la pendiente. Sin embargo, su capacidad predictiva era muy limitada. Putfarken *et al.* (2008) obtuvieron varios modelos considerando distintas épocas de uso y especies ganaderas, que incluían factores de origen físico, antrópico y de calidad del pasto, con coeficientes de regresión de 0,22 a 0,49. Finalmente, el modelo desarrollado por Brock y Owensby (2000) para analizar la distribución espacial de los rebaños tenía un valor predictivo muy alto, pero necesitaba de un gran número de variables (hasta 19, destacando el sistema de pastoreo, fecha de uso, pendiente, orientación, distancia a puntos de provisión de agua, bloques minerales, sombra o cercas y diversas interacciones). El modelo obtenido en este trabajo, siendo relativamente sencillo, se consideró adecuado para predecir el uso de una zona de pasto en función de sus características.

### Propuestas para la optimización del manejo de los pastos

Aunque el aprovechamiento que el ganado vacuno realizaba en los pastos del área de estudio se correspondía con su capacidad sustentadora global, no en todos los casos el manejo

coincidía con el descrito como más adecuado para cada tipo de vegetación en la primera parte de este trabajo. Por tanto, se elaboraron una serie de propuestas que permitieran optimizar tanto los rendimientos del ganado como un consumo adecuado del pasto, garantizando la renovabilidad de los recursos pastables y la conservación del manto nival en invierno.

Los resultados indican que los pastos de *Bromion erecti* se aprovechaban de acuerdo con las recomendaciones establecidas; al encontrarse en las zonas más bajas del puerto, el ganado los pastaba al inicio y final del periodo de pastoreo, antes y después de subir a pastos más altos o alejados. Sin embargo, en ellos se recomendaría una mayor presión de pastoreo que permitiera controlar la proliferación arbustiva en el estrato subalpino (García González, 2008). Los pastos de *Festucion eskiae* y especialmente los de *Festucion gautieri* se evitaban de manera natural por su elevada pendiente en el primer caso o baja cobertura vegetal y escasa apetecibilidad en el segundo; este manejo se ajustaba al recomendado para prevenir la erosión del suelo.

Por el contrario, los pastos de gran calidad de *Primulion* deberían aprovecharse durante todo el verano, pero el aprovechamiento tradicional del puerto implicaba el uso de otras partidas durante la parte central del verano. Del mismo modo, los pastos de *Nardion* se utilizaban sólo al principio del verano, mientras que deberían utilizarse también en otoño, para reducir la biomasa residual, especialmente del *Nardus stricta* dominante en algunas zonas. La difícil descomposición del residuo de esta especie, de hojas y rizomas duros y coriáceos, podría comprometer la estabilidad posterior de la nieve. Otros estudios han descrito que la instalación de puntos de agua, áreas de distribución de sal o bloques vitamínico-minerales y vallados permite mejorar el uso pastoral del territorio (Bailey *et al.*, 2008). Al actuar como atrayentes del ganado y de sus efectos asociados (consumo, pisoteo, fertilización), pueden incluso contribuir a la mejora de la calidad del pasto y la prevención de su embastecimiento (Probo *et al.*, 2013). Por ello, se recomendó forzar el uso de estas áreas en la época y con la carga adecuada instalando nuevos puntos de distribución de sal o cercando temporalmente el acceso a otras zonas preferidas. Finalmente, aunque la disponibilidad de puntos de agua cercanos no fue un factor decisivo en el uso de estos pastos, se recomendó su ubicación en pendiente, el uso de válvulas de nivel constante y un mantenimiento periódico para evitar los derrames que daban lugar a la presencia de pastos higronitrófilos de *Caricion nigrae*. Con esto se facilitaría el retorno del pasto a su carácter inicial, posiblemente una comunidad de *Nardion strictae*.

Por último, se recomendaba alternar distintas zonas de reposo para evitar la acumulación de deyecciones y materia orgánica en descomposición en áreas fijas. Los ganaderos manifestaron su disponibilidad para colaborar en una mejor

gestión de los pastos objeto de este estudio (Casasús *et al.*, 2014), por lo que dichas medidas correctoras tendrían una acogida positiva.

## CONCLUSIONES

Este trabajo permitió, en primer lugar, demostrar la adecuación de la metodología utilizada para la valoración de la capacidad ganadera de los pastos, ya que las cargas ganaderas observadas en los pastos de la estación de esquí en estudio se ajustaron a su capacidad sustentadora estimada. Sin embargo, el uso del territorio por el ganado fue muy heterogéneo tanto en el espacio como en el tiempo y estuvo condicionado por factores ligados al tipo de vegetación y también por aspectos de origen físico o antrópico. Las discordancias entre el uso real y el más adecuado para cada zona y tipo de pasto indican la idoneidad de establecer recomendaciones para optimizar dicho aprovechamiento, considerando tanto los rendimientos de los rebaños como la conservación de los recursos y de la calidad de la nieve en invierno y que permitan potenciar las sinergias entre ambas actividades.

