

Universidad de Alcalá
Facultad de Biología
Departamento Interuniversitario de Ecología



**Análisis de la Interacción
Vegetación-Herbívoro
en Sistemas Silvopastorales
Basados en *Quercus pyrenaica***

Marina Maria Pedrosa Meca Ferreira de Castro

Alcalá de Henares, 2004

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DEPARTAMENTO INTERUNIVERSITARIO DE ECOLOGÍA



**ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN
VEGETACIÓN-HERBÍVORO EN SISTEMAS
SILVOPASTORALES BASADOS EN
*QUERCUS PYRENAICA***

MARINA MARIA PEDROSA MECA FERREIRA DE CASTRO

Alcalá de Henares, 2004

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DEPARTAMENTO INTERUNIVERSITARIO DE ECOLOGÍA

**ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN
VEGETACIÓN-HERBÍVORO EN SISTEMAS
SILVOPASTORALES BASADOS EN
*QUERCUS PYRENAICA***

**Memoria presentada para optar al grado de Doctor por
Marina Maria Pedrosa Meca Ferreira de Castro**

**Este trabajo ha sido dirigido por el Dr. Antonio Gómez Sal,
Catedrático de Ecología de la Sección de Alcalá del Departamento
Interuniversitario de Ecología, Facultad de Biología, Universidad
de Alcalá**

Alcalá de Henares, 2004

Agradecimientos

A todas las personas que me han ayudado en la realización de esta memoria pero que, por descuido, no figuran expresamente en estos agradecimientos;

A todas as instituições que tornaram possível a realização de este trabalho: Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária de Bragança, Departamento de Ecología de la Universidad de Alcala.

Ao Instituto Nacional de Investigação Agrária, pelo financiamento do Projecto 7102 – Utilização silvopastoril das florestas autóctones de Trás-os-Montes: seu estudo integrado – que tornou possível a realização deste trabalho;

A Antonio Gómez Sal, porque más que director, es un amigo de siempre, apoyando, incentivando, acreditando e insistiendo para que yo fuera más allá, asimismo a Umi por todo el cariño con que siempre me recibió,

A Alfredo Teixeira, por a quatro meses do fim desta memória me fazer descer à Terra, e me fazer perceber que ainda tinha muito que trabalhar...

A todos os que me ajudaram no campo: Amândio, Noel, Soutinho, Humberto, Marta, Patrícia...

A María José Arabolaza pela sua vista de lince na revisão final do texto, muito para além do castelhano;

A todos os pastores com quem trabalhei: Paulo e Cristina, Sr. Amador de Freixedelo, Toninho de Rebordaínhos, Sr. António Parente, Sr. José Firmino.

A Toño, por la resolución de todo el tipo de problemas;

À Ermelinda Pereira, Carlos Aguiar e Ana Carvalho, pela disponibilidade para todas as questões edáficas e botânicas;

A todos los compañeros del interuniversitario, por la acogida, disponibilidad y mucha amistad;

E como os últimos são os primeiros: aos meus filhos por tanta compreensão e generosidade, sobretudo nos meses finais de redacção de este trabalho, foram pequenos heróis, com apenas 10, 7 e 4 anos de idade;

Ao Zé, simplesmente, não tenho como agradecer.

Ao Zé, Eduardo, Sancha e Nuno

Em memória de meu pai

Resumen

En la *Terra Fria Transmontana* (Trás-os-Montes, Portugal), la ganadería extensiva representa una de las más importantes actividades económicas, de gran relevancia para el mantenimiento funcional de los pueblos, fijando la población y el sentido del paisaje. Se trata sobre todo de un tipo de producción basada en pequeños rumiantes, ovejas y cabras, que en esta región, se lleva a cabo mediante pastoreo dirigido, cuyos recorridos atraviesan la notable variedad de ecosistemas que componen el territorio rural tradicional. La definición última de los trazados depende de un complejo juego de interacciones entre la oferta vegetal, los rebaños y sus pastores.

El seguimiento de los rebaños permitió reconocer tipos de recorridos, la variabilidad en la utilización temporal y espacial del territorio, los ecosistemas pastados, y aún el comportamiento alimentario de los animales. La estrategia de utilización de los recursos resulta en un complejo de interacciones que es función de la variación de las condiciones ambientales (temperatura máxima y mínima, duración del día y disponibilidad de los recursos pastables). Por otro lado, la organización territorial interfiere decisivamente en la estructura de los recorridos, condicionándolos mediante el juego de restricciones y oportunidades que representa. A lo largo del día, los animales necesitan desplazarse a través de una sucesión de ecosistemas con distinta capacidad de acogida para sus necesidades vitales (forraje, abrigo o reposo). Entre los diferentes elementos que constituyen el mosaico pastoral, destacan los rebollares (*Quercus pyrenaica*) tanto por su extensión, como por su valor natural y económico. Tradicionalmente, estos bosques han tenido un importante papel en la acogida de los rebaños, suministrándoles protección y alimento. Junto a ellos, los otros elementos del paisaje dentro del término de cada aldea, adquieren funciones distintas para los animales dependiendo de su desarrollo y la estación del año. Es el caso de los matorrales, pastos, olivos, castañares, rastrojos y barbechos.

La selección de los recursos, estudiada a escala detallada mediante la observación del comportamiento animal, demostró los rasgos diferenciadores de ovinos y caprinos, en pastoreo. Los primeros manifiestan un comportamiento trófico de tipo "pastador", y los segundos de tipo "consumidor mixto" con clara preponderancia del ramoneo. Mediante la comparación de parcelas con y sin herbívoros, se apreció su efecto sobre la estructura de las comunidades del sotobosque de rebollo. La valoración nutritiva de las diversas especies leñosas arbustivas) que componen el sotobosque de los rebollares, así como la contabilización del tiempo dedicado al pastoreo en rebollares, confirmó su relevancia y el papel que ha desempeñado en la gestión tradicional de estos ecosistemas. El animal aporta heterogeneidad al sotobosque, favoreciendo las especies anuales y/o las asociadas a la herbivoría. Su importancia se destaca sobre todo en los rebollares jóvenes, cuyo sotobosque

está constituido por pastizales terofíticos. La integración de las nuevas aportaciones con la información existente relativa al efecto del abandono del pastoreo sobre las comunidades herbáceas, clarificó la interconexión recíproca positiva entre los herbívoros pastadores y los rebollares, muy relevante desde el punto de vista de su valor natural, y imprescindible para su conservación, debiendo ser definitivamente considerados estos bosques como sistemas silvopastorales. Los resultados son importantes para enfocar debidamente el papel de la ganadería extensiva en la gestión del territorio, a través de la eliminación de la biomasa combustible, el estímulo de la productividad vegetal y la diversidad y valor de los paisajes culturales que ayuda a mantener.

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos	i
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	vii
Introducción General	1
1 Las zonas de montaña: sus opciones productivas	1
1.1 Matriz agraria tradicional	3
1.2 Relevancia de la ganadería extensiva	4
1.3 Los rebollares como sistemas silvopastorales	5
2 Justificación y objetivos	8
2.1 Estudios previos	8
2.2 La ganadería extensiva en Trás-os-Montes en las últimas décadas	10
2.3 Objetivos generales	13
2.4 Estructura de la memoria	15
3 Material y métodos generales	17
3.1 Descripción del área de estudio	18
3.2 Evolución de la ganadería extensiva y descripción de los rebaños	21
3.3 Protocolo experimental. Diseño de los muestreos.	23
Estrategia de utilización del territorio. Escala del paisaje	25
1 Introducción	25
2 Patrones de uso del territorio	29
2.1 Los recorridos y el uso tradicional del territorio	30
2.2 Factores que influyen en el patrón de utilización del territorio	31
2.3 Selección de recursos y tipos de escala. Libre pastoreo y pastoreo dirigido	31
2.4 Estrategia de uso del espacio por los herbívoros: metodología de evaluación	34
3 Material y métodos	36
3.1 Muestreo de campo	36
3.2 Tratamiento de los datos GPS y extracción de las variables	36
3.2.1 Corrección diferencial	36
3.2.2 Metodología del análisis de los recorridos	37
3.3 Tipología y organización de los recorridos	37
3.4 Uso del territorio	38
3.5 Funcionalidad del territorio	39
3.6 Análisis de los datos	41
3.6.1 Tipología y organización de los recorridos	41
3.6.2 Uso del territorio	42

3.6.3	Funcionalidad de las clases de uso	43
4	Resultados y discusión	43
4.1	Tipología y organización de los recorridos	43
4.1.1	Variación anual de la duración de los recorridos	43
4.1.2	Longitud y velocidad	50
4.1.3	Tipificación de la variación anual de los recorridos	50
4.2	La intensidad del uso del territorio	57
4.3	Relación entre la abundancia de usos del suelo y su utilización por los rebaños	62
4.4	Funcionalidad de las clases de uso de suelo	68
5	Conclusiones	70

Conducta en pastoreo y selección de recursos. Escala de comunidad y

área de campeo 73

1	Introducción	73
2	Selección de la dieta	75
2.1	Un escenario de gran complejidad	75
2.1.1	La teoría del aprovechamiento óptimo y la hipótesis de la saciedad	77
2.2	Patrón de variación de los regímenes alimentarios de caprinos y ovinos	79
2.3	Breve revisión de las técnicas disponibles para el estudio de la dieta	80
3	Material y métodos	83
3.1	Diseño del muestreo	83
3.2	Análisis de los datos	85
3.2.1	Regímenes alimentarios	85
3.2.2	Diversidad del régimen: dieta y disponibilidad de recursos	86
3.2.3	Preferencia alimentaria	87
3.2.4	Conducta en pastoreo y ritmos de actividad	89
4	Resultados y discusión	90
4.1	Regímenes alimentarios	90
4.1.1	Variación anual de los regímenes alimentarios	92
4.2	Relación entre la diversidad de recursos afectados por los recorridos y de la dieta	99
4.3	Preferencia alimentaria	102
4.3.1	Tipología de los recorridos	102
4.3.2	Variación del índice de preferencia entre ovinos y caprinos	104
4.3.3	Cambios estacionales en el índice de preferencia	108
4.3.4	Variación del índice de preferencia con la disponibilidad	113
4.4	Conducta en pastoreo y ritmos de actividad	117
4.4.1	Diferencias entre ovejas y cabras	117
4.4.2	Ritmos de actividad diaria. Principales pautas que pueden detectarse	123
5	Conclusiones	129

Recursos leñosos. Oferta, Calidad y Fenología 131

1	Introducción	131
2	La calidad nutritiva de los recursos leñosos	132
2.1	Composición química y digestibilidad: factores de variación	132
2.2	Evaluación de la calidad nutritiva en leñosas	134

3	Material y métodos	136
3.1	Ciclo vegetativo de las especies en estudio	136
3.2	Calidad nutritiva	138
3.2.1	Procedimiento de campo	138
3.2.2	Procedimiento de laboratorio	138
3.3	Análisis estadístico	139
4	Resultados y discusión	139
4.1	Evolución del ciclo vegetativo	139
4.1.1	Arbustivas	139
4.1.2	Rebollo (<i>Quercus pyrenaica</i>)	142
4.2	Composición química y digestibilidad potencial	143
4.2.1	Arbustivas	143
4.2.2	Rebollo (<i>Quercus pyrenaica</i>)	149
4.3	Determinación de un índice de calidad nutritiva	156
4.4	Calidad nutritiva versus ciclo vegetativo	159
5	Conclusiones	160
Vegetación y pastoreo. Modulación del sistema silvopastoral		165
1	Introducción	165
2	Material y métodos	168
2.1	Diseño de muestreo	168
2.2	Análisis de los datos	171
2.2.1	Estructura de las comunidades de sotobosque de rebollo	171
2.2.2	Comportamiento ecológico de las especies	172
2.2.3	Efecto del pastoreo en la estructura de las comunidades de sotobosque	173
3	Resultados y discusión	175
3.1	Estructura de las comunidades vegetales de sotobosque	175
3.1.1	Aproximación multivariante	175
3.1.2	Representación de las diferentes especies. Un balance	178
3.1.3	Variables estructurales cuantitativas	180
3.2	Variación abiótica	182
3.2.1	Patrón espacial de la variación abiótica	182
3.2.2	Relación entre fluctuaciones meteorológicas anuales y la variación abiótica	188
3.3	Comportamiento de las especies más frecuentes	193
3.4	Efecto del pastoreo en la estructura de las comunidades	203
3.4.1	Efecto del consumo en la biomasa herbácea	203
3.4.2	Evolución de la composición específica tras la exclusión del pastoreo	207
3.4.3	Efecto del consumo en la persistencia de las especies anuales y perennes	215
4	Conclusiones	221
Integración de resultados y conclusiones generales		223
Referencias		231

Índice de figuras

<i>Figura 1.1: Evolución de los rebaños y cabezas caprinas y ovinas en el distrito de Bragança y municipios de Terra Fría Transmontana.</i>	12
<i>Figura 1.2: Esquema de la estructura de esta memoria y su relación con los objetivos generales de la misma.</i>	15
<i>Figura 1.3: Localización de los sitios de estudio en el contexto del territorio continental portugués.</i>	19
<i>Figura 1.4: Localización y tipo de rebaños de los sitios de estudio en el contexto climático.</i>	20
<i>Figura 1.5: Evolución de los rebaños y cabezas caprinas y ovinas en los municipios de las aldeas en estudio.</i>	21
<i>Figura 2.1: Analogía entre libre pastoreo y pastoreo dirigido respecto a las escalas de resolución ecológica.</i>	27
<i>Figura 2.2: Variación anual de la duración de los recorridos de caprinos.</i>	44
<i>Figura 2.3: Variación anual de la duración de los recorridos de ovinos.</i>	45
<i>Figura 2.4: Diferencias entre la hora de amanecer y la salida, y la hora de anochecer y la llegada a la majada, de los rebaños de caprinos.</i>	46
<i>Figura 2.5: Diferencias entre la hora de amanecer y la salida y, la hora de anochecer y la llegada a la majada, de los rebaños de ovinos.</i>	47
<i>Figura 2.6: Duración de los recorridos y diferencias entre las duraciones del día y de los recorridos de caprinos en las fases consideradas.</i>	52
<i>Figura 2.7: Retraso en la salida y adelanto en la llegada manifestadas por los rebaños de caprinos en las fases del año consideradas.</i>	53
<i>Figura 2.8: Duración de los recorridos y diferencias entre las duraciones del día y de los recorridos de ovinos en las fases consideradas.</i>	54
<i>Figura 2.9: Retraso en la salida y adelanto en la llegada manifestadas por los rebaños de ovinos en las fases del año consideradas.</i>	55
<i>Figura 2.10: Importancia de las diferentes clases de uso en los recorridos de ovinos y caprinos.</i>	59
<i>Figura 2.11: Importancia de las diferentes clases de uso en los recorridos de verano e invierno.</i>	60
<i>Figura 2.12: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Rebordainhos.</i>	63
<i>Figura 2.13: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Vinhais.</i>	65
<i>Figura 2.14: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Freixedelo.</i>	66
<i>Figura 2.15: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Sortes.</i>	67
<i>Figura 3.1: Comparación de los regímenes alimentarios de los cuatro rebaños en estudio.</i>	91
<i>Figura 3.2: Variación anual del régimen alimentario de los ovinos.</i>	94
<i>Figura 3.3: Variación anual del régimen alimentario de los caprinos.</i>	96
<i>Figura 3.4: Variación anual de la diversidad de los recursos recorridos y de la dieta en ovinos y caprinos.</i>	101
<i>Figura 3.5: Resultado del análisis de clasificación TWINSpan de los 52 recorridos de los rebaños, en el que se diferencian cuatro grupos de vegetación.</i>	103
<i>Figura 3.6: Variación del índice de preferencia de los recursos en análisis entre ovinos y caprinos.</i>	106
<i>Figura 3.7: Variación anual del índice de preferencia por las especies del grupo 1.</i>	109
<i>Figura 3.8: Variación anual del índice de preferencia por las especies del grupo 2.</i>	110

<i>Figura 3.9: Variación anual del índice de preferencia en el grupo 3.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 3.10: Variación anual del índice de preferencia en el grupo 4.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 3.11: Disponibilidad de los recursos por grupo en los recorridos de ovinos y caprinos.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 3.12: Variación anual del ritmo de actividades en ovinos y caprinos.</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3.13: Variación de la actividad de alimentación a lo largo del año.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 3.14: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase estabilización en valores elevados.</i>	<i>124</i>
<i>Figura 3.15: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día – fase descenso lento.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 3.16: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día – fase diciembre.</i>	<i>125</i>
<i>Figura 3.17: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase incremento lento.</i>	<i>126</i>
<i>Figura 3.18: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase incremento rápido.</i>	<i>126</i>
<i>Figura 4.1: Evolución del ciclo vegetativo del Cytisus scoparius.</i>	<i>140</i>
<i>Figura 4.2: Evolución del ciclo vegetativo del Cytisus striatus.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 4.3: Evolución del ciclo vegetativo del Cytisus multiflorus.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 4.4: Evolución del ciclo vegetativo de la Genista falcata.</i>	<i>142</i>
<i>Figura 4.5: Evolución de los cambios en el ámbito vegetativo del Quercus pyrenaica.</i>	<i>143</i>
<i>Figura 4.6: Variación de los contenidos en proteína bruta a lo largo del año.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 4.7: Variación de los contenidos en NDF y ADF a lo largo del año.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 4.8: Variación de los contenidos en ADL a lo largo del año.</i>	<i>147</i>
<i>Figura 4.9: Variación de la digestibilidad de la materia orgánica a lo largo del año.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 4.10: Variación de los contenidos en cenizas totales a lo largo del año.</i>	<i>149</i>
<i>Figura 4.11: Variación de los contenidos en PB en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.</i>	<i>150</i>
<i>Figura 4.12: Variación de los contenidos en NDF, Celulosa y Hemicelulosa en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 4.13: Variación de los contenidos en ADF en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.</i>	<i>153</i>
<i>Figura 4.14: Variación de los contenidos en ADL en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.</i>	<i>154</i>
<i>Figura 4.15: Variación de los contenidos en cenizas totales en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.</i>	<i>154</i>
<i>Figura 4.16: Variación de la digestibilidad de la materia orgánica en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.</i>	<i>155</i>
<i>Figura 4.17: Variación anual de los índices de calidad de las arbustivas.</i>	<i>158</i>
<i>Figura 4.18: Variación del índice de calidad de las hojas de rebollo en las distintas fases estudiadas</i>	<i>159</i>
<i>Figura 5.1: Esquema de muestreo de los rebollares (Freixedelo, Rebordaínhos, Sortes y Zido).....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 5.2: Ejes I y II (inventarios y especies) provenientes del CCA.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 5.3: Principales rasgos de variación biocenótica.....</i>	<i>177</i>
<i>Figura 5.4: Balance de representación de las varias especies en los cuatro rebollares en estudio.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 5.5: Variación de la biomasa y diversidad de las comunidades de sotobosque de los cuatro rebollares en estudio.</i>	<i>182</i>
<i>Figura 5.6: Variación de la manta muerta (hojarasca y otros restos) en los cuatro rebollares en estudio.</i>	<i>183</i>

<i>Figura 5.7: Medias de los parámetros químicos del suelo de los cuatro rebollares en estudio.</i>	184
<i>Figura 5.8: Variación de bases de cambio y capacidad de intercambio catiónico para los rebollares en estudio.</i>	186
<i>Figura 5.9: Variación en las proporciones de arena gruesa, fina, limo y arcilla, en los rebollares estudiados.</i>	187
<i>Figura 5.10: Variación anual y estacional de la biomasa herbácea en los cuatro rebollares estudiados.</i>	189
<i>Figura 5.11: Diagramas ombrotérmicos correspondientes a los años de 1999, 2000 y 2001 para Bragança.</i>	190
<i>Figura 5.12: Evolución de los contenidos en nitrógeno total y carbono orgánico (N y C) en los rebollares en estudio.</i>	191
<i>Figura 5.13: Evolución de los contenidos en fósforo y potasio asimilables en los cuatro rebollares en estudio.</i>	192
<i>Figura 5.14: Evolución de los contenidos en calcio y magnesio extraíbles (Ca y Mg) en los cuatro rebollares en estudio.</i>	192
<i>Figura 5.15: Evolución de los contenidos en potasio y sodio extraíbles (Kb y Na) en los cuatro rebollares en estudio.</i>	193
<i>Figura 5.16: Análisis de correspondencias entre estados de las variables y perfiles de abundancia de las especies.</i>	197
<i>Figura 5.17: Situación de los estados de los factores en el plano factorial obtenido del análisis de correspondencias de variables y especies.</i>	199
<i>Figura 5.18: Disposición de los estados de las especies en el espacio ecológico (I). Análisis de correspondencias entre estados de las variables y especies.</i>	200
<i>Figura 5.19: Disposición de los estados de las especies en el espacio ecológico (II). Análisis de correspondencias entre estados de las variables y especies.</i>	201
<i>Figura 5.20: Disposición de los estados de las especies en el espacio ecológico (III). Análisis de correspondencias entre estados de las variables y especies.</i>	202
<i>Figura 5.21: Comparación de la biomasa disponible en las parcelas pastoreadas y no pastoreadas en primavera y otoño en Freixedelo (a izquierda) y Rebordaínhos (derecha).</i>	204
<i>Figura 5.22: Comparación de la biomasa disponible en las parcelas pastoreadas y no pastoreadas en primavera y otoño en Sortes (a izquierda) y Zido (derecha).</i>	205
<i>Figura 5.23: Evolución temporal del 1º, 2º y 3º ejes, en las parcelas con y sin pastoreo para Freixedelo.</i>	208
<i>Figura 5.24: Evolución temporal del 1º, 2º y 3º ejes, en las parcelas con y sin pastoreo para Zido.</i>	209
<i>Figura 5.25: Evolución temporal del 1º, 2º y 3º ejes, en las parcelas con y sin pastoreo para Rebordaínhos.</i>	209
<i>Figura 5.26: Evolución de la composición florística en Freixedelo, con y sin pastoreo.</i>	210
<i>Figura 5.27: Evolución de la composición florística en Zido, con y sin pastoreo.</i>	211
<i>Figura 5.28: Evolución de la composición florística en Rebordaínhos, con y sin pastoreo.</i>	212
<i>Figura 5.29: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Rebordaínhos.</i>	218
<i>Figura 5.30: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Freixedelo.</i>	218
<i>Figura 5.31: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Sortes.</i>	219
<i>Figura 5.32: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Zido.</i>	220

Índice de tablas

<i>Tabla II.1: Variables correlacionadas (Pearson).</i>	41
<i>Tabla II.2: Variables utilizadas para analizar la funcionalidad de las clases de uso de suelo.</i>	43
<i>Tabla II.3: Velocidad y longitud de los recorridos de ovinos y caprinos.</i>	50
<i>Tabla II.4: Temperaturas registradas a lo largo de los recorridos (temperatura de salida y entrada en la majada y, temperaturas máxima e mínima registradas a lo largo del día) de caprinos.</i>	52
<i>Tabla II.5: Temperaturas registradas a lo largo de los recorridos (temperatura de salida y entrada en la majada y, temperaturas máxima e mínima registradas a lo largo del día) de ovinos.</i>	55
<i>Tabla II.6: Resultados del análisis de varianza referente a la importancia relativa de las clases de uso del suelo en los recorridos (número de observaciones y valores de probabilidad).</i>	58
<i>Tabla II.7: Importancia relativa de las clases de uso (y caminos) en los recorridos de ovinos e caprinos.</i>	58
<i>Tabla II.8: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Rebordaínhos).</i>	63
<i>Tabla II.9: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Vinhais – verano/Zido e invierno/Lagarelhos).</i>	64
<i>Tabla II.10: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Freixedelo).</i>	65
<i>Tabla II.11: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Sortes).</i>	67
<i>Tabla II.12: Funcionalidad de las diferentes clases de uso (y caminos) para ovinos y caprinos.</i>	69
<i>Tabla II.13: Funcionalidad de las clases floresta y agricultura perenne en verano e invierno.</i>	70
<i>Tabla III.1: Variación porcentual anual de las clases de alimentación en la dieta de ovinos.</i>	93
<i>Tabla III.2: Variación porcentual anual de las clases de alimentación en la dieta de caprinos.</i>	95
<i>Tabla III.3: Índices de diversidad de Shannon mensuales para la disponibilidad y para la dieta en ovinos y caprinos.</i>	100
<i>Tabla III.4: Valores de índice de preferencia de cada uno de los recursos en estudio para ovinos y caprinos.</i>	105
<i>Tabla III.5: Clases de preferencia para los recursos en análisis para ovinos y caprinos (las coincidencias se destacan en negro).</i>	114
<i>Tabla III.6: Valores medios correspondientes al número de horas que han dedicado ovinos y caprinos a la realización de las distintas actividades a lo largo de cinco fases del año.</i>	117
<i>Tabla III.7: Horas de salida y entrada en las majadas para ovinos y caprinos en las fases del año consideradas.</i>	123
<i>Tabla IV. 1: Resumen de los resultados obtenidos mediante análisis de varianza aplicado a cada uno de los parámetros químicos para las arbustivas.</i>	144
<i>Tabla IV.2: Composición química y digestibilidad de las cuatro arbustivas estudiadas en cinco momentos del año.</i>	145
<i>Tabla IV.3: Resumen de los resultados obtenidos mediante análisis de varianza aplicado a cada uno de los parámetros químicos de las hojas de rebollo.</i>	150
<i>Tabla IV.4: Composición química y digestibilidad de las hojas de rebollo en las distintas fases (se señalan las diferencias significativas entre períodos mediante letras y entre localidades mediante números).</i>	152

<i>Tabla IV.5: Índices de calidad y valoración de las especies arbustivas a lo largo del año.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla IV.6: Índices de calidad de las hojas del rebollo a lo largo del año (entre paréntesis se señala la fenología dominante).</i>	<i>159</i>
<i>Tabla V.1: Relación de especies usadas en CCA y abreviaturas utilizadas.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla V.2: Especies con mayor participación en los tres primeros ejes resultantes del CCA.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla V.3: Variables con mayor participación en los tres primeros ejes resultantes del CCA.</i>	<i>176</i>
<i>Tabla V.4: Resultados de ANOVA para las variables estructurales de las comunidades del sotobosque.</i>	<i>181</i>
<i>Tabla V.5: Parámetros estructurales de las comunidades del sotobosque de los cuatro rebollares en estudio.</i>	<i>181</i>
<i>Tabla V.6: Valores medios de los parámetros químicos del suelo, a tres profundidades en los cuatro rebollares en estudio.</i>	<i>184</i>
<i>Tabla V.7: Proporciones de arena gruesa y fina, limo y arcilla, en los cuatro rebollares estudiados.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla V.8: Comparación entre años de los parámetros químicos del suelo, en la profundidad 0 - 5cm en los cuatro rebollares estudiados.....</i>	<i>191</i>
<i>Tabla V.9: Relación de especies elegidas en el estudio detallado y sus clases de abundancia.</i>	<i>194</i>
<i>Tabla V.10: Abreviaturas utilizadas para las variables ambientales no representadas por símbolo químico y estados considerados.</i>	<i>194</i>
<i>Tabla V.11: Jerarquía de los estados de las variables según su participación en cada uno de los ejes.</i>	<i>195</i>
<i>Tabla V.12: Biomasa herbácea entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas en primavera y otoño para los cuatro rebollares.....</i>	<i>204</i>
<i>Tabla V.13: Importancia de las diferentes formas de vida que componen las comunidades de sotobosque.</i>	<i>216</i>
<i>Tabla V.14: Resultados de GLM para las variables plantas anuales, perennes y su relación en parcelas con y sin pastoreo.....</i>	<i>217</i>

Introducción General

1 Las zonas de montaña: sus opciones productivas

En las áreas de montaña mediterráneas las alternativas productivas fueron y aún siendo muy escasas, debido a las limitaciones abióticas. Las bajas temperaturas invernales asociadas a la fuerte radiación y sequía estival, restringen la actividad agrícola de mayor rentabilidad; si a ello sumamos la reducida calidad de los suelos y el fuerte aislamiento a que ellas siempre han estado sometidas, resulta claro que las dificultades siempre han estado presentes. Sin embargo, a lo largo de los tiempos, las comunidades rurales de montaña han llegado a formas de explotación agraria muy equilibradas y respetuosas con las posibilidades que el medio ofrece. Imitando, en muchas ocasiones, lo que ocurría en la naturaleza, las poblaciones humanas han sabido sacar partido a un territorio de recursos naturales frágiles, eligiendo formas de gestión comunitaria y propiciando producciones de fácil almacenamiento.

Gómez Sal (1988) resalta que las culturas agrarias tradicionales han funcionado con un sentido ecológico y adaptado a las características concretas del medio. A su juicio, el rasgo más definitorio en la agricultura a la que llamamos tradicional, es probablemente, la conciencia que existía sobre las limitaciones y sobre la existencia de un capital que no se podía malgastar. Asimismo, Díaz - Pineda (1993), se refiere al mundo mediterráneo como paradigma de culturas que han optimizado la producción agraria, a la vez que conservaron una alta diversidad de plantas, animales y paisajes, haciendo posible la persistencia de especies emblemáticas y espacios naturales montaraces. En definitiva, estas culturas fueron hábiles en desarrollar sistemas de usos compatibles con la idea moderna de desarrollo sostenible.

La gran complejidad de los sistemas de uso de los recursos en estas regiones no fue comprendida durante mucho tiempo, y la aplicación de las políticas agrarias dictadas a distancia ha provocado desequilibrios siempre difíciles de superar. Aquellas actuaciones

foráneas que no respeten los sistemas naturales o la voluntad de las poblaciones rurales, llevarán al sistema a una situación carente de control humano sensato y fuertes desequilibrios naturales y sociales. Entre estas situaciones sobresalen el estímulo oficial dirigido al incremento de la producción cerealista en ambientes de limitados recursos edáficos y en el caso del Estado Portugués la política coercitiva de repoblaciones forestales de las propiedades comunales – *baldíos* –, abundantes en las regiones de montaña. Las repoblaciones obligaron a la emigración de pueblos enteros. Más tarde, con la integración de Portugal a la Unión Europea, la tendencia a la aplicación de políticas desconectadas se incrementa. Portugal en dicha época no disponía de capacidad técnica para buscar soluciones para la montaña, por lo que se importaron soluciones extrañas no enmarcadas en el sistema de aprovechamiento de los recursos autóctonos. Con los años, los modelos importados (razas foráneas, sustitución del bovino de carne por lechero, utilización de semillas selectas, repoblaciones forestales desordenadas e insostenibles) fracasaron, siendo abandonados mientras los sistemas tradicionales mermaban o retrocedían, sin ningún tipo de actualización.

Las comunidades rurales han tenido siempre reglas muy claras sobre el uso del espacio. En un contexto de escasos recursos, el respeto a las mismas era absolutamente necesario; como ejemplo de ellas citamos los caminos por donde circulaba el ganado, la cultura del cereal en hojas de año y vez, el trabajo comunitario, la custodia comunal del ganado, etc. Con la depauperación y el despoblamiento de las sociedades rurales tales condiciones se alteraron profundamente. Por otro lado, la ausencia de políticas agrarias consistentes agravó la problemática de la ordenación del territorio, incrementando las dificultades para las actividades productivas que aún persisten, como por ejemplo, la ganadería extensiva.

Para que algunos de estos sistemas de uso tradicional de los recursos puedan mantenerse en la regiones de montaña, es necesaria la intervención directa del poder central, con una actuación profunda para restaurar la organización agraria del territorio, recreando mecanismos de coordinación de las diversas actividades en los pueblos, y las políticas de incentivos dirigidas a la viabilidad social, incluso antes de incidir al nivel

productivo. Las soluciones tendrían que ser buscadas en la propia montaña, con equilibrios entre el conocimiento secular que está en el origen de las prácticas agrarias tradicionales, y los conocimientos modernos que constituyen la base de la ecología de los sistemas agrarios. La compatibilidad entre la conservación de la naturaleza y la mejora de las condiciones de vida de la población local, sólo puede ser alcanzada con la creación de “gabinetes de gestión del desarrollo”; que tendrían como misión principal la evaluación, el ajuste y la regulación de las actuaciones así como recoger, asesorar y promover iniciativas, procurando la máxima información y participación de las poblaciones rurales (Gómez Sal, 1994).

1.1 *Matriz agraria tradicional*

La capacidad de acogida de cada región para la población humana dependió desde siempre de la coincidencia espacial del conjunto de circunstancias que hiciese posible implantar los diferentes usos del suelo necesarios a la supervivencia humana. De entre estos, destacan como componentes más importantes del paisaje de la montaña del nordeste de Portugal, la vega, el pasto, el campo y el monte. La vega se dedica a la producción de bienes alimentarios de alta calidad y debido a las particularidades de su cultivo se localiza junto al caserío, estando genéricamente excluida para la ganadería. El pasto fue un espacio reservado a la alimentación del ganado de trabajo y más tarde lechero, constituyendo un elemento esencial para distinguir socialmente los labradores. Incluso en la actualidad, con las transformaciones operadas en el medio rural, es una zona preferencial de uso para los ovinos, tanto en pastoreo directo como indirecto, a través de la cosecha de heno que permite su alimentación durante el invierno. A pesar de las transformaciones socio-económicas, sigue siendo un espacio de uso individual (privado) y muchas veces representa una fuente de insumos adicional mediante su alquiler a vecinos que no disponen de tierras.

El campo (tierras de labor), siempre estuvo dedicado en su mayor parte a la producción de cereales (principalmente centeno), generalmente integrados en rotaciones con cultivos más exigentes (nabo, patata, maíz, leguminosas) o en las situaciones más desfavorables simplemente con un año de barbecho. En los terrenos de mayor pendiente se encuentran los cultivos leñosos, entre los cuales el castaño es el que asume mayor relevancia en esta región. En estas zonas, es costumbre el cultivo de algunas forrajeras tanto para corte

como para aprovechamiento directo. A lo largo de la historia fueron siempre espacios muy asociados a los ovinos. En la actualidad, el interés en la producción del cereal casi se limita únicamente a la paja debido al reducido valor del grano. Tiene lugar por otra parte el incremento de las producciones perennes y el de las forrajeras, para ovinos principalmente. En los periodos en los que no se siembra, estos terrenos corresponden a espacios de pastoreo moderado, con tendencia a la libre circulación de los ovinos y restricciones más o menos severas en el caso de los caprinos.

El monte (monte bajo o matorrales, bosques autóctonos y florestas derivadas de repoblaciones) generalmente de propiedad y usufructo comunal, fue sinónimo de un espacio intensamente utilizado, en tiempos anteriores. De él, se recogían todos los productos que servían de base a los cultivos producidos en el campo y vega, los combustibles, las maderas, y se alimentaban los animales menos exigentes. En el caso de las familias más necesitadas, incluso la comunidad de vecinos les permitía el cultivo en algunas de zonas del monte. Tradicionalmente siempre fue espacio de libre tránsito de ganados hasta al momento en que empezaron las repoblaciones forestales.

1.2 Relevancia de la ganadería extensiva

La ganadería extensiva es una actividad profundamente enraizada en la cultura montañesa. En el pasado desempeñó un papel destacado en su economía, y en nuestra opinión, sigue teniendo una relevancia extraordinaria en estas regiones marginales. Desde el punto de vista social, la ganadería extensiva sigue siendo la única forma rentable de explotar una parte muy significativa del territorio de montaña (Galaty & Johnson, 1990; Fillat *et al.*, 1995). Por otra parte, crea producciones de fácil comercialización por su alta calidad y se ve favorecida por la creciente demanda de productos certificados y orgánicos por parte de los consumidores (Garzón, 1996).

Varios autores señalan la importancia de la ganadería extensiva, en la conservación de numerosas especies, estructuras y procesos ecológicos, en la preservación del patrimonio cultural, en el freno del despoblamiento de las zonas rurales, y en la conservación de las razas autóctonas (Campos Palacin, 1996; Díaz Pineda, 1996; Gómez Sal & Rodríguez Merino,

1996; Rebollo, 1996). Es una actividad de producción singular que se basa en la interacción entre el hombre, el rebaño y el territorio, constituyendo una actividad insustituible para valorizar y gestionar el espacio rural. El pastor, con su sabiduría ancestral y mediante una conducta adecuada de su rebaño, consigue la transformación de recursos espontáneos, en bienes alimentarios de elevada calidad. Por otra parte, el pastor interactúa directamente con el territorio en el sentido de favorecer el flujo de nutrientes, el transporte de semillas, el rebrote de las leñosas y puede tener un papel adicional de vigilante de la naturaleza.

Tal y como acabamos de exponer, la ganadería extensiva no debe ser entendida como un medio de supervivencia o una actividad menor, sino más bien ser apoyada mediante programas de investigación y desarrollo aplicados, que permitan su modernización, y alcanzar en nuestro siglo el estatuto de actividad de relevancia económica, social y ecológica.

1.3 Los rebollares como sistemas silvopastorales

Los bosques de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) son generalmente definidos como sistemas forestales de uso múltiple, no teniendo una vocación forestal clásica sino funcionando más bien como portadores de bienes y servicios. Durante mucho tiempo, este tipo de ecosistemas humanizados tuvieron una función destacada en la economía de las poblaciones del Mediterráneo, aportando leña, carbón, materiales para tonelería y constituyendo amplios espacios de apacentamiento del ganado, principalmente del ovino (Debussche *et al.*, 2001). Otra no menos importante función, está relacionada con la fertilidad de los campos. Muchos de los estiércoles se obtenían mediante la recogida de matas, hojarasca y otros detritos en los bosques y matorrales, que en un primer momento servían como cama a los animales, y posteriormente eran incorporados al suelo de los diversos cultivos.

El rebollo o melojo es una especie asociada al ambiente de transición entre bosques templados de caducifolias (Europa Central y Atlántica) y las formaciones vegetales mediterráneas adaptadas a los veranos calientes y secos. Su área de distribución natural corresponde al sudoeste de la Europa (Santa Regina, 2000). Según Calvo *et al.* (2003), esta

especie es una de las más características y abundantes de la Península Ibérica, ocupando cerca de 600 000 ha en España, encontrándose las mayores extensiones cubiertas por ella en la provincia de León (Santa Regina, 2000; Calvo *et al.*, 2003). En Portugal, se estima que ocupe cerca de 62 000 ha (Goes, 1991 citado por Carvalho, 1995), ampliamente distribuida por el interior norte del País y particularmente abundante en las sierras interiores de la provincia de Trás-os-Montes.

De acuerdo con la terminología presentada por Nair (1989 citado por Guitton, 1994), todos los sistemas de utilización del territorio que asocian sobre la misma superficie árboles u otros vegetales leñosos perennes y producciones animales y/o vegetales, deben de ser considerados sistemas agroforestales. En el enfoque agroforestal los árboles son valorizados por sus producciones (madera, forraje, alimentación humana, medicinas) o sus servicios (manutención de la fertilidad del suelo y protección frente a la erosión, amortiguación de las variables meteorológicas, aumento de la diversidad biológica, etc. (Torquebiau, 2000).

Los sistemas silvopastorales serían aquellos en que se verifica la coincidencia de los árboles y/o arbustos, un estrato herbáceo y herbívoros pastadores, principalmente domésticos. El principio fundamental de estos sistemas radica en el beneficio mutuo entre los elementos que los componen (Buttoud, 1994). En este sentido, los sistemas que acabamos de describir deben ser considerados silvopastorales, porque los árboles se benefician del efecto de fertilización aportado por los animales.

Los sistemas silvopastorales más estudiados en la Península Ibérica son sin duda las dehesas (*montados* en Portugués) de quercíneas, características del centro y oeste peninsular debido a su relevancia económica y ecológica. De acuerdo con Jofre *et al.* (1991), la dehesa puede definirse como un tipo de vegetación formado por un estrato herbáceo (pastizal o cereal) más o menos continuo, punteado por quercíneas (alcornoque o encina) en baja densidad (40 a 50 árboles por ha). En el origen de estas formaciones está probablemente el aclareo del bosque por parte del hombre, acompañado de una selección de las estirpes arbóreas más productoras de frutos, proceso que González Bernáldez (1995) definió como “frutalización del bosque mediterráneo”. En España es frecuente el surgimiento de dehesas

formadas por otras quercíneas como el *Quercus pyrenaica* y el *Quercus faginea* (López-Pintor, 2001); fenómeno que no ocurre en Portugal.

Sin embargo, otros sistemas silvopastorales muy interesantes proliferan en la Península Ibérica aunque no hayan sido estudiados en cuanto tales. De entre ellos destacan en Trás-os-Montes, los pomares de castaños (conocidos como *soutos* al igual que en Galicia y León), asociados a ovinos, y los bosques de rebollo, las *touças*, asociados a pequeños rumiantes domésticos (ovinos y caprinos). Los *soutos* consisten en una formación herbácea blanda cubierta por castaños en densidades de la orden de los 100 árboles por hectárea. Los ovinos aprovechan los recursos herbáceos durante la primavera y las castañas que quedan en el terreno tras una primera cosecha comercial, al mismo tiempo que los árboles se benefician del aporte de fertilización. Entre las operaciones culturales asociadas a estos sistemas se encuentran dos roturaciones profundas cada año, que recientemente se han relacionado con la propagación de las enfermedades del castaño. El mantenimiento por parte de los animales de estos espacios podría de alguna manera facilitar la incorporación de la materia orgánica (hojarasca) mediante el pisoteo, reduciendo las necesidades de roturaciones, y con ello, disminuir su susceptibilidad a las enfermedades.

Los rebollares poseen una estructura muy diversa en función de su edad, régimen de explotación y utilización. Los más frecuentes están formados por tres estratos, el arbóreo, el arbustivo (compuesto por su propia regeneración y por otras especies donde abundan *Cytisus* spp., *Erica* spp. y *Genista* spp., y menos frecuentemente *Cistus* spp.), y el herbáceo. La densidad arbórea aumenta considerablemente, con relación a lo verificado en los *soutos*, rondando los 1000 árboles por hectárea. Son también frecuentes los rebollares jóvenes de estructura arbustiva dominante, teniendo un papel destacado en la alimentación del ganado caprino. Una vez que el aprovechamiento dominante de los rebollares se basa en la extracción de leñas, el pastoreo de estos espacios no causa ningún daño a los árboles; por el contrario, el beneficio es recíproco. Los animales aportan nutrientes en forma de deyecciones, al mismo tiempo que aprovechan los recursos herbáceos y arbustivos durante gran parte del año, consumiendo la bellota al final del verano y beneficiándose de la sombra durante el período estival.

La argumentación tradicional de los técnicos forestales en contra de la entrada del ganado a los bosques, está relacionada con la regeneración de las plántulas de los árboles y con los daños que los animales, principalmente los caprinos, provocan a los árboles adultos (lesiones del tronco). En cuanto a la persistencia del sistema, es un argumento que no merece ser considerado en el caso de los *soutos* porque son roturados una a dos veces al año, y en el caso de los rebollares por su abundante regeneración, tanto seminal como vegetativa, pudiendo la herbivoría favorecer la limpieza del propio bosque. En cuanto al segundo argumento, en ambos sistemas comentados, el producto forestal analizado no es la madera sino el fruto o la leña, no verificándose, por lo tanto, los daños apuntados.

De acuerdo con los presupuestos que acabamos de exponer los bosques de rebollo deben de ser considerados sistemas silvopastorales, porque estamos frente a una componente leñosa perenne y una producción animal asociada (caprina u ovina). La condición de beneficio recíproco propia del carácter de estos sistemas también está garantizada por la restitución de nutrientes y, en una perspectiva de conservación, también por los cambios favorables que el pastoreo induce en la estructura del sotobosque.

2 Justificación y objetivos

2.1 Estudios previos

El esfuerzo de investigación en Portugal y más concretamente en Trás-os-Montes raramente se ha concentrado en los sistemas tradicionales de uso de recursos, en cuanto a tales sistemas. Sin embargo, cabe destacar los trabajos de enfoque socio-económico (Barbosa, 1993; Barbosa & Portela, 2000), y agronómico (Azevedo, 1985a; b), dedicados a los sistemas tradicionales de pequeños rumiantes, todos ellos tratando exclusivamente de los ovinos. Los estudios relativos a aspectos particulares de la producción ganadera de las razas que están en el origen de estos sistemas de aprovechamiento de recursos son sin embargo abundantes (Teixeira, 1991; Azevedo, 1994; Teixeira *et al.*, 1996; Matos, 2002).

Por otro lado, los rebollares en tanto que sistemas silvopastorales no fueron objeto de investigación, hasta que se reconoció su interés para la ganadería. Cabe destacar los trabajos originales sobre el valor forrajero de sus hojas (Tiago, 1987; Meca, 1990; Ammar *et al.*, 2004) y su consumo mediante la realización de ensayos de pastoreo (Rego *et al.*, 1990); si bien la reciprocidad del beneficio no fue aún admitida.

La selvicultura de la especie fue estudiada desde la perspectiva de su capacidad forestal (Carvalho, 1995; Carvalho & Parresol, 2003) y los rebollares en tanto que sistemas forestales fueron estudiados en los años 80 por el grupo de trabajo sobre control de incendios de la Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro (Vila Real, Portugal), y en especial sobre los aspectos que se relacionan con los efectos del fuego en ellos. Varios autores españoles han estudiado esta especie en relación a aspectos edáficos (Gallardo *et al.*, 1996; Santa Regina, 2000), fisiológicos (Aranda *et al.*, 1996; Aranda *et al.*, 2002) y su respuesta al fuego (Calvo *et al.*, 2002; Calvo *et al.*, 2003).

Por otra parte, la interacción entre los rebaños y los recursos pastables no ha sido hasta hoy objeto de investigación en Trás-os-Montes, y a pesar de la gran producción científica de las últimas dos décadas en torno a la interacción vegetación – herbívoro, en países de raíz cultural y ambiental semejante al nuestro, los estudios se han centrado en ecosistemas o condiciones ambientales y / o sociales distintas. En España, la investigación sobre pastoreo se refiere principalmente a ecosistemas de pastizal de montaña (Fillat *et al.*, 1991; Bartolome, 1993; Rebollo, 1996; Aldezabal, 1997; Rebollo & Gómez Sal, 1998), o en comunidades de pasto asociadas a las dehesas (De Miguel *et al.*, 1986; Pineda *et al.*, 1987; De Miguel, 1989; De Miguel *et al.*, 1991); en Francia (Lecrivain *et al.*, 1990; Léouffre, 1991; Etienne *et al.*, 1996; Meuret, 1996) y Grecia (Papachristou *et al.*, 1999; Papanastasis & Nefzaoui, 2000) a ecosistemas de matorral y bosque pero marcadamente más mediterráneos que los nuestros y en contextos sociales también distintos. Recientemente Debussche *et al.* (2001) han estudiado el efecto de la exclusión de pastoreo en las comunidades vegetales de sotobosque de *Quercus pubescens*, una especie con afinidades con el rebollo.

2.2 La ganadería extensiva en Trás-os-Montes en las últimas décadas

El interés de la elección de la *Terra Fria Transmontana*, en Trás-os-Montes – Portugal, como área de estudio radica en la conjugación de factores de orden natural, social y productiva. Es una región homogénea que conserva valores naturales relevantes, donde los rebollares son muy abundantes y presenta a la vez un sistema de pastoreo peculiar y sostenible. Tradicionalmente en Trás-os-Montes se distinguen dos territorios homogéneos desde el punto de vista geomorfológico, macro climático y agrario (Gonçalves, 1990): la *Terra Fria* y la *Terra Quente*. La *Terra Fria* se trata de un paisaje de montaña cuyos principales componentes son los rebollares, los prados de siega o *lameiros* en las zonas de acumulación, los pomares de castaño y la ganadería extensiva. La *Terra Quente*, está asociada a las partes de tipo más mediterráneo, donde destacan alcornoques y encinares, y sus rasgos productivos con sus áreas cerealistas, olivares, y aún también la ganadería extensiva de pequeños rumiantes.

El rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) es una especie de gran relevancia en la región por la extensión de sus bosques y su importancia en la economía de las explotaciones agrarias (producción de leña). Los rebollares representan el 40 % del área forestada de los concejos de Bragança y Vinhais, coincidentes grosso modo con la región de la *Terra Fria Transmontana*, lo que atesta la importancia de este patrimonio natural. Concretamente en la *Serra da Nogueira*, se sitúa la mayor extensión continua de esta especie en Portugal, aguardando integración en la red de espacios protegidos portugueses, concretamente en el Parque Natural de Montesinho.

El sistema de pastoreo objeto de estudio en esta memoria, de escasa representatividad en la actualidad a la escala Europea, merece desde nuestro punto de vista un esfuerzo de conservación como sistema vivo de explotación de recursos. Sin embargo, la política Europea de incentivos a la conservación, (a las razas autóctonas por ejemplo), no ha sido capaz de promover su desarrollo.

En Portugal, y concretamente en la región de estudio, se trata de un sector en crisis necesitado de intervenciones profundas para mantenerse, sobre todo en lo referente a caprinos. En ese sentido, es importante el aporte de conocimientos como medio de mejorar el propio sistema, pero también como aporte de factores clave para su conservación.

Finalmente, la importancia económica de la ganadería extensiva en la región merece también un esfuerzo de investigación enfocado a la comprensión del sistema global de explotación de recursos de la agricultura tradicional. Sólo así se conseguirá que la investigación relacionada con la mejora de sus aspectos productivos lo tenga en cuenta como un sistema integrado de gran complejidad. La evolución de los efectivos, y explotaciones de ovinos y caprinos, facilita la percepción de su interés económico.

La evolución del total de ovinos y caprinos, y de sus explotaciones, en el último medio siglo, remarca la fuerte disminución del número de explotaciones de caprinos en el distrito de Bragança, que reúne un total de 12 municipios, y en la *Terra Fría Transmontana*, municipios de Bragança y Vinhais, pasando respectivamente de 2937 a 869, y de 1560 a 317, en el último medio siglo (figura 1.1). Sin embargo, el número de animales no ha cambiado tanto en ese mismo periodo (en el distrito de Bragança pasa de 34628 a 30901, y en la *Terra Fría Transmontana* pasa de 13595 a 7499), revelando la especialización de su actividad productiva. Por otro lado, es interesante la tendencia coincidente en cuanto a explotaciones y número de animales en el Bragança y en la *Terra Fría*.

El número de explotaciones de ovinos sufrió también fuerte retroceso en los años 60 y 70, de 3498 a 2437 en Bragança, y de 1334 a 744 en *Terra Fría*, pero ha recuperado desde los años ochenta, alcanzando las 2437 en Bragança y las 744 en *Terra Fría*, una consecuencia directa de las nuevas políticas agrícolas derivadas de la adhesión de Portugal a la Unión Europea. El número de animales acompaña esa misma tendencia, con el número de cabezas bajando de 278962 a 156415 en Bragança y de 69154 a 40170 en *Terra Fría* en las décadas de 60 y 70, y aumentando a partir de los años 80 hasta las 230944 cabezas en Bragança y 67831 en *Terra Fría* (último censo).

El reducido número de explotaciones caprinas, la mayoría de la raza Serrana (raza autóctona y explotada en la región), raramente superan los 150 animales, lo que en asociación, no posibilita un correcto circuito de recogida y comercialización de la leche. En ausencia de inversiones en estructuras, como las ordeñadoras mecánicas, los efectivos de cada rebaño no pueden ser aumentados, atendiendo a la gran cantidad de trabajo requerida de los ganaderos durante la temporada de recogida de la leche. Por otro lado, la actual fuerte inestabilidad sentida en la actividad agraria tampoco facilita el surgimiento de nuevos recursos productivos (queserías tradicionales), que podrían funcionar como vectores de desarrollo de los primeros, permitiendo las inversiones necesarias para el aumento de los efectivos y/o la instalación de nuevos ganaderos. Por otro lado, la raza Serrana no recibe apoyos específicos debido a que su efectivo es aún suficientemente grande y no se considera como raza autóctona amenazada. Lo contrario sucede con las razas de ovinos de los rebaños en estudio (*Churra Galega Bragançana* y *Mondegueira*), sí consideradas como razas amenazadas.

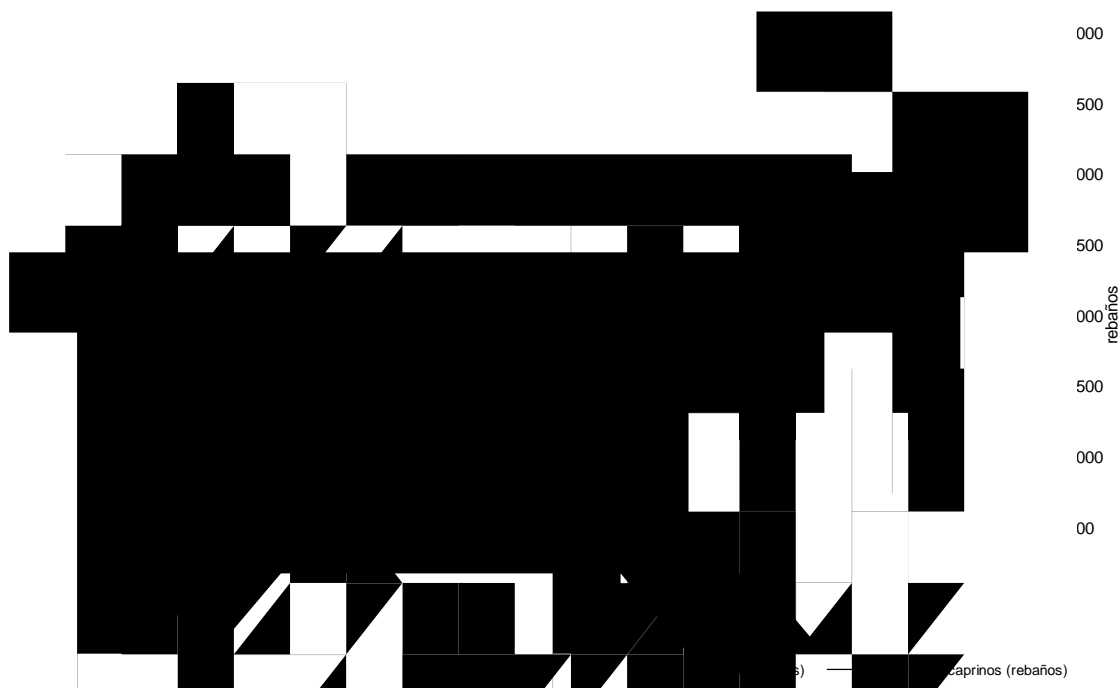


Figura 1.1: Evolución de los rebaños y cabezas caprinas y ovinas en el distrito de Bragança y municipios de *Terra Fria Transmontana*.

Teniendo en cuenta lo anterior y a nuestro juicio, los datos demuestran políticas desajustadas que contrarían sus objetivos iniciales. El hecho de que la raza caprina Serrana no esté amenazada en su número, no garantiza la estabilidad y supervivencia de su sistema

de explotación, basado en pastoreo itinerante en el caso particular de la *Terra Fria Transmontana*, mientras las razas ovinas consideradas amenazadas (Galega Bragançana y Mondegueira) son en la actualidad el factor de desarrollo de la ganadería extensiva de ovinos.

2.3 Objetivos generales

Esta memoria está centrada en un sistema silvopastoral singular que comporta la ganadería extensiva de pequeños rumiantes y la extracción de leña en los rebollares, dos de las actividades más tradicionales, productivas y relevantes en la *Terra Fria Transmontana* (Nordeste de Portugal) como acabamos de exponer.

De Miguel (1999) resalta que el reto de la conservación de la naturaleza de grande parte del territorio de la Península Ibérica radica, debido a sus peculiaridades, en unos sistemas de usos que sustentan importantes valores naturales a la vez que tramas productivas que deben ser rentables económicamente. El marco teórico sobre el que se desarrolla esta memoria incorpora precisamente en ese enfoque.

El presente trabajo estudia la interacción vegetación-pequeños rumiantes en sistemas silvopastorales basados en *Quercus pyrenaica* desde el punto de vista agroecológico, recogiendo los aspectos relacionados con el funcionamiento de los sistemas de pastoreo dirigido de herbívoros apacentados por el pastor, y con el efecto del pastoreo en el sotobosque de rebollo. Se centra, por un lado, en la estrategia de uso del territorio desarrollada por los pequeños rumiantes domésticos (ovinos y caprinos) bajo la influencia del pastor, analizando diversos aspectos de su comportamiento como son: el tiempo dedicado a las distintas actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos, la selección de la dieta, la organización de los recorridos diarios de pastoreo, y su relación con el uso de los recursos. Por otra parte, se estudia el valor de los recursos leñosos más abundantes en los rebollares y el efecto del pastoreo en la estructura del sotobosque de los rebollares.

Por lo tanto, el interés del estudio de estos sistemas radica en su utilidad desde el punto de vista silvopastoral, así como por abordar paisajes agrarios valiosos, de interés para la conservación de la naturaleza, principalmente de cara a las razas autóctonas con formas singulares de pastoreo, y bosques que poseen alto valor natural. La explotación de los bosques desde el punto de vista ganadero y forestal permite viabilizar la conservación de la diversidad, tanto biológica como del paisaje, por el uso sostenible de sus recursos.

Como señala Gómez Sal (1994), es imposible mantener un tipo valioso de paisaje cuando se desmoronan y desaparecen los usos que le dan sentido. En esta línea, se pretende contribuir para mejorar el conocimiento del funcionamiento de los sistemas silvopastorales basados en *Quercus pyrenaica* de la región de la *Terra Fria Transmontana*, presuponiendo que su desarrollo y valorización contribuirán naturalmente en su conservación.

Como objetivos concretos nos proponemos los siguientes:

- Analizar el funcionamiento de los sistemas de pastoreo dirigido – herbívoros apacentados por el pastor -, e identificar los principales rasgos distintivos entre los sistemas de ovinos y de caprinos.
- Determinar el efecto del pastoreo en la estructura del sotobosque de rebollo, a una escala temporal corta.
- Integrar la información disponible emanada de los dos primeros objetivos en un enfoque conceptual que respalde el cambio de percepción desde una consideración meramente forestal de los rebollares a una visión silvopastoral y desde “poco productivos a sustancialmente productivos”, una vez que se incorpora la valoración de sus efectos derivados (externalidades de carácter ecológico, funcional, etc).

2.4 Estructura de la memoria

La organización de esta Memoria, que pasamos a detallar, se esquematiza en la figura 1.2. Como puede apreciarse consta de los capítulos de introducción y conclusiones, de carácter general, y de cuatro capítulos principales, los cuales han sido estructurados de forma que puedan ser leídos independientemente, con apartados inherentes a cada uno de ellos. A continuación se ofrece una breve explicación de cada uno de los capítulos desarrollados.

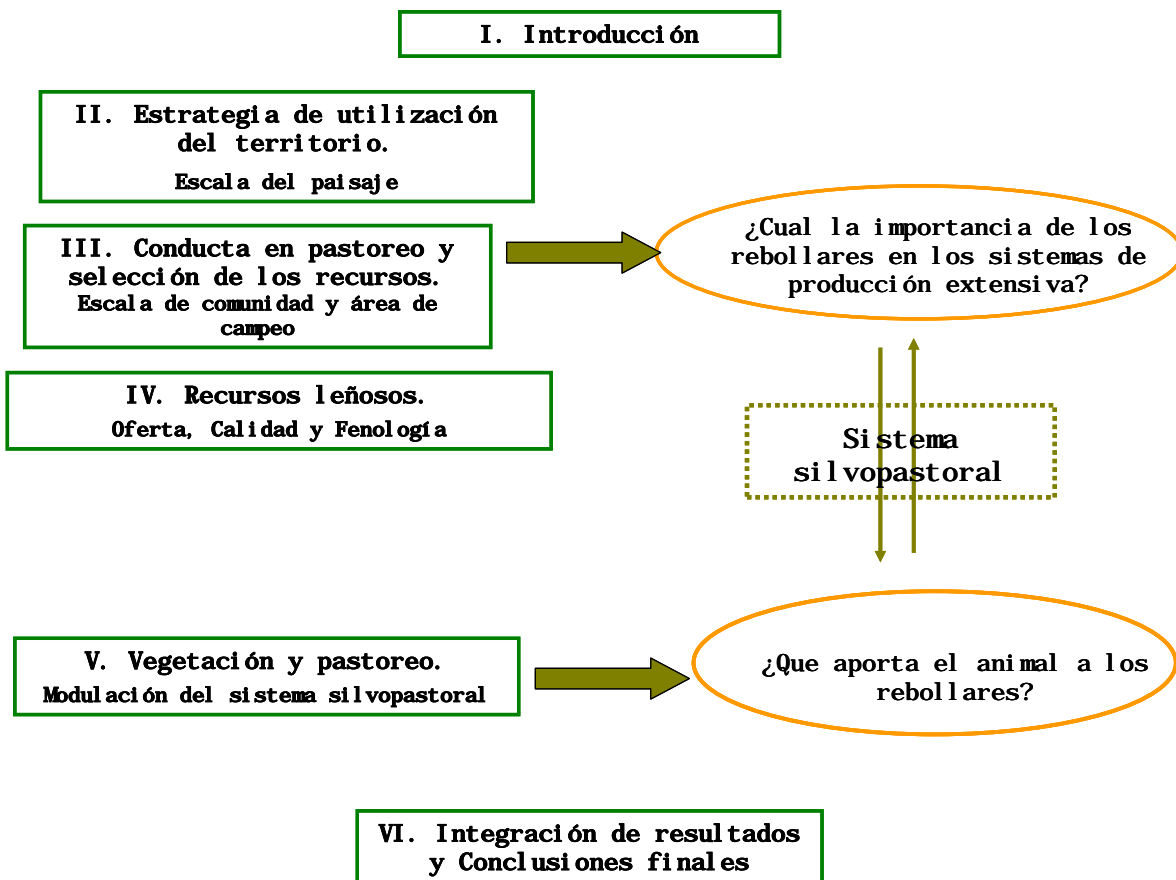


Figura 1.2: Esquema de la estructura de esta memoria y su relación con los objetivos generales de la misma.

Capítulo I. En este primer capítulo, se ha realizado una introducción general a la presente Memoria, explicando el contexto en el que se incluye, su estructura y los objetivos generales abordados. Por otro lado, se describe el área de estudio en sentido amplio, las parcelas experimentales y la evolución de los efectivos en el área de estudio. Se ofrece, por lo tanto, una visión global del tema a desarrollar en la tesis, resaltando el por qué de su importancia.

Capítulo II. En segundo lugar, se ha abordado la estrategia de utilización del territorio a escala del paisaje por parte del rebaño dirigido. Se analiza la organización de los recorridos de pastoreo, identificando los rasgos principales de variación a lo largo del año y entre ovinos y caprinos. Se ofrece una analogía entre los sistemas de libre pastoreo y pastoreo dirigido. Finalmente se aprecia la forma como ovinos y caprinos usan las diferentes clases de parcelas en el territorio—la funcionalidad que cada uno de ellos tiene para cada tipo de rebaño y la diferenciación entre territorio disponible y utilizado.

Capítulo III. En tercer lugar, se ha abordado la estrategia de pastoreo a la escala de la comunidad vegetal donde tiene lugar el pastoreo, los tipos de bosques y pastos incluidos en el recorrido, equiparable por tanto al área de campeo de los herbívoros. Se estudia la variación anual de los regímenes alimentarios, se compara la diversidad de la oferta forrajera mensual con la de las dietas y se analizan los patrones de preferencia de ovinos y caprinos. Por otro lado, se estudia la variación de la conducta de pastoreo y de los patrones de ritmos de actividad diaria.

Capítulo IV. En cuarto lugar, se ha tratado el tema de la calidad nutritiva de los recursos leñosos aportados por los rebollares. La evolución de la calidad fue relacionada con los principales rasgos de variación fenológica de las especies en estudio. A su vez, se ofrecen unos índices de calidad relativa que permiten favorecer el consumo de las especies en el período más adecuado.

Capítulo V. En quinto lugar, se ha estudiado la estructura de las comunidades del sotobosque, así como los principales factores que les influyen. Se estudia el comportamiento ecológico de las especies vegetales más frecuentes y la variación de las condiciones edáficas. Uno de los objetivos más importantes de este capítulo radica en el estudio de la influencia del pastoreo en la estructura de las comunidades.

Capítulo VI. Por último, se ha elaborado unas conclusiones generales y una integración de los resultados recogiendo los aspectos más importantes derivados de los

capítulos anteriores, pretendiendo con ello contribuir para el desarrollo y valorización de los sistemas silvopastorales basados en los bosques de *Quercus pyrenaica* y ganadería extensiva.

3 Material y métodos generales

En el estudio pueden distinguirse dos partes, una que se apoya en el seguimiento de los rebaños en la cual no hemos tenido influencia directa y otra de carácter más experimental, para la cual hemos montado un diseño de muestreo controlado, mediante cercados y parcelas de referencia. El trabajo de laboratorio se centra en la composición química de algunos recursos vegetales arbustivos (leguminosas y hojas de roble) y en las características físicas y químicas del suelo.

La selección de los lugares de muestreo y los rebaños a estudiar se realizó en función de dos criterios: abundancia de rebollo y ganadería extensiva, y distribución geográfica de dichos lugares en el área general de trabajo, la denominada *Terra Fria Transmontana*. En el caso de los ovinos las posibilidades de opción fueron numerosas, decidiéndonos por un rebaño de una localidad ubicada en la Sierra de la Nogueira (Rebordainhos), donde el rebollo tiene una amplia representación, en el término municipal de Bragança, y otro en Zido, en el término municipal de Vinhais, que corresponde a una situación más atlántica. En el caso de los caprinos las opciones fueron muy limitadas, hemos elegido uno de Sortes por encontrarse ubicado igualmente en la referida Sierra y uno en Freixedelo, zona más mediterránea donde el rebollo se encuentra más alejado de sus condiciones más favorables. Recoge por tanto la transición mediterráneo-atlántica en la región, reflejada también por la presencia y predominio de una u otra especie ganadera.

El reducido número de las explotaciones caprinas en la región han restringido nuestras opciones, concretamente en el caso de Sortes el rebaño fue haciéndose menos atractivo una vez iniciado el experimento por la reducción del número de cabezas, agravándose mucho este problema durante el rastreo del rebaño debido a brucelosis y no habiendo otros en las cercanías que pudieran sustituirlo. En la situación de Vinhais hubo

necesidad de trabajar con dos rebaños distintos, uno de mayo a noviembre (Zido), y otro de diciembre a mayo (Lagarelhos), ya que el primer ganadero abandonó la actividad, sin que nada lo hiciese suponer en el inicio de los muestreos; sin duda la inestabilidad observada en las explotaciones ganaderas tradicionales es la mayor dificultad que hubo que superar para el estudio de estos sistemas.

Por lo tanto, el trabajo de campo se apoya en el seguimiento de los rebaños, y se realizó sobre el conjunto del territorio de las aldeas a que ellos pertenecían mientras que el de carácter más experimental se desarrolló en parcelas de bosque pertenecientes a cada uno de esos territorios (una mancha forestal por *freguesia* – Freixedelo, Rebordaínhos, Sortes y Zido). Se han estudiado rebaños de caprinos en las aldeas cuyo término está representado en verde (Sortes, 41°42'N 6°49'W 760 m; Freixedelo 41°43'N 6°42'W 682 m) y rebaños de ovinos en las representadas a amarillo (Rebordaínhos (41°40'N 6°52'W 933 m; Lagarelhos, 41°51'N 7°01'W 700 m; Zido, 41°52'N 7°01'W 794 m). El trabajo de laboratorio se desarrolló en los laboratorios de nutrición animal y de suelos de la Escola Superior Agraria del Instituto Politécnico de Bragança. A continuación se describe el área de estudio – *Terra Fria Transmontana* - de una forma general y de forma más detallada cada una de las manchas de los bosques donde se ubican las parcelas experimentales, así como los rebaños que han sido estudiados y el protocolo experimental general.

3.1 Descripción del área de estudio

Las aldeas, tres del municipio de Bragança (Freixedelo, Rebordaínhos, Sortes) y dos del de Vinhais (Zido y Lagarelhos), pertenecen a la antigua provincia de Trás-os-Montes y ambos municipios constituyen la citada región natural de la *Terra Fria Transmontana* (figura 1.3). Se distribuyen en tres realidades ambientales distintas en cuanto a su fisiografía: el páramo, entre 650 y 750 metros de altitud correspondiente a la prolongación de la meseta central ibérica (Freixedelo); el relieve ondulado, inherente a las orografías hercínicas (Zido y Lagarelhos); y la base de pendiente (Sortes y Rebordaínhos) de la Serra de Nogueira. El clima es tipo supramediterráneo subhúmedo, a excepción del carácter mesomediterráneo del valle del río Sabor en la frontera Este del término de la aldea de Freixedelo, y del

carácter húmedo de las cumbres de la Serra de Nogueira en el límite Noroeste del término de la aldea de Rebordainhos (figura 1.4).

Los suelos dominantes son de tipo leptosol, de carácter úmbrico en las zonas boscosas, y derivados de rocas básicas en el caso de Zido; granitos en el caso de Rebordainhos, y esquistos en el caso de Sortes. En esta última localidad, el rebollar en estudio está sobre un aluvión con suelo de tipo fluvisol con carácter dístico órtico, lo que hace suponer tratarse de un antiguo campo de cultivo. Lo mismo ocurre en Freixedelo donde el rebollar experimental asienta sobre un leptosol de carácter dístico órtico, derivado de esquistos o rocas afines.

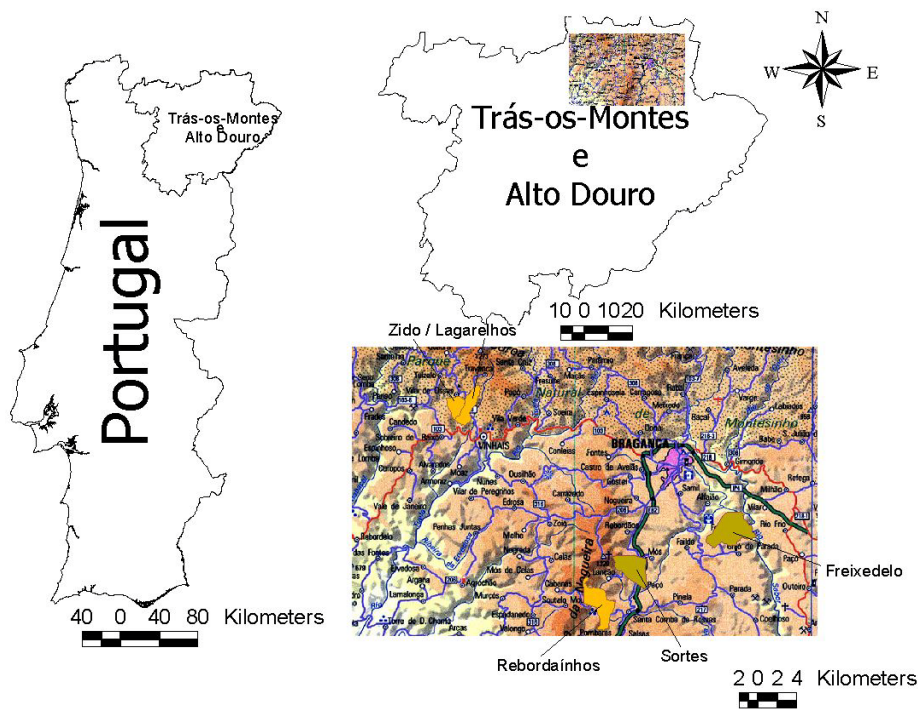


Figura 1.3: Localización de los sitios de estudio en el contexto del territorio continental portugués.

Como rasgos comunes a la dinámica de las áreas de estudio tenemos la disminución de la población, su relación directa con la reducción del área de cereales de secano, el abandono de la alternancia entre secano, barbecho y matorral para la recuperación de la fertilidad que aún ocurría en la década de los 50, las repoblaciones con pinos en la década de los 90, y la gran irregularidad de los efectivos de ovinos y caprinos, seguramente relacionado con circunstancias socio-económicas momentáneas (Rodrigues, 2003). Por otro lado, como particularidades de cada uno de los sitios cabe destacar la importancia de la

agricultura perenne con leñosas: castañares en Zido y Lagarelhos, y olivares en Freixedelo. En Rebordáinhos y Sortes, estos dos cultivos se reparten en proporciones equivalentes, no sobrepasando nunca cada una de ellas las 100 hectáreas.

La disminución de población y del área de cereales de secano parece estabilizarse durante la década de los 70 en la situación de páramo, mientras que en la zona de relieve ondulado su evolución no nos permite prever esa estabilización. La diferencia se atribuye a la mayor aptitud de Freixedelo de cara a la modernización de la agricultura, (situación de páramo), siempre más difícil en un territorio de topografía irregular por su inercia al cambio (Zido y Lagarelhos). Rebordáinhos y Sortes representarán una situación de pendiente, intermedia entre las anteriores.

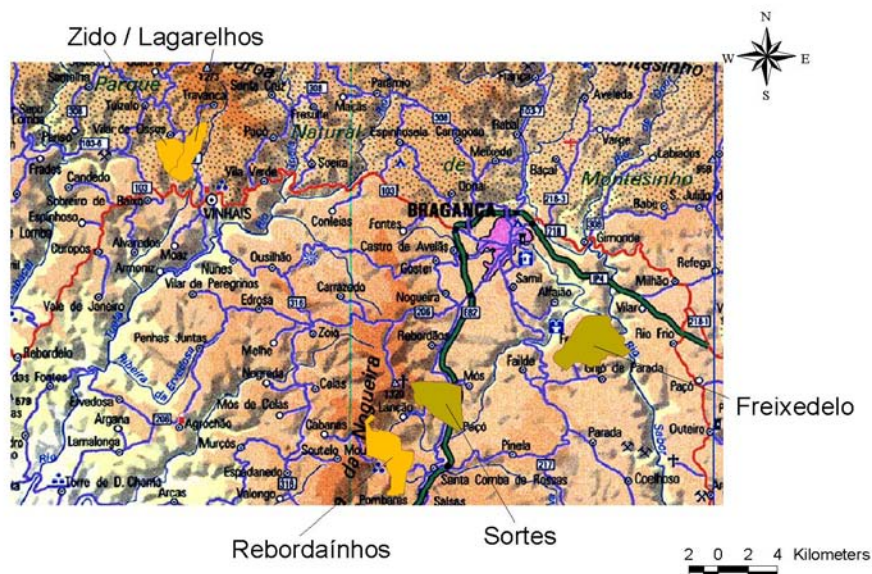


Figura 1.4: Localización y tipo de rebaños de los sitios de estudio en el contexto climático.

Los bosquetes en los cuales se han instalado las parcelas experimentales son propiedad privada y han sido alquilados durante los tres años en que ha transcurrido la investigación, con el fin de garantizar unas condiciones más controladas. La vegetación

arbórea de (*Q. pyrenaica*) presenta densidad de árboles, volumen de madera, y altura y diámetro medio muy semejante en Sortes y Rebordáinhos, en torno a los 1000-1100 árboles y 55-60 m³ de madera por hectárea, y altura de 7-9 metros y diámetros medios de 14-18 centímetros. El rebollar de Freixedelo destaca por su carácter más juvenil, con más árboles y menos volumen de madera, así como alturas y diámetros menores; en oposición, el rebollar estudiado en Zido presenta más madurez, con menos número de árboles, pero de mayor volumen, altura y diámetro.

3.2 Evolución de la ganadería extensiva y descripción de los rebaños

La figura 1.5 ilustra la evolución del total de ovinos y caprinos, y de sus explotaciones, en el último medio siglo para los términos de las cuatro *freguesias* (agrupamientos administrativos que enmarcan las aldeas) a las que pertenecen las aldeas estudiadas: Grijó de Parada (Freixedelo), Vilar de Ossos (Lagarelhos y Zido), Rebordáinhos, y Sortes (Sortes).

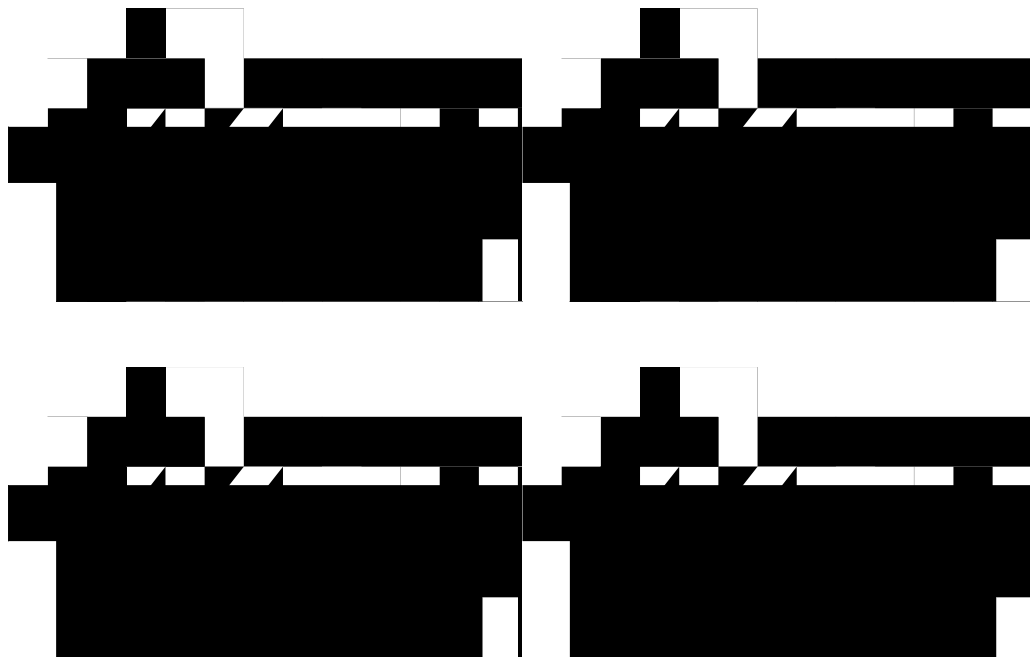


Figura 1.5: Evolución de los rebaños y cabezas caprinas y ovinas en los municipios de las aldeas en estudio.

Son variaciones que tienen que tomarse con precaución puesto que cualquier oscilación de carácter sanitario u opción productiva tiene consecuencias muy pronunciadas por el reducido número de rebaños y explotaciones de cada una de ellas. Aunque la

evolución de los efectivos de Sortes y Rebordáinhos sea similar, se ha producido una disminución en el número de ovinos en la última década para el primero caso, mientras el efectivo sigue su recuperación en Rebordáinhos. En Grijó de Parada, y tras un período de acentuada disminución hasta los años 70, hoy en día los ovinos y los caprinos siguen aumentando, con carácter exponencial en el caso de los ovinos (de 467 ovinos en 79 pasan a 2103 en 1999). Por otro lado, en Vilar de Ossos los caprinos apenas existen mientras los ovinos aumentan también de forma exponencial (de 770 ovinos en 79 pasan a 1755 en 1999).

A pesar de que los efectivos no hayan tenido grandes cambios en el último medio siglo, la abundancia de explotaciones de ovinos y caprinos en los años 50 denota el carácter de subsistencia de la agricultura en este periodo. Los pueblos organizaban rebaños comunitarios guardados en común (veceras comunales) correspondiendo la custodia del rebaño a cada vecino en función del número de animales que poseía cada casa de la aldea. Entre los años 50 y 70, el número de ovinos y el de sus explotaciones sufrieron fuerte disminución sólo contrariada cuando de las nuevas políticas agrarias europeas. Por otro lado, mientras los ovinos primero decaen y posteriormente se recuperan, los caprinos vienen disminuyendo paulatinamente, sin percepción de una inversión de esta tendencia. Así, a la evolución favorable de los ovinos, con su estabilización o aumento, corresponde una evolución descendente de los caprinos. Diversas causas concurren para esta continuada disminución de caprinos, como la dureza del trabajo y la negativa imagen social de estos productores, los "cabreros", sólo posible de modificarse con cambios profundos que logren una situación más favorable sobre todo en las condiciones de trabajo. Como se ha indicado anteriormente se han elegido rebaños de cinco aldeas, tres del municipio de Bragança y dos del de Vinhais, cuyas áreas de campeo (apacentamiento) de sus rebaños incluyen rebollares donde se han instalado los dispositivos experimental correspondientes a los estudios de la vegetación. Los rebaños analizados utilizan animales de razas autóctonas para producción de carne, de los cuales son vendidos los corderos y cabritos a los 3-4 meses. Se trata de los ovinos de la raza *Churra Galega Bragançana*, cuyo solar corresponde exactamente a nuestra región de estudio - *Terra Fría Transmontana* -, de los ovinos de la raza *Mondegueira*, raza cuyo solar se localiza en la región de Beira Interior al sur de Trás-os-Montes, en la cual se enmarca el macizo de la Serra da Estrela, y de los caprinos de la raza Serrana, ampliamente

distribuida en todo el norte de Portugal. En 2000, el efectivo ovino de la *Churra Galega Bragançana* estaba constituido por cerca de 9000 animales inscritos en su libro genealógico, y pertenecientes a 80 criadores. Por las mismas fechas, los caprinos de la raza *Serrana* tenían cerca de 23000 animales inscritos en su libro genealógico, y pertenecientes a 325 explotaciones. La raza *Mondegueira* es de aptitud lechera, y tenía inscrito en su libro genealógico 5146 animales en el año de 1999, pertenecientes a 73 ganaderos. Sin embargo en el caso del rebaño seguido, pese a su vocación lechera, sólo se utiliza para la alimentación de los corderos, logrando un engorde más temprano.

El número de animales en cada rebaño varió a lo largo del año, con una media entre 100 y 150 animales. En el caso de Lagarelhos (ovinos de la raza *Churra Galega Bragançana*), el número de animales se mantuvo constante (110) durante el período de seguimiento mientras que el de Zido osciló entre 110 y 157 animales (ovinos de la raza *Churra Galega Bragançana*). El rebaño de Rebordaínhos (ovinos de la raza *Mondegueira*) es de mayor dimensión, entre 180 a 210. El número de caprinos de la raza *Serrana* del rebaño de Freixedelo osciló entre 120 y 140. En el caso de Sortes, el rebaño es más pequeño y formado por un conjunto de animales de identidad racial muy indefinida. Durante el transcurso de los trabajos de muestreo, su número osciló mucho, desde las 75 hembras adultas cuando instalamos el dispositivo, hasta las 25 hembras en el periodo en el que se eliminaron animales debido a la detección de brucelosis.

3.3 Protocolo experimental. Diseño de los muestreos.

El estudio del uso del territorio por los pequeños rumiantes fue diseñado mediante el seguimiento de los recorridos de pastoreo por un operador con receptor GPS de mano, a la vez que cada unidad territorial / tipo de vegetación (parcela de cultivo, bosque, camino, pastizal, matorrales, etc.) recorrida fue identificada. Esta metodología permite tener la distribución espacio-temporal del rebaño, con gran precisión y relacionarla con la cartografía de usos del territorio (*'types of land use'*).

El estudio de la selección de los recursos y el ritmo de actividades de los animales se basó en la recogida de datos de comportamiento animal; registrando en cada intervalo de

muestreo (cada 15 minutos) la actividad de un grupo de animales representativos del rebaño. Cuando los animales se encontraban en actividad de alimentación se anotaban asimismo los tipos de consumo. La disponibilidad vegetal fue valorada en los lugares de observación del comportamiento de los animales, con el objetivo de determinar las preferencias manifestadas por ovinos y caprinos.

El análisis de la variación de la calidad nutritiva de los recursos vegetales arbustivos aportados por los rebollares, y su relación con la evolución de sus ciclos vegetativos se basó en la observación feno-morfológica de las especies vegetales en estudio y la recogida de muestras en diferentes períodos del año. Las muestras fueron sometidas a análisis químicas con vista a su valoración nutritiva.

El estudio de la estructura de las comunidades de sotobosque de rebollo y la influencia del pastoreo en ellas se basa en el diseño experimental montado en los bosques (parcelas experimentales), cuya organización se centra en la comparación de zonas pastoreadas con otras que han dejado de ser pastoreadas. Para ello, se instalaron en el otoño de 1998 tres parcelas de exclusión de pastoreo y se mantuvo el área circundante con el uso tradicional (pastoreo, reposo y desplazamiento).

La identificación de las especies vegetales se realizó en el herbario de la Escola Superior Agraria de Bragança, siguiendo como orden de prioridad para la identificación la *Flora Iberica* (Castroviejo, 1981-2000), *Nova Flora de Portugal* Vol. I y II (Franco, 1971-1984) y Vol. III (Franco & Rocha, 1994-1998), y la *Flora Europaea* Vol. V (Tutin *et al.*, 1980).

Estrategia de utilización del territorio. Escala del paisaje

1 Introducción

Las zonas de montaña experimentan hoy intensos cambios de sus usos de suelo y de su paisaje (González Bernáldez, 1991; Gómez Sal *et al.*, 1993; Rebollo & Gómez Sal, 1998; Agreil & Meuret, 2004). Los cambios en la organización del territorio son motivados principalmente por el éxodo rural y por la Política Agrícola Común (PAC), generando situaciones de difícil compatibilidad entre actividades en el medio rural. En los últimos años, la dinámica tradicional ganadera y forestal viene siendo afectada y paulatinamente transformada por nuevos abandonos acarreado la pérdida de funcionalidades del territorio (Castro & Castro, 2003).

La necesidad de compatibilizar actividades tradicionales ganaderas y forestales con nuevos usos requiere un conocimiento profundo de las pautas de uso del territorio por parte de los pequeños rumiantes, y asimismo de los factores ambientales y sociales que las determinan. De hecho, desde tiempos remotos los rebaños de pequeños rumiantes tienen una función clave en la dinámica ecológica del territorio.

La historia de la actividad agrícola puede entenderse como una modificación creativa de los distintos tipos de ecosistemas por parte del Hombre, modificando su estructura y características funcionales con el fin de asegurarse el suministro sostenido de recursos. Los sistemas tradicionales fueron afinando su ajuste al medio a través de selección de pautas de explotación acertadas y eliminación de las prácticas erróneas. Bajo condiciones de escasez de recursos energéticos y tecnológicos la sostenibilidad sería obligatoria a cualquier sistema de utilización del territorio con vocación de futuro (Gómez Sal, 2000a).

Los sistemas tradicionales de manejo del ganado hunden sus raíces en épocas en las que la supervivencia del Hombre dependía del adecuado aprovechamiento directo de los recursos por los herbívoros (Rebollo, 1996). El acervo de razas autóctonas que han evolucionando en ambientes concretos y respondiendo a las distintas necesidades de la actividad agraria ejemplifica la elevada complejidad y sabiduría ancestral en el aprovechamiento de los recursos. De entre los sistemas tradicionales de producción animal enmarcados en elevada complejidad de uso del espacio, subrayamos los sistemas basados: (i) en recorridos diarios en los términos rurales bajo pastoreo dirigido (generalmente pequeños rumiantes); (ii) en trashumancia, utilizando territorios con elevada asimetría climática y productiva y, (iii) en libre pastoreo, con recurso a la elevada capacidad de vigilia de los animales cara a depredadores (en Portugal sobre todo vacas y caballos en las Sierras de Peneda, Gerês, Amarela y Soajo).

En general podemos definir un recorrido de pastoreo como la realización de un trayecto mental que cruza una secuencia de mosaicos vegetales con cobertura, palatabilidad y valor alimentario variable. El trayecto supone interacciones constantes entre el rebaño, el pastor y el territorio (principalmente con las comunidades vegetales). El proyecto de recorrido resulta de la evaluación que el pastor hace del territorio disponible, entre tierras propias y otras regidas por ordenanzas particulares o comunales, considerando las diversas restricciones ambientales (agua, sesteaderos, depredadores, topografía) y logísticas (camino, majadas).

En los sistemas pastorales sometidos a un importante control humano estamos lejos de poder separar con claridad la cuota de responsabilidad que corresponde al animal y la que cabe otorgar al pastor en las distintas opciones que se presentan a lo largo de un recorrido de pastoreo (Rebollo, 1996). Generalmente se reconoce que el rebaño influye en las opciones que son tomadas sobre la marcha. Así, el trayecto efectivo de recorrido corresponde a una ejecución mental de un proyecto rectificado por las señales que el pastor recibe de su rebaño, a la vez resultantes de la interacción del animal con la vegetación (parada de ingestión, inicio de reposo, comportamiento muy selectivo, etc.) y de las condiciones ambientales (lluvia, calor, viento, nieve, etc.).

El análisis de los recorridos permite comprender la estrategia del uso del territorio, desarrollada por los pequeños rumiantes bajo la influencia del pastor. El análisis del uso del territorio por los pequeños rumiantes, considerando el trinomio *pastor - rebaño - territorio* es el tema central de este capítulo, dedicándose especial atención a la componente organizativa, territorial y funcional.

El sistema de pastoreo estudiado – pastoreo dirigido basado en recorridos – utiliza un complejo mosaico de comunidades vegetales de origen espontáneo o sembrado (con sus subproductos) que en el decurso de este trabajo son designadas por clases de usos de suelo. Elegimos esta nomenclatura, en detrimento de ‘tipos de hábitat’ por entender que incluye los sistemas agrarios, y por lo tanto también recursos que proceden de la producción agrícola.

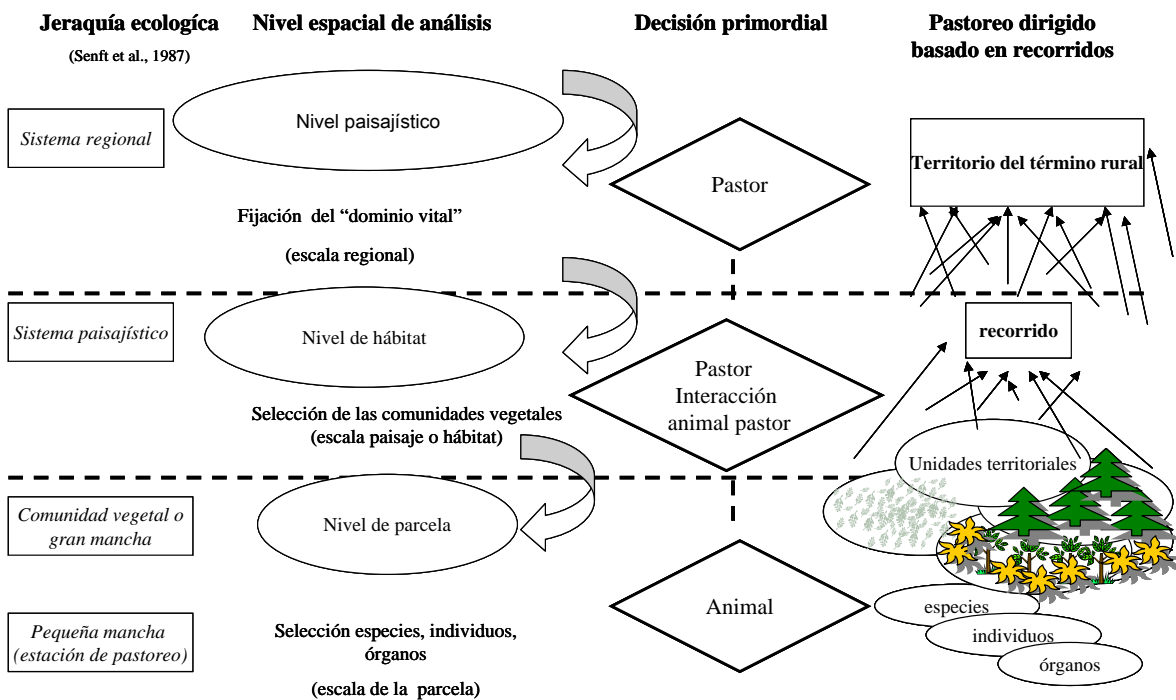


Figura 2.1: Analogía entre libre pastoreo y pastoreo dirigido respecto a las escalas de resolución ecológica.

El objetivo general de este capítulo es analizar la organización de los recorridos y los patrones de uso del territorio por los rebaños de ovinos y caprinos, así como comprender la funcionalidad de las distintas unidades del territorio (léase usos de suelo/‘tipos de hábitat’) en la estrategia global del uso del espacio. El análisis está centrado en los recorridos como

unidades de observación (duración, velocidad, extensión) y en el análisis de la utilización que hacen del territorio esos mismos recorridos.

La figura 2.1 compara los sistemas de libre pastoreo y de pastoreo dirigido en un nivel de análisis "territorial", dentro de la gradación teórica de escalas aplicada a la selección de los recursos naturales. Se intenta distinguir los diferentes niveles de decisión del binomio animales - pastor en el sistema de pastoreo estudiado – pastoreo dirigido basado en recorridos.

Como puede apreciarse (figura 2.1) la utilización del territorio refleja, por un lado, la estrategia del hombre en la explotación de los recursos, y por otro, que esta estrategia resulta de la interacción entre el hombre y el grupo de herbívoros. Asimismo, las habilidades en la explotación los recursos demostradas por los ganaderos, integran el conocimiento de los patrones de comportamiento de los animales. En este sentido, la estrategia de utilización del territorio debe ser entendida como un resultado del razonamiento multifactorial del pastor de cara a su rebaño.

Como objetivos específicos de este capítulo podemos enumerar:

1. Analizar la organización general de los recorridos, su duración, extensión y velocidad, así como su patrón de variación anual;
2. Comparar la intensidad de utilización de cada clase de uso de suelo entre ovinos y caprinos para dos períodos del año considerados - invierno y verano;
3. Relacionar la oferta de "usos de suelo" de los términos municipales estudiados con su aprovechamiento real en el esquema de pastoreo dirigido estudiado;
4. Analizar la funcionalidad de cada tipo de uso de suelo mediante comparación de datos temporales y espaciales.

2 Patrones de uso del territorio

Los patrones de utilización del territorio por los animales en libre pastoreo o pastoreo dirigido son un elemento central en la gestión de los ecosistemas pastorales. Varios autores (Provenza, 1991; Richards & Huntsinger, 1994; Walker, 1995; Bailey & Sims, 1998) consideran que la distribución espacial de los herbívoros en pastoreo es un componente básico de la gestión del espacio, ya que esta afecta doblemente los animales y al territorio.

Dumont & Petit (1998) y Dumont & Hill (2001) indican, como determinantes de la selección de la dieta por los herbívoros y del impacto en la dinámica de la vegetación pastoral, la memoria y el aprendizaje de la localización de los recursos preferidos. El estudio del uso de los recursos por los animales en pastoreo, así como los factores que los determinan, deberán estar en la base de la gestión sostenible de los ecosistemas pastorales (Barroso *et al.*, 1995). Según Baumont *et al.* (2000) en los sistemas de pastoreo bajo control humano, la valorización de los recursos resulta de la correcta gestión del comportamiento alimentario al nivel del *feeding site* (área de alimentación, agrupamiento de algunas parcelas o unidades territoriales donde ocurren comportamientos en pastoreo muy marcados: reposo, alimentación, rumia, etc.).

Según Gómez Sal *et al.* (1992b), el papel de los animales en el control de los flujos de energía en ambientes heterogéneos, en concreto en la estructura y dinámica de la vegetación, es un elemento central en ecología. La interacción animal - vegetal interviene en los ecosistemas en diferentes escalas, y es un importante factor de regulación de la producción primaria (Gómez Sal, 2000b). Gordon & Duncan (1988) resaltan el uso deliberado de los herbívoros en la gestión de la vegetación para mantener las comunidades en un determinado estado sucesional o para imprimir cambios concretos en función de los objetivos planteados en un específico sistema de explotación.

La selección de la dieta, el gasto de energía, la ingestión del alimento, y en definitiva la eficiencia en el uso de los recursos, resulta de la respuesta de los animales a su medio (Pfister *et al.*, 1988). Esa respuesta está condicionada por diferentes estrategias de

alimentación inherentes a cada especie animal. La estrategia de pastoreo delimita para cada especie animal, sus posibilidades de adaptarse al medio, y posibilita o no, la utilización eficiente de los recursos disponibles (Rebollo, 1996).

2.1 Los recorridos y el uso tradicional del territorio

En general en la *Terra Fria Transmonatana*, todo el territorio que compone el término de una comunidad rural es pastoreado por sus rebaños en algún momento del año. El uso de la propiedad comunal y de la privada cuyos propietarios no expresan el deseo de no-utilización por el ganado común, es regido por ordenanzas y costumbres muy antiguas.

Las tierras que no pueden ser atravesadas por los animales son: las tierras de cultivo hasta al final de sus cosechas, los prados de regadío – *lameiros* –, las huertas, y las plantaciones forestales jóvenes. Las tierras no cultivadas o no incluidas en las clases anteriormente mencionadas, las áreas de matorral, y los bosques autóctonos, pueden ser libremente transitadas por los animales; los caprinos tienen generalmente más restricciones para recorrer libremente las tierras agrícolas y forestales que los ovinos.

Las tierras de cereal suelen ser atravesadas sin cualquier restricción después de la siega. En invierno (enero, febrero), y a demanda de sus propietarios, estas tierras son frecuentemente atravesadas por rebaños de ovinos para inducir el ahijamiento del cereal. Los cultivos perennes, olivos, castaños y frutales, suelen estar vedados a los caprinos durante todo el año, aunque después de la cosecha puedan ser libremente pastoreadas por ovinos.

Los propietarios que no desean que el ganado atraviese sus tierras tienen que señalar esa pretensión. Antiguamente, dicha señalización era hecha con manojos de cereal seco atados a los árboles; actualmente, lo más frecuente son bolsas de plástico colgadas en ramas de los árboles. Remarcamos que el uso de la propiedad privada está muchas veces reglamentado por la comunidad de vecinos.

2.2 Factores que influyen en el patrón de utilización del territorio

De acuerdo con Ganskopp (2001) los patrones de utilización del territorio están influenciados principalmente por factores ambientales y factores relativos al propio animal. La especie y la raza, el estadio fisiológico (Fedele *et al.*, 2002), el conocimiento territorial y hábitos alimentarios (Fedele *et al.*, 1993; Bailey *et al.*, 2001; Dumont & Hill, 2001), las necesidades de refugio (Ganskopp, 2001), y la estructura social del rebaño (Howery *et al.*, 1998; Sibbald *et al.*, 2000) son, de entre los factores relativos al animal, los más citados por los autores.

Los factores ambientales determinantes en la utilización del territorio son, según los autores consultados: la localización de puntos de agua (Bourbouze & Donadieu, 1987; Holechek, 1988), la topografía (Gómez Sal *et al.*, 1992b), la época del año (Osborne, 1984; Gordon & Iason, 1989; Gordon & Illius, 1989); la composición de las comunidades vegetales (Senft *et al.*, 1985), su distribución espacial (Pfister *et al.*, 1988; Gordon & Illius, 1992), su abundancia y calidad (Bailey *et al.*, 1989a; Bailey *et al.*, 1989b; Castro, 1998; Orihuela & Solano, 1999), y sus características físicas (Owens *et al.*, 1991; Mantecón *et al.*, 1992; O'reagain, 1993).

Generalmente, las técnicas presentadas para mejorar la gestión del uso del territorio mediante la distribución más homogénea de los animales están basadas en: desarrollo de nuevos puntos de agua o cambio de su localización, distribución de suplementos o de sales, cierre de los pastos, y pastoreo dirigido (Cook, 1966; Bailey & Welling, 1999). Todas intervienen al nivel de los procesos que ocurren a escalas espaciales de poco o moderado detalle, llevándonos a creer que las decisiones a escalas de pequeño detalle son inherentes al animal.

2.3 Selección de recursos y tipos de escala. Libre pastoreo y pastoreo dirigido

La aplicación de la teoría jerárquica de los sistemas naturales al comportamiento de grandes herbívoros en pastoreo permite integrar el conjunto de decisiones relativas al

proceso de pastoreo en diferentes escalas espacio-temporales (Senft *et al.*, 1987). El postulado elemental de la teoría jerárquica se basa en parámetros funcionales, donde las frecuencias y ritmos de las actividades definen la jerarquía de las escalas (Allen & Starr, 1982).

La selección de los recursos naturales puede analizarse a diferentes niveles espaciales, que a su vez presentan un rango de desarrollo temporal diferente: *a escala paisajística* (escala de menor detalle, correspondiente a una escala comarcal o regional), *a escala de comunidad vegetal o hábitat* (escala intermedia, referente al área de campeo o dominio vital), y por último *a escala de parcela* (escala de mayor detalle), correspondiente a parcelas experimentales (Rebollo, 1996; Aldezabal, 1997).

En el mayor detalle – parcela o *patch* -, los animales seleccionan las especies vegetales y, dentro de ellas, individuos concretos y fracciones de los mismos. A escala de detalle intermedia, los ganaderos eligen entre las comunidades vegetales disponibles (clases de uso), que serán atravesadas a lo largo de un recorrido de pastoreo, en función de sus propias convicciones y de los estímulos que reciben de su rebaño. El análisis de la composición de usos en un recorrido destaca la importancia de esta escala. A escala de menor detalle, el pastor fija el “dominio vital” del rebaño, organizado en función del conjunto de corrales, del territorio teóricamente disponible y de la organización agraria y ganadera. Cuando se compara la composición de usos de los *territorios de los términos rurales* con su utilización en los diferentes recorridos, se obtiene una aproximación del “dominio vital del rebaño” (véase figura 2.1).

En los sistemas de libre pastoreo, todo el conjunto de decisiones es tomado por el animal bajo restricciones de variada naturaleza. En los sistemas de pastoreo dirigido, cuando los pastores controlan sus rebaños en un circuito de pastoreo, su estrategia de utilización de los recursos influye en el comportamiento animal e interactúa con la estrategia de alimentación del rebaño.

Los autores coinciden en que las estrategias del animal y del pastor interactúan y se cofunden en sistemas de pastoreo dirigido, siendo muy difícil separar los diferentes niveles

de decisión de cada uno. Sin embargo, se puede considerar el resultado de la presencia del pastor como una interacción con las decisiones espontáneas de los animales y considerarla simplemente como una nueva variable que interviene en los patrones de comportamiento del rebaño (Baumont *et al.*, 2000).

Aplicando la teórica gradación de escalas a la selección de los recursos (véase figura 2.1) en nuestras condiciones experimentales – *Pastoreo dirigido basado en recorridos*, se aprecia que:

- 1) A escala regional – *territorio del término rural* – el pastor fija el “dominio vital” del rebaño. La estructuración del territorio donde circula el rebaño a lo largo del año depende de la organización de la actividad agraria y ganadera, de la localización de los corrales, de la localización y tipo de uso de los terrenos comunales – *baldío*, y de la estrategia de explotación del rebaño (suplemento, siesta en el corral o en el campo, etc). El conjunto de decisiones relativas a la conducción del rebaño pertenece al pastor bajo las restricciones de organización del término rural del municipio.
- 2) A escala intermedia – *recorrido*, que resulta del conjunto de unidades forrajeras (clases de uso de suelo) atravesadas – el pastor selecciona las parcelas donde pasar con su rebaño; a su vez, el rebaño influye en las decisiones del primero. El pastor planifica mentalmente el recorrido, pero éste se altera en su transcurso, principalmente en función del comportamiento y demandas del rebaño. El pastor decide la matriz básica de manchas/parcelas que atravesará, en función de la disponibilidad de los recursos, de los caminos, de las tierras que puede o no atravesar y/o utilizar, de la localización de los puntos de agua y sesteaderos en verano. Posteriormente en función de los estímulos que va recibiendo –interacciones del rebaño con el medio–, ajusta su proyecto de recorrido. Las decisiones tomadas a esta escala son precisamente las que derivan del pastor y de la interacción pastor–rebaño.
- 3) A escala de la parcela, o sea dentro de cada superficie forrajera, la selección de las especies, individuos y fracciones pertenece primordialmente al animal.

2.4 Estrategia de uso del espacio por los herbívoros: metodología de evaluación

La distribución espacial de los animales en el territorio puede ser evaluada por diferentes procesos. Gordon (1995), en la síntesis que publicó sobre el tema, refiere la *observación directa*, el *registro de movimientos a través de fotografías o vídeo*, la *radiotelemetría* y el *sistema de posicionamiento global (GPS)*.

Aparte de estos métodos, debemos referir los métodos indirectos basados en huellas de actividad de animales, muy usados para las poblaciones de herbívoros salvajes, como el conteo de excrementos, el seguimiento y rastreo de huellas, el impacto en la vegetación, etc. Los mayores inconvenientes que presentan los métodos indirectos, consisten en las limitaciones impuestas por los supuestos que deben asumirse, la falta de precisión y certeza de la localización exacta del animal, y el gran esfuerzo de muestreo requerido.

Los métodos basados en la observación directa (Altmann, 1974; Leclerc & Lecrivain, 1979; Gluesing & Balph, 1980; Lecrivain & Meuret, 1984; De Miguel *et al.*, 1997) consisten en la observación de los animales en el terreno y su ubicación en una base cartográfica (mapa, fotografía aérea); en la última década, estos datos vienen siendo analizados en sistemas de información geográfica (Meuret & Thinon, 1995; Aldezabal, 1997). Cuando los animales se encuentran en libre pastoreo, la observación es hecha a partir de puntos fijos estratégicamente colocados en el territorio, a vista desarmada o con auxilio de binóculos o telescopios; cuando el rebaño es conducido por un pastor, la observación se hace por seguimiento.

Las técnicas basadas en el registro de la imagen con cámaras de video o fotográficas (Parsons *et al.*, 1994; Sibbald *et al.*, 2000) — a pesar de presentar algunas ventajas en relación a la observación directa (tiempo de muestreador), son muy limitadas por la topografía y los costes del equipamiento (Gordon, 1995). La telemetría (White & Garrott, 1990) se basa en la emisión de señales (de radio o acústicas) a partir de un sensor colocado en el animal; sus

progresos en los últimos años han revolucionado completamente los estudios de ecología de vertebrados (Reynolds & Riley, 2002).

El GPS es una tecnología reciente de gran importancia en estudios de comportamiento espacio-temporal animal (Adrados *et al.*, 2002). En los últimos años, la investigación con equipos GPS acoplados al animal – collares GPS –, se ha intensificado sobre todo con el fin de disminuir el peso del aparato, ya que eso es una de las mayores limitaciones de esta tecnología. El peso del collar está parcialmente determinado por el peso de la batería (Steiner *et al.*, 2000) que condiciona la capacidad de almacenamiento de datos (léase posiciones).

Actualmente, existe en el mercado una gran variedad de aparatos, desde los simples sistemas que apenas registran los desplazamientos, hasta los más complejos que registran otras actividades, pudiendo ser equipados con sistemas de transmisión de datos – mixto de GPS con telemetría. Así, el peso del collar y la capacidad de almacenamiento de datos es muy variada; para herbívoros, los aparatos oscilan entre los 475 gramos y los 1800 gramos (capacidad de almacenamiento de datos de 3000 a 30 000 registros). Por ejemplo, en muflón se han utilizado collares de 300 gramos (Langbein *et al.*, 1998), en vacas de 1150 gramos (Ganskopp, 2001) y en palomas aparatos dorsales de 35 gramos (Steiner *et al.*, 2000).

Además de estos sofisticados sistemas - collares GPS -, los animales acostumbrados a la presencia del pastor pueden ser seguidos con un simple GPS de mano (Castro *et al.*, 2000a; Castro *et al.*, 2000b), con la ventaja de no requerir un equipo especial; el objeto seguido es el rebaño en su conjunto, y no un animal específico.

El sistema GPS está basado en un amplio conjunto de satélites dispuestos en órbita en torno de la Tierra, emitiendo cada uno su señal particular. Mediante la recepción de por lo menos señales de 4 satélites (Steiner *et al.*, 2000), el receptor GPS puede calcular la posición geográfica con gran precisión, dependiendo del tipo de instrumento.

3 Material y métodos

En este apartado explicamos los procedimientos seguidos en el campo – recorridos –, a partir de los cuales se extraen las variables relativas al tiempo y el espacio utilizado en cada clase de uso de suelo a lo largo de un recorrido. Se expone el enfoque en el análisis de los recorridos y se describen los métodos de análisis estadístico usados en ello.

3.1 Muestreo de campo

Cada uno de los cuatro rebaños en estudio fueron seguidos mensualmente por un operador con receptor GPS (Trimble GeoExplorer) entre mayo de 1999 y mayo de 2000. Los rebaños fueron seguidos durante un día completo, desde la salida de la majada hasta su regreso. Se obtuvieron 52 recorridos de pastoreo, la mitad de los cuales eran de caprinos y la otra mitad de ovinos.

El receptor GeoExplorer consiste en un único módulo portátil de reducida dimensión, alimentado por cuatro pilas de 1.5 V y no necesita de equipo adicional. Es un sistema práctico y cómodo para operar durante largos períodos sobre el terreno. El GPS fue programado para recoger automáticamente coordenadas espaciales y temporales cada dos minutos.

Simultáneamente a este procedimiento, se apuntaron manualmente las características de las diferentes unidades territoriales atravesadas por el rebaño: uso, comunidad vegetal, estructura de la vegetación, dominancia florística, etc. Cuando el rebaño cambiaba de parcela fuera de los intervalos de inventario automático, se recogían datos adicionales. En cada hora se anotó la temperatura ambiente.

3.2 Tratamiento de los datos GPS y extracción de las variables

3.2.1 Corrección diferencial

La corrección diferencial es un proceso que permite anular la imprecisión voluntariamente creada por el administrador del sistema GPS - *el Departamento de Defensa Estadounidense* - que no permitía hasta mayo de 2000 saber en tiempo real las verdaderas

coordenadas del objeto localizado. Aunque esta imprecisión haya sido retirada del sistema (Adrados *et al.*, 2002), la corrección diferencial sigue mejorando significativamente la precisión. Los datos fueron corregidos diferencialmente para mejorar la precisión con *software* específico para tratamiento de datos GPS – el *PfndeOffice* de *Trimble Navigation*.

3.2.2 Metodología del análisis de los recorridos

Partiendo de los datos recogidos por el GPS (coordenadas temporales y espaciales), cada recorrido está descrito por un conjunto de puntos georeferenciados (coordenadas x, y, z), dando a conocer en cada momento el lugar preciso del rebaño, al que se añadió la descripción manual de los territorios atravesados y se extrajeron las variables pretendidas.

Los diferentes tipos de vegetación atravesados (anotados manualmente) fueron agrupados en cinco clases de uso principal: **floresta** (bosques de rebollo – *Quercus pyrenaica*; de encina - *Quercus rotundifolia*; de alcornoque – *Quercus suber*; pinares - *Pinus spp.*, etc.); **agricultura perenne** (castaños, olivares, viñas, frutales, entre otros); **agricultura anual** (huertas, cereal, rastrojos y barbechos de corta duración, y algunos forrajes como, nabo, maíz forrajero, avena, centeno, etc.); **matorrales** (todas las diferentes formaciones vegetales con estrato arbustivo dominante); **pastos** (prados irrigados, pastizales y praderas). Se registró la extensión y la duración del recorrido, el tiempo empleado en cada clase de uso, y se determinó la importancia relativa de cada clase de uso respecto al tiempo y la extensión en cada recorrido.

3.3 Tipología y organización de los recorridos

Los recorridos de pastoreo son analizados desde el punto de vista de su macro-organización – duración, extensión y velocidad – teniendo en vista su tipificación y comprensión general. Se establecen las principales diferencias en la organización de los recorridos de ovinos y de caprinos.

La duración de los recorridos corresponde al tiempo en que los animales están fuera de la majada, incluyendo los tiempos de siesta. La extensión del recorrido corresponde a la

suma de los desplazamientos organizados. La velocidad media de los recorridos fue determinada a partir del cociente entre la extensión y la duración del recorrido.

Se estudia la variación anual de la duración de los recorridos, así como su relación con la duración del período diurno, las temperaturas máximas y mínimas registradas a lo largo de los recorridos y las horas de amanecer y anochecer. Admitiendo que los pequeños rumiantes tienen una actividad marcadamente diurna, la diferencia entre la hora de salida de la majada y la hora del amanecer corresponde a un retraso en la salida. A su vez, la diferencia entre la hora del anochecer y la hora de llegada corresponde a un adelanto en la entrada.

3.4 *Uso del territorio*

El uso del territorio se estudia mediante dos enfoques: en el primero se analiza la intensidad de utilización del territorio (clases de uso de suelo) por los rebaños, y en el segundo se relaciona la abundancia de las diferentes clases de usos en los términos de las aldeas y en los recorridos.

La intensidad de utilización del territorio es estimada a partir de la importancia relativa de cada una de las clases de uso de suelo en los recorridos - agricultura anual, agricultura perenne, pastos, matorrales y florestas. Su importancia se estima en función del cociente entre el tiempo pasado en cada una de ellas y el tiempo total del recorrido. Fue considerado también el tiempo que los rebaños gastan en caminos.

El territorio disponible contabilizado mediante cartografía no corresponde en rigor al que efectivamente se encuentra disponible, por lo que lo designamos por territorio teóricamente disponible. De hecho, la producción ganadera está pendiente de la organización de la restante actividad agraria (ocupación de tierras, barbechos, duración de los mismos, etc.), y del territorio disponible para los rebaños, condicionado éste por la existencia y disponibilidad de tierras del ganadero, la localización de la majada, la disponibilidad de caminos, etc. Sin embargo, el patrón del término del pueblo condiciona de

forma muy marcada el territorio que está disponible para los rebaños, y por eso usamos esta variable para la comparación, pese resaltando la imprecisión.

La cartografía de los usos de suelo de cada municipio permitió determinar la disponibilidad teórica de recursos forrajeros. Estos datos han sido obtenidos con base en la reclasificación de la cartografía oficial (Instituto Geográfico de Portugal) de ocupación de la tierra del territorio de cada municipio, publicados a escala 1:25000 e incorporados al sistema de información geográfico IDRISI. Para cada área de estudio (municipio) se han comparado los usos del territorio con aquellos usados en los recorridos de verano e invierno. Las proporciones de otros usos (aglomerados urbanos dispersos y continuos, caminos, etc.) no relacionados propiamente con la actividad agraria no fueron consideradas.

3.5 Funcionalidad del territorio

Se presupone que los rebaños no explotan las diferentes clases de uso de suelo con los mismos objetivos, ya que los animales a lo largo del día desarrollan un conjunto de actividades distintas, entre las cuales se destacan la alimentación, el reposo, y el desplazamiento organizado en busca de recursos alimentarios. De igual manera, esos objetivos pueden cambiar en función del tipo de rebaño y del período del año.

La velocidad de progresión del rebaño en las distintas unidades que componen un recorrido es un indicador sencillo de la actividad dominante que los animales realizan en esas unidades, en concreto marcha (o acceso a recursos) y alimentación o reposo (siesta). Cuando la velocidad es muy baja significa que el rebaño o se alimenta o reposa. Por el contrario, cuando la velocidad es alta domina el desplazamiento organizado, o sea, la marcha. Sin embargo, se pueden establecer otro tipo de relaciones, entre el espacio y el tiempo para cada una de las clases de usos que componen un recorrido.

Con la intención de estudiar la funcionalidad de las clases de uso de suelo, hemos considerado tres funciones:

F1 – función velocidad ($m.s^{-1}$);

F2 – función tiempo/espacio no ponderado (adimensional);

F3 – función tiempo/espacio ponderado (adimensional).

La función F1 es el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado para recorrer esa cantidad de espacio, para cada clase de uso de suelo.

$F1 = \text{espacio recorrido} / \text{tiempo empleado para recorrer ese espacio}$

La función F2 representa la diferencia entre la proporción de tiempo dispendido en determinada clase de uso de suelo, y la proporción del espacio recorrido en esa misma clase. Cuando la proporción de tiempo es superior a la del espacio, la función es positiva y el rebaño tiene tendencia a alimentarse o a reposar; cuando se verifica lo contrario, la función es negativa y el rebaño tiene tendencia para la marcha.

$F2 = (\text{proporción de tiempo pasado en la clase de uso} - \text{proporción de espacio recorrido en dicha clase de uso})$.

La función F3 se obtiene a partir del cociente entre la diferencia de la proporción de tiempo pasado en la clase de uso y la proporción del espacio recorrido en esa clase de uso y la suma entre la proporción de tiempo pasado en la clase de uso y la proporción del espacio recorrido en esa clase de uso. Es decir, corresponde al cociente entre F2 y la suma de la proporción de tiempo con la proporción de espacio de determinada clase de uso de suelo. De esta manera, ponderamos la importancia de la información dada por F2 con la importancia de cada clase de uso en el total del recorrido. F3 varía entre -1 y 1, indicando la variación de su señal lo mismo que lo descrito para F2.

$F3 = (\text{proporción de tiempo pasado en la clase de uso} - \text{proporción de espacio recorrido en dicha clase de uso}) / (\text{proporción de tiempo pasado en la clase de uso} + \text{proporción de espacio recorrido en dicha clase de uso})$.

Estas tres funciones se complementan con respecto a la información que aportan. F1 es la más simple pero cuando toma valores intermedios es difícil de percibir la actividad en causa; a grandes rasgos y por nuestra experiencia en el campo, la frontera entre desplazamiento y permanencia (alimentación o reposo) se sitúa en torno a los 0.250 m.s⁻¹. La función F2 es claramente más concluyente que la anterior, correspondiendo los valores negativos a marcha y los positivos a permanencia, y cuanto mayor sea su valor absoluto, más seguridad tendrá la clasificación; F3 pondera el resultado de F2 con la importancia de cada uno de los usos de suelo en estudio.

3.6 Análisis de los datos

3.6.1 Tipología y organización de los recorridos

El análisis estadístico de los datos se basa en análisis de la varianza y correlaciones simples de Pearson. Considerando ovinos y caprinos por separado se correlacionan las variables presentadas en la Tabla II.1.

Tabla II.1: Variables correlacionadas (Pearson).

Duración de los recorridos	Duración del período diurno Temperatura máxima Temperatura mínima
Diferencia entre duración del período diurno y duración del recorrido	Retraso en la salida de la majada (hora de salir – hora de amanecer) Adelanto en la entrada a la majada (hora de anochecer – hora de llegada)

Mediante análisis de varianza (GLM) simple, tratando independientemente ovinos y caprinos, se estudió el efecto del período del año (fase del año) en la duración de los recorridos, en la diferencia entre duración del período diurno y duración total del recorrido, en el retraso en la salida de la majada y en el adelanto en la entrada en la misma. Las variables extensión del recorrido y su velocidad, han sido sometidas al mismo tipo de análisis, considerando como factor de variación el efecto del tipo de rebaño (ovino o caprino).

El *test* de *Bonferroni* ha sido empleado en las comparaciones *a posteriori*, para separar las medias cuando el *test* de F haya resultado significativo (al menos a un nivel de $p \leq 0.05^*$).

En los casos necesarios, las variables han sido normalizadas previamente a la realización de los análisis.

3.6.2 Uso del territorio

Las variables analizadas en este apartado corresponden a la proporción de tiempo pasado en cada clase de uso de suelo, calculada para cada recorrido y computadas mediante la siguiente expresión:

Σ del tiempo en cada una de las clases de uso consideradas/ Σ del tiempo de recorrido.

Así, las variables analizadas son:

proporción de tiempo en la clase de uso agricultura anual – **agricultura anual**;
proporción de tiempo en la clase de uso agricultura perenne – **agricultura perenne**;
proporción de tiempo en la clase de uso pastos – **pastos**;
proporción de tiempo en la clase de uso matorrales – **matorrales**;
proporción de tiempo en la clase de floresta – **floresta**;
la proporción de tiempo usado en caminos – **caminos**.

En una primera fase, éstas fueron normalizadas y analizadas mediante análisis de varianza (GLM 2-factorial); la interacción también fue estudiada y las medias fueron comparadas mediante el procedimiento anteriormente referido. Como factores de variación, se considerarán el tipo de rebaño (especie animal) y el período del año (verano e invierno). Se consideraron dos períodos basados en la existencia o no de siesta. El verano incluyó los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, y el invierno los restantes.

Durante el trabajo experimental, el ganadero de Zido abandonó la actividad, por lo que hubo necesidad de cambiar de rebaño por otro de un pueblo vecino de la misma *freguesia* (parroquia). Por eso, Vinhais designa los dos rebaños, uno seguido durante los meses de verano (Zido) y otro para el invierno (Lagarelhos).

3.6.3 Funcionalidad de las clases de uso

Las variables objeto de análisis en este apartado se encuentran en la Tabla II.2 y resultan del cálculo de las funciones F1, F2 y F3, referidas en el punto 3.5 – Funcionalidad del territorio, para cada clase de uso de suelo y los caminos. Tal como en el caso anterior, se estimaron para cada uno de los recorridos.

Tabla II.2: Variables utilizadas para analizar la funcionalidad de las clases de uso de suelo.

F1 – función velocidad (m.s ⁻¹)	F2 – función tiempo espacio no ponderado	F3 – función tiempo espacio ponderado
F1agricultura anual	F2agricultura anual	F3agricultura anual
F1agricultura perenne	F2agricultura perenne	F3agricultura perenne
F1pastos	F2pastos	F3pastos
F1matorrales	F2matorrales	F3matorrales
F1floresta	F2floresta	F3floresta
F1caminos	F2caminos	F3caminos

Las variables fueran tratadas mediante análisis de varianza (GLM 2-factorial). Las medias fueran comparadas por el procedimiento anteriormente referido, considerando factores de variación el tipo de rebaño (especie animal) y el período del año (verano e invierno).

4 Resultados y discusión

4.1 Tipología y organización de los recorridos

4.1.1 Variación anual de la duración de los recorridos

En nuestras condiciones (Hemisferio Norte) la duración del período diurno aumenta de manera progresiva desde el solsticio de invierno (21 ó 22 de diciembre) hasta el solsticio de verano (21 ó 22 de junio), siguiendo un comportamiento inverso (disminución progresiva) en la otra mitad del año. Para las localidades en estudio, la duración del día varía entre 901 y 902 minutos en el solsticio de verano y 537 y 538 minutos en el solsticio de invierno. La duración de los recorridos está profundamente influenciada por la duración del día y sufre una amplia variación anual.

La duración de los recorridos de caprinos y ovinos sigue la pauta de variación de la duración del período diurno, aunque con algunas diferencias en algunos períodos del año, por ejemplo, no presenta simetría perfecta respecto al solsticio de verano, sino un desvío referente a la no coincidencia entre el mes más cálido del año (julio) y el solsticio (figura 2.2 y figura 2.3).

La duración máxima de los recorridos de caprinos nunca sobrepasa o se sobrepone a la duración máxima del día. En nuestro caso, los mayores recorridos fueron los de julio (780 minutos/13 horas), agosto (780 minutos) y, septiembre (720 minutos) para Sortes, y junio (750 minutos/12.5 horas), julio (735 minutos) y agosto (735 minutos) para Freixedelo, o sea, aproximadamente 2 a 2.5 horas menos que la duración del día en el solsticio de verano. Por otro lado, la duración mínima, sin considerar un valor anómalo en abril en Sortes, coincide con la mínima duración del día y se produce en el mes de diciembre, con 405 y 360 minutos en Freixedelo y Sortes, respectivamente, o sea, aproximadamente menos 3 horas en Sortes y 2.2 horas en Freixedelo que la duración del día en el solsticio de invierno (figura 2.2).

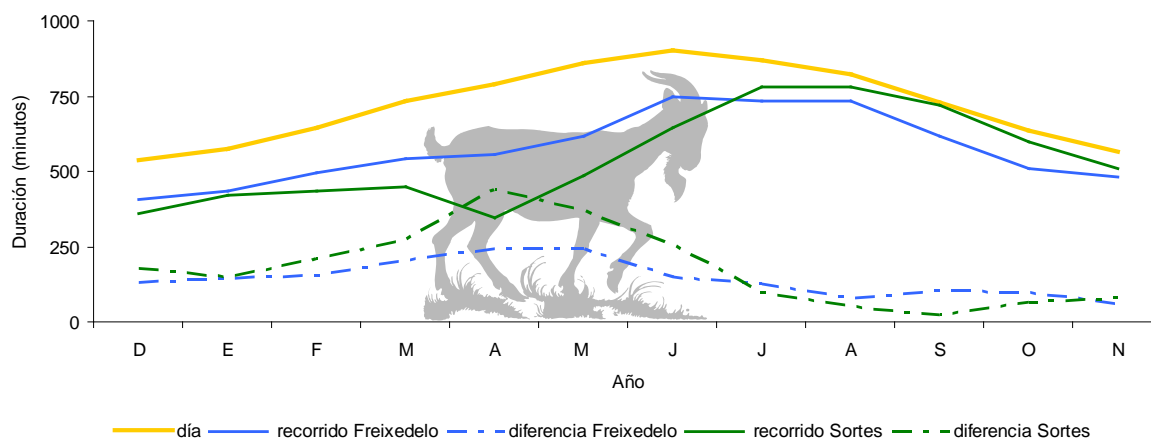


Figura 2.2: Variación anual de la duración de los recorridos de caprinos.

Las diferencias entre la duración del día y de los recorridos son del mismo orden de magnitud en torno de los solsticios, pero diferentes entre equinoccios. En el equinoccio de otoño la diferencia es pequeña (22 minutos en Sortes y 104 minutos en Freixedelo), mientras que en el equinoccio de primavera son ya de mayor amplitud, 204 minutos en Freixedelo y 272 minutos en Sortes.

La duración de los recorridos de ovinos sólo es superior a la duración del día en junio, julio y agosto en Rebordaínhos, manteniéndose la tendencia por más un mes en Vinhais. Los recorridos de mayor duración están ligeramente desfasados respecto al solsticio de verano y ocurren en julio con 960 minutos/16 horas (Rebordaínhos) y 930 minutos/15.5 horas (Vinhais). Durante los meses de invierno y aunque con el mismo diseño, los recorridos de ovinos en Vinhais son considerablemente más cortos. La diferencia aparece asociada a una conducta de explotación diferente de la tradicional, puesto que el ganadero sale menos tiempo, generalmente sólo por la tarde, y distribuye complementos en la majada a su rebaño, durante este período del año (figura 2.3). Los recorridos de menor duración del sistema de explotación más tradicional (Rebordaínhos) ocurren en diciembre con 390 minutos (6.5 horas).

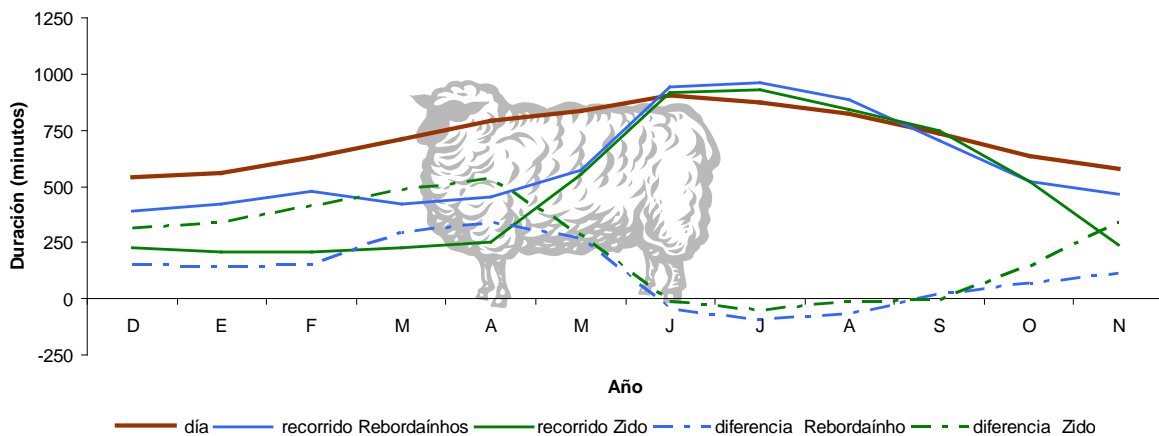


Figura 2.3: Variación anual de la duración de los recorridos de ovinos.

Comparando las diferencias entre la duración del día y de los recorridos en los solsticios, éstos presentan una duración superior al período diurno en el solsticio de verano (diferencias negativas), y una discrepancia positiva de cerca de 2.5 horas en el solsticio de invierno, considerando sólo el caso de Rebordaínhos. En los equinoccios, las diferencias o son muy reducidas o muy amplias. En otoño, la diferencia es inferior a media hora, o incluso negativa (Vinhais). En primavera la diferencia resulta ser muy marcada alcanzando en el caso de Rebordaínhos un diferencia de, aproximadamente, 5 horas.

En ambas especies, la duración de los recorridos está correlacionada positivamente con la duración del día (en caprinos $r = + 0.659$, $p = 0.000$; en ovinos $r = + 0.734$, $p = 0.000$) y con las temperaturas máxima (en caprinos $r = 0.921$, $p = 0.000$, en ovinos $r = + 0.833$, $p = 0.000$) y mínima (en caprinos $r = 0.794$, $p = 0.000$; en ovinos $r = + 0.656$, $p = 0.000$) absolutas registradas a lo largo de los recorridos.

Uno de los aspectos esenciales de la organización de los recorridos es la forma como ellos se ajustan con el amanecer y anochecer. Estos momentos del día definen condiciones meteorológicas que condicionan la decisión sobre el bienestar de los animales o sobre las condiciones del pasto, por ejemplo.

Los rebaños de caprinos tienen tendencia a ajustar la hora de llegada por la tarde con el anochecer, y no se verifican grandes diferencias entre ambos momentos, sobre todo en el rebaño de Freixedelo (figura 2.4). La mayor diferencia entre anochecer y llegada a la majada se produce en febrero con 65 minutos. Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, la entrada en la majada es posterior al anochecer.

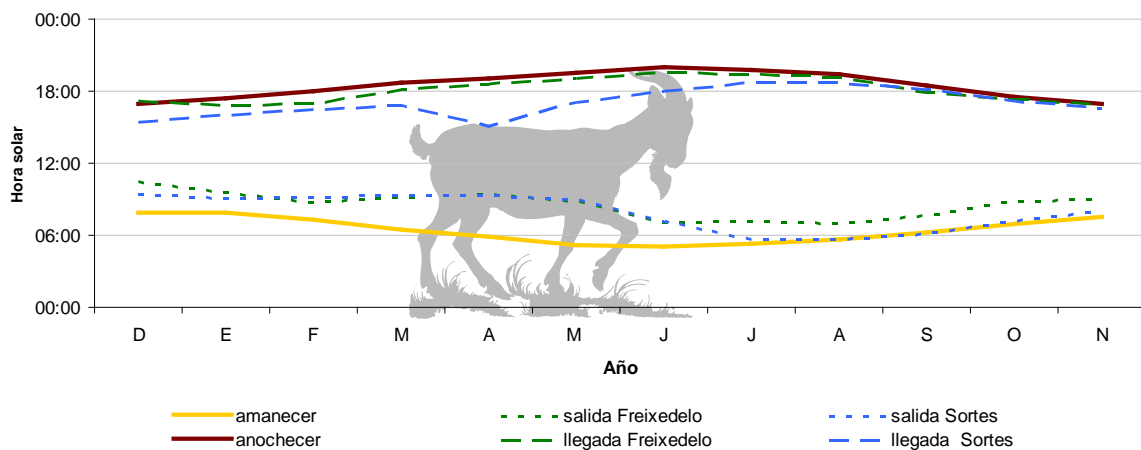


Figura 2.4: Diferencias entre la hora de amanecer y la salida, y la hora de anochecer y la llegada a la majada, de los rebaños de caprinos.

Las mayores diferencias entre la hora de salida de los rebaños de caprinos y la hora del amanecer, se registraron en mayo (241 minutos en Sortes y 220 minutos en Freixedelo). Sin embargo, la diferencia entre la duración del día y de los recorridos está correlacionada positivamente con el retraso en la salida ($r = 0.866$; $p = 0.000$), asimismo con el adelanto en la

entrada ($r = 0.797$; $p = 0.000$). La reducción de la jornada respecto al período diurno se produce por alargamiento de las diferencias entre el amanecer y la salida. El rebaño de Sortes mostró horas de salida y entrada más tempranas, reduciendo las diferencias en la curva de la parte inferior y aumentando en la curva de la parte superior (diferencias entre amanecer y salida de la majada, y diferencia entre anochecer y llegada, respectivamente figura 2.4).

Tal como ocurría en el caso de los caprinos, los rebaños de ovinos ajustan la hora de llegada por la tarde al anochecer, sin grandes diferencias entre ambos momentos. La mayor diferencia ocurre en abril, con 150 y 141 minutos en Rebordainhos y Vinhais, respectivamente (figura 2.5). Las diferencias entre la hora de salida de la majada y el amanecer son mayores respecto a lo observado para caprinos, máximas en marzo con 260 (Rebordainhos) y 441 minutos (Vinhais). La diferencia entre la duración del día y de los recorridos está correlacionada con el retraso en la salida ($r = + 0.960$, $p = 0.000$), asimismo con el adelanto en la entrada ($r = + 0.676$, $p = 0.000$). El aumento de la jornada de pastoreo depende más del anticipo de la salida por la mañana, que del retraso en su llegada por la tarde.

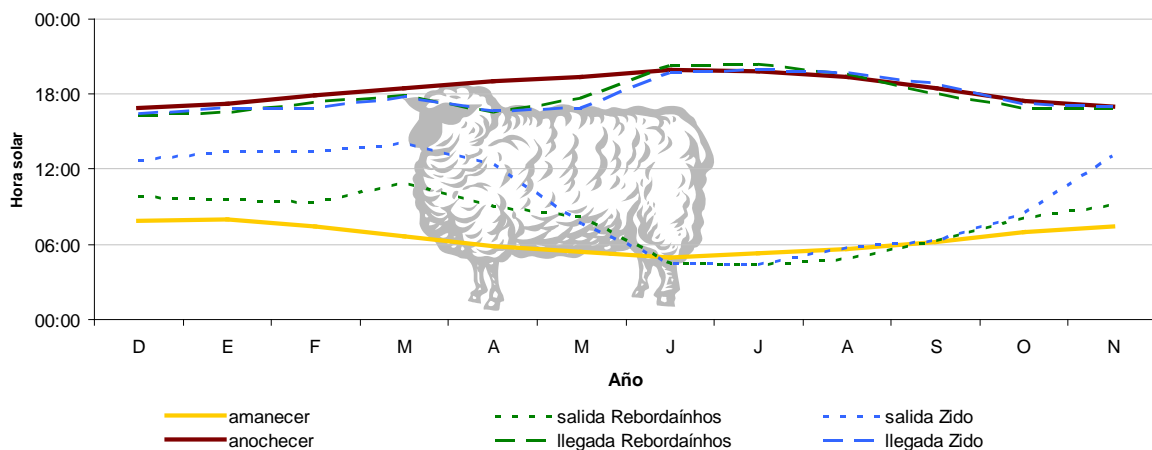


Figura 2.5: Diferencias entre la hora de amanecer y la salida y, la hora de anochecer y la llegada a la majada, de los rebaños de ovinos.

Aparentemente, el retraso en la salida por la mañana es compensado por la llegada más tardía al final del día. Las condiciones más favorables de temperatura y humedad del pasto surgen con el transcurso del día, condicionando durante gran parte del año, la

decisión de los pastores. Según García-Gonzalez *et al.* (1990), los pastores de los puertos del Pirineo retienen la salida de los rebaños por la mañana hasta que el pasto pierda el rocío de la noche. También Barbosa (1993) señala que los ovinos por la mañana pastorean el *monte* (los matorrales) hasta que el rocío de las praderas desaparece.

La duración de los recorridos está profundamente influenciada por la duración del día y sufre una amplia variación anual en función de la abundancia y calidad de los recursos, la suplementación o no de los rebaños, y el régimen de temperaturas (máximas y mínimas absolutas).

La comparación de la duración de los recorridos y las diferencias entre ellos y la amplitud del día entre equinoccios deja claro que en otoño la escasez de recursos alimentarios es muy marcada, y tratándose de un período de elevadas necesidades fisiológicas de los animales, están obligados a recorridos largos, aprovechando al máximo el día. En el equinoccio de primavera los recursos son más abundantes y de mejor calidad y, por lo tanto, no hay necesidad de apurar tanto el día. Este patrón de variación anual está de acuerdo con el observado por Rebollo (1996) en la montaña de León. Haciendo el mismo tipo de comparación entre solsticios, se han encontrado diferencias significativas entre ovinos y caprinos. Para los ovinos, las diferencias entre la duración del día y de los recorridos son negativas, en el solsticio de verano; de acuerdo Reyneri *et al.* (1994), los ovinos prologan mucho su período de pastoreo debido a su elevada sensibilidad al calor; también Barbosa (1993) señala este comportamiento cuando dice que los ovinos salen con lluvia, niebla y frío, pero nunca cuando hace mucho calor y sol intenso. En el solsticio de invierno los recorridos son pequeños (307 minutos) y las diferencias entre éstos y la duración del día son de 231 minutos (aproximadamente 4 horas); como los ovinos reciben suplementos en este período del año, no necesitan de apurar tanto el día.

En el caso de los caprinos, las diferencias entre la duración del día y de los recorridos son del mismo orden de magnitud en ambos solsticios. En el verano, este hecho se justifica porque son mucho menos sensibles al calor que los ovinos. En el invierno, su elevada sensibilidad al frío les reduce la posibilidad de aprovechar todo el día para alimentarse

convenientemente, traduciéndose este momento del año en uno período de elevada carencia. Según Pacheco (2000) la condición corporal de los caprinos en la Sierra da Peneda (sector Atlántico del Norte de Portugal) durante el invierno es preocupante y resulta del escaso ajuste entre las necesidades fisiológicas de los animales y los recursos forrajeros.

La duración de los recorridos refleja, a parte de las restricciones ambientales que modifican las pautas de comportamiento de los animales, la disponibilidad de recursos y el carácter más o menos extensivo del sistema productivo. La limitación de los recorridos al período diurno (salvo las excepciones del mes de julio en ovinos), coincide con los patrones de actividad generalmente descritos en la bibliografía para ovinos y caprinos en libre pastoreo (Askins & Turner, 1972; Lu, 1988). Cuanto menos manejados (más extensivos) son los sistemas, más se aproximan de las condiciones naturales y menos perturbadas se encuentran las decisiones del animal. En nuestras condiciones de estudio, el rebaño de ovinos de Vinhais (Lagarelhos) durante el invierno se destaca por su diferente conducción, escapando a la pauta tradicional de explotación, muy diferente de los restantes y del patrón de comportamiento de los animales en libertad, reforzando la hipótesis de que en los sistemas extensivos, los cambios inducidos en el comportamiento de los animales son reducidos y a medida que los sistemas se intensifican los cambios aumentan.

Por otro lado, la existencia de un patrón común de custodia del rebaño que en líneas generales se repite para la misma especie (ovina o caprina), sugiere que aunque el conjunto de decisiones sobre la organización de los recorridos pertenezca al pastor, ellas resultan de un razonamiento multifactorial donde las limitaciones fisiológicas de los animales son ampliamente respetadas. Se admite que la variación de la duración de los recorridos indica un razonamiento integrador del ganadero que resultaría, a su vez, de la interpretación de las necesidades de los rebaños (alimentación y bienestar) y, de la búsqueda de respuesta para esas necesidades. Los sistemas extensivos siguen teniendo impregnada de forma muy marcada la herencia generacional como vehículo de transmisión de conocimiento, correspondiendo frecuentemente a imitaciones perfectas de lo que ocurre en la naturaleza. En este sentido, están muy próximas a las pautas de comportamiento expresas por los animales en libertad.

4.1.2 Longitud y velocidad

Los recorridos de ovinos y caprinos son también distintos en cuanto a la extensión ($p \leq 0.001^{***}$) y velocidad ($p \leq 0.05^*$). Los recorridos de ovinos tienen en media 4206.92 metros de longitud con una velocidad media de 0.177 m.s^{-1} . Los recorridos de caprinos, tienen de extensión media de 6359.46 metros, y velocidad de 0.216 m.s^{-1} (Tabla II.3). Estos valores están de acuerdo con Barbosa (1993) que encontró un rango de variación en la extensión de los recorridos comprendido entre 4 y 6 kilómetros al estudiar el sistema tradicional de explotación de ovinos en Trás-os-Montes, y también con Pacheco (2000) que presenta un rango de variación para los recorridos de caprinos comprendido entre 4 y 10 kilómetros para la Sierra de Peneda (Noroeste de Portugal).

Tabla II.3: Velocidad y longitud de los recorridos de ovinos y caprinos.

Recorrido	Longitud (m)	Velocidad media (m.s^{-1})
Ovinos	4206.92	0.177
Caprinos	6359.46	0.216

Askins y Turner (1972) relatan desplazamientos de caprinos en libre pastoreo de 3.5 kilómetros/día en el principio de la primavera, y 5.5 kilómetros/día en el invierno, con los desplazamientos incrementados por las necesidades de busca de alimento. En nuestras condiciones de estudio, no se puede relacionar directamente la extensión del recorrido con el momento del año. Por otro lado, el dispositivo experimental no considera los pequeños movimientos como desplazamiento organizado. Sin embargo, la escasez de los recursos muestra una relación directa con la duración de los recorridos.

4.1.3 Tipificación de la variación anual de los recorridos

Centrándonos en la variación anual de la duración de los recorridos, se pueden identificar distintas fases que caracterizan el patrón de recorrido de pastoreo a lo largo del año y revelan las principales diferencias entre las pautas de variación del período diurno y de los recorridos. Según Rebollo (1996), se pueden destacar a lo largo del año cinco fases diferentes: *Fase de incremento lento (IL)*, *Fase de incremento rápido (ICR)*, *Fase de estabilización en valores elevados (ALT)*, *Fase de descenso lento (DL)*, y *Fase de descenso rápido en la duración de los*

recorridos (MIN). En nuestras circunstancias y considerando los rebaños de caprinos, tendríamos (figura 2.6):

1. *Fase de incremento lento (IL)* de enero a mayo, que en nuestro caso tendría recorridos con una duración media de 459 minutos (7.65 horas) y elevadas diferencias entre la duración del día y de los recorridos, en torno a los 226 minutos (3.8 horas);
2. *Fase de incremento rápido (ICR)* en la transición del mes de mayo para junio en Freixedelo pero que se prolonga un poco más en Sortes, con las mayores diferencias registradas entre duración del día y la de los recorridos (297 minutos), y recorridos en torno a los 570 minutos;
3. *Fase de estabilización en valores elevados (ALT)* de junio a agosto en Freixedelo y de julio a septiembre en Sortes con recorridos de duración muy elevada (750 minutos) y muy baja diferencia entre estos y la duración del día (88 minutos);
4. *Fase de descenso lento (DL)* de septiembre (Freixedelo) u octubre (Sortes) hasta diciembre, con recorridos extensos (543 minutos) comparativamente a la duración del día, lo que explica las bajas diferencias entre duración del día y del recorrido (82 minutos).

Nuestros resultados no permiten considerar claramente una *fase de descenso rápido* considerada por Rebollo (1996), tratando antes los recorridos con las características referidos por el autor como una situación distinta que designamos por MIN, referente a los recorridos de diciembre que presentan la menor duración anual (382 minutos) y diferencias de la duración del día respecto a los recorridos de 156 minutos (2.6 horas).

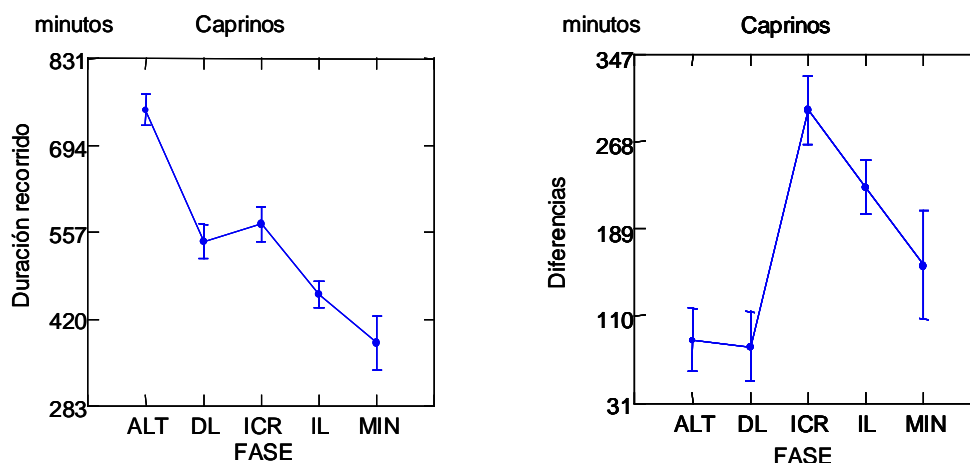


Figura 2.6: Duración de los recorridos y diferencias entre las duraciones del día y de los recorridos de caprinos en las fases consideradas.

La duración de los recorridos ($p \leq 0.001^{***}$) y su diferencia para el período diurno ($p \leq 0.001^{***}$) son significativamente diferentes en función de la fase del año (figura 2.6). La corta duración de los recorridos en diciembre (MIN) resulta de la reducida amplitud del día y de las propias diferencias entre ellos y la duración del período diurno. Este acortamiento del período de pastoreo tiene relación con la elevada sensibilidad de los caprinos al frío (véase Tabla II.4) y los recursos forrajeros que se encuentran frecuentemente helados por la mañana. La pequeña duración de los recorridos y la escasez de recursos alimentarios de calidad comprometen así la satisfacción de las necesidades alimentarias de los animales.

Tabla II.4: Temperaturas registradas a lo largo de los recorridos (temperatura de salida y entrada en la majada y, temperaturas máxima e mínima registradas a lo largo del día) de caprinos.

Fase	Salida	Entrada	Máxima	Mínima
	°C			
Estabilización en valores elevados (ALT)	16	21.2	28.5	16
Descenso lento (DL)	9.4	11.4	15.3	9.
MIN	4.7	5.7	8.7	4.5
Incremento lento (IL)	6.9	8.5	13	6.9
Incremento rápido (ICR)	16	18.1	21.6	15.7

La escasez de recursos y el aumento de las necesidades de los animales al final del verano/principio del otoño – época natural de parto seguida de lactación - explica por qué en la fase de *descenso lento* los recorridos aumentan comparativamente a la fase de *incremento lento* contrariando la duración del período diurno. La gran diferencia entre la duración del día y la de los recorridos en la fase de *incremento rápido* indica que se trata de una época de

abundancia de recursos alimentarios, o sea, un período en el que no es preciso apurar mucho el día.

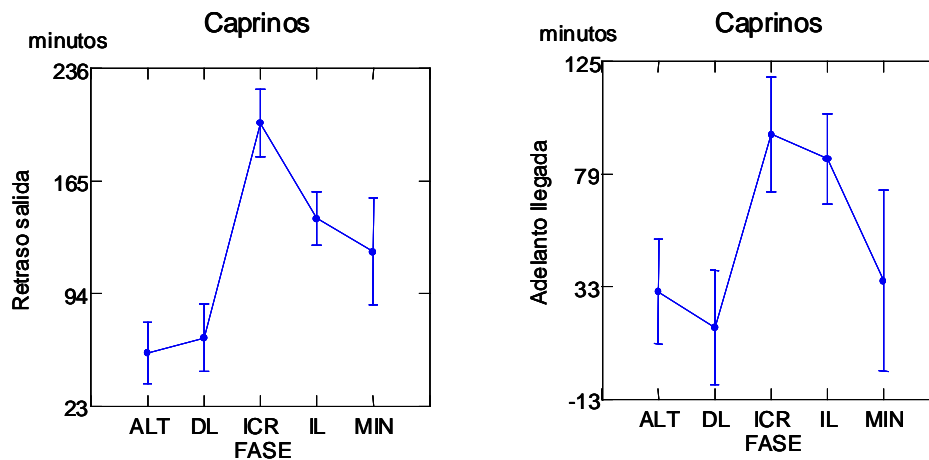


Figura 2.7: Retraso en la salida y adelanto en la llegada manifestadas por los rebaños de caprinos en las fases del año consideradas.

El patrón de retraso en la salida de la majada varía con la fase del año ($p < 0.001^{***}$; véase figura 2.7). Sin embargo, el adelanto en la llegada no está influida por el efecto animal, coincidiendo estos resultados con lo que hemos comentado antes, o sea, la tendencia del ajuste de la llegada con el anochecer.

El análisis de la evolución de la duración de los recorridos de ovinos a lo largo del año permite también identificar los distintos períodos, que coinciden sensiblemente con los propuestos para los caprinos (véase figura 2.8). La duración de los recorridos ($p \leq 0.001^{***}$) y las diferencias entre la duración de los recorridos y la del período diurno ($p < 0.001^{***}$) son significativamente diferentes en función de la fase del año, a semejanza de lo que sucedía con los caprinos. Las fases consideradas son:

1. *Fase de incremento lento*: de enero a mayo aunque no empiece antes de marzo para el rebaño de Vinhais, con recorridos en media de 375 minutos y diferencias de 326 minutos con ligeros aumentos y disminuciones entre meses;
2. *Fase de incremento rápido*: en mayo (Vinhais) o en la transición del mes de mayo para junio (Rebordainhos), con duración media de 563 minutos y diferencias respecto al período diurno de 276 minutos;

3. Fase de estabilización en valores elevados de junio a septiembre, con recorridos medios de 866 minutos y diferencias negativas respecto al período diurno de 32 minutos;
4. Fase de descenso lento: de octubre a diciembre (Rebordaínhos), con recorridos medios de 395 minutos y diferencias respecto al período diurno de 197 minutos.

Tal como para los caprinos, la ampliación del período de pastoreo de ovinos en verano (*estabilización en valores elevados*) es una práctica similar a lo que sucede en condiciones naturales de libre pastoreo (Bowns, 1971; Warren & Mysterud, 1991).

En caso de los ovinos, el retraso en la salida ($p \leq 0.001^{***}$) y el adelanto en la entrada ($p \leq 0.01^{**}$) presentan diferencias significativas en función de la fase del año (figura 2.8). En verano (*estabilización en valores elevados*), la salida y regreso a la majada coincide respectivamente, con el amanecer y anochecer, o justo antes y después de estos momentos.

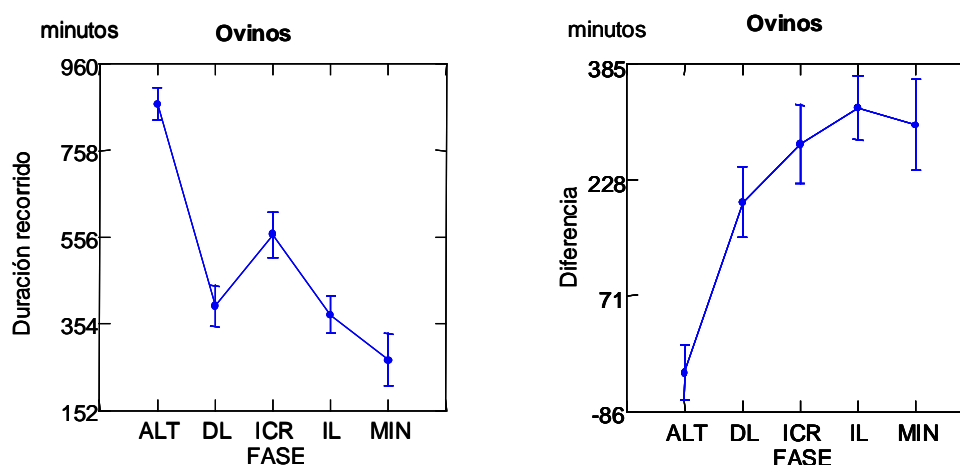


Figura 2.8: Duración de los recorridos y diferencias entre las duraciones del día y de los recorridos de ovinos en las fases consideradas.

La elevada duración de los recorridos en verano, con duración superior al período diurno (*estabilización en valores elevados*) está justificada por la necesidad de ampliar el período de pastoreo por la grande sensibilidad de los ovinos a temperaturas elevadas (véase Tabla II.5). La reducida duración de los recorridos en las fases de *descenso lento* e *incremento lento*, es posible por la disponibilidad de recursos forrajeros de gran calidad o de suplementos distribuidos en las majadas.

Tabla II.5: Temperaturas registradas a lo largo de los recorridos (temperatura de salida y entrada en la majada y, temperaturas máxima e mínima registradas a lo largo del día) de ovinos.

Fase	Salida	Entrada	Máxima	Mínima
	°C			
Estabilización en valores elevados (ALT)	14.5	17.7	25	13.3
Descenso lento (DL)	10.1	8.9	13.3	8.1
MIN	8.7	6.5	9	6.5
Incremento lento (IL)	8.8	8.6	11.8	7.9
Incremento rápido (ICR)	10.6	12.5	16.5	10.2

De acuerdo con Rebollo (1996), la finalización del período de pastoreo casi siempre antes de la noche, y el fuerte retraso de la salida de los rebaños por la mañana (salvo en los meses de estabilización en valores elevados - ALT) parecen ser decisiones del pastor. Este hecho puede considerarse como una imitación de lo que ocurre con los animales en libre pastoreo. Como señala Bowns (1971), los ovinos en libre pastoreo durante el período del verano dejan los dormideros al romper del día o ligeramente antes, mientras que, en el principio del otoño permanecen en esos lugares hasta una hora después de amanecer.

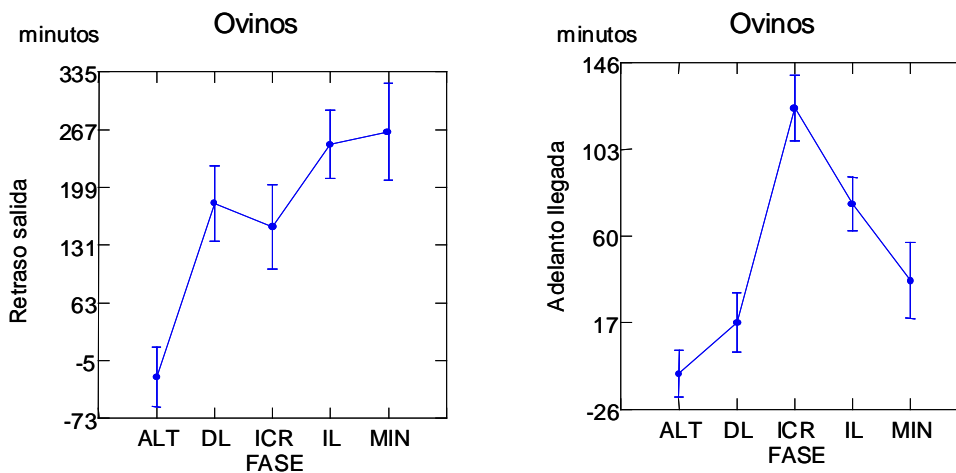


Figura 2.9: Retraso en la salida y adelanto en la llegada manifestadas por los rebaños de ovinos en las fases del año consideradas.

La duración de los recorridos de ambas las especies sólo es similar en la fase de *incremento rápido*, en torno a las 9.5 horas. En la región de estudio, este período del año (mayo) se caracteriza por temperaturas suaves y gran disponibilidad de recursos forrajeros. En verano (*estabilización en valores elevados*), los recorridos de ovinos tienen una duración superior (aproximadamente 2 horas) a de los caprinos. El pastoreo nocturno de ovinos

durante el verano en las regiones más calientes de Trás-os-Montes es una práctica corriente (Barbosa, 1993; Barbosa & Portela, 2000; Castro *et al.*, 2000a; Castro *et al.*, 2000b).

También, en ambientes más difíciles de los que ocurren en nuestras condiciones, los caprinos pastorean frecuentemente durante la noche. Morand-Fehr (1981) señala el cambio en los períodos de pastoreo de caprinos durante la estación caliente y seca, desde período diurno hacia el nocturno. Diversos autores (Terril, 1968; El-Nouty *et al.*, 1988) señalan que los caprinos están más adaptados a ambientes calientes y secos que los ovinos, por lo que los ovinos tienen recorridos mayores en el verano, verificándose lo contrario en el resto del año. En nuestras condiciones de estudio, no se ha documentado propiamente pastoreo nocturno, sino pastoreo en el período de penumbra tras el anochecer, siendo los rebaños conducidos a sus corrales cuando ya es noche cerrada.

Las diferencias en el retraso de la salida respecto al amanecer son muy marcadas entre ovinos y caprinos a lo largo de las distintas fases. En los períodos calientes del año (*fase de estabilización en valores elevados*), los ovinos salen muy temprano, sin “retrasos”. Cuando suben las temperaturas a finales de primavera (*incremento rápido*), los ovinos salen también más adelantados que los caprinos. Sin embargo, los caprinos salen siempre más temprano en invierno (*descenso lento y incremento lento*), período en el que los animales no hacen la siesta y hay apenas un período de pastoreo.

No hay diferencias importantes entre especies respecto a los adelantos en la llegada a la majada al anochecer cuando comparamos las mismas fases del año. La pauta de variación en la hora de llegada resulta de la necesidad de ampliar el período de pastoreo, un poco más marcada para los ovinos en la fase de *estabilización en valores elevados*, pero con tendencia en ambas especies a ajustar el final de la jornada de pastoreo al anochecer.

Para los ovinos, estas diferencias en la salida y entrada en la majada corresponden a estrategias de explotación diferentes que permiten clasificar el año en dos períodos diferentes: *el invierno* - meses en que los animales no hacen la siesta, y *el verano* - meses en que los animales hacen la siesta. Los ovinos tienden a consumir recursos de mejor calidad

(hierba de gran calidad y cereales para consumo directo), recibiendo suplementos (henos y granos) en las majadas en invierno, para acortar sus períodos de pastoreo. Durante el verano, su sistema de explotación se acerca más al de los caprinos.

4.2 La intensidad del uso del territorio

La organización tradicional del territorio en las áreas rurales se caracteriza por un conjunto de anillos en cuyo centro se sitúa el núcleo urbano, rodeado por campos de cultivo en los primeros y de las áreas forestales en los más alejados. Las áreas de apacentamiento del ganado están organizadas también en un sistema de anillos virtuales, concentrándose los ovinos en los más cercanos y los caprinos en los más alejados. De hecho, parece haber una partición clara del territorio pastoral similar a aquella que se verifica para los diversos cultivos.

Si los recorridos de caprinos son más extensos y rápidos que los de ovinos, es porque su tasa de permanencia en las unidades forrajeras es baja, tendiendo esa especie a explotar territorios más alejados. Por el contrario, los ovinos pastorean unidades territoriales más cercanas a los pueblos y su permanencia en las unidades forrajeras suele ser más prolongada.

La intensidad de utilización de las diferentes clases de uso de suelo es distinta entre ovinos y caprinos (Tabla II.6). Los primeros basan su alimentación en los usos correspondientes a la matriz agrícola mientras que los segundos se apoyan en los usos referentes a la matriz forestal (véase Tabla II.7 y figura 2.10). Dependiendo de la clase de uso de suelo analizada (agricultura anual, agricultura perenne, pastos, matorrales y florestas), su importancia en los recorridos varía con la especie y/o con el período del año (véase Tabla II.6).

Tabla II.6: Resultados del análisis de varianza referente a la importancia relativa de las clases de uso del suelo en los recorridos (número de observaciones y valores de probabilidad).

Parámetro	N	Factores principales		Interacción
		Especie	Período del año	Especie * Período del año
agricultura anual	50	0.009	ns	ns
agricultura perenne	24	0.05	ns	ns
pastos	39	0.017	ns	ns
matorrales	52	0.000	ns	0.013
floresta	35	0.001	0.000	ns
camino	52	ns	ns	ns

ns = no significativo

La diferencia de utilización de la clase de uso agricultura perenne en los recorridos de pastoreo de ovinos (17.39%) y de caprinos (1.35%) se debe al conjunto de restricciones que los caprinos tienen para utilizar dicha clase de uso, dominada por pomares de castaño, olivares y viñedos. La figura 2.11 indica asimismo que el uso de las áreas de agricultura perenne es claramente más importante en los recorridos de invierno. La discrepancia entre períodos del año en la intensidad de utilización de los pastos por ovinos y por caprinos (figura 2.11) sugiere que el tipo de pastos que aprovechan unos y otros no son del mismo tipo. Los ovinos recorren los prados irrigados y los caprinos recorren sobre todo los pastizales.

Tabla II.7: Importancia relativa de las clases de uso (y caminos) en los recorridos de ovinos e caprinos.

	Ag. perenne	Ag. anual	Pastos %	Matorrales	Floresta		Caminos
					verano	invierno	
Ovinos	17.39	31.51	25.11	5.53	17.97	0.74	12.7
Caprinos	1.35	12.82	7.64	47.39	27.44	8.33	

La utilización de las áreas de agricultura anual mantiene la dicotomía entre ovinos y caprinos, con una proporción de tiempo en los recorridos de ovinos de 31.51%, y en los de caprinos de sólo 12.82%. Pasa lo mismo con la clase de uso de suelo pastos donde los ovinos pasan 25.11% del tiempo del recorrido y los caprinos 7.64%. Entre estaciones del año, las áreas de agricultura anual prácticamente no varían, tanto en los recorridos de ovinos como en los de caprinos.

La clase de usos matorrales es la que más diferencia recorridos de ovinos de caprinos, presentando 5.53% del tiempo total en el primero caso y 47.39% en el segundo. Son

resultados que sugieren diferentes estrategias alimentarias entre ovinos y caprinos, los primeros con tendencia al pastoreo y los segundos al ramoneo. La mayor utilización de la clase matorrales en verano por los recorridos de ovinos podrá estar ligada tanto a su mayor atracción en este periodo (recursos de mayor calidad en los meses de mayo y junio), como con su conectividad territorial con las florestas, o sea, podrá ser una utilización deliberada o consecuente.

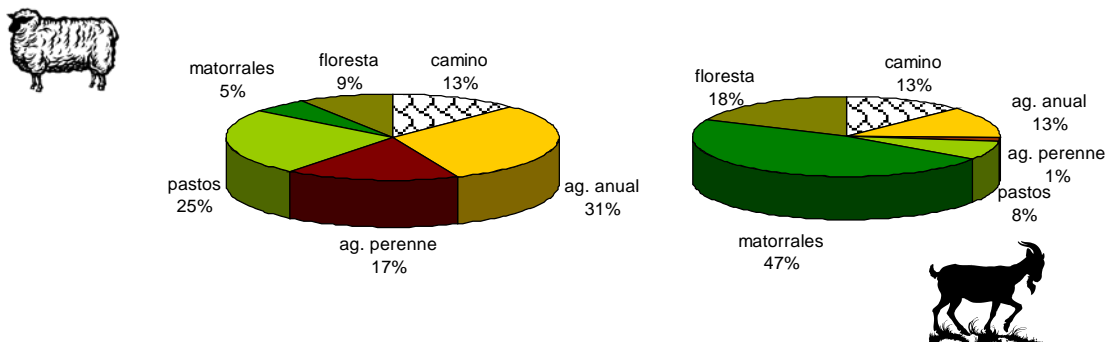


Figura 2.10: Importancia de las diferentes clases de uso en los recorridos de ovinos y caprinos.

La importancia relativa de los caminos en los recorridos es en media de 12.7%, y no está influenciada por los factores considerados (especie y período del año). Generalmente el tiempo empleado en caminos está ligado a la localización de las majadas (Barbosa & Portela, 2000) y los puntos de agua en verano (Bourbouze & Donadieu, 1987).

También es distinta la importancia de la clase de uso de suelo floresta en los recorridos entre ovinos y caprinos a lo largo del año. La floresta está más demandada e intensamente utilizada por caprinos en verano, en relación con las necesidades de reposo de los animales. En los recorridos de caprinos, basados siempre en la matriz forestal, la floresta pierde influencia desde verano hacia invierno, ocurriendo lo inverso con la clase matorrales. Esta sustitución está relacionada con la caducidad de la hoja del rebollo que domina las florestas de la región estudiada. También en verano los ovinos pasan amplios períodos del día en estos espacios, quedando desde las diez horas de la mañana hasta las seis horas de la tarde. Considerando el aporte de esta clase de uso de suelo, en cuanto a recursos alimentarios y de abrigo, nuestros resultados indican que los ovinos buscan en la floresta sobre todo el bienestar (17.97% en verano y 0.74% en invierno) mientras que los caprinos

buscan tanto el abrigo como los recursos forrajeros (27.44% en verano y 8.33% en invierno), como veremos con detalle a continuación. Entre los recursos alimentarios aportados, la hoja del melojo es el más importante en nuestra región.

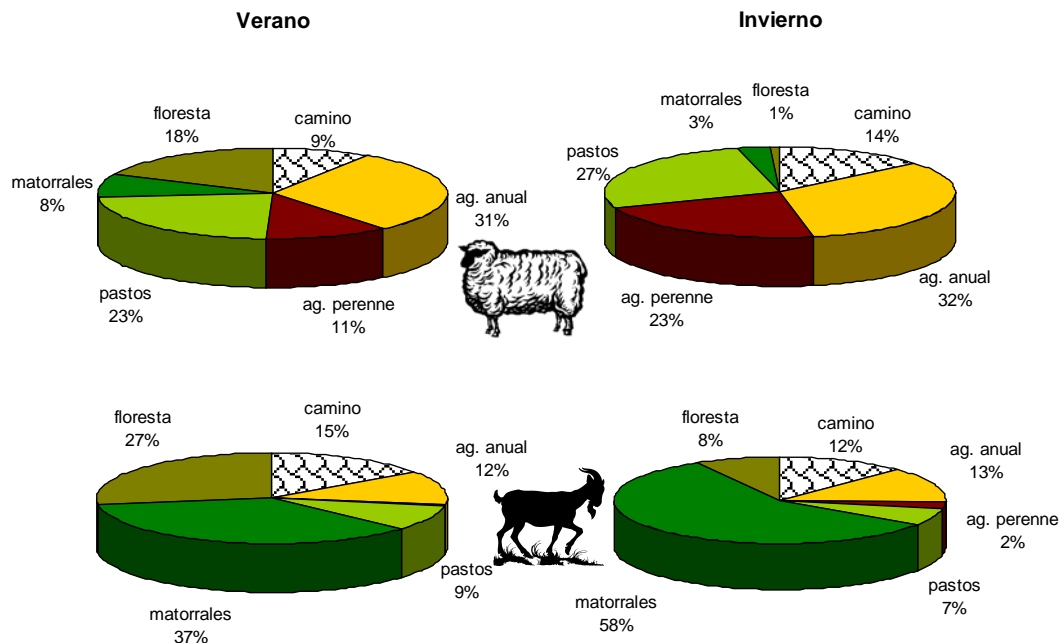


Figura 2.11: Importancia de las diferentes clases de uso en los recorridos de verano e invierno.

El abandono de la actividad agraria introduce reorganizaciones y ajustes, trasladándose las formas menos exigentes de aprovechamiento de los recursos a los territorios dejados libres por otras formas más exigentes y vaciando de alguna manera el concepto de *aptitud del territorio*. Podríamos decir que en la actualidad el concepto de aptitud sólo tendría interés como indicador limitativo de la explotación de los recursos y orientador de la planificación de los mismos.

La dicotomía en la forma de utilización del territorio es muy marcada entre ovinos e caprinos. La producción de ovinos se basa en la composición de usos ligados a la matriz agrícola mientras que la producción de caprinos se apoya en los usos ligados a la matriz forestal. Los territorios que explotan unos y otros aparentemente tampoco son coincidentes, aprovechando los caprinos los recursos leñosos que se ubican en las áreas de monte

(matorral y de bosque), en zonas más alejadas, y los ovinos, los recursos más cercanos a los pueblos, en las áreas de cultivo y pastos.

Los ovinos basan su alimentación en las áreas de agricultura anual, y como complemento explotan las áreas de agricultura perenne y pastos en función del calendario de disponibilidad de recursos. El recurso a los matorrales surge asociado al período de verano, pareciendo que dicha utilización se liga directamente a la escasez de otros recursos alimentarios más atractivos. Las áreas de floresta funcionan principalmente para los ovinos como lugares de siesta.

Los recorridos de los ovinos parecen estar más diversificados en verano, debido a su penetración en la matriz forestal. Este hecho se debe, probablemente y como veremos en adelante, a la necesidad de buscar otras funcionalidades en el territorio, más allá de las tradicionales en la matriz agrícola. En el verano los recorridos de ovinos están muy influenciados por la disponibilidad de puntos de agua y sesteaderos (Barbosa & Portela, 2000). Al mismo tiempo, los mismos autores señalan que como la cantidad y calidad de los recursos alimentarios varían a lo largo del año, el pastor cambia los recorridos con el objetivo de acompañar dicha variación.

A pesar de estar la producción caprina íntimamente ligada a un conjunto de usos relacionados con la matriz forestal, hay diferencias importantes entre los dos rebaños analizados, lo que nos lleva a admitir que las variables de carácter socio-cultural influyen profundamente en la forma de utilización del territorio.

La base alimentaria de los caprinos suele estar constituida por los matorrales y las florestas. No obstante, pueden recurrir a cualquier otro tipo de recurso de forma oportunista, probablemente debido a la valoración positiva que hacen de los nuevos recursos y a la tendencia de cambiar, tanto de lugar como de recurso. Varios autores (Landais & Balent, 1995; Napoléone, 1995) señalan el oportunismo en la explotación y elección de los recursos como un carácter propio de los sistemas extensivos. Este comportamiento está muy presente en el rebaño de Sortes, probablemente porque se trata

de un rebaño pequeño, subsistiendo con las distintas posibilidades que aparecen, y porque el ganadero, al tener una edad avanzada, no es proclive a hacer grandes desplazamientos por la sierra.

La producción de ovinos y caprinos tiene distinto significado la primera se puede entender como una producción más estable y regular, los recursos utilizados son relativamente independientes de las transformaciones que ocurren a pequeña escala en el territorio. Contrariamente, la producción de caprinos es profundamente dependiente de las transformaciones en el territorio, incluso a pequeña escala, ya que se basa en una exploración de recursos totalmente oportunista (basada en los recursos disponibles en cada momento) y, cualquier pequeño cambio en los usos del suelo puede condicionar de forma muy significativa esta actividad.

4.3 Relación entre la abundancia de usos del suelo y su utilización por los rebaños

La comparación entre las proporciones de cada una de las clases de uso de suelo del territorio de cada aldea y su proporción en los recorridos puede emplearse como un índice de la preferencia, en sentido amplio, de cada uno de los rebaños por las distintas clases de uso a lo largo del año. Esta preferencia depende a la vez de las restricciones impuestas al rebaño en la circulación por el territorio (propiedad privada / propiedad comunal, restricciones de uso, ordenanzas, etc.), del conjunto de decisiones del pastor y de su interacción con el rebaño, o sea, de la interpretación razonada que el pastor hace de las preferencias de sus animales, tratándose por tanto una “preferencia condicionada”. Cuando el porcentaje de utilización de una clase de uso de suelo es superior a su disponibilidad en el territorio, se considera como preferida; si su disponibilidad es proporcionalmente más elevada que su utilización, se considera una clase rehusada.

Tabla II.8: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Rebordaínhos).

Territorio \ Recorrido (%)	Ag. anual	Ag. perenne	Pastos	Floresta	Matorrales	Mag.	Mfl.
	36.68	10.28	3.29	20.23	28.85	50.25	49.08
verano	52.54	1.44	2.72	6.84	34.48	56.7	41.32
invierno	49.33	15.41	11.56	5.90	10.09	76.3	15.99

Nota: Los usos no agrarios (aglomerados urbanos dispersos, caminos, charcas, etc.) no fueron considerados, justificándose así, las diferencias entre la suma de las clases de uso y los 100%.

Comparando la abundancia de las clases de usos en los recorridos de verano y invierno, y el territorio de las aldeas, sobresale que la preferencia no se mantiene a lo largo del año.

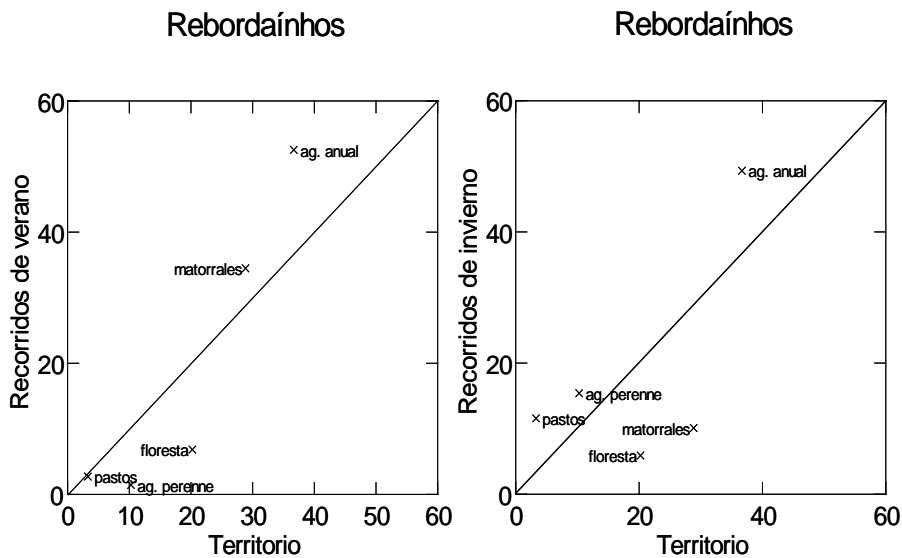


Figura 2.12: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Rebordaínhos.

La clase agricultura anual es la base de sustentación para los recorridos de los rebaños de ovinos (cerca de 50 %), siendo preferida en la generalidad de las situaciones, y sólo rechazada en invierno en Vinhais (véase figura 2.12 y figura 2.13, y Tabla II.8 y Tabla II.9). Por no ofrecer ningún otro recurso o servicio especializado diferente de la alimentación, su elevada utilización por los rebaños es indicadora del abandono de la agricultura tradicional basada en la producción de cereales, y sólo así se explica su gran disponibilidad en invierno (en Vinhais es un poco menor). Las clases de uso agricultura perenne y pastos son preferidas en el invierno y rehusadas o indiferentes en verano. Su explotación tradicional y los recursos que aportan explican tal patrón de preferencia. Estas áreas de usos agrícolas permanentes están constituidas principalmente por castaños

(Rebordaínhos, Vinhais, Sortes) y su aprovechamiento por el ganado ovino o caprino no es posible antes de la cosecha comercial de la castaña. Por otro lado, los prados de siega (*lameiros*) están prohibidos para el pastoreo entre abril y junio, cuando se corta la hierba para heno. La gran utilización de la agricultura perenne en los municipios de Vinhais en verano es debida a la elevada extensión de estos cultivos, lo que implica que los castañares sean atravesados por los rebaños para acceder a las áreas de agricultura anual.

Por el contrario, la clase de usos “matorrales” es preferida por los ovinos en verano y rechazada en invierno, lo que puede explicarse por su mayor utilización (alimentación y reposo) en aquel período del año. De hecho en verano, el rebaño de Rebordaínhos se detiene frecuentemente para la siesta en formaciones adultas de *Cytisus striatus*. La baja utilización y preferencia de floresta en verano revela el uso de otros espacios distintos los bosques como sesteaderos.

Tabla II.9: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Vinhais – verano/Zido e invierno/Lagarelhos).

Territorio	Ag. anual	Ag. perenne	Pastos	Floresta	Matorrales	Mag.	Mfl.
Recorrido (%)	42.36	23.32	0.79	13.82	18.66	66.47	32.48
verano	48.12	18.72	0.93	13.24	11.66	67.77	24.90
Territorio	Ag. anual	Ag. perenne	Pastos	Floresta	Matorrales	Mag.	Mfl.
Recorrido (%)	44.36	26.98	2.20	20.23	5.85	73.54	26.08
invierno	21.25	49.39	15.70	13.66	0.00	86.34	13.66

En Rebordaínhos, el conjunto de las áreas agrícolas (agricultura anual, agricultura perenne, pastos) tiene aproximadamente la misma superficie que las áreas forestales (floresta, matorrales), pero contribuciones desiguales en los recorridos, circunstancia que a su vez varía con la estación del año. A pesar de que las áreas agrícolas son siempre las preferidas, las diferencias entre verano e invierno son considerables. Asimismo las áreas forestales son rechazadas, pero también con grandes variaciones de utilización entre períodos del año. Durante el invierno, incrementa la utilización de la matriz agrícola y disminuye la utilización de la matriz forestal.

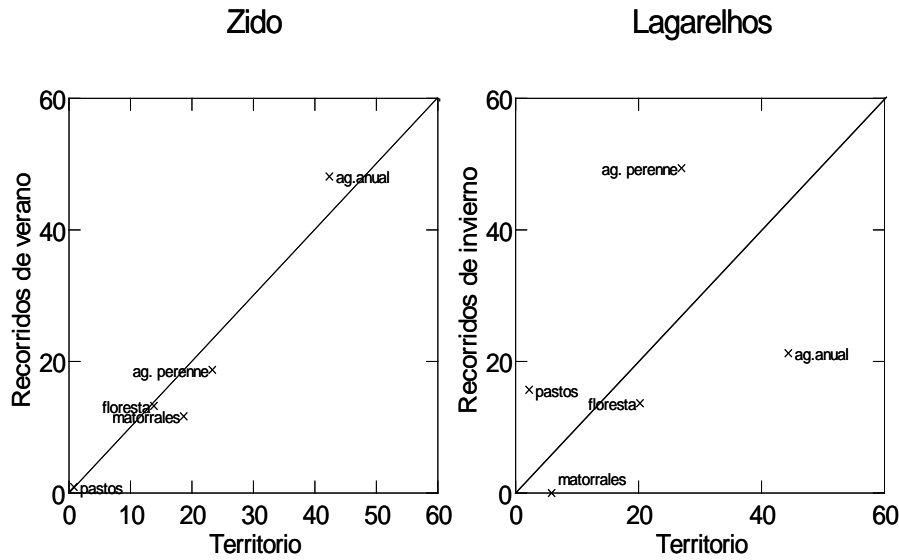


Figura 2.13: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Vinhais.

Respecto a la preferencia del territorio por los rebaños de Vinhais, el patrón general sigue lo comentado para el de Rebordainhos, aunque para esta situación concreta el análisis presentó algunas limitaciones debido al cambio de rebaños de una estación a otra.

Pese a no ser muy diferente la composición de los territorios en estudio, su utilización por los sistemas tradicionales de ovinos y de caprinos es distinta, como consecuencia de su diferente naturaleza (véase figura 2.14 y figura 2.15, Tabla II.10 y Tabla II.11). En los recorridos de caprinos de Freixedelo, la utilización de la clase agricultura anual es siempre inferior a su disponibilidad, tendencia muy marcada en invierno.

Tabla II.10: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Freixedelo).

Territorio	Ag.anual	Ag. perenne	Pastos	Floresta	Matorrales	Mag.	Mfl.
Recorrido (%)	36.33	3.72	4.29	18.22	36.91	44.34	55.13
verano	27.17	3.05	12.47	11.67	44.69	42.69	56.36
invierno	9.80	2.77	8.72	22.60	55.29	21.28	77.89

El incremento de la utilización de esta clase en el verano se debe a la gran cantidad de rastrojos disponibles en julio y agosto que pueden ser recorridos libremente por cualquier rebaño, y que no están disponibles para caprinos fuera del período de aprovechamiento de los rastrojos. Las características muy particulares de los recorridos de

Sortes hacen que las clases agricultura anual, perenne y los pastos sean indiferentes o rehusados.

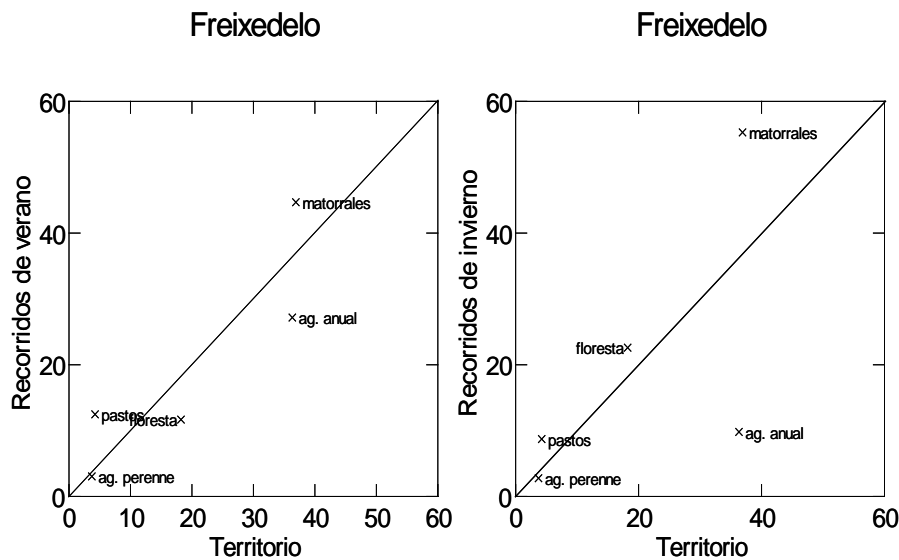


Figura 2.14: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Freixedelo.

Para los sistemas de caprinos, la clase floresta surge como preferida en el invierno y rechazada en verano, revelando una tendencia claramente inversa a la que sucedía con los rebaños de ovinos. Por un lado, los caprinos aprovechan recursos alimentarios de los bosques en cualquier época del año, a lo que habría que añadir su eventual utilización para hacer la siesta. Por otro lado, la utilización de los bosques es importante en los períodos de carencia de recursos alimentarios. Así, la disponibilidad de áreas de agricultura anual, agricultura perenne y pastos en el verano, conduce a una disminución de uso tanto de la floresta, como de los matorrales. De hecho, la clase matorrales constituye siempre la base de alimentación de los caprinos, con su utilización superior a su disponibilidad, acentuándose aún más esta tendencia en invierno. La base de sustentación de estos rebaños son las áreas forestales, siempre preferidas todo el año aunque las diferencias entre disponibilidad y utilización sean poco llamativas en el verano.

La composición de la clase de uso agricultura perenne en Freixedelo tiene una naturaleza diferente de la encontrada en las otras aldeas; aparte de los pomares de castaño, existen olivares y viña; y su importancia (3.72%) es también menos expresiva. Es interesante remarcar que a pesar de ser una clase de reducida disponibilidad, es poco utilizada por este rebaño, comprobando que los caprinos afrontan muchas restricciones para usar estas áreas.

Más aún, su mayor utilización en verano que en invierno pone de manifiesto un tipo de utilización distinto al verificado para los otros rebaños en los otros municipios estudiados; frecuentemente, este rebaño usa como sesteadero un olivar abandonado junto al Río Sabor, lo que aumenta en el verano la proporción del tiempo en agricultura perenne.

Tabla II.11: Comparación entre el territorio disponible y el atravesado por el ganado (Sortes).

Territorio	Ag. anual	Ag. perenne	Pastos	Floresta	Matorrales	Mag.	Mfl.
Recorrido (%)	32.43	11.19	14.77	15.50	25.38	58.39	40.88
verano	34.81	8.13	7.8	21.90	27.12	50.74	49.02
invierno	32.78	7.20	5.97	16.52	37.53	45.95	54.05

Las diferencias en la intensidad de utilización de las matrices agrícola y forestal por ambas especies son muy marcadas entre períodos del año. En el verano, los ovinos penetran en la matriz forestal debido a sus necesidades de reposo (generalmente floresta y ocasionalmente matorrales) y cambian de estrategia de explotación (más apoyada en los recursos espontáneos), lo que reduce las diferencias entre disponibilidad y utilización de la matriz forestal. En el verano, los caprinos penetran más en la matriz agrícola, probablemente porque la disponibilidad de la clase agricultura anual es mayor tanto para apacentamiento como para el paso de los rebaños, reduciendo las diferencias entre ambas matrices.

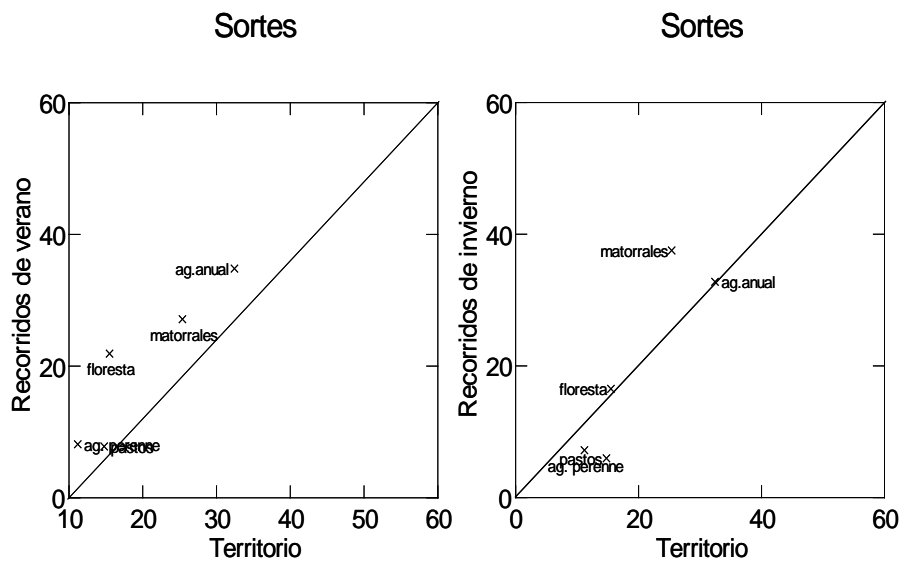


Figura 2.15: Relación entre la abundancia y utilización de las clases de uso en Sortes.

En el invierno parece ser que los rebaños vuelven a sus “hábitats originales”, penetrando los ovinos profundamente en la matriz agrícola (76.3% en Rebordáinhos y 86.34% en Vinhais), alejándose de la matriz forestal (15.99% en Rebordáinhos y 13.66% en Vinhais). Por el contrario los caprinos penetran profundamente en la matriz forestal (77.89% en Freixedelo y 54.05% en Sortes) en esta época, alejándose de la matriz agrícola (21.28% en Freixedelo y 45.95% en Sortes).

4.4 Funcionalidad de las clases de uso de suelo

La funcionalidad dominante de las clases de uso de suelo del territorio ha sido establecida a partir del análisis de las funciones F1, F2 y F3 (véase apartado 3.5). La función de los caminos es siempre de *acceso a recursos* como se puede atestar por los valores de F1, F2 y F3 (Tabla II.12): F1 o velocidad de desplazamiento elevada ($0.603 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), F2 negativa de valor absoluto muy elevado (-22.32), y F3 confirmando esta tendencia negativa.

La funcionalidad de los pastos es de permanencia (para alimentación), con velocidad baja ($F1 = 0.149 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) y F3 positiva. La función F2 asume valores significativamente distintos en función del tipo de rebaño ($P \leq 0.05^*$), siempre positiva pero de mayor valor en el caso de los ovinos, o sea, los ovinos permanecen durante más tiempo en los pastos por unidad de recurso explorado que los caprinos.

Los matorrales constituyen un recurso cuya funcionalidad depende del tipo de rebaño que los utiliza. En el caso de los ovinos, su velocidad de paso $F1 = 0.309 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($p \leq 0.01^{**}$) es indicadora de un tipo de funcionalidad de acceso a recursos, mientras que en el caso de los caprinos $F1 = 0.169 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ es indicadora de permanencia probablemente para alimentación. La función F2 ($p \leq 0.001^{***}$) confirma la anterior, alcanzando en el caso de los caprinos el valor de 8.123, y en el caso de los ovinos el valor de -2.771.

La agricultura anual presenta una funcionalidad diversificada y difícil de tipificar, posiblemente por el conjunto de recursos que agrupa, desde las superficies claramente forrajeras de maíz, centeno y avena para consumo directo, hasta barbechos ya colonizados por vegetación arbustiva. La velocidad de paso sugiere un valor entre la funcionalidad de

acceso a recursos y permanencia. F2 ($p \leq 0.001^{***}$), generalmente más robusta, en el caso de los ovinos parece indicar una funcionalidad del tipo permanencia mientras que en el caso de los caprinos su función está menos clara. F3 tiene valores próximos de cero, mostrando concordancia con F1 (frontera entre funcionalidades). La clase de uso agricultura perenne es muy interesante desde el punto de vista de su funcionalidad. La elevada velocidad de paso ($F1 = 0.336 \text{ m.s}^{-1}$) y el valor negativo de F3 harían suponer una función exclusiva de acceso a recursos, sin embargo si atendemos a F2, destaca la diferente funcionalidad en verano y invierno ($p \leq 0.001^{**}$). Esta es una clase de uso plurifuncional, aportando significados variados en períodos muy bien delimitados a lo largo del año (alimentación en la época de la castaña, abrigo en los días más fríos, etc.). Contrariamente a lo esperado y pese a utilizar proporcionalmente poco esta clase de uso, los caprinos explotan la función de permanencia con más persistencia que en el caso de los ovinos.

Tabla II.12: Funcionalidad de las diferentes clases de uso (y caminos) para ovinos y caprinos.

Funciones	Ovinos	Caprinos
F1 camino (52)		0.603
F2 camino (52)		-22.32
F3 camino (52)		-0.501
F1 Ag. anual (50)		0.235
F2 Ag. anual (50)	4.182	1.929
F3 Ag. anual (50)		-0.003
F1 Pastos (39)		0.149
F2 Pastos (39)	17.749	7.647
F3 Pastos (39)		0.295
F1 Matorrales (38)	0.309	0.269
F2 Matorrales (38)	-2.771	8.123
F3 Matorrales (38)		0.017
F1 Ag. perenne (24)		0.336
F3 Ag. perenne (24)		-0.158
F3 Floresta (35)	-0.154	0.230

Nota: Entre paréntesis el número de recorridos utilizados en el cálculo de las funciones.

La floresta es funcionalmente diferente dependiendo del período del año y del tipo de rebaño. La velocidad de paso ($F1 \text{ } p \leq 0.05^*$) es 0.311 m.s^{-1} en invierno, y 0.248 m.s^{-1} en verano. F2 tiene valores muy distintos ($p \leq 0.001^{***}$) en invierno (1.353) y verano (15.685). F3 es diferente en función del tipo de rebaño ($p \leq 0.01^{**}$). F1 y F2 indican que el acceso a los recursos en invierno sería su función primordial, mientras que en verano sus valores

revelan permanencia para alimentación o bienestar. Al mismo tiempo, F3 expresa una doble funcionalidad, de acceso a recursos en el caso de los ovinos, y de alimentación en el caso de los caprinos. Como tal, la clase floresta encierra una amplia funcionalidad, utilizada por los ovinos para acceso a recursos en invierno y bienestar en el verano, mientras que también es utilizada por los caprinos por sus cualidades alimentarias.

Tabla II.13: Funcionalidad de las clases floresta y agricultura perenne en verano e invierno.

Funciones	Verano		Invierno	
	Ovinos	Caprinos	Ovinos	Caprinos
F2 Ag. perenne (24)	-1.490	-0.457	0.609	3.143
F1Floresta (35)	0.248		0.311	
F2Floresta (35)	15.685		1.353	

5 Conclusiones

La duración del período diurno determina la duración de los recorridos de los pequeños rumiantes, condicionados éstos también por la disponibilidad de los recursos y por la variación anual de la temperatura máxima (ovinos) y mínima (caprinos). Los retrasos en la salida de la majada tienden a ser incrementados cuando los recursos son abundantes y disminuidos cuando son escasos. Las duraciones máximas y mínimas de los recorridos se observan cerca de los solsticios de verano e invierno, respectivamente. Asimismo, los recorridos de caprinos tienen un 50% más de extensión y son realizados con una velocidad media muy superior a la de los rebaños de ovinos (0.177 m.s^{-1} y 0.216 m.s^{-1}).

Con excepción de la fase de *incremento rápido* – ICR, que corresponde en nuestras condiciones de estudio al final de la primavera (mayo), la duración de los recorridos de ovinos y caprinos es diferente. Sólo en verano, los recorridos de ovinos son superiores a los de caprinos, apreciándose una tendencia inversa en los restantes períodos del año.

Se detectó un patrón de uso del territorio diferente entre ovinos y caprinos, relativamente independiente de la abundancia de las clases de uso, confirmando así la existencia de diferentes estrategias en el uso de los recursos entre ovinos y caprinos. La intensidad de utilización de las clases de uso de suelo consideradas – agricultura anual,

agricultura perenne, pastos, matorrales y floresta – indica que los sistemas ovinos basan su alimentación en las áreas agrícolas (agricultura anual, agricultura perenne, pastos) y los caprinos utilizan sobre todo las áreas forestales (matorrales y floresta).

Las diferencias en la intensidad de utilización de las áreas agrícolas y forestales por ovinos y caprinos son muy marcadas entre períodos del año. En verano, los ovinos tienen tendencia de irse a la matriz forestal por sus necesidades de reposo y alimentación. Parece ser que durante el verano los ovinos cambian de sistema de utilización de recursos, abandonando la alimentación en las superficies forrajeras sembradas del invierno, y pasando a consumir esos recursos espontáneos. Por el contrario, los caprinos entran a la matriz agrícola en verano, por la mayor disponibilidad de áreas de agricultura anual (rastros), son por tanto rebaños de estrategia típicamente oportunistas en la explotación de los recursos.

Las diferentes clases de uso tienen funciones diferentes dependiendo del período del año y de los rebaños que las explotan. De entre las funciones principales se detectó el paso para acceso a los recursos, y la permanencia que puede proporcionar la alimentación o el bienestar (abrigo del calor o frío). Los caprinos usan los matorrales para alimentación, mientras que los ovinos aprovechan preferentemente esta clase para desplazarse de una unidad territorial a otra. Los pastos siempre son usados por sus recursos alimentarios. La agricultura perenne es usada como fuente de recursos en el invierno, y como área de paso en verano. La agricultura anual tiene una funcionalidad diversa, difícil de tipificar por la gran diversidad de parcelas que agrupa (forrajes sembrados, antiguas tierras de cereales, etc.). En verano, los ovinos buscan la floresta para su bienestar, y en invierno la visitan muy poco, sólo para acceder a otras unidades territoriales. Los caprinos utilizan la floresta en invierno para alimentarse y en verano para alimento y reposo.

Del desarrollo del capítulo resulta claro que el sistema de pastoreo basado en recorridos está inserto y condicionado por alta complejidad en los usos del suelo que aún mantiene la comarca estudiada. Se observa que cada pequeña unidad territorial tiene su

función específica, y la sucesión de unidades atravesadas no es arbitraria, correspondiendo a una lógica de funcionamiento razonada y madurada a lo largo de los tiempos.

Conducta en pastoreo y selección de recursos.

Escala de comunidad y área de campeo

1 Introducción

Los hábitos alimentarios y las dietas de los animales son un componente muy importante de los estudios de interacción animal-vegetal. Son determinantes en la productividad de las explotaciones ganaderas extensivas (Demment & Greenwood, 1988), en la productividad cinegética (Martínez-Marínez, 2000; San-Miguel *et al.*, 2000), y representan en último caso la capacidad efectiva de los animales para adaptarse a las diferentes condiciones ambientales (Hofmann, 1989). Por otro lado, los hábitos alimentarios de los animales influyen directamente en la estructura de las comunidades vegetales con las que interactúan. El papel del animal en la conservación de la naturaleza y en la gestión del paisaje ha sido señalado numerosas veces en trabajos de la especialidad (De Miguel *et al.*, 1986; Celada *et al.*, 1989; Léouffre *et al.*, 1989; Owen-Smith & Cooper, 1989; Díaz Pineda, 1996; Gómez Sal & Rodríguez Merino, 1996).

Pese a abundante producción científica enfocada al tema del comportamiento alimentario, tanto en experimentos de suministro controlado como en condiciones de pastoreo real, sigue siendo muy difícil entender las opciones de los rumiantes en situaciones complejas de pastoreo (Dumont, 1997; Baumont *et al.*, 2000). Influyen en ello, la multiplicidad de factores que conlleva el proceso de selección del alimento. Además, los resultados referentes a las preferencias alimentarias de los animales en pastoreo, frecuentemente traducidas a partir de índices, son generalmente fragmentarios, estando limitados por unas condiciones de oferta vegetal muy particulares (Nudds, 1980; Rodríguez - Iglesias, 1998).

Los patrones temporales de actividad a lo largo del día expresan los requerimientos de los animales frente a las limitaciones ambientales apreciadas (Leclerc & Lecrivain, 1979),

constituyendo una parte esencial de su estrategia en pastoreo. La conducta en pastoreo varía a lo largo del año, con respecto a la disponibilidad y al valor alimentario de los distintos recursos vegetales, las condiciones ambientales y los estadios fisiológicos del animal (Aldezabal *et al.*, 1992), y puede ser interpretada como un proceso de adaptación del animal a su entorno.

El valor nutritivo escaso de los alimentos que consumen generalmente los ungulados (con relación a los consumidores secundarios) les obliga a destinar una parte substancial del día a actividades relacionadas con su alimentación (Rebollo, 1996). Además, y según el mismo autor, los rumiantes tienen la necesidad adicional de destinar tiempo a las actividades de rumia, para aumentar la velocidad de tránsito del alimento en el tubo digestivo y liberar el rumen.

Atendiendo a que la actividad de alimentación es marcadamente diurna y a los resultados obtenidos en el capítulo 2, podemos decir que en los sistemas en análisis, los cuales prácticamente no tienen suministros de forrajes y/o concentrados (en particular en el caso de los caprinos), el tiempo escasea para que los rumiantes se alimenten, principalmente cuando la duración del día es inferior a las nueve horas y la calidad del alimento es baja. Por otro lado, en los períodos del año con días largos y cálidos (en torno al solsticio de verano), el sistema de pastoreo en análisis demanda una cantidad de horas de trabajo excesiva no permitiendo a los ganaderos realizar otras actividades (hay que vigilar el rebaño durante 15 a 16 horas en el caso de los ovinos, y 12 a 13 horas en el caso de los caprinos).

En este sentido, es del mayor interés estudiar la conducta de pastoreo y ritmos de actividad diaria para percibir, por un lado, cómo los animales y ganaderos enfrentan las limitaciones ambientales a que están sujetos (días cortos y bajas temperaturas), y por otro, para recoger información que permita mejorar la eficiencia del sistema de pastoreo en estudio.

Tal y como se ha señalado en el capítulo anterior, los territorios explotados por ovinos y caprinos no coinciden a escala del paisaje (análisis de clases de uso/'habitats' en los

recorridos), por lo que la matriz de recursos explotados por ellos tiende a ser diferente. Si pretendemos profundizar en el conocimiento de este sistema, debe investigarse la utilización de los recursos vegetales a una escala más detallada, pasando ahora del nivel de “recorrido” o de análisis del ‘habitat,’ al de la unidad territorial (mancha/parcela), (véase figura 2.1 – Capítulo 2).

El presente capítulo se centra así en la utilización de los recursos vegetales a escala detallada, mediante el estudio de los regímenes alimentarios y de la selección de la dieta, y el análisis de la conducta de pastoreo y ritmos de actividad diaria de ovinos y caprinos.

Los objetivos específicos que se pretende alcanzar en este capítulo son:

1. Conocer cuales son los principales recursos alimentarios de las ovejas y cabras y cómo varía su importancia a lo largo del año;
2. Identificar las pautas de selección de la dieta en ovinos y caprinos;
3. Determinar los ritmos de actividad diaria de ovinos y caprinos, así como su variación anual;
4. Estudiar la variación anual de los tiempos dedicados a las distintas actividades para las dos especies
5. Reconocer las diferencias entre ovinos y caprinos, en función de su estrategia alimentaria.

2 Selección de la dieta

2.1 Un escenario de gran complejidad

Los herbívoros seleccionan sus dietas partiendo de la disponibilidad de recursos forrajeros con distintas características químicas y físicas del forraje (Dove, 1996). Como consecuencia, sus dietas resultan más ricas en nutrientes y más pobres en sustancias anti-nutricionales (toxinas) que el promedio del conjunto de los recursos disponibles (Parsons *et al.*, 1994; Provenza, 1995).

Numerosos factores influyen en el complejo proceso de selección, entre los cuales Hadjigeorgiou (2003) definió los siguientes:

- Las características físicas y químicas de los vegetales, incluyendo las concentraciones en sustancias anti-nutricionales o toxinas;
- Las características anatómicas del animal (tamaño corporal, estructura bucal: forma y tamaño, estructura del tracto digestivo, etc.);
- Las características fisiológicas del animal (necesidades nutritivas, fisiología del tracto digestivo, percepción sensorial del animal, etc.).

La importancia de las pautas hereditarias y de las experiencias previas, (Léouffre *et al.*, 1989; Parsons *et al.*, 1994; Provenza *et al.*, 1994; Provenza *et al.*, 1995; Pfister & Price, 1996; De Rosa *et al.*, 2000; Duncan & Young, 2002; Morand - Fehr, 2003), de la raza (Goetsch & Johnson, 1999; Brand, 2000; Rout *et al.*, 2002; Dziba *et al.*, 2003), de la interacción social dentro del rebaño (Barroso *et al.*, 2000), del sistema de explotación (Lecrivain, 1988; Leclerc & Lecrivain, 1990; Lecrivain, 1990; Lecrivain *et al.*, 1990) y de las condiciones ambientales (Arnold & Dudzinski, 1978; Odo *et al.*, 2001), también han sido señaladas como factores influyentes en el proceso de selección.

De acuerdo con Westoby (1974), la selección de la dieta procura la optimización de la mezcla de nutrientes. Por ello, cabras (Abijaoudé *et al.*, 2000) y ovejas (Newman *et al.*, 1992) suelen modificar sus preferencias a lo largo del año con vista a la diversificación de sus dietas y a la obtención de esa optimización.

Con respecto a la composición química, no parece tratarse en exclusivo de maximizar la tasa de energía/nutrientes por un lado, o minimizar la tasa de sustancias anti-nutricionales (toxinas) por otro. La cantidad de toxinas que los herbívoros pueden ingerir depende del tipo y de la concentración de nutrientes y toxinas que se encuentran en los vegetales que el animal consume (Provenza *et al.*, 2003). En principio, el consumo de un determinado vegetal está condicionado por los restantes elementos que componen la dieta

(Wang & Provenza, 1996; Villalba & Provenza, 2001), o sea, se trata más que todo de un balance entre toxinas y nutrientes. Por otro lado, la apetencia por macronutrientes específicos fue ya demostrada, alternando la preferencia por alimentos ricos en energía o en proteína, en función de la composición de su última comida (Villalba & Provenza, 1999a; Villalba & Provenza, 1999b).

2.1.1 La teoría del aprovechamiento óptimo y la hipótesis de la saciedad

La teoría de búsqueda y recolección óptima de alimento, también designada como teoría del aprovechamiento óptimo - *optimal foraging theory* - asume que los herbívoros seleccionan su dieta teniendo en cuenta la maximización de la tasa de energía por unidad de esfuerzo (Pyke, 1984; Stephens & Krebs, 1986). Basándonos estrictamente en esta teoría, y siendo intrínseca a los alimentos la variación de la calidad, los recursos de elevada calidad serían siempre los preferidos frente a los de baja calidad, por lo que algunos serían siempre ignorados por los animales, o sea, los herbívoros nunca manifestarían preferencia por los recursos más pobres (Provenza *et al.*, 2003); sin embargo se sabe que en la realidad no es esto lo que ocurre.

Los autores coinciden en general en que la teoría del aprovechamiento óptimo aporta los fundamentos básicos teóricos para interpretar el comportamiento alimentario de los animales en pastoreo, pero necesita incorporar numerosos aspectos que caracterizan la naturaleza del alimento y del comportamiento en pastoreo de los grandes herbívoros (Aldezabal, 1997). Así, se planteó que las preferencias manifestadas por los herbívoros tenían su origen en las interrelaciones entre el agrado (gusto) de los alimentos -*feed's taste* y su respuesta pos-ingestión *post-ingestive feedback*, que a su vez venía determinada por el estadio fisiológico del animal y por las características químicas del vegetal (Provenza, 1995). Según este autor, la respuesta *post-ingesta* se basa en que el animal, después de una comida, puede quedarse saciado (cuando el animal ingiere nutrientes de tipo y cantidad adecuados) o indispuerto (cuando el animal ingiere nutrientes o toxinas en exceso, o déficit de nutrientes), adquiriendo pues, preferencia o aversión. Ciertamente, las relaciones de preferencia o aversión son dinámicas (Provenza, 1996) y se alteran muy rápidamente; por

ejemplo, un rechazo puede surgir cuando uno alimento es consumido muy frecuentemente, o cuando es consumido en exceso.

La saciedad parece estimular los animales a explotar nuevos alimentos y nuevos lugares, y a razón de eso, la palatabilidad de un alimento puede cambiar durante o entre comidas (Landau *et al.*, 2000). Pese a los progresos de los últimos años, no se conoce aún los mecanismos que regulan la tendencia generalizada de diversificación de las dietas alimentarias con precisión (Morand - Fehr, 2003); a continuación abordaremos algunas de las hipótesis más frecuentemente referidas.

Para alimentarse, los herbívoros están obligados a consumir una variedad de vegetales más o menos ricos en diferentes tipos y concentraciones de toxinas, una vez que todas las plantas contienen dichos elementos (Provenza *et al.*, 2003). Como las diferentes toxinas actúan de diferentes formas en el animal, y son además neutralizadas por distintos mecanismos, los herbívoros serían capaces de alimentarse de un conjunto diversificado de vegetales para equilibrar la gama de toxinas (Freeland & Janzen, 1974). Otros autores (Morand - Fehr, 2003) interpretan dicho comportamiento con base en factores hedónicos, la busca de nutrientes específicos, o incluso el mantenimiento de un ambiente adecuado en el rumen, podría estar en la base de la diversificación de la dieta.

Recientemente fue propuesto por Provenza *et al.* (2003), un modelo de dinámica de comportamiento que integra la importancia de las pautas hereditarias, o vivencias adquiridas después del nacimiento, con la adquisición de hábitos a lo largo de la vida del animal. Según este modelo, las experiencias durante el desarrollo uterino y en las primeras fases de la vida del animal influyen marcadamente la adaptación a determinados tipos de alimento y hábitat, explicando la renuencia del animal en disfrutar de alimentos y ambientes poco familiares. Incluso el hecho de que el animal se sacie con el mismo tipo de alimentos, puede inducirle a variar su gama de alimentos, y alargar su escala espacial de búsqueda. En este proceso, el animal recibe un conjunto de estímulos (negativos y positivos), rechazando algunas opciones (aversión) y adquiriendo otras (preferencia). Tratándose de un proceso muy dinámico, y teniendo en cuenta que un alimento consumido en grandes cantidades y/o

frecuentemente puede desencadenar un conjunto de estímulos negativos (Provenza, 1996), parece lógica la busca de la diversidad.

Finalmente, parece ser que cuando los animales se encuentran saciados, los receptores neurológicos dejan de responder positivamente a los estímulos originados a partir del *feedback* de la ingestión de la gama de alimentos que motivó dicha saciedad, mientras que siguen respondiendo positivamente o negativamente a otros vegetales (Provenza, 1996). Esto sería el mecanismo que explicaría la busca de la diversificación de las dietas.

2.2 Patrón de variación de los regímenes alimentarios de caprinos y ovinos

La oveja (*Ovis aries*) y la cabra doméstica (*Capra hircus*) forman parte del Orden *Artiodactyla*, Tribu *Caprinae*. Todas las especies salvajes de *Caprinae* tienen una estrategia trófica definida como consumidores mixtos/intermedios del tipo *Intermediate opportunistic (mixed) feeders type* (Hofmann, 1989), alimentándose de una mezcla de tipos de plantas que incluye gramíneas, herbáceas no gramíneas y especies leñosas.

Aunque haya autores (Mason, 1984; Ryder, 1984) que remarcan que cabras y ovejas han evolucionado en condiciones ambientales similares, y solamente en épocas recientes de la evolución, ellas han ido sucesivamente divergiendo en cuanto a los ambientes que explotan, estas especies fueran domesticadas por el hombre en diferentes momentos de la historia de nuestras civilizaciones; la cabra fue probablemente el primer rumiante domesticado, hace unos 10 000 años en el área de Ganj Dareh, Irán; sólo pasados 2 000 años (Jarmo, Asia Menor) surgen registros de domesticación de ovejas (Hatziminaoglou & Boyazoglu, 2004). Por otro lado, desde el Neolítico que la oveja está relacionada con la actividad agrícola sobre todo por las necesidades de fertilización de los campos (Castro *et al.*, 2000b). Estas condiciones pueden haber favorecido un comportamiento trófico funcional diferente entre ovinos y caprinos.

Aparte de las hipótesis explicativas, los autores coinciden en que ambas especies difieren en sus estrategias de alimentación (Bullock, 1985; Gordon & Illius, 1992). La oveja

doméstica ha sido descrita como una especie pastadora *Grass/Roughage eaters type*, pero con mayor tendencia al ramoneo que la vaca (*Bos taurus*), y la cabra doméstica (*Capra hircus*) como especie intermediaria *Intermediate opportunistic (mixed) feeders type* (Hofmann, 1989).

En general, los autores coinciden en que la cabra doméstica demuestra un elevado patrón de selectividad y gran tendencia al ramoneo, aunque como resultado de su estrategia alimentaría oportunista ella adapte su régimen alimentario a los cambios periódicos de calidad y disponibilidad (Lu, 1988; Sharma *et al.*, 1998; Odo *et al.*, 2001; Dziba *et al.*, 2003). Las cabras parecen también ser más oportunistas en la explotación de recursos efímeros (Ngwa *et al.*, 2000) y tienen características que les permiten utilizar todo el tipo de recursos forrajeros, logrando incluso subir a los árboles cuando su estructura lo permite (Papachristou, 1994). Esta capacidad está relacionada con su agilidad, posibilidad de adopción de posición bípeda, pose de labio superior móvil y lengua prensil (Odo *et al.*, 2001).

Pese a las diferencias apuntadas en las estrategias alimentarias de ovinos y caprinos, Pfister & Malechek (1986) destacan la elevada variabilidad de ambas dietas a lo largo del año, con el consumo estacional de muchos recursos, algunos de ellos restringidos a cortos períodos del año. Los cambios anuales en las dietas resultan de la variación de la calidad y de la disponibilidad de los recursos (Westoby, 1978; Goby *et al.*, 1994; Papachristou, 1994; Reyneri *et al.*, 1994).

2.3 Breve revisión de las técnicas disponibles para el estudio de la dieta

En los últimos años se han desarrollado distintas metodologías para estimar la composición botánica de la dieta de los animales en pastoreo. En general, todas ellas presentan limitaciones tales como, coste, falta de precisión y mano de obra (Anthony & Smith, 1974; Vavra *et al.*, 1978; Johnson & Pearson, 1981; Holechek *et al.*, 1982; Mcinnis *et al.*, 1983; Meuret *et al.*, 1985), y se pueden agrupar en los siguientes tipos:

1. **Técnicas basadas en la observación de la vegetación pastoreada** (Laycock *et al.*, 1972; Mcinnis *et al.*, 1983; Adama, 1994; Castro, 1998). Se compara la vegetación en

situación de ausencia y presencia de pastoreo; generalmente se usan cajas de exclusión de pastoreo y la evaluación se hace, o mediante estimativa visual o, corte y pesaje, de muestras de las diferentes especies o categorías vegetales. Otra técnica, consiste en la realización de inventarios florísticos con transectos fijos, inmediatamente antes y después de la entrada de los animales.

2. **Técnicas basadas en el análisis indirecto del material post-ingirido.** Se identifican los fragmentos de alimento ingerido que han soportado diferentes grados de digestión en función de los compartimentos del tracto digestivo en los cuales son recogidos (esófago, rumen o ano). A su vez, dentro de este grupo existe una amplia variedad de métodos.

a. *Análisis micro-histológico de heces* - consiste en el reconocimiento micro-histológico de los fragmentos vegetales (cutículas y epidermis) de las diferentes especies o categorías vegetales presentes en las heces. Se utiliza para describir dietas de animales silvestres y domésticos en situaciones reales de pastoreo (Anthony & Smith, 1974; Vavra & Holechek, 1980; Pelliza-Sbriller *et al.*, 1984; Maizeret *et al.*, 1986; Diallo, 1990; Cuartas & García-González, 1991; 1992; Aldezabal, 1997; Bartolomé *et al.*, 1998). Es una técnica extremadamente laboriosa que requiere del analista gran experiencia y destreza.

b. *Método de las fistulas* - se basa en el análisis de las extrusas obtenidas con animales fistulados en el esófago (Cook *et al.*, 1958; van Dyne & Torell, 1964; Sidahmed *et al.*, 1981; Holechek & Vavra, 1983; Skogland, 1984; Pfister & Malechek, 1986; Fedele *et al.*, 1993; Lopez - Trujillo, 1995; Cruz & Ganskopp, 1998) o rumen (Lesperance *et al.*, 1960; Bergerud & Russell, 1964; Mohammad *et al.*, 1995); generalmente las primeras son las preferidas porque los fragmentos vegetales están menos degradados y la identificación de las especies es más fácil. Suele ser en la actualidad, el método más utilizado bajo condiciones en pastoreo muy controladas, o sea, en situaciones de fincas experimentales. Obviamente es una

técnica inadecuada para situaciones reales de pastoreo, donde se trabaja con rebaños particulares que diariamente se alejan mucho de sus lugares de pernocta.

- c. *Análisis de contenidos estomacales* - utilizada esencialmente para el estudio de animales salvajes (Hanson, 1970; Skogland, 1984; Cherel, 1988; Cherel *et al.*, 1991), sobre todo en aquellos que tienen interés cinegético, ya que se puede aprovechar el material de animales que han sido abatidos para hacer el análisis, pese a que algunos autores (Cherel, 1988; Cherel *et al.*, 1991) la hayan utilizado en animales domésticos para comparar metodologías.
 - d. *Marcadores internos* - se basan en la comparación entre el contenido en sustancias indigestibles (Gedir & Hudson, 2000) – *los marcadores* – en el tapiz vegetal y en las heces; los marcadores son elementos resistentes a la digestión y, por consiguiente, el análisis comparativo de las plantas y de las heces permite la aproximación a la dieta. Esta técnica sólo produce resultados satisfactorios en medios vegetales muy simplificados; entre estos marcadores destaca el uso de los *n-alkanos* (Mayes *et al.*, 1986). Los alcanos son hidrocarburos saturados existentes en la cutícula de la pared celular (Cuartas & García-González, 1996). La determinación de la dieta se basa en la comparación del patrón de estos elementos en los vegetales y en las heces. Tal como ocurre con otros marcadores, produce resultados interesantes cuando se trabaja con diversidades florísticas bajas (Dove & Mayes, 1991).
3. **Técnicas basadas en la observación directa del animal, en las cuales éstos son observados mientras pastorean** (Altmann, 1974; Bourbouze, 1980; Lecrivain & Meuret, 1984; Meuret *et al.*, 1985; Lecrivain, 1990; Léouffre, 1991; Becker & Lohrmann, 1992; Genin *et al.*, 1994; Dumont *et al.*, 1995; Richman & Johnson, 1995; Fajemisin *et al.*, 1996; Rebollo, 1996; De Miguel *et al.*, 1997; Ngwa *et al.*, 2000). Estas metodologías vienen siendo ampliamente utilizadas en estudios enfocados hacia los sistemas de pastoreo extensivo. Su principal limitación se relaciona con la dificultad

de observación de los animales en medios muy diversificados y con varios estratos de vegetación.

Generalmente, en las observaciones de terreno, o bien se cuantifica el tiempo dedicado a cada especie, o bien se registra el número de veces que el animal ingiere cada una de las especies. Los registros de frecuencia pueden ser instantáneos, en secuencias temporales pre-establecidas (generalmente 5, 15 o 30 minutos), o hechos durante un corto intervalo de tiempo (5, 10 minutos), también en secuencias temporales pre-establecidas (15, 30 minutos); generalmente este último caso se denomina de conteo de bocados o mordiscos.

3 *Material y métodos*

3.1 *Diseño del muestreo*

Para el estudio del comportamiento alimentario de ovinos y caprinos fueron seguidos dos rebaños de ovinos y dos de caprinos una vez al mes entre mayo de 1999 y mayo de 2000, desde la salida de la majada hasta su vuelta, generalmente al atardecer. Los muestreos incidieron, a la vez, en los animales y en la vegetación, partiendo de varias aproximaciones para el cumplimiento de los objetivos anteriormente expuestos. A continuación se explican cada una de las técnicas y métodos de muestreo en función de los objetivos.

El muestreo del comportamiento de los ovinos y caprinos se organizó registrando la actividad de un grupo de animales representativos del rebaño, elegidos al azar en cada observación. La selección del grupo de animales de muestreo se hizo dividiendo previamente el rebaño en ocho sectores o cuadrantes; para cada observación se muestrearon 10 animales (en el rebaño de Sortes apenas 5 animales) distribuidos por cada uno de estos cuadrantes, cambiando el sector en cada unidad de muestreo. Se trata del método *scan-sampling* por observación directa [Altmann, 1974 #329], un muestreo instantáneo en el cual se realizan registros sistemáticos a intervalos preestablecidos y regulares de tiempo. La toma

de datos se realizó cada 15 minutos, y siempre desde puntos próximos a los grupos de animales observados.

Las actividades registradas fueran:

1. Alimentación: animales realizando la acción de ingestión, en aprehensión, masticación o deglución. Cuando los animales hacen movimientos de busca de cabeza para abajo se considera también actividad de alimentación (Bordi *et al.*, 1994). Dentro de la actividad de alimentación se discrimina la actividad de pastoreo o ramoneo.
 - Pastoreo: toda la actividad de consumo de hierba, incluyendo también rastrojos y forrajes.
 - Ramoneo: toda la actividad de consumo de arbustos, hojas y frutos de árboles, incluyendo el consumo de agujas de pino, de trocitos de casca de castaño, etc.
2. Desplazamiento: todos los desplazamientos, tanto los que implican el conjunto del rebaño en hileras organizadas (cambio de unidad forrajera – parcela) como los desplazamientos cortos, desde que de cabeza erguida.
3. Reposo sin rumia: animales quietos, en descanso.
 - descansando en postura erecta (de pie)
 - descansando acostados (tumbados).
4. Reposo con rumia: animales quietos, en descanso, rumiando,
 - rumiando en postura erecta (de pie)
 - rumiando acostados (tumbados).

En simultáneo con el registro de las actividades de los animales, y cuando los animales permanecían en actividad de alimentación, se anotaran los consumos, en el caso de la vegetación leñosa al nivel de la especie, y en el caso de la vegetación herbácea al nivel de la comunidad (*sensu lato*). Se consideraran los siguientes tipos de comunidades herbáceas:

1. Prados (*Lameiros*);
2. Pastizales (pastos pobres de altitud, pastos ralos de zonas bajas, eriales o *baldíos*, pasto ralo de sotobosque de castaño, roble, olivo, etc.);
3. Rastrojos o barbechos;
4. Forrajes (maíz en el verano y, avena, cebada y nabo, en el invierno).

El conjunto de registros diarios referentes al comportamiento del ganado es muy variable en función del periodo del año. La secuencia máxima de registros diarios fue de 65, y la mínima de 15 puntos, cada 15 minutos. A lo largo del año y en función de las

características de los recorridos, el número de animales en muestreo varió entre 650 y 120 animales. El número total de puntos de muestreo fue de 17 750 a lo largo del periodo de estudio.

La disponibilidad de las diferentes especies vegetales fue valorada en los puntos coincidentes con la observación del comportamiento de los animales. La evaluación incidió sobre el territorio coincidente con el área potencial de permanencia y desplazamiento no organizado del rebaño, constituyendo por lo tanto, el conjunto de manchas donde se encuentra el rebaño. La disponibilidad de cada especie leñosa se estimó a partir de su cobertura. La estimación porcentual de la cobertura se realizó visualmente considerando la proyección vertical de su biomasa aérea.

En el caso de los árboles, sólo hemos considerado las formas no arbóreas, o aquellas en que el pastor interviene con sus hachas o palos para hacerlas disponibles (práctica muy frecuente para rebaños de caprinos en meses de escasez de alimento). La estimación de la disponibilidad de las especies cuando el pastor interviene directamente se reveló muy difícil. Respecto a la bellota o castaña, no fue posible estimar su disponibilidad dadas las características de los recorridos, con cambios casi permanentes de manchas y sitios. Por eso, no se diferencia hoja de fruto en el consumo de los árboles.

En el caso de las herbáceas se registró el tipo de comunidad (prado, pastizal, rastrojo o barbecho, y forraje), y se estimó su disponibilidad, a partir de la evaluación de la cobertura.

3.2 *Análisis de los datos*

3.2.1 Regímenes alimentarios

La dieta en cada recorrido fue estimada a partir del inventario de las especies vegetales consumidas a lo largo de las secuencias de muestreo de 15 minutos. Se determinó la dieta en cada recorrido a partir del cociente entre el número de animales consumiendo una determinada especie, y el número total de animales en la actividad de alimentación. Se agruparon los consumos en clases de alimentación.

Las especies leñosas fueran agrupadas en ocho clases de alimentación. A continuación se indican las especies que componen cada clase:

1. Clase escoba¹ (*Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus*, *Cytisus multiflorus*);
2. Clase genista (*Genista falcata* y *Genista florida*);
3. Clase de las comunidades arbóreas de ribera (*Salix sp.*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus minor*, *Alnus glutinosa*);
4. Clase zarza (*Rubus sp.*);
5. Clase de las comunidades arbustivas de montaña (*Erica arborea*, *Erica australis*, *Erica umbellata*, *Pterospartum tridentatum*);
6. Clase castaño (*Castanea sativa*, se incluye hoja y fruto);
7. Clase roble (*Quercus pyrenaica*, se incluye hoja y fruto);
8. Clase de Otros árboles² (*Crataegus monogyna*, *Quercus rotundifolia*, *Pinus spp.*, *Prunus spp.*);
9. Clase de las comunidades arbustivas mediterráneas - (*Lavandula stoechas*, *Cistus ladanifer*, *Cistus psilosepalus*, *Halimium lasianthum*, *Daphne gnidium*).

3.2.2 Diversidad del régimen: dieta y disponibilidad de recursos

Para la descripción de la disponibilidad alimentaría se utilizó la ocurrencia de especies vegetales a lo largo de cada recorrido, tomando como base las secuencias

¹ Aunque en castellano se use generalmente el termo de piorno para los *Cytisus* y escoba para las genistas sin pinchos, en este trabajo hemos elegido la designación de escoba para los *Cytisus*, por así se designar regionalmente.

² El conjunto de árboles que están presentes en las dietas en muy baja proporción fueron agrupados en una única clase, a pesar de sus diferentes características.

inventariadas cada 15 minutos. La descripción de la diversidad de la dieta se evaluó basándose en el mismo procedimiento, tomando las observaciones de consumos de los animales. En el caso de las especies herbáceas no se consideró la especie sino la categoría de pasto, como ya referido en el apartado anterior.

Para cuantificar las diversidades en estudio se ha aplicado el índice de *Shannon-Weaver*, según la fórmula:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

siendo p_i , la proporción de la especie i en la disponibilidad o en la dieta, conforme el caso. Se utilizó análisis de varianza (GLM 2-factorial) para estudiar el efecto de la especie animal y del mes del año sobre la diversidad de la disponibilidad y de la dieta. El *test* de *Bonferroni* ha sido empleado en las comparaciones *a posteriori*, para separar las medias cuando el *test de F* haya resultado significativo (al menos a un nivel de $p \leq 0.05^*$). Se relacionó la diversidad de la disponibilidad del territorio recorrido con la diversidad de la dieta mediante correlaciones simples de *Pearson*.

3.2.3 Preferencia alimentaria

Dadas las condiciones experimentales de nuestro trabajo, es difícil evaluar la preferencia de las diferentes especies vegetales, una vez que su disponibilidad cambia, en la grande mayoría de las situaciones, entre cada punto de muestreo. La diversidad de condiciones es muy grande y, por lo tanto, resulta muy difícil comparar las especies entre sí. Así, decidimos en una primera fase tipificar los recorridos en función de la disponibilidad de las especies y, en una segunda fase, comparar las especies dentro de los grupos a que pertenecen.

Tipología de recorridos según disponibilidad de especies vegetales

Hemos realizado una clasificación de los recorridos en función de las especies vegetales presentes en cada uno de ellos, para comparar índices de preferencia de las

diferentes especies consumidas. El resultado permitió establecer de forma objetiva “tipos” de recorridos que se corresponden con las situaciones vegetales más contrastadas observadas en este estudio. Estas clasificaciones son un instrumento para detección y sistematización de los aspectos más importantes en la variación de los objetos analizados (Castro, 1996; Rebollo, 1996). La clasificación se realizó mediante análisis TWINSpan (Hill, 1979; Gauch & Whittaker, 1981) a partir de una única variable “disponibilidad de la especie vegetal en el recorrido”, considerando solamente dos estados: ausente o presente.

Determinación del índice

Las especies que simultáneamente no estaban representadas en 10% de los recorridos ni en 1% de los puntos muestreados fueron eliminadas en el análisis de la preferencia, resultando cuatro clases vegetales herbáceas (Prados, Pastizales, Rastrojos, Forrajes) y 17 leñosas (*Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus*, *Cytisus multiflorus*, *Genista falcata*, *Fraxinus angustifolia*, *Salix sp.*, *Ulmus minor*, *Rubus sp.*, *Erica spp.*, *Pterospartum tridentatum*, *Quercus pyrenaica*, *Lavandula stoechas*, *Cistus ladanifer*, *Cistus psilosepalus*, *Halimium lasianthum*, *Daphne gnidium*, *Crataegus monogyna*). *Castanea sativa* fue excluida del análisis de preferencia porque su consumo dice respecto principalmente al fruto y no se ha hecho la estimativa de su disponibilidad. Respecto a los restantes árboles, los índices presentados son relativos a las hojas.

Se eligió un índice de preferencia sencillo (Krueger, 1972), para el análisis de la selección de la dieta que consiste en comparar el porcentaje de las especies (o categoría en el caso de las herbáceas) en la dieta con su disponibilidad en el territorio.

$$\text{Preferencia} = \frac{\% \text{ de la especie vegetal en la dieta}}{\% \text{ de cobertura de la especie en el área de travesía del recorrido}}$$

Se calculó el índice para cada una de las especies o categorías vegetales en cada recorrido, mediante la media del conjunto de los puntos de observación en que las especies vegetales estaban disponibles.

3.2.4 Conducta en pastoreo y ritmos de actividad

Para obtener los porcentajes de animales implicados en cada una de las actividades, se agruparon los datos por intervalos de una hora, después de hacer la conversión de hora UTM para hora solar. El porcentaje de animales en una dada actividad (alimentación, desplazamiento, reposo erguido sin rumia, reposo tumbado sin rumia, reposo erguido con rumia y reposo tumbado con rumia), es calculado por el cociente entre el número de animales realizando esa actividad y el número total de animales observados. En el caso de la actividad de pastoreo o ramoneo, se divide el número de animales en una de esas actividades por el número de animales en alimentación.

$$\% \text{ de animales en la actividad} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de animales en la actividad}}{\text{n}^\circ \text{ total de animales observados}}$$

A lo largo del día, el tiempo dedicado a cada una de las actividades en estudio fue calculado por el cociente entre la suma del conjunto de animales observados durante el día en la actividad, y la suma del conjunto de animales observados, multiplicada por el número de horas de luz muestreadas.

$$\text{tiempo dedicado a la actividad} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de animales en la actividad}}{\text{n}^\circ \text{ total de animales observados}} \times \text{horas de muestreo}$$

Mediante el uso de correlaciones simples de *Pearson* y considerando independientemente ovinos y caprinos, se relacionó la proporción de tiempo dedicado a cada una de las actividades principales (alimentación, marcha, reposo y rumia) con la duración de los recorridos.

Mediante análisis de varianza (GLM – 3 *factorial*) se estudió el efecto del período do día (mañana, mediodía y tarde), fase del año (ICR, ALT, DL, MIN, IL) y especie animal (ovinos, caprinos) en el ritmo de actividades de los rebaños en estudio. Para los factores estudiados significativos se procedió a la separación de medias por el *test* de *Bonferroni* o

Turkey en función del número de clases de cada factor. Todos los datos de porcentaje han sido transformados antes de realizar los análisis, con vista a su normalización.

El día fue dividido en tres períodos variables a lo largo del año: mañana (desde el amanecer hasta el transcurso de un tercio de la duración total del día), mediodía (desde el final de la mañana hasta el transcurso de más un tercio de la duración total del día) y tarde (desde el final del mediodía hasta al anochecer).

4 Resultados y discusión

Con la intención de facilitar la exposición de los resultados, estos han sido divididos en tres apartados generales, en los cuales se trata en primer lugar, el tema de los regímenes alimentarios donde se analizan las diferencias a lo largo del año y entre tipos de rebaños, así como las relaciones entre la diversidad de la disponibilidad de recursos y de la dieta. En segundo lugar, se analiza el tema de la preferencia alimentaría, comparando ovinos y caprinos, y apreciando los cambios estacionales en las fases del año consideradas en el capítulo anterior (fase de incremento lento – IL, fase de incremento rápido – ICR, fase de estabilización en valores elevados – ALT, fase de descenso lento – DL y fase en que los recorridos son muy pequeños, generalmente coincidentes con el mes de diciembre – MIN) en cuanto a la tipificación de los recorridos. En tercer lugar, se discute la temática de la conducta de pastoreo y los ritmos de actividad diaria, explotando las diferencias entre ovinos y caprinos, y entre las fases del año ya referidas.

4.1 Regímenes alimentarios

En la figura 3.1 se compara la composición de los regímenes alimentarios de los cuatro rebaños en estudio, dos de ovinos (Rebordaínhos y Vinhais) y dos de caprinos (Freixedelo y Sortes). Analizando la figura, resalta el dominio de las categorías vegetales herbáceas en los regímenes alimentarios de ovinos, y el predominio de las categorías vegetales leñosas en los regímenes de caprinos. La proporción de consumo matorral/pasto varía de 2.15 en caprinos a 0.14 en ovinos. Sobresale aún la abundancia de recursos

forrajeros de calidad (prados y forrajes) en los regímenes de ovinos; cuanto a los restantes recursos herbáceos (rastrajos y pastizales) se nota semejanza entre las dietas de ovinos y caprinos.

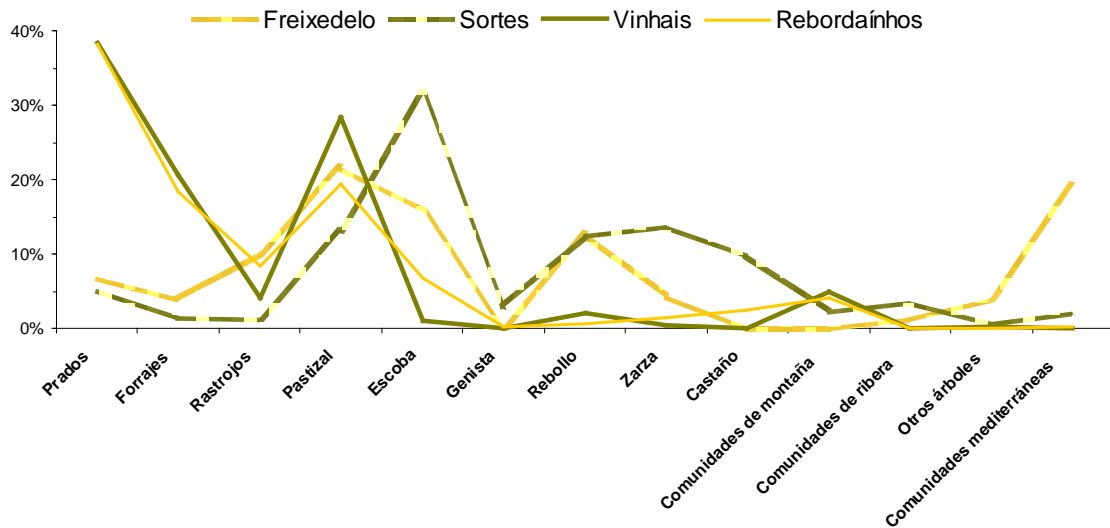


Figura 3.1: Comparación de los regímenes alimentarios de los cuatro rebaños en estudio.

Resulta difícil establecer comparaciones con dietas descritas por otros autores, especialmente por tratarse de medios muy distintos, sin embargo destacamos que la superioridad en la proporción de consumo matorral/pasto demostrada por los caprinos es señalada en otros trabajos (Pfister & Malechek, 1986; Rebollo, 1996; Bartolomé *et al.*, 1998).

Entre los recursos vegetales leñosos, la clase de alimentación escoba (*Cytisus* spp.) es abundante en los regímenes alimentarios de ambas las especies, la presencia de la clase castaño (principalmente fruto tras la recolección de tipo comercial) destaca en las dietas de los ovinos, y las clases de roble y zarza en las de los caprinos. El consumo elevado de roble, zarza y escoba por los caprinos también fue señalado por Rebollo (1996), aunque este autor haya encontrado en el caso de los ovinos consumos más importantes de roble que de escoba, verificándose lo contrario en nuestras condiciones.

A parte de estas tres clases (roble, zarza y escoba) comunes a los dos rebaños de caprinos, sus dietas se complementan con recursos específicos al territorio que cada uno explota, en función de su disponibilidad y oportunidad. La alternancia de consumos

observada en Sortes y Freixedelo, entre las clases comunidades arbustivas de montaña y las comunidades arbustivas mediterráneas, y el aprovechamiento efímero de algunos recursos, muy confinados a ciertos períodos del año (comunidades arbóreas de ribera, otros árboles, etc.), refuerzan lo señalado con respecto a oportunidad en la explotación de los recursos.

Analizando los regímenes alimentarios por especie, se diferencia el patrón común para ovinos una vez que las líneas que representan las dietas se presentan coincidentes o paralelas. En el caso de los caprinos se detecta una amplia variación en la abundancia de las diferentes clases de alimentación presentes en los regímenes alimentarios de los dos rebaños; se detectan diferencias claras en la abundancia de las clases rastrojo, pastizal, comunidades arbustivas mediterráneas, zarza y escoba, con las tres primeras más representadas en el régimen del rebaño de Freixedelo, mientras las otras dos, son más abundantes en la dieta del rebaño de Sortes.

Los datos sugieren una vez más un tipo de conducta y explotación distinta entre ovinos y caprinos. La regularidad de la dieta de los ovinos, originarios de territorios de características diferentes (Rebordaínhos y Zido), fortalece la suposición de que se alimentan esencialmente de recursos forrajeros permanentes a lo largo del tiempo, frecuentemente sembrados. Inversamente, los caprinos se alimentan casi en exclusivo de recursos forrajeros espontáneos y ocasionales, por eso, la existencia de diferencias tan acentuadas en las clases de alimentación relativas a los recursos vegetales espontáneos. Suele haber una marcada influencia de las condiciones naturales del medio en los regímenes alimentarios de los caprinos. Las desigualdades entre las dietas de los rebaños de Freixedelo y Sortes reflejan las diferencias territoriales entre estos pueblos (véase capítulo Introducción).

4.1.1 Variación anual de los regímenes alimentarios

Ovinos

La variación anual de la participación de cada clase de alimentación en los regímenes de ovinos para las cinco fases del año consideradas: Incremento lento - IL, Incremento

rápido - ICR, Estabilización en valores elevados – ALT, Descenso lento - DL, y diciembre – MIN (véase capítulo 2) puede ser apreciada en la Tabla III.1 y figura 3.2.

Se observa los prados, forrajes y pastizales constituyendo la base del régimen de los ovinos durante todo año, con sus proporciones variando en función de sus disponibilidades. Se observa también el pequeño grupo de otros recursos (castaño, escoba, roble, rastrojos, etc.) cuya importancia en la dieta varía también en función de su disponibilidad y calidad alimentario relativa. Ese es el caso del castaño, que constituye 14.6% y 10.4% de los regímenes alimentarios de ovinos en las fases de descenso lento y MIN, respectivamente. Resalta la elevada proporción de la clase pastizales en la dieta de los ovinos, durante las fases IL, ICR y ALT (variando entre 27.6% y 30.6%). En la fase DL baja la importancia de esta clase de alimentación (15.8%), verificándose casi su ausencia en los recorridos de muy pequeña duración, únicamente 2.3% en MIN).

Tabla III.1: Variación porcentual anual de las clases de alimentación en la dieta de ovinos.

	IL (%)	ICR (%)	ALT (%)	DL (%)	MIN (%)
Prado	32.1	24.1	45.3	31.3	62.2
Forrajes	24.8	25.4	6.6	27.7	21.8
Rastrojo	4.0	16.8	4.3	7.6	0.0
Pastizal	29.6	27.6	30.6	15.8	2.3
Escoba	4.8	5.7	6.2	0.3	0.0
Genista	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0
Roble	0.0	0.0	3.4	1.3	0.4
Zarza	0.0	0.0	1.4	1.4	1.7
C. montaña	4.0	0.0	0.9	0.0	0.4
Castaño	0.6	0.0	0.8	14.6	10.4
C. ribera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otros árboles	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
C. mediterráneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8

El régimen alimentario de estos grupo de animales tiene un componente de forrajes elevado durante todo el año, con excepción del verano (en ALT apenas 6.6%). En este período, el forraje es el maíz, en pequeñas parcelas; sirve sobre todo para aporte energético en final del verano (agosto / septiembre), mediante travesías rápidas (45 a 60 minutos) a final del día. En invierno, la disponibilidad de forrajes es mayor para los productores de ovinos. El cultivo de cereales de secano va siendo abandonada, y esas tierras son

reconvertidas al cultivo de forrajes de invierno (nabo, avena y centeno para consumo directo).

La importancia de la clase prados en la dieta de los ovinos resulta del modelo de aprovechamiento tradicional. En el período de máximo crecimiento vegetal (parte de la fase de incremento lento e incremento rápido), el aporte de la clase prados a las dietas es más bajo que en el verano (45.3% ALT) – período del año en el cual, la mayoría de los prados no producen hierba. Eso sucede porque durante los períodos de crecimiento vegetal activo, los prados no son pastoreados, siendo reservados para la producción y corte de heno.

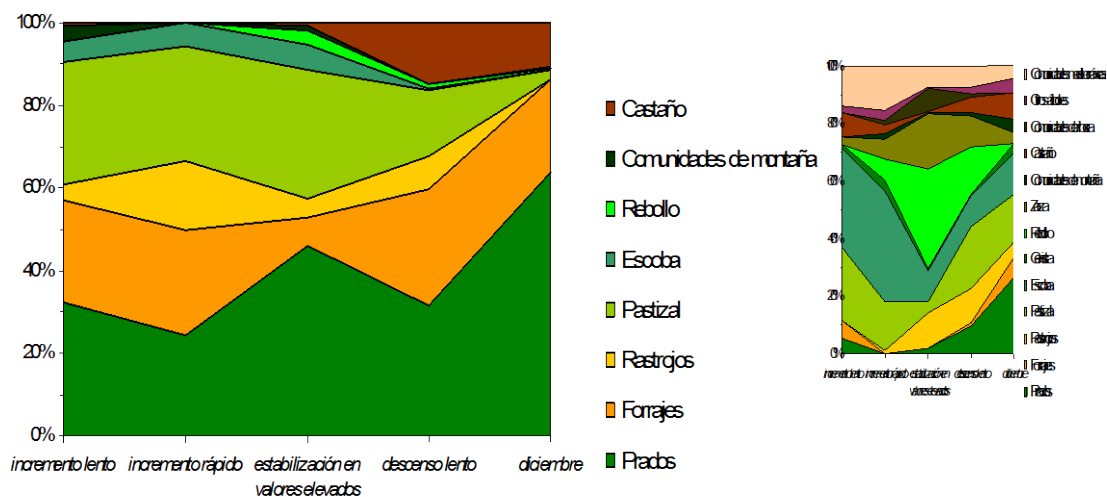


Figura 3.2: Variación anual del régimen alimentario de los ovinos.

En períodos difíciles, de escasez de recursos y días cortos, la estrategia de explotación de ovinos pasa por aportar recursos de calidad elevada (prados, forrajes y castaña), excluyendo de la dieta otros recursos más pobres como, por ejemplo, los pastizales y los recursos arbustivos. En este período del año, las clases forrajes y prados totalizan 84%, ó 94.4% cuando añadimos el castaño (principalmente fruto). Estos resultados son coherentes con las informaciones de los pastores de ovinos cuando recuerdan tiempos antiguos, con inviernos difíciles para la alimentación de los rebaños. Recientemente esta situación ha cambiado con la mayor disponibilidad de tierras, forrajes y prados abandonados por éxodo rural, y/o por la disminución o cambios en la producción de ganado vacuno).

Caprinos

En la Tabla III.2 se presentan los valores medios de aporte de cada clase de alimentos para las cinco fases del año consideradas en el caso de los caprinos.

La figura 3.3 enseña la variación de las proporciones medias de cada clase de la dieta de los dos rebaños de caprinos (Freixedelo y Sortes) para las cinco fases del año consideradas (IL, ICR, ALT, DL, MIN).

Tabla III.2: Variación porcentual anual de las clases de alimentación en la dieta de caprinos.

	IL (%)	ICR (%)	ALT (%)	DL (%)	MIN (%)
Prado	5.4	0.0	2.1	9.6	26.5
Forrajes	6.3	0.0	0.0	1.1	6.8
Rastrojo	0.0	1.1	12.1	12	5.4
Pastizal	25.1	17	3.9	21.6	16.7
Escoba	34.8	38.5	10.9	10.8	14.4
Genista	1.2	3.6	0.6	0.3	3.4
Roble	0.0	7.4	34.7	16.5	0.0
Zarza	2.7	7.2	19.1	10.6	3.9
C. montaña	8.2	3	0.2	5.4	9
Castaño	0.0	1.8	0.6	1.4	4.5
C. ribera	0.0	1.7	8	1.2	0.0
Otros árboles	2.4	3.4	0.4	2.1	5.1
C. mediterráneas	13.8	15.4	7.5	7.3	4.5

Del análisis de la figura 3.3, resalta la aportación creciente del roble en la dieta, desde la fase de incremento rápido (7.4%), período en que las hojas empiezan a desarrollarse, hasta la fase de descenso lento (16.5%), logrando una proporción muy elevada durante los meses de verano (34.7% en ALT). La clase escoba (*Cytisus* spp.) constituye la base de las dietas de los caprinos durante grande parte del año, en ningún momento rebajando los 10%; en las fases de incremento lento e incremento rápido, su participación en la dieta se aproxima a los 35%. El consumo de la clase zarza es también muy elevado en verano y otoño (ALT – 19.1% y DL – 10.6%). La clase genista tiene una participación en la dieta siempre muy baja, aunque la *Genista falcata*, principal elemento de este grupo, a principios de primavera presente un

valor nutritivo muy interesante comparativamente, por ejemplo, a los matorrales de tipo más mediterráneo (véase capítulo 4). Diversos autores (Cooper & Owen-Smith, 1986; Belovsky *et al.*, 1991) subrayan el efecto negativo de las espinas de las especies vegetales que las poseen, en su consumo por parte de la generalidad de los herbívoros.

Las arbustivas mediterráneas suelen tener bajo valor alimentario, siendo generalmente ricas en metabolitos secundarios (Nastis & Malechek, 1981; Frutos *et al.*, 2002); sin embargo, participan en la dieta durante algunos períodos del año (fases de incremento lento e incremento rápido) de forma importante (cerca de 15%). Pruebas de alimentación en jaula permitirían comparar el consumo de las arbustivas mediterráneas con el de *Genista falcata*, y relacionar dichos consumos con el tipo de defensas anti-herbívoro que presentan unas y otras.

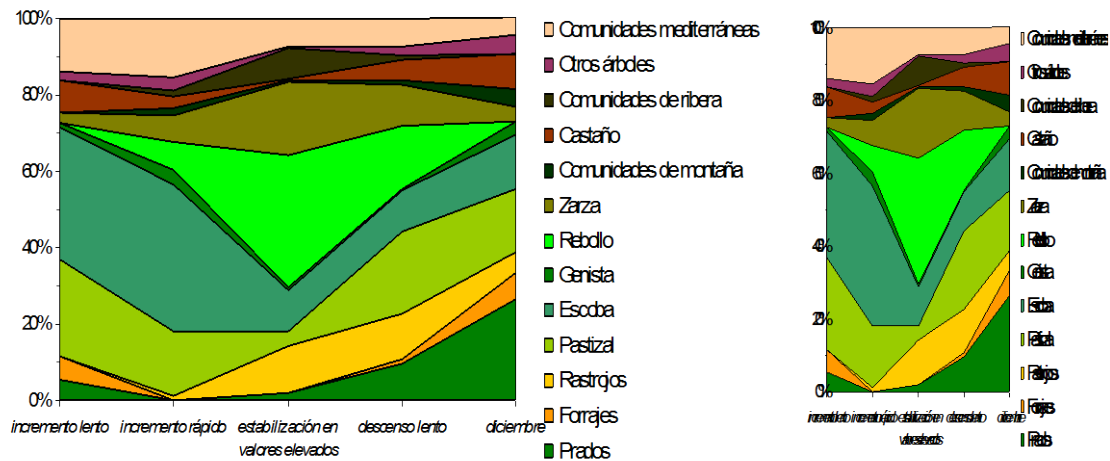


Figura 3.3: Variación anual del régimen alimentario de los caprinos.

Aunque generalmente los caprinos no puedan frecuentar los castaños, su régimen alimentario incluyó 4.5% de esta clase de alimentación en diciembre (MIN), probablemente relacionado con el aprovechamiento de castaños abandonados o incluso con alguna ‘negligencia’ por la parte de los ganaderos de caprinos que, aunque sepan que se trata de áreas prohibidas, también no descartan la importancia de un recurso de valor nutricional elevado en un período de escasez de recursos.

La participación de la clase rastrojos en el régimen de los caprinos va disminuyendo a medida que estos van escaseando en el transcurso del verano y otoño; su importancia en la dieta varía entre 12% para las fases de ALT y DL, y 5.4% para MIN. La aportación de los forrajes a la dieta de los caprinos es muy baja (nunca sobrepasa los 7%) y ocurre durante el período invernal. Los pastizales contribuyen para la dieta entre 16.7% en diciembre, hasta 25.1% en la fase de incremento lento; en los meses calientes de verano (ALT) prácticamente está ausente del régimen. El aporte de los prados a la dieta de los caprinos es reducido, excepto en el mes de diciembre (fase MIN) cuando sube a 26.5%.

Las diferencias encontradas en la composición de las dietas de ovejas y cabras reflejan, en principio, sus diferentes estrategias alimentarias. Las dos especies consumieron plantas herbáceas y leñosas, pero las ovejas se comportaron todo el año como pastadores, mientras que las cabras, dependiendo de la época del año, lo han hecho como consumidores mixtos. Sólo en un corto período de invierno – MIN - la proporción del pastoreo de las cabras es ligeramente superior a su ramoneo, variando entre 55.3% y 44.7%. Este patrón de comportamiento trófico coincide con el descrito por varios autores (Lu, 1988; Genin & Pijoan, 1993; Negi *et al.*, 1993; Sharma *et al.*, 1998); de acuerdo con Rebollo (1996), estas diferencias de comportamiento están asociadas a diferencias fisiológicas y anatómicas, no todas completamente claras todavía.

Los autores son unánimes en considerar las cabras más aptas para explotar recursos leñosos (Landau *et al.*, 1999), aunque diverjan en los supuestos que originan esa capacidad. Según las corrientes, el éxito de las cabras en el uso de estos recursos se basa en su elevada capacidad de selección, consiguiendo distinguir en el alimento las fracciones menos fibrosas y lignificadas, o incluso puede deberse a una mayor eficiencia digestiva respecto a otros rumiantes (Silanikove, 2000). Aunque esto no haya sido objeto de nuestro estudio, el diferente estilo de pastoreo entre ovinos y caprinos fue presenciado frecuentemente durante el seguimiento de los rebaños, mostrándose las cabras siempre más ágiles y trepadoras, pastoreando de cabeza erguida y deglutiendo bocados más pequeños que las ovejas.

Ambas especies cambian sus dietas a lo largo del año, en función de la disponibilidad y calidad de los recursos. Las cabras fueron asimismo más flexibles en sus hábitos alimentarios, tal como coinciden varios autores (Cuartas & García-González, 1992; Goby *et al.*, 1994; Papachristou, 1994; Papachristou & Nastis, 1996; Sharma *et al.*, 1998; Aldezabal & Garin, 2000). Las cabras suelen presentar un carácter selectivo más marcado en primavera, época en la que pueden disponer de gran diversidad de especies en su máximo estado de calidad. A medida que avanza el verano, su selectividad va disminuyendo y se vuelven más tolerantes hacia las plantas menos nutritivas o apetecibles debido a la necesidad de compensar sus requerimientos fisiológicos (Aldezabal, 1997). Según esta autora, el otoño es el principio del período crítico o desfavorable para estos animales en cuanto a su alimento y, previsiblemente a medida que entramos en invierno, la tendencia “generalista” se va acentuando.

Asociado a este comportamiento selectivo, la apetencia de la cabra en distintas estaciones, varía según el lugar y la abundancia relativa de las especies vegetales preferentes. Por eso, se encuentran divergencias en la descripción de los patrones de selección. Algunos autores (Goby *et al.*, 1994; Papachristou, 1994) señalan una mayor proporción del consumo de herbáceas por las cabras durante la primavera. Otros autores insisten en que las cabras están especializadas en el ramoneo (Cuartas & García-González, 1992) y que incluso durante la primavera, cuando las herbáceas presentan un elevado patrón de calidad, siguen prefiriendo las leñosas, al contrario que vacas y ovejas (Silanikove, 2000).

En nuestras condiciones de estudio, los caprinos se comportan durante la primavera y verano como ramoneadores y, a medida que entramos en otoño (44.3% en la fase de descenso lento), se vuelven más tolerantes a las herbáceas, acabando en diciembre por tener una componente de pastoreo superior al ramoneo, o sea, el incremento de herbáceas suele estar asociado a los períodos difíciles de invierno.

La base de la dieta de las ovejas estuvo constituida por recursos herbáceos, los cuales representaron el componente dominante en todas las épocas del año. Los componentes leñosos no forman parte de la dieta básica de las ovejas y el castaño (fruto) es el único

recurso que es consumido por encima de los 10% en los períodos en que está disponible (14.6% en la fase de descenso lento y 10.4% en diciembre). De todos los restantes recursos leñosos, sólo la clase escoba presenta alguna regularidad en la alimentación de las ovejas, aunque en baja proporción (5% de enero a septiembre).

Con excepción del mes de diciembre (MIN), la base de la dieta de las cabras son los recursos leñosos, los cuales representan el componente mayoritario en todas las épocas del año. Se puede decir que el recurso base, en el caso de los caprinos, cambia a lo largo del año, siendo constituido por: escoba (34.8%) y pastizales (25.1%) en la fase de incremento lento; por escoba (38.5%), pastizales (17%) y comunidades arbustivas mediterráneas (15.4%) en la fase de incremento rápido; por roble (34.7%), zarza (19.1%), rastrojo (12.1%) y escoba (10.9%) en la fase de estabilización en valores elevados; por pastizales (21.6%), roble (16.5%), escoba (10.8%) y zarza (10.6%) en la fase de descenso lento; y por prados (26.5%), pastizales (16.7%) y escoba (14.4%) en el período coincidente con los días de curta duración. A parte de estos recursos, la dieta de las cabras es complementada con una variada gama de plantas en momentos concretos del año.

4.2 *Relación entre la diversidad de recursos afectados por los recorridos y de la dieta*

En la Tabla III.3 y la figura 3.4 se puede apreciar la variación anual de la diversidad de recursos encontrados a lo largo de los recorridos de pastoreo y la diversidad de la dieta de ovinos y caprinos. A lo largo del año, la diversidad de los recursos recorridos por caprinos es superior a la de los empleados por los ovinos ($p \leq 0.001^{***}$); la media en el primer caso es de 2.51 (DE = 0.26) y, en el segundo de 1.54 (DE = 0.37; Tabla III.3 Tabla III.3 Tabla III.3). Lo mismo ocurre para la diversidad de la dieta ($p \leq 0.001^{***}$); la media anual en el caso de los caprinos es de 2.28 (DE = 0.38) y en el caso de los ovinos es de 1.43 (DE = 0.32). En cuanto a la variación temporal, no hay diferencias significativas entre meses para la diversidad del territorio recorrido, pero sucede lo contrario con la diversidad de la dieta ($p \leq 0.05^*$). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aldezabal (1997), según los cuales las dietas de los caprinos han sido siempre más diversas que las de los ovinos.

La figura 3.4 compara la diversidad del territorio recorrido con la diversidad de la dieta (índice de *Shannon*) correspondientes a ovinos y caprinos, a lo largo del año. La diversidad de la dieta tiende a seguir el patrón de la diversidad vegetal del territorio recorrido, tomando en la generalidad de los casos, valores inferiores. La relación entre ambas diversidades es positiva y significativa para las dos especies en estudio (ovinos; $r = 0.624$, $p = 0.001$ y caprinos; $r = 0.678$, $p = 0.000$).

La diversidad de la dieta alcanza los valores más elevados a finales de verano y a principios de invierno. En el caso de los caprinos, la diversidad máxima de la dieta es alcanzada en diciembre (2.87), seguida por el valor del mes de septiembre (2.84). En el caso de los ovinos, los valores más elevados surgen en noviembre (1.94), diciembre (1.84) y agosto (1.72). En ambos casos, el mes de abril es el que presenta valores de diversidad de la dieta más bajos, probablemente porque se trata de un período en que los recursos tienen elevado valor, no habiendo necesidad de buscar mucho, o sea, se trata de un período en que los animales pueden tener un comportamiento más especialista.

Tabla III.3: Índices de diversidad de *Shannon* mensuales para la disponibilidad y para la dieta en ovinos y caprinos.

	Caprinos		Ovinos	
	H' disponibilidad	H' dieta	H' disponibilidad	H' dieta
Enero	2.86	2.43	0.96	1.18
Febrero	2.37	2.18	1.76	1.39
Marzo	2.19	2.12	1.19	1.32
Abril	2.26	1.33	1.34	0.89
Mayo	2.28	2.37	1.60	1.48
Junio	2.39	2.30	1.15	0.92
Julio	2.64	2.34	1.32	1.47
Agosto	2.34	2.03	2.25	1.72
Septiembre	3.05	2.84	1.46	1.43
Octubre	2.39	2.42	1.59	1.64
Noviembre	2.53	2.17	1.68	1.94
Diciembre	2.82	2.87	2.14	1.84
Media	2.51	2.28	1.54	1.43

En los cálculos de ambas diversidades (disponibilidad y dieta), las especies leñosas son consideradas individualmente mientras que las herbáceas son agrupadas en clases (prados, forrajes, rastrojos y pastizales), resultando que la comparación entre ovinos y caprinos sea imperfecta, ya que la componente de pastoreo en los ovinos es muy superior a la verificada para los caprinos.

Estando la diversidad de la dieta condicionada por la diversidad de recursos recorridos, resulta difícil separar lo que se debe al efecto del territorio cruzado, de lo que se debe a la estrategia alimentaria particular de los animales y/o ganaderos en su conjunto. Sin embargo, se verifican diferencias mensuales entre la diversidad vegetal, y de la dieta en ambas especies, lo que posibilita analizar la variación anual de la diversidad de la dieta dentro de la misma especie, y por otro lado, reflexionar sobre el significado de estos patrones de variación a la luz de los sistemas de pastoreo dirigido. Además, la diversidad de recursos recorridos incorpora la interpretación que el pastor hace de la disponibilidad de recursos existentes en el territorio y por ello, la tendencia hacia índices de diversidad de la oferta siempre más bajos en ovinos que en caprinos, con independencia de la imperfección del cálculo antes comentada. Así, en este estudio, los índices de diversidad de las dietas constituyen un esfuerzo por cuantificar la escasez o abundancia de recursos de calidad, y por lo tanto, constituyen indicadores de la facilidad o dificultad alimentaria de los rebaños a lo largo del año.

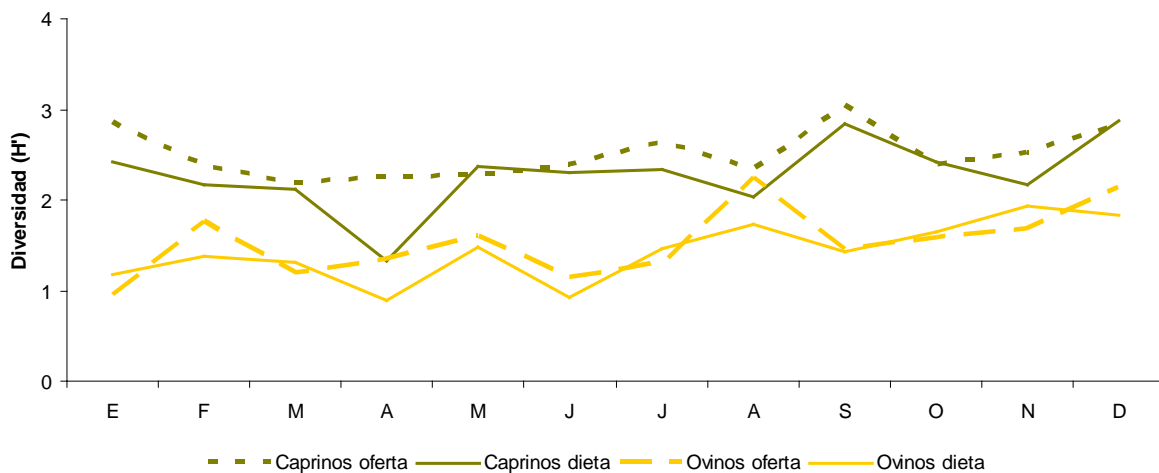


Figura 3.4: Variación anual de la diversidad de los recursos recorridos y de la dieta en ovinos y caprinos.

Los patrones de variación de la diversidad del territorio utilizado (dieta) resultan generalmente de la capacidad de selección de los animales, con las oscilaciones de calidad asociadas a la fenología y a la abundancia de recursos. La escasez de recursos y su pérdida de calidad suele afectar a la diversidad del territorio utilizado por los rebaños estudiados, o sea, a mayores índices de diversidad corresponderían a periodos más difíciles, sucediendo lo inverso en los periodos más favorables.

4.3 Preferencia alimentaria

Con el objetivo de analizar la preferencia de los recursos vegetales fue necesario empezar por clasificar los recorridos en relación al tipo de especies que estaban o no presentes en ellos. Después de obtener grupos de especies/recursos comparables entre sí se estudió la preferencia con base en el índice presentado en el apartado material y métodos.

4.3.1 Tipología de los recorridos

La figura 3.5 representa el resultado de la clasificación de los recorridos obtenido mediante TWINSPLAN. Se trata de una tabla ordenada con la relación entre cada recorrido y la presencia de cada una de las 21 clases (especies o géneros en el caso de las leñosas y “comunidades tipo” en el caso de las herbáceas). Los tres tipos básicos de recorridos están delimitados mediante líneas verticales. Las líneas horizontales separan conjuntos vegetales que estarán presentes o no en los distintos tipos de recorridos. La coincidencia de los conjuntos vegetales con los tipos de recorridos facilita su interpretación.

Los tipos de recorridos considerados han sido:

Tipo A - recorridos de ovinos con los recursos herbáceos prácticamente en exclusividad; es decir, la presencia de leñosas es residual; en este grupo se encuentran apenas recorridos de ovinos, correspondiendo a recorridos que se concentran exclusivamente en la matriz agrícola (18, 30, 51, 24, 50, 26, 32, 15, 16, 17, 20, 31, 46, 52, 14, 49);

Tipo B - recorridos de ovinos y caprinos que incorporan un amplio conjunto de recursos vegetales en sus travesías, arbustivos o herbáceos; podríamos caracterizarlos como el tipo de

Grupo 2 - conjunto de clases vegetales que están presentes en los recorridos del tipo A, B y C, a saber: Prados, Forrajes, Pastizales, *Genista falcata*, *Cytisus multiflorus*, *Rubus sp.* y *Fraxinus angustifolia*;

Grupo 3 - agrupa *Quercus pyrenaica*, *Cytisus scoparius*, *Halimium lasianthum* y rastrojos o barbechos, este conjunto de clases vegetales son usuales en los recorridos del tipo B y C.

Grupo 4 - reúne las clases típicas de ambiente mediterráneo, designadamente *Lavandula stoechas*, *Cistus ladanifer*, *Daphne gnidium*, *Crataegus monogyna*, este conjunto sólo es expresivo en los recorridos de tipo C.

El análisis de la preferencia en sistemas de pastoreo, cuyo alcance territorial es vasto y diverso, acarrea siempre problemas metodológicos complejos para definir 'tipos de habitat' y estimar la disponibilidad de los recursos en cada uno de ellos. El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica aportó capacidad acrecida revelándose como una herramienta fundamental en estudio y gestión de estos sistemas.

Todavía en nuestras condiciones (cuatro pueblos, cada uno con un territorio pastoral vasto, donde los recorridos cambian frecuentemente de zona) y con el sistema de pastoreo en estudio, donde el rebaño cambia de lugar muy frecuentemente (en cada punto de observación – 15 minutos – generalmente los rebaños de caprinos cambian de sitio) las estimativas de la disponibilidad de recursos seguía poniendo problemas. Por eso, optamos por clasificar lo que correspondería a 'los tipos de hábitat' - tipo de recorrido, *a posteriori* -, obteniendo una relación entre la disponibilidad y el consumo más fiable, pareciéndonos este un abordaje novedoso y muy interesante para estudios de los sistemas en análisis.

4.3.2 Variación del índice de preferencia entre ovinos y caprinos

Desde el punto de vista teórico, el índice de preferencia utilizado puede tomar valores comprendidos entre cero y cien, cero cuando la especie no es consumida, independientemente de su abundancia en el tapiz vegetal, y cien cuando su cobertura es reducida al límite cuantificable de 1% y simultáneamente corresponde a la totalidad de

consumo. Naturalmente que esto es una abstracción y que en realidad cuando el índice de preferencia toma valores en vuelta de los veinte puntos ya se trata de un valor de preferencia extremadamente elevado.

Tabla III.4: Valores de índice de preferencia de cada uno de los recursos en estudio para ovinos y caprinos.

Grupos	Especies/Recursos	Índice de preferencia	
		Ovinos	Caprinos
Grupo 1	<i>Pterospartum tridentatum</i>	2.39	4.35
	<i>Erica spp.</i>	1.50	0.95
	<i>Cytisus striatus</i>	1.10	0.61
	<i>Cistus psilosepalus</i>	0.30	0.03
	<i>Ulmus minor</i>	0.00	7.11
	<i>Salix sp</i>	0.00	1.74
Grupo 2	Prados	0.99	0.56
	Forrajes	0.95	0.83
	Pastizales	0.88	0.71
	<i>Genista falcata</i>	0.79	0.91
	<i>Cytisus multiflorus</i>	0.82	1.04
	<i>Rubus sp.</i>	5.64	9.70
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	0.00	6.13
Grupo 3	<i>Quercus pyrenaica</i>	2.75	4.57
	<i>Cytisus scoparius</i>	1.03	1.21
	<i>Halimium lasianthum</i>	0.00	4.32
	Rastrojos	1.00	0.98
Grupo 4	<i>Lavandula stoechas</i>		0.34
	<i>Cistus ladanifer</i>		1.34
	<i>Daphne gnidium</i>		0.10
	<i>Crataegus monogyna</i>		2.41

En nuestras condiciones hemos considerado que las especies vegetales son rechazadas cuando su índice de preferencia (IP) es inferior a 0.95, y que son preferidas cuando su IP es igual o superior a 1.05; entre los dos límites estarían las especies neutras. La variación de la preferencia entre ovinos y caprinos de los recursos que constituyen cada uno de los grupos definidos en la clasificación, puede ser apreciada en la Tabla III.4 y figura 3.6.

En relación a las especies del grupo 1 (*Pterospartum tridentatum*, *Erica spp.*, *Cytisus striatus*, *Cistus psilosepalus*, *Ulmus minor*, *Salix sp.*), los caprinos demuestran claro rechazo para *Cistus psilosepalus* (IP = 0.03) y *Cytisus striatus* (IP = 0.61); indiferencia por los brezos (IP = 0.95) y preferencia acentuada por el olmo (IP = 7.11), *Pterospartum* (IP = 4.35) y *Salix* (IP =

1.74). Las ovejas demuestran claro rechazo en el caso del olmo, *Salix* y *C. psilosepalus*, y preferencia por *Pterospartum* (IP = 2.39), brezos (IP = 1.50) y *Cytisus striatus* (IP = 1.10).

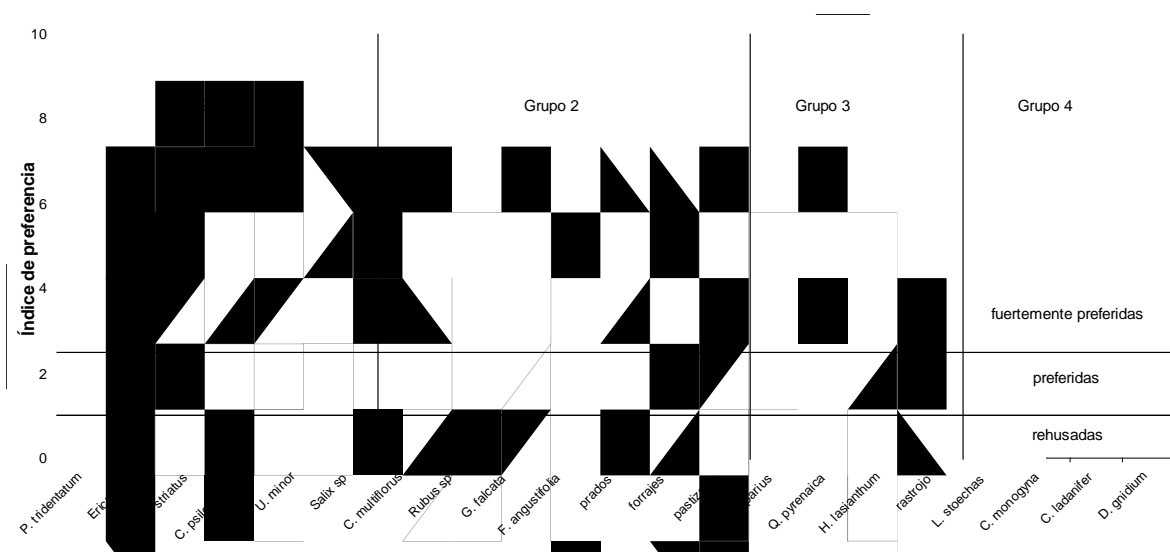


Figura 3.6: Variación del índice de preferencia de los recursos en análisis entre ovinos y caprinos.

El grado de aceptación de las especies arbóreas (*Ulmus* y *Salix*) es distinto entre especies animales, los ovinos no las consumen y los caprinos las prefieren claramente. Esta diferenciación de comportamiento tiene origen probable en las diferencias morfológicas existentes entre ovinos y caprinos, la posibilidad de los últimos de alzarse en posición bípeda les confiere muchas más posibilidades a la hora de elegir su régimen.

Como coincidencias entre ovinos y caprinos, observamos el rechazo por *C. psilosepalus*, y la preferencia por *P. tridentatum*. Suele haber una pauta general de variación de la preferencia entre las diferentes especies vegetales ligadas por un lado, a su calidad y por otro, al rechazo frente a las defensas anti-herbívoro. Estas especies parecen encajar bien en esta primera línea explicativa de la preferencia. *Pterospartum* es una leguminosa, presentando un valor alimentario interesante (Rego, 1993), y su valoración positiva se debería a su calidad; mientras que el rechazo del *Cistus psilosepalus* probablemente se relacionaría con su mala calidad y/o debido a la presencia de defensas anti-herbívoro, ya que en nuestras observaciones de campo nunca ha sido una especie con consumos visibles.

En las clases del grupo 2 (Prados, Forrajes, Pastizales, *Genista falcata*, *Cytisus multiflorus*, *Rubus sp.* y *Fraxinus angustifolia*), las cabras rechazan las comunidades vegetales

herbáceas (Prados, Forrajes y Pastizales) y *Genista* (0.91). La preferencia por la zarza (IP = 9.70) y por *Fraxinus* (IP = 6.13) es muy marcada; presentándose *C. multiflorus* (IP = 1.04) como neutro. A semejanza de los caprinos, los ovinos demuestran clara preferencia por la zarza (IP = 5.64); la elevada palatabilidad de esta especie es señalada por varios autores (Maillard & Casanova, 1994; Barroso *et al.*, 1995; Rebollo, 1996). Los prados (IP = 0.99) y los forrajes (0.95) se revelan como clases indiferentes para los ovinos. *Fraxinus* no es consumido y las restantes clases leñosas, *C. multiflorus* (IP = 0.82) y *Genista* (IP = 0.79) son rechazadas, lo mismo ocurre con los pastizales (IP = 0.88).

Con respecto a la preferencia de los recursos herbáceos, se nota una diferencia clara entre ovinos y caprinos, con un comportamiento negativo de las cabras hacia las componentes herbáceas en análisis. Este patrón también fue observado por Bartolomé *et al.* (1998), mostrando las ovejas preferencia por las clases *Festuca spp.*, otras graminoides y otras herbáceas, mientras que las cabras rechazaron todas esas clases de herbáceas. Por otro lado, en el caso de los ovinos se observa una discriminación positiva hacia la calidad, por ello las diferencias de preferencia entre prados y pastizales.

Aunque *Genista falcata* presente un patrón de calidad muy interesante, sobre todo en relación a los contenidos en proteína (véase resultados del capítulo Recursos leñosos. Oferta, Calidad y Fenología), es rechazada por ovejas y cabras, muy probablemente por sus espinos. En un estudio realizado en el parque de la Guara, Aldezabal y Garin (2000) observaron que debido a sus espinos, *Genista scorpius* y *Echinopