



cita

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN



Universidad de Zaragoza
Facultad de Veterinaria
Departamento de Agricultura y Economía Agraria



***Bases para la gestión sostenible del
Parque de la Sierra y Cañones de Guara:
interacciones entre la ganadería
y la dinámica de la vegetación***

Memoria para optar al grado de Doctor por la Universidad de Zaragoza
presentada por José Luis Francisco RIEDEL

Zaragoza, 15 de enero de 2007

CERTIFICACIÓN DE LOS DIRECTORES DE TESIS

D. Alberto BERNUÉS JAL, Dr. en Ciencias Veterinarias y D^a. Isabel CASASÚS PUEYO, Dra. en Ciencias Veterinarias, Investigadores del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón (CITA),

CERTIFICAN

Que el trabajo de tesis doctoral titulado “*Bases para la gestión sostenible del Parque de la Sierra y Cañones de Guara: interacciones entre la ganadería y la dinámica de la vegetación*” ha sido realizado por José Luis Francisco RIEDEL bajo su dirección en el CITA, y consideran que cumple los requisitos establecidos para su presentación y defensa ante el tribunal correspondiente.

Zaragoza, a 15 de enero de 2007.

Fdo: Alberto BERNUÉS JAL

Fdo: Isabel CASASÚS PUEYO

VºBº del Tutor

Dr. Carlos FERRER BENIMELLI

Índice de contenidos

<i>Índice de contenidos</i> -----	<i>I</i>
<i>Índice de tablas</i> -----	<i>VII</i>
<i>Índice de figuras</i> -----	<i>IX</i>
<i>Resumen</i> -----	<i>XI</i>
<i>Summary</i> -----	<i>XIII</i>
<i>CAPÍTULO 1</i> -----	<i>1</i>
Introducción y objetivos -----	1
1 Introducción general -----	3
1.1 Preservación de la biodiversidad -----	3
1.2 El paisaje tradicional y cultural -----	4
1.3 El sistema familia-explotación -----	5
1.4 El sistema familia-explotación y su relación con el medio -----	5
1.5 El pastoreo y sus efectos sobre el medio y el paisaje -----	6
1.6 La evolución de la vegetación y el paisaje en respuesta al cambio de uso -----	8
1.7 Planteamiento del problema en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara y estructura del trabajo -----	10
2 Objetivos -----	11
<i>CAPÍTULO 2</i> -----	<i>13</i>
Material y métodos generales -----	13
1 Marco físico de la zona de estudio -----	15
1.1 Relieve -----	16
1.2 Geomorfología e hidrología -----	17
1.3 Suelos -----	17
1.4 Clima -----	18
1.4.1 Precipitaciones -----	18
1.4.2 Temperaturas -----	18
1.4.3 Balance hídrico -----	19
1.5 Vegetación -----	20

1.6	Uso ganadero -----	21
2	Zonas de muestreo de la vegetación -----	22
2.1	Almazorre -----	22
2.2	Bentué de Nocito -----	23
2.3	Bonés -----	24
2.4	La Fueva -----	24
2.5	Las Almunias de Rodellar -----	25
2.6	Pardina de San Juan -----	25
3	Metodología general -----	26
3.1	Estudio de los sistemas de producción ovina -----	26
3.2	Estudio de la vegetación y su evolución según el pastoreo del ganado -----	26
3.3	Simulación de la evolución de la vegetación bajo distintos escenarios de manejo -----	28
CAPÍTULO 3 -----		29
Intensificación de los sistemas de producción ovina, dinámica de las explotaciones y utilización de los recursos naturales en ecosistemas pastorales mediterráneos -----		29
1	Introducción -----	31
2	Material y métodos -----	35
2.1	Obtención de la información -----	35
2.2	Selección de variables y análisis estadísticos -----	35
3	Resultados -----	40
3.1	Descripción general de las explotaciones ovinas -----	40
3.2	Manejo de la alimentación y del pastoreo -----	42
3.3	Manejo reproductivo -----	44
3.4	Análisis de las relaciones entre variables de manejo y el uso de recursos --	45
3.5	Tipificación de explotaciones -----	47
3.6	Factores ligados al nivel de intensificación -----	50
4	Discusión -----	53
4.1	Gestión de explotaciones y uso de la tierra -----	53
4.2	Dinámica de las explotaciones, continuidad y pluriactividad -----	56
4.3	La ganadería extensiva como herramienta de gestión sostenible de espacios semi-naturales -----	58

5 Conclusiones -----	59
CAPÍTULO 4 -----	61
Estado y evolución de las formaciones vegetales arbustivas del PSCG. Efectos del pastoreo sobre su dinámica -----	61
1 Introducción -----	63
2 Material y métodos -----	67
3 Resultados -----	69
3.1 Análisis global del volumen en las seis zonas de control de especies arbustivas -----	69
3.2 Análisis por zonas de control del volumen aéreo de especies arbustivas ---	71
3.3 Análisis por especie de la biomasa aérea de especies arbustivas-----	72
3.4 Variaciones en el número de individuos -----	76
4 Discusión -----	78
4.1 Dinámica del estrato arbustivo -----	79
4.2 Efectos del pastoreo sobre la dinámica del estrato arbustivo -----	81
4.3 Efectos del pastoreo sobre la biomasa en cinco especies arbustivas-----	82
4.4 Efectos del pastoreo sobre el número de individuos -----	83
4.5 El pastoreo como herramienta de control de la sucesión secundaria: aportaciones a la gestión sostenible del PSCG-----	85
5 Conclusiones -----	86
CAPÍTULO 5 -----	89
Efectos del pastoreo sobre las cualidades productivas y ambientales del estrato herbáceo en el PSCG -----	89
1 Introducción -----	91
2 Material y métodos -----	93
2.1 Biomasa -----	93
2.2 Relación material herbáceo vivo/ muerto -----	94
2.3 Calidad-----	94
2.4 Análisis estadístico-----	94
3 Resultados -----	95
3.1 Efectos del pastoreo en la evolución del material herbáceo en pie -----	95
3.1.1 Altura de la hierba -----	95

3.1.2 Biomasa total -----	97
3.1.3 Relación material herbáceo vivo y muerto-----	99
3.1.4 Biomasa herbácea viva -----	100
3.1.5 Biomasa herbácea muerta-----	101
3.2 Efectos del pastoreo en la evolución de la calidad de la hierba -----	102
3.2.1 Contenido de FND -----	103
3.2.2 Contenido de FAD -----	104
3.2.3 Contenido de lignina-----	105
3.2.4 Contenido de proteína bruta -----	106
4 Discusión -----	107
4.1 Altura de la hierba-----	107
4.2 Biomasa total -----	108
4.3 Relación del material herbáceo vivo/ muerto-----	109
4.4 Calidad de la hierba -----	110
5 Conclusiones -----	113
<i>CAPÍTULO 6 -----</i>	<i>115</i>
Simulación de la evolución espacial y temporal de las formaciones vegetales del PSCG bajo distintos escenarios de manejo-----	115
1 Introducción -----	117
2 Material y Métodos-----	120
2.1 Fundamentos teóricos y mecánica del prototipo -----	120
2.2 Base espacial-----	121
2.3 Coberturas y escenarios -----	122
3 Resultados -----	124
3.1 Base territorial -----	124
3.2 Escenario 1: Evolución natural de la vegetación ante la interrupción de las prácticas agrarias-----	125
3.2.1 Diagrama de estados y transiciones para la evolución natural de la vegetación -----	125
3.2.2 Simulación de la evolución espacio temporal en el Escenario 1 -----	127
3.3 Escenario 2: Evolución con suspensión de las actividades agrarias y fuego -----	130

3.3.1 Diagrama de estados y transiciones para la evolución de la vegetación con fuego e interrupción de actividad agraria -----	130
3.3.2 Simulación de la evolución espacio temporal en el Escenario 2 -----	131
3.4 Escenario 3: Evolución de la vegetación sin fuego con prácticas agrarias-	134
3.4.1 Diagrama de estados y transiciones para la evolución de la vegetación con actividad agraria -----	134
3.4.2 Simulación de la evolución espacio temporal en el Escenario 3 -----	135
4 Discusión -----	139
4.1 Estados de la vegetación y evolución espacio temporal-----	139
4.2 La simulación Multi-Agente como herramienta de gestión participativa en sistemas territoriales complejos-----	143
5 Conclusiones -----	145
<i>CAPÍTULO 7 -----</i>	<i>147</i>
Consideraciones finales y aportaciones a la gestión del PSCG -----	147
<i>CONCLUSIONES GENERALES -----</i>	<i>157</i>
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</i>	<i>161</i>
<i>ANEXOS -----</i>	<i>189</i>
Anexo 1 -----	191
Encuesta a las ganaderías que utilizan pastos en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara-----	191
Anexo 2 -----	199
Especies leñosas observadas al comienzo del ensayo en los puntos de control --	199
Anexo 3 -----	203
Especies herbáceas observadas en la zona de estudio-----	203
Anexo 4 -----	207
Biomasa total herbácea registrada a lo largo del estudio -----	207
Anexo 5 -----	213
Fotografías -----	213

Índice de tablas

Tabla 3.1 Composición de los factores obtenidos en el ACP.....	46
Tabla 3.2 Características medias de los grupos de explotaciones	50
Tabla 3.3 Factores relacionados con la intensificación del sistema reproductivo.....	51
Tabla 4.1 Ecuaciones de predicción de la biomasa a partir del volumen aéreo teórico de las especies arbustivas	68
Tabla 4.2 Evolución del número de ejemplares en Áreas Pastadas y No Pastadas por especie	77
Tabla 4.3 Evolución del número de ejemplares en Áreas Pastadas y No Pastadas por zona de control	78
Tabla 5.1 Evolución de la altura de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas	96
Tabla 5.2 Estimación de la extracción de biomasa del pasto por el ganado durante los distintos años de control	98
Tabla A.4.4 Listado de especies leñosas observadas al comienzo del estudio.....	199
Tabla A.4.5 Porcentaje de recubrimiento por estratos al comienzo del estudio.....	200
Tabla A.5.5 Listado de especies herbáceas más frecuentemente observadas en las zonas de control y sus áreas próximas	203

Índice de figuras

Figura 2.1 Mapa de localización del Parque de la Sierra y Cañones de Guara en la Comunidad Autónoma de Aragón.....	16
Figura 2.2 Balance hídrico de cuatro observatorios del PSCG	19
Figura 2.3 Localización de los puntos de control del PSCG y su ZPP	23
Figura 2.4 Esquema de las cercas de exclusión (a) y de los transectos fijos instalados para el control de leñosas (b).....	27
Figura 3.1 Distribución de frecuencias del número de hembras adultas por explotación	41
Figura 3.2 Distribución de frecuencias de explotaciones según superficie total.....	41
Figura 3.3 Utilización de recursos en pastoreo a lo largo del año.....	43
Figura 3.4 Frecuencias de los sistemas reproductivos adoptados por las explotaciones del PSCG	45
Figura 3.5 Representación espacial de la contribución de las variables a los tres primeros factores resultantes del ACP.....	46
Figura 3.6 Dendrograma de agrupación mediante el método de Ward y Distancia Euclídea al cuadrado.....	48
Figura 3.7 Relación entre el sistema reproductivo y la duración del periodo de pastoreo	52
Figura 3.8 Relación entre el sistema reproductivo y la edad del productor	52
Figura 3.9 Relación entre el sistema reproductivo y la dinámica de la explotación	53
Figura 4.1 Evolución del volumen aéreo total en Áreas Pastadas y No Pastadas	70
Figura 4.2 Evolución de la biomasa aérea total en Áreas Pastadas y No Pastadas	71
Figura 4.3 Evolución del volumen aéreo total en Áreas Pastadas y No Pastadas por zona de control.....	74
Figura 4.4: Evolución de la biomasa aérea en Áreas Pastadas y No Pastadas por especie	75
Figura 5.1 Evolución de la biomasa herbácea total en las Áreas Pastadas y No Pastadas	97
Figura 5.2 Evolución del porcentaje de materia viva de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas	100

Figura 5.3 Evolución de la biomasa herbácea viva en las Áreas Pastadas y No Pastadas	101
Figura 5.4 Evolución de la biomasa herbácea muerta en las Áreas Pastadas y No Pastadas	102
Figura 5.5 Evolución del contenido de FND de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas	103
Figura 5.6 Evolución del contenido de FAD de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas	104
Figura 5.7 Evolución del contenido de lignina de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas	105
Figura 5.8 Evolución del contenido de proteína bruta de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas	106
Figura 6.1 Mapa inicial de cobertura de la vegetación.....	125
Figura 6.2 Diagrama de estados y transiciones en el escenario 1	126
Figura 6.3 Evolución espacial de la vegetación en el escenario 1.....	128
Figura 6.4 Evolución temporal de la vegetación en el escenario 1	130
Figura 6.5 Diagrama de estados y transiciones en el escenario 2	131
Figura 6.6 Evolución espacial de la vegetación en el escenario 2.....	132
Figura 6.7 Evolución temporal de la vegetación en el escenario 2	134
Figura 6.8 Diagrama de estados y transiciones en el escenario 3	135
Figura 6.9 Evolución espacial de la vegetación en el escenario 3.....	137
Figura 6.10 Evolución temporal de la vegetación en el escenario 3	139
Figura A.4.5 Porcentaje de especies arbustivas presentes en las zonas de control al comienzo del estudio	201
Figura A.5.9 Biomasa total (kg MS/ha) por zonas y sub-zonas de control.....	207

Resumen

Este trabajo se desarrolló en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara (PSCG), un área natural protegida de media montaña mediterránea de 80.739 ha de superficie, ubicado en el norte de la provincia de Huesca (España). La Sierra de Guara constituye la principal cadena montañosa del Pre-Pirineo Aragonés. En este espacio existen distintos tipos de vegetación, predominando los pastos arbustivos y con arbolado. La ganadería constituye la principal actividad tradicional en este lugar. Los pastos son aprovechados principalmente por ganado ovino, aunque también hay caprinos, bovinos y equinos.

Este territorio, como otros muchos espacios de montaña en Europa, ha experimentado un acentuado proceso de cambio en los usos agro-ganaderos tradicionales y de despoblación en las últimas décadas. Estos procesos normalmente se ven reflejados en un menor uso pastoral del territorio, lo que produce cambios en la vegetación y en el paisaje. A su vez, pueden verse comprometidos valores ambientales como la biodiversidad y el hábitat de numerosas especies endémicas y especializadas.

Este trabajo tuvo como objetivos: i) analizar las relaciones entre distintos aspectos socio-estructurales y de manejo de las explotaciones y el uso pastoral del territorio; ii) determinar el estado sucesional actual de las formaciones vegetales herbáceas y arbustivas, así como los efectos del pastoreo en este proceso; iii) finalmente, utilizar con carácter diagnóstico la simulación Multi-agente para modelizar la evolución de los recursos naturales y el paisaje, y demostrar su utilidad en la gestión participativa en este territorio.

Para el estudio de las relaciones existentes entre los sistemas ganaderos y la utilización del Parque se empleó estadística multivariante; concretamente Análisis de Componentes Principales, Análisis de Conglomerados y Regresión Logística sobre datos de encuestas directas realizadas en el año 2000 a la totalidad de ganaderos que utilizaban el Parque con sus rebaños. Los estudios de la vegetación se realizaron durante cinco años en seis zonas de control con dos repeticiones (sub-zonas) en cada una. Se instalaron zonas de exclusión al pastoreo en cada sub-zona, obteniéndose muestras de vegetación dentro y fuera de las mismas. En el estrato arbustivo se determinó la

biomasa y número de individuos una vez al año, en primavera. En el estrato herbáceo se determinó la biomasa total aérea, la relación biomasa viva/ muerta y el contenido de fibra, proteína y lignina. En este caso los controles se realizaron en primavera y en otoño, antes y después de la estación de pastoreo. Finalmente, la previsible evolución espacial y temporal de las formaciones vegetales del PSCG bajo distintos escenarios de manejo se valoró mediante un prototipo de modelo de simulación Multi-Agente (CORMAS). Entre los escenarios contemplados se incluyeron procesos como el mantenimiento o la interrupción de la actividad agraria, con presencia o ausencia de incendios naturales.

Los resultados del trabajo indicaron una clara relación entre el nivel de intensificación, medida en función del sistema de manejo reproductivo, y el uso pastoral del territorio, siendo los sistemas de menor intensificación los que evidenciaron un mayor uso pastoral. Por otra parte, se observó que la continuidad de las explotaciones ganaderas estaba muy comprometida en algunos de los grupos obtenidos en el Análisis de Conglomerados.

En cuanto a la vegetación, el estrato arbustivo demostró una dinámica hacia estados de mayor matorralización. Como efecto del pastoreo esta dinámica fue ralentizada, pero no se detuvo totalmente. En el estrato herbáceo se observó que el pastoreo controló la acumulación de biomasa y el incremento de material senescente, a la vez que mejoró la calidad desde el punto de vista de su uso ganadero.

Finalmente, se pudo comprobar que la simulación Multi-Agente y la herramienta de modelización CORMAS resultan adecuadas para la simulación de la evolución temporal y espacial del territorio bajo distintos escenarios de manejo.

En términos generales, se concluyó que la ganadería extensiva puede ser una herramienta adecuada para mantener los valores ambientales y paisajísticos del territorio, aunque deberían preverse medidas que estimulen las posibilidades de continuidad de las explotaciones del Parque y promuevan un mayor uso pastoral del mismo.

Summary

This study was carried out in the “Sierra y Cañones de Guara” Natural Park, a medium-altitude Mediterranean mountain chain of 80,739 ha located in the North of Huesca, Spain. The Park has different types of vegetation, mainly dominated by shrub and forest pastures. Livestock farming is the main traditional activity in this area. Pastoral resources are mainly utilized by sheep, but goats, cattle and horses are also present in the Park.

As in many other mountain areas in Europe, this territory has suffered an intense process of land use changes and depopulation during the last decades. The utilization of grazing resources by domestic animals has decreased, causing changes in the vegetation and landscape. At the same time, other environmental values such as biodiversity and the conservation status of a number of specialized/ endemic species could be threatened.

This study had the following objectives: i) to analyze the existing relationships between socio-structural and management characteristics of the farming systems and the pastoral utilization of the Park; ii) to determine the successional status of herbaceous and shrub vegetation and the effect of grazing on this process; iii) and finally, to introduce the utilization of Multi-agent models to simulate the evolution of natural resources and landscape, and demonstrate the utility of this method for the participatory management of this protected area.

Multivariate statistical analysis was used to study the relationships between livestock farming systems and land use, i.e. Principal Components Analysis, Cluster Analysis and Logistic Regression. Data was obtained through a direct questionnaire applied to all farmers that utilized the Park in 2000. Vegetation studies were carried out during 5 consecutive years in six control areas, with two repetitions (sub-plots) in each. In each of these sub-plots a 10 x 10 m enclosure was constructed at the start of the study with fences that prevented from grazing by animals. Samples of vegetation were collected in and outside the enclosures. For shrubs, biomass and number of individuals

was determined once a year in spring. For herbaceous species, biomass, live/ death ratio and content of fibre, protein and lignin was determined twice a year, in spring and autumn, i.e. before and after the grazing period. Finally, the evolution of the different vegetation types under different management strategies was evaluated using a prototype of a Multi-agent simulation model (CORMAS). The scenarios under evaluation included continuity or abandonment of agriculture and livestock production, with occurrence or absence of natural fires.

The main results of the study indicated that there was as clear relationship between level of intensification in farming (measured through the type of reproduction management of the flock) and the pastoral use of the territory. Less intensive systems showed a more intense use of grazing resources. Also, we could observe that continuity of many farms was seriously compromised.

In relation to the vegetation of the Park, shrubs showed a dynamic tendency towards accumulation of biomass. Grazing reduced the rate of accumulation, but was not able to stop this trend. Considering herbaceous species, grazing was able to control the accumulation of biomass and death material, and an improvement of quality, from the point of view of livestock utilization, could also be observed.

Finally, it was demonstrated that Multi-agent models, in particular the software CORMAS, was adequate to simulate the spatial and temporal evolution of the territory under different management scenarios.

In general terms, we can conclude that extensive grazing livestock is a cost effectivetool to maintain environmental and landscape values in the Park. Rural development policies with conservation purposes should focus on farming systems with more environmentally desirable management (i.e. greater use of grazing resources), and consequently enhance their chances of continuity.

CAPÍTULO 1

Introducción y objetivos

CAPÍTULO 1

Introducción y objetivos

1 Introducción general

La valoración de los sistemas ganaderos asentados sobre agro-ecosistemas pastorales de montaña ha trascendido la simple función de producción ganadera basada en pastos naturales para alcanzar criterios múltiples de valoración con alcances ambientales y sociales. En estos términos y en función de la evidencia científica, se reconoce el destacado papel de estos ambientes en la regulación de los flujos físicos y químicos del ecosistema, la mitigación de la polución y la conservación de la biodiversidad (Gibon, 2005; Hadjigeorgiou *et al.*, 2005).

El concepto de espacios pastorales “semi-naturales” implica la participación humana en su desarrollo y establecimiento, principalmente en lo referido al equilibrio biológico alcanzado y a la riqueza de especies (Poschlod y WallisDeVries, 2002; Gibon, 2005). De tal modo, particularmente en los ambientes de montaña europeos, se asume un destacado componente social en el proceso, principalmente a través del papel que ejerce la producción agraria. Estos sistemas productivos, de tradición centenaria, conformaron un paisaje típicamente humanizado del cual las sociedades rurales forman parte. En tal sentido, la producción agraria en estos ambientes ha pasado a integrarse al conjunto de objetivos que, agregados a los aspectos mencionados en el párrafo anterior, contribuyen a la multifuncionalidad y al desarrollo rural sostenible (Gibon, 2005; Quetier *et al.*, 2005).

1.1 Preservación de la biodiversidad

La preservación de la biodiversidad es de interés prioritario en todos los planes de gestión de espacios naturales protegidos y, en general, de las políticas sectoriales que puedan afectarla directa o indirectamente. Este interés deviene, entre otros aspectos, de

la demostrada relación con la calidad ambiental, con el atractivo turístico y con el valor cultural, intelectual y estético (Chapin III *et al.*, 2000).

Por otra parte, la biodiversidad tiene un reconocido papel en los procesos del ecosistema y en sus propiedades, favoreciendo su resistencia a las perturbaciones (Tilman y Dowing, 1994) y su resiliencia o capacidad de volver a estados anteriores a los disturbios. Por otra parte, favorece la capacidad de producción de bienes y servicios del ecosistema, tanto en su estado actual como potencial (Chapin III *et al.*, 1997).

Cabe agregar que el objetivo de la preservación de la biodiversidad está acompañado por una observación cualitativa de la composición de especies, atendiendo a que aquéllas especializadas, raras o endémicas no sean reemplazadas por especies generalistas o invasoras, situación que suele producirse frente a los cambios de uso del suelo (Tallowin *et al.*, 2005; McEvoy *et al.*, 2006).

1.2 El paisaje tradicional y cultural

El paisaje cultural constituye la expresión del entorno como resultado de la adaptación dinámica e interactiva de las fuerzas naturales y culturales (Antrop, 2005). Por su parte, el paisaje tradicional es aquel que posee estructuras y características propias y distintivas, con claras relaciones entre los elementos que poseen un significativo valor natural, cultural o estético. En la mayoría de los casos, este tipo de paisaje es el resultado de una lenta evolución a través de muchos siglos, durante los que se integran las condiciones naturales con los patrones culturales (Antrop, 2000).

Los cambios en el paisaje son el producto de la interacción de las fuerzas naturales, socio-económicas y culturales sobre el ambiente. En las últimas décadas, la combinación de factores sociales, económicos y de mercado, la accesibilidad, la urbanización, etc., han acelerado los cambios en el paisaje. Precisamente, el incremento en la urbanización y la globalización han caracterizado los cambios en el paisaje europeo en la etapa posterior a la Segunda Guerra Mundial, conocida como etapa post-moderna (Antrop, 2005).

La concepción actual del paisaje es holística y multifuncional; se asumen procesos de cambio no lineales en lugar de los típicamente lineales y determinísticos. En su estructura y funcionamiento, los paisajes son considerados complejos sistemas de interacción entre la naturaleza, el hombre y su cultura y son considerados como poseedores de la mayor entidad ecológica. Así entendido, los esfuerzos para la preservación de los valores paisajísticos del territorio se abordan desde una perspectiva multidisciplinar, comprendiendo las numerosas perspectivas físicas, biológicas y sus relaciones con los humanos (Naveh, 2001).

1.3 El sistema familia-explotación

Los aspectos sociales, como se decía al comienzo de este apartado, resultan centrales en los espacios pastorales semi-naturales que históricamente evolucionaron mediante la actividad del hombre y sus rebaños. Una de las particularidades de estos territorios es que las explotaciones agrarias tienen un carácter eminentemente familiar. En tal sentido, la actividad humana y el proyecto familiar se integran en el sistema de producción, lo que conceptualmente se conoce como *sistema de explotación* (Manrique *et al.*, 1994; Gibon *et al.*, 1996). Por su parte, Osty (1978), asumiendo que para comprender el funcionamiento de la explotación agraria es necesario tener en cuenta los objetivos y opiniones de los productores, acuñó el término *sistema familia-explotación*. Esta socialización del concepto de explotación (Serrano *et al.*, 2002) permite asumir el protagonismo humano en la transformación del territorio en términos ecológicos y del paisaje a través de sus decisiones individuales y familiares.

1.4 El sistema familia-explotación y su relación con el medio

Dentro de las múltiples decisiones que se adoptan en la explotación, está la determinación del sistema de producción y por tanto, su grado de extensificación/intensificación. Según describen Serrano *et al.* (2003), en los países europeos el factor tierra tradicionalmente se ha considerado el más rígido, escaso y costoso, con lo que

este concepto se ha referido al empleo relativo de este factor, respecto al capital y trabajo. Esto ha significado que los incrementos de productividad en Europa registrados entre los años '50 y '80 se produjeran a través de un significativo incremento en los insumos (factores intermedios y bienes de equipo) por unidad de superficie. Sin embargo, en los años posteriores, a la vez que surgen nuevos elementos en este proceso (por cuestiones de mercado, entre otras) se observa una mayor consideración de los temas ambientales y de la premisa de que los sistemas extensivos resultan menos lesivos al entorno. En este sentido, se destaca que los sistemas extensivos, basados en una menor utilización relativa de insumos, emplean en mayor medida los recursos naturales y contribuyen a su mantenimiento en el largo plazo (Chamberlain *et al.*, 2000; Revilla, 2000; Barthram *et al.*, 2002; Bernués *et al.*, 2002; Marriott *et al.*, 2004).

De esta manera, el factor humano tiene estrecha relación con las actividades tendientes a preservar los valores del territorio, por una parte, por la influencia que tienen sus actividades en la dinámica de los recursos naturales y del paisaje, y por otra, por ser parte del mismo. En el primer aspecto, las decisiones de gestión en la explotación definirán los efectos ambientales de la misma, por ejemplo en cuanto al antes mencionado nivel de intensificación/ extensificación, el tipo y cantidad de insumos utilizados, la gestión espacio-temporal del pastoreo del ganado, entre otros (Barthram *et al.*, 2002). El segundo aspecto considerado tiene relación con la continuidad o permanencia de las explotaciones en el tiempo, ya que en determinados ambientes y muy particularmente en la región objeto de este estudio (Sierra de Guara, Prepirineo Oscense) donde el hombre es un elemento fundamental del paisaje tradicional y cultural a través de la actividad agraria (Montserrat, 2001), se ha producido un claro proceso de envejecimiento y descenso poblacional en las últimas décadas (Ammar, 2006).

1.5 El pastoreo y sus efectos sobre el medio y el paisaje

El pastoreo, sea de animales domésticos o silvestres, produce modificaciones sobre la vegetación en distintos aspectos. Algunas cualidades físicas de la vegetación modificadas por el pastoreo definen su aspecto visual, por ejemplo el color, la densidad,

la altura y la relación de los estratos. Un pastoreo adecuadamente gestionado mantiene espacios abiertos que permiten la observación de las texturas y colores de la vegetación (Hadjigeorgiou *et al.*, 2005) así como la transitabilidad (Bartolomé *et al.*, 2000).

El control del incremento de especies vegetales dominantes o invasoras mediante el consumo o actividad del ganado, permite la emergencia y permanencia de especies de menor porte o de menor eficacia competitiva, favoreciendo de esta manera la biodiversidad (Rook y Tallowin, 2003; Tallowin *et al.*, 2005). El efecto del pastoreo como promotor de la biodiversidad es de este modo reconocido, aunque esto debe entenderse dentro de ciertos límites, porque las situaciones de sobrepastoreo pueden perjudicar severamente la biodiversidad y otros valores ambientales (Holechek, 1981).

No obstante, si bien estos criterios generales son comúnmente asumidos, hay numerosos factores que determinan el tipo y magnitud de las interacciones entre el ganado, la vegetación y el paisaje. Las interacciones más destacadas se producen entre la composición de la vegetación, las especies animales que pastan, la época de pastoreo, la carga animal y variables físicas del terreno (pendientes, accesibilidad, puntos de agua). En principio, cualquiera de estos factores puede determinar el rechazo del lugar para ser pastoreado, sea por decisión del ganadero o por elección del ganado.

La composición y estructura de la vegetación determina el aporte que potencialmente ésta realizará al ganado en términos nutricionales, sea por la calidad del pasto o por la facilidad de cosecha (Cangiano, 1997). En este mismo aspecto, la preferencia animal por determinadas especies determinará aquéllas que serán consumidas. Esto depende también de la presencia y abundancia de otras especies más preferidas y de la carga animal, ya que a mayor presión ganadera las posibilidades de selección se reducen (Dumont *et al.*, 2002; Torrano y Valderrábano, 2003). Cabe agregar que este proceso, en todos sus términos, es altamente variable según la especie animal que pasta (García-González *et al.*, 1990).

Entre los efectos directos del pastoreo sobre las plantas se encuentra el control de ciertas bioformas dominantes (Sternberg *et al.*, 2000; Rook y Tallowin, 2003). Pero este efecto, además de lo antes comentado, está sujeto a la época del año en la que se

realiza el pastoreo (Aldezábal, 2001). Esto es debido a que la susceptibilidad de las plantas depende en gran medida del estadio fenológico en el que son pastadas (Watkinson *et al.*, 2001). Este mismo criterio es aplicable a aquellas especies especialmente sensibles al pastoreo y que a veces se intenta proteger por su dinámica decreciente.

Hemos dicho que determinados aspectos cualitativos de la vegetación y del entorno físico pueden significar la reducción o abandono del aprovechamiento en pastoreo. Esto tiene relación, entre otros factores, con el sistema de producción adoptado por el ganadero, ya que los sistemas de mayor nivel de intensificación exigen que el ganado pade en terrenos de fácil acceso y con pastos de buena calidad y accesibilidad (Bernués *et al.*, 2005).

De las numerosas interacciones existentes entre el ganado y la vegetación en este apartado sólo se han considerado las más relevantes y de manera breve, ya que serán tratadas con mayor detenimiento en los capítulos siguientes. Pero puede deducirse ya, que la alta variabilidad territorial implica que la determinación de los efectos del pastoreo sobre los recursos naturales y el paisaje, además de considerar los criterios generales, requiere de valoraciones individualizadas *in situ* que puedan orientar criterios de gestión del territorio.

1.6 La evolución de la vegetación y el paisaje en respuesta al cambio de uso

La actividad agraria milenaria en estos ambientes ha significado que la vegetación alcance un estado de equilibrio. Sin embargo, las modificaciones en las características de la intervención, reducción o interrupción de estas prácticas agrarias observadas en las últimas décadas, han dado origen a procesos de sucesión secundaria en la vegetación.

La primera teoría respecto de los procesos sucesionales, propuesta por Clements (1916) cit. Dyksterhuis (1949), atribuía un comportamiento lineal a la evolución de la vegetación. Así, la evolución transcurre desde una situación inicial, anterior a un

determinado disturbio o intervención, hasta situaciones posteriores al mismo, con retorno a la situación inicial cuando se reduce o interrumpe dicho disturbio.

Esta teoría ha presentado limitaciones debido a que distintos eventos, naturales y antrópicos intervienen en los procesos sucesionales con distintos niveles de interrelación. Además, el simple hecho de una reducción o suspensión de un modelo de intervención no implica imperiosamente un retorno al tipo de vegetación original (Hyrum y Mayeux, 1992; Rodríguez y Kothmann, 1997). En tales casos, la respuesta resulta típicamente no lineal, pudiendo el ambiente asumir distintos estados discretos en función de los diferentes eventos que operan. De esta manera, una aproximación distinta, encuadrada en lo que se denominó Teoría de Estados y Transiciones (Westoby *et al.*, 1989), permite representar las trayectorias posibles frente a los cambios de uso. Esta acepción resulta particularmente indicada para la gestión de sistemas complejos, no solamente por sus variables físicas y biológicas, sino por los agentes sociales que participan en los mismos.

La posibilidad de múltiples trayectorias de evolución es característica de los ambientes de montaña. Además, el grado de complejidad en la gestión se incrementa cuando éstos se encuentran bajo figuras de protección, como es el caso del territorio objeto del presente estudio. En estos casos, frecuentemente se superponen espacios de decisión e intereses y las proyecciones espacio-temporales de los distintos actores suelen ser diferentes y a veces contrapuestas. En tal sentido, resultan imprescindibles estudios multidisplinares que cuantifiquen, para cada caso, la situación y evolución de distintas variables sociales y ambientales.

Estos estudios constituyen la base para desarrollar instrumentos y espacios para la gestión participativa. A este respecto, las herramientas de simulación Multi-Agente han demostrado ser adecuadas a la hora de simular trayectorias múltiples, lo que permite observar *ex ante* dichas trayectorias bajo distintos escenarios y modelos de intervención (Barreteau *et al.*, 2003a; Abrami, 2004). Mediante su utilización se procura que los distintos actores intervinientes en un mismo territorio puedan armonizar sus percepciones e intereses (Bousquet *et al.*, 2002; Barreteau *et al.*, 2003a; Etienne, 2003).

1.7 Planteamiento del problema en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara y estructura del trabajo

Como se ha dicho, las zonas rurales del territorio europeo, que suelen concentrar los mayores objetivos en términos de biodiversidad y conservación de los recursos naturales, se encuentran actualmente en un acelerado proceso de transformación que compromete estos objetivos. Puede afirmarse que los cambios en los usos del suelo están significando una amenaza para la viabilidad de numerosas especies y el funcionamiento general del ecosistema (EEA, 1999). Diversas causas como la expansión del desarrollo urbano, las infraestructuras para el transporte y turísticas y el incremento de suelos forestales son señaladas como causantes de pérdidas de hábitats naturales y seminaturales en el territorio de la Unión Europea (UE). Por otra parte, se observa una acusada pérdida de dependencia de las economías locales de las actividades agrarias.

En este sentido, y como producto de los desequilibrios regionales en parte atribuidos a la Política Agraria Común (PAC), se observa que mientras en zonas costeras del mar del Norte y del Canal de la Mancha se concentra un gran porcentaje de la producción agraria de la UE, en otras zonas, por ejemplo en la cuenca Mediterránea, se materializan procesos de abandono de tierras. Ambos aspectos resultan perjudiciales en términos ambientales, en los primeros por contaminación de agua, suelo y pérdida de diversidad, y en los segundos por pérdida de diversidad y calidad del paisaje (EEA, 1999). Puede agregarse que este fenómeno, observado como una polarización entre sistemas más intensivos y sistemas más extensivos, es señalado como una de las principales causas de cambios en el paisaje (Poudevigne *et al.*, 1997; Antrop, 2005; Plieninger, 2006).

El Parque de la Sierra y Cañones de Guara (PSCG), territorio objeto del presente trabajo, constituye un típico exponente del paisaje de media montaña mediterránea con vocación agraria tradicional. Puede incluirse dentro de los territorios caracterizados por situaciones desventajosas para las actividades agrarias y en el que se materializan problemas de abandono de la actividad y éxodo de la población rural (Bernués *et al.*, 2005). Al igual que en otros espacios de montaña mediterránea, las formas biológicas,

resultantes de la coevolución del hombre, sus actividades agrarias y los recursos naturales, han visto alterada su situación de equilibrio dentro del agro-ecosistema, y el paisaje experimenta transformaciones que lo alejan de su aspecto pastoral tradicional (Perevolotsky y Etienne, 1999; Montserrat, 2001; Bielsa *et al.*, 2005).

Estudios realizados en territorios con problemática similar han puesto en evidencia procesos significativos de deterioro ambiental. La instalación progresiva de especies leñosas que ocupan los campos de cultivo abandonados o las áreas en las que el pastoreo se interrumpió (Torrano y Valderrábano, 2004; Casasús *et al.*, 2005), asociado a una densificación general de la vegetación, significan modificaciones sustanciales en el paisaje (Bielsa *et al.*, 2005).

En esta tesis doctoral se abordan cuatro aspectos que se refieren a esta problemática. En primer lugar se presentan los estudios referidos a los sistemas ovinos, enfatizando en aspectos relacionados con la continuidad de las explotaciones y el uso de los recursos naturales. En segundo término se presentan los estudios sobre la vegetación arbustiva, en los que se determinó su estado actual y los efectos del pastoreo sobre el proceso sucesional. En tercer lugar se presentan los estudios referidos al estrato herbáceo, consistentes en estudios de la biomasa, la relación material herbáceo vivo / muerto y su calidad desde el punto de vista de la nutrición animal. Finalmente se presenta un prototipo de modelo de simulación Multi-Agente construido con la plataforma de simulación CORMAS.

2 Objetivos

Las actividades correspondientes a esta tesis doctoral se encuadran en una línea de investigación más amplia para el estudio de los sistemas ganaderos y su relación con el territorio. En este marco se pretende proporcionar herramientas de apoyo a la toma de decisiones que permitan, por un lado, mejorar los sistemas de gestión ganadera, y por otro lado, establecer bases para la ordenación de los recursos naturales en un espacio natural como el Parque de la Sierra y Cañones de Guara.

Los **objetivos** específicos de esta tesis doctoral son los siguientes:

- 1- describir los sistemas actuales de explotación ovina en el PSCG y profundizar en el conocimiento de las relaciones entre variables sociales, técnicas y de manejo y la utilización de los recursos naturales del Parque;
- 2- determinar la situación de la sucesión del estrato arbustivo en las actuales condiciones de intervención y valorar el efecto del pastoreo, tanto sobre el volumen y la biomasa aérea total, como sobre las especies que componen el estrato;
- 3- cuantificar la biomasa del estrato herbáceo, la relación entre el material herbáceo vivo y muerto y su composición química, así como estimar la evolución de estos parámetros en presencia de pastoreo y frente a la interrupción del mismo;
- 4- elaborar un modelo de simulación Multi-agente y valorar sus prestaciones de cara a su uso potencial en la gestión territorial participativa del PSCG.

CAPÍTULO 2

Material y métodos generales

CAPÍTULO 2

Material y métodos generales

Este trabajo se desarrolló en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara, ubicado en el norte de la Provincia de Huesca, en la Comunidad Autónoma de Aragón, España (Figura 2.1). La superficie de este espacio geográfico es de 80739 ha y está constituido por las sierras de Gabardiella, Guara, Arangol, Balcés y Sevil, pertenecientes al sistema de Sierras Exteriores del Pirineo Central, también llamado pre-Pirineo. Fue declarado Parque Natural mediante la Ley 14/1990, de 27 de diciembre de 1990 (BOA, 1991).

1 Marco físico de la zona de estudio

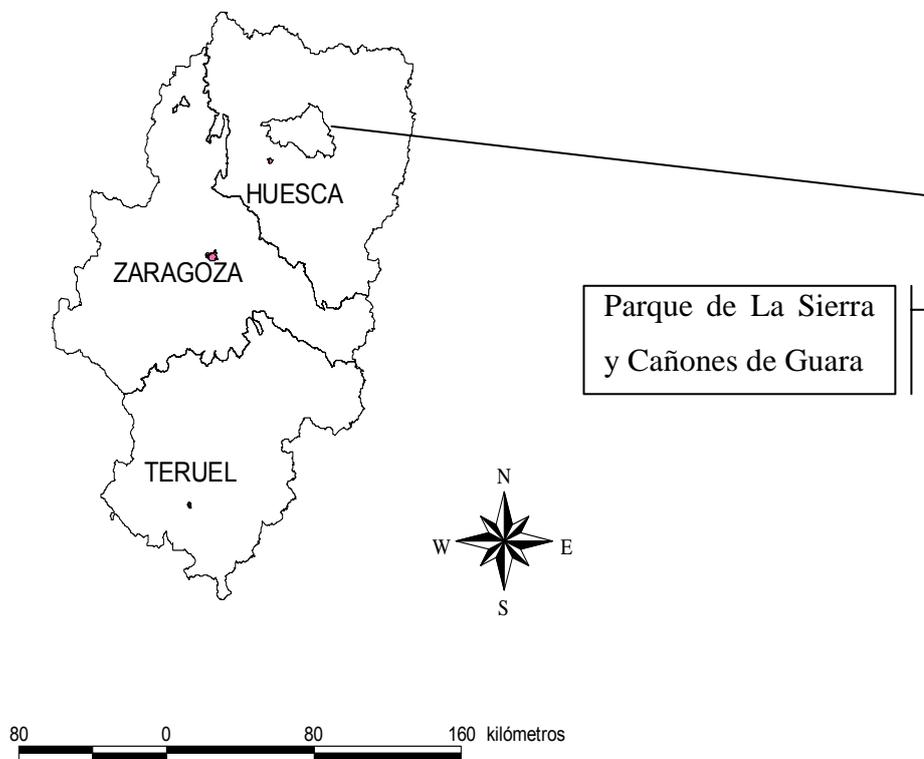
Es abundante la bibliografía que describe la Cordillera Pirenaica. En una apretada síntesis puede decirse que se extiende entre los mares Cantábrico y Mediterráneo, con una longitud de 435 km, marcando la frontera natural entre Francia y España. Junto con el Sistema Ibérico constituye una de las dos unidades montañosas importantes de Aragón, donde alcanza 135 km de longitud y su mayor anchura, 150 km. También adquiere en este territorio sus mayores altitudes, destacándose el pico de Aneto (3404 m), los macizos de Posets (3370 m), Monte Perdido (3355 m) y Vignemale (3303 m).

Puede estructurarse en las siguientes unidades morfoestructurales: a) el Pirineo Axial, eje o núcleo de la formación, constituido por materiales muy antiguos y donde se alcanzan las mayores cotas; b) las Sierras Interiores, adosadas a la formación anterior; c) la Depresión Intrapirenaica Media, paralela al eje de las Sierras Interiores y d) las Sierras Exteriores donde las mayores alturas apenas superan los 2000 m en la Sierra de Guara, que forma parte de esta unidad morfoestructural.

En las Sierras Exteriores, formación compuesta principalmente por afloramientos de calizas cretácicas, se encuentra el Parque de la Sierra y Cañones de Guara, cuya composición de materiales del paleoceno (calizas bioclásticas y calcarenitas) dan origen a una morfología kárstica.

Este Parque constituye uno de los espacios naturales más representativos de la media montaña mediterránea existentes en Europa. De la superficie total protegida, 47453 ha corresponden al Parque propiamente dicho y 33286 ha a su Zona Periférica de Protección (ZPP). Sobre información recopilada por Del Valle (2003), se ofrece a continuación una caracterización abreviada del medio físico.

Figura 2.1 Mapa de localización del Parque de la Sierra y Cañones de Guara en la Comunidad Autónoma de Aragón



1.1 Relieve

Se trata de un relieve accidentado, con muy escasas zonas llanas, con altitudes que oscilan entre los 430 m y los 2077 m. En las zonas donde se desarrollan sus característicos cañones los accidentes del relieve se sobredimensionan pudiéndose observar murallones verticales de notable tamaño.

Estas características del relieve han potenciado el efecto erosivo, con lo cual se encuentran suelos de escaso desarrollo, con la excepción de las áreas menos escarpadas, ofreciendo dificultades para el desarrollo de la actividad agraria. Esto ha condicionado la distribución de la población, que prefirió los somontanos Norte y Sur y algunas áreas de relieve más suave del sector oriental.

1.2 Geomorfología e hidrología

La acción erosiva de los ríos sobre el material calizo de cierta resistencia ha permitido la formación de paredes casi verticales de varios cientos de metros. Estas formaciones de origen fluviookárstico a veces presentan “viseras”, “caos” que a veces llegan al lecho del río y otras quedan incrustadas en los cañones y “mallos”¹. También pueden observarse dolinas y simas con caídas de agua que en algún caso superan los trescientos metros y que son verdaderas puertas de acceso a un mundo subterráneo formado por cuevas y galerías por las que circula el agua y en las que se encuentran lagos (Del Valle, 2003).

La Sierra de Guara posee una importante red fluvial en la que destacan los ríos Flumen, Guatizalema, Alcanadre y Vero. Su régimen es pluvial de tipo mediterráneo, con máximos en primavera y verano, aunque en invierno pueden presentar incrementos de caudal por fusión de la nieve. Puede agregarse que se dificulta su aprovechamiento como puntos de agua para el ganado dado el nivel de encajamiento que presentan en su trayectoria (Asensio, 2003).

1.3 Suelos

En la vertiente septentrional los suelos más profundos pertenecen a la serie de la “terra fusca”, que se desarrollaron sobre substratos calizos y molasas ricas en

¹ Viseras: extraplomos producidos por el desgaste fluvial de la base de una formación rocosa.
Caos: Desprendimientos rocosos de grandes bloques.
Mallos: Moles de roca con paredes verticales a veces divididas en bloques.

carbonatos. En el piso montano superior predominan las rendzinas que alternan con suelos pedregosos de menor desarrollo. En la vertiente meridional se encuentran suelos limosos sobre conglomerados de coloración rojiza y moderadamente descalcificados; es la zona del Parque de mayor dedicación agrícola. En el resto de esta vertiente predominan los suelos secos de la serie de las tierras pardas meridionales (Montserrat, 1986).

1.4 Clima

1.4.1 Precipitaciones

Según datos de Del Valle (1996, 2003), las precipitaciones son muy variables en la Sierra de Guara, dada su particular geografía y su ubicación transicional. Es de destacar la influencia de la altitud, con un notable incremento pluviométrico en las zonas más altas al captar la humedad de sistemas frontales que llegan a la región con poca actividad. También puede apuntarse que el sector septentrional es más favorecido por las precipitaciones que el meridional. En la vertiente norte se registran precipitaciones anuales en torno a los 900-1000 mm -las zonas de control de este estudio de Bonés, Bentué, La Fueva y San Juan reciben estos valores de precipitación por su ubicación o altitud-, mientras que en otras áreas de carácter más mediterráneo, las precipitaciones anuales son del orden de los 600-700 mm, encontrándose las zonas de Rodellar y Almazorre en estos valores.

Los valores mínimos de precipitaciones se encuentran en verano, siendo en general el mes de julio el menos lluvioso. Los máximos registros en la zona meridional se presentan en primavera, mientras en la zona septentrional se presentan en otoño o invierno.

1.4.2 Temperaturas

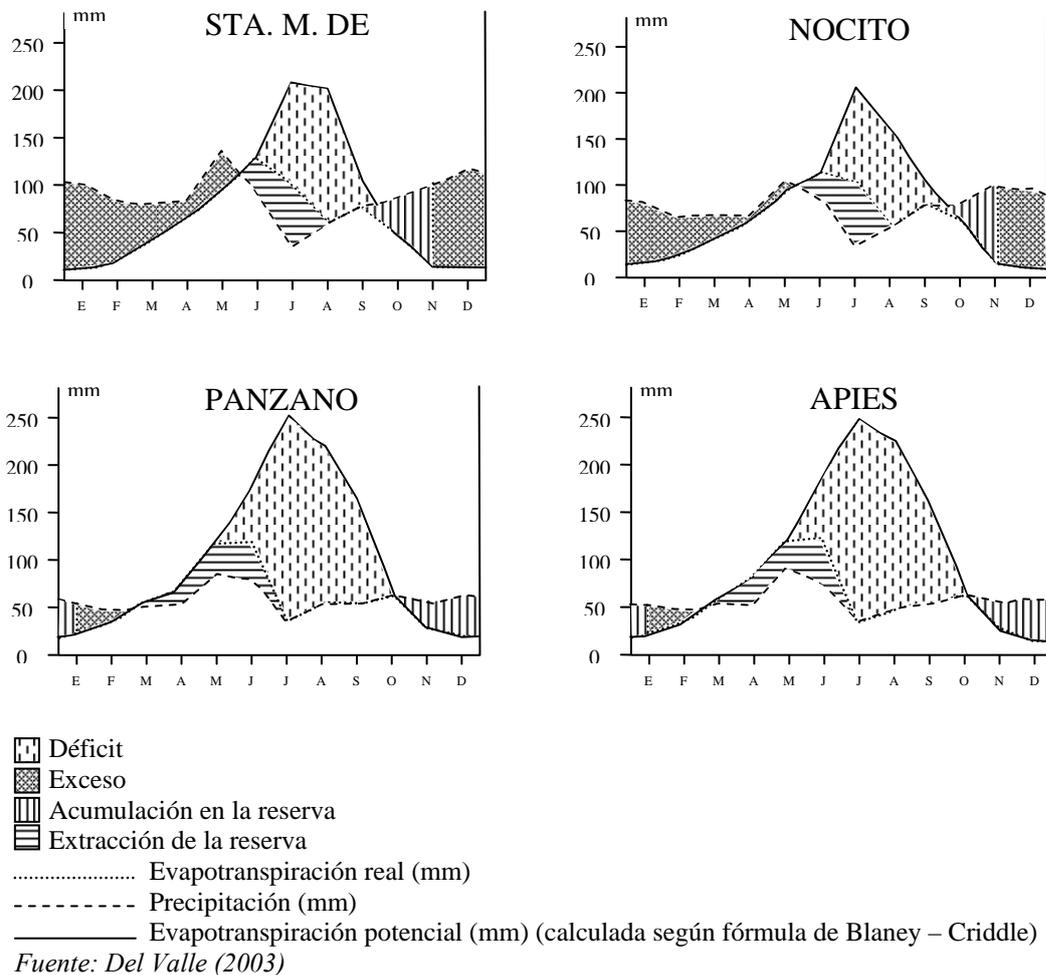
Puede calificarse a este territorio como relativamente templado, con temperaturas medias de 13°C en las zonas más meridionales y algo más bajas en áreas

más septentrionales, con medias anuales próximas a los 10°C. El descenso de temperatura con el incremento de la altura es de 0.6°C cada 100 m. Los inviernos no son rigurosos en exceso, el mes más frío es enero y a veces se registran fuertes heladas (-15°C). Aunque a veces se registran nevadas, son de persistencia breve.

1.4.3 Balance hídrico

En los meses de verano se registra una fuerte evapotranspiración potencial (Etp). En el sector meridional (Figura 2.2, Panzano y Apiés) se alcanzan déficit hídricos en torno a los 550 mm entre junio y septiembre. En el sector septentrional (Figura 2.2, Sta. M^a de Belsué y Nocito) también hay déficit hídrico pero es menos acentuado, alcanzándose los 250 mm para el mismo período.

Figura 2.2 Balance hídrico de cuatro observatorios del PSCG



1.5 Vegetación

Sobre referencias de Del Valle (2003), Montserrat (1986) y el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque (BOA, 1997), puede resumirse que la vegetación de la Sierra de Guara presenta una gran variedad en los recursos biológicos debido al importante desnivel topográfico, al gradiente climático y a la diversidad de sustratos. Resulta muy acentuada la diferencia entre la vertiente meridional, que se incluye en la región mediterránea con clima de tendencia continental, y la septentrional, con un período árido más reducido.

En la vertiente meridional el bosque climático es un carrascal denso con estrato arbustivo y herbáceo empobrecido. En las áreas más degradadas hay presencia abundante de romerales con boj y aliagas. También aparecen pastos anuales y en ambientes un poco más favorables se encuentran pastos algo más mesófilos. En proximidades a los barrancos húmedos pueden encontrarse comunidades vegetales riparias. Los fenómenos de inversión térmica de otoño-primavera han promovido la aparición de plantas termófilas y comunidades de coscoja con sabina y enebro. También se encuentran plantas muy especializadas formando asociaciones ricas en taxones endémicos *Valeriana longiflora*, *Petrocoptis montsiciana* subs. *Guarensis* y otras que conforman asociaciones muy peculiares del Pirineo calizo.

A mayores alturas se producen cambios importantes en la vegetación, observándose el dominio del boj. La carrasca se desplaza a los cantizales secos y forma comunidades con boj (*Buxo-Quercetum rotundifoliae*). En mejores suelos se encuentran quejigos de buen porte, por lo general se trata de evidencias de las selvas que se encontraban en el siglo XVIII.

En las umbrías se encuentran pinares espontáneos de *Pinus sylvestris* con sotobosque de boj. Un denso matorral de erizón con algunas matas de boj cubre los terrenos pedregosos en las solanas de la Sierra y se mantienen casi hasta los puntos de máxima altitud.

En los suelos más profundos del piso montano superior (1.200-1.500 m) se encuentra una comunidad boreoalpina, el pinar musgoso (*Hylocomio-Pinetum*) que concluye en los pinares de tipo atlántico de la vertiente septentrional.

En esta vertiente, el quejigal jacetano (*Buxo-Quercetum pubescentis subas. quercetosum subpyrenaicae*) es la comunidad climática. Algunas zonas con suelos esqueléticos de arenisca y arcilla se cubren con matorrales de erizón con pino rojo, que llenaron el espacio abierto por la destrucción de los bosques en esta vertiente; mientras que en los terrenos más deprimidos y arcillosos se encuentran quejigales. En los ambientes más frescos y húmedos hay rodales de haya. También se encuentran los pastos secos de *Ononidetalia striatae* y en el piso montano y sobre suelos profundos, los pastos mesófilos del *Mesobromion* y del *Arrhenatherion*.

1.6 Uso ganadero

Según datos de Asensio *et al.* (2004), el censo ganadero que hace utilización pastoral en este territorio se compone de 700 caprinos, 1199 vacunos y 259 equinos y 32651 ovinos. Este ganado pasta un 53% del total de esta superficie, con una carga ganadera media de 0.15 UGM (Unidad de Ganado Mayor)², destacándose que en un 92% de la superficie la carga es inferior a 0.25 UGM/ha. Proporcionalmente los pastos arbustivos y pastos con arbolado denso son los más utilizados por ganado, con un 54 y 25% respectivamente, seguidos de los cultivos (9%), pasto con arbolado ralo (7%), pastizales (1%) e improductivos (4%).

En el citado trabajo también se observó que los cultivos, los pastos con arbolado denso y los pastos arbustivos son aprovechados en valores de carga aproximados a su capacidad, mientras que se observó una sub-utilización del resto de los tipos de pasto. Se reportaron factores de tipo antrópico y físico (principalmente pendientes, distancia a

² Unidad de ganado mayor (UGM): se entiende por 1 UGM los toros, vacas y otros animales de la especie bovina de más de dos años y los équidos de más de seis meses. Para otras edades y especies de ganado se establece la siguiente equivalencia: a) Bóvidos de seis meses a dos años equivalen a 0.6 UGM; b) Ovino y caprino equivalen a 0.15 UGM. Fuente: Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Real Decreto 3482/2000, de 29 de diciembre, por el que se regula la indemnización compensatoria en determinadas zonas desfavorecidas.

poblaciones y disponibilidad de agua) como factores que incidieron en esa distribución de las cargas.

2 Zonas de muestreo de la vegetación

Para los estudios de vegetación descritos en los Capítulos 4 y 5 de esta memoria, se determinaron previamente seis zonas pertenecientes a otras tantas ganaderías representativas del Parque, localizadas en Bentué de Nocito, Pardina de San Juan, Almorre, Las Almunias de Rodellar, La Fueva y Bonés (Figura 2.3). El criterio seguido para la elección de estas zonas fue su representatividad respecto de las distintas áreas y condiciones agroecológicas del Parque y del tipo de manejo en pastoreo y la especie animal. Asimismo, se tuvo en cuenta la buena disposición de los ganaderos para la realización de las experiencias y las visitas de estudio durante el período del proyecto, así como la autorización de las autoridades del Parque. En cada zona se determinaron dos sub-zonas, estableciéndose un área de muestreo en cada una, procurándose así mayor representatividad de sus características.

A continuación se proporciona una descripción general de estas zonas acerca de la vegetación, el aprovechamiento ganadero, el posicionamiento geográfico y la altitud.

2.1 Almorre

Zona de control localizada en el término municipal de Bárcabo.

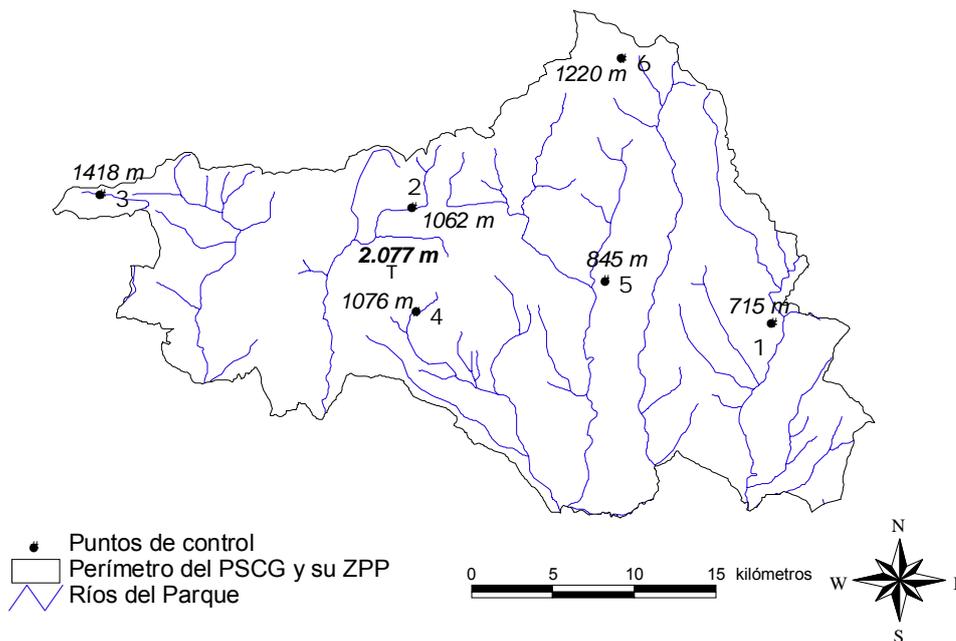
En esta zona predominaban los pastos cercados con praderas de alfalfa, esparceta y raigrás y pastos con arbolado ralo formados por carrascales de *Quercus ilex* con abundancia de *Thymus sp.*, *Juniperus communis*, *J. oxycedrus*, *J. sabina*, *Lavandula angustifolia*, *Santolina chamaecyparissus* y *Genista scorpius*, en muchos casos establecidos sobre antiguas superficies de cultivos en ese momento abandonados. Estos

pastos eran aprovechados por un rebaño de aproximadamente 700 ovejas de razas Rasa Aragonesa y Lacaune. La carga ganadera³ era de 0.3 UGM/ha.

Coordenadas UTM: X: 752.005 Y: 4.682.372

Altitud s.n.m.: 715 m.

Figura 2.3 Localización de los puntos de control del PSCG y su ZPP



Referencias: 1. Almazorre, 2. Bentué, 3. Bonés, 4. La Fueva, 5. Rodellar, 6. Pardina de San Juan, T. Tozal de Guara.
Fuente: Asensio (2003)

2.2 Bentué de Nocito

Zona de control localizada en el término municipal de Sabiñánigo.

En la zona predominaban pastos arbustivos con abundante cobertura de *Genista scorpius*, *Thymus sp.* y *Juniperus sp.* y algunas áreas repobladas con *Pinus nigra* con alguna presencia de *Pinus sylvestris*. Además había praderas de raigrás (*Lolium multiflorum* Lam.) y otros cultivos. En la zona pastaba un rebaño de unas 1.000 ovejas de la raza Rasa Aragonesa. La carga ganadera era de 0.12 UGM/ha.

³ La carga ganadera que se consigna para cada zona es la información aportada por cada ganadero al comienzo del estudio

En el año 1999 se efectuó un desbroce mecánico en parte de estos pastos, una de las jaulas de exclusión se colocó en esta zona desbrozada y la restante en pasto con arbolado ralo con presencia de pinos y aliagas.

Coordenadas UTM: X: 729.921 Y: 4.689.571

Altitud s.n.m.: 1.062 m.

2.3 Bonés

Zona de control localizada en el término municipal de Arguis.

La vegetación en esta zona se componía de pasto arbustivo y también de pasto con arbolado, con pinares de *Pinus sylvestris* y pastizales con abundante *Echinopartum horridum* y *Genista scorpius*. En la zona pastaba ganado bovino y equino. La carga ganadera en la zona era de 0.35 UGM/ha. Al comienzo del año 2000 se practicó un desbroce mecánico en parte de la superficie, sobre la que se instaló una de las jaulas de exclusión. La jaula restante se instaló en terrenos sin desbrozar.

Coordenadas UTM: X: 710.840 Y: 4.690.392

Altitud s.n.m.: 1.418 m.

2.4 La Fueva

Zona de control localizada en el término municipal de Casbas de Huesca.

En esta zona predominaban antiguos campos de cultivo abandonados con praderas naturales y pastos forestales de *Pinus sylvestris* con abundante *Genista scorpius*, *Prunus spinosa* y *Thymus sp.* Después de un prolongado abandono se reinició el uso ganadero mediante el pastoreo unos tres años antes del comienzo de este estudio. En la zona pastaba durante el verano un rebaño de aproximadamente 1.600 ovejas de razas Rasa Aragonesa y Fleischschaf. La carga ganadera era de 0.12 UGM/ha.

Coordenadas UTM: X: 730.117 Y: 4.683.087

Altitud s.n.m.: 1.076 m.

2.5 Las Almunias de Rodellar

Zona de control localizada en el término municipal de Bierge.

La vegetación en esta zona se componía principalmente de pasto arbustivo originado en antiguos campos de cultivos abandonados desde hace unos 30 años, con abundante presencia de *Genista scorpius*, *Rosmarinus officinalis*, *Juniperus communis*, *Thymus sp.* y otras arbustivas. En parte de estos pastos se practicó, un año antes del inicio de este estudio, un desbroce mecánico con posterior siembra de alfalfa en algunos sectores y otros con evolución natural. En la zona pastaba un rebaño de 550 ovejas de raza Rasa Aragonesa. La carga ganadera era de 0.05 UGM/ha. Una de las jaulas de exclusión se ubicó en terrenos en los que se practicó un desbroce mecánico poco antes del comienzo del ensayo. La restante se localizó en terrenos de evolución natural después del cese de las actividades agrícolas.

Coordenadas UTM: X: 741.738, Y: 4.685.093

Altitud s.n.m.: 845 m.

2.6 Pardina de San Juan

Zona de control localizada en el término municipal de Boltaña.

En la zona predominaba el pasto con arbolado denso, con pinares de *Pinus sylvestris* e importante cobertura de *Echinopartum horridum*, y otras leñosas como *Crataegus monogyna*, *Prunus espinosa*, *Genista scorpius* y *Rosa canina*. El recurso vegetal era aprovechado por una explotación con unas 100 vacas de la raza Parda de Montaña. La carga ganadera era de 0.07 UGM/ha.

Coordenadas UTM: X: 742.788 Y: 4.698.819

Altitud s.n.m.: 1.220 m.

3 Metodología general

En este apartado se describen aspectos metodológicos generales y algunos aspectos comunes a distintos capítulos. Se omiten las cuestiones específicas, que serán detalladas en los capítulos respectivos.

3.1 Estudio de los sistemas de producción ovina

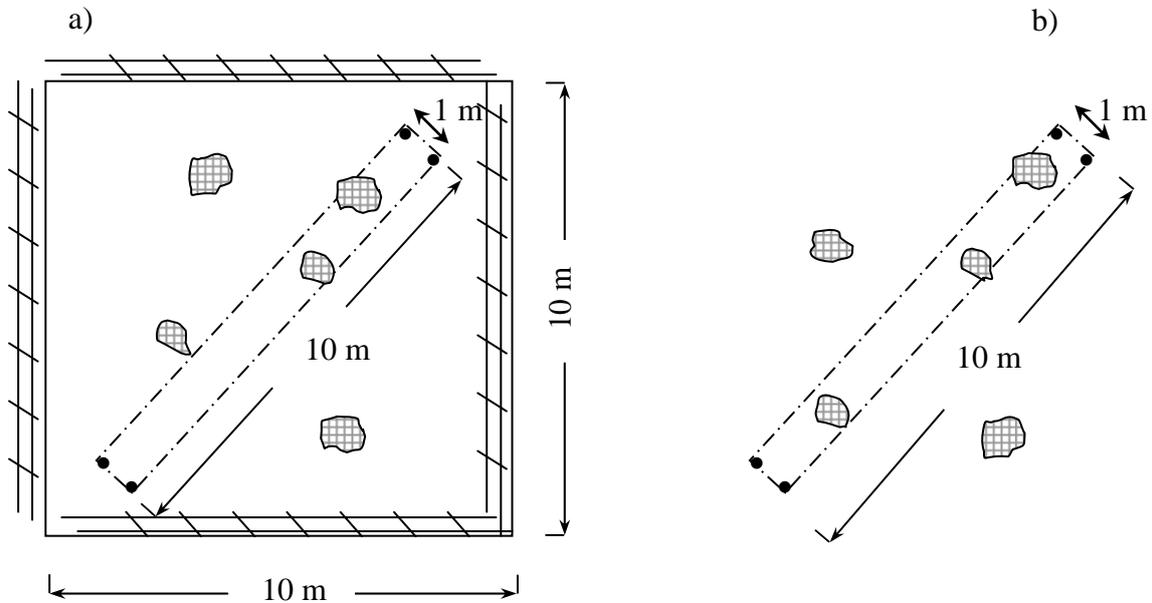
Los estudios de los sistemas de producción ovina se realizaron a partir de una encuesta realizada en 2000-2001 a la totalidad de las explotaciones que utilizaban el Parque (62 explotaciones), de las que se seleccionaron las explotaciones de ovino, claramente predominantes, de tipo familiar. La información obtenida se refería a aspectos sociales, estructurales, de gestión de la explotación, manejo del pastoreo y otros indicadores de la dinámica y continuidad de las explotaciones.

Mediante el empleo de estadística multivariante se obtuvieron variables sintéticas y se tipificaron grupos de explotaciones, que fueron caracterizados y analizados en función de características vinculadas a la dinámica y continuidad de las explotaciones, la pluriactividad y aspectos de manejo, fundamentalmente aquellos relacionados con la utilización de los recursos naturales.

3.2 Estudio de la vegetación y su evolución según el pastoreo del ganado

En cada una de las zonas se determinaron dos sub-zonas. En cada sub-zona (12 en total) se instaló, en la primavera del año 2001 (comienzo del ensayo), una cerca de exclusión de 10 x 10 m (Figura 2.4a), con el objeto de comparar la evolución de la vegetación en función de la presencia o ausencia de pastoreo. Para el muestreo de especies arbustivas se establecieron transectos fijos de 1 x 10 m dentro y fuera de cada jaula de exclusión (Figura 2.4b). En los vértices de cada transecto se clavaron varillas de hierro y solamente al momento de cada lectura se cerró el perímetro con cinta, de esta manera se permitía el acceso del ganado en los transectos ubicados fuera de las jaulas.

Figura 2.4 Esquema de las cercas de exclusión (a) y de los transectos fijos instalados para el control de leñosas (b)



Los controles en el estrato herbáceo se realizaron en primavera y otoño, antes y después del pastoreo del ganado. En el terreno se obtuvieron medidas de altura de la hierba para determinar la biomasa mediante ecuaciones obtenidas para estos mismos pastos. También se obtuvieron muestras de hierba para obtener relaciones de material herbáceo vivo y muerto y para la realización de análisis químicos.

En cuanto al estrato arbustivo también se emplearon métodos no destructivos, obteniéndose medidas aéreas de las plantas para determinar el volumen y posteriormente la biomasa mediante el empleo de ecuaciones de regresión específicas. También se realizó el conteo de pies para determinar la evolución de las distintas especies en el número de ejemplares.

3.3 Simulación de la evolución de la vegetación bajo distintos escenarios de manejo

Se realizó un prototipo de modelo Multi-Agente empleando la plataforma de simulación CORMAS (Bousquet *et al.*, 1998). Para ello se utilizó como base espacial el mapa del Sistema de Información Geográfica de distintos tipos de pasto del PSCG (Asensio *et al.*, 2004). Se consideraron tres escenarios independientes: evolución natural de la vegetación con suspensión de las actividades agrarias; evolución de la vegetación con suspensión de las actividades agrarias y posibilidad de incendios simultáneamente y evolución de la vegetación con prácticas agrarias pero sin posibilidad de incendios.

CAPÍTULO 3

Intensificación de los sistemas de producción ovina, dinámica de las explotaciones y utilización de los recursos naturales en ecosistemas pastorales mediterráneos

CAPÍTULO 3

*Intensificación de los sistemas de producción ovina, dinámica de las explotaciones y utilización de los recursos naturales en ecosistemas pastorales mediterráneos*⁴

1 Introducción

Los ambientes que han mantenido una prolongada actividad pastoral han adecuado sus formas biológicas mediante la interacción entre el ganado y la vegetación. En estos casos, la reducción o el cese del pastoreo implica el inicio de sucesiones secundarias de la vegetación normalmente tendientes a recuperar el ecosistema boscoso primitivo (Perevolotsky y Etienne, 1999; Benjamin *et al.*, 2005; Casasús *et al.*, 2005; Domenech *et al.*, 2005). Esta transición implica el paso por estados de la vegetación constituidos por matorrales de especies invasoras que en algunos casos pueden prolongarse en el tiempo de manera indefinida (Westoby *et al.*, 1989) y que significan una considerable pérdida de biodiversidad (Suarez-Seoane *et al.*, 2002; Pykälä *et al.*, 2005; Rosen y Bakker, 2005). A su vez, se produce acumulación de biomasa combustible (Riedel, 2004) lo que supone un incremento del riesgo de pérdidas de valores ambientales por los incendios forestales (Vicente *et al.*, 2000).

Un nuevo orden económico y comercial produce desde 1950, y más intensamente desde 1970, una continua reducción de la actividad ganadera en extensas áreas de montaña mediterránea de Europa, produciendo profundos cambios en el uso del suelo (Lasanta, 1989). Este fenómeno impulsa procesos que suponen una amenaza a la sostenibilidad de amplios espacios semi-naturales (Torrano y Valderrábano, 2004), como es el caso del Parque de la Sierra y cañones de Guara (PSCG).

Nuevos cambios se esperan en el presente, ya que la actual reforma de la PAC, con su tendencia a reducir los subsidios directos a la producción agraria, llevó al desacoplamiento parcial de las ayudas al sector ganadero. En este sentido, resulta

⁴ Riedel J.L. Casasús I., Bernués A. (2007). Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science* (en prensa).

relevante conocer los actuales sistemas de producción para poder predecir en qué medida estos cambios pueden afectar el ambiente (Oglethorpe, 2005).

La ganadería en el Parque en la actualidad se desarrolla en el contexto de un sistema complejo, en el que se superponen diversas actividades con distintos tipos de relaciones, en algunos casos complementarias y en otros competitivas. A su vez, esta actividad presenta diferentes modalidades de gestión, que en el caso de la ganadería ovina van desde sistemas con algún grado de intensificación hasta sistemas totalmente extensivos, lo que implica disímiles modelos de usos de la tierra que según diversos autores (Delgado y Moreira, 2000; Jeanneret *et al.*, 2003; Strijker, 2005) inciden sobre la biodiversidad y el paisaje.

En relación a la actividad ganadera en el Parque, Bernués *et al.* (2005) destacan cuatro aspectos que constituyen una amenaza para la sostenibilidad de este ambiente: la continuidad de las explotaciones, los procesos de intensificación de los sistemas de explotación, los procesos de degradación de los recursos de pastoreo y la concentración de las áreas de pastoreo.

En este sentido, deben observarse dos aspectos claves relacionados con los factores antes mencionados y que contribuyen de manera decisiva a la sostenibilidad de estos agro-ecosistemas: la continuidad de las explotaciones y un manejo de la explotación que mantenga e incluso permita aumentar el pastoreo del ganado.

Respecto al primer aspecto, debe considerarse que las situaciones de abandono de la actividad ganadera constituyen un problema muy extendido en las áreas de montaña mediterránea europea (Vila *et al.*, 2003), con lo que la continuidad de las explotaciones es un objetivo prioritario para la sostenibilidad de este territorio. Generalmente la amenaza del abandono tiene su origen en causas económicas, estructurales y de mercado y por causas sociales como la falta de descendientes, o la emigración de éstos a las ciudades en busca de otras oportunidades, o por rechazo a las duras condiciones del trabajo con ganado (Caballero, 2001; 2003). Otra causa del abandono de esta actividad son las situaciones de competencia con otras actividades en

el mismo territorio (Teruel *et al.*, 1995), aunque frecuentemente se ha descrito que la coexistencia con otras actividades produce una complementación de los ingresos a las familias que les permite consolidarse en el territorio (Sofer, 2001; Safilios-Rothschild, 2003).

En cuanto al manejo de la explotación que conduzca a un incremento del pastoreo, puede decirse que el sistema de producción adoptado y la gestión general de la alimentación son aspectos estrechamente ligados al aprovechamiento de los pastos “a diente” por el ganado. En cuanto al sistema de producción adoptado, el nivel de intensificación determinará los requerimientos nutricionales de los animales; a partir de ciertos umbrales la relación entre el nivel de intensificación y el aporte de los pastos naturales exige el aporte de insumos suplementarios, en principio provenientes de la misma explotación, a partir de cultivos y/o reservas de pastos y luego insumos externos a la explotación en forma de piensos y concentrados (Choquecallata, 2000). Uno de los mejores indicadores del grado de intensificación/ extensificación de las explotaciones de ovino en áreas Mediterráneas es el sistema reproductivo adoptado (Choquecallata, 2000).

La gestión general de la alimentación está, en términos generales, ligada al sistema de explotación, pero las relaciones entre requerimientos y tipo y ubicación de la oferta disponible, ajustada por una estrategia individual, determinan la magnitud, forma y distribución del aprovechamiento en pastoreo. Por otra parte, el medio físico es un factor que condiciona el aprovechamiento en pastoreo, ya sea por la productividad en cantidad y calidad de pasto o por condiciones de accesibilidad y, especialmente en áreas mediterráneas, de disponibilidad de agua. De este modo, los medios más accidentados y de menor oferta presentan limitaciones para animales de alto nivel de producción, en cuyos casos los ganaderos dirigen el pastoreo hacia lugares que presenten menos dificultades (Asensio *et al.*, 2004).

Otro factor que ha sido indicado como de fuerte incidencia en el cambio de uso de la tierra en Europa es el alto costo de oportunidad de la mano de obra, especialmente si se tienen en cuenta los bajos precios relativos de los productos agrarios (Strijker,

2005). En este caso particular, la pluriactividad está orientada al sector servicios y al sector turístico, y según destacaron Bernués *et al.* (2005) puede constituirse en una situación de competencia directa por la mano de obra dedicada al sector agrario.

Actualmente la ganadería extensiva atraviesa una etapa transicional, por una parte por las modificaciones de las políticas agrarias, y por otra, por la concurrencia de diversos objetivos de gestión. En este sentido, y ante la necesaria reconversión de los sistemas productivos en el marco de los nuevos paradigmas del entorno socio-económico, es necesario el envío de señales claras al sector (Oglethorpe, 2005), para lo cual resulta obligado el conocimiento de los actuales sistemas de producción y sus interacciones socio-ambientales.

El **objetivo general** de este capítulo fue conocer los aspectos de manejo y dinámica de las explotaciones ovinas del PSCG que inciden sobre el uso de los recursos naturales y que por tanto tienen efectos ambientales en este territorio. Para ello, se formularon los siguientes **objetivos específicos**:

- describir los sistemas actuales de producción ovina del PSCG y su entorno;
- profundizar en el conocimiento de las relaciones existentes entre diversas variables técnicas, de manejo, sociales y familiares y de utilización de los recursos naturales, con especial atención al grado de intensificación de las explotaciones;
- finalmente, caracterizar los sistemas de producción en función de las variables mencionadas en el párrafo anterior. Con ello se pretende identificar dominios de recomendación que orienten las investigaciones futuras así como establecer pautas de gestión sostenible del Parque.

2 Material y métodos

2.1 Obtención de la información

La información de los sistemas de producción ovina fue obtenida entre junio de 2000 y junio de 2001 mediante una encuesta realizada por entrevista personal a cada titular de explotación (Anexo 1), en forma de cuestionario estructurado, realizada en la totalidad de las explotaciones que hacen uso pastoral del Parque o su zona periférica de protección (n= 62). Se recogió información referida a la estructura familiar y de la mano de obra, superficie de la explotación, uso de la tierra, infraestructuras, tamaño y estructura del rebaño, manejo de la alimentación, manejo reproductivo, indicadores de la dinámica y continuidad de la explotación y finalmente indicadores de opinión respecto de la influencia del Parque sobre la actividad agraria. De las 62 explotaciones encuestadas se seleccionaron para este estudio las ganaderías de ovino, o mixtas con predominio de ovino y de tipo familiar (n= 53).

2.2 Selección de variables y análisis estadísticos

Los resultados del trabajo se dividieron en 3 partes, las cuales tienen metodologías específicas:

a) Mediante estadística descriptiva se realizó una descripción general de las explotaciones en aspectos de familia y mano de obra, estructura de la explotación y manejo.

b) Para establecer relaciones entre variables se utilizaron técnicas estadísticas multivariantes. El **Análisis de Componentes Principales (ACP)** es un método utilizado para la simplificación o reducción de la dimensión de individuos, casos o variables cuantitativas, para obtener un menor número de variables, denominados componentes o factores principales, que son combinaciones de las originales. El objetivo es la reducción de la dimensión de la matriz de datos, permitiendo una interpretación más

fácil y simple (Serrano, 2002). El método realiza una combinación lineal de todas las variables, de manera que se reduzca el número de variables interrelacionadas a un número inferior de factores no correlacionados (Hair *et al.*, 1998). Con respecto a los diversos métodos de rotación de los factores, que permiten una identificación e interpretación más fácil, se ha utilizado la rotación Varimax (rotación ortogonal), ya que mantiene la condición de perpendicularidad entre cada uno de los factores rotados, además es el método recomendado cuando existe un número reducido de variables. Una vez realizado el análisis, se seleccionaron aquellos factores que tuvieron un p-valor (valor propio) mayor a 1, lo que significa que los nuevos factores explican un mayor porcentaje de la varianza total que cualquier variable original (Carrasco y Hernán, 1993).

Para explicar las relaciones entre aspectos de gestión de la explotación uso de los recursos naturales del Parque se seleccionaron las siguientes variables:

- *intensificación del sistema reproductivo*: cinco niveles de intensificación creciente del manejo de la reproducción: monta continua, 1 parto al año, 1 parto al año y repesca, 3 partos en 2 años y 5 partos en 3 años;
- *superficie de pastoreo*: porcentaje de superficie dedicada al pastoreo sobre el total de superficie agrícola útil (SAU);
- *pastos cultivados*: porcentaje de la superficie dedicada a pastos cultivados sobre la SAU;
- *período de pastoreo*: número total de días al año que los animales pastan a diente;
- *carga animal*: UGM/ ha SAU.

También se tuvieron en cuenta aspectos que afectan la dinámica y continuidad de las explotaciones, para lo que se consideraron las variables:

- *dinámica de la explotación*: índice que representa los cambios técnicos y de infraestructura ocurridos en la explotación en los últimos 10 años. Para su determinación se puntuó (0, 1) según se hayan producido o no los siguientes cambios: incorporación de nuevas razas, cambios de alimentación, construcción de infraestructuras, intensificación de la reproducción, incorporación de pastos cultivados y otros cambios;
- *continuidad de la explotación*: índice que representa las posibilidades de continuidad según lo expresado por los propios productores. Para su determinación se realizó un sumatorio de las valoraciones positivas o negativas de las motivaciones de continuidad o abandono;
- *intensificación de capitales*: medida en función del cociente entre UGM y unidades de trabajo (UTA) disponibles en la explotación.

Dado que se trataba de una tipificación no estructural, no se contemplaron aquellas variables referidas a aspectos de dimensión física: tamaño de rebaño o de la SAU.

Sobre el ACP se seleccionaron los tres primeros factores (65.7% de varianza explicada) que tenían un valor propio superior a 1. Sobre estos factores, se realizó un **Análisis de Conglomerados (AC)** jerárquico para posteriormente caracterizar los grupos obtenidos. El AC es un procedimiento de agrupación que se caracteriza por el desarrollo de una jerarquía o estructura en forma de árbol. La finalidad es obtener grupos, clusters o conglomerados de forma que los objetos pertenecientes a un mismo grupo sean muy similares y los objetos de clusters diferentes sean distintos, es decir, deben ser homogéneos internamente y heterogéneos externamente (Hair *et al.*, 1998). La aplicación práctica de este análisis supone considerar dos decisiones principales: los *criterios de agregación* y el *algoritmo de clasificación*. El criterio de agregación o la medida de distancia, permite medir la similitud entre dos individuos genéricos a partir de la matriz de datos de entrada, para obtener una matriz de similitud o disimilitud entre los individuos. En los análisis se ha aplicado la medida de la distancia euclídea al

cuadrado entre cada par de observaciones, que define la distancia entre los grupos como el menor incremento de varianza residual global (Carrasco y Hernán, 1993). Los algoritmos para la clasificación en los métodos jerárquicos se pueden diferenciar entre los métodos ascendentes o aglomerativos y los descendentes o disociativos. En este trabajo se ha aplicado un cluster jerárquico ascendente y el método utilizado para la vinculación de casos fue el de Ward o de mínima varianza, ya que de acuerdo con Vicens (1996), es el indicado cuando se tiene un número reducido de variables, además Serrano (2002) indica que siguiendo esta secuencia, se forman cluster compactos.

c) En función de las relaciones encontradas en el ACP entre el uso de los recursos de pastoreo y la intensificación del sistema reproductivo, se realizó una **Regresión Logística (Logit)** que confirmase y esclareciese dichas relaciones. El análisis de regresión logística ha sido frecuentemente utilizado para investigar las relaciones entre una variable independiente discreta, que se pretende explicar, y determinadas variables independientes o explicativas que pueden ser continuas o discontinuas (SAS, 1990). En este caso, se trata de analizar la adopción de una tecnología reproductiva intensiva por parte del ganadero; éste la adoptará si los beneficios derivados B_i son mayores que un cierto umbral T (Staal *et al.*, 2002):

$$\begin{aligned} Y_i=1 \text{ if } B_i > T &\Rightarrow X_i\beta + \alpha_i > T && \text{ganadero } i \text{ adopta la tecnología} \\ Y_i=0 \text{ if } B_i < T &\Rightarrow X_i\beta + \alpha_i < T && \text{ganadero } i \text{ no adopta la tecnología} \end{aligned}$$

Donde, X_i es el vector de variables explicativas, B es un vector de coeficientes a ser estimados y α_i es una variables independiente. El modelo tiene esta forma:

$$Y_i = x_i\beta + \alpha_i$$

Donde x_i es un vector de variables explicativas derivadas de la encuesta, β son los coeficientes de regresión correspondientes y α_i son los parámetros de los interceptos.

En nuestro caso se consideraron las siguientes variables en el análisis:

Variable dependiente *Intensificación del sistema reproductivo (SisRep)*: se trata de una variable dicotómica que toma los valores: (0) sistemas reproductivos poco intensivos -monta continua, 1 parto al año y 1 parto al año y repesca; (1) sistemas reproductivos intensivos -3 partos en 2 años y 5 partos en 3 años-. Esta variable, como se ha dicho anteriormente, es un buen indicador del nivel de intensificación general de la explotación.

Variabes independientes: se seleccionaron 8 variables independientes que se consideró podían influir, o ayudar a explicar, la adopción de un determinado sistema reproductivo por parte de los ganaderos:

- *edad del titular* de la explotación en años;
- *disponibilidad de mano de obra (UTA)* en la explotación;
- *alimentación en pesebre (AIPes)*, índice que representa la duración de la suplementación en pesebre en las diferentes estaciones del año, considerando la proporción de animales suplementados (rango de valores entre 0 –sin suplementación- y 4 –suplementación en las 4 estaciones a todos los animales, incrementando una unidad por cada estación del año en que se suplementa);
- *superficie de pastoreo (pSUPast)*, ya definida;
- *pastos cultivados (pSUfor)*, ya definida;
- *período de pastoreo (pastoreo)*, ya definida;
- *dinámica de la explotación (dinámica)*, ya definida;
- *opinión del ganadero (opinión)* respecto de la influencia del Parque en su explotación (valores de 1, 0 y -1 según considere que afecta positiva, neutral o negativamente a la explotación, respectivamente).

3 Resultados

3.1 Descripción general de las explotaciones ovinas

En primer lugar se enumeran los datos más sobresalientes del ganadero y su familia. La edad media de los titulares de las explotaciones en el momento de la realización de la encuesta era de 44 años. El tamaño medio de la familia fue de 4 miembros y es de destacar que el 51.6% de los ganaderos no tiene hijos.

Un 79% de los titulares de las explotaciones se dedicaban totalmente a la actividad agraria, el resto realizaban actividades fuera de la explotación a tiempo parcial, normalmente en el sector servicios (actividades de vigilancia y mantenimiento en el propio Parque). En el 29% de los casos algún miembro de la familia realizaba actividades fuera de la explotación, por lo general en el sector servicios y en el turismo.

Los trabajos en la explotación son realizados mayoritariamente por el productor y su familia, un 29% contratan mano de obra, en un 78% de los casos se trata de contratos fijos y el resto son contratos eventuales.

En cuanto a la dimensión y estructura de la explotación, el tamaño medio de los rebaños fue de 506 ovejas adultas; los machos suponen un 2.4% y la reposición un 12.8%. Sin embargo, se observó una considerable variabilidad en cuanto al número de hembras adultas por explotación predominando las explotaciones que poseen entre 201 y 400 ovejas (Figura 3.1).

En cuanto a la superficie, el tamaño medio de SAU es de 694 ha, aunque hay una enorme variabilidad, predominando las explotaciones con menos de 300 ha (Figura 3.2). Solo el 23.4% de la SAU, en promedio, está en régimen de propiedad. El uso de la tierra, en términos globales, resultó como sigue: el 77.4% de la SAU son pastos de diversa naturaleza, predominando los pastos arbustivos, con arbolado ralo y denso. Otras superficies de uso ganadero son los prados (5.3%) y los cultivos forrajeros (3.5%). Los cultivos agrícolas suponen un 12.8% de la superficie, siendo mayoritario el

cereal. Otros cultivos importantes fueron el olivo y el almendro. La mayor parte de la superficie cultivada se localiza en las zonas sur y este del Parque. Los barbechos son relativamente poco importantes con aproximadamente el 1% del total de superficie.

Figura 3.1 Distribución de frecuencias del número de hembras adultas por explotación

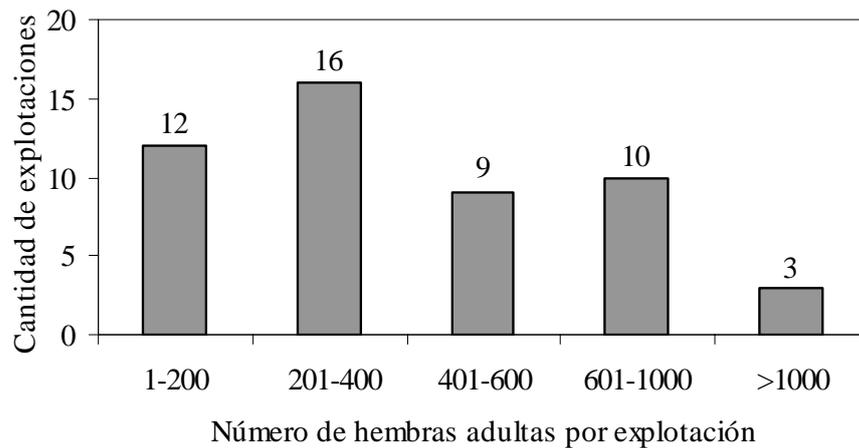
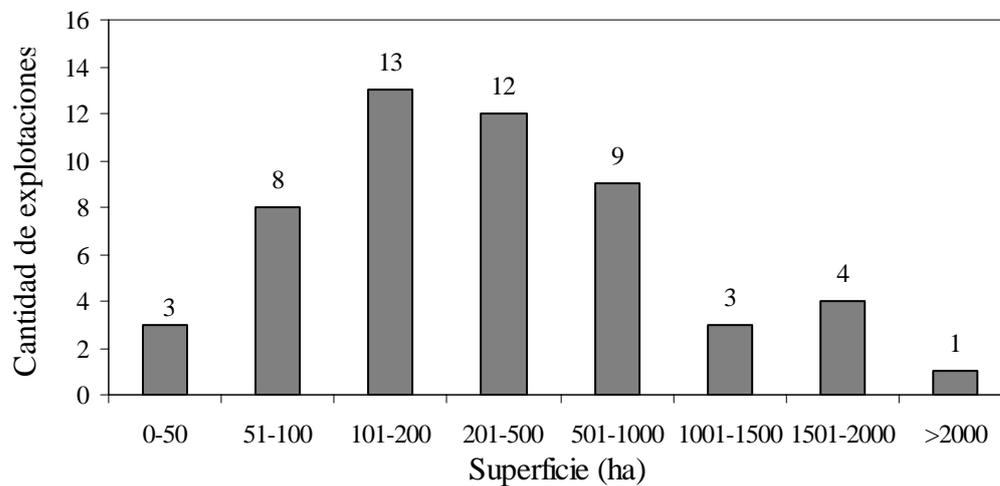


Figura 3.2 Distribución de frecuencias de explotaciones según superficie total



La raza predominante es la raza Rasa Aragonesa, de aptitud cárnica, aunque también hay animales de raza Lacaune (de mayor producción lechera) y sus cruces.

3.2 Manejo de la alimentación y del pastoreo

En general estas explotaciones realizan un alto grado de aprovechamiento directo de distintos recursos pastables. El período de pastoreo es variable según limitaciones específicas y estrategias individuales, a diferencia de otras zonas de montaña (resto de la Cordillera Pirenaica) donde los períodos de pastoreo son más definidos. Por lo general los animales que se encuentran lactando o en última fase de gestación son estabulados, especialmente en períodos en los que la climatología es adversa.

Para la gestión de la alimentación, la mayoría de explotaciones (87%) divide el rebaño en dos lotes: ovejas lactantes, que a veces incluye los animales en última fase de gestación, y resto de animales. El 13% de las explotaciones manejan los animales en un lote único.

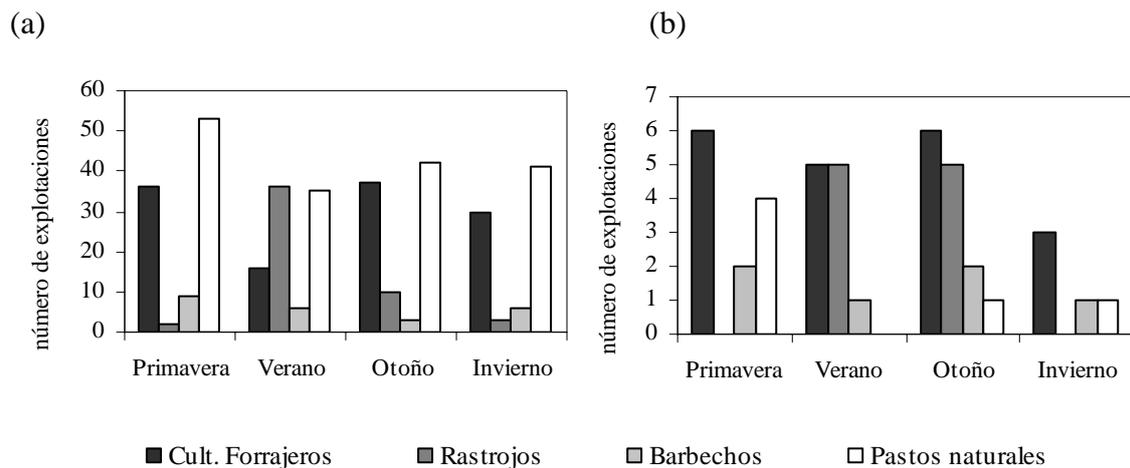
En lo referente a la suplementación en pesebre y en el caso de las explotaciones que gestionan su rebaño en un solo lote, se suplementa especialmente en invierno (100% de las explotaciones) con pienso compuesto en el 57% de los casos, en el resto suministran pienso más heno de cultivos forrajeros o paja de cereal. En otoño, verano y primavera suplementa el 72, 57 y 86% de estas explotaciones respectivamente, normalmente con pienso o pienso más heno y/o paja. Los ganaderos reportaron que las razones de la suplementación en varias épocas obedecen a limitaciones diversas, principalmente de agua.

En el caso explotaciones con 2 lotes de manejo, aquel formado por animales que no se encuentran en momentos de requerimientos nutricionales especiales (ovejas vacías, borregas o preñadas al inicio de gestación) pasta a diente todo el año, con la sola excepción de dos explotaciones que en invierno estabulan 30 y 60 días, respectivamente. El principal recurso de aprovechamiento directo en pastoreo son los pastos naturales y los cultivos forrajeros, también aprovechan rastrojos y barbechos (Figura 3.3a). Los cultivos forrajeros mayoritarios son alfalfa (*Medicago sativa* L.),

esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.), raigrás (*Lolium multiflorum* Lam.), veza (*Vicia sativa* L.), festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) y avena (*Avena sativa* L.).

En el caso del lote conformado por animales de mayores requerimientos (última fase de gestación y lactación) hay una clara predominancia de la estabulación, con utilización de cereales o piensos compuestos y voluminosos como heno y paja de cereales, e incluso raciones mixtas. Un reducido número de explotaciones realizan pastoreo con estos lotes, predominando el aprovechamiento de los cultivos forrajeros. Los rastrojos se aprovechan en verano y otoño, el pasto natural en primavera y en menor medida en otoño e invierno, y finalmente también se pastan los barbechos, aunque en baja proporción (Figura 3.3b).

Figura 3.3 Utilización de recursos en pastoreo a lo largo del año



(a) ovejas vacías o en inicio de gestación y borregas.

(b) ovejas lactantes y gestación avanzada.

Otro aspecto típico de la gestión de los rebaños ovinos de la montaña mediterránea es la trashumancia y la transterminancia. Las ganaderías de ovino del PSCG no realizan trashumancia, pero el 51% de las explotaciones realizan transterminancia entre diferentes zonas del Parque, recorriendo una distancia media de 14.1 km. En todos los casos, la transterminancia se realiza a pie. En el 21% de los casos se realiza conjuntamente por más de un ganadero; en el 30% de los casos se hace de manera individual. La transterminancia se realiza normalmente entre junio y octubre, aunque en algunas explotaciones se realiza en otros periodos, fundamentalmente en

primavera y otoño. Esta última característica marca otra diferencia con la montaña más húmeda, donde la transterminancia suele limitarse a la estación del verano.

3.3 Manejo reproductivo

En cuanto al manejo reproductivo, la mayoría de explotaciones (83.3%) tiene varias épocas de parto, el resto agrupa los partos en una sola época.

Los sistemas de reproducción que los ganaderos aplican en el Parque son los siguientes, por orden ascendente de intensificación:

1- Monta continua: las hembras conforman un solo lote y los machos permanecen todo el año con las ovejas. Se registran partos prácticamente durante todo el año, aunque por la relativa estacionalidad sexual de las ovejas se producen mayoritariamente entre los meses de septiembre y mayo.

2- Un parto en una época del año: las hembras están en un solo lote, se colocan los machos un periodo de tiempo determinado, normalmente entre 45 y 60 días, y luego se retiran. Los partos se producen en algunos casos entre mayo y julio y en otros entre septiembre y octubre.

3- Un parto al año y repesca: implica dos estaciones de parto, hay una monta principal y otra secundaria, llamada repesca, a la que se incorporan las ovejas que no quedaron preñadas en la primera. Aunque las explotaciones adoptan diversas épocas de monta, se observó que la época de mayor concentración de partos es entre los meses de agosto a noviembre.

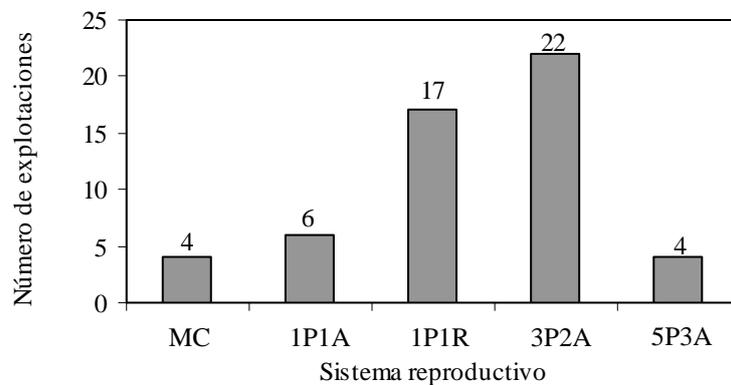
4- Tres partos en dos años: implica dos lotes diferenciados de animales, aunque son lotes dinámicos de manera que los animales que no quedan gestantes en una cubrición, pasan a la siguiente del otro lote. El objetivo técnico teórico es alcanzar 1.5

partos por oveja y año. Si bien se producen partos en todos los meses del año, la mayoría se producen en los meses de enero-febrero, mayo-junio y septiembre-octubre.

5- Cinco partos en tres años: también llamado sistema STAR, implica una intensificación del manejo anterior de manera que el objetivo técnico teórico implicaría alcanzar los 1.7 partos por oveja y año. Los criterios para las cubriciones son muy variables en estas explotaciones, no definiéndose con claridad una época de concentración de las pariciones.

En la mayoría de los rebaños se aplica el sistema tres partos en dos años o el sistema de un parto y repesca, empleándose monta continua y cinco partos en tres años en un reducido número de explotaciones (Figura 3.4).

Figura 3.4 Frecuencias de los sistemas reproductivos adoptados por las explotaciones del PSCG



Sistema reproductivo: MC- Monta continua, 1P1A- Un parto en una época del año, 1P1R- un parto al año y repesca, 3P2A-tres partos en dos años, 5P3A-cinco partos en tres años.

3.4 Análisis de las relaciones entre variables de manejo y el uso de recursos

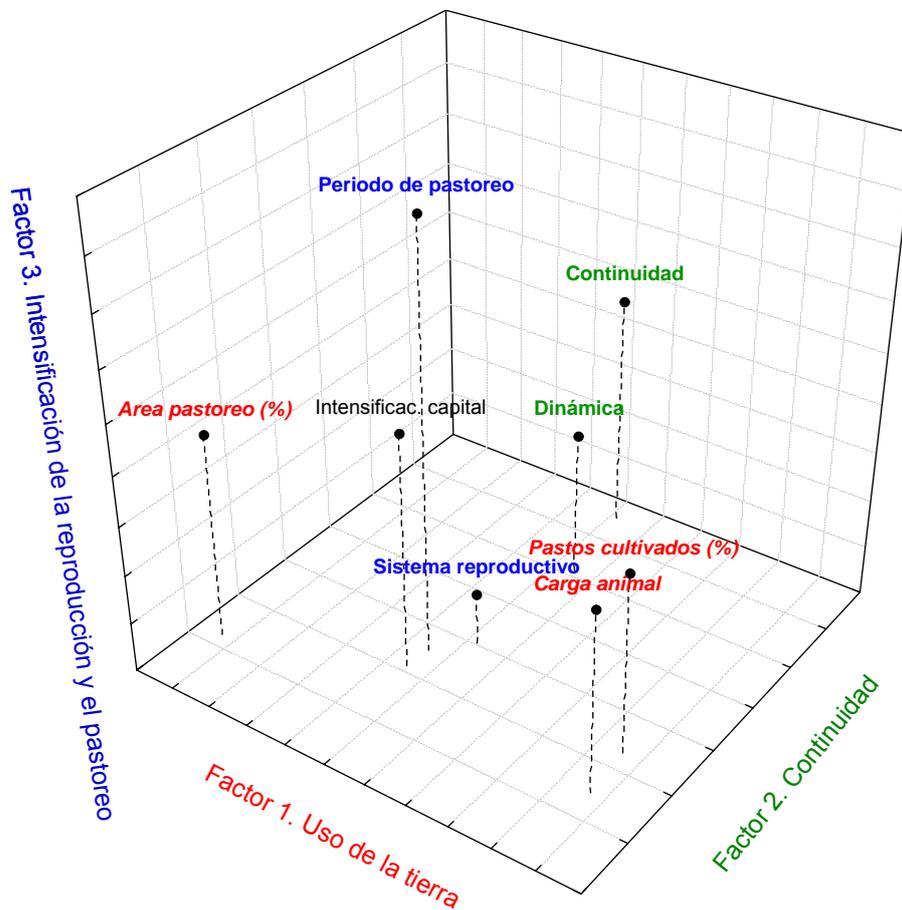
En el ACP se obtuvieron cuatro factores que explicaron un 80.9% de la varianza total y se definieron según se detalla en la Tabla 3.1. La representación espacial de la contribución de las variables estudiadas a los tres primeros factores obtenidos se muestra en la Figura 3.5.

Tabla 3.1 Composición de los factores obtenidos en el ACP

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Intensificación de la reproducción	0.045	0.207	0.587	0.625
% de superficie dedicada al pastoreo	-0.870	-0.158	-0.035	0.038
% de la superficie dedicada a pastos cultivados	0.916	0.063	0.071	-0.094
Longitud del período de pastoreo	-0.093	0.108	-0.890	0.094
Dinámica de la explotación	0.099	0.627	0.210	0.507
Continuidad de la explotación	0.032	0.912	-0.140	-0.003
Unidades ganaderas sobre unidad de trabajo	-0.106	0.024	-0.153	0.861
Carga animal	0.937	-0.104	0.065	0.055
Varianza explicada	32.50	23.35	15.17	9.87
Valor propio	2.60	1.87	1.21	0.79

Con rotación Varimax normalizada. KMO=0.621

Figura 3.5 Representación espacial de la contribución de las variables a los tres primeros factores resultantes del ACP



Factor 1 *Uso de la tierra*: es expresión de la orientación en el uso de la tierra, evidenciado en la relación inversa entre el porcentaje de tierras dedicado al pastoreo y el porcentaje dedicado a pastos cultivados y cultivos agrícolas. Otra variable que se expresa en este factor es la carga animal, un mayor uso agrícola del territorio se asocia a una carga animal más elevada.

Factor 2 *Continuidad de las explotaciones*: este factor relaciona la variable dinámica de las explotaciones (grado de innovación del ganadero en aspectos técnicos, instalaciones, manejo, etc.) con las opciones de continuidad; un mayor índice de dinamismo está asociado a un mayor índice de continuidad.

Factor 3 *Intensificación del manejo y pastoreo*: este factor expresó una relación inversa entre la duración del periodo de pastoreo y la intensificación de la reproducción; es decir, las explotaciones más intensivas tienen periodos de pastoreo más cortos y viceversa.

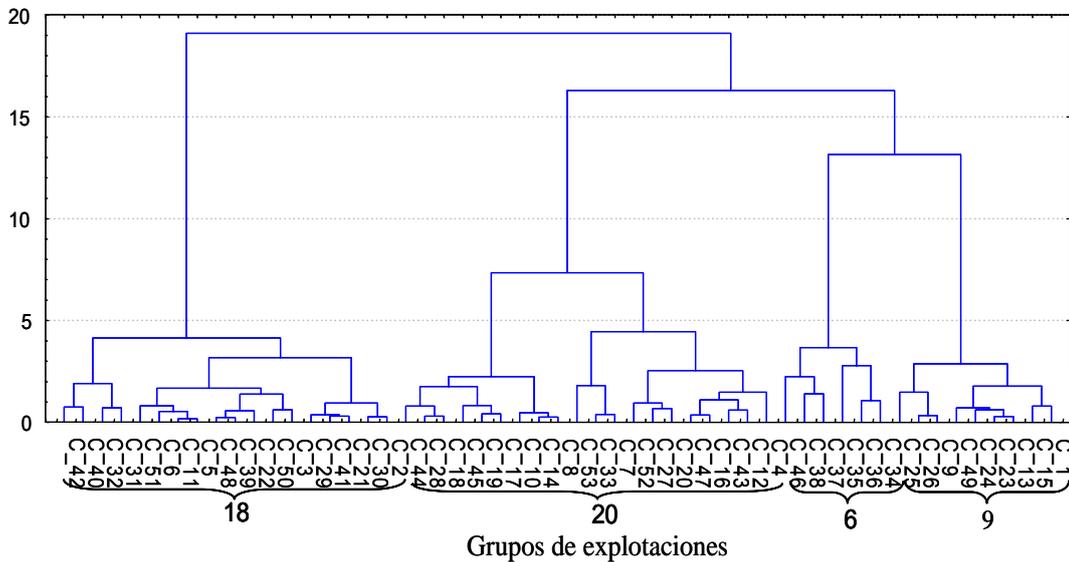
Factor 4 *Intensificación de la reproducción, dinámica de la explotación y trabajo*: este factor relaciona la intensificación de la reproducción con la dinámica de las explotaciones y la intensificación de capital; de manera que a mayor intensificación, mayor es la dinámica o grado de innovación del ganadero y mayor es el número de animales por unidad de mano de obra.

3.5 Tipificación de explotaciones

Se seleccionaron los tres primeros factores (valor propio > 1, 65.7% de varianza explicada) obtenidos en el ACP y se realizó un Análisis de Conglomerados para posteriormente caracterizar los grupos obtenidos.

Se obtuvieron cuatro grupos de explotaciones, el dendrograma de agrupamiento se presenta en la Figura 3.6.

Figura 3.6 Dendrograma de agrupación mediante el método de Ward y Distancia Euclídea al cuadrado



Grupo I (n= 18) *explotaciones intensivas*: es el grupo que presenta el mayor índice de intensificación de la reproducción y la menor cantidad de días de pastoreo. Presenta el mayor índice de dinámica y de continuidad de la explotación, las familias de estos productores poseen comparativamente un alto número de descendientes. Poseen el mayor porcentaje de superficie dentro del Parque y la opinión sobre la influencia del Parque sobre sus explotaciones es la más positiva.

Grupo II (n= 20) *explotaciones con continuidad comprometida*: este grupo es el que proporcionalmente posee más pastos naturales y menos cultivos forrajeros, una duración del periodo de pastoreo relativamente larga y una intensificación intermedia del sistema reproductivo. Estas familias poseen el menor número de descendientes, a la vez que poseen los menores índices de dinámica y de continuidad de la explotación. Estos últimos aspectos indican que estas explotaciones ven comprometida su continuidad en el medio plazo. Cabe agregar que la opinión de los ganaderos de este grupo sobre la influencia del Parque en sus explotaciones es la más negativa.

Grupo III (n= 9) *explotaciones extensivas con buena perspectiva de continuidad*: las explotaciones de este grupo son las de mayores dimensiones, tanto en superficie total como en rebaño. El índice de intensificación de la reproducción es el más bajo. Comparativamente las explotaciones de este grupo disponen de escasa cantidad de cultivos forrajeros y la duración del pastoreo es la más larga de todos los grupos. Estos aspectos indican que estas explotaciones, tanto en su gestión técnica como en el uso del territorio, son las más extensivas. Sin embargo, se observó la mayor intensificación de capital, reflejada en un elevado número de unidades ganaderas por unidad de trabajo. La pluriactividad del ganadero es la más baja de todos los grupos. Por último, este grupo es el que presenta el mayor índice de continuidad de la explotación.

Grupo IV (n= 6) *explotaciones de carácter agrícola*: las explotaciones de este grupo poseen la menor superficie total, sólo alcanzan aproximadamente una tercera parte de la superficie media del resto de los grupos. La proporción de superficie ocupada por pastos es la más baja (de allí su carácter predominantemente agrícola), pero proporcionalmente poseen la mayor superficie de cultivos forrajeros. Esta característica en el uso de la tierra se refleja también en los valores de carga animal, que son muy superiores a los valores de los otros grupos. La duración del período de pastoreo es comparativamente corta. Los ganaderos de este grupo no poseen tierras en propiedad dentro del Parque, pero manifiestan una opinión favorable sobre la influencia del Parque en sus explotaciones. Merece destacarse que las familias de estos productores poseen el mayor número de descendientes, así como un elevado índice de dinámica y de continuidad de la explotación.

Las características de los grupos de explotaciones se muestran en la Tabla 3.2. Debemos aclarar que para la descripción de los grupos se incorporaron otras variables que no fueron consideradas en los análisis anteriores a efectos de obtener información complementaria.

Tabla 3.2 Características medias de los grupos de explotaciones

	G I	G II	G III	G IV	Total
Número de explotaciones	18	20	9	6	53
Unidades ganaderas (UGM)	74.1	70.3	92.8	68.8	76.5
Superficie total (ha)	539.6	512.9	558.2	130.6	435.3
Pastos naturales (ha)	70.5	78.9	72.4	28.7	62.6
Cultivos forrajeros (ha)	13.5	10.1	11.8	86.5	30.5
Carga animal (UGM/ha) (sobre SAU)	0.4	0.4	0.4	2.4	0.9
Superficie dentro del Parque (%)	73.7	56.1	51.2	0.0	45.3
Días de pastoreo	180.0	207.0	325.8	195.0	226.9
Intensificación de la reproducción	4.1	3.0	2.7	3.2	3.25
Número de descendientes	1.2	0.5	1.1	1.3	1.0
Dinámica de la explotación	5.6	2.2	4.4	4.7	4.2
Continuidad de la explotación	1.7	-0.7	2.0	1.3	1.1
Pluriactividad	0.7	0.4	0.2	0.7	0.5
Opinión sobre el Parque	0.9	-0.5	0.3	0.8	0.4
UGM/ UTA	45.8	49.6	59.5	49.2	51.0

3.6 Factores ligados al nivel de intensificación

En los análisis precedentes pudieron observarse relaciones entre la adopción de tecnologías de reproducción intensiva y la utilización de recursos naturales (uso de la tierra y duración del pastoreo). Por esta razón se realizó un análisis Logit, que permitiese confirmar y profundizar en el estudio de estas relaciones.

Los resultados del modelo de regresión logística (Tabla 3.3) indicaron que las variables que expresaron una correlación significativa ($P < 0.05$) con la adopción de sistemas de mayor intensificación de la reproducción fueron la edad del productor, el porcentaje de la superficie total de la explotación dedicada a pastoreo, los días de pastoreo por año y la dinámica de la explotación.

Tabla 3.3 Factores relacionados con la intensificación del sistema reproductivo

Variable	Valor estimado	Odds ratio	P> χ^2
Intercepto	6.2016		0.1073
Edad ¹	-0.1912	0.826	0.0058
UTA	-0.6520	0.521	0.4297
AlPes	0.8712	2.390	0.1269
pSUPast ¹	0.0814	1.085	0.0487
pSUfor ¹	0.0482	1.049	0.0833
Pastoreo ¹	-0.0287	0.972	0.0080
Dinámica	0.4764	1.610	0.0326
Opinión	0.4909	1.634	0.2045
Significación del modelo ²			<.0001
Capacidad predictiva del modelo (%) ³		94.2	

¹ Base de cambio=10

² Bondad del modelo

³ Capacidad predictiva del modelo

Se observa una clara relación ($P<0.01$) entre la intensificación del sistema reproductivo y la duración del periodo de pastoreo; a mayor nivel de intensificación, menor duración del mismo (Figura 3.7).

También se observa una relación inversa con la edad del ganadero ($P<0.01$), es decir, los sistemas intensivos de reproducción son adoptados por los productores de menor edad, mientras que los de mayor edad tienden a adoptar los de menor nivel de intensificación (Figura 3.8).

Asimismo, las explotaciones más dinámicas son las que muestran mayores niveles de intensificación de la reproducción ($P<0.05$) (Figura 3.9). Además el Odd Ratio (OR) es el más elevado (1.61), lo cual indica que la probabilidad de adopción de

tecnologías intensivas en el manejo reproductivo se incrementa 1.61 veces cuando el ganadero se ha mostrado más innovador en una unidad en los últimos 10 años.

En términos de uso de la tierra, los sistemas intensivos muestran una tendencia hacia mayor área de pastos (en detrimento de la orientación agrícola) y cultivos forrajeros ($P < 0.05$ y $P < 0.1$, respectivamente). La proporción de cultivos forrajeros puede considerarse como un indicador de intensificación en el uso de la tierra dedicada a la alimentación del ganado.

Aunque la suplementación en pesebre sólo mostró una tendencia a relacionarse con la intensificación del sistema reproductivo ($P = 0.13$), su OR fue el más elevado ($OR = 2.39$), lo que indica que cuando la probabilidad de adoptar sistemas intensivos en reproducción se incrementa 2.39 veces la suplementación se incrementa en una unidad.

Figura 3.7 Relación entre el sistema reproductivo y la duración del periodo de pastoreo

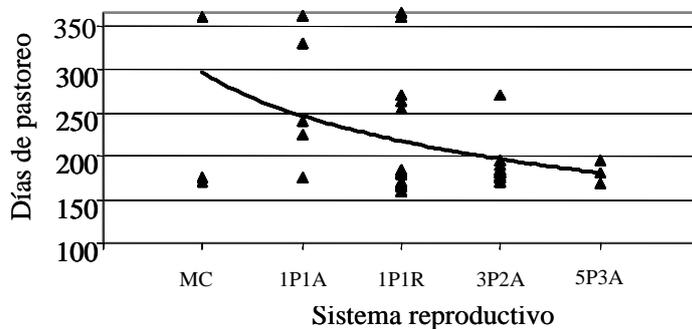


Figura 3.8 Relación entre el sistema reproductivo y la edad del productor

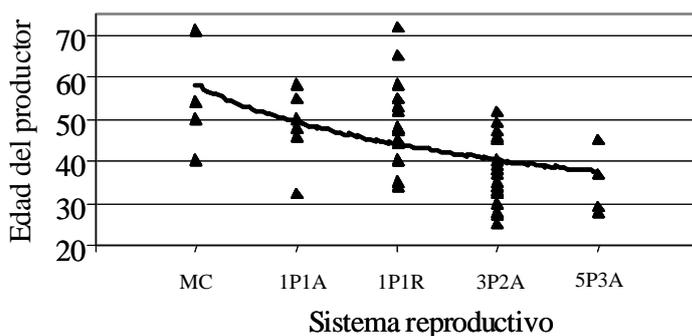
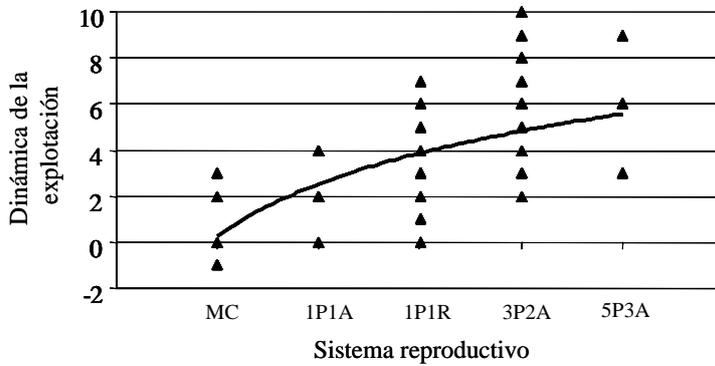


Figura 3.9 Relación entre el sistema reproductivo y la dinámica de la explotación



4 Discusión

En relación a los factores en desequilibrio que amenazan la sostenibilidad del PSCG descritos por Bernués *et al.* (2005), este trabajo profundizó en el estudio de las relaciones entre el modo de gestión de las explotaciones y el uso del territorio y la continuidad de las mismas. Fundamentalmente quedó evidenciada una fuerte relación entre el nivel de intensificación de la reproducción y el pastoreo en cuanto a su organización espacio-temporal. Por otra parte, cabe destacar que una importante proporción de las explotaciones ha evidenciado bajos índices de continuidad, con lo que ven comprometida su permanencia a medio plazo.

4.1 Gestión de explotaciones y uso de la tierra

Con respecto a la relación entre el manejo de las explotaciones y el uso del territorio, el ACP (Factor III) y el modelo Logit pusieron de manifiesto que conforme hay un mayor nivel de intensificación de la reproducción se produce una reducción de los días de pastoreo. Esto también pudo observarse en la tipificación de explotaciones, ya que el Grupo I, que presentó el mayor índice de intensificación de la reproducción,

fue el de menor cantidad de días de pastoreo e, inversamente, el Grupo III, con el menor índice de intensificación de la reproducción, fue el de mayor cantidad de días de pastoreo.

La adopción de sistemas de mayor nivel de intensificación está normalmente relacionada con problemas de disponibilidad de mano de obra (falta de pastores) o necesidades de organización de la misma; asimismo, el rechazo de algunos ganaderos, especialmente los más jóvenes, a determinadas condiciones de trabajo puede ser motivo de intensificación (Caballero, 1999). No debemos olvidar el papel que juega la búsqueda de opciones productivas que permitan aumentar la rentabilidad de las explotaciones (Pardos y Oliván, 2000; Castel *et al.*, 2003). Estas opciones productivas normalmente favorecen una mejor planificación del trabajo en la explotación; así, los sistemas reproductivos intensivos permiten una mayor planificación de actividades como las cubriciones, parideras, destete, etc. a lo largo del año. Además, la adopción de tecnologías reproductivas intensivas suele estar ligada a otras tecnologías de manejo, como el vallado de áreas de pastoreo o la automatización de los sistemas de alimentación (ej. raciones completas a libre disposición), que reducen considerablemente la carga de trabajo, pero contribuyen a reducir la intensidad y duración del pastoreo.

Con la intensificación también se procura incrementar el número de corderos producidos o producirlos fuera de estación, siguiendo la estrategia de una mayor estabulación y utilización de pastos cultivados para alimentar a los animales gestantes y lactantes (Lasseur, 2005). Los regímenes de mayor productividad numérica implican un incremento proporcional en el rebaño de categorías de animales de elevados requerimientos nutricionales (ovejas gestantes y lactantes). Conforme se señaló en trabajos realizados en rebaños que pastan en el PSCG (Riedel *et al.*, 2004), estas categorías encuentran dificultades para cubrir sus requerimientos nutricionales con el pastoreo sobre pastos naturales, lo que explicaría la reducción del mismo en los sistemas más intensivos. En consecuencia, puede decirse que los regímenes de mayor intensificación implican necesidades nutricionales más elevadas que el pastoreo extensivo, en este tipo de pastos Mediterráneos, no llega a cubrir. Por este motivo se

adopta un manejo de la alimentación que implica un incremento de los períodos de estabulación y del empleo de insumos externos al sistema, lo cual tiene como efecto inmediato la menor utilización de las áreas de pastoreo (Manrique *et al.*, 1992; Bernués *et al.*, 2002).

Por otra parte, implica la elección de áreas de pastoreo de alta calidad, con fácil orografía y baja cobertura de arbustos, lo cual minimiza el costo energético del animal en pastoreo. Por este motivo, ciertas áreas tienen una importancia menor para los ganaderos y son escasamente aprovechadas. Esto provoca la concentración del pastoreo en las áreas más favorables (Asensio *et al.*, 2004), mientras en otras se observan procesos de embastecimiento y pérdida de calidad ambiental, lo que ha sido señalado por Bernués *et al.* (2005) como una de las situaciones que amenazan la sostenibilidad en el PSCG.

Cabe agregar que en el análisis Logit se observó que la intensificación de la reproducción se relacionó con una disponibilidad porcentual mayor de área de pastos naturales (menor orientación agrícola). Esto último implica un aprovechamiento con menores cargas y mayores posibilidades de selección de sectores favorables para pastoreo, con lo que gran parte de la superficie permanece infrautilizada, con las consecuencias que se señalaran precedentemente.

Si bien en otros trabajos (Castel *et al.*, 2003) se señala que la intensificación es la respuesta a la escasa superficie disponible, no fue así en el caso del Grupo 1, ya que los mayores niveles de intensificación reproductiva no correspondieron a explotaciones de escasa superficie. También pudo observarse que las explotaciones que presentaron menor superficie evidenciaron elevada proporción de cultivos forrajeros (Grupo 4), pudiendo asumirse que esta intensificación en el uso de la tierra es una estrategia para solventar esta limitante. Cabe agregar que esta orientación agrícola implica una elevada carga animal, pero no necesariamente indica que esta carga se dirija a un aprovechamiento más intenso de los pastos naturales, más bien puede atribuirse a la alta capacidad de carga que Asensio *et al.* (2004) señalaron para los cultivos.

Diversos autores (Delgado y Moreira, 2000; Jeanneret *et al.*, 2003; Nentwig, 2003) destacan que la extensificación desempeña un destacado papel en el mantenimiento de la biodiversidad y el paisaje agrícola. En otros trabajos desarrollados en este territorio (Riedel *et al.*, 2005c) y otros de similares características (Torrano y Valderrábano, 2004; Casasús *et al.*, 2005) se han demostrado los efectos que a nivel ambiental produce la reducción del pastoreo. Como tal, y teniendo en cuenta la estrecha relación observada en este trabajo entre intensificación de la reproducción y la reducción del pastoreo, este aspecto debe asumirse como un elemento de interés hacia donde dirigir futuras investigaciones y futuros planes de gestión sostenible de éste y otros espacios naturales de características similares.

4.2 Dinámica de las explotaciones, continuidad y pluriactividad

El segundo aspecto relevante en este trabajo se refiere a la continuidad de las explotaciones. Debe destacarse que la continuidad resultó una variable relacionada con la dinámica de la explotación o grado de innovación del ganadero (Factor II). Esta relación indicó que las expectativas de continuidad de la explotación de alguna manera permiten o impulsan un mayor grado de innovación técnica y de manejo. Así, puede considerarse que la dinámica se retroalimenta con la continuidad, aspecto de vital importancia desde el punto de vista de la consolidación de las explotaciones en el medio. Sin embargo, el Factor IV evidenció un incremento del grado de intensificación asociado a explotaciones más dinámicas.

Como resultado de esta realidad compleja, la tipología obtenida en este trabajo mostró, por un lado, un pequeño grupo de explotaciones (n=9) con los periodos de pastoreo más prolongados, la mayor continuidad y un nivel de adopción de tecnología intermedio, pero por otro, un grupo grande de explotaciones (n=20) con largos periodos de pastoreo pero muy bajo nivel de continuidad y grado de dinamismo del ganadero. Así pues, no se puede establecer una relación directa entre la continuidad de las explotaciones y el uso del territorio, porque los índices más elevados de continuidad se

dieron en grupos muy diferentes: Grupo 1, el más intensivo, y Grupo 3, el más extensivo tanto en sistema reproductivo como en manejo del pastoreo.

“Sin embargo, numéricamente, en el PSCG son más abundantes las primeras (n=18) que las segundas (n=9). El hecho de que haya un gran grupo de explotaciones extensivas sin continuidad (Grupo II, n=20) apoya la previsión de que en el futuro pueda aumentar la proporción de explotaciones intensivas y reducirse el aprovechamiento de los recursos naturales del Parque. No obstante, la existencia del Grupo III indica que, en determinadas circunstancias que dependen del sistema familia-explotación, un manejo adecuado, que optimice la relación entre los insumos y la producción del rebaño, no es obstáculo para la continuidad de las explotaciones extensivas”.

Sin embargo, parece claro que la permanencia en el tiempo de un grupo numeroso de explotaciones (Grupo 2), que mostró un manejo deseable desde el punto de vista ambiental, es incierta. Esta baja expectativa de continuidad puede atribuirse fundamentalmente al bajo número de descendientes, aspecto que normalmente resulta determinante (Castel *et al.*, 2003).

Por otra parte, y tal como se reflejara en otros trabajos (Pardos y Oliván, 2000; Castel *et al.*, 2003), se observó que las explotaciones con mayor índice de continuidad son las de mayores dimensiones en cuanto a superficie y rebaño. Este es el caso particular del Grupo I, pero como ya se ha señalado, este grupo presenta la menor duración del periodo de pastoreo. Teniendo en cuenta que éste es un grupo numeroso (18 explotaciones), deberían estudiarse alternativas de gestión que signifiquen un incremento del aprovechamiento de los pastos naturales en este tipo de explotaciones relativamente intensivas.

La pluriactividad estuvo relacionada de manera inversa con la intensificación de capital (número de UGM por UTA), confirmando lo señalado por Bernués *et al.* (2005) y Strijker (2005), quien por su parte atribuye este efecto al bajo valor relativo de los productos agrarios. Los grupos de mayor pluriactividad (Grupos I y IV) mostraron

valores menores de este indicador, pero es importante destacar que esto no afectó la continuidad de las explotaciones, ya que en estos grupos se observaron altos valores para el índice de continuidad.

Este es un dato importante, ya que las actividades complementarias al trabajo agrario están en la mayoría de los casos ligadas al sector servicios (trabajo en el Parque) y al turismo rural, actividades que tienen un punto de encuentro con la ganadería en la preservación de los valores ambientales y del paisaje. Desde este punto de vista, y especialmente observando otras experiencias (Flamant *et al.*, 1999; Ohe, 2001; Sofer, 2001; Safilios-Rothschild, 2003) la pluriactividad debe contemplarse como un elemento de diversificación económica que contribuye a la sostenibilidad, evitando el desplazamiento de la actividad agraria por otras como el turismo.

4.3 La ganadería extensiva como herramienta de gestión sostenible de espacios semi-naturales

El PSCG posee un paisaje con una destacada riqueza en formas biológicas, generado por una actividad agraria milenaria. En esta situación, los cambios en la forma de intervención y uso de la tierra se convierten en una situación de disturbio (Perevolotsky y Etienne, 1999), dado que la reducción o el cese del pastoreo del ganado permite la emergencia de especies vegetales que por su carácter dominante reducen la diversidad vegetal y de la fauna asociada a ésta (Suarez-Seoane *et al.*, 2002; Warda y Rogalski, 2004; Pykälä *et al.*, 2005; Tallowin *et al.*, 2005). Además, se producen cambios en la relación de estratos vegetales (incremento de arbustos) e incrementos en la biomasa muerta (Riedel, 2004) lo que incrementa el riesgo y las consecuencias negativas de los incendios forestales (Vicente *et al.*, 2000).

Los resultados del trabajo permitieron identificar los factores relacionados con los modos de gestión de explotación que mayor incidencia tienen sobre el uso del territorio. También permitieron agrupar las explotaciones en función de características estructurales, técnicas y sociales que en alguna medida indican sus posibilidades de

permanencia en el tiempo. Esta información puede aportar a las autoridades gestoras del PSCG argumentos para orientar su gestión hacia modelos que potencien las posibilidades de auto-reproducción de las explotaciones y el uso pastoral del territorio.

En este sentido, y especialmente por el carácter de espacio natural protegido, la opción por la producción de bienes y servicios ambientales adquiere mayor relevancia en detrimento de la maximización de la producción. Por tanto, deben valorarse las posibilidades de reconversión de las explotaciones hacia sistemas más extensivos, con menores índices productivos, pero también con menores costos y ambientalmente más deseables, que como se ha observado en este trabajo, no tienen porque suponer una amenaza a la continuidad de las explotaciones.

En línea con lo anterior, y desde este punto de vista la orientación de las ayudas agrarias y agro-ambientales, éstas deberían tener un objetivo de compensación por la pérdida productiva que pudiera implicar la extensificación. Éste, según Oglethorpe (2005), puede ser un criterio más asumible por la sociedad en general, ya que los bienes y servicios ambientales y paisajísticos son legítimos desde el punto de vista ético, y la sociedad está más dispuesta a pagar por ellos.

No obstante, el desarrollo sostenible no debe dejar de lado los aspectos productivos, y por tanto han de buscarse alternativas que permitan que las explotaciones sean autosuficientes desde el punto de vista económico.

5 Conclusiones

- Existe una relación clara entre el nivel de intensificación de la explotación, medida en función del sistema reproductivo adoptado, y el uso de la tierra en el PSCG.

- Los sistemas más intensivos en manejo reproductivo, tendientes a aumentar el número de corderos producidos por oveja y año, suponen una disminución del pastoreo, tanto por la reducción del periodo de pastoreo como por un mayor porcentaje de

animales con altas necesidades nutricionales (ovejas gestantes y lactantes) que permanecen estabulados. Se produce, por tanto, una substitución de recursos propios de la explotación por insumos externos en explotaciones intensivas.

- La continuidad de las explotaciones es un factor crítico de sostenibilidad en el PSCG. Los mayores problemas de continuidad de la actividad agraria en el medio plazo se dan en un grupo de explotaciones cuyo manejo del pastoreo puede considerarse deseable en términos medioambientales.

- Además, las explotaciones con mayores probabilidades de permanencia son más dinámicas puesto que el ganadero es más innovador en términos de las tecnologías adoptadas. Sin embargo, son precisamente estos ganaderos los que más han intensificado la producción en los últimos años.

- La pluriactividad de los ganaderos y sus familias no parece competir, en términos generales, con la actividad agraria, y no afecta a la continuidad de las explotaciones.

- Se ha observado una gran diversidad de sistemas de explotación. La clasificación de las explotaciones en este trabajo ha identificado grupos homogéneos con problemáticas específicas, lo que puede permitir una priorización de intervenciones y un diseño de políticas agro-ambientales diferenciado en función de los objetivos de gestión y la situación particular de cada explotación o grupo de explotaciones.

CAPÍTULO 4

*Estado y evolución de las formaciones vegetales arbustivas del PSCG.
Efectos del pastoreo sobre su dinámica*

CAPÍTULO 4

Estado y evolución de las formaciones vegetales arbustivas del PSCG. Efectos del pastoreo sobre su dinámica

1 Introducción

Los ambientes de media montaña mediterránea constituyen en la actualidad sistemas socioeconómicos complejos en los que interaccionan las actividades tradicionales, agricultura y ganadería, con nuevas actividades fundamentalmente vinculadas a una creciente actividad turística. Estos sistemas se desempeñan en un medio seminatural que conforma un paisaje tipo mosaico, en el que alternan áreas cultivadas, áreas con vegetación espontánea herbácea y/o leñosa y otras áreas con afloramientos rocosos o cauces fluviales. Esto conforma espacios de gran valor paisajístico y ecológico por estar dotados de una flora y fauna adaptados a la milenaria actividad humana, actividad que por otra parte le otorgó la estructura y funciones por las que hoy son valorados.

Pese a que la intervención humana fue históricamente intensa en estos ambientes, se alcanzó un equilibrio que fue sostenido en el tiempo. La vegetación formó comunidades compuestas por especies con capacidad de respuesta a la herbivoría y se conformó una fauna adaptada a esta situación (Perevolotsky y Etienne, 1999; Montserrat, 2001).

El nuevo orden socioeconómico de las últimas décadas está conduciendo a una sostenida reducción de la actividad agraria (Lasanta, 1989) y a cambios en los sistemas de producción que implican una menor utilización pastoral del territorio (Riedel *et al.*, 2005a). Esto implica una reducción del pastoreo que produce substanciales modificaciones a nivel del sistema biológico (Gutman *et al.*, 1999; Pykälä *et al.*, 2005).

El PSCG no escapa al referido fenómeno de la despoblación y los cambios de uso del suelo. En este espacio, según describe Montserrat (1986), una parte importante de las comunidades climácicas presentaban un estrato arbóreo con un estrato arbustivo y

herbáceo empobrecidos. Actividades humanas como la extracción de madera, la agricultura, la ganadería y la construcción de infraestructuras generaron espacios abiertos que pudieron ser colonizados por leñosas invasoras, pero el laboreo de los campos de cultivo, la actividad del ganado doméstico y la misma actividad humana controlaron estos procesos manteniendo espacios abiertos a la vista y espacios transitables dentro de la vegetación de porte arbóreo (Montserrat, 2001).

Actualmente en el paisaje pirenaico los aterrazamientos de cultivo son progresivamente ocupados por el matorral de arbustivas y en los campos de pastoreo se produce un incremento del estrato arbustivo (García-Ruiz *et al.*, 1996) que dificulta el tránsito de personas y animales (Bartolomé *et al.*, 2005). A esto se agrega el fenómeno de la despoblación del medio rural, constituyéndose en factores que ocasionan un significativo deterioro de diversas variables socio ambientales (MacDonald *et al.*, 2000). Este es un aspecto particularmente importante en el PSCG dado el reconocido atractivo que le otorgan las formaciones kársticas de sus montañas calizas.

Este incremento proporcional del estrato arbustivo también afecta los valores ecológicos del territorio. El estado de equilibrio alcanzado en la diversidad de formas biológicas, se ve alterado por la reducción o el cese de la actividad agraria (Gutman *et al.*, 1999). Esto es atribuible a que el proceso sucesional que se inicia ante la reducción del laboreo de tierras y del pastoreo, implica la colonización de los espacios abiertos por parte de unas pocas especies vegetales fuertemente competitivas (Manier y Hobbs, 2006) que condicionan el hábitat para numerosas especies de menor eficacia competitiva, por lo que se produce pérdida de biodiversidad (Rhazi *et al.*, 2004).

A pesar de los referidos efectos negativos del incremento del estrato arbustivo, éste constituye simplemente un proceso que naturalmente debe concluir en un ecosistema similar a la vegetación climática, situación que podría ser considerada como “deseable” desde el punto de vista estrictamente ecológico.

Cabe considerar que una moderada presencia del estrato arbustivo en los campos de pastoreo ejerce un efecto beneficioso, tanto en términos productivos como

ambientales. En términos productivos, por la contribución de numerosas especies leñosas a la dieta de los herbívoros domésticos, que consumen sus hojas, ramas tiernas y frutos obteniendo compuestos nutricionales que conforman dietas más diversificadas que las constituidas únicamente por especies gramíneas. Este aporte de forraje muchas veces tiene un significado estratégico en el aspecto productivo, especialmente en regiones con prolongados períodos secos, ya que está disponible en momentos en que otras especies pastorales no están presentes (Papachristou y Nastis, 1996; Papachristou *et al.*, 2005).

En términos ambientales, los arbustos generan microhábitats que son ocupados por especies vegetales de menor porte que reciben protección de la herbivoría; en este sentido también debe destacarse que las especies arbóreas encuentran protección en sus estadios más sensibles favoreciéndose su implantación (Plaixats y Bartolomé, 2001). También cabe agregar que la presencia del estrato arbustivo como estrato intermedio genera diversidad de hábitats para la fauna silvestre (Novoa *et al.*, 2002).

El ganado doméstico en estos espacios participa de múltiples interacciones con la vegetación. Desde la orientación de este trabajo, se subraya el hecho de que un pastoreo moderado controla las especies dominantes, propiciando la emergencia y establecimiento de especies de menor eficacia competitiva, favoreciendo así la biodiversidad (Noy-Meir *et al.*, 1989; Hartnett *et al.*, 1996; Collins *et al.*, 1998; Warda y Rogalski, 2004). Específicamente en referencia al estrato arbustivo, se ha comprobado que distintas especies de herbívoros domésticos -bovinos (Allen y Bartolomé, 1989; Casasús *et al.*, 2005), equinos (Rigueiro *et al.*, 2004), ovinos (Rosen y Bakker, 2005) y caprinos (Valderrábano y Torrano, 2000)- ejercen una activa función de control de la densificación del estrato arbustivo sea por consumo o por actividad.

En referencia a este aspecto, distintos autores remarcan el efecto negativo de los cambios de uso del suelo y la necesidad de la búsqueda de opciones que permitan mantener o incrementar el pastoreo del ganado en distintos espacios de la media montaña mediterránea europea (Bartolomé *et al.*, 2000; Tallowin *et al.*, 2005). Así asumidos los efectos del pastoreo, la ganadería comienza a ser considerada como una

herramienta eficaz para mantener los valores socio-ambientales y económicos del territorio (Kramer *et al.*, 2003; Gibon, 2005; Bernués *et al.*, 2006). Cabe destacar que este aspecto adquiere especial relevancia en los espacios naturales protegidos como el PSCG, donde el mantenimiento de estos valores se torna objetivo predominante.

Pero a estos efectos, se requiere el conocimiento previo de algunos aspectos fundamentales para ajustar la gestión de la actividad ganadera. En primer lugar, determinar y cuantificar si efectivamente el territorio se encuentra en un proceso sucesional a través de las modificaciones temporales de la biomasa y el número de ejemplares. También es necesario determinar la composición específica del estrato, lo cual informa sobre la dinámica sucesional mediante especies indicadoras (Chapin III *et al.*, 1997; Noy-Meir y Briske, 2002). Por otra parte, las especies arbustivas presentan un comportamiento frente al pastoreo altamente variable, materializándose numerosas interacciones que hacen insuficiente la información genérica sobre la preferencia por parte de una especie de ganado doméstico, con lo que la determinación *in situ* de este comportamiento aporta información real y directa para planificar la gestión de estos espacios seminaturales.

En este capítulo se plantearon como **objetivos**:

-determinar la situación sucesional actual del estrato arbustivo a partir de la evolución del volumen aéreo, la biomasa y el número de ejemplares en las actuales condiciones de intervención, y

-valorar el efecto del pastoreo sobre el estrato arbustivo en base a la comparación de la evolución del volumen, la biomasa y el número de ejemplares, entre áreas pastadas y áreas de exclusión al pastoreo.

2 Material y métodos

Según se describe en el apartado material y métodos generales, se instalaron 12 jaulas de exclusión al pastoreo de 10 x 10 m al comienzo del ensayo (dos en cada zona). En el interior de cada jaula de exclusión se instaló un transecto fijo de 1 x 10 m (sin acceso del ganado) para obtener valores en área no pastada y otro afuera en su proximidad (menos de 20 m de distancia de la jaula) con libre acceso del ganado para los valores de áreas pastadas.

Inmediatamente instalados los transectos, se identificaron y marcaron todos los ejemplares de arbustos que quedaron en su interior. En el Anexo 2 se proporciona una lista de las especies inventariadas (Tabla A.4.4) así como su contribución porcentual del número de individuos presentes según la zona de control (Figura A.4.5). En el mismo anexo se consignan los porcentajes de cobertura de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo al comienzo del ensayo (Tabla A.4.5).

Para la valoración del volumen y la biomasa se emplearon métodos no destructivos. A este efecto se tomaron las medidas aéreas de los ejemplares marcados todos los años en primavera, antes del comienzo de la estación de pastoreo. Las medidas registradas fueron altura, diámetro mayor y diámetro menor.

La estima de la biomasa arbustiva se realizó a partir del volumen aéreo teórico de la planta. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada por su buena correlación con la biomasa y por ser no destructiva (Murray y Jacobson, 1982; Patón *et al.*, 1998; Torrano, 2001; Casasús *et al.*, 2005). Para esto, primeramente se determinó el volumen, considerando a la planta como un cilindro de base elíptica, y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen} = (\pi/4) * \text{diámetro longitudinal} * \text{diámetro transversal} * \text{altura}$$

Obtenido el volumen aéreo se obtuvo la biomasa. Para el cálculo se tomaron a las especies más representativas, que constituyeron el 77% del total de los ejemplares

marcados (referido a la frecuencia absoluta del número de ejemplares). Se aplicaron las ecuaciones para la determinación de la biomasa que se consignan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Ecuaciones de predicción de la biomasa a partir del volumen aéreo teórico de las especies arbustivas

Especie	Ecuación
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC.	$MS(g) = 1175.6 * Vol. (m^3)$ Torrano (2001)
<i>Buxus sempervirens</i> L.	$MS(g) = 1267.9 * Vol. (m^3)$ Torrano (2001)
<i>Prunus spinosa</i> L.	$MS(g) = 696.7 * Vol. (m^3)$ Torrano (2001)
<i>Thymus sp.</i>	$MS(g) = 1801.2 * Vol. (m^3)$ Torrano (2001)
<i>Santolina chamaecyparissus</i> L.	$MS(g) = 3551.1 * Vol. (m^3)$ Riedel et al. (2005b)
<i>Echinopartum horridum</i> (Vahl.) Rothm. (<i>Genista horrida</i> (Vahl) DC.).	$MS(g) = 3551.1 * Vol. (m^3)$ Riedel et al. (2005b)

Las diferencias interanuales de crecimiento se determinaron en forma de tasas de crecimiento que se obtuvieron según la siguiente fórmula:

$$Crecimiento = (volumen\ final - volumen\ inicial) / volumen\ inicial$$

El número de ejemplares de cada especie se determinó por conteo del número total de pies que se encontraban dentro de los transectos en cada año de control.

Para el análisis de datos de volumen y biomasa total, volumen por zonas y biomasa por especies se utilizaron técnicas estadísticas no paramétricas, que son menos restrictivas en cuanto a la distribución poblacional de los datos de los que procede la muestra analizada. Se optó por este procedimiento ya que la serie de datos no cumplió con el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de test paramétricos. Se realizaron el test de Wilcoxon, que es la técnica no paramétrica alternativa a la T de Student para el contraste de medias de muestras pareadas y el test de Kruskal-Wallis en las variables incremento de volumen e incremento de biomasa para las clases Pastado -

No Pastado. Este test es el equivalente al ANOVA a una vía para analizar diferencias entre factores con varios niveles. Para estos análisis se empleó el procedimiento N-par1way del programa estadístico SAS (SAS, 1990).

3 Resultados

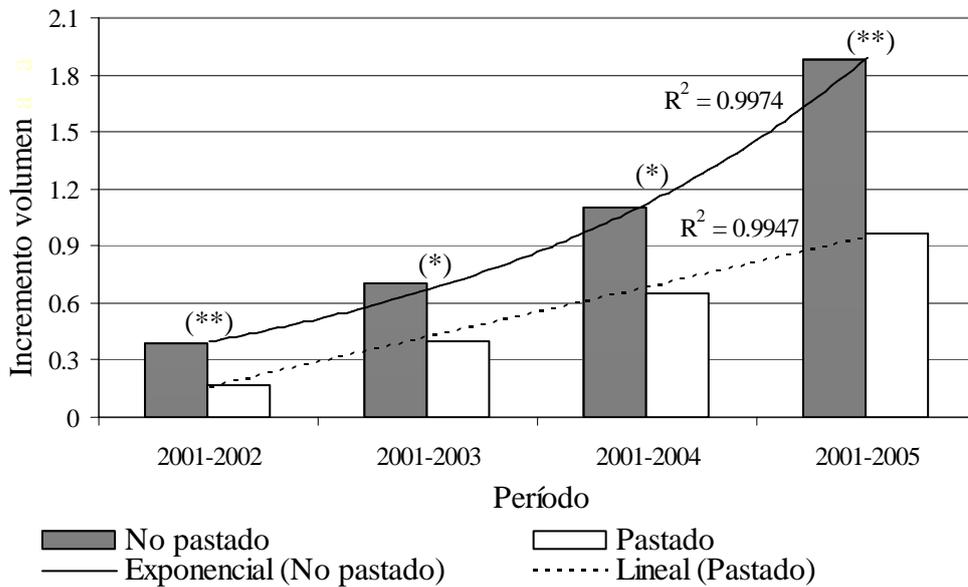
A efectos de determinar la situación de la vegetación arbustiva, en cuanto a su dinámica sucesional, se obtuvieron y procesaron los valores de volumen y biomasa durante cinco años. Estos resultados se presentan en forma de tasas de incremento respecto al primer registro obtenido en la primavera del año 2001. Se destaca la pertenencia de los registros a las Áreas Pastadas o a las áreas de exclusión al pastoreo, con el objeto de determinar el efecto del pastoreo con el actual sistema de utilización.

En primer lugar se presentan los resultados globales de volumen y biomasa, incluyendo en el análisis las seis zonas de control y todas las especies arbustivas. Seguidamente se presentan los resultados correspondientes a cada zona y los resultados por especies. Finalmente se presentan los resultados referidos a la evolución del número de ejemplares.

3.1 Análisis global del volumen en las seis zonas de control de especies arbustivas

En cuanto al volumen, en el análisis global se observaron incrementos en todos los períodos controlados. Es de destacar que estos incrementos fueron observados tanto en las Áreas Pastadas como en las Áreas No Pastadas, aunque en estas últimas el incremento fue significativamente superior al observado en las Áreas Pastadas ($P < 0.05$ en los períodos intermedios y $P < 0.01$ en el primero y último control) (Figura 4.1).

Figura 4.1 Evolución del volumen aéreo total en Áreas Pastadas y No Pastadas

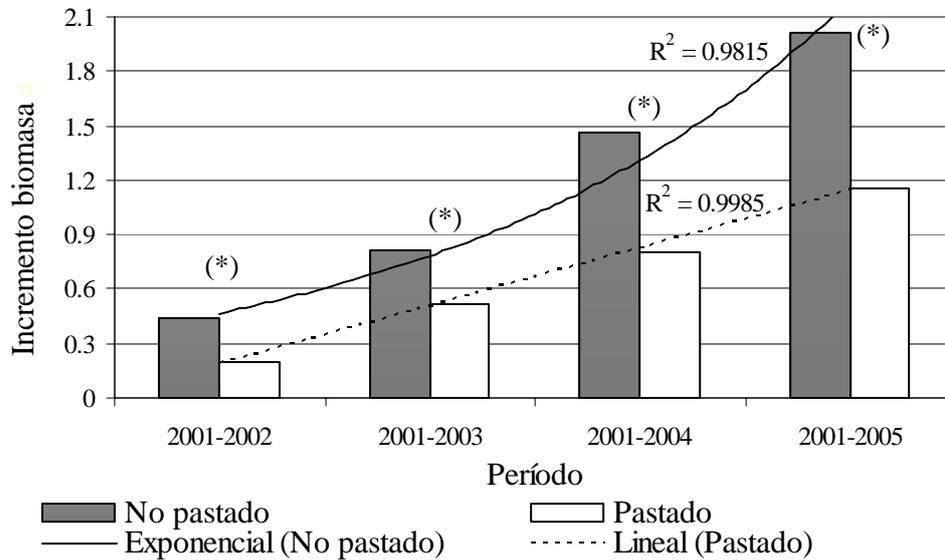


Notas: Incremento volumen (eje Y) corresponde a incrementos sobre el valor inicial según la fórmula: $(\text{volumen final} - \text{volumen inicial}) / \text{volumen inicial}$. Esto se aplica a la totalidad de los resultados presentados como incrementos de volumen.

P<0.05: Diferencias significativas (*); P<0.01: diferencias muy significativas (**); P<0.001: diferencias altamente significativas (***)

En este mismo sentido, los resultados obtenidos en biomasa arbustiva aérea, contemplando las especies más representativas en cuanto a frecuencia absoluta del número de ejemplares -*Genista scorpius*, *Buxus sempervirens*, *Prunus spinosa*, *Thymus sp.*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Echinopartum horridum* y *Santolina chamaecyparissus*-, evidenciaron tasas de crecimiento sostenidas durante todo el período de control. También en este caso se observó que el incremento fue superior en las áreas en las que el pastoreo fue restringido (P<0.05 en todos los períodos de control) (Figura 4.2).

Figura 4.2 Evolución de la biomasa aérea total en Áreas Pastadas y No Pastadas



El significativo incremento observado en el estrato arbustivo en ambas variables (volumen y biomasa), puso de manifiesto que este estrato no se encuentra estable, sino en una fase de transición hacia estados con mayor presencia de arbustos.

También pudo observarse que el pastoreo interviene en la dinámica sucesional de este estrato, ya que las tasas de crecimiento resultaron significativamente menores en las Áreas Pastadas, pero hay que subrayar que no detiene la tendencia hacia la matorralización.

3.2 Análisis por zonas de control del volumen aéreo de especies arbustivas

En las zonas de control se pudo comprobar la misma dinámica observada en el análisis global, ya que todas las zonas evidenciaron incrementos de volumen y biomasa en el estrato arbustivo (Figura 4.3). No obstante, la magnitud fue variable entre zonas, destacándose la zona de Bonés (Figura 4.3c), como la más dinámica, y la zona de San Juan (Figura 4.3f) como la más estable.

Por otra parte, el efecto del pastoreo fue variable entre zonas, solamente en la zona de San Juan (Figura 4.3f) este efecto fue nulo, pero en el resto de las zonas, en todos los casos, se puso de manifiesto un efecto de control del incremento de volumen por parte del pastoreo. En la zona de Rodellar (Figura 4.3e) los incrementos fueron significativos ($P < 0.1$) en tres períodos de control; en Almazorre (Figura 4.3a), Bonés (Figura 4.3c) y La Fueva (Figura 4.3d) los incrementos resultaron significativos ($P < 0.1$) en los últimos períodos de control (diferencias entre el valor del último año de control y el valor inicial); y finalmente, en la zona de Bentué (Figura 4.3b) los incrementos fueron significativos ($P < 0.1$) en el penúltimo año de control. En todos los períodos restantes y en todas las zonas (a excepción de San Juan) se observó una tendencia clara de un crecimiento menor en las zonas pastadas por el ganado, atribuible a su consumo o actividad.

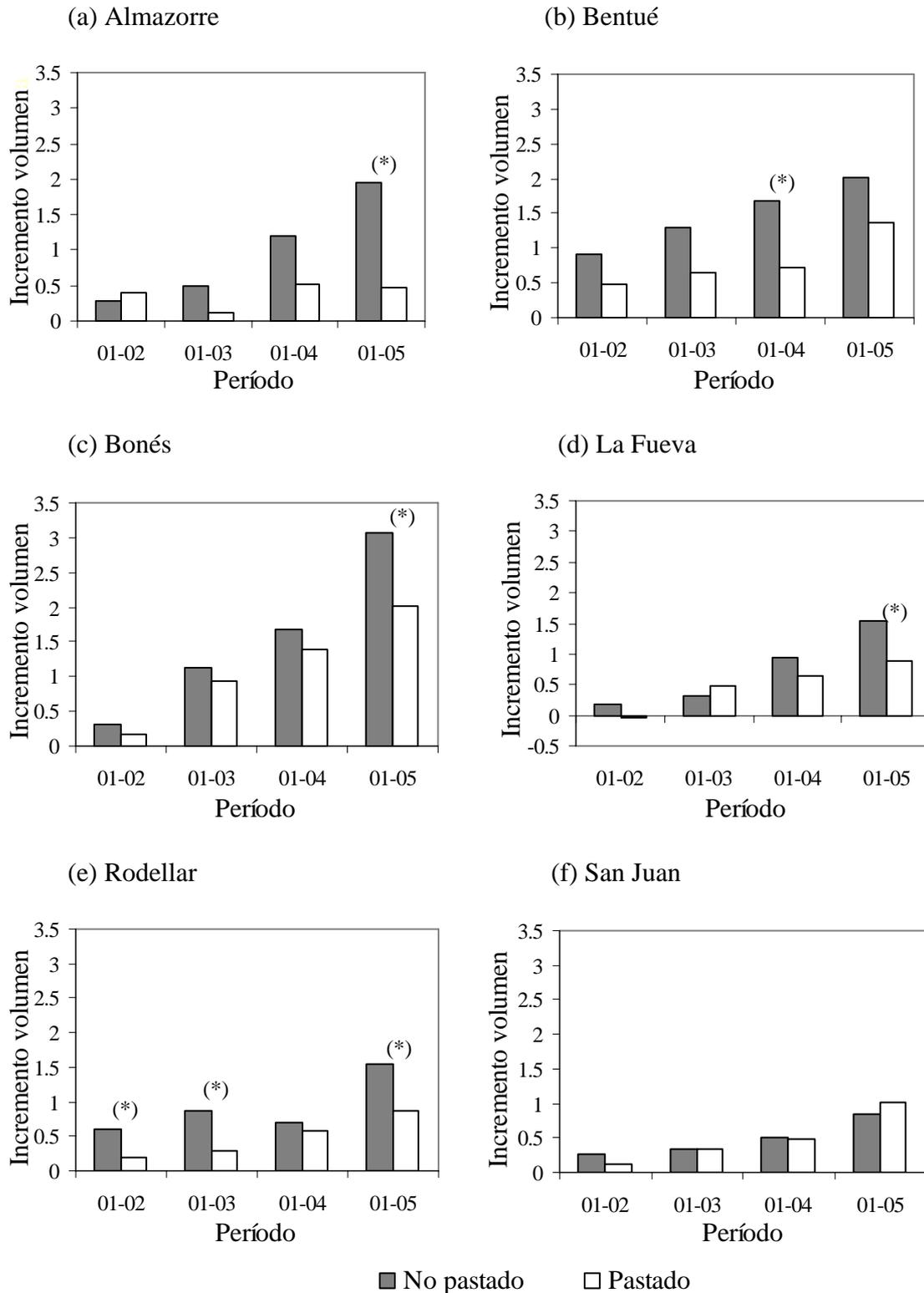
3.3 Análisis por especie de la biomasa aérea de especies arbustivas

En todas las especies controladas se observaron incrementos de biomasa a lo largo del período de estudio. Estos incrementos se observaron tanto en las Áreas Pastadas como en las No Pastadas, aunque en general fueron menores en las Áreas Pastadas (Figura 4.4), confirmando el ya referido efecto del pastoreo sobre el control del incremento de volumen y biomasa del estrato arbustivo.

Sin embargo, se observó que la respuesta varió entre especies. Solamente en *Echinopartum horridum* (Figura 4.4b) los efectos del pastoreo fueron nulos, pero en otras especies las tendencias fueron muy claras, con diferencias significativas en algunos períodos de control (*Buxus sempervirens* (Figura 4.4a) en 2001-2004 ($P < 0.1$), *Prunus spinosa* (Figura 4.4d) en 2001-2005 ($P < 0.1$) y *Thymus sp.* (Figura 4.4e), que fue la especie que evidenció más intensos efectos del pastoreo en 2001-2002 ($P < 0.001$), 2001-2003 ($P < 0.001$) y 2001-2005 ($P < 0.05$). En el caso de *Genista scorpius* (Figura 4.4c) se demostró la misma tendencia, pero las diferencias entre Pastado y No Pastado no fueron significativas.

Cabe destacar que esta respuesta diferencial de las especies frente al pastoreo se relacionó con la respuesta al pastoreo por zona. En este sentido, las zonas de San Juan (Figura 4.3f) y Bonés (Figura 4.3c) que representaron un bajo y moderado efecto del pastoreo respectivamente, tenían como especie más frecuente a *Echinopartum horridum*. Por su parte, en la zona de Almazorre (Figura 4.3a), donde los efectos resultaron más evidentes, la especie de mayor presencia era *Thymus sp.*, que fue la especie que se mostró más sensible a los efectos del pastoreo sobre su biomasa.

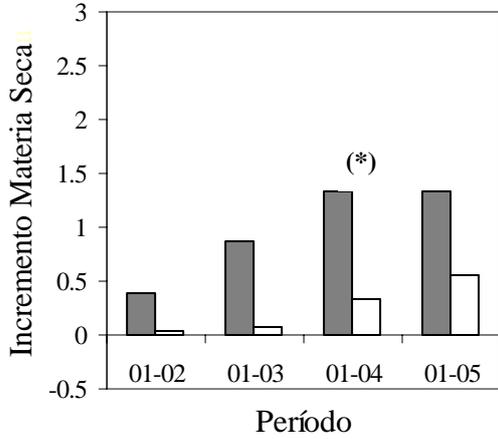
Figura 4.3 Evolución del volumen aéreo total en Áreas Pastadas y No Pastadas por zona de control



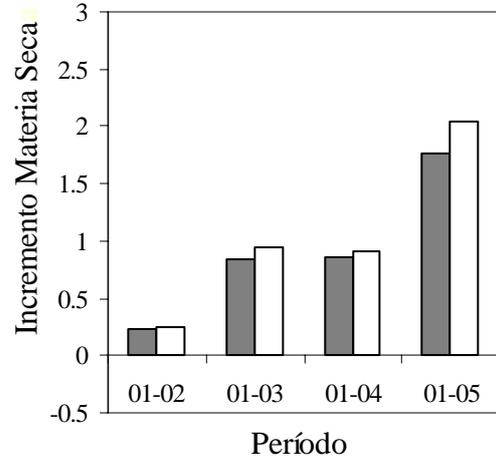
P<0.1: Diferencias significativas (*); P<0.01: diferencias muy significativas (**); P<0.001: diferencias altamente significativas (***)

Figura 4.4: Evolución de la biomasa aérea en Áreas Pastadas y No Pastadas por especie

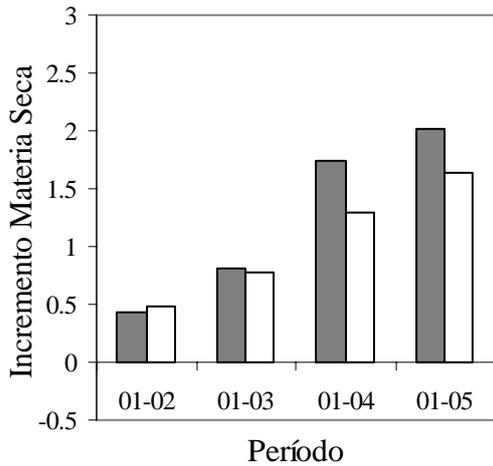
(a): *Buxus sempervirens*



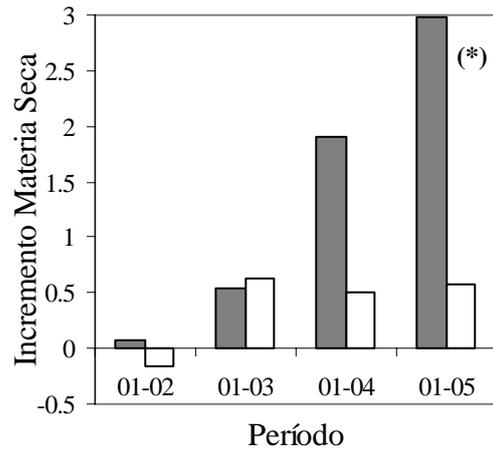
(b): *Echinopartum horridum*



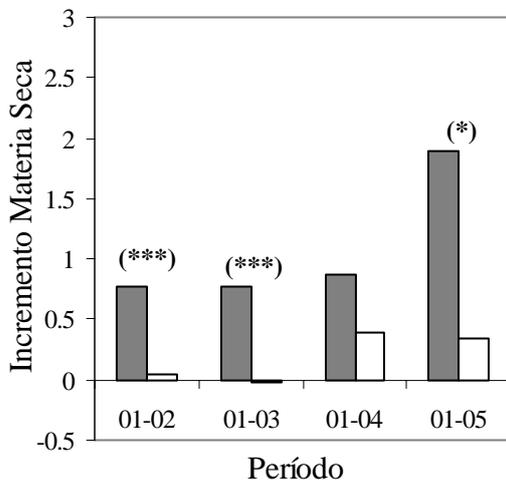
(c): *Genista scorpius*



(d): *Prunus spinosa*



(e) *Thymus sp.*



■ No pastado

□ Pastado

P<0.1: Diferencias significativas (*); P<0.01: diferencias muy significativas (**); P<0.001: diferencias altamente significativas (***).

3.4 Variaciones en el número de individuos

Aunque con algunas excepciones, se observó un incremento generalizado en el número de individuos, siendo éste un 138.9% superior en el último control respecto del control inicial. Se presenta en primer lugar la evolución por especies y a continuación por zonas de estudio.

En lo referente a la evolución por especies (Tabla 4.2), se pudo comprobar un incremento en el número de individuos en la mayoría de las especies, lo que puso de manifiesto una tendencia a una dinámica invasiva en el estrato arbustivo. Las especies que evidenciaron mayor intensidad fueron *Thymus sp.*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Genista scorpius*, *Lavandula angustifolia*, *Prunus spinosa* y *Echinopartum horridum*. No obstante, en algunas especies el número de individuos se mantuvo estable evidenciando una baja o nula tendencia de crecimiento.

En cuanto al efecto del pastoreo sobre el número de individuos, hubo un comportamiento diferente según la especie. Mientras hubo algunas cuyo estado o dinámica resultó completamente independiente del pastoreo (ej. *Thymus sp.*, *Buxus sempervirens*, *Crataegus monogyna*, *Juniperus communis*), hubo otras en las que su evolución estuvo relacionada con el pastoreo. Las especies que presentaron mayor sensibilidad al pastoreo fueron *Dorycnium pentaphyllum* y *Santolina chamaecyparissus*, ya que incrementaron su número de individuos como repuesta al cese del pastoreo y a su vez lo disminuyeron en las Áreas Pastadas. Cabe agregar que éstas fueron las únicas especies que evidenciaron una reducción importante en su número de individuos como respuesta al pastoreo. En *Echinopartum horridum* también se observó un considerable efecto del pastoreo, ya que el incremento en el número de individuos resultó considerablemente superior cuando se interrumpió el pastoreo.

Es de destacar, que en el caso de *Genista scorpius* también hubo efecto del pastoreo, pero en este caso en sentido contrario de las especies antes consideradas, ya que se incrementó en mayor medida en las Áreas Pastadas.

Tabla 4.2 Evolución del número de ejemplares en Áreas Pastadas y No Pastadas por especie

Especie	Año 2001		Año 2005		Diferencias 2005-2001	
	NP	P	NP	P	NP	P
<i>Buxus sempervirens</i>	7	6	6	8	-1	2
<i>Crataegus monogyna</i>	9	17	12	16	3	-1
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	3	3	33	0	30	-3
<i>Echinopartum horridum</i>	26	41	91	53	65	12
<i>Genista scorpius</i>	97	51	136	67	39	16
<i>Juniperus communis</i>	11	8	8	8	-3	0
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	1	0	1	-1	0
<i>Juniperus phoenicea</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Lavandula angustifolia</i>	9	15	24	33	15	18
<i>Prunus spinosa</i>	8	22	18	49	10	27
<i>Rosa canina</i>	11	5	11	4	0	-1
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	3	12	10	8	7	-4
<i>Thymus sp.</i>	29	39	193	249	164	210
Total	214	221	542	497	328	276

Nota: NP= No Pastado, P= Pastado

Considerando la variación en el número de ejemplares según la zona de estudio (Tabla 4.3) pudo comprobarse que la dinámica del estrato arbustivo fue diferente. Solamente en la zona de Bentué se observó estabilidad a lo largo del estudio, en el resto de las zonas el número de individuos evidenció incrementos.

En cuanto al efecto del pastoreo, la observación de valores totales pueden enmascararlo, ya que solamente se incrementó un 10% más en las áreas en las que se restringió el pastoreo. Pero tal como se observara en el análisis por especie, el efecto del pastoreo en el número de individuos en algunas zonas favoreció el incremento (Almazorre y La Fueva) mientras que en otras lo redujo (San Juan, Bonés y Rodellar). Cabe agregar que en estas últimas dos zonas el alto incremento en el número de

individuos puede ser atribuido a que una de las sub-zonas fue desbrozada; a la misma razón puede atribuirse el mayor efecto del pastoreo, dada la mayor proporción de individuos juveniles como consecuencia de un desbroce reciente.

Tabla 4.3 Evolución del número de ejemplares en Áreas Pastadas y No Pastadas por zona de control

		Total por zona 2001	Total por zona 2005	Diferencia
Almazorre	No Pastado	44	123	79
	Pastado	57	198	141
Bentué	No Pastado	39	38	-1
	Pastado	12	10	-2
Bonés	No Pastado	66	144	78
	Pastado	40	47	7
La Fueva	No Pastado	25	34	9
	Pastado	50	96	46
Rodellar	No Pastado	16	166	150
	Pastado	32	108	76
San Juan	No Pastado	24	37	13
	Pastado	30	38	8
Total		435	1039	604

4 Discusión

En este trabajo se pudo observar que el estrato arbustivo del PSCG se encuentra en una dinámica sucesional que implica un rápido incremento de este estrato, observado a través del incremento de volumen, biomasa y número de ejemplares. También se demostró que el pastoreo del ganado doméstico influye en esta dinámica, aunque este efecto presentó variaciones para las distintas zonas y especies estudiadas.

4.1 Dinámica del estrato arbustivo

Los procesos de sucesión secundaria de la vegetación implican un intento de retorno del ecosistema hacia estados anteriores a un disturbio, proceso modulado por la elasticidad o resiliencia del ecosistema. Según describe Montserrat (1986), la vegetación climática en la mayor parte del territorio del PSCG consistía en un ecosistema boscoso con un estrato arbustivo y herbáceo empobrecido, con lo que se deduce que esta sería la dirección del proceso sucesional actual.

La presencia del estrato arbustivo en estos ecosistemas desempeña un papel importante en términos ambientales, constituyendo un elemento de protección para especies vegetales y animales y para el suelo (Molinillo *et al.*, 1997; Novoa *et al.*, 2002), pero su crecimiento por encima de ciertos límites se convierte en un factor de disturbio (Plaixats y Bartolomé, 2001). Por una parte, por la exclusión competitiva que implica reducción de la biodiversidad (McEvoy *et al.*, 2006), por otra parte, por la homogeneización y pérdida de calidad del paisaje. Además, el incremento de la biomasa y su continuidad incrementa el riesgo de incendios y dificulta su control (Vicente *et al.*, 2000).

Según describen Plaixats y Bartolomé (2001) el proceso de invasión puede considerarse en etapas. En las primeras etapas, con cobertura arbustiva inferior al 70%, el pasto invadido por un matorral abierto y poco denso permite una diversidad de microhábitats que resulta ambientalmente muy favorable. Pero superados esos valores de cobertura, la biomasa se incrementa y también su continuidad y combustibilidad por envejecimiento de las plantas, unas pocas especies acaban dominando la vegetación con lo que se produce una rápida pérdida de biodiversidad.

En nuestro caso los valores de cobertura arbustiva hallados al comienzo del ensayo revelan que las zonas de control se encontraban en valores que según estos autores pueden considerarse como matorral abierto, pero durante el período de estudio se observaron sostenidos incrementos en volumen y biomasa. Estos incrementos se registraron en todas las zonas de estudio y también en todas las especies en las que se

controló individualmente la biomasa. Esta tendencia se manifestó igualmente en el número de individuos, cuyo incremento fue generalizado, aunque con algunas diferencias entre zonas y especies. En estas variables pudo observarse que algunas zonas evidenciaron incrementos extremos que correspondieron a zonas en las que se practicó desbroce (ver material y métodos generales), por lo que puede atribuirse a una respuesta más rápida de la vegetación a esta intervención (Gallego Fernández *et al.*, 2004).

Este comportamiento en las variables estudiadas puso en evidencia una dinámica de incremento del estrato arbustivo, confirmando las observaciones de otros autores (García-Ruiz *et al.*, 1996; Rhazi *et al.*, 2004) para espacios similares de la media montaña mediterránea europea. Esta sostenida dinámica del estrato arbustivo hacia estados de mayor matorralización hacen prever que de continuar así en pocos años se alcanzarán niveles de cobertura arbustiva propios de matorrales considerados como de escasa biodiversidad y con elevado riesgo de incendios (Vicente *et al.*, 2000).

Cabe agregar que las especies que presentaron mayor dinámica en el número de individuos correspondieron a aquellas que en general se reportan como de hábitos colonizadores post-disturbios (Pérez e Ibarra, 2003): *Dorycnium pentaphyllum*, *Echinopartum horridum*, *Genista scorpius*, *Lavandula angustifolia*, *Santolina chamaecyparissus* y *Thymus sp.*, lo cual indicaría que si bien este ecosistema se encuentra en una etapa transicional hacia un estado de matorral cerrado esta fase aún puede considerarse inicial.

Este proceso no escapa al citado concepto de retorno hacia la situación del ecosistema primitivo, ya que se trata de situaciones intermedias que generan las condiciones propicias para la emergencia y consolidación del estrato arbóreo (Castro *et al.*, 2004). Si se concibe este proceso como una línea continua (Dyksterhuis, 1949) es de esperar que transcurridos unos años y una vez desarrollado el estrato arbóreo se ajuste por competencia la dimensión del estrato arbustivo. Ahora bien, si se asume que estos procesos normalmente no constituyen un continuo entre extremos, sino más bien una serie de estados discretos, relativamente permanentes según la escala de tiempo humana

(Westoby *et al.*, 1989), cabe la posibilidad de que el matorral pueda perpetuarse en el tiempo si no media otro disturbio.

Este criterio, actualmente el más aceptado para explicar los procesos de sucesión secundaria de la vegetación, asume una aleatoriedad entre diversos estados posibles, a los que se llega por una serie de transiciones (Westoby *et al.*, 1989; Friedel, 1991; Fuhlendorf y Smeins, 1997) en algunos casos eventuales (fuego) y en otros dirigidas (raleos, quemadas controladas, ganadería).

Este proceso sucesional de la vegetación se inicia, en este caso y en otros espacios de media montaña mediterránea europea, por cambios en el uso del suelo, como la reducción de la actividad agraria y los cambios en los sistemas de explotación ganadera (Flamant *et al.*, 1999), los cuales constituyen un objetivo de gestión que trasciende la esfera ambiental y alcanza implicaciones socio-económicas. La magnitud observada en estos cambios y la aleatoriedad de los resultados posibles, requieren la intervención para encauzar la sucesión secundaria, preservar los valores del territorio y minimizar los riesgos ambientales.

4.2 Efectos del pastoreo sobre la dinámica del estrato arbustivo

Es reconocido el papel que desempeñan los arbustos en los espacios silvopastorales en la alimentación animal en pastoreo (Robles *et al.*, 2002). El concepto trasciende el mero aporte de nutrientes, para ubicarse en el criterio de aportes nutricionales estratégicos, especialmente en aquellas regiones con estación seca prolongada y con déficits puntuales en ciertas épocas del año (Papachristou y Nastis, 1996; Papachristou *et al.*, 2005).

Los procesos sucesionales de la vegetación, observados en los últimos tiempos en espacios tradicionalmente agrarios, han potenciado el interés por el estudio de los efectos del pastoreo del ganado sobre la vegetación. Más allá de las numerosas interacciones que se producen con el pastoreo en espacios seminaturales, el interés

actual es la valoración de los efectos del pastoreo como herramienta de “modulación” de la sucesión secundaria (Weih, 1999; Casasús *et al.*, 2005; Quetier *et al.*, 2005; Rosen y Bakker, 2005).

En el caso del PSCG, pudo observarse en los análisis conjuntos de todas las zonas de control que hay una significativa reducción de la dinámica sucesional por efecto del pastoreo, en concordancia con lo demostrado en los trabajos citados en el párrafo anterior. No obstante, en las observaciones por zonas, mientras en algunas zonas el pastoreo prácticamente detiene el proceso sucesional en otras el efecto del ganado es poco apreciable.

Esto pone en evidencia que el efecto de la ganadería en el proceso de la sucesión secundaria está sujeto a condicionantes diversos, como la naturaleza y grado de avance del proceso sucesional. En este sentido, numerosos aspectos, entre los que se encuentra la composición específica del estrato arbustivo, resultan determinantes debido a que la sensibilidad de las diversas especies al pastoreo difiere, y ésta a su vez varía según la época en la que la especie es pastada (Ganskopp *et al.*, 2004; Torrano y Valderrábano, 2005). Cabe agregar, según se pudo comprobar en este trabajo, que el efecto del pastoreo también difiere entre especies según se trate de la evolución de la biomasa o del número de individuos.

4.3 Efectos del pastoreo sobre la biomasa en cinco especies arbustivas

En cuanto al efecto del pastoreo sobre la biomasa hubo especies en las que no se evidenció prácticamente ninguna incidencia, como fue el caso de *Echinopartum horridum*, aunque hay trabajos en los que se describe su consumo por parte del ganado (Aldezábal, 2001; Marinas *et al.*, 2004). En otras especies como *Buxus sempervirens*, *Prunus spinosa* y *Thymus sp.* los efectos fueron significativos. Cabe considerar que en el caso de *Thymus sp.* los resultados coinciden con lo demostrado en otros trabajos (Ferrer *et al.*, 1992), en los que se señala que el pastoreo provoca prácticamente la desaparición de la especie. En cuanto a *Buxus sempervirens* los resultados pueden

parecer llamativos dado que el ganado no consume esta especie (Torrano y Valderrábano, 2005), con lo que el efecto podría atribuirse a la acción mecánica de la actividad del ganado.

En el caso de *Genista scorpius*, el efecto del pastoreo fue muy escaso, confirmando lo que demostraran Ferrer *et al.* (1992), aunque en otros trabajos se demostró un intenso efecto del pastoreo sobre esta especie (Valderrábano y Torrano, 2000) lo que puede atribuirse a diferencias en la especie que pasta y en la gestión del pastoreo. Los conocidos hábitos colonizadores de esta especie hacen que se instale rápidamente y constituya densos matorrales en los campos que dejaron de labrarse (Molinillo *et al.*, 1997). Dos aspectos resultan importantes en cuanto a su respuesta frente al pastoreo, por un lado su sensibilidad está sujeta al estadio fenológico en la que es pastada (Valderrábano y Torrano, 2000), y por otro, porque sus semillas son escarificadas al ser consumidas por el ganado, con lo que a la vez que se disemina se activa su germinación (Delgado *et al.*, 2002).

4.4 Efectos del pastoreo sobre el número de individuos

En cuanto al efecto del pastoreo sobre esta variable, observando los resultados generales, puede afirmarse que si bien hubo un menor incremento en el número de individuos por efecto del pastoreo, esta tendencia fue poco relevante en general. Esto se debió a que a unas especies incrementaron más en lo No Pastado y otras lo hicieron en lo Pastado, con lo que las diferencias pudieron compensarse.

Dentro de las especies que reflejaron incrementos generales en el número de individuos, pero reducidos como consecuencia del pastoreo, se destacaron *Echinopartum horridum* y *Genista scorpius*, dos especies para las que el pastoreo tuvo escaso efecto sobre su biomasa.

Otras especies (*Prunus spinosa* y *Thymus sp.*) presentaron mayor número de individuos en las Áreas Pastadas. Es destacable el hecho de que son las dos especies en

las que el pastoreo produce una reducción más significativa de la biomasa y además *Thymus sp.* es señalada como una especie altamente sensible al pastoreo (Ferrer *et al.*, 1992). El caso de las especies que presentan un incremento en el número de pies como consecuencia del pastoreo merece especial atención, dado que se pueden presentar efectos adversos si lo que se procura es reducir el número de individuos (McEvoy *et al.*, 2006), aunque en este caso no significaría un inconveniente dada la reducción de la biomasa que produce el pastoreo.

Dos especies presentaron una alta sensibilidad al pastoreo, *Dorycnium pentaphyllum* y *Santolina chamaecyparissus*. Estas especies presentaron fuertes incrementos en las áreas de exclusión al pastoreo, y una importante reducción del número de individuos en las Áreas Pastadas, que en el caso de *Dorycnium pentaphyllum* significó su desaparición dentro de los transectos pastados. Observaciones de otros autores también señalan la alta sensibilidad de esta especie al pastoreo (Ferrer *et al.*, 1992).

Cabe destacar que los individuos nuevos observados no correspondieron en ningún caso a especies distintas a las registradas al comienzo del ensayo, ni a las que Montserrat (1986) consigna como propias de la flora de la zona de estudio. El interés de esta cuestión reside en el hecho de que es un aspecto importante a considerar en las sucesiones, especialmente cuando se produce algún tipo de intervención en busca de ajustar la composición botánica, ya que los espacios abiertos pueden ser colonizados por especies ajenas al sistema (Tallowin *et al.*, 2005; McEvoy *et al.*, 2006). Estos autores señalan que un pastoreo moderado produce un incremento de la diversidad, pero debe atenderse a que este aumento no sea producido por especies ajenas al sistema. Es de destacar que en nuestro caso esto no ocurrió durante el período de estudio, lo cual puede atribuirse a que el sistema con pastoreo es el sistema en equilibrio.

4.5 El pastoreo como herramienta de control de la sucesión secundaria: aportaciones a la gestión sostenible del PSCG

Si bien algunos autores reportan experiencias exitosas de control especies de arbustivas mediante el pastoreo de distintos herbívoros domésticos (Allen y Bartolomé, 1989; Valderrábano y Torrano, 2000; Rigueiro *et al.*, 2004; Casasús *et al.*, 2005), en otros casos indican que la ganadería no constituye por sí sola una herramienta suficiente para controlar los procesos de sucesión secundaria (Ferrer *et al.*, 1992; Bartolomé *et al.*, 2000). Como se pudo observar en este trabajo, los efectos del pastoreo fueron variables entre zonas y entre especies, de lo que se deduce que el empleo del pastoreo como herramienta de gestión de espacios seminaturales está condicionada fundamentalmente por las características del proceso sucesional, del medio físico y de la gestión del pastoreo.

El proceso de sucesión secundaria, entendido como una transición entre estados, presenta situaciones umbrales (Friedel, 1991) a partir de las cuales las posibilidades de retorno a situaciones precedentes se tornan complejas y costosas. Según las observaciones de este trabajo, el estado transicional es en la mayoría de los puntos de control aún incipiente, con lo que la intervención mediante la ganadería en el proceso sucesional es todavía oportuna. Además, con relación a los objetivos productivos del sistema ganadero debe tenerse en cuenta que un incremento de los arbustos por encima de ciertos límites produce una reducción de la calidad del pasto (Passera *et al.*, 1992; Casasús *et al.*, 2005); éste es un aspecto que afecta la distribución del ganado en pastoreo, produciéndose una concentración del pastoreo en algunos puntos y subutilización en otros (Bernués *et al.*, 2005).

La gestión del pastoreo, armonizando los objetivos productivos y ambientales, es un aspecto que va más allá de la especie que pasta. Las cargas ganaderas y la distribución temporal y espacial del ganado, en interacción con la composición botánica, son determinantes (Valderrábano y Torrano, 2000; Mellado *et al.*, 2003; D'Ottavio *et al.*, 2004). Se ha visto en este trabajo que aún con bajas cargas (0.15 UGM/ha) y con una distribución del pastoreo que atiende únicamente a los objetivos

productivos, los efectos del pastoreo son significativos en términos generales. Esto hace presuponer que con algunas correcciones, especialmente en la época de pastoreo, procurando pastar en los estadios fenológicos de mayor sensibilidad de las especies más invasoras, podrían mantenerse valores de cobertura arbustiva acordes a los objetivos ambientales en la mayoría de las zonas.

La composición botánica es una de las variables fundamentales a observar en la evolución de la sucesión secundaria como respuesta frente a distintas estrategias de intervención (Chapin III *et al.*, 1997). A este efecto, deben observarse las especies que presentan reducciones críticas como consecuencia del pastoreo (*Santolina chamaecyparissus* y *Dorycnium pentaphyllum*, en este caso) y la introducción de otras especies extrañas al sistema que colonizan los espacios generados por el pastoreo (Tallowin *et al.*, 2005; McEvoy *et al.*, 2006), aunque en el período de este estudio no se observaron.

Finalmente, podemos subrayar que en este espacio, especialmente por su carácter de espacio natural protegido, es importante el objetivo de preservación de sus valores sociales, ambientales y paisajísticos. A este efecto, la ganadería sola o combinada con otras actuaciones es una herramienta eficaz para el logro de este objetivo, especialmente por haber sido históricamente parte de este paisaje y participe de la instauración de su riqueza en formas biológicas.

5 Conclusiones

- Los sostenidos incrementos registrados en valores de biomasa y número de individuos en el estrato arbustivo evidenciaron que éste se encuentra en una intensa dinámica sucesional hacia estados de mayor embastecimiento, que implican una pérdida de calidad ambiental y paisajística y un mayor riesgo de incendios.
- Estos incrementos se materializaron tanto en las Áreas Pastadas como en las No Pastadas, aunque en estas últimas fueron significativamente menores, lo cual demostró

que el pastoreo, con las cargas ganaderas y modo de gestión actuales, reduce esta dinámica pero no la detiene.

- Se observó que tanto en la dinámica sucesional como en los efectos del pastoreo sobre la vegetación arbustiva hubo substanciales variaciones entre zonas y entre especies, lo cual sugiere que estos dos factores deben considerarse de forma específica para planificar una gestión sostenible.

CAPÍTULO 5

Efectos del pastoreo sobre las cualidades productivas y ambientales del estrato herbáceo en el PSCG

CAPÍTULO 5

Efectos del pastoreo sobre las cualidades productivas y ambientales del estrato herbáceo en el PSCG

1 Introducción

La dinámica socioeconómica de las últimas décadas ha tenido fuerte influencia en los espacios pastorales mediterráneos. Los cambios de uso del territorio incidieron de manera importante en las actividades agrarias, observándose una tendencia general de reducción del pastoreo del ganado. Esta reducción del pastoreo obedece, por una parte, a los procesos de abandono de la actividad (Zarovali *et al.*, 2004; Lasanta-Martínez *et al.*, 2005; Peco *et al.*, 2006) y por otra, a los cambios técnicos producidos en las explotaciones (Bernués *et al.*, 2005).

Cuando se trata de ambientes con una prolongada coevolución entre el ganado y la vegetación, el ecosistema en su conjunto se adapta a la presencia del ganado y las plantas a la herbivoría (Gutman *et al.*, 1999; Perevolotsky y Etienne, 1999; Hadjigeorgiou *et al.*, 2005). El ganado participa en múltiples interacciones con la vegetación, desde la dispersión de propágulos (Arrieta y Suárez, 2001; Traba *et al.*, 2001) hasta el control de bioformas dominantes, favoreciendo así la diversidad (Tilman y Dowing, 1994; Tallowin *et al.*, 2005), fundamentalmente del estrato herbáceo.

El proceso de reducción de cargas ganaderas se convierte entonces en un factor de disturbio, que se ve reflejado tanto en los recursos pastorales como en el paisaje (Montserrat, 2001). Esta situación desencadena procesos que implican cambios en la estructura de la vegetación. Conforme fuera observado por otros autores, a nivel del estrato herbáceo se producen incrementos significativos de altura y biomasa de la hierba (Hope *et al.*, 1996; Casasús, 1998; Aldezabal, 2001; Casasús *et al.*, 2005), lo cual implica, por una parte, un alejamiento del paisaje tradicional y por otra, una pérdida de diversidad asociada a la hegemonía de unas pocas especies dominantes.

Pero además de lo dicho, el incremento de altura y biomasa acelera la senescencia de los órganos vegetales de los niveles inferiores del estrato por falta de luz (Peri *et al.*, 2004), incrementando el porcentaje de biomasa muerta. Esto ocasiona una alteración del paisaje por el cambio de aspecto de la hierba y además implica un incremento de la combustibilidad de la vegetación (Vicente *et al.*, 2000; Pérez, 2002).

Por otra parte, determinados aspectos cualitativos de la hierba también se ven alterados por la reducción del pastoreo. Este aspecto no sólo afecta a la alimentación del ganado en pastoreo, sino también de los herbívoros silvestres, que obtienen de la hierba aportes nutricionales que en ocasiones resultan estratégicos (Aldezábal, 2001). En este sentido, se considera que el ganado ejerce un efecto de rejuvenecimiento de la hierba (Aldezábal, 2001), modificando el ciclo fenológico natural de las plantas (Yamauchi y Yamamura, 2004). Este ciclo fenológico conduce a un cambio progresivo de las proporciones entre los componentes de pared celular y los contenidos celulares. Los componentes de pared celular, celulosa, hemicelulosa y lignina se incrementan, en detrimento de los contenidos celulares (Holmes, 1989; Arzani *et al.*, 2004). Esto implica mayores dificultades para cubrir la demanda nutricional del ganado, con lo que normalmente éste es dirigido hacia pastos de mayor calidad, lo que conduce a potenciar el abandono y embastecimiento de áreas de pastos de menor calidad (Asensio *et al.*, 2004; Bernués *et al.*, 2005).

En este capítulo se cuantifican y discuten las modificaciones que ocurrieron en el estrato herbáceo ante situaciones de interrupción o cese del pastoreo del ganado. La temática es abordada desde una doble dimensión, ambiental y productiva, procurando obtener criterios para la gestión sostenible del sistema. A este efecto, se planteó como **objetivo:**

- Determinar la evolución de la biomasa herbácea, la relación de material vivo/ muerto y variables asociadas al potencial nutritivo de la hierba ante un escenario de cese del pastoreo del ganado, y compararlo con los valores obtenidos en una situación de mantenimiento de las cargas ganaderas ejercidas actualmente en el PSCG.

2 Material y métodos

El muestreo de la vegetación herbácea se realizó durante cinco años. Los registros y recolección de muestras se efectuaron dos veces al año; en la primavera, antes del inicio del pastoreo del ganado, y en otoño, después de finalizar el mismo. Se trabajó en las seis zonas y sus respectivas sub-zonas, determinadas al comienzo del estudio (ver Material y Métodos Generales). Se ofrece una lista de especies vegetales herbáceas presentes en las zonas de control (Anexo 3).

El estudio se centró en las siguientes variables: biomasa aérea⁵, relación material vivo/ muerto y variables referentes al potencial nutritivo. En cuanto al valor nutritivo, el período de estudio comprendió siete estaciones de control, a partir de otoño del año 2002. Estas variables fueron: fibra (FND y FAD), lignina y proteína.

2.1 Biomasa

Ante la necesidad de aplicar técnicas no destructivas, especialmente teniendo en cuenta el muestreo en el interior de las zonas de exclusión (limitada a una superficie de 100 m² en la que se muestreó durante varios años sucesivos), se empleó la correlación entre altura y biomasa. Para esto se midió la altura de la vegetación (primer punto de contacto sobre la vertical) mediante vara graduada (Frame, 1981; Barthram, 1986; Mosquera *et al.*, 1991; Mandaluniz, 2003) de 0.5cm de precisión en 60 puntos elegidos al azar dentro y fuera del área de exclusión. Estos valores se emplearon para obtener la biomasa a partir de la siguiente ecuación de predicción desarrollada para estos mismos pastos (Casasús *et al.*, 2004):

$$\text{Biomasa herbácea total (kg MS/ha)} = 86.59 \times \text{Altura} + 531.12 \quad R^2 = 0.75$$

⁵ Todo lo referido a biomasa en este trabajo atañe únicamente a biomasa aérea.

2.2 Relación material herbáceo vivo/ muerto

Para la determinación de la relación material herbáceo vivo/ muerto y la influencia del pastoreo en la misma, se tomaron muestras de hierba mediante siega, dentro y fuera de las jaulas de exclusión. El peso aproximado de cada muestra fue de 300 g cada muestra y se recogieron en varios pequeños cortes aleatoriamente distribuidos. En el laboratorio se separó manualmente la fracción viva de la fracción muerta, se pesaron ambas fracciones y seguidamente fueron secadas en estufa a 60°C durante 72 h y pesadas nuevamente para estimar la materia seca.

2.3 Calidad

Se determinó el contenido de proteína bruta (A.O.A.C, 1990), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina (LAD) (Goering y Van Soest, 1970), sobre las muestras de materia herbácea una vez desecada.

2.4 Análisis estadístico

Los estudios referidos al estrato herbáceo se realizaron mediante análisis de medidas repetidas, empleando el procedimiento “MIXED” del programa estadístico SAS (Littell *et al.*, 1996), considerando la sub-zona como medida repetida.

En el análisis de la varianza se han considerado los tres efectos principales, pastoreo, estación y zona, y todas sus interacciones, eliminando progresivamente del modelo aquellas no significativas. El modelo estadístico empleado para el análisis del estrato herbáceo fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu_{ijk} + S_i + T_j + V_k + S * T + S * V + T * V + S * T * V + e_{ijk}$$

En el que:

y= Altura (cm); biomasa total (kg MS/ha); material herbáceo vivo (kg MS/ha); material herbáceo muerto (kg MS/ha); porcentaje de material herbáceo vivo; porcentaje de material herbáceo muerto; FND%; FAD%; LAD%; proteína bruta%.

μ = Media general.

S= Efecto de la estación, niveles: i= 1: Primavera; i= 2: Otoño.

T= Efectos del pastoreo, niveles: j= 1: Pastado; j= 2: No Pastado.

V= Sub-zona, niveles: k= 1 Almazorre Aliagas; k=2 Almazorre Faja Baja; k=3 Bentué Desbrozado; k=4 Bentué Sin Desbrozar; k=5 Bonés Desbrozado; k=6 Bonés Sin Desbrozar; k=7 La Fueva Prados; k=8 La Fueva Río; k=9 Rodellar Desbrozado; k=10 Rodellar Sin Desbrozar; k=11 San Juan Barranco; K=12 San Juan Frente Pardina.

e= Error.

Los resultados presentados corresponden a la media aritmética de los valores de las variables.

3 Resultados

En los resultados de este capítulo se consideran dos aspectos: primeramente, la evolución desde el inicio al final del ensayo (2001 a 2005) dentro de cada tratamiento separadamente, y luego, para cada variable, se compara por estación el efecto del pastoreo. En primer lugar, se presentan aquellos resultados que se refieren a los estudios de la biomasa en pie, determinación de la biomasa total y las relaciones de material herbáceo vivo y muerto. En segundo lugar, se presentan aquellos que se refieren a algunos aspectos sobre calidad de la hierba y su evolución en función del pastoreo. Se presentan separadamente las estaciones de primavera y otoño.

3.1 Efectos del pastoreo en la evolución del material herbáceo en pie

3.1.1 Altura de la hierba

Considerando los valores iniciales y finales dentro de cada tratamiento y para los controles de primavera, la altura de la hierba se mantuvo constante en las Áreas

Pastadas (9.5 vs. 10.8 cm, en 2001 y 2005, respectivamente, NS) (Tabla 5.1). Por el contrario, en las Áreas No Pastadas, los valores finales resultaron muy superiores a los iniciales (11.3 vs. 25.5 cm, $P < 0.001$). Por su parte, al comparar las estaciones de otoño de inicio y final del estudio, tampoco hubo diferencias de consideración en las Áreas Pastadas (8.1 vs. 7.1 cm, NS), pero en las Áreas No Pastadas, hubo incrementos considerables (15.6 vs. 19.9 cm, $P < 0.01$). Por tanto, puede afirmarse que finalizado el período de estudio, las Áreas Pastadas mantuvieron su altura inicial y las Áreas No Pastadas evidenciaron un importante incremento.

En cuanto a la comparación por tratamientos, a excepción del primer control, la altura fue siempre superior, tanto en las estaciones de primavera, como en las de otoño, en las Áreas No Pastadas.

Tabla 5.1 Evolución de la altura de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas

	No Pastado (cm)	Pastado (cm)	Signif.
Primavera 2001	11.3	9.5	NS
Primavera 2002	17.9	9.1	***
Primavera 2003	23.9	13.9	***
Primavera 2004	23.1	14.2	***
Primavera 2005	25.5	10.8	***
Otoño 2001	15.6	8.1	***
Otoño 2002	24.9	7.0	***
Otoño 2003	24.0	6.2	***
Otoño 2004	19.5	5.5	***
Otoño 2005	19.9	7.1	***

N: 240; EE: 1.21

Nota⁶: Los valores medios proporcionados corresponden a la media aritmética. EE (Error Estándar de las medias mínimo cuadráticas)

Nota⁷: NS: No Significativo; (*) $P < 0.05$: Diferencias significativas; (**) $P < 0.01$: Diferencias muy significativas; (***) $P < 0.001$: Diferencias altamente significativas.

⁶ Aplicable a todos los valores suministrados en los resultados de este capítulo

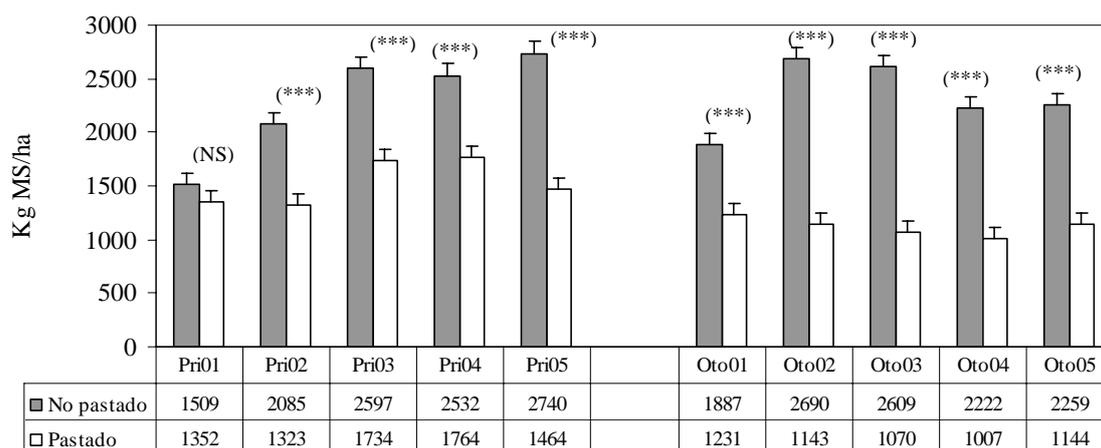
⁷ Aplicable a todas las tablas y gráficas del presente capítulo.

3.1.2 Biomasa total

Al comparar los valores iniciales y finales del estudio, dentro de cada tratamiento, en las Áreas Pastadas no se observaron modificaciones de relevancia, tanto en las estaciones de primavera (1352 vs. 1464 kg MS/ha, en 2001 y 2005, respectivamente, NS) como en las de otoño (1231 vs. 1144 kg MS/ha, NS). Sin embargo, en las Áreas No Pastadas, los incrementos de biomasa tras cuatro años de exclusión al pastoreo fueron muy importantes, tanto en primavera (1509 vs. 2740 kg MS/ha, $P < 0.001$) como en otoño (1887 vs. 2259 kg MS/ha, $P < 0.01$).

En cuanto a la comparación entre tratamientos (Pastado vs. No Pastado), se observó que solamente en la primera estación de control no hubo diferencias significativas, pero en las estaciones sucesivas se evidenció un incremento sostenido de la biomasa en las áreas en las que el pastoreo fue suprimido, permaneciendo con escasas variaciones en las Áreas Pastadas. Esto motivó diferencias altamente significativas entre tratamientos en todas las estaciones de control posteriores (Figura 5.1).

Figura 5.1 Evolución de la biomasa herbácea total en las Áreas Pastadas y No Pastadas



N: 240; EE: 104.3

Notas: Pri= Primavera; Oto= Otoño. Barras de error en Y corresponden al error estándar de las medias mínimo cuadráticas

Se realizó una estimación del promedio de consumo de la biomasa por el ganado (Tabla 5.2). Estos valores para cada año se obtuvieron mediante la diferencia entre el valor de primavera (antes del comienzo del pastoreo) y el de otoño (al final del pastoreo), que equivalió a 388 kg MS/ha por año; a este valor se sumó el crecimiento estimado anual, asumiendo como tal la diferencia de la biomasa total del año 2001 entre primavera y otoño en las Áreas No Pastadas (1887 - 1509 = 378 kg MS/ha). Cabe destacar que este uso del pasto por parte del ganado podría estar subestimado, ya que la tasa de crecimiento del pasto es mayor cuando hay un pastoreo moderado que en situaciones de ausencia total de consumo (Alvarez-Rodríguez *et al.*, 2006).

Tabla 5.2 Estimación de la extracción de biomasa del pasto por el ganado durante los distintos años de control

Año	Biomasa (kg MS/ha)
2001	500
2002	558
2003	1042
2004	1136
2005	698
DE*	287
Consumo medio	787

*DE: Desviación estándar

Respecto de los niveles de utilización del pasto en cada zona de control, se observó una utilización similar en la mayoría de las sub-zonas, con una materia seca residual después del pastoreo (controles de otoño) de alrededor de 1000 kg MS/ha. Esto indica que la presión ganadera es similar en todas las sub-zonas de estudio (Anexo 4, Figura A.5.9).

En cuanto a la biomasa total por sub-zonas, se observó que aquellas que se ven más favorecidas por la posición geográfica, que reciben más influencia atlántica o se encuentran a mayor altura, ofrecieron mayores valores de biomasa. Por ejemplo, en las sub-zonas de La Fueva se superaron en las Áreas No Pastadas los 4000 kg MS/ha; por

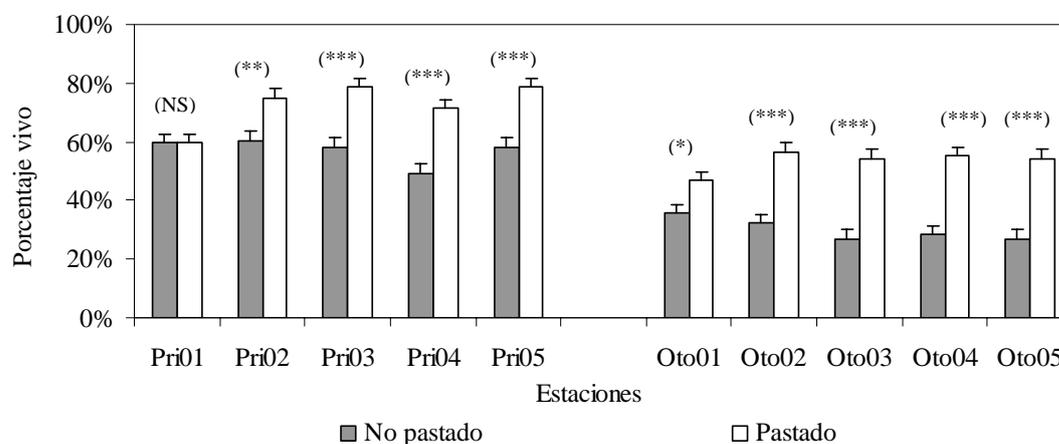
el contrario, aquellas sub-zonas de mayor influencia mediterránea como Almazorre y Rodellar presentaron valores en las Áreas No Pastadas que en la mayoría de los controles se ubicaron entre los 1500 y 2000 kg MS/ha. Además, se observó que aquellas sub-zonas en las que se practicó desbroce (Bentué, Bonés y Rodellar) presentaron una acumulación de biomasa (en las Áreas No Pastadas) superior a la sub-zona no desbrozada (Anexo 4, Figura A.5.9).

3.1.3 Relación material herbáceo vivo y muerto

La tendencia observada dentro de cada tratamiento, comparando el primer control con el último del estudio, puso de manifiesto un ligero incremento (NS) del porcentaje de biomasa muerta y consecuentemente una reducción del porcentaje de biomasa viva en las Áreas No Pastadas. Esta tendencia se observó tanto en los controles de primavera (porcentaje biomasa viva: 59.6 vs. 58.2%, en 2001 y 2005, respectivamente, NS) como en los de otoño (porcentaje biomasa viva: 35.5 vs. 27.0%, NS). Por su parte, en las Áreas Pastadas se observó el efecto opuesto, registrándose un importante incremento del porcentaje de biomasa viva en los controles de primavera (porcentaje biomasa viva: 59.6 vs. 78.5%, $P < 0.001$) y algo más moderado en los controles de otoño (46.9 vs. 54.4%, NS).

Entre tratamientos se observaron diferencias altamente significativas, con la excepción del primer control. La proporción de material herbáceo vivo fue siempre superior en las Áreas Pastadas frente a las Áreas No Pastadas. Estas diferencias se originaron tras el primer año de estudio y mostraron una tendencia hacia el equilibrio en los últimos (Figura 5.2).

Figura 5.2 Evolución del porcentaje de materia viva de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas



N: 240; EE: 4.67. Nota: Se omite la gráfica correspondiente a la fracción muerta por ser complementaria de 100 respecto del porcentaje verde presentado en esta gráfica.

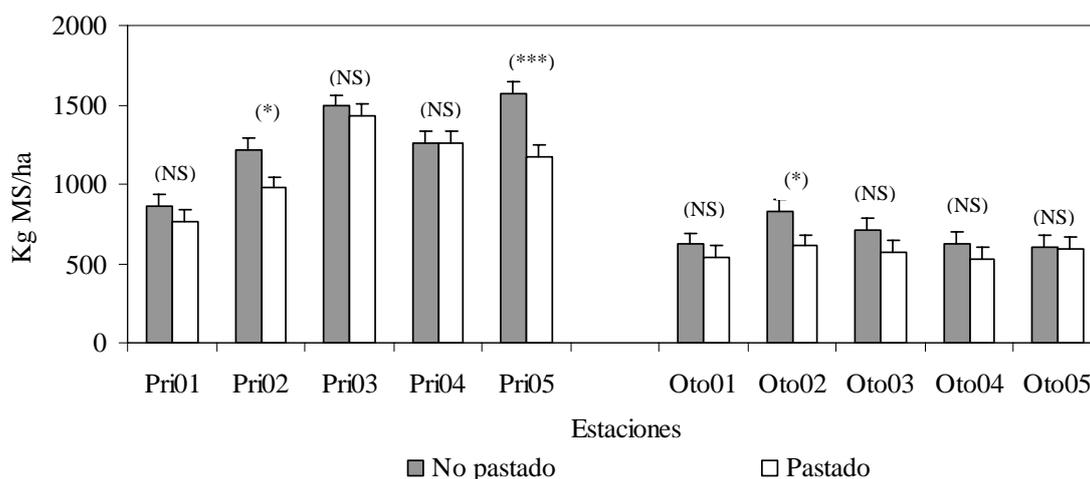
3.1.4 Biomasa herbácea viva

La evolución de la biomasa herbácea viva dentro de cada tratamiento fue diferente entre primavera y otoño. En cuanto a la primavera, se produjeron incrementos altamente significativos considerando la primera y la última primavera del estudio. Cabe agregar que este comportamiento se produjo tanto en las Áreas Pastadas (764 vs. 1171 kg MS/ha, en 2001 y 2005, respectivamente, $P < 0.001$) como en las No Pastadas (864 vs. 1575 kg MS/ha, $P < 0.001$). Por otra parte, entre las estaciones de otoño, no se observaron variaciones significativas entre el primer registro de otoño y el último, tanto en las Áreas Pastadas (536 vs. 592 kg MS/ha, NS) como en las No Pastadas (619 vs. 605 kg MS/ha, NS).

Con respecto al comportamiento de esta variable frente al efecto del pastoreo, se ha observado que los valores no presentaron diferencias significativas en la mayoría de los controles. Como puede observarse en la Figura 5.3, de las diez estaciones con registro, solamente en primavera del año 2005 y en primavera y otoño del año 2002 el valor de ésta variable fue superior en las Áreas No Pastadas. En cuanto al

comportamiento temporal, los valores fueron similares en los controles de otoño y evidenciaron una tendencia creciente en los controles de primavera (Figura 5.3).

Figura 5.3 Evolución de la biomasa herbácea viva en las Áreas Pastadas y No Pastadas



N: 240 EE: 72.040

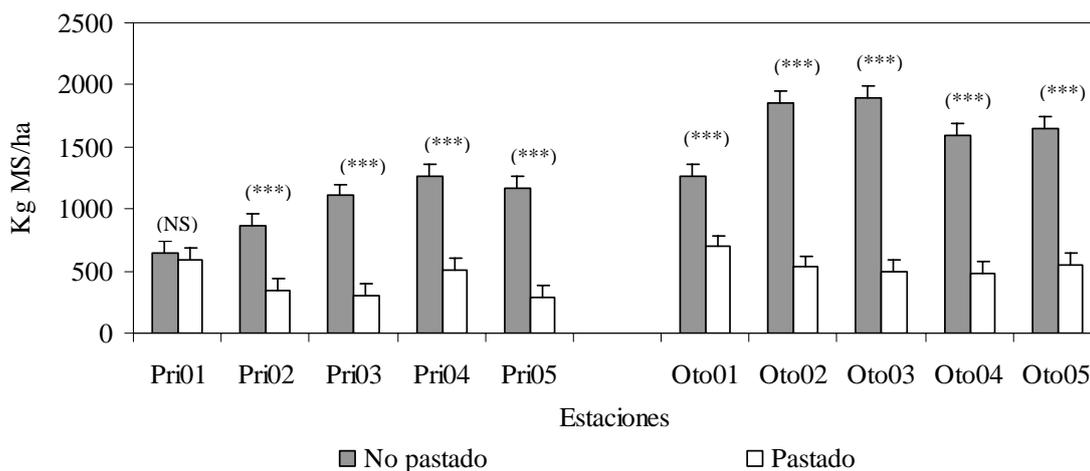
3.1.5 Biomasa herbácea muerta

El material herbáceo muerto evidenció considerables incrementos en las Áreas No Pastadas al comparar la primera estación de control con la última del estudio. Estos incrementos se observaron en los controles de primavera (645 vs. 1165 kg MS/ha, en 2001 y 2005, respectivamente, $P < 0.001$) y en los controles de otoño (1268 vs. 1653 kg MS/ha, $P < 0.001$). Por su parte, en las Áreas Pastadas se observaron reducciones de biomasa muerta tras cuatro años de exclusión al pastoreo (588 vs. 293, $P < 0.05$, en los controles de primavera y 695 vs. 551 kg MS/ha, NS, en los controles de otoño).

La comparación entre tratamientos No Pastado vs. Pastado no ofreció diferencias únicamente en la primera estación de control, mientras que en el resto de los controles el material herbáceo muerto mostró valores más elevados en las Áreas No Pastadas (Figura 5.4). Esto puso en evidencia que el pastoreo del ganado ejerce un fuerte efecto

de control de la acumulación del material herbáceo muerto; mientras en las Áreas Pastadas se redujo, en las zonas donde el pastoreo fue restringido se incrementó.

Figura 5.4 Evolución de la biomasa herbácea muerta en las Áreas Pastadas y No Pastadas



N: 240; EE: 92.882

3.2 Efectos del pastoreo en la evolución de la calidad de la hierba

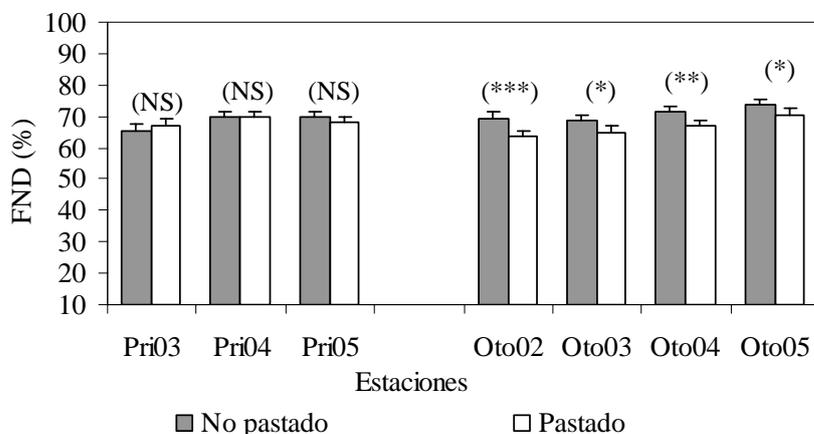
En este apartado se presentan los resultados de algunas variables químicas del pasto que son consideradas de interés para la producción animal. Cabe agregar que el principal aspecto que se pretende resaltar es la modificación que se produce ante la interrupción del pastoreo del ganado. Las variables consideradas fueron Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Ácido Detergente (FAD), contenido de lignina y Proteína Bruta (PB). En cada variable se valora en primer lugar la evolución dentro de cada tratamiento, comparando el valor inicial (2003) con el valor final (2005), y luego se realiza una comparación entre tratamientos para cada estación.

3.2.1 Contenido de FND

En la comparación entre la primera y la última estación del estudio se observó que el contenido de FND tuvo mayores variaciones en las estaciones de otoño que en las de primavera. En la primavera puede destacarse que el contenido de FND sólo se incrementó en las Áreas No Pastadas (65.46 vs. 69.95%, en 2003 y 2005, respectivamente, $P < 0.01$), mientras en las Áreas Pastadas no hubo modificaciones relevantes de este parámetro (66.88 vs. 68.03%, NS). Por su parte, las variaciones de otoño implicaron incrementos importantes para los valores correspondientes a las Áreas No Pastadas (69.50 vs. 73.71%, $P < 0.01$) y Pastadas (63.53 vs. 70.59%, $P < 0.001$) respectivamente.

En cuanto al efecto del pastoreo, se pudo observar que en las estaciones de primavera los valores no presentaron diferencias significativas. Por el contrario, en las estaciones de otoño, aunque con distintos niveles de significación, en todos los casos fueron superiores en las Áreas No Pastadas. Esto demostró un efecto de reducción del contenido de FND como consecuencia del pastoreo. Pero puede deducirse que este efecto no fue acumulativo, ya que sólo se observó en los controles de final de pastoreo (otoño), permaneciendo sin diferencias en los controles siguientes al inicio del pastoreo (primavera) (Figura 5.5).

Figura 5.5 Evolución del contenido de FND de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas



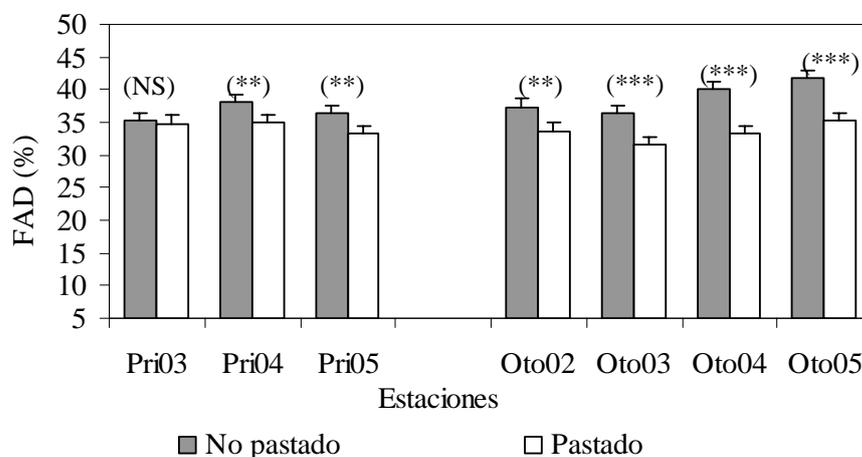
N= 168

3.2.2 Contenido de FAD

En referencia al contenido de FAD, al comparar la primera con la última estación de control en primavera se observaron incrementos en las Áreas No Pastadas (35.18 vs. 36.48%, en 2003 y 2005, respectivamente, NS) y reducciones en las Áreas Pastadas (34.84 vs. 33.2, NS). En las estaciones de otoño se produjo un importante incremento del contenido de FAD en las Áreas No Pastadas (37.40 vs. 41.68%, $P < 0.001$) y un reducido incremento en las Áreas Pastadas (33.72 vs. 35.36%, NS). En este caso, especialmente observando la evolución de esta variable en otoño, fue notorio el efecto del pastoreo, que produjo una reducción del contenido de FAD. Cabe añadir que el moderado incremento (NS) observado en otoño en las Áreas Pastadas en esta variable puede ser atribuido a la senescencia natural de las plantas.

En lo referente al efecto del pastoreo sobre el contenido de FAD, se observó que la interrupción del pastoreo supuso un incremento, que con distintos niveles de significación se materializó prácticamente en todas las estaciones de control. Corresponde subrayar que, a diferencia del caso anterior, se puso de manifiesto un efecto de acumulación, ya que los valores de FAD en las Áreas No Pastadas en los controles de primavera resultaron progresivamente superiores frente a los registros obtenidos en las Áreas Pastadas (Figura 5.6).

Figura 5.6 Evolución del contenido de FAD de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas



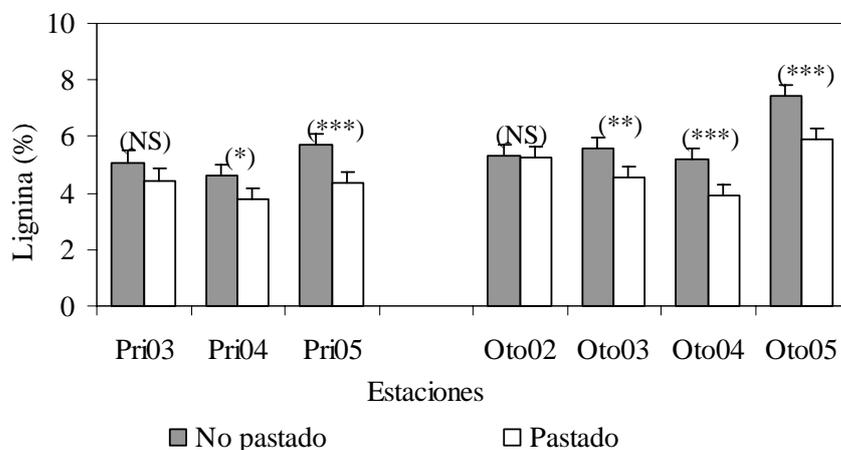
N= 168

3.2.3 Contenido de lignina

En cuanto al contenido de lignina para cada tratamiento, en primavera sólo se observó una tendencia de incremento en las Áreas No Pastadas (5.09 vs. 5.68%, en 2003 y 2005, respectivamente, NS), mientras en las Áreas Pastadas (4.42 vs. 4.33%, NS) los valores reflejaron equilibrio a lo largo del período de estudio. Sin embargo, en otoño las diferencias demostraron un incremento importante del contenido en lignina en las Áreas No Pastadas tras cinco años de control (5.31 vs. 7.46%, $P < 0.001$), a la vez que en las Áreas Pastadas los valores mostraron escasas variaciones (5.23 vs. 5.87%, NS). De acuerdo a lo dicho, el pastoreo demostró minimizar el incremento de lignina, ya que, si bien en las Áreas Pastadas también hubo un reducido incremento (NS), al igual que en la variable anterior, puede ser atribuido al progreso en los estadios fenológicos de las plantas. Puede decirse que, si bien el pastoreo controla el incremento en estas variables ejerciendo un efecto de “rejuvenecimiento”, no llega a limitarlo completamente.

En cuanto a la comparación por estaciones, se observó un efecto significativo del pastoreo sobre los contenidos de lignina. Las diferencias entre las Áreas No Pastadas y las Áreas Pastadas se fueron incrementando a lo largo del período estudiado. Además, también se pudo observar un efecto de acumulación, ya que los registros obtenidos antes del comienzo del pastoreo también muestran estas diferencias (Figura 5.7).

Figura 5.7 Evolución del contenido de lignina de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas

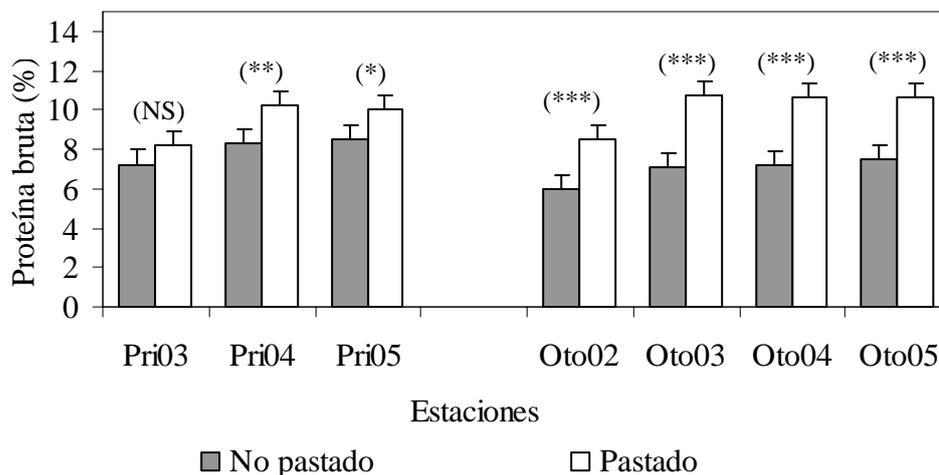


3.2.4 Contenido de proteína bruta

Con respecto al contenido de proteína bruta de la hierba, en la evolución dentro de cada tratamiento se ha observado que el pastoreo favoreció un mayor contenido proteico. En este sentido, al comparar los valores desde el principio al final del estudio, tanto en la primavera (8.19 vs. 9.99%, en 2003 y 2005, respectivamente, $P < 0.01$) como en otoño (8.47 vs. 10.68%, $P < 0.01$), se registraron incrementos en las Áreas Pastadas. Si bien en las Áreas No Pastadas también se verificaron incrementos en el período de estudio (7.24 vs. 8.52%, (NS) en estaciones de primavera y 5.98 vs. 7.51% ($P < 0.05$) en estaciones de otoño), éstos fueron de menor relevancia que los de las Áreas Pastadas.

En lo referente a la comparación entre tratamientos, se observó un efecto determinante del pastoreo, ya que en todas las estaciones controladas se registraron valores superiores en las Áreas Pastadas frente a las No Pastadas (Figura 5.8).

Figura 5.8 Evolución del contenido de proteína bruta de la hierba en las Áreas Pastadas y No Pastadas



N: 168

4 Discusión

El estudio del estrato herbáceo en espacios pastorales seminaturales adquiere actualmente mayor interés a partir de los procesos de cambio observados en la vegetación y el paisaje en estas últimas décadas (Loucougaray *et al.*, 2004). Como ya se ha dicho, estas modificaciones son en gran parte atribuidas a una reducción en la actividad pastoral, motivada principalmente por los procesos de abandono (Zarovali *et al.*, 2004; Lasanta-Martínez *et al.*, 2005; Peco *et al.*, 2006) y a los cambios en los sistemas de producción (Bernués *et al.*, 2005). En este capítulo se han cuantificado los efectos del cese del pastoreo sobre la vegetación herbácea, que tienen implicaciones tanto sobre el valor del territorio para su utilización pastoral, como sobre otros valores de tipo ambiental y del paisaje. Con el cese del pastoreo se observaron incrementos sostenidos de biomasa total, así como incrementos proporcionales de la fracción muerta de la hierba. Además, el cese del pastoreo implicó una significativa pérdida de calidad.

4.1 Altura de la hierba

Los valores de altura de la hierba en las Áreas Pastadas al final del pastoreo (otoño) evidenciaron una presión de pastoreo relativamente constante a lo largo del período de estudio. Estos valores resultaron superiores a los registrados en otros pastos de montaña por Mandaluniz (2003), que reporta entre 2 y 4 cm según comunidad vegetal, y Aldezábal (2001), que reporta valores en la mayoría de las comunidades inferiores a 4 cm, si bien en ambos casos se trata de comunidades vegetales de puertos de montaña, situados a mayor altitud y con menor productividad. En cambio, resultaron similares a los reportados por Casasús (1998), aunque en este trabajo así como en el de Mandaluniz (2003), los valores previos al inicio del pastoreo son superiores.

Estas alturas no resultarían limitantes para la producción de bovinos y en menor medida de ovinos y caprinos (Del Pozo *et al.*, 1998), aunque al tratarse de valores medios, en algunos casos podrían alcanzarse valores limitantes que el ganado normalmente cubre acudiendo a mecanismos de compensación, o mediante

desplazamientos procurando mayor disponibilidad vertical, mejor accesibilidad o mayor calidad (Mandaluniz, 2003).

Al igual que en otros trabajos (Hope *et al.*, 1996; Casasús, 1998; García-González *et al.*, 1998; Aldezábal, 2001; Mandaluniz, 2003; Casasús *et al.*, 2005), la supresión del pastoreo significó un progresivo aumento de la altura de la hierba (y reducción en las Áreas Pastadas), principalmente en las primeras estaciones de control. Este aspecto, más allá de lo estrictamente productivo, requiere especial atención en este tipo de ambientes. Por una parte, en lo referente al paisaje, el aspecto tradicional, humanizado, de tipo empradizado, pierde calidad al sufrir estas modificaciones (Montserrat, 2001; Aldezábal *et al.*, 2002; Hadjigeorgiou *et al.*, 2005). Por otra parte, se produce una modificación en las relaciones competitivas entre especies; especies de carácter dominante ocupan el espacio y los recursos de plantas de menor porte (Kuijper *et al.*, 2004) que tienden a desaparecer, con la consecuente pérdida de diversidad (Osoro, 1995; Sternberg *et al.*, 2000; Rook y Tallowin, 2003; Hadjigeorgiou *et al.*, 2005), aspecto de gran importancia en el funcionamiento del ecosistema (West, 1993; Chapin III *et al.*, 1997; Rook y Tallowin, 2003).

4.2 Biomasa total

Los valores de biomasa demostraron una considerable variabilidad entre zonas, acorde a la variabilidad del territorio. Los mayores valores de biomasa correspondieron a las zonas de mayores precipitaciones y de mayor altura sobre el nivel del mar. No obstante, el límite del aprovechamiento ganadero fue muy similar en todas las zonas, observando la similitud en los valores de otoño en las Áreas Pastadas. Puede asumirse que, según este modelo de pastoreo, el ganado consume aproximadamente el doble de la biomasa que crece durante la estación de pastoreo. En otros trabajos (Casasús, 1998; Mandaluniz, 2003) se observó una significativa reducción entre el valor al inicio y el valor al final de pastoreo, evidenciando que se destina una mayor cantidad de biomasa al ganado.

La interrupción del pastoreo produjo un significativo incremento en la biomasa, al igual que lo demostrado en trabajos similares (Aldezábal, 2001; Casasús *et al.*, 2005; Sawadogo *et al.*, 2005). En el mismo sentido, en otros trabajos se observó una reducción en la acumulación de forraje y la cobertura vegetal en las áreas pastadas (Cole *et al.*, 2004; McEvoy *et al.*, 2006). Sin embargo, hay que destacar que en este ensayo el efecto sólo se observó en los tres primeros años de control, posteriormente los valores parecieron encontrar un equilibrio, incluso una moderada tendencia a la reducción en las estaciones de otoño.

La acumulación de biomasa herbácea es un aspecto de interés para la conservación de los valores del territorio. Por una parte, por el ya referido efecto sobre el paisaje, y por otra, porque una acumulación excesiva de biomasa en el estrato herbáceo implica un incremento en la continuidad del material combustible, de manera que ante un incendio forestal se acentúan sus efectos y sus dificultades de control (Vicente *et al.*, 2000; Pérez, 2002). Cabe agregar que el ganado, mediante consumo de la hierba y de la hojarasca o bien por la transferencia del material senescente en pie al mantillo, ejerce un intenso efecto de reducción de la combustibilidad del estrato inferior del sotobosque (Torrano y Valderrábano, 2004). Es interesante también señalar que en las zonas en las que se realizó un desbroce mecánico hubo una acumulación importante de biomasa por efecto de la exclusión al pastoreo, lo que indicaría la necesidad de la presencia de ganado en zonas desbrozadas para que su efecto pudiera mantenerse en el tiempo.

4.3 Relación del material herbáceo vivo/ muerto

En la relación porcentual entre ambas fracciones se observó que la fracción viva predomina en las Áreas Pastadas, mientras en las Áreas No Pastadas predomina la fracción muerta. Esto puede atribuirse a que el pastoreo produce un incremento en la producción primaria (Thomson *et al.*, 2003; Del-Val y Crawley, 2004; Yamauchi y Yamamura, 2004) y una reducción del material muerto (Casasús *et al.*, 2005). Cabe agregar que estas diferencias se acentuaron a lo largo del ensayo.

En cuanto a la evolución de la biomasa herbácea viva a lo largo del estudio, se observó un incremento significativo en las estaciones de primavera, pero en las estaciones de otoño estas diferencias no fueron significativas. Los valores de primavera resultaron mayores que los de otoño, conforme al patrón descrito por Aldezábal (2001). Sin embargo, las diferencias entre Áreas Pastadas y No Pastadas, a excepción de alguna estación aislada, no fueron significativas.

Por el contrario, el efecto del pastoreo sobre la evolución de la biomasa herbácea muerta fue muy significativo. En este caso, a lo largo del ensayo sólo hay una tendencia de reducción del material herbáceo muerto en las Áreas Pastadas. Pero en las Áreas No Pastadas pudo observarse el efecto de la interrupción del pastoreo, con incrementos altamente significativos del material herbáceo muerto.

Si se tiene en cuenta que las diferencias en la materia herbácea viva por efecto del pastoreo tienen escasa significación, puede deducirse que este efecto sobre la biomasa total es atribuible a la acumulación de biomasa muerta. Este es un aspecto de gran interés, dado que precisamente es a esta fracción a la que puede atribuirse efectos más perjudiciales, por el incremento de la combustibilidad y por el deterioro del paisaje (Vicente *et al.*, 2000; Pérez, 2002).

4.4 Calidad de la hierba

Todas las variables referentes a la calidad de la hierba mostraron modificaciones significativas a lo largo del estudio. El pastoreo influyó claramente en los componentes de pared celular, siendo significativamente superiores en las áreas donde fue suprimido. No obstante, en los valores de FND el efecto del pastoreo se manifestó en menor medida; las diferencias sólo se observaron en otoño y no fueron acumulativas a los controles de primavera. Además, las diferencias entre Áreas Pastadas y No Pastadas fueron menores que en las otras variables, aunque estos resultados fueron similares a los demostrados en el trabajo de Torrano (2001).

Por su parte, en cuanto a los contenidos de FAD y lignina, el pastoreo tuvo un efecto altamente significativo, ya que en la mayoría de las estaciones de control los valores de estas variables resultaron superiores en las Áreas No Pastadas. Similar comportamiento se observó en la proteína bruta; en las Áreas Pastadas se observaron valores superiores en todas las estaciones de control que en las Áreas No Pastadas. Estos resultados guardan similitud con los obtenidos por Ainalis *et al.* (2006).

Otros estudios muestran resultados similares en cuanto a la mejora de la calidad del pasto en las zonas pastadas habitualmente por el ganado (McNaughton, 1985; Bokdam y Wallis de Vries, 1992; Phillips *et al.*, 1999), que además se mantiene durante un periodo vegetativo más largo debido al continuo rebrote del pasto (Clark *et al.*, 1998).

La reducción paulatina del pastoreo conduce por tanto a una significativa pérdida de calidad del pasto. La consecuencia esperada de ello es una redistribución del ganado en pastoreo en busca de satisfacer los rendimientos de los rebaños (Bailey *et al.*, 1996), lo cual produce concentración del pastoreo en algunas áreas y sub-utilización en otras, lo que resulta antagónico con los objetivos de carácter ambiental y de gestión sostenible del territorio (Bernués *et al.* 2005).

Estos efectos del pastoreo sobre la calidad de la hierba inciden sobre los resultados productivos del ganado. Debe tenerse en cuenta que los constituyentes de la pared celular presentan correlaciones negativas con la ingestibilidad, la digestibilidad, el consumo (Baumont *et al.*, 1997) y el contenido de lignina, que se constituye en un impedimento para los procesos de digestión ruminal (Horn *et al.*, 1979). También el contenido en proteína resulta determinante para la producción animal, incluso debe tenerse en cuenta que por debajo de ciertos límites se afecta el normal funcionamiento de la flora ruminal y consecuente se ralentizan los procesos de digestión y la producción de proteína microbiana endógena (Jarrige *et al.*, 1981).

La comparación de la calidad del pasto herbáceo observada en el presente estudio con los datos ofrecidos en las tablas de valoración de alimentos del INRA (1990) permite indicar que se trata de un forraje de características similares a un heno de pradera de montaña de mediana calidad.

En las condiciones de pastoreo que se han descrito los rebaños disponen de amplias superficies para pastar y la cantidad de pasto no es limitante, aunque la topografía desfavorable del territorio puede conllevar un incremento del coste energético por actividad. Con la calidad de pasto referida, se ha observado que estos pastos permiten a los rebaños alcanzar unos rendimientos productivos adecuados cuanto las necesidades nutritivas de los animales son moderadas (Riedel *et al.*, 2004). En animales con mayores necesidades (gestación avanzada o lactación) el aporte de estos pastos podría ser insuficiente para cubrirlas, para lo cual podría plantearse una suplementación adicional. También puede valorarse la conveniencia de que los bajos rendimientos en pastoreo de estas categorías de animales se compensen en otras épocas más favorables. En cualquier caso, tanto por su bajo coste económico como por el beneficio medioambiental que supone su uso, la integración de estos pastos en el ciclo productivo de los rebaños puede resultar estratégica para asegurar la rentabilidad y permanencia de estas explotaciones en zonas de montaña.

Los efectos observados en las distintas variables estudiadas indican que, si bien la ganadería inadecuadamente gestionada es considerada un factor de disturbio ambiental (Holechek, 1981), en estos niveles de aprovechamiento ejerce efectos beneficiosos en múltiples aspectos. En tal sentido, y tal como proponen numerosos autores (Allen y Bartolomé, 1989; Gutman *et al.*, 1999; Plaixats y Bartolomé, 2001; Gibon, 2005; Rosen y Bakker, 2005), puede ser considerada una herramienta que, bien manejada, puede suponer un claro beneficio para la multifuncionalidad en ambientes pastorales como los del PSCG.

5 Conclusiones

- Bajo las condiciones estudiadas, el pastoreo originó una situación de equilibrio en la altura y biomasa de la hierba. La interrupción del pastoreo produjo un incremento en los valores de estas variables, lo que significó alteraciones en el paisaje y el equilibrio de los recursos naturales.

- El cese del pastoreo produjo una importante acumulación de la biomasa muerta, mientras este efecto fue escaso sobre la biomasa viva. Por tanto, los incrementos de biomasa total son debidos fundamentalmente al incremento de la fracción muerta. Tanto los incrementos de biomasa como de la fracción muerta de la hierba significan un incremento de la combustibilidad del estrato herbáceo, lo que puede acentuar los riesgos de incendio y sus consecuencias.

- La interrupción del pastoreo implicó una disminución de la calidad de la hierba, dados los incrementos de los componentes de pared celular y las reducciones del contenido de proteína bruta. Esto constituirá una dificultad añadida en el caso de que posteriormente se procure recuperar los valores del territorio mediante el pastoreo del ganado.

- Por todo ello, el pastoreo del ganado doméstico adecuadamente gestionado debe ser considerado una herramienta eficaz para mantener estas variables en niveles acordes a los que tradicionalmente presentó este territorio.

CAPÍTULO 6

Simulación de la evolución espacial y temporal de las formaciones vegetales del PSCG bajo distintos escenarios de manejo

CAPÍTULO 6

Simulación de la evolución espacial y temporal de las formaciones vegetales del PSCG bajo distintos escenarios de manejo

1 Introducción

El territorio del PSCG tradicionalmente ha sido objeto de una intensa utilización humana, fundamentalmente dirigida a la actividad agraria. Actualmente, se observan intensos cambios de uso en este territorio: por una parte, el abandono de la actividad agraria, al igual que en otros territorios de la montaña Mediterránea (García-Ruiz *et al.*, 1996; Lasanta *et al.*, 2000; Taillefumier y Piegay, 2003), y por otra, el surgimiento de nuevas actividades, como el turismo rural o las actividades de tiempo libre ligadas al entorno natural como el barranquismo y la caza deportiva (BOA, 1991).

A todo esto se suma la declaración de Parque Natural (BOA, 1991), que supone una gestión del territorio dirigida a preservar sus valores naturales y por otra parte genera oportunidades laborales a los pobladores del mismo. Estas oportunidades laborales, y las derivadas de las actividades antes referidas, pueden generar situaciones de competencia con la dedicación a las actividades agro-ganaderas (Bernués *et al.*, 2005).

Es decir, el PSCG se encuentra en un proceso de transformación en muchos aspectos de diversa naturaleza: económica, social y medioambiental (Bernués *et al.*, 2005). Estos cambios han ocurrido en un periodo de tiempo relativamente breve. Distintos actores, internos y ajenos al Parque, con diversas interrelaciones entre ellos, comparten los recursos y los espacios de gestión. Las consecuencias a nivel ambiental y social constituyen una materia de urgente atención.

Así pues, el PSCG constituye un “sistema complejo”, con numerosos subsistemas que interactúan y muestran un comportamiento difícil de explicar a partir de la interpretación de la estructura y funcionamiento de sus elementos de manera aislada (Feuillette *et al.*, 2003; Bécu, 2006).

La percepción y la acción individual se convierten entonces en elementos claves en la intervención en el territorio de los múltiples actores, que actúan según una realidad percibida, que generalmente es diferente entre los distintos actores y muchas veces contrapuesta (Dray *et al.*, 2006). Esta situación va más allá de un simple modo particular de gestionar los recursos propios, produciéndose muchas veces conflictos de intereses en las áreas de superposición de la toma de decisiones (D'Aquino *et al.*, 2003; Bousquet y Le Page, 2004; Dray *et al.*, 2006).

Estas situaciones han sido abordadas recientemente en distintos contextos, mediante el empleo de técnicas participativas con el soporte de mecanismos de simulación informática, procurando representar las interacciones dinámicas entre los sistemas naturales y sociales en el campo de la gestión los recursos naturales renovables (Barreteau *et al.*, 2003a; Feuillette *et al.*, 2003; Abrami, 2004; Manson, 2005; Bécu, 2006).

Algunas de estas herramientas informáticas de simulación, conocidas como Simulación Multi-Agente (SMA), tienen origen en la inteligencia artificial. Se asume que un agente es un sujeto informático independiente, que situado en un ambiente determinado es capaz de definir de manera autónoma sus acciones y adaptarse cuando su medio ambiente cambia. Diversos agentes en el mismo ambiente son capaces de coordinar su información para tomar decisiones y resolver un desafío determinado, en función de las características del ambiente (Bousquet y Le Page, 2004). Actualmente se ha extendido la aplicación de estas herramientas al campo de la ecología y las ciencias sociales, procurándose mediante su empleo comprender en profundidad las diferentes formas de organización espacio-temporal y las interacciones entre los distintos niveles de organización (Abrami, 2004; Bécu, 2006; Caplat, 2006).

En el marco de la SMA se ha desarrollado la plataforma de simulación CORMAS (Common-pool Resources and Multiagent Systems) (Bousquet *et al.*, 1998). El propósito de creación de esta herramienta fue generar un entorno que simplificara la simulación de grupos de agentes entre sí y con su medio ambiente y contribuyera a la

gestión de los recursos naturales renovables en sistemas complejos. Es de destacar que esta plataforma no ha sido concebida con el fin de ajustar variables de gestión directa (por ejemplo carga animal) para hacer predicciones acerca de la evolución de estos sistemas. Mas bien, uno de los propósitos centrales de la misma ha sido proporcionar una herramienta que ayude a las personas intervinientes en la gestión de un mismo ambiente a desarrollar una percepción más ajustada del sistema y su evolución (Bousquet *et al.*, 1998).

Así, los modelos construidos bajo esta plataforma de simulación se han empleado como herramientas de apoyo en procesos participativos de manejo de recursos naturales renovables (Etienne *et al.*, 2003). En algunos casos, se ha convertido el modelo en un juego de rol, en el que participaron los distintos agentes involucrados en la toma de decisiones sobre un mismo territorio, constituyéndose así en un soporte para la discusión colectiva de los distintos escenarios de manejo, contribuyendo a la identificación y solución de conflictos (Barreteau *et al.*, 2003b; D'Aquino *et al.*, 2003; Dray *et al.*, 2006).

La construcción de un modelo SMA para ser empleado en procesos participativos de gestión del PSCG podría contribuir a clarificar la percepción de los distintos actores del territorio sobre las consecuencias de sus actividades y de las realizadas por otros, así como sus interacciones. El conocimiento de la realidad y la simulación espacio-temporal de diferentes criterios de participación individual y de gestión permitiría una valoración *ex-ante* de las consecuencias globales de las intervenciones individuales.

En este capítulo se formularon los siguientes **objetivos**:

- Construir un prototipo de modelo SMA bajo distintos escenarios conforme a las características agroambientales del PSCG.

- Comprobar, con carácter diagnóstico, las prestaciones de la SMA bajo la plataforma de simulación CORMAS, con vistas a la construcción futura de un modelo completo para ser utilizado en el PSCG.

2 Material y Métodos

Para el desarrollo de este prototipo se utilizó la plataforma de simulación CORMAS (Common-pool Resources and Multiagent Systems) (Bousquet *et al.*, 1998), que permite la generación de modelos Multi-Agente de manera genérica, basándose en el lenguaje de programación *Smalltalk*.

2.1 Fundamentos teóricos y mecánica del prototipo

En este prototipo se representó cada porción del territorio objeto de estudio y su evolución en función de distintos escenarios de manejo. Cada unidad de información (píxel) correspondió a un tipo de cobertura vegetal inicial que evolucionó temporalmente en función de diferentes usos del territorio o escenarios. La evolución conjunta y simultánea de todas las coberturas posibilitó la observación de su evolución temporal y espacial en todo el territorio.

El criterio de evolución de cada unidad de información fue la respuesta a un incremento de la biomasa de la vegetación *-densificación-*, que representó el aumento de biomasa que se produce en los procesos de sucesión secundaria. La velocidad de densificación se estableció para cada tipo de cobertura de forma arbitraria, aunque basada en las observaciones de campo recogidas en los capítulos 4 y 5. Se determinaron distintos factores que modificaron la intensidad de la densificación o la interrumpieron: precipitaciones, pastoreo o fuego. Para cada tipo de cobertura se estableció un valor umbral, alcanzado el cual se produjo el cambio hacia un estado de mayor densidad de vegetación. El estado y evolución de cada píxel puede representarse de la siguiente manera:

estado $i \rightarrow f$. densificación, f. ignición, f. continuidad \rightarrow estado $i + 1$

Este funcionamiento del modelo se basó en una conceptualización de la evolución de la vegetación, tanto de manera natural como bajo distintos modelos de intervención. La base teórica de esta evolución fue la Teoría de Estados y Transiciones (Westoby *et al.*, 1989) (ver Introducción General) mediante la que se representaron las múltiples trayectorias resultantes.

El referido valor de densificación de la cobertura vegetal representa un incremento del número de individuos y de la biomasa aérea. Una vez alcanzado un determinado valor, específico para cada tipo de cobertura y ajustado a las características de la vegetación propia del estado, se produce la transición hacia el siguiente estado. Un atributo de vecindad, hace que una celda tenga una probabilidad diferente de cambio de estado según la celda vecina, reflejando el efecto de las coberturas próximas en su comportamiento.

Además, se crearon dos nuevos estados para reflejar la situación de embastecimiento de los estados existentes. Estos nuevos tipos de cobertura fueron denominados “pasto arbustivo denso”, que refleja el estado resultante del incremento de arbustos en los pastos arbustivos y “arbolado con sotobosque denso”, como resultado del incremento de la biomasa de hierbas y arbustos en los pastos con arbolado denso.

Para cada escenario, se construyó un diagrama de estados y transiciones que fue tomado como base para reflejar en el prototipo la dinámica espacial de los distintos tipos de cobertura vegetal.

2.2 Base espacial

La base espacial sobre la que se construyó el prototipo de modelo SMA fue la totalidad del territorio del Parque de la Sierra y Cañones de Guara y su Zona Periférica

de Protección. Para esto se tomó el mapa del Sistema de Información Geográfica (SIG) de tipos de pasto del PSCG de Asensio *et al.* (2004). Este mapa representa las distintas coberturas vegetales del Parque desde el punto de vista de su uso pastoral y según la nomenclatura de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Estas coberturas son: pasto con arbolado denso; pasto con arbolado ralo; pasto arbustivo; pasto herbáceo; cultivos; y zonas sin cobertura vegetal (barrancos pronunciados, afloramientos rocosos, poblados). Este mapa se adaptó a la plataforma CORMAS y se presenta en el apartado de Resultados (Figura 6.1).

Al mapa base se incorporó un atributo referido a las precipitaciones. Para esto se siguió un gradiente desde precipitaciones próximas a los 1000 mm anuales de la vertiente norte, hasta los 600 mm de la vertiente sur (ver Material y Métodos Generales). Conforme a esto, se establecieron tres áreas de distribución en las que el comportamiento de la vegetación resultase diferente en función de esta característica, asignándose mayor velocidad de densificación a la vegetación de las zonas más húmedas.

2.3 Coberturas y escenarios

Se asumieron los tipos de coberturas vegetales existentes y plasmadas a priori en el SIG por Asensio *et al.* (2004) como el estado actual de cada porción del territorio. Estos estados fueron asumidos desde el punto de vista de la Teoría de Estados y Transiciones (Westoby *et al.*, 1989) como situaciones relativamente estables bajo la continuidad del uso actual del territorio. Sin embargo, de acuerdo a lo demostrado en los ensayos precedentes de este trabajo, algunos de estos estados han evidenciado cambios lo suficientemente consistentes como para asumir que se han iniciado transiciones activas que motivan una interrupción del equilibrio alcanzado en la vegetación. Por este motivo se han diseñado los escenarios que se describen a continuación.

Escenario 1. Interrupción de la actividad agraria

Los ensayos dirigidos a estudiar los efectos del pastoreo sobre la vegetación (Capítulos 4 y 5 de este trabajo) permitieron asumir que el principal factor de transición es la reducción de la ganadería, motivo por el cual se simuló un primer escenario bajo el supuesto de la interrupción total e inmediata de toda actividad agraria. Obviamente, se trata de un supuesto didáctico, puesto que es difícil que toda actividad agraria cese en el Parque y en todo caso esto ocurriría de forma gradual.

El fundamento de este escenario, tal y como ha podido observarse en los capítulos precedentes de esta Tesis, es que la interrupción del pastoreo conlleva un incremento de la biomasa vegetal, teniendo como mayor exponente en términos de cambio de tipo de cobertura al estrato arbustivo.

Escenario 2. Interrupción de la actividad agraria con incendios

El segundo escenario construido contempla el cese de actividad agraria con la presencia de incendios de origen natural. Para ello, se atribuyó una “probabilidad de ignición” de acuerdo al tipo de vegetación de cada estado, mayores probabilidades a los estados de mayor densidad. También se consideró una “probabilidad de continuidad” asociada a la vecindad, conforme a la densidad del estrato adyacente.

Escenario 3. Mantenimiento de la actividad agraria

En el tercer escenario se simuló la presencia de las 62 explotaciones agrarias que actualmente existen en el parque, manteniéndose por tanto su actividad agrícola y ganadera. Con ello se asumió que en la porción de territorio que utiliza cada explotación los cultivos no se interrumpían y no se densificaba la vegetación.

Cabe agregar que los parámetros utilizados en este prototipo son supuestos, aunque derivados del comportamiento lógico y esperable del agro-ecosistema. Partiendo de valores iniciales de los parámetros se siguió un procedimiento iterativo, ajustándose

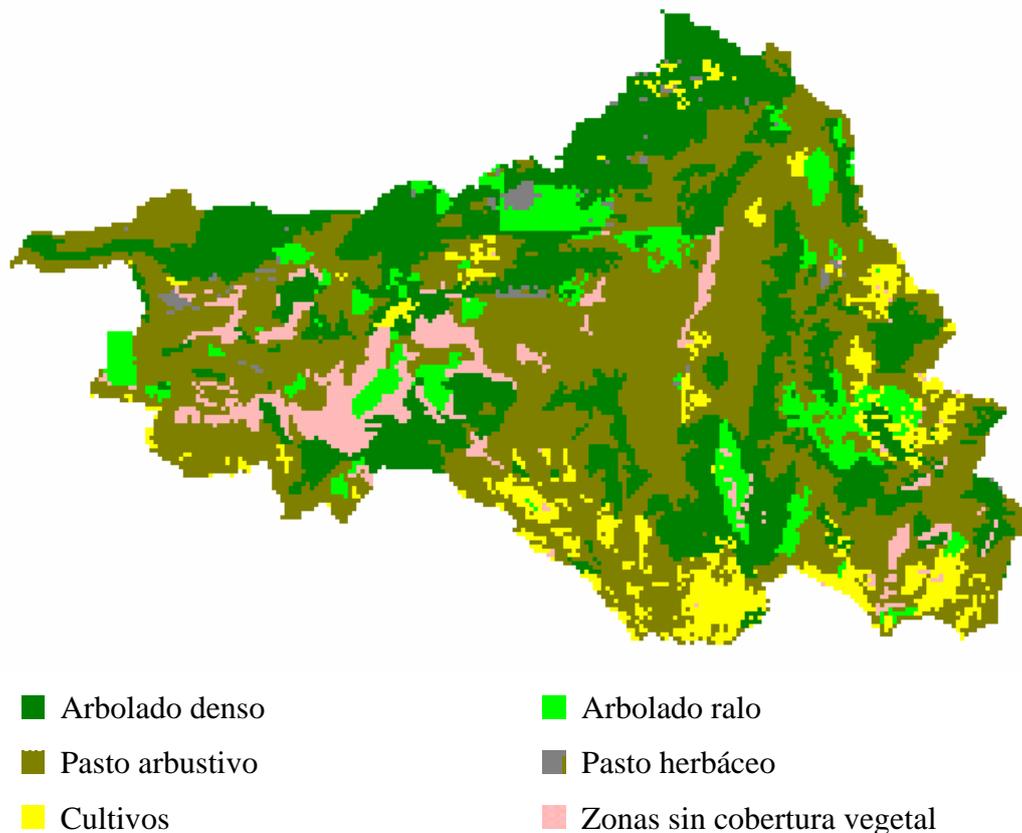
estos valores hasta obtener respuestas lógicas. Por tanto, los resultados obtenidos en este apartado deben considerarse preliminares, si bien demuestran, con carácter diagnóstico y didáctico, las prestaciones de esta herramienta para la construcción de un modelo completo y funcional para el PSCG.

3 Resultados

3.1 Base territorial

Sobre la base del Sistema de Información Geográfica construido por Asensio *et al.* (2004) se construyó el mapa del PSCG en la plataforma de simulación CORMAS (Figura 6.1). En este mapa se representan cinco tipos de cobertura que corresponden a distintas propiedades del tipo de vegetación desde el punto de vista de su dedicación a la actividad agraria y del paisaje. Se trata de cuatro tipos de pastos, los cultivos agrícolas y una categoría correspondiente a las zonas sin cobertura vegetal, por afloramientos rocosos, barrancos pronunciados o núcleos de población. En la distribución real inicial de las distintas coberturas el pasto arbustivo es el que mayor superficie ocupa (49.10%), seguido del pasto con arbolado denso (29.32%). Menor superficie ocupan los cultivos, conformados mayoritariamente por pastos de origen agrícola (7.18%), el pasto con arbolado ralo (7.05%), las zonas sin cobertura vegetal (5.90%) y los pastizales (0.98%).

Figura 6.1 Mapa inicial de cobertura de la vegetación



A continuación, se establecen los diagramas de estados y transiciones para los tres escenarios de simulación, así como las salidas espacio temporales del prototipo. Como criterio general, se muestran cuatro puntos de la serie temporal, tres intermedios y uno final, fijado cuando las curvas de evolución de las coberturas se tornaron asintóticas (80 años en los Escenarios 1 y 3, 60 años en el Escenario 2).

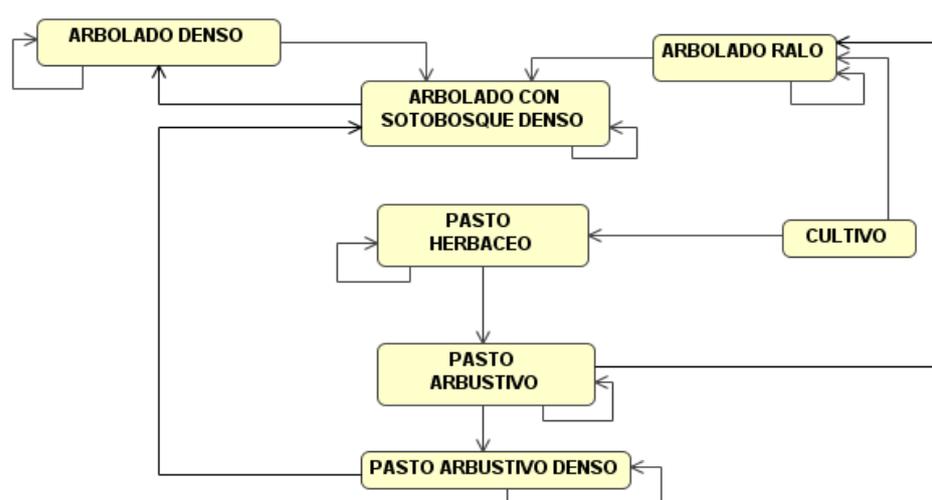
3.2 Escenario 1: Evolución natural de la vegetación ante la interrupción de las prácticas agrarias

3.2.1 Diagrama de estados y transiciones para la evolución natural de la vegetación

En un escenario de suspensión de toda actividad agraria se representaron las transiciones entre los estados existentes y entre los dos nuevos estados incorporados, en

función de la densificación de la vegetación. Estos dos nuevos estados, pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso, pueden asumir el carácter de relativamente permanentes ante la ausencia de uso agrario o incidentes eventuales (incendios). En el diagrama de estados y transiciones bajo evolución natural (Figura 6.2) se asume como única transición la densificación de la vegetación como consecuencia de la interrupción de la actividad agraria en el ambiente objeto de estudio. Esta circunstancia se refleja principalmente en los cultivos, que se transforman en pasto herbáceo o en pasto con arbolado ralo, y en el resto de pastos, que ante una desaparición de la ganadería se densifican progresivamente hasta pasar a estados o categorías de vegetación más densas (p.ej. de pasto herbáceo a pasto arbustivo, y así sucesivamente).

Figura 6.2 Diagrama de estados y transiciones en el escenario 1



Leyenda

- Estados
- Transiciones
- ↪ Mantenimiento del estado actual

3.2.2 Simulación de la evolución espacio temporal en el Escenario 1

A continuación se representa la evolución de las coberturas correspondientes a este territorio bajo el escenario de una interrupción completa de la actividad agraria a partir del año 1. Se representan cuatro mapas a intervalos de veinte años (Figura 6.3). Se puede observar un rápido progreso hacia estados de pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso, para alcanzar valores máximos entre los 10 y los 20 años (Figura 6.3(a) y Figura 6.4). Esto ha ocurrido a expensas de otras categorías, fundamentalmente del pasto arbustivo. Cabe agregar que los cultivos desaparecen en el primer año, debido a que se asume suspendida la actividad agraria.

Hacia los 40 años de evolución (Figura 6.3(b)) se observó una reducción progresiva de la representación territorial de los estados pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso, a causa de la transición hacia el pasto con arbolado denso. Para este punto de la evolución los estados pasto arbustivo y arbolado con sotobosque denso comienzan a alcanzar un equilibrio, mientras aún se observa el incremento del pasto con arbolado denso (Figura 6.4).

Hacia los 60 años de evolución comienza a observarse un equilibrio, con una representación de los estratos correspondientes al pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso que prácticamente se restringe a la zona sur del Parque, donde las precipitaciones son menores (Figura 6.3(c)).

Finalmente, a los 80 años de evolución la representación espacial de la mayoría de las coberturas presentó un comportamiento relativamente estable (Figura 6.4). Se observó un claro predominio del pasto con arbolado denso, es decir, predominio de zonas boscosas, aunque en las zonas de menores precipitaciones se observó una importante cobertura de pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso (Figura 6.3(d)).

Figura 6.3 Evolución espacial de la vegetación en el escenario 1

Figura 6.3(a): 20 años

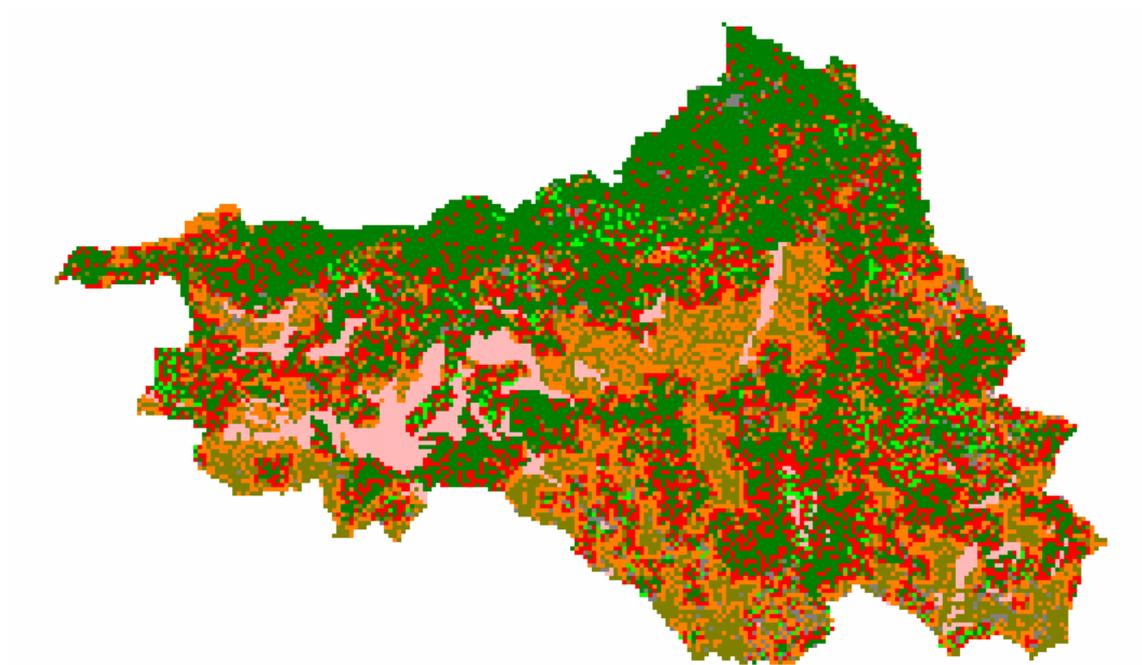


Figura 6.3(b): 40 años

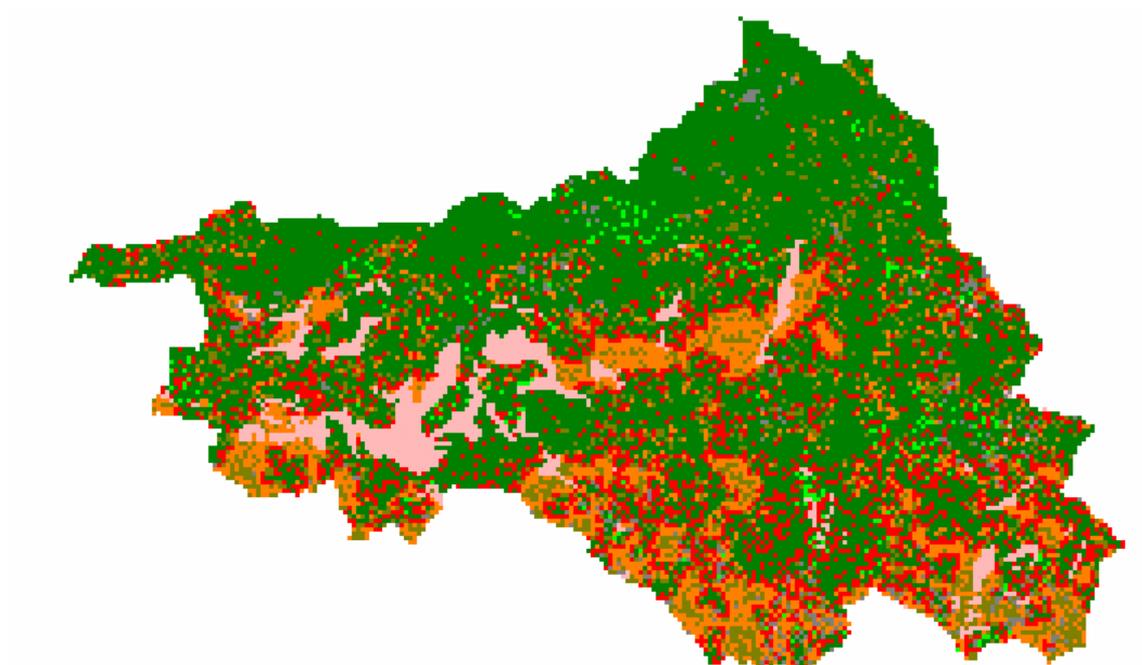


Figura 6.3(c): 60 años

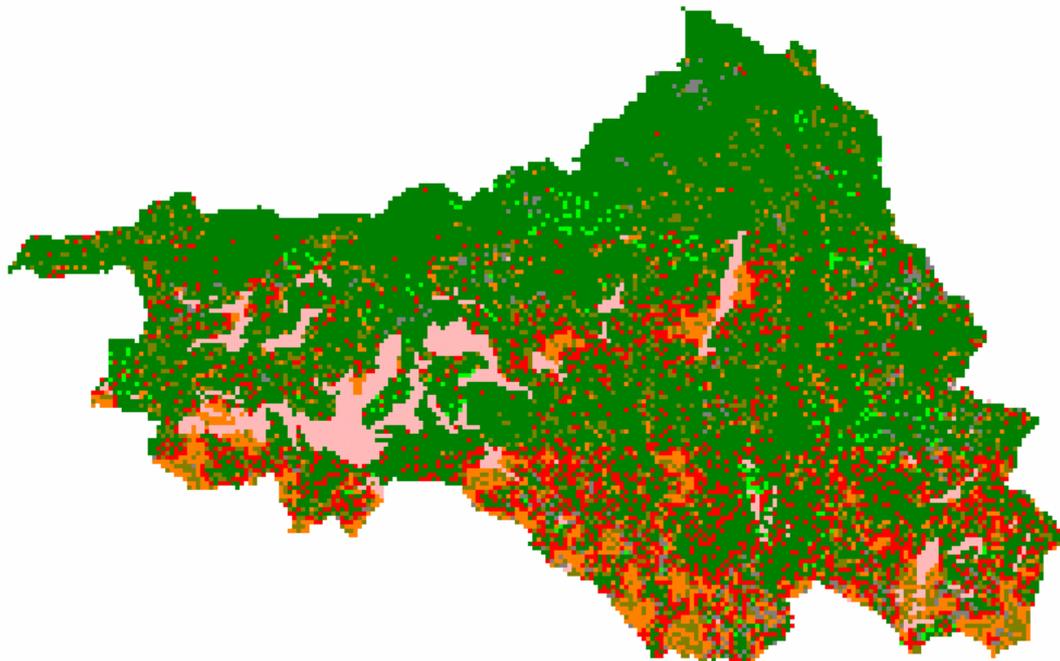
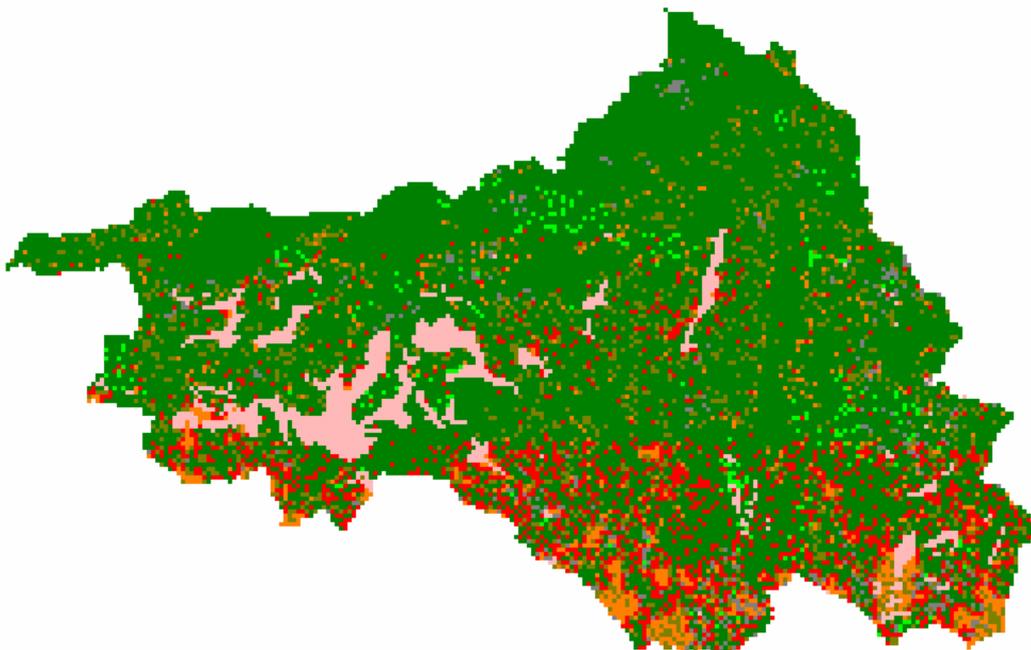
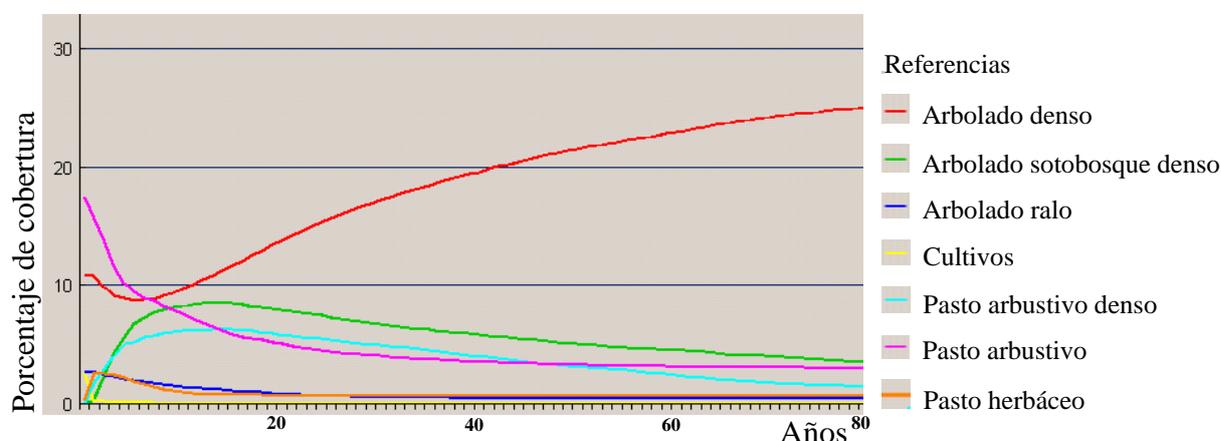


Figura 6.3(d): 80 años



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| ■ Arbolado denso | ■ Arbolado ralo |
| ■ Pasto arbustivo | ■ Pasto herbáceo |
| ■ Cultivos | ■ Zonas sin cobertura vegetal |
| ■ Arbolado con sotobosque denso | ■ Pasto arbustivo denso |

Figura 6.4 Evolución temporal de la vegetación en el escenario 1

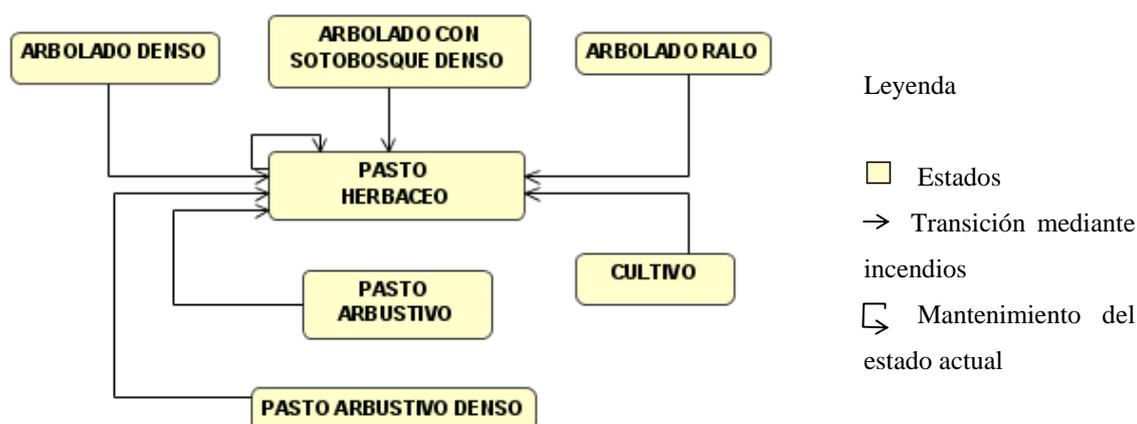


3.3 Escenario 2: Evolución con suspensión de las actividades agrarias y fuego

3.3.1 Diagrama de estados y transiciones para la evolución de la vegetación con fuego e interrupción de actividad agraria

Los estados que se adoptaron para este escenario son los mismos que en el escenario anterior. Para el diagrama de estados y transiciones (Figura 6.5) se adoptó como única transición el fuego, que convierte a cualquier estado en pasto herbáceo. Al respecto, en el año 20 de evolución (Figura 6.6(a)) se produce un incendio y en la Figura 6.6(b), correspondiente al año 21, se puede ver esta misma superficie convertida en pasto herbáceo. La transición posterior al incendio de los distintos estratos sigue la misma lógica que la evolución natural, aunque ésta puede ser interrumpida por el fuego, en cualquiera de sus puntos, y retornar al estado de pasto herbáceo.

Figura 6.5 Diagrama de estados y transiciones en el escenario 2



3.3.2 Simulación de la evolución espacio temporal en el Escenario 2

Se asumió una probabilidad de ignición y una probabilidad de continuidad del fuego diferente en función del tipo de cobertura. Las coberturas con mayor probabilidad de ignición y de continuidad fueron las de pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso.

El modelo evidenció diferencias frente a la evolución natural sin incendios (Escenario 1). Estas diferencias radicarón fundamentalmente en una progresión irregular de la proporción de las coberturas, que tendieron a alcanzar prematuramente, comparado con el escenario anterior, el equilibrio a los 60 años de evolución (Figura 6.7).

También se pudo observar en los distintos mapas temporales (Figura 6.6) una tendencia a la recurrencia de los estados pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso. Por otra parte, las mencionadas coberturas, al igual que el pasto herbáceo y el pasto arbustivo, se encontraron representadas en mayor medida que en el escenario anterior.

Figura 6.6 Evolución espacial de la vegetación en el escenario 2

Figura 6.6(a): 20 años

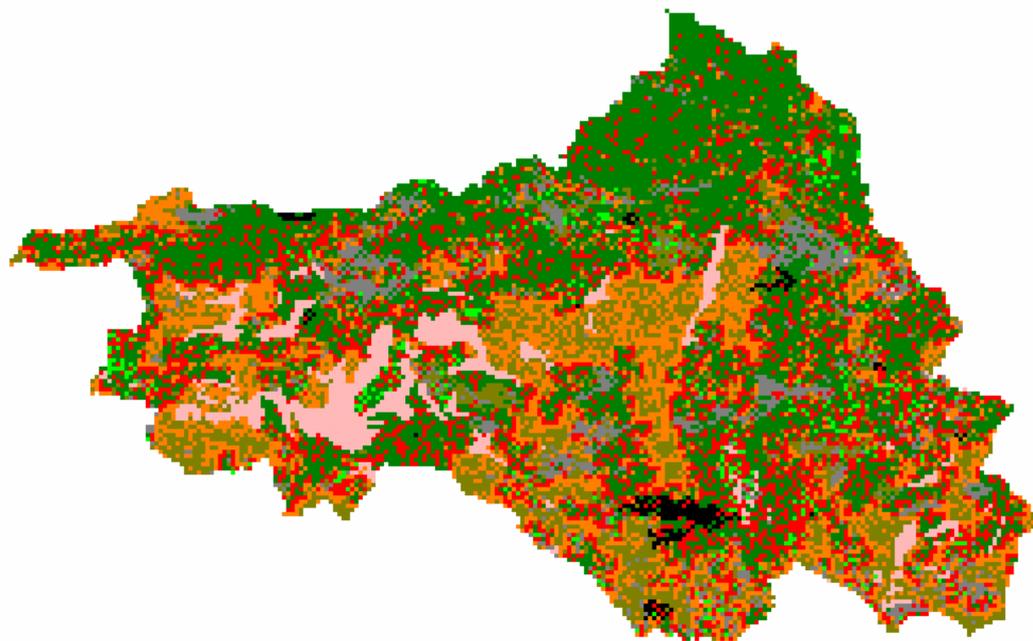


Figura 6.6(b): 21 años

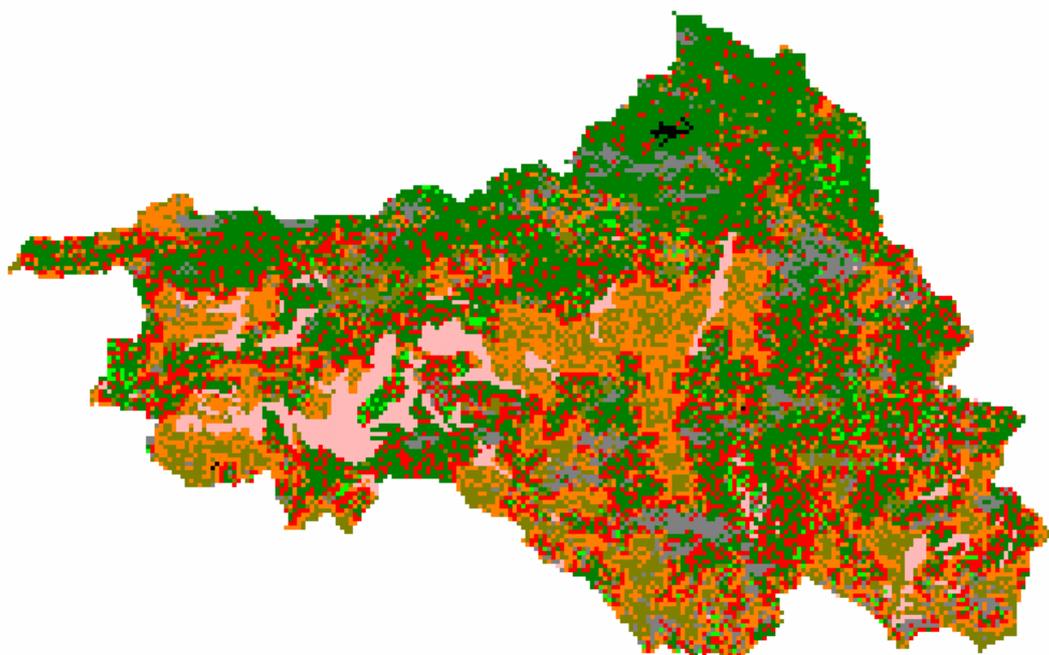


Figura 6.6(c): 40 años

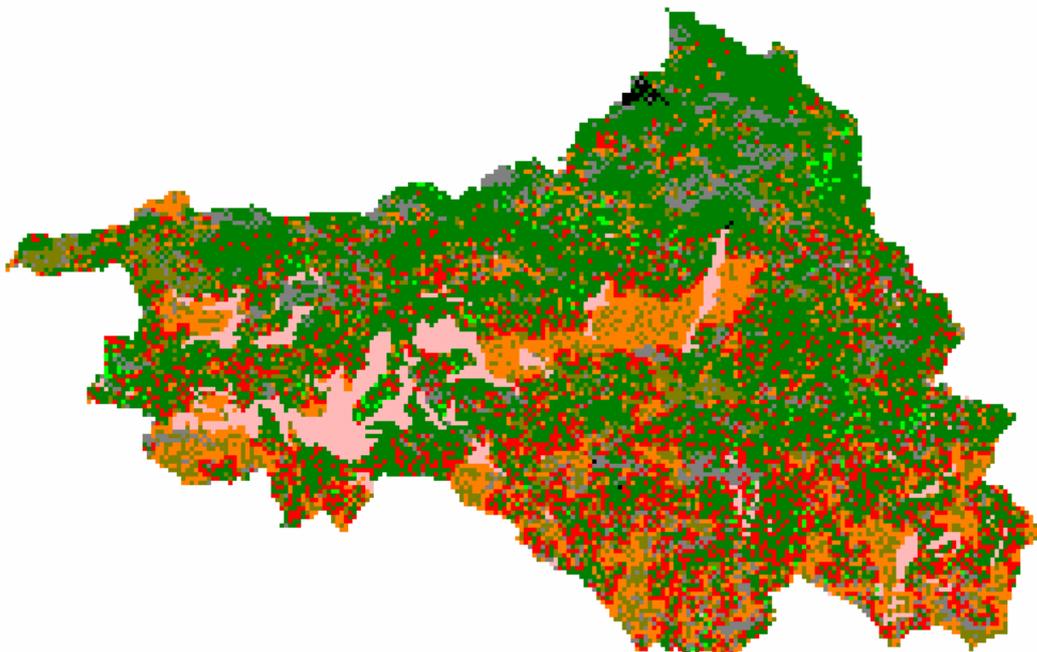
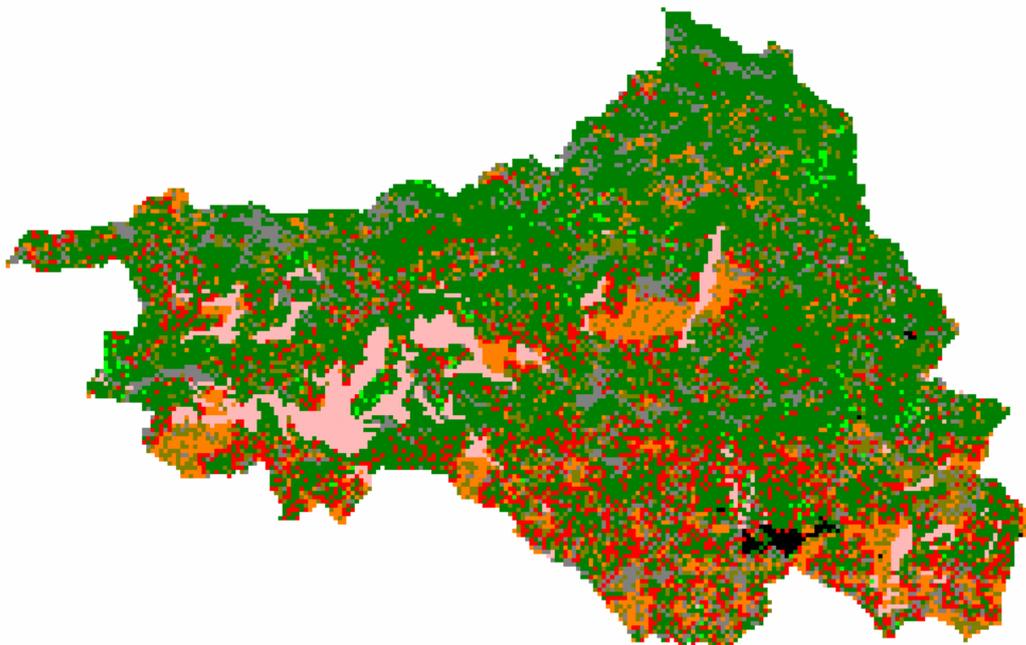
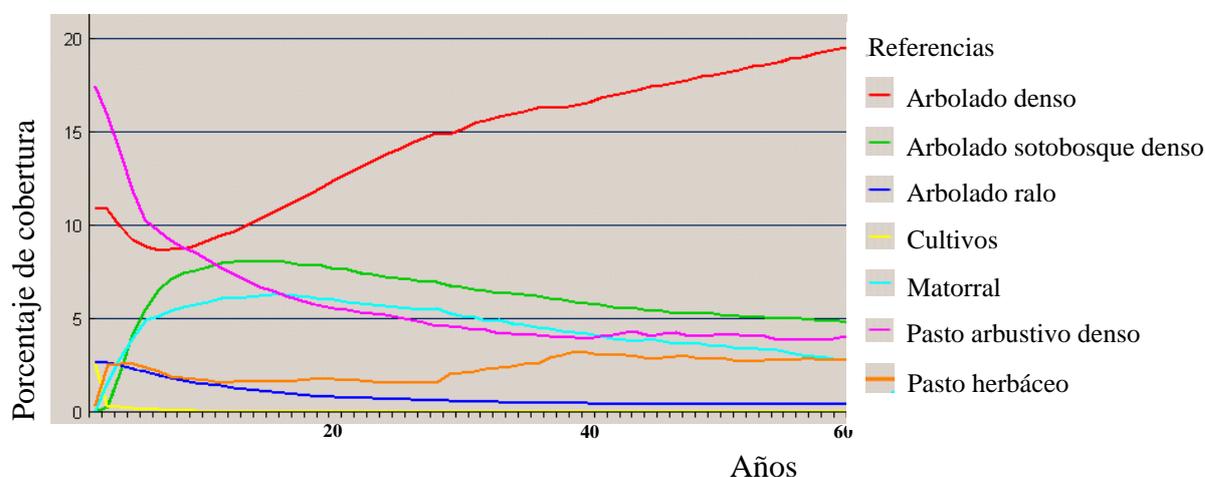


Figura 6.6(d): 60 años



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| ■ Arbolado denso | ■ Arbolado ralo |
| ■ Pasto arbustivo | ■ Pasto herbáceo |
| ■ Cultivos | ■ Zonas sin cobertura vegetal |
| ■ Arbolado con sotobosque denso | ■ Pasto arbustivo denso |
| ■ Incendios | |

Figura 6.7 Evolución temporal de la vegetación en el escenario 2

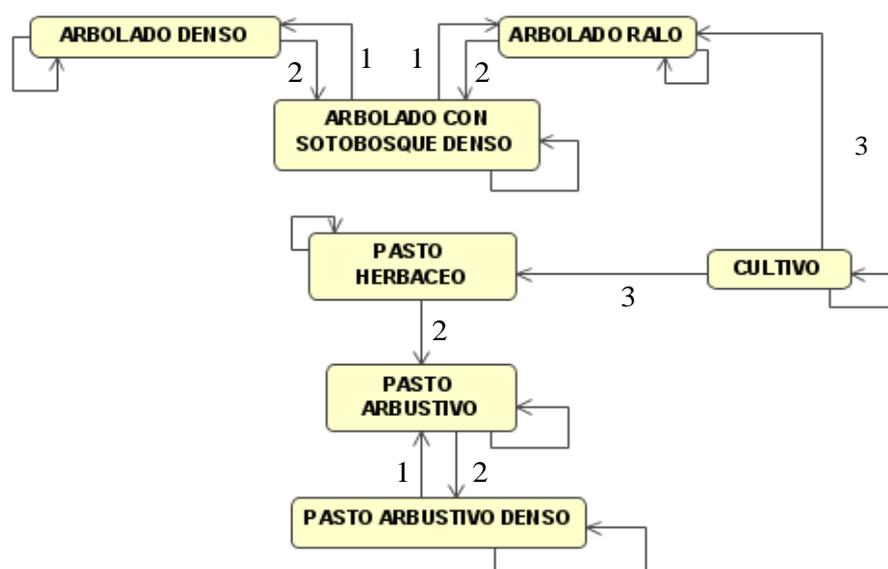


3.4 Escenario 3: Evolución de la vegetación sin fuego con prácticas agrarias

3.4.1 Diagrama de estados y transiciones para la evolución de la vegetación con actividad agraria

Para este escenario se asumieron los mismos estados que en los anteriores. Las transiciones referentes al pastoreo fueron dos: una con cargas ganaderas bajas, que produce el cambio hacia un estado de mayor densidad de la vegetación; y una con cargas altas, que produce el avance hacia estados de menor densidad de vegetación. Las cargas ganaderas correspondientes al equilibrio permitirían al estado su permanencia en el tiempo (Figura 6.8). Conforme a lo observado en este estudio, las cargas actuales pueden ser consideradas bajas porque en la mayoría de las zonas se observó una densificación de la vegetación (Capítulo 4).

Figura 6.8 Diagrama de estados y transiciones en el escenario 3



- Estados
- 1 Transiciones con altas cargas ganaderas
- 2 Transiciones con bajas cargas ganaderas
- 3 Interrupción de los cultivos
- ◻ Cargas ganaderas de equilibrio

3.4.2 Simulación de la evolución espacio temporal en el Escenario 3

Para la simulación con actividad agraria se adoptaron cargas ganaderas de equilibrio, con lo que se consideró una interrupción de la densificación de las distintas coberturas. Por ello, en las áreas utilizadas por las explotaciones los estados permanecen sin cambios. Sin embargo, solamente se consideraron las 62 explotaciones que aprovechaban los pastos del Parque y su zona periférica, con lo que no se simula una carga distribuida homogéneamente en todo el territorio, sino valores de utilización inferiores al 50%, a semejanza de la situación actual (Asensio *et al.*, 2004) y en una distribución aleatoria. Por ello, sólo parte del territorio sigue la evolución natural.

En la serie completa a 80 años de evolución (Figura 6.10) se observaron cambios en los primeros años, pero al final de la serie se observaron valores moderados de cobertura de pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso. Por su parte, se

observó un incremento en el estado de arbolado denso y un descenso del pasto arbustivo.

En los mapas correspondientes al estado de la vegetación cada veinte años (Figura 6.9) puede observarse que una parte del territorio conserva su estado inicial. Esta parte es la correspondiente a la localización actual de las ganaderías y al área de cultivos agrícolas. En la Figura 6.9(a), correspondiente a los 20 primeros años de evolución, se observan las mayores coberturas de pasto arbustivo denso y arbolado con sotobosque denso, para luego descender hacia los 40 años (Figura 6.9(b)) y alcanzar un equilibrio entre los 60 y 80 años (Figuras 6.9(c) y (d)). Esto obedece a la continuidad de la evolución natural en las áreas no utilizadas por las explotaciones agrarias.

Figura 6.9 Evolución espacial de la vegetación en el escenario 3

Figura 6.9(a): 20 años

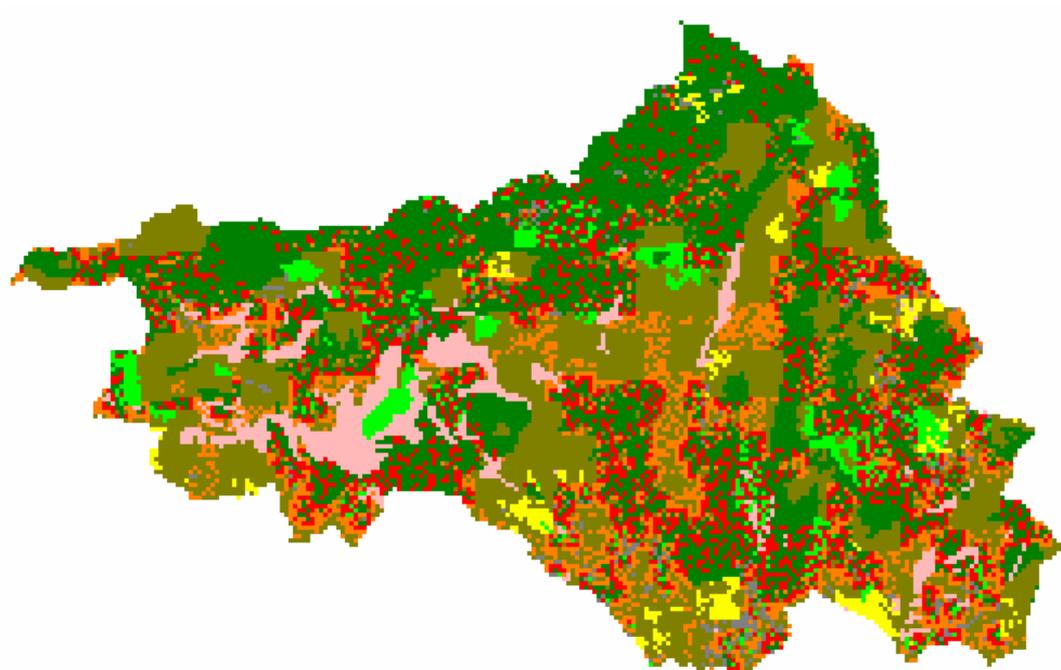


Figura 6.9(b): 40 años

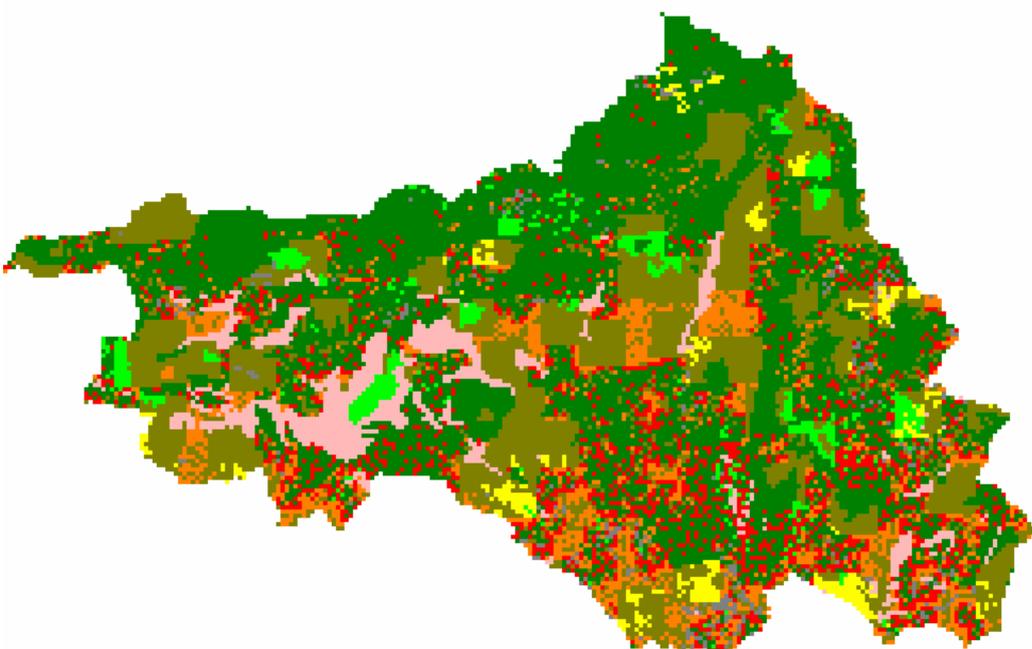


Figura 6.9(c): 60 años

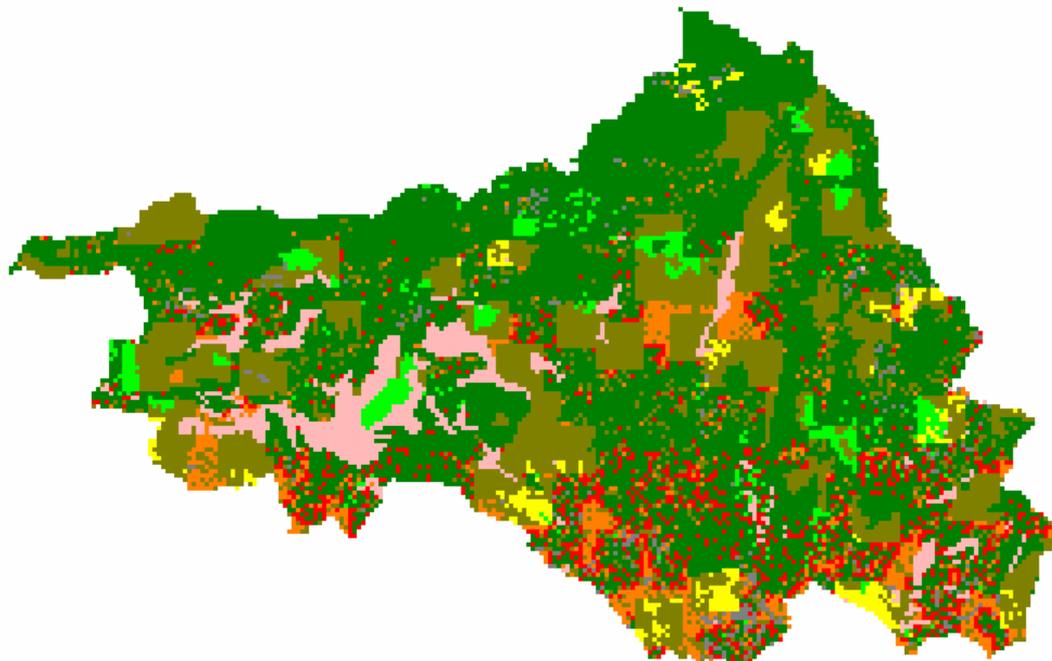
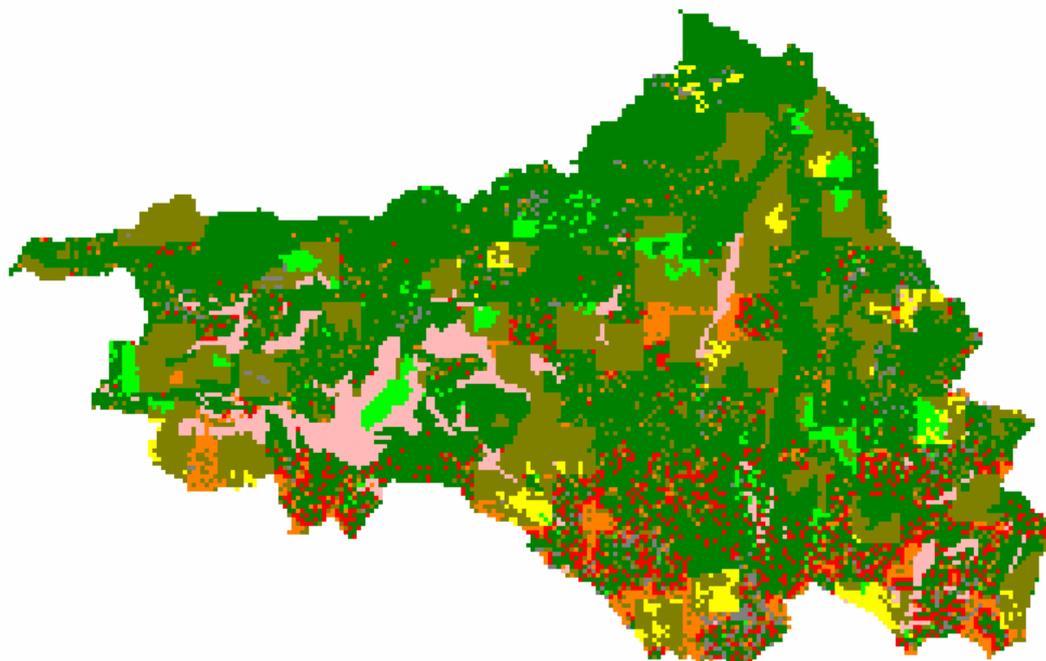
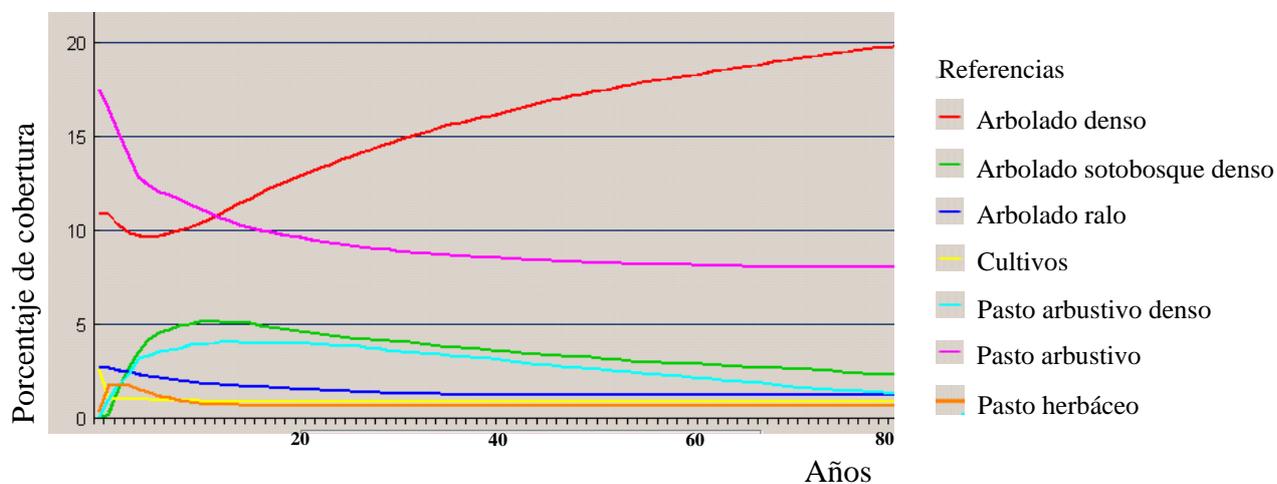


Figura 6.9(d): 80 años



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| ■ Arbolado denso | ■ Arbolado raro |
| ■ Pasto arbustivo | ■ Pasto herbáceo |
| ■ Cultivos | ■ Zonas sin cobertura vegetal |
| ■ Arbolado con sotobosque denso | ■ Pasto arbustivo denso |

Figura 6.10 Evolución temporal de la vegetación en el escenario 3



4 Discusión

La construcción de un prototipo de modelo SMA para el PSCG ha permitido observar las trayectorias de las coberturas vegetales existentes bajo tres escenarios. La evolución temporal hasta una aproximación al equilibrio permitió observar los efectos de las transiciones en el tiempo y el espacio y los sucesivos cambios entre estados. A continuación se discuten aspectos relacionados con el comportamiento del prototipo y su potencial uso en procesos de gestión participativa en el entorno del PSCG.

4.1 Estados de la vegetación y evolución espacio temporal

Los aspectos considerados en los capítulos anteriores permitieron observar una transición activa de la vegetación hacia estados de mayor embastecimiento o densificación, especialmente en el estrato arbustivo, aún en las zonas pastadas por el ganado (ver Capítulo 4). Según se observó en otros territorios (Bartolomé *et al.*, 2000), los procesos de incremento en volumen y biomasa del estrato arbustivo a partir de ciertos valores de cobertura llegan a limitar o incluso impedir el tránsito de personas y animales, con lo que estos espacios podrían no encuadrarse dentro de lo que la SEEP

(Ferrer *et al.*, 2001) denomina “pastos arbustivos”. Similar efecto se produce en el sotobosque de los espacios arbolados (Torrano, 2001; Casasús *et al.*, 2007). Estas dos situaciones fueron encuadradas en este prototipo bajo la denominación de “pasto arbustivo denso” y “arbolado con sotobosque denso”. Cabe agregar que ante la suspensión de los cultivos estos espacios son rápidamente colonizados por especies arbustivas (Lloret *et al.*, 2002; Benjamin *et al.*, 2005; García-Ruiz *et al.*, 2005), produciendo un cambio del tipo de cobertura hacia pastos arbustivos.

Las dos nuevas categorías de vegetación comentadas en el párrafo anterior se caracterizan, por una parte, por alejarse del paisaje tradicional del Parque (Montserrat, 2001) y por perder heterogeneidad y diversidad, y además, por el incremento en el riesgo de incendios (Moreira *et al.*, 2001; Lloret *et al.*, 2002), aspecto que fue rescatado para la simulación del comportamiento del fuego, asignando a estas nuevas categorías mayores probabilidades de ignición y de continuidad.

El estado de pasto arbustivo denso puede generar las condiciones apropiadas para la emergencia y consolidación de especies de porte arbóreo (Grant, 2006), que conforme se desarrollan convierten la cobertura en un arbolado con sotobosque denso. Por competencia por el espacio y los recursos, los árboles ejercen un dominio sobre las especies arbustivas, y según el tipo de asociación estas últimas comienzan a reducir su presencia (Grant, 2006) hasta convertirse en pasto con arbolado denso. Este aspecto fue incorporado en el modelo SMA, de modo que en una secuencia de transiciones y mediante el paso por diferentes estados, la mayor parte del territorio adopta esta formación vegetal, que fuera referida como la situación de equilibrio antes del comienzo de la intervención humana (Montserrat, 1986).

En el Escenario 1, la desaparición de la actividad agraria ha producido una rápida homogeneización del territorio, ya que la mayoría de las coberturas vegetales se han reducido drásticamente a favor de un aumento del pasto con arbolado denso. Esta homogeneización conllevaría cambios importantes en la estructura del paisaje y en la diversidad de hábitats disponibles (Luoto *et al.*, 2003), lo cual podría suponer una

amenaza para la biodiversidad tanto de la flora como de la fauna presente en dichos hábitats (Tallowin *et al.*, 2005).

En el mismo sentido, los estudios realizados por Lasanta-Martínez *et al.* (2005) en el Pirineo Central indican que el abandono de la actividad agraria experimentado durante la segunda mitad del siglo pasado ha tenido como consecuencia un considerable incremento de los pastos arbustivos y arbolados, en detrimento de otros tipos de vegetación. Aunque en su caso estimaban que esto pudiera tener ciertos efectos positivos sobre el control de la erosión del suelo y la escorrentía, consideraban otros efectos negativos como la pérdida de hábitats, la homogeneización de la vegetación y el consecuente incremento de los riesgos de incendio, así como la reducción de la capacidad de carga ganadera de la zona estudiada.

Por ello, es necesario valorar las consecuencias que ofrece este escenario, sobre todo si tenemos en cuenta los resultados presentados en el Capítulo 3 que muestran, por un lado, el proceso de intensificación de la producción ovina y su relación con el descenso en el uso de recursos de pastoreo, y por otro, los problemas de continuidad a corto-medio plazo de muchas explotaciones. Además, la última reforma de la PAC puede acelerar el abandono de la actividad agraria en estas zonas, puesto que al desacoplarse parcialmente la percepción de subvenciones de la producción, puede haber ganaderos que no consideren conveniente mantener sus rebaños y el número de explotaciones se reduzca.

El escenario de simulación con incendios (Escenario 2) reflejó la transformación en los estados afectados hacia el estado de pasto herbáceo y un nuevo inicio de la secuencia de estados en función de la evolución natural, de acuerdo a lo que normalmente ocurre en este tipo de ambientes (Pérez e Ibarra, 2003). Se pudo observar una distribución más irregular de la porción de territorio ocupado por cada cobertura afectada, debido a que las modificaciones consideradas ocurrían en un período de tiempo muy breve. Cabe destacar que la proporción final de los distintos estados cuando el prototipo tiende al equilibrio resulta diferente de los otros escenarios. Esto es debido a que en los espacios afectados por incendios se avanza hasta estados cuya cobertura

tiene mayor probabilidad de ignición, con lo que parte del territorio es afectado por el fuego de manera recurrente. Esta circunstancia reflejó la situación de permanencia cíclica de una secuencia de estados, debido a que estos espacios son colonizados por comunidades vegetales pirófitas que predisponen a la recurrencia del fuego (Pérez, 2002; Delitti *et al.*, 2005). Esto también indica que mas allá de las proporciones finales de las distintas coberturas, podrían surgir nuevos estados cuya característica sea la recurrencia del fuego y que actualmente no son propios de este agro-ecosistema.

Estas comunidades vegetales, principalmente constituidas por unas pocas especies que rápidamente colonizan el espacio dando protección al suelo, cumplen un destacado papel en la autorestauración del ecosistema. No obstante, sus cualidades no son las propias de estos ambientes (Montserrat, 2001) ya que en general poseen baja diversidad y excluyen a las especies endémicas y especializadas, con lo que se alejan de lo que para estos espacios se procura en términos ambientales (EEA, 1999).

La evolución de la simulación con mantenimiento de las actividades agrarias (Escenario 3) evidenció una mayor estabilidad, debido a que aunque aproximadamente la mitad del territorio siguió la evolución natural, también se representó la situación actual de estas actividades (Asensio *et al.*, 2004). Así, la porción del espacio utilizado por explotaciones agrarias mantuvo su estado actual por interrupción de los procesos de densificación de la vegetación. Para esto, se asumió que las áreas ocupadas por las explotaciones mantienen su paisaje y formas biológicas tradicionales (Vicente *et al.*, 2000; Aldezábal, 2001). De este modo, distintas coberturas que bajo el escenario de evolución natural tienden prácticamente a desaparecer, bajo este escenario se mantienen en mayor proporción, evidenciando una mayor heterogeneidad del territorio.

En este aspecto y conforme se expusiera en los capítulos precedentes de esta memoria, merece resaltarse la contribución de la actividad ganadera a los objetivos ambientales para estos territorios. Por otra parte, el mantenimiento de esta actividad resulta importante en términos de la preservación del paisaje tradicional y cultural del PSCG. Por lo tanto, parece claro que para cumplir los objetivos de conservación de este espacio natural protegido, así como con los criterios de eco-condicionalidad exigidos

por la PAC, las explotaciones agrarias deben seguir existiendo y debe mantenerse, y si es posible incrementarse, el pastoreo del ganado.

Para concluir este apartado podemos subrayar que la concepción de la evolución de la vegetación bajo el modelo de estados y transiciones (Westoby *et al.*, 1989; Grant, 2006) resultó especialmente adecuada para representar el comportamiento de un sistema complejo, en el que confluyen características físicas de alta heterogeneidad (Papanastasis y Chouvardas, 2005), así como usos históricos y actuales del territorio de gran variabilidad espacial.

4.2 La simulación Multi-Agente como herramienta de gestión participativa en sistemas territoriales complejos

Los ambientes de montaña constituyen ecosistemas en los que concurren una multiplicidad de variables físicas y biológicas interrelacionadas que otorgan alta diversidad al territorio. Por su parte, el medio socio-económico suele ser también diverso, especialmente en la actualidad, debido al auge del turismo y las actividades al aire libre (Bernués *et al.*, 2005). Por consiguiente, estos ambientes deben considerarse como sistemas territoriales complejos, en los que una gran diversidad de actores piensa y decide en función de una realidad percibida, que no solamente resulta distinta, sino que puede ser fuente de conflictos de intereses (D'Aquino *et al.*, 2003; Bousquet y Le Page, 2004; Dray *et al.*, 2006). Además, cuando el territorio se encuentra bajo figuras de protección, como es el caso del PSCG, se añade complejidad a los procesos de toma de decisiones.

En estos casos, la percepción del sistema por parte de los actores residentes y los transeúntes frecuentemente posee un sesgo hacia su actividad, formación o intereses (Dray *et al.*, 2006), de tal manera que la racionalidad que rige sus actitudes suele ser parcial y habitualmente desconocen la racionalidad de los otros actores (Etienne *et al.*, 2003). Por otra parte, la evolución temporal y espacial del sistema en su conjunto no

resulta fácil de entender dada su complejidad, y por tanto tampoco es fácil que sea percibida por dichos actores (Caplat, 2006).

Tal como se ha visto en el prototipo de modelo SMA desarrollado en este trabajo, es posible generar un entorno “amigable” que permita visualizar las trayectorias del sistema bajo distintos criterios de manejo individual o colectivo. También se ha comprobado, en modelos desarrollados en sistemas naturales complejos, que mediante una interfaz atractiva los distintos actores pueden modificar su percepción del entorno y lograr una mejor comprensión y anticipación de la evolución del sistema (Bousquet *et al.*, 2002; Feuillette *et al.*, 2003; Bécu, 2006).

En algunos trabajos la SMA ha sido empleada en juegos de rol. Mediante la ejecución de sus estrategias propias los distintos actores pueden observar la evolución del sistema en general y a la vez advertir la racionalidad de los otros actores en sus procesos de decisión (Bousquet *et al.*, 2002). Mediante estos ejercicios se han observado considerables progresos tendientes a armonizar la realidad percibida por los distintos actores que confluyen en un mismo territorio (D'Aquino *et al.*, 2001; Barreteau *et al.*, 2003b; D'Aquino *et al.*, 2003; Etienne, 2003). Se considera entonces, a la vista de las características sociales y ecológicas del territorio objeto de este estudio, que la utilización de esta herramienta sería factible y recomendable en la gestión sostenible del PSCG.

Además de los escenarios planteados en este trabajo, para la construcción de un modelo completo de SMA podrían incorporarse múltiples supuestos, entre los que por su interés se destacan:

- la combinación del mantenimiento de la actividad agraria con la ocurrencia de incendios naturales, lo que permitiría valorar la eficiencia de esta actividad en la prevención y el control de la expansión de los incendios forestales;
- la combinación de la actividad agraria con la realización de desbroces mediante diversos medios;
- la incorporación de los usos turísticos y recreativos en las zonas de mayor atractivo para observar las sinergias y posibles conflictos de intereses entre ambas actividades;

- la incorporación en el territorio de las zonas de usos restringidos de acuerdo a la zonificación establecida en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del PSCG (zonas de Reserva, de Uso Limitado y de Uso Compatible, Zona Periférica de Protección); etc.

5 Conclusiones

- La plataforma de simulación Multi-Agente CORMAS ha permitido simular la evolución espacio-temporal de las coberturas de vegetación bajo distintos escenarios de manejo, y por tanto puede constituir una herramienta útil en procesos participativos de planeamiento de gestión y de negociación colectiva en el PSCG.
- La Teoría de Estados y Transiciones ofrece el marco teórico y metodológico adecuado para simular en el espacio y en el tiempo la evolución de la vegetación y del paisaje en sistemas territoriales complejos, donde confluyen múltiples aspectos sociales y ecológicos.

CAPÍTULO 7

Consideraciones finales y aportaciones a la gestión del PSCG

CAPÍTULO 7

Consideraciones finales y aportaciones a la gestión del PSCG

Al comienzo de este trabajo se planteaba el problema originado por los cambios de uso del territorio en los ambientes pastorales de media montaña Mediterránea. Es bien sabido que estos espacios han sido objeto de una intensa y prolongada actividad humana que generó un paisaje particularmente humanizado. También se destacaba que como resultado de esa actividad se alcanzó un arreglo biológico de equilibrio en la estructura y funciones de estos ecosistemas, de tal manera que un cambio en la magnitud de la intervención origina procesos que alteran dicho equilibrio (Perevolotsky y Etienne, 1999).

La reducción de la presión de pastoreo del ganado es una de las principales causas a las que se pueden atribuir dichos procesos. Una coyuntura socio-económica externa en permanente cambio fue el desencadenante de procesos de abandono de las actividades tradicionales (Lasanta, 1989) y originó modificaciones de los sistemas de explotación que implican un menor uso pastoral del territorio (Celada *et al.*, 1989). A consecuencia de esto se observó una respuesta clara en la vegetación, que evidenció un proceso activo de transición hacia estados de mayor embastecimiento o densificación.

El abandono de la actividad ganadera y la intensificación del sistema reproductivo son causas de una menor utilización pastoral del territorio

Se ha observado que las explotaciones reducen el pastoreo del ganado, tanto en duración como en intensidad, a medida que intensifican los sistemas reproductivos y de manejo general. Al respecto, cabe señalar que una de las consecuencias inmediatas de la intensificación del sistema reproductivo es el incremento proporcional de las categorías de animales con mayores requerimientos, ovejas gestantes y lactantes. Conforme se ha observado en las ganaderías que pastan en este territorio (Riedel *et al.*, 2004), el aporte de estos pastos no resulta suficiente por sí solo para satisfacer las elevadas necesidades nutricionales en estos estados fisiológicos, con lo que se produce un incremento de la alimentación en pesebre, y un menor aprovechamiento de recursos en pastoreo.

Además, cuando los requerimientos de los rebaños son más elevados se incrementa la selección de áreas de pastoreo por parte de los ganaderos; los rebaños son dirigidos a pastar fundamentalmente en áreas de buena calidad y fácil acceso, lo que conduce a la retirada progresiva del ganado de algunas áreas mientras se concentra en otras (Bernués *et al.*, 2005).

En lo referente al abandono de la actividad ganadera, se ha estudiado la perspectiva de continuidad de las explotaciones ganaderas en el PSCG. Se observó que numerosas explotaciones ven comprometida su continuidad a corto o medio plazo, pero este problema es difícil de abordar, dado que uno de los principales motivos es la falta de descendientes. Tal como se señala en otros trabajos (Caballero, 2001; 2003), la falta de expectativas y las duras condiciones del trabajo del ganadero motivan el éxodo de los jóvenes a los centros urbanos o a otras actividades económicas. Sin embargo, también se ha observado en estos y otros trabajos (Chevrollier, 2006) que, si bien la pluriactividad en cierto modo resulta competitiva con la mano de obra dedicada a la explotación, no parece constituir una amenaza para la continuidad de la actividad ovina en Guara. En este sentido, se considera que la pluriactividad podría contribuir a solventar en algún modo dicha falta de oportunidades en las familias. No obstante, esto debe ser considerado cuidadosamente, ya que en algunos casos se observaron efectos negativos por el desplazamiento de la agricultura por parte de otros sectores económicos (turismo especialmente) (Teruel *et al.*, 1995; Strijker, 2005). En el caso del ganado vacuno la amenaza de la pluriactividad sobre las explotaciones del PSCG podría ser menor todavía, ya que presentan un tamaño relativamente grande. Según estudios realizados en otras áreas del Pirineo aragonés, las explotaciones de ganado vacuno de mayor tamaño tienen un menor grado de pluriactividad y ven menos comprometida su continuidad a medio plazo (García, 2005).

También debe destacarse que las explotaciones que mejores opciones de continuidad presentaron fueron las que evidenciaron sistemas reproductivos más intensivos. Por el contrario, aquéllas que evidenciaron sistemas reproductivos menos intensivos y que por consiguiente realizan un mayor uso pastoral del territorio, son, en general, las que presentaron mayor riesgo de continuidad.

Todo lo anterior tiene implicaciones importantes para la gestión del territorio, de manera que pueden identificarse nuevas líneas de investigación y actuación. Por una parte, la búsqueda de alternativas tendientes a consolidar las opciones de continuidad y mejorar las condiciones de trabajo en las explotaciones donde esto sea posible. Por otra parte, la exploración de nuevas opciones productivas que permitan compaginar sistemas de manejo adecuados a las disponibilidades de mano de obra de las explotaciones, la rentabilidad económica y el uso óptimo de recursos naturales.

Además, se puede añadir que debido a la diversidad de sistemas de explotación encontrada en este trabajo, las ayudas agro-ambientales deberían ser específicas para cada situación y estar encaminadas a compensar el lucro cesante que pudiera originar un mayor uso de los recursos naturales y la conservación del paisaje. Por último, la potenciación de actividades económicas complementarias en el PSCG también puede constituir una política adecuada, siempre y cuando se evite el desplazamiento de la actividad agraria, mantenedora de los recursos naturales y el paisaje.

El ganado ralentizó el proceso de incremento de la biomasa del estrato arbustivo, pero no la detuvo totalmente. El efecto fue diferente según la especie arbustiva estudiada

Durante el desarrollo de esta investigación se observó que la vegetación arbustiva se encuentra en un intenso proceso de cambio. Se cuantificaron incrementos en volumen y biomasa en todas las zonas y especies estudiadas, por lo que se dedujo que en este territorio, al igual que en otros de similares características (García-Ruiz *et al.*, 1996; Torrano, 2001; Casasús *et al.*, 2007), se materializan procesos de embastecimiento de la vegetación arbustiva.

Estos procesos de cambio en la vegetación pueden atribuirse a los cambios de uso en el territorio, fundamentalmente la reducción del aprovechamiento mediante pastoreo. Por ello, se cuantificaron los efectos del pastoreo sobre el estrato arbustivo y se observó que éste reduce significativamente la magnitud de la transición hacia estados de mayor embastecimiento, pero no la detiene. En estudios de similares características, mientras en algunos casos el pastoreo detuvo completamente el proceso sucesional

(Casasús *et al.*, 2007), en otros solamente lo redujo (Bartolomé *et al.*, 2000), a semejanza de lo observado en este ensayo.

Estas diferencias en los resultados del efecto del pastoreo sobre el estrato arbustivo pueden ser atribuidas a las numerosas interacciones que se producen entre el tipo de vegetación y el tipo de ganado, así como a la gestión del aprovechamiento en pastoreo. A modo de ejemplo, deben tenerse en cuenta los hábitos de alimentación en pastoreo de las distintas especies; por ejemplo, los caprinos tendrán más efecto sobre los arbustos por sus hábitos ramoneadores (Valderrábano y Torrano, 2000), aunque a menor escala se ha observado también dicho efecto con ganado ovino (Papachristou *et al.*, 2005) e incluso vacuno (Casasús *et al.*, 2007). Por otra parte, la carga animal influye sobre las especies consumidas, reduciéndose la selectividad en la medida que ésta se incrementa (Holmes, 1989; Torrano y Valderrábano, 2000). Dadas estas observaciones, para el caso del PSCG pueden remarcarse dos líneas de actuación tendientes a mejorar el control de la sucesión secundaria, por una parte sobre la especie que pasta y por otra sobre las cargas y su distribución espacial. Al respecto de esto último, Asensio y Casasús (2004) describieron un desequilibrio entre el aprovechamiento real y el potencial ganadero de diversas zonas del PSCG, y propusieron espacios de actuación prioritaria en los que una adecuada gestión del pastoreo permitiría aprovechar los efectos beneficiosos del ganado en el control del embastecimiento de los pastos, descritos en esta memoria.

Además debe considerarse la estación del año, dado que la sensibilidad de las distintas especies al pastoreo depende del estadio fenológico en el que son consumidas. Cabe señalar que éste es un posible punto de desencuentro entre los objetivos del productor y los intereses ambientales, ya que el ganadero procurará pastorear en los momentos en los que maximice el beneficio productivo, lo que no necesariamente coincide con el estadio fenológico óptimo para incidir sobre la vegetación. En este sentido, puede agregarse una tercera línea de actuación que estaría constituida por un ajuste en la distribución temporal de las cargas a escala anual.

Por otra parte, el efecto del pastoreo fue diferente según la especie arbustiva. En algunas especies llegó a observarse una reducción muy importante del número de

individuos, lo que supone un aspecto importante a ser tenido en cuenta para evitar su reducción excesiva. Para el caso de especies en las que el efecto no fue demasiado notorio la alternativa que se propone es modificar la gestión, fundamentalmente en lo referente a cargas y épocas de pastoreo.

Este comportamiento diferencial de las especies vegetales frente al pastoreo también sugiere la posibilidad de determinar las composiciones específicas para distintos estados y la determinación de especies clave de manejo (Dyksterhuis, 1949), para que su evolución temporal sea controlada mediante transectos fijos, y determinar así la dirección de la sucesión y los ajustes en el modelo de intervención en curso.

A pesar de la intensa dinámica observada en el estrato arbustivo a partir de los valores de cobertura iniciales, se puede deducir que esta transición está aún en estadios tempranos en la mayoría de las zonas estudiadas. El retorno a una situación anterior en la vegetación será compleja a partir de un cierto umbral de embastecimiento, con lo que puede decirse que la adopción de medidas tendientes a controlar el avance del proceso sucesional es aún oportuna.

Por todo lo antedicho queda explícita la conveniencia de intervenir sobre el proceso sucesional, ya que el embastecimiento reduce la diversidad paisajística y riqueza medioambiental (Luoto *et al.*, 2003), incrementa el riesgo de incendios (Kramer *et al.*, 2003) y compromete el valor presente y futuro de los pastos, tanto para su uso por el propio ganado como por el hombre en el desarrollo de actividades económicas o de ocio (Henkin *et al.*, 2005), lo cual resulta de creciente interés para la opinión pública. La ganadería es una herramienta eficaz para reconducir el proceso, pero deben procurarse modos de gestión del pastoreo y distribución espacio-temporal más eficaces. Estos ajustes deben necesariamente realizarse por zonas, teniendo en cuenta las características específicas del proceso sucesional y la presencia y necesidad de protección de especies de alta sensibilidad. Obviamente, esto no pone en entredicho la participación del ganado en la gestión sostenible de espacios naturales, pero sí evidencia que la ganadería no debe ser asumida como una herramienta genérica para este objetivo, sino que deben valorarse convenientemente *a priori* los posibles resultados en función de las características del medio.

El pastoreo del ganado mantuvo unas cualidades de la hierba acordes al paisaje y los valores ambientales tradicionales del PSCG y mejoró su calidad nutritiva

Entre los factores destacados como causas de disturbio ambiental a consecuencia de la reducción del pastoreo se encuentran el incremento en la altura y biomasa de la hierba. En este trabajo se observó que el pastoreo mantuvo estos parámetros en valores constantes. También se observaron otros efectos positivos del pastoreo sobre el estrato herbáceo, como una proporción mayor de biomasa viva y una mejor calidad de la hierba para su aprovechamiento por el ganado.

El pastoreo, en la magnitud y modo en que se realiza actualmente, resultó suficiente en las áreas estudiadas para mantener en valores adecuados estas propiedades del estrato herbáceo. Pero hay que tener en cuenta que, según lo apuntado en el apartado anterior, el control del proceso sucesional del estrato arbustivo no debe implicar un deterioro sobre el estrato herbáceo y el suelo. A este efecto deberán contemplarse aspectos tales como las variaciones en la composición específica del estrato herbáceo y los valores de cobertura, especialmente cuidando el incremento de la proporción de suelo desnudo. También deben observarse variables asociadas a la condición del suelo, como el incremento en cantidad y dimensiones de las sendas de paso del ganado. Estos aspectos deben atenderse a fin de evitar situaciones de sobrepastoreo sobre el estrato herbáceo en localizaciones específicas.

La pérdida de calidad de la hierba motivada por la reducción del pastoreo hace suponer que ciertas áreas se abandonarán paulatinamente. Este proceso de reducción del pastoreo y posterior abandono puede acentuarse por los procesos de intensificación del manejo que se han comentado en apartados precedentes, y que significan una mayor demanda de pastos de muy buena calidad y accesibilidad.

Según lo antedicho, el mantenimiento del pastoreo es necesario de cara a preservar los valores sociales, ambientales y paisajísticos, y también porque la significativa pérdida de calidad que se produce por el cese del pastoreo condicionará la posterior reintroducción del ganado y las posibilidades de uso. Sin embargo, deberán instrumentarse medidas tendentes a una distribución adecuada de las cargas, evitando la

concentración del pastoreo en algunas áreas y el sub-aprovechamiento de otras. Para esto, especialmente por tratarse de un espacio natural protegido, se pueden formular planes de gestión del pastoreo individualizados, mediante acuerdos con los ganaderos en los que se especifiquen las características y distribución del pastoreo. Este tipo de experiencias se han realizado frente a problemáticas similares, habiéndose obtenido buenos resultados (Quetier *et al.*, 2005).

La simulación Multi-Agente permitió representar las distintas coberturas vegetales del PSCG y simular su evolución frente a distintos escenarios de manejo

La gestión de espacios naturales en los que confluyen distintos intereses sobre el mismo territorio, además del marco legal que los define, requiere del compromiso entre las partes y la priorización de objetivos comunes de desarrollo sostenible. En este sentido, la gestión participativa es un concepto central. Sin embargo, la dificultad que normalmente se presenta en estos espacios viene dada por la distinta percepción del entorno e intereses por parte de quienes intervienen en el territorio, los cuales están normalmente sesgados por el sector del que provienen y por la actividad que desempeñan. Por tal motivo, y a partir de la valoración en conjunto de este trabajo, se considera fundamental el empleo de técnicas que permitan a los distintos actores ajustar su propia percepción del entorno biológico y socio-económico y aproximarse a la racionalidad de los otros actores.

Las numerosas interacciones que se producen en los agro-ecosistemas pastorales, y en particular las trayectorias evolutivas observadas y originadas por modelos individuales de intervención del territorio en el PSCG, hacen necesario el uso de herramientas adecuadas que permitan entender estos procesos complejos de manera integral. Los sistemas de simulación Multi-Agente, y en el caso concreto de este estudio la plataforma CORMAS, pueden constituir herramientas de apoyo a la toma de decisiones, especialmente en los casos en que se persigue la gestión participativa de un territorio.

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

1- La intensificación del sistema reproductivo en las explotaciones ovinas condujo a una reducción del pastoreo, tanto en duración como en intensidad. Esto se debe a un incremento en los requerimientos de los animales que estos pastos no llegan a cubrir, por lo que debe acudir a un aumento de los períodos de estabulación y del empleo de insumos externos al sistema.

2- La continuidad de un grupo de explotaciones está muy comprometida en el corto-medio plazo. Éstas fueron precisamente aquéllas que por su sistema de producción menos intensivo realizaban un mayor aprovechamiento del pasto. Por el contrario, las explotaciones con mejores perspectivas de continuidad, a su vez con mayor grado de dinamismo e innovación, mostraron una mayor intensificación reproductiva y menor utilización de los recursos naturales.

3- En el estrato arbustivo se registraron significativos incrementos en volumen y biomasa aérea tanto en las áreas pastadas como en las no pastadas, lo cual puso de manifiesto una intensa dinámica sucesional hacia estados de mayor embastecimiento o matorralización, con la consiguiente degradación ambiental y paisajística.

4- El pastoreo supuso una reducción de la intensidad de esta dinámica, pero no la detuvo. No obstante, este efecto fue diferente según las especies arbustivas.

5- El pastoreo del ganado fue capaz de mantener en valores constantes la altura y biomasa del estrato herbáceo, además redujo considerablemente el porcentaje de biomasa muerta. Por el contrario, la interrupción del pastoreo produjo un significativo incremento de estas variables. Este incremento de biomasa y de su combustibilidad puede suponer un aumento del riesgo y extensión de los incendios forestales.

6- El pastoreo favoreció la calidad de la hierba, disminuyendo el contenido en fibras y lignina e incrementando el contenido proteico, lo cual resulta beneficioso tanto para la fauna silvestre como para un mejor rendimiento del ganado. Por el contrario, la ausencia de pastoreo supuso una degradación de los recursos forrajeros.

7- La plataforma de simulación Multi-Agente CORMAS permitió simular la evolución espacio-temporal de las coberturas de vegetación bajo distintos escenarios, y por tanto puede constituir una herramienta útil en procesos participativos de planeamiento de gestión y de negociación colectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Arlington (EEUU).

Abrami, G. 2004. Niveaux d'organisation dans la modélisation multi-agent pour la gestion de ressources renouvelables. Application à la mise en oeuvre de règles collectives de gestion de l'eau agricole dans la basse-vallée de la Drôme. Tesis doctoral. 423 pp. Engref, Montpellier, Montpellier, France.

Ainalis, A. B.; Tsiouvaras, C. N.; Nastis, A. S. 2006. Effect of summer grazing on forage quality of woody and herbaceous species in a silvopastoral system in northern Greece. *Journal of Arid Environments* 67: 90-99.

Aldezábal, A. 2001. El sistema de pastoreo en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie: Investigación. Zaragoza. Vol. 28: 317 pp.

Aldezábal, A.; García-González, R.; Gómez, D.; Fillat, F. 2002. El papel de los herbívoros en la conservación de los pastos. www.aet.org/ecosistemas/investigacion6.htm. Acceso: 2003.

Allen, B. H.; Bartolomé, J. W. 1989. Cattle grazing effects on understory cover and tree growth in mixed conifer clearcuts. *Northwest Science* 63: 214-220.

Alvarez-Rodríguez, J.; Ripoll, G.; Bernués, A.; Ruiz, R.; Sanz, A.; Villalba, D. 2006. Growth curve of Pyrenean meadows and comparison of different stocking rates in spring. En: British Grassland Society 8th Research Conference. Cirencester, Reino Unido, 4-6 Septiembre.

Ammar, A. 2006. Multifuncionalidad de las explotaciones ganaderas. Relaciones de sostenibilidad entre los sistemas ovinos y el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara. Tesis Master of Science. 246 pp. IAMZ-CIHEAM, Zaragoza.

- Antrop, M. 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 77: 17-28.
- Antrop, M. 2005. Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning* 70: 21-34.
- Arrieta, S.; Suárez, F. 2001. Dispersión endozoócora de las semillas de acebo (*Ilex aquifolium* L.) por el ganado vacuno: Importancia cuantitativa y espacial. *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP*: 135-140.
- Arzani, H.; Zohdi, M.; Fish, E.; Amiri, G. H. Z.; Nikkhah, A.; Wester, D. 2004. Phenological effects on forage quality of five grass species. *Journal of Range Management* 57: 624-629.
- Asensio, M.; Riedel, J. L.; Sanz, A.; Revilla, R.; Bernués, A.; Casasús, I. 2004. Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica. 1. Aprovechamiento real. En: B. García;A. García;B. Vázquez de Aldana y I. Zabalgogeoazcoa (eds.) *Pastos y Ganadería Extensiva*. pp 697-702. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Asensio, M. A. 2003. Evaluación del impacto de las cargas ganaderas en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca), mediante un Sistema de Información Geográfica. Proyecto de Postgrado en Ingeniería del Medio Ambiente. 143 pp. Universidad de Zaragoza.
- Asensio, M. A.; Casasús, I. 2004. Estudio del aprovechamiento ganadero del Parque de la Sierra y los Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación. Vol. 45: 87 pp.

- Bailey, D. W.; Gross, J. E.; Laca, E. A.; Rittenhouse, L. R.; Coughenour, M. B.; Swift, D. M.; Sims, P. L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49: 386-400.
- Barreteau, O.; Garin, P.; Dumontier, A.; Abrami, G.; Cernesson, F. 2003a. Agent-based facilitation of water allocation: Case study in the Drome River Valley. *Group Decision and Negotiation* 12: 441-461.
- Barreteau, O.; Le Page, C.; D'Aquino, P. 2003b. Role-playing games, models and negotiation processes. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6.
- Barthram, G. T. 1986. Experimental techniques: the HFRO swardstick. Biennial report, HFRO 1984-1985: 29-30.
- Barthram, G. T.; Marriott, C. A.; Common, T. G.; Bolton, G. R. 2002. The long-term effects on upland sheep production in the UK of a change to extensive management. *Grass and Forage Science* 57: 124-136.
- Bartolomé, J.; Franch, J.; Plaixats, J.; Seligman, N. G. 2000. Grazing alone is not enough to maintain landscape diversity in the Montseny Biosphere Reserve. *Agriculture, Ecosystems And Environment* 77: 267-273.
- Bartolomé, J.; Plaixats, J.; Fanlo, R.; Boada, M. 2005. Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain). *Biological Conservation* 122: 81-88.
- Baumont, R.; Dulphy, J. P.; Demarquilly, C. 1997. Maximiser l'ingestion de fourrages conservés. En: 4^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. Paris. pp 57-64.
- Bécu, N. 2006. Identification et modélisation des représentations des acteurs locaux pour la gestion des bassins versants. Tesis doctoral. 344 pp. University of Montpellier 2, Montpellier, France.

- Benjamin, K.; Domon, G.; Bouchard, A. 2005. Vegetation composition and succession of abandoned farmland: effects of ecological, historical and spatial factors. *Landscape Ecology* 20: 627-647.
- Bernués, A.; Casasús, I.; Sanz, A.; Manrique, E.; Revilla, R. 2002. Mejora de la extensificación del ovino en zonas de montaña. *Europa Agraria* Junio 2002: 11-14.
- Bernués, A.; Riedel, J. L.; Asensio, M. A.; Blanco, M.; Sanz, A.; Revilla, R.; Casasús, I. 2005. An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science* 96: 75-85.
- Bernués, A.; Riedel, J. L.; Casasús, I.; Olaizola, A. 2006. The conservation of natural resources as an extrinsic quality attribute of lamb in Mediterranean Areas. En: A. Rosati (ed.). *Animal products from the Mediterranean area*. No. 119. pp 73-82. Wageningen Academic Publishers. EAAP Scientific Series.
- Bielsa, I.; Pons, X.; Bunce, B. 2005. Agricultural abandonment in the North Eastern Iberian Peninsula: the use of basic landscape metrics to support planning. *Journal of Environmental Planning and Management* 48: 85-102.
- BOA. 1991. (Boletín Oficial de Aragón) nº 08, de 21 de enero de 1991. LEY 14/1990, de 27 de diciembre, por la que se declara el Parque de la Sierra y Cañones de Guara.
- BOA. 1997. (Boletín Oficial de Aragón) nº 117, de 8 de octubre de 1997. Decreto 164/1997 de 23 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque de la Sierra y Cañones de Guara.

- Bokdam, J.; Wallis de Vries, M. 1992. Forage quality as a limiting factor for cattle grazing in isolated Dutch nature reserves. *Conservation Biology* 6: 399-408.
- Bousquet, F.; Bakam, I.; Proton, H.; Le Page, C. 1998. CORMAS: Common-Pool Resources and Multiagent Systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 1416: 826-838.
- Bousquet, F.; Barreteau, O.; D'Aquino, P.; Etienne, M.; Boissau, S.; Aubert, S.; Le Page, C. I.; Babin, D.; Castella, J. C. 2002. Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management. En: *Complexity and ecosystem management: the theory and practice of multi-agent systems*. Cheltenham UK. pp 248-285.
- Bousquet, F.; Le Page, C. 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling* 176: 313-332.
- Caballero, R. 1999. Castille-La Mancha: a once traditional and integrated cereal-sheep farming system under change. *American Journal of Alternative Agriculture*. 14(4): 188-192.
- Caballero, R. 2001. Typology of cereal-sheep farming systems in Castile-La Mancha (South-Central Spain). *Agricultural Systems* 68: 215-232.
- Caballero, R. 2003. A set of guidance for the management of grazing units in the cereal-sheep system of Castile-La Mancha (South-Central Spain). *Journal of Sustainable Agriculture* 21: 11-28.
- Cangiano, C. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. En: C. A. Cangiano (ed.) *Producción Animal en Pastoreo*. pp 27-40. INTA. Balcarce, Argentina.

- Caplat, P. 2006. Importance de l'agriculture dans la dynamique spatio-temporelle du paysage. L'exemple du Causse Méjean. Tesis doctoral. 328 pp. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, France.
- Carrasco, J. L.; Hernán, M. A. 1993. Estadística multivariante en las ciencias de la vida. Fundamentos, métodos y aplicación. Ciencia 3. S. L. Madrid, España. 363 pp.
- Casasús, I. 1998. Contribución al estudio de los sistemas de producción de ganado vacuno en zonas de montaña: Efecto de la raza y de la época de parto sobre la ingestión voluntaria de forrajes y los rendimientos en pastoreo. Tesis Doctoral. 215 pp. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Casasús, I.; Bernués, A.; Flores, N.; Sanz, A.; Valderrábano, J.; Revilla, R. 2004. Livestock farming systems and conservation of Spanish Mediterranean mountain areas: the case of the 'Sierra de Guara' Natural Park. 2. Effects of grazing on vegetation. *Options Méditerranéenes* 62: 199-202.
- Casasús, I.; Bernués, A.; Sanz, A.; Riedel, J. L.; Revilla, R. 2005. Utilization of Mediterranean forest pastures by suckler cows: animal performance and impact on vegetation dynamics. En: A. Georgoudis; A. Rosati y C. Mosconi (eds.) *Animal Production and Natural Resources Utilisation in the Mediterranean Mountain Areas*. No. 115. pp 82-87. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.
- Casasús, I.; Bernués, A.; Sanz, A.; Villalba, D.; Riedel, J. L.; Revilla, R. 2007. Vegetation dynamics in Mediterranean forest pastures as affected by grazing suckler cows. *Agriculture Ecosystems & Environment* 121, 365-370.
- Castel, J. M.; Mena, Y.; Delgado-Pertíñez, M.; Camúñez, J.; Basulto, J.; Caravaca, F.; Guzmán-Guerrero, J. L.; Alcalde, M. J. 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research* 47: 133-143.

- Castro, J.; Zamora, R.; Hodar, J. A.; Gomez, J. M. 2004. Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habitat. *Journal of Ecology* 92: 266-277.
- Celada, D.; Zorita, E.; Gaudioso, V. 1989. La degradación de los pastos naturales españoles y su relación con la crisis de la ganadería extensiva. Papel de la cabra en el mantenimiento y recuperación de los ecosistemas pastorales. *Avances en Alimentación y Mejora Animal* 29: 64-71.
- Chamberlain, D. E.; Fuller, R. J.; Bunce, R. G. H.; Duckworth, J. C.; Shrubbs, M. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* 37: 771-788.
- Chapin III, F.; Walker, B. H.; Hobbs, R. J.; Hooper, D. U.; Lawton, J. H.; Sala, O. E.; Tilman, D. 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science* 277: 500-504.
- Chapin III, F.; Zabaleta, E.; Eviner, V.; Naylor, R.; Vitousek, P.; Reynolds, L.; Hooper, D. U.; Lavorel, S.; Sala, O. E.; Hobbie, S.; Mack, M.; Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Chevrollier, M. 2006. Livestock farming systems in Sierra de Guara Natural Park and land use regimes. Implications for management. Trabajo de investigación - Master of Agro ecological Knowledge and Social Changes. University of Wageningen (Netherlands).
- Choquecallata, J. 2000. Diversidad de sistemas de explotación ovina en el Pirineo Central: interrelaciones entre el gradiente de intensificación reproductiva, las estrategias alimenticias y la economía de la explotación. Tesis doctoral. 257 pp. Universidad Pública de Navarra, Pamplona.

- Clark, P. E.; Krueger, W. C.; Bryant, L. D.; Thomas, D. R. 1998. Spring defoliation effects on bluebunch wheatgrass: I. Winter forage quality. *Journal of Range Management* 51: 519-525.
- Cole, D. N.; Wagtendonk, J. W.; McClaran, M. P.; Moore, P. E.; McDougald, N. K. 2004. Response of mountain meadows to grazing by recreational pack stock. *Journal of Range Management* 57: 153-160.
- Collins, S.; Knapp, A.; Briggs, J.; Blair, J.; Steinauer, E. 1998. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science* 280: 745-747.
- D'Aquino, P.; Etienne, M.; Barreteau, O.; Page, C. L.; Bousquet, F. 2001. Role playing and multi-agent simulations. En: *Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision*. Montpellier, France. pp 373-390.
- D'Aquino, P.; Le Page, C.; Bousquet, F.; Bah, A. 2003. Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: The SelfCORMAS experiment in Senegal. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6.
- Del Pozo, M.; Osoro, K.; Celaya, R. 1998. Effects of complementary grazing by goats on sward composition and on sheep performance managed during lactation in perennial ryegrass and white clover pastures. *Small Ruminant Research* 29: 173-184.
- Del Valle, J. 1996. El clima del Prepirineo central y occidental aragonés y sus Somontanos. *Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación*. Zaragoza, España. Vol. 5: 327 pp.
- Del Valle, J. 2003. El medio físico. En: J. Espona (ed.) *Análisis territorial del Parque de la Sierra y Cañones de Guara y su entorno*. No. 42. pp 11-26. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza, España.

- Delgado, A.; Moreira, F. 2000. Bird assemblages of an Iberian cereal steppe. *Agriculture Ecosystems & Environment* 78: 65-76.
- Delgado, I.; Jarauta, E.; Andueza, D.; Muñoz, F. 2002. Implicación del ganado ovino en la expansión del aliagar. En: XXVII Jornadas Científicas y VI Jornadas Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. pp 831-837.
- Delitti, W.; Ferran, A.; Trabaud, L.; Vallejo, V. R. 2005. Effects of fire recurrence in *Quercus coccifera* L. shrublands of the Valencia Region (Spain): I. plant composition and productivity. *Plant Ecology* 177: 57-70.
- Del-Val, E.; Crawley, M. J. 2004. Interspecific competition and tolerance to defoliation in four grassland species. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique* 82: 871-877.
- Domenech, R.; Vila, M.; Pino, J.; Gesti, J. 2005. Historical land-use legacy and *Cortaderia selloana* invasion in the Mediterranean region. *Global Change Biology* 11: 1054-1064.
- D'Ottavio, P.; Scotton, M.; Ziliotto, U. 2004. Forage selection by sheep in extensive grazing systems in the Monti Sibillini National Park (Central Apennines, Italy). En: *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*. pp 189-192.
- Dray, A.; Perez, P.; Jones, N.; Le Page, C.; D'Aquino, P.; White, L.; Auatabu, T. 2006. The AtollGame Experience: from Knowledge Engineering to a Computer-Assisted Role Playing Game. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/9/1/6.html>. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9: 1. Acceso: 2006.
- Dumont, B.; Carrere, P.; D'Hour, P. 2002. Foraging in patchy grasslands: diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and spatial distribution of preferred species. *Animal Research* 51: 367-381.

- Dyksterhuis, E. J. 1949. Condition and management of range land based on quantitative ecology. *Journal of Range Management* 2: 104-115.
- EEA. 1999. Environment in the European Union at the turn of the century. Report on the state of the european environment. No. 1/1999. <http://reports.eea.europa.eu/92-9157-202-0/en>. European Environment Agency. Acceso: 2006.
- Etienne, M. 2003. SYLVOPAST: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6.
- Etienne, M.; Le Page, C.; Cohen, M. 2003. A step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6.
- Ferrer, C.; San Miguel, A.; Olea, L. 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos XXXI*: 7-44.
- Ferrer, V.; Ascaso, J.; Ferrer, C. 1992. Evolución temporal por pastoreo de la vegetación y de su potencial productivo en zonas arboladas y arbustivas de la Navarra Media. En: *Actas de la XXXII Reunión Científica de la S.E.E.P.* pp 76-81.
- Feuillette, S.; Bousquet, F.; Le Goulven, P. 2003. SINUSE: a multi-agent model to negotiate water demand management on a free access water table. *Environmental Modelling & Software* 18: 413-427.
- Flamant, J. C.; Béranger, C.; Gibon, A. 1999. Animal production and land use sustainability An approach from the farm diversity at territory level. *Livestock Production Science* 61: 275-286.

- Frame, J. 1981. Herbage mass. En: J. D. Leaver (ed.) Sward Measurement Handbook. pp 39-69. Br. Grassl. Soc. Hurley, United Kingdom.
- Friedel, M. H. 1991. Range condition assessment and the concept of threshold: A viewpoint. *Journal of Range Management* 44: 422-426.
- Fuhlendorf, S. D.; Smeins, F. E. 1997. Long-term vegetation dynamics mediated by herbivores, weather and fire in a Juniperus-Quercus savanna. *Journal of Vegetation Science* 8: 819-828.
- Gallego Fernández, J. B.; García Mora, M. R.; García Novo, F. 2004. Vegetation dynamics of Mediterranean shrublands in former cultural landscape at Grazalema Mountains, South Spain. *Plant Ecology* 172: 83-94.
- Ganskopp, D.; Svejcar, T.; Taylor, F.; Farstvedt, J. 2004. Can spring cattle grazing among young bitterbrush stimulate shrub growth? *Journal of Range Management* 57: 161-168.
- García, A. 2005. Caracterización de los sistemas de vacuno de los Pirineos Centrales y dinámicas experimentadas. Trabajo de Investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España: pp 161.
- García-González, R.; Gómez, D.; Aldezabal, A. 1998. Resultados de 6 años de exclusión del pastoreo sobre la estructura de comunidades del *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el P.N. de Ordesa y Monte Perdido. En: XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P. Sevilla. pp 55-59.
- García-González, R.; Hidalgo, R.; 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.

- García-Ruiz, J. M.; Arnaez, J.; Begueria, S.; Seeger, M.; Marti-Bono, C.; Regues, D.; Lana-Renault, N.; White, S. 2005. Runoff generation in an intensively disturbed, abandoned farmland catchment, Central Spanish Pyrenees. *Catena* 59: 79-92.
- García-Ruiz, J. M.; Lasanta, T.; Ruiz-Flano, P.; Ortigosa, L.; White, S.; Gonzalez, C.; Marti, C. 1996. Land-use changes and sustainable development in mountain areas: A case study in the Spanish Pyrenees. *Landscape Ecology* 11: 267-277.
- Gibon, A. 2005. Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Livestock Production Science* 96: 11-31.
- Gibon, A.; Rubino, R.; Sibbald, A. R.; Sorensen, J. T.; Flamant, J. C.; Lhoste, P.; Revilla, R. 1996. A review of current approaches to livestock farming systems in Europe: towards a common understanding. En: J. Dent; M. J. McGregor y A. Sibbald (eds.) *Livestock farming systems: research, development-socioeconomics and the land manager*. EEAP Publication N° 79. pp 37-49. Wageningen Pers. Wageningen. The Netherland.
- Goering, H. K.; Van Soest, P. J. 1970. Forage fibre analysis. USDA, ARS Agric. Handb. N° 379: pp 20.
- Grant, C. D. 2006. State-and-transition successional model for bauxite mining rehabilitation in the jarrah forest of western Australia. *Restoration Ecology* 14: 28-37.
- Gutman, M.; Perevolotsky, A.; Ungar, E. D.; Sternberg, M.; Kigel, J. 1999. Mediterranean herbaceous vegetation response to high animal density and grazing deferment: implications for management and conservation. *Options Méditerranéenes* 39: 161-164.

- Hadjigeorgiou, I.; Osoro, K.; de Almeida, J. P.; Molle, G. 2005. Southern European grazing lands: Production, environmental and landscape management aspects. *Livestock Production Science* 96: 51-59.
- Hair, J. F. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. 1998. *Multivariate data analysis*. 5 Ed. International Editions. New Jersey, United States of America. 700 pp.
- Hartnett, D.; Hickman, K.; Fisher, L. 1996. Effects of bison grazing, fire, and topography on floristic diversity in tallgrass prairie. *Journal of Range Management* 49: 413-420.
- Henkin, Z.; Gutman, M.; Aharon, H.; Perevolotsky, A.; Ungar, E. D.; Seligman, N. G. 2005. Suitability of Mediterranean oak woodland for beef herd husbandry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 255-261.
- Holechek, J. L. 1981. Livestock grazing impacts on public lands: A viewpoint. *Journal of Range Management* 34: 251-254.
- Holmes, W. 1989. Grazing management. En: W. Holmes (ed.) *Grass. Its production and utilization*. pp 130-172. British Grassland Society. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Hope, D.; Picozzi, N.; Catt, D. C.; Moss, R. 1996. Effects of reducing sheep grazing in the Scottish Highlands. *Journal of Range Management* 49: 301-310.
- Horn, F. P.; Telford, J. P.; McCroskey, J. E.; Stephens, D. F.; Whiteman, J. V.; Totusek, R. 1979. Relationship of animal performance and dry matter intake to chemical constituents of grazed forage. *Journal of Animal Science* 49: 1051-1058.
- Hyrum, B. J.; Mayeux, H. S. 1992. Viewpoint: A view on species additions and deletions and the balance of nature. *Journal of Range Management* 45: 322-333.

- INRA. 1990. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. R. Jarrige Ed. Mundi Prensa. Madrid. 436 pp.
- Jarrige, R.; Journet, M.; Verité, R. 1981. Nitrógeno. En: R. Jarrige (ed.) Alimentación de los rumiantes (Versión española de C. de Blas y M. J. Fraga). pp 97-140. INRA. Madrid.
- Jeanneret, P.; Schupbach, B.; Pfiffner, L.; Walter, T. 2003. Arthropod reaction to landscape and habitat features in agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 18: 253-263.
- Kramer, K.; Groen, T. A.; Van Wieren, S. E. 2003. The interacting effects of ungulates and fire on forest dynamics: an analysis using the model FORSPACE. *Forest Ecology and Management* 181: 205-222.
- Kuijper, D. P.; Nijhoff, D. J.; Bakker, J. P. 2004. Herbivory and competition slow down invasion of a tall grass along a productivity gradient. *Oecologia* 141: 452-459.
- Lasanta, T. 1989. Evolución reciente de la agricultura de montaña: El Pirineo Aragonés. 220 pp.
- Lasanta, T.; García-Ruiz, J. M.; Pérez-Rontomé, C.; Sancho-Marcén, C. 2000. Runoff and sediment yield in a semi-arid environment: the effect of land management after farmland abandonment. *Catena* 38: 265-278.
- Lasanta-Martínez, T.; Vicente-Serrano, S. M.; Cuadrat-Prats, J. M. 2005. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47-65.
- Lasseur, J. 2005. Sheep farming systems and nature management of rangeland in French Mediterranean mountain areas. *Livestock Production Science* 96: 87-95.

- Littell, R. C.; Milliken, G. A.; Stroup, W. W.; Wolfinger, R. D. 1996. SAS System for Mixed Models. Cary, NC, USA.
- Lloret, F.; Calvo, E.; Pons, X.; Diaz-Delgado, R. 2002. Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian peninsula. *Landscape Ecology* 17: 745-759.
- Loucougaray, G.; Bonis, A.; Bouzille, J. B. 2004. Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. *Biological Conservation* 116: 59-71.
- Luoto, M.; Pykälä, J.; Kuussaari, M. 2003. Decline of landscape scale habitat and species diversity after the end of cattle grazing. *Journal for Nature Conservation* 11: 171-178.
- MacDonald, D.; Crabtree, J. R.; Wiesinger, G.; Dax, T.; Stamou, N.; Fleury, P.; Lazpita, J. G.; Gibon, A. 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59: 47-69.
- Mandaluniz, N. 2003. Pastoreo del ganado vacuno en zonas de montaña y su integración en los sistemas de producción de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Tesis Doctoral. 239 pp. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Manier, D. J.; Hobbs, N. T. 2006. Large herbivores influence the composition and diversity of shrub-steppe communities in the Rocky Mountains, USA. *Oecologia* 146: 641-651.
- Manrique, E.; Bernués, A.; De lima, D. 1992. La extensificación de los sistemas ganaderos como alternativa de agricultura sostenible: Condiciones y límites. ITEA volumen extra 12: 252-259.
- Manrique, E.; Maza, M. T.; Olaizola, A. 1994. Classification systems in livestock farming: how and why? The point of view of a production economist. En: A.

- Gibon y J. C. Flamant (eds.) The study of livestock farming systems in a research and framework. Wageningen Pers. Wageningen. The Netherland.
- Manson, S. M. 2005. Agent-based modeling and genetic programming for modeling land change in the Southern Yucatan Peninsular Region of Mexico. *Agriculture Ecosystems & Environment* 111: 47-62.
- Marinas, A.; García, R.; Aldezábal, A.; Palacio, S.; Gómez, D. 2004. Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinopartum horridum* [Vahl] Rothm.). En: I. Zabalgogeoazcoa *et al.* (ed.) *Pastos y ganadería extensiva*. pp 117-122. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Marriott, C. A.; Fothergill, M.; Jeangros, B.; Scotton, M.; Louault, F. 2004. Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review. *Agronomie* 24: 447-462.
- McEvoy, P. M.; Flexen, M.; McAdam, J. H. 2006. The effects of livestock grazing on ground flora in broadleaf woodlands in Northern Ireland. *Forest Ecology and Management* 225: 39-50.
- McNaughton, S. J. 1985. Ecology of a grazing ecosystem: The Serengeti. *Ecological Monographs* 55: 259-294.
- Mellado, M.; Valdez, R.; Lara, L. M.; López, R. 2003. Stocking rate effects on goats: A research observation. *Journal of Range Management* 56: 167-173.
- Molinillo, M.; Lasanta, T.; García-Ruiz, J. M. 1997. Managing mountainous degraded landscapes after farmland abandonment in the central Spanish pyrenees. *Environmental Management* 21: 587-598.
- Montserrat, J. M. 1986. Flora y vegetación de la Sierra de Guara (Prepirineo Aragonés). *Naturaleza en Aragón, Zaragoza, España*. 334 pp.

- Montserrat, P. 2001. Importancia gestora y social del pastoralismo. Archivos de Zootecnia 3: 491-499.
- Moreira, F.; Rego, F. C.; Ferreira, P. G. 2001. Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. Landscape Ecology 16: 557-567.
- Mosquera, M.; González, A.; Brea, T. 1991. La altura de la pradera como método de predicción de su producción en pastoreo. Actas de la XXXI Reunión científica de la SEEP: 285-290.
- Murray, R. B.; Jacobson, M. Q. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass. Journal of Range Management 35: 451-454.
- Naveh, Z. 2001. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. Landscape and Urban Planning 57: 269-284.
- Nentwig, W. 2003. Management of biodiversity in agroecosystems. Basic and Applied Ecology 4: 105-106.
- Novoa, C.; Aebischer, N. J.; Landry, P. 2002. Upland habitat use by Pyrenean grey partridges *Perdix perdix hispaniensis* during the breeding season. Wildlife Biology 8: 99-108.
- Noy-Meir, I.; Briske, D. 2002. Response of wild wheat populations to grazing in Mediterranean grassland: the relative influence of defoliation, competition, mulch and genotype. Journal of Applied Ecology 39: 259-278.
- Noy-Meir, I.; Gutman, M.; Kaplan, Y. 1989. Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. Journal of Ecology 77: 290-310.
- Oglethorpe, D. R. 2005. Livestock production post CAP reform: implications for the environment. Animal Science 81: 189-192.

- Ohe, Y. 2001. Farm pluriactivity and contribution to farmland preservation: a perspective on evaluating multifunctionality from mountainous Hiroshima, Japan. *Japanese Journal of Rural Economics* 3: 36-50.
- Osoro, K. 1995. Conocimientos básicos para el manejo eficiente de sistemas de producción animal en pastoreo. *Bovis* 66: 13-35.
- Osty, P. L. 1978. L'exploitation agricole vue comme un système. *Bulletin Technique d'Information du Ministère de l'Agriculture* 326: 43-49.
- Papachristou, T. G.; Dziba, L. E.; Provenza, F. D. 2005. Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. *Small Ruminant Research* 59: 141-156.
- Papachristou, T. G.; Nastis, A. S. 1996. Influence of deciduous broadleaved woody species in goat nutrition during the dry season in northern Greece. *Small Ruminant Research* 20: 15-22.
- Papanastasis, V. P.; Chouvardas, D. 2005. Application of the state-and-transition approach to conservation management of a grazed Mediterranean landscape in Greece. *Israel Journal of Plant Sciences* 53: 191-202.
- Pardos, L.; Oliván, A. 2000. Aspectos técnico-económicos de las explotaciones ovinas de la raza Rasa Aragonesa. *Ovis* 68: 53-65.
- Passera, C. B.; Borsetto, O.; Candia, R. J.; Stasi, C. R. 1992. Shrub control and seeding influences on grazing capacity in Argentina. *Journal of Range Management* 45: 480-482.
- Patón, D.; Núñez-Trujillo, J.; Muñoz, A.; Tovar, J. 1998. Determinación de la fitomasa forrajera de cinco especies del género *Cistus* procedentes del Parque Natural de Monfragüe mediante regresiones múltiples. *Arch. Zootec.* 47: 95-105.

- Peco, B.; Sanchez, A. M.; Azcarate, F. M. 2006. Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. *Agriculture Ecosystems & Environment* 113: 284-294.
- Perevolotsky, A.; Etienne, M. 1999. La gestion raisonnée des parcours du Bassin Méditerranéen : Un défi pour le XXI^e siècle. *Options Méditerranéennes* 39: 129-136.
- Pérez, F. 2002. Paisajes forestales y fuego en el Prepireneo occidental oscense: un modelo regional de reconstrucción ambiental. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie: Investigación. Zaragoza, España. Vol. 33: 358 pp.
- Pérez, F.; Ibarra, P. 2003. Las formaciones vegetales colonizadoras de los espacios quemados prepirenaicos. Universidad de Logroño, España. Cuadernos de investigación geográfica. Vol. XXIX: 49 pp.
- Peri, P.; Lucas, R.; Moot, D. 2004. Dry matter production and nutritive value of cocksfoot (*Dactylis glomerata*) grown under different light regimes. En: *Silvopastoralism and Sustainable Management International Congress*. Lugo, Spain. p 96.
- Phillips, R. L.; Trilca, M. J.; Leininger, W.; Clary, W. P. 1999. Cattle use affects forage quality in a montane riparian ecosystem. *Journal of Range Management* 52: 283-289.
- Plaixats, J.; Bartolomé, J. 2001. Dinámica de la cubierta vegetal. Interacción planta-animal. *Ovis* 74: 31-48.
- Plieninger, T. 2006. Habitat loss, fragmentation, and alteration - Quantifying the impact of land-use changes on a Spanish dehesa landscape by use of aerial photography and GIS. *Landscape Ecology* 21: 91-105.

- Poschlod, P.; WallisDeVries, M. F. 2002. The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands - lessons from the distant and recent past. *Biological Conservation* 104: 361-376.
- Poudevigne, I.; van Rooij, S.; Morin, P.; Alard, D. 1997. Dynamics of rural landscapes and their main driving factors: A case study in the Seine Valley, Normandy, France. *Landscape and Urban Planning* 38: 93-103.
- Pykälä, J.; Luoto, M.; Heikkinen, R. K.; Kontula, T. 2005. Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. *Basic and Applied Ecology* 6: 25-33.
- Quetier, F.; Marty, P.; Lepar, J. 2005. Farmers' management strategies and land use in an agropastoral landscape: roquefort cheese production rules as a driver of change. *Agricultural Systems* 84: 171-193.
- Revilla, R. 2000. Ganadería extensiva: una apuesta por el mantenimiento del medio ambiente. *Albeitar* 39: 30-32.
- Rhazi, M.; Grillas, P.; Charpentier, A.; Medail, F. 2004. Experimental management of Mediterranean temporary pools for conservation of the rare quillwort *Isoetes setacea*. *Biological Conservation* 118: 675-684.
- Riedel, J. L. 2004. Interacciones entre el ganado y la vegetación en los pastos del Parque de la Sierra y Cañones de Guara. Implicaciones para la gestión de este espacio natural protegido. Tesis Master of Science. 183 pp. IAMZ-CIHEAM, Zaragoza, España.
- Riedel, J. L.; Bernués, A.; Vila, M.; Bergua, A.; Revilla, R.; Casasús, I. 2004. Aprovechamiento de pastos forestales y arbustivos en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca). Rendimientos de los rebaños de ovino en pastoreo. En: F. Forcada Miranda, *et al.* (ed.) *Producción Ovina y Caprina*. pp 60-62. Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia.

- Riedel J.L., Casasús I., García A., Sanz A., Revilla R., Bernués A. 2005a. La ganadería ovina en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara. 2. Tipificación de explotaciones. ITEA Vol. Extra Nº 26, Tomo I: 192-194. Zaragoza, España.
- Riedel, J. L.; Casasús, I.; García, M. A.; Sanz, A.; Blanco, M.; Revilla, R.; Bernués, A. 2005b. Effects of livestock grazing on the shrub vegetation biomass in the 'Sierra de Guara' Natural Park (Spain). En: XX International Grassland Congress. 26th June - 1st July. Dublin, Ireland. p 538.
- Riedel, J. L.; Casasús, I.; Sanz, A.; Blanco, M.; Revilla, R.; Bernués, A. 2005c. Extensive livestock systems as tools for environmental management: impact of grazing on the vegetation of a protected mountain area. En: A. R. Rodríguez (ed.) *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. pp 285-287. CAB International.
- Rigueiro, A.; Mosquera, M.; Romero, R.; González, M.; Villarino, J.; López, L.; Pérez, J. 2004. Silvopastoral systems (horses in pinewoods) as a forest fire prevention tool. En: *Silvopastoralism and Sustainable Management International Congress*. Lugo, Spain.
- Robles, A. B.; Allegretti, L. I.; Passera, C. B. 2002. *Coronilla juncea* is both a nutritive fodder shrub and useful in the rehabilitation of abandoned Mediterranean marginal farmland. *Journal of Arid Environments* 50: 381-392.
- Rodríguez, R. M.; Kothmann, M. M. 1997. Structure and causes of vegetation change in state and transition model applications. *Journal of Range Management* 50: 399-408.
- Rook, A. J.; Tallowin, J. R. 2003. Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research* 52: 181-189.

- Rosen, E.; Bakker, J. P. 2005. Effects of agri-environment schemes on scrub clearance, livestock grazing and plant diversity in a low-intensity farming system on Oland, Sweden. *Basic and Applied Ecology* 6: 195-204.
- Safilios-Rothschild, C. 2003. Gender role flexibility and smallholder survival. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology* 2: 187-200.
- SAS. 1990. SAS Procedures guide. Version 6, 4th Edition. SAS Institute.
- Sawadogo, L.; Tiveau, D.; Nygard, R. 2005. Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment* 105: 335-345.
- Serrano, E.; Bernués, A.; Giráldez, F. J.; Lavín, P.; Mantecón, A. R. 2003. Tipología de explotaciones de vacuno de la Montaña de León. *I.T.E.A. Producción Animal* Vol. Extra 24: 785-787.
- Serrano, E.; Lavín, M.; Ruiz, Á. 2002. Caracterización de los sistemas de producción de ganado vacuno de carne de la montaña de León. CSIC. Investigación, Desarrollo e Innovación. León, España. 231 pp.
- Serrano, M. A. 2002. Estadística aplicada uni y multivariante. Haro Artes Gráficas. Sevilla, España. Vol. II: 730-879 pp.
- Sofer, M. 2001. Pluriactivity in the moshav: family farming in Israel. *Journal of Rural Studies* 17: 363-375.
- Staal, S. J.; I., B.; Waithaka, M. M.; Wolff, T.; Njoroge, L. 2002. Location and uptake: integrated household and GIS analysis of technology adoption and land use, with application to smallholder dairy farms in Kenya. *Agricultural Economics* 27: 295-315.

- Sternberg, M.; Gutman, M.; Perevolotsky, A.; Ungar, E. D.; Kigel, J. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37: 224-237.
- Strijker, D. 2005. Marginal lands in Europe - causes of decline. *Basic and Applied Ecology* 6: 99-106.
- Suarez-Seoane, S.; Osborne, P. E.; Baudry, J. 2002. Responses of birds of different biogeographic origins and habitat requirements to agricultural land abandonment in northern Spain. *Biological Conservation* 105: 333-344.
- Taillefumier, F.; Piegay, H. 2003. Contemporary land use changes in prealpine Mediterranean mountains: a multivariate GIS-based approach applied to two municipalities in the Southern French Prealps. *Catena* 51: 267-296.
- Tallowin, J. R.; Rook, A. J.; Rutter, S. M. 2005. Impact of grazing management on biodiversity of grasslands. *Animal Science* 81: 193-198.
- Teruel, A.; Bernués, A.; Caudevilla, A. 1995. The Evolution of the tourism and livestock sectors in the Pyrenean region of Jacetania Animal production and rural tourism in Mediterranean regions. No. 74. pp 265-269. Wageningen Academic Publishers, EAAP Scientific Series.
- Thomson, V. P.; Cunningham, S. A.; Ball, M. C.; Nicotra, A. B. 2003. Compensation for herbivory by *Cucumis sativus* through increased photosynthetic capacity and efficiency. *Oecologia* 134: 167-175.
- Tilman, D.; Downing, J. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363-365.

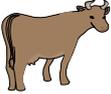
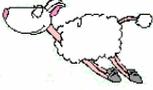
- Torrano, L. 2001. Utilización por el ganado caprino de espacios forestales invadidos por el matorral y su impacto sobre la vegetación del sotobosque. Tesis Doctoral. 220 pp. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Torrano, L.; Valderrábano, J. 2005. Grazing ability of European black pine understory vegetation by goats. *Small Ruminant Research* 58: 253-263.
- Torrano, L.; Valderrábano, J. 2000. Capacidad de utilización de la vegetación del sotobosque por el ganado caprino. *ITEA 96A*: 155-161.
- Torrano, L.; Valderrábano, J. 2003. Capacidad de utilización de la vegetación espontánea por los rumiantes. *ITEA 99A*: 145-166.
- Torrano, L.; Valderrábano, J. 2004. Review. Impact of grazing on plant communities in forestry areas. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2: 93-105.
- Traba, J.; Levassor, C.; Peco, B. 2001. Dispersión de semillas por adhesión en pastizales mediterráneos. Una aproximación experimental. *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP*: 129-134.
- Valderrábano, J.; Torrano, L. 2000. The potential for using goats to control *Genista scorpius* shrubs in European black pine stands. *Forest Ecology and Management* 126: 377-383.
- Vicens, O. J. 1996. Técnicas de análisis multivariante. Clasificación, descripción y disponibilidad en SPSS. En: *Estudios de mercado de la empresa española*. pp 1-17. Instituto de Predicción Económica L. R. Klein.
- Vicente, S. M.; Lasanta, T.; Cuadrat, J. M. 2000. Influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en un área de montaña: el ejemplo de Borau (Pirineo Aragonés). *Geographicalia* 38: 31-54.

- Vila, M.; Burriel, J. A.; Pino, J.; Chamizo, J.; Llach, E.; Porterias, M.; Vives, M. 2003. Association between *Opuntia* species invasion and changes in land-cover in the Mediterranean region. *Global Change Biology* 9: 1234-1239.
- Warda, M.; Rogalski, M. 2004. Grazing animals as an element of natural landscape. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska. Sectio E, Agricultura* 59: 1985-1991.
- Watkinson, A. R.; Riding, A. E.; Cowie, N. R. 2001. A community and population perspective of the possible role of grazing in determining the ground flora of ancient woodlands. *Forestry* 74: 231-239.
- Weih, A. 1999. Shrubs in the landscape: an agricultural resource in former times - today a problem for the protection of cultural landscapes. En: *Grasslands and woody plants in Europe. Proceedings of the International occasional symposium of the European Grassland Federation, Thessaloniki, Greece, 27-29 May, 1999.* pp 323-328.
- West, N. E. 1993. Biodiversity of rangelands. *Journal of Range Management* 46: 2-13.
- Westoby, M.; Walker, B.; Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangeland not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266-274.
- Yamauchi, A.; Yamamura, N. 2004. Herbivory promotes plant production and reproduction in nutrient-poor conditions: effects of plant adaptive phenology. *American Naturalist* 163: 138-153.
- Zarovali, M. P.; Tsougrakis, Y.; Papanastasis, V. P. 2004. Herbage production in relation to land use changes in Mediterranean rangelands. En: *Land use systems in grassland dominated regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, 21-24 June 2004. Zürich, Switzerland.* pp 201-203.

ANEXOS

Anexo 1

Encuesta a las ganaderías que utilizan pastos en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara

	ENCUESTA DE EXPLOTACIÓN	
GANADERÍAS QUE UTILIZAN PASTOS EN EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA Y CAÑONES DE GUARA		

Nº encuesta: _____

DATOS DE LA EXPLOTACIÓN

Titular de la explotación: _____

Localidad: _____

Teléfono: _____ Edad del titular: _____

Fecha encuesta: _____

Tipo de explotación: Familiar Soc. Cooperativa S.A.T. S.A. S.L.

ESTRUCTURA DEL REBAÑO

RAZA	OVINO			RAZA	CAPRINO		
	Machos	Hembras	Reposición		Machos	Hembras	Reposición
TOTAL				TOTAL			

RAZA	VACUNO		
	Machos	Hembras	Reposición
TOTAL			

Tiene animales de otros ganaderos? No Sí Cuántos animales? ___ De cuántos ganaderos?

MANO DE OBRA

A) SI ES EXPLOTACIÓN FAMILIAR

Agricultor a tiempo: parcial

Agricultor a título principal: Sí

Otras actividades del titular:

agraria turismo comercio servicios transporte otros _____

Nº de miembros de la familia (viven en la explotación) _____

Cónyuge _____ Hijos _____ Padres _____ Otros (especificar) _____

Nº de personas de la familia que trabajan con el ganado, además del titular

_____ siempre estacional tiempo que dedica: meses/año _____ horas/día _____

_____ siempre estacional tiempo que dedica: meses/año _____ horas/día _____

_____ siempre estacional tiempo que dedica: meses/año _____ horas/día _____

Nº de personas asalariadas ___fijo eventual meses/año _____ horas/día _____

Otras actividades de otros miembros de la familia:

Miembro _____ agraria turismo comercio servicios transporte otros _____

Miembro _____ agraria turismo comercio servicios transporte otros _____

Miembro _____ agraria turismo comercio servicios transporte otros _____

B) SI ES UNA SOCIEDAD

Nº de socios: _____

INFRAESTRUCTURAS

Nº total de parideras _____

Nº parideras dentro del parque _____ Nº parideras fuera del parque _____

m² superficie total: _____ m² cubiertos: _____ Año de construcción: _____

Otros:

Valoración

Henil / almacén	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<i>Suficiente</i> <input type="checkbox"/>	<i>Insuficiente</i> <input type="checkbox"/>
Estercolero	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<i>Suficiente</i> <input type="checkbox"/>	<i>Insuficiente</i> <input type="checkbox"/>
Manga	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<i>Suficiente</i> <input type="checkbox"/>	<i>Insuficiente</i> <input type="checkbox"/>
Depósito agua	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	<i>Suficiente</i> <input type="checkbox"/>	<i>Insuficiente</i> <input type="checkbox"/>

Otros:

REPRODUCCIÓN

A) GANADO OVINO Y CAPRINO:

Realiza varias parideras en distintas épocas del año: Sí No

En cuántos lotes de parición maneja el rebaño: _____

Sistema reproductivo practicado	<input type="checkbox"/>	¿En qué meses HAY partos?	¿En qué meses NO HAY partos?
monta continua	<input type="checkbox"/>		
un parto en una época del año	<input type="checkbox"/>		
un parto en una época y repesca	<input type="checkbox"/>		
tres partos en dos años	<input type="checkbox"/>		
cinco partos en tres años	<input type="checkbox"/>		
otro _____	<input type="checkbox"/>		

B) GANADO VACUNO:

Los toros están siempre con las vacas o los retira en algún periodo

Si los retira, ¿cuándo? _____

¿Cuáles son los meses de más partos? _____

Edad de destete de los: corderos _____ cabritos _____ terneros _____

Edad de venta de los: corderos _____ cabritos _____ terneros _____

Peso de los animales a la venta: corderos _____ cabritos _____ terneros _____

Nº animales vendidos al año: corderos _____ cabritos _____ terneros _____

TRASHUMANCIA

Realiza trashumancia Sí No

Realiza trasterminancia Sí No

Destino: _____

Distancia: _____

Medio de transporte: _____

Une rebaños Sí No

Nº de rebaños que unen _____

Nº de cabezas que unen _____

Fechas de salida de la explotación: _____

Fechas de vuelta a la explotación: _____

SUPERFICIES Y APROVECHAMIENTOS

Superficie de la explotación (excluidos comunales): _____

Superficie propia: _____ Superficie arrendada: _____

¿Nº has?	LOCALIZACIÓN			TENENCIA		APROVECHAMIENTO		
	Parque SCG	ZPP	Fuera	propio	arrendado	Heno /silo	pastoreo o vigilado	pasto cercado
A) SUPERFICIES PASTABLES NO COMUNALES								
Pastizal (monte bajo, erial, etc.)								
Pradera natural								
Cult. forrajeros								
-								
-								
-								
B) CULTIVOS AGRÍCOLAS								
Secano								
-								
-								
-								
Regadío								
-								
-								
-								
Barbechos								
C) COMUNALES								
-								
-								
-								

Cuántas parcelas (o grupos de parcelas) diferentes tiene? _____

Las parcelas aprovechadas están concentradas dispersas distancia media entre parcelas _____

Coste anual de arrendamiento de pastos y de uso de los comunales:

Tipo de pasto	Coste total	o por ha

CALENDARIO DE PASTOREO Y ALIMENTACIÓN

Rellenar fechas de inicio y tipo de aprovechamiento por lote en función del estado fisiológico, si están dentro o fuera del parque y su ZPP (D / F), si se realiza suplementación adicional y la localización del territorio pastado (nombre del monte o número, localización en el mapa, parcela catastral ...).

LACTANTES	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
fecha entrada												
tipo de superficie aprovechada												
dentro / fuera												
suplementación												
localización												
PREÑADAS	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
fecha entrada												
tipo de superficie aprovechada												
dentro / fuera												
suplementación												
localización												
VACIAS	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
fecha entrada												
tipo de superficie aprovechada												
dentro / fuera												

suplementación												
Localización												
REPOSICIÓN	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
fecha entrada												
tipo de superficie aprovechada												
dentro / fuera												
suplementación												
localización												

¿Qué alimentos adquiere de fuera de la explotación?

Heno Paja Cereales Piensos compuestos Otros _____

Utiliza sal en pastoreo: Sí No

Utiliza complementos vitamínicos en pastoreo: Sí No

Los corderos, cabritos o terneros, salen a pastar: Sí No

VALORACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE PASTOREO

	<u>Pastos propios o arrendados</u>	<u>Pastos comunales</u>
~ Accesos	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>
~ Cercados	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>
~ Abrevaderos	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>
~ Mangas	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>
~ Refugios	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>	Buenos <input type="checkbox"/> Medios <input type="checkbox"/> Malos <input type="checkbox"/>
~ Principales deficiencias	_____	_____

DINÁMICA DE LA EXPLOTACIÓN

Antigüedad de la explotación (años) _____

Tiempo que lleva el titular de ganadero _____

El número de animales en los últimos 10 años ha: aumentado disminuido no ha variado

¿Ha cambiado la raza en los últimos 10 años? No Sí

¿En qué sentido? _____

¿Ha construido edificios o instalaciones nuevas en los últimos 10 años? No Sí

¿Cuáles? _____

¿Tiene intención de introducir algún cambio en su sistema de producción? No Sí

Cuáles?:

- | | | |
|---|--------------------------|-------|
| Raza | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Intensificación reproductiva | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Mecanización (estércol, etc.) | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Estabulación | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Instalar cercas | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Cambiar de producto (edad, peso destete, ...) | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Implantar praderas | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Utilizar superficies alternativas | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Realizar cambios en la alimentación | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Otros | <input type="checkbox"/> | _____ |

¿Cree que tiene continuidad la explotación?

- Sí : por qué?
- tiene continuidad en sus hijos
 - le gusta
 - no tiene otra alternativa
 - es rentable
 - otras razones: _____
- No : por qué?
- no tiene descendencia
 - no tiene suficiente censo de ganado
 - no tiene suficiente tierra
 - no le resulta rentable
 - quiere cambiar de actividad
 - otras razones: _____

OPINIONES SOBRE EL PARQUE Y SU INFLUENCIA

En la actualidad, el PNSCG le afecta: positivamente negativamente no le afecta

- si positivamente, por qué?
- mejora de infraestructuras generales
 - mejora de infraestructuras ganaderas
 - posibilidad de subvenciones adicionales
 - venta directa de productos al turismo
 - posibilidad de otras actividades
 - otras razones: _____

- si negativamente, por qué?
- restricciones de usos ganaderos
 - restricciones de otros usos (caza, etc.)
 - interferencias de actividades turísticas
 - otras razones: _____

¿Que medidas solicitaría a la dirección del Parque para mejorar la actividad ganadera?

- mejora de accesos a pastizales
- facilitar el cercado de pastos
- construcción / mejora de abrevaderos
- mejora de pastos por desbroce
- mejora de pastos por quema
- establecimiento de una marca para los productos del parque
- potenciar otras actividades como el turismo rural
- limitar el acceso del turismo a determinadas zonas
- otras medidas: _____

Anexo 2

Especies leñosas observadas al comienzo del ensayo en los puntos de control

Tabla A.4.4 Listado de especies leñosas observadas al comienzo del estudio

Familia	Nombre científico	Nombre popular
<i>Buxaceae</i>	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Boj
<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Lonicera etrusca</i> G. Santi	Madreselva
<i>Compositae</i>	<i>Artemisia</i> sp.	Artemisa
	<i>Santolina chamaecyparissus</i> L.	Manzanilla amarga
<i>Cupresaceae</i>	<i>Juniperus communis</i> L.	Enebro
	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Enebro
	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	Sabina
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus cerroides</i> Willk y Costa	Quejigo, quejico
	<i>Quercus coccifera</i> L.	Coscoja
<i>Labiatae</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Romero
	<i>Lavandula angustifolia</i> Miller	Espliego
	<i>Thymus</i> sp.	Tomillo
<i>Oleaceae</i>	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Aligustre
<i>Papilionaceae</i>	<i>Cytisus scoparius</i>	Retama
	<i>Dorycnium pentaphyllum</i> (L.) Ser. In DC.	Escobizo
	<i>Echinospartum horridum</i> (Vahl.) Rothm.	Erizón
	(<i>Genista horrida</i> (Vahl) DC.)	
	<i>Genista hispanica</i> L.	Hierba de la matriquera
	<i>Genista scorpius</i> (L.) DC.	Aliaga
<i>Ononis</i>	<i>Ononis fruticosa</i> L.	Garbancillera borde
	<i>Ononis</i> sp.	
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus nigra</i> Arnold	Pino laricio o pino negral
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Pino royo
<i>Rosaceae</i>	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Espino albar
	<i>Prunus spinosa</i> L.	Arañones
	<i>Rosa canina</i> L.	Rosal silvestre
	<i>Rosa</i> sp.	Rosal silvestre
	<i>Rubus fruticosus</i> L.	Zarza
	<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	Serbal

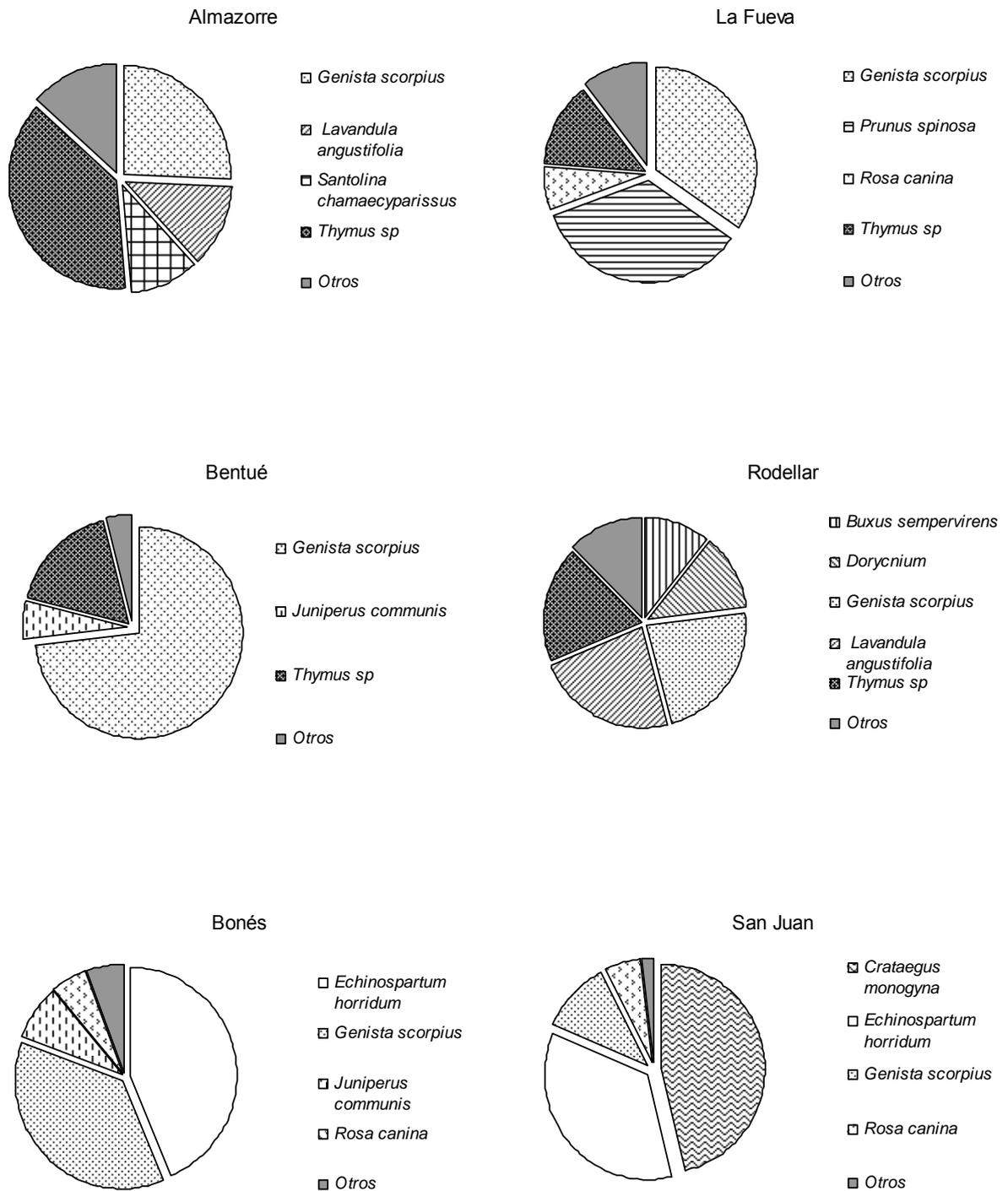
Fuente: (Riedel, 2004)

Tabla A.4.5 Porcentaje de recubrimiento por estratos al comienzo del estudio

	Almazorre	Bentué	Bonés	La Fueva	Rodellar	San Juan
Herbáceas	58	88	95	98	65	76
Arbustivas	48	35	15	29	20	33
Arbóreas	8	6	10	9	0	3

Fuente: (Riedel, 2004)

Figura A.4.5 Porcentaje de especies arbustivas presentes en las zonas de control al comienzo del estudio



Fuente: (Riedel, 2004)

Anexo 3

Especies herbáceas observadas en la zona de estudio

Tabla A.5.5 Listado de especies herbáceas más frecuentemente observadas en las zonas de control y sus áreas próximas

Familia	Nombre científico
Campanulaceae	<i>Campanula patula</i> L.
Caryophyllaceae	<i>Cerastium brachypetalum</i> Desp. Ex Pers.
Cistaceae	<i>Helianthemum apenninum</i> (L.) Miller <i>Helianthemum nummularium</i> L. <i>Helianthemum oelandicum</i> (L.) DC. In Lam. & DC.
Compositae	<i>Achillea millefolium</i> L. <i>Bellis perennis</i> L. <i>Centaurea scabiosa</i> L. <i>Hieracium pilosella</i> L. <i>Inula montana</i> L. <i>Phagnalon</i> sp. <i>Senecio</i> sp. <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill <i>Taraxacum officinalis</i>
Convolvulaceae	<i>Cuscuta</i> sp.
Crasulaceae	<i>Sedum</i> sp.
Cruciferae	<i>Barbarea intermedia</i> Boreau
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp.
Dipsacaceae	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia minuta</i> Loscos & Pardo (<i>E. pauciflora</i> Duf.) <i>Euphorbia serrata</i> L.
Labiatae	<i>Salvia verbenaca</i> L. <i>Teucrium chamaedrys</i> L.
Liliaceae	<i>Muscari comosum</i> (L.) Miller (<i>Leopoldia comosa</i> (L.) Parl.) <i>Linum tenuifolium</i>
Oleaceae	<i>Ligustrum vulgare</i> L.

Familia	Nombre científico
Orchidaceae	<i>Ophrys apifera</i> Hudson
Papilionaceae	<i>Vicia cracca</i> L.
	<i>Vicia sativa</i> L.
	<i>Coronilla minima</i> L.
	<i>Coronilla vaginalis</i>
	<i>Hippocrepis comosa</i> L.
	<i>Lathyrus hirsutus</i> L.
	<i>Lathyrus odoratus</i>
	<i>Lotus corniculatus</i> L.
	<i>Medicago lupulina</i> L.
	<i>Medicago polymorpha</i> L.
	<i>Medicago rigidula</i> (L.) All. (<i>M. gerardii</i> Willd.)
	<i>Medicago sativa</i> L.
	<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.
	<i>Ononis spinosa</i> L.
	<i>Tetraglonobus maritimus</i> (L.) Roth
	<i>Trifolium campestre</i> Schreber in Sturm
	<i>Trifolium pratense</i> L.
	<i>Trifolium repens</i> L.
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.
	<i>Plantago major</i> L.
	<i>Plantago media</i> L.
	<i>Plantago minor</i>
	<i>Plantago sempervirens</i> Crantz (<i>P. cynops</i> L. 1762, non 1753)
Poaceae	<i>Aegilops geniculata</i> Roth (A. Ovata L.)
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. Ex J.& C. Presl
	<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) P. Beauv.
	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.
	<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv. (<i>B. ramosum</i> Roemer & Shultes, <i>B. pluckenettii</i> All.)
	<i>Briza media</i> L.
	<i>Bromus ramosus</i> Hudson (<i>B. asper</i> Murray)
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.
	<i>Dactylis glomerata</i> L.
	<i>Festuca rubra</i> L.
	<i>Hordeum murinum</i> L.

Familia	Nombre científico
	<i>Koeleria vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin.
	<i>Lolium perenne</i> L.
	<i>Phleum pratense</i> L.
	<i>Poa bulbosa</i> L.
	<i>Poa pratensis</i> L.
	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.
Poligonaceae	<i>Rumex</i> sp.
	<i>Polygala vulgaris</i> L.
Primulaceae	<i>Anagallis foemina</i> Miller
	<i>Primula veris</i> L.
Ranunculaceae	<i>Ranunculus arvensis</i> L.
	<i>Ranunculus</i> sp.
	<i>Thalictrum</i> sp.
Rosaceae	<i>Potentilla reptans</i> L.
	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.
Rubiaceae	<i>Galium</i> spp.
Saxifragaceae	<i>Saxifraga granulata</i> L.
Scrophulariaceae	<i>Globularia vulgaris</i> L.
Thymelaceae	<i>Daphne</i> sp.
	<i>Thymelaea tinctoria</i> (Pourret) Endl.
Umbeliferae	<i>Daucus carota</i> L.
	<i>Eryngium campestre</i> L.
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.

Fuente: (Riedel 2004)

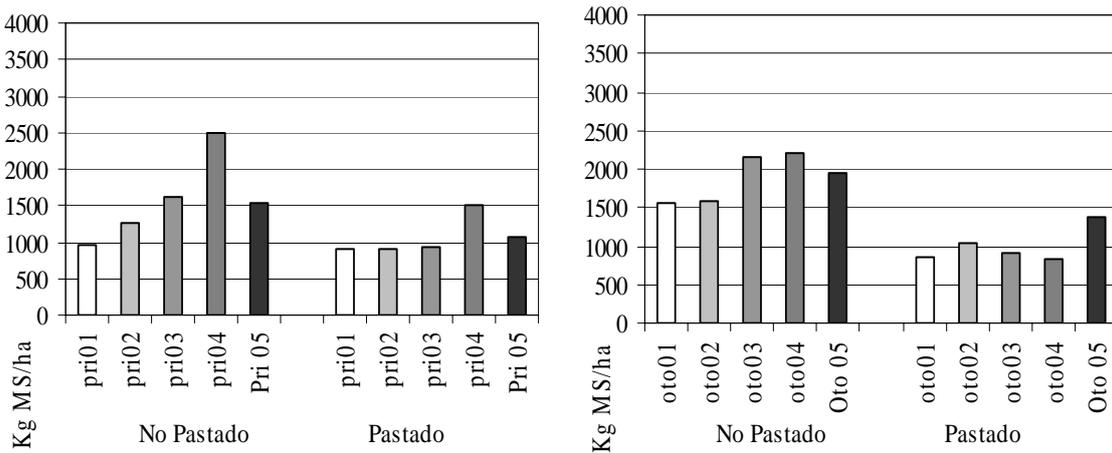
Cabe destacar que las especies enumeradas en la tabla precedente fueron también observadas en los estudios de la flora de la Sierra de Guara de Montserrat (1986), no registrándose especies nuevas o que no hayan sido ya observadas en el mencionado trabajo.

Anexo 4

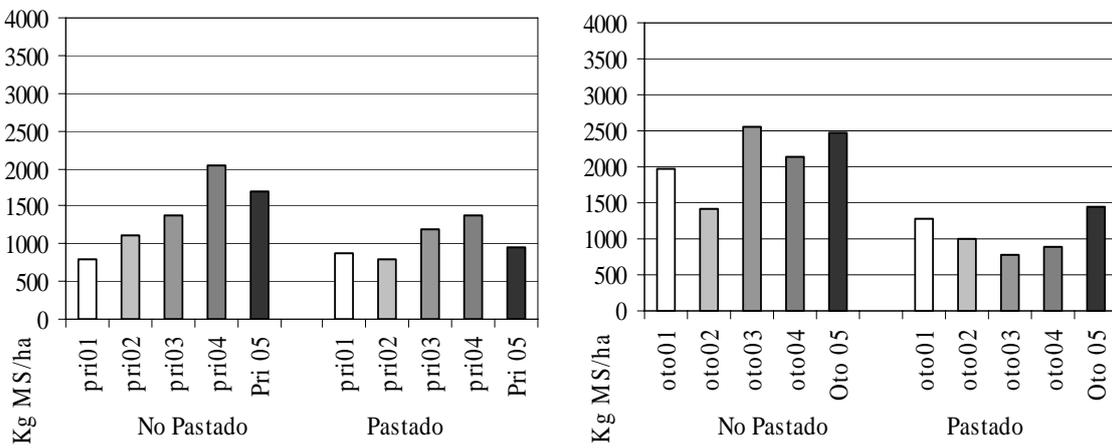
Biomasa total herbácea registrada a lo largo del estudio

Figura A.5.9 Biomasa total (kg MS/ha) por zonas y sub-zonas de control

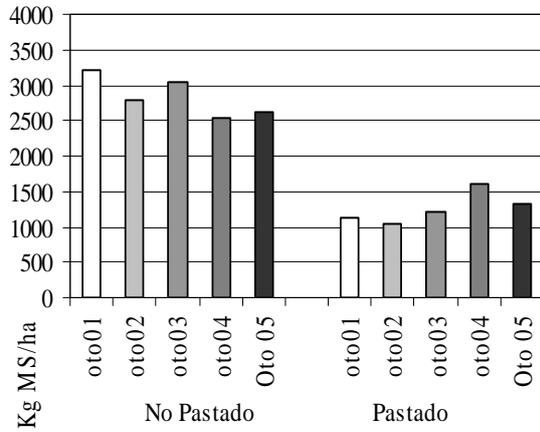
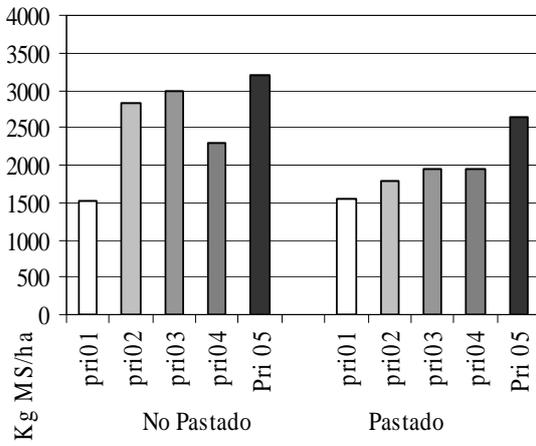
Almazorre Aliagas



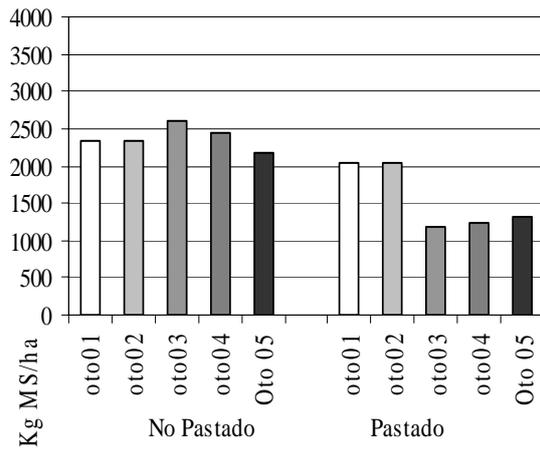
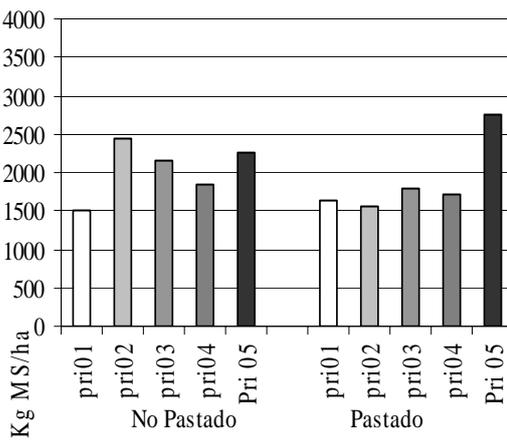
Almazorre Faja baja



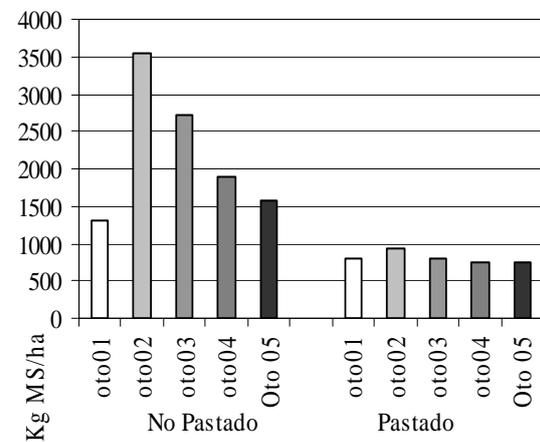
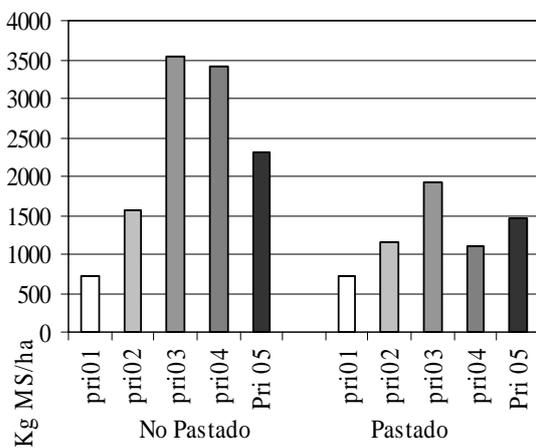
Bentué Desbrozado



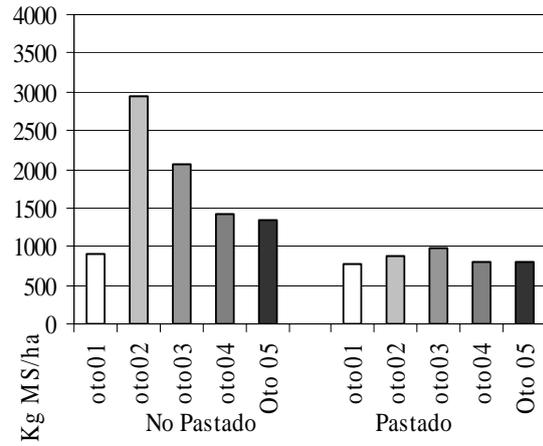
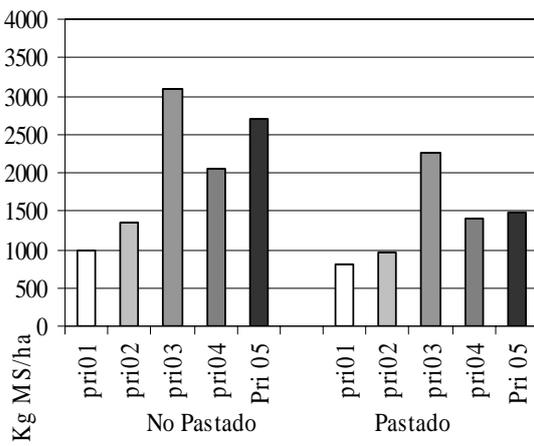
Bentué Sin Desbrozar



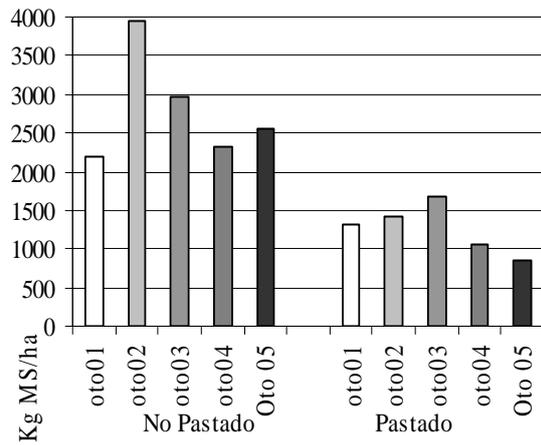
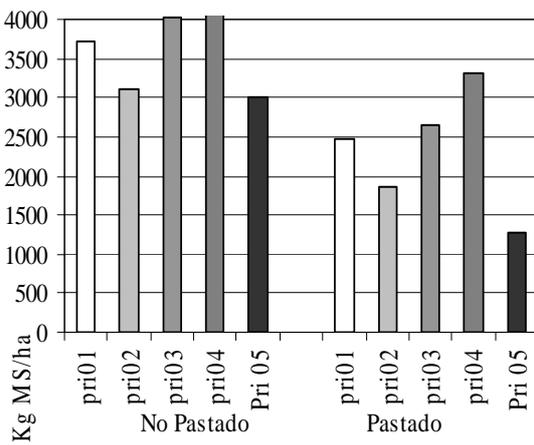
Bonés Desbrozado



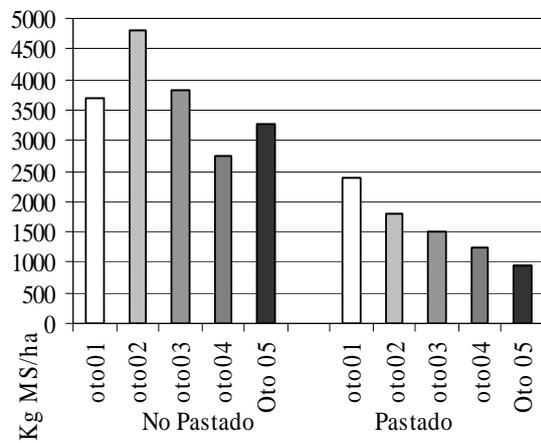
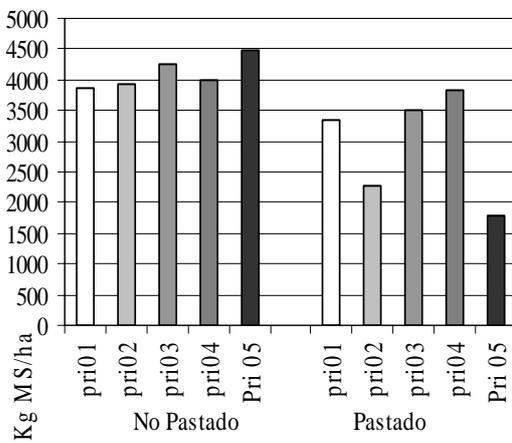
Bonés Sin Desbrozar



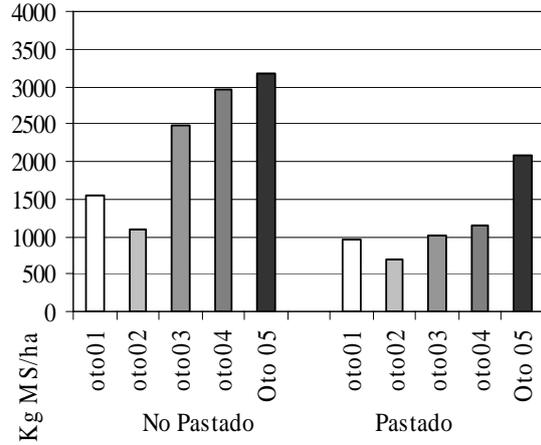
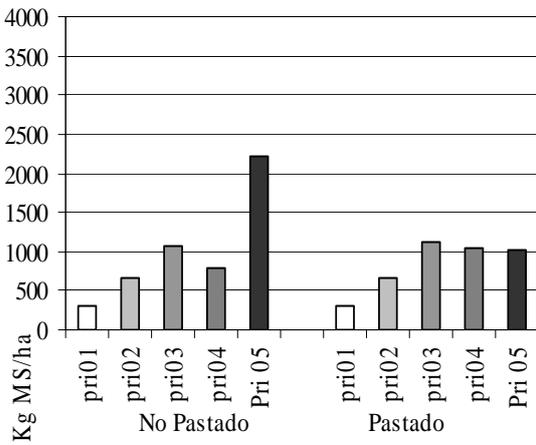
La Fueva Prados



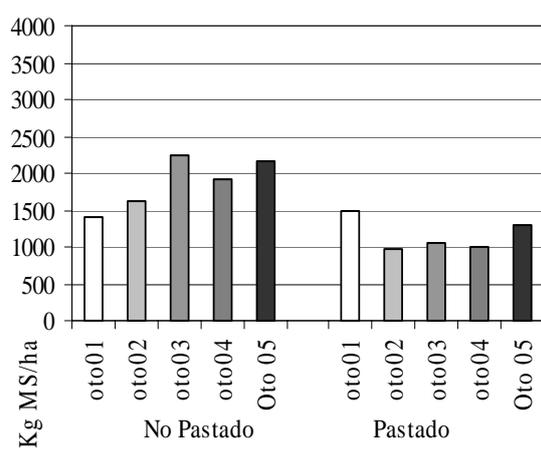
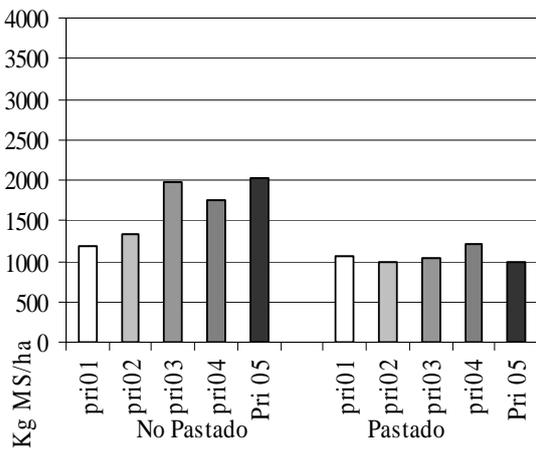
La Fueva Río



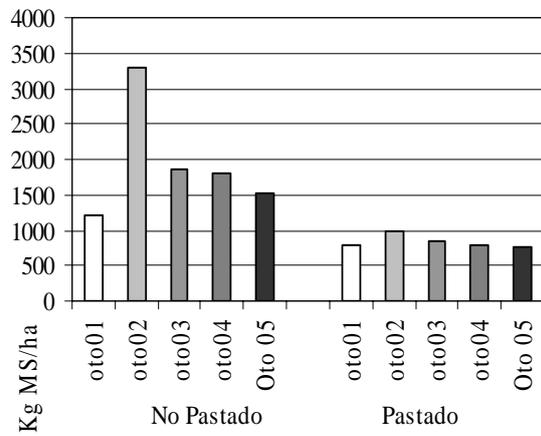
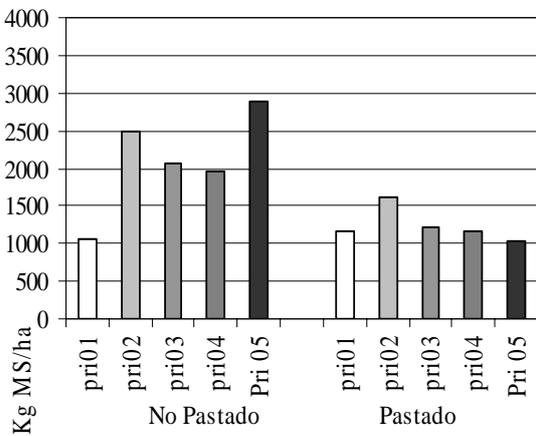
Rodellar Desbrozado



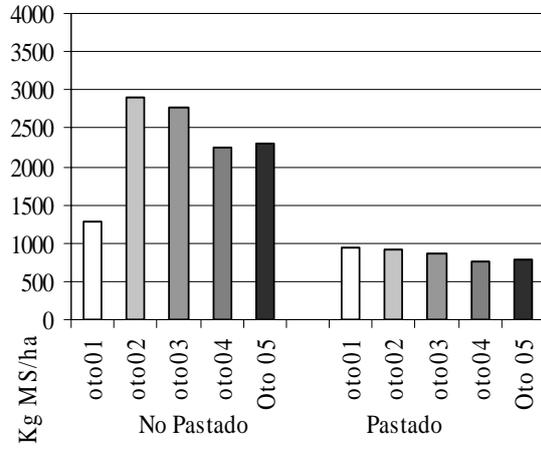
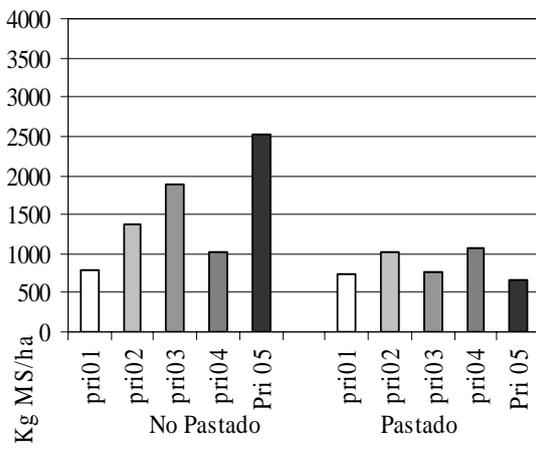
Rodellar Sin Desbrozar



San Juan Barranco



San Juan Frente Pardina



Anexo 5
Fotografías



Ganado ovino en el Parque
de la Sierra y cañones de Guara





Ganado bovino y equino en el Parque de la Sierra y cañones de Guara





Jaula de exclusión: Bonés desbrozado

Jaula de exclusión: La Fueva Río





Jaula de exclusión: San Juan Barranco

Jaula de exclusión: Bentué Sin Desbrozar





Registro de altura en herbáceas



Medición de arbustos



Transecto para medición de leñosas (1 x 10 m)