## AGRADECIMIENTOS

A los ganaderos y al personal de la estación de Aramón-Panticosa por las facilidades prestadas. Financiación procedente del Convenio PCTAD Aramón-CITA-UniZar (089-10AC2 2011), INIA (RTA2010-057) y FEDER.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZÁBAL A., LASKURAIN N.A. Y MANDALUNIZ N. (2012). Factores determinantes del uso del espacio por parte del ganado vacuno y equino en pastos de montaña. En: Canals R.M. y San Emeterio L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp 325-330, Pamplona: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- ASCASO J. Y FERRER C. (1993). Valoración agronómica de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos*, 23, 99-127.
- ASCASO J., FERRER C., MAESTRO M., BROCA A. Y AMELLA A. (1991). Producción y calidad de pastos de montaña (Pirineo Central) de alto valor pastoral. En: *XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, pp 241-248. Murcia: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- ATES S., CASASÚS I. Y LOUHAICHI M. (2014). Diverse and resilient agro-pastoral systems: a common goal for the Mediterranean regions. En: *"Forage resources and ecosystem services provided by Mountain and Mediterranean grasslands and rangelands"*. Reunión conjunta de las redes
- FAO Mountain Pastures, Mediterranean Forage Resources y Mountain Cheese, pp 545-557. Clermont-Ferrand, Francia.
- BAILEY D.W. (2005). Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. *Rangeland Ecology & Management*, 58, 109-118.
- BAILEY D.W., DUMONT B. Y WALLIS DEVRIES M.F. (1998). Utilization of heterogeneous grasslands by domestic herbivores: theory to management. *Annales de Zootechnie*, 47, 5-6.
- BAILEY D.W., VANWAGONER H.C., WEINMEISTER R. Y JENSEN D. (2008). Comparison of low-moisture blocks and salt for manipulating grazing patterns of beef cows. *Journal of Animal Science*, 86, 1271-1277.
- BARRANTES O., REINE R. Y FERRER C. (2013). Changes in land use of Pyrenean mountain pastures - Ski runs and livestock management - between 1972 and 2005 and the effects on subalpine grasslands. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 45, 318-329.
- BRAUN-BLANQUET J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid: Blume Ediciones.
- BROCK B.L. Y OWENSBY C.E. (2000). Predictive models for grazing distribution: a GIS approach. *Journal of Range Management*, 53, 39-46.
- CASASÚS I., BERNUÉS A., SANZ A., VILLALBA D., RIEDEL J.L. Y REVILLA R. (2007). Vegetation dynamics in Mediterranean forest pastures as affected by beef cattle grazing. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121, 365-370.
- CASASÚS I., BLANCO M., OREA M. Y REVILLA R. (2009). Aprovechamiento de pastos forestales de montaña mediterránea por vacas de cría: Pautas de actividad y selección de la dieta. En: Reiné R. et al. *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 621-626. Huesca: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASASÚS I., RIEDEL J.L., BLANCO M. Y BERNUÉS A. (2012a). Extensive livestock production systems and the environment. En: Casasús I., Rogosic J., Rosati A., Stokovic I. y Gabiña D. (Eds) *Animal Farming and Environment Interactions in Mediterranean Regions*. Wageningen Academic Press, 131, 81-88.
- CASASÚS I., RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ J.A. Y SANZ A. (2014). Diagnóstico de situación y perspectivas de futuro de la ganadería en el entorno de una estación de esquí del Pirineo. *Información Técnica Económica Agraria*, 110, 71-88.
- CASASÚS I., RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ J.A., SANZ A., BARRANTES O., REINÉ R. Y FERRER C. (2012b). Bases técnicas para el manejo de los pastos en la estación de esquí de Panticosa. En: *Informe Técnico. Convenio Panticosa Turística (grupo ARAMÓN) - CITA - Universidad de Zaragoza - Parque Científico Tecnológico Agroalimentario Aula Dei (PCTAD-089-10AC2\_2011)*.
- CASASÚS I., SANZ A., VILLALBA D., FERRER R. Y REVILLA R. (2002). Factors affecting animal performance during the

- grazing season in a mountain cattle production system. *Journal of Animal Science*, 80, 1638-1651.
- CHEBRO (2012) Cartografía temática. Confederación Hidrográfica del Ebro. Disponible en: <http://www.chebro.es/>
- CNIG (2012) Mapa Topográfico Nacional. Centro Nacional de Información Geográfica. Disponible en: <https://www.cnig.es/>
- DAGET P. Y POISSONET J. (1972). Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, 49, 31-39.
- FARRUGGIA A., DUMONT B., D'HOUR P., EGAL D. Y PETIT M. (2006). Diet selection of dry and lactating beef cows grazing extensive pastures in late autumn. *Grass and Forage Science*, 61, 347-353.
- 4 FERRER C., AMELLA A. Y MAESTRO M. (1978). Valoración de los pastos de puerto de los Valles de Tena y Canfranc. En: Ocaña M. (Ed) *Ensayo de planificación ganadera en Aragón. Estudio del ecosistema pastoral del Pirineo Aragonés y planificación técnico-económica de su explotación*, pp 111-142. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- FERRER C. (1981). *Estudio geológico, edáfico y fitosociológico de la zona de pastos del Valle de Tena*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- FERRER C. (1982). Los pastos del Pirineo Central y su explotación ganadera. *El Campo* 124, 41-45.
- FERRER C., ASCASO J., MAESTRO M., BROCA A. Y AMELLA A. (1991). Evaluación de pastos de montaña (Pirineo Central): fitocenología, valor pastoral, producción y calidad. En: XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P., pp 189-196. Murcia.
- FRASER D.A. (2004). *Factors influencing livestock behaviour and performance*. Forest Practices Branch, British Columbia Ministry of Forests, Victoria, Canada.
- GANSKOPP D.C. Y BOHNERT D.W. (2009). Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 116, 110-119.
- GARCÍA-GONZÁLEZ R. (2008). *Management of Natura 2000 habitats. Alpine and subalpine calcareous grasslands 6170*. Comisión Europea.
- GARCÍA-GONZÁLEZ R., ALDEZÁBAL A., GARÍN I. Y MARINAS A. (2005). Valor nutritivo de las principales comunidades de pastos de los puertos de Góriz (Pirineo Central). *Pastos*, 35, 77-103.
- GARCÍA-GONZÁLEZ R., HIDALGO R. Y MONTSERRAT C. (1990). Patterns of livestock use in time and space in the summer ranges of the Western Pyrenees: A case study in the Aragón valley. *Mountain Research and Development*, 10, 241-255.
- GARTZIA M., MARINAS A., CAMPO A., GARCÍA-GONZÁLEZ R. Y GÓMEZ D. (2005). Valoración eco-pastoral de los pastos del puerto de Aísa (Pirineo Occidental). En: De la Roza, B. et al. (Eds.), *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. II)*, pp. 817-824. Siero, España: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario.
- HOWERY L.D., PROVENZA F.D., BANNER R.E. Y SCOTT C.B. (1996). Differences in home range and habitat use among individuals in a cattle herd. *Applied Animal Behaviour Science*, 49, 305-320.
- ISSELIN-NONDEDEU F., REY F. Y BEDECARRATS A. (2006). Contributions of vegetation cover and cattle hoof prints towards seed runoff control on ski pistes. *Ecological Engineering*, 27, 193-201.
- JACOBS J. (1974). Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*, 14, 413-417.
- KAUFMANN J., BORK E.W., BLENIS P.V. Y ALEXANDER M.J. (2013). Cattle habitat selection and associated habitat characteristics under free-range grazing within heterogeneous montane rangelands of Alberta. *Applied Animal Behaviour Science*, 146, 1-10.
- LASANTA T., LAGUNA M. Y VICENTE-SERRANO S.M. (2007). Do tourism-based ski resorts contribute to the homogeneous development of the Mediterranean mountains? A case study in the Central Spanish Pyrenees. *Tourism Management*, 28, 1326-1339.
- LEHNER P.N. (1996). *Handbook of ethological methods*. 485. Cambridge University Press Cambridge, UK.
- LÓPEZ I GELATS F., MILÁN M.J. Y BARTOLOMÉ J. (2011). Is farming enough in mountain areas? Farm diversification in the Pyrenees. *Land Use Policy*, 28, 783-791.
- PARSONS C.T., MOMONT P.A., DELCURTO T., MCINNIS M. Y PORATH M.L. (2003). Cattle distribution patterns and vegetation use in mountain riparian areas. *Journal of Range Management*, 56, 334-341.
- PROBO M., MASSOLO A., LONATI M., BAILEY D.W., GORLIER A., MAURINO L. Y LOMBARDI G. (2013). Use of mineral mix supplements to modify the grazing patterns by cattle for the restoration of sub-alpine and alpine shrub-enriched grasslands. *Rangeland Journal*, 35, 85-93.
- PUTFARKEN D., DENGLER J., LEHMANN S. Y HÄRDITL W. (2008). Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science*, 111, 54-67.
- SAN MIGUEL A. (2001). *Pastos naturales españoles*. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar.
- SENFT R.L., RITTENHOUSE L.R. Y WOODMANSEE R.G. (1985). Factors influencing patterns of cattle grazing behavior on shortgrass steppe. *Journal of Range Management*, 38, 82-87.
- SITAR (2012) Infraestructura de datos espaciales de Aragón. Disponible en: <http://sitar.aragon.es/>
- TATE K.W., ATWILL E.R., MCDUGALD N.K. Y GEORGE M.R. (2003). Spatial and temporal patterns of cattle feces deposition on rangeland. *Journal of Range Management*, 56, 432-438.
- VAN DER MAAREL E. (1979). Transformation of cover-abundance values in Phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39, 97-114.
- VILLALBA D., BLANCH M., CASASÚS I. Y REVILLA R. (1995). Pautas de comportamiento espacial y alimenticio de vacas en puertos de alta montaña. En: VI Jornadas sobre Producción Animal AIDA, pp 153-155.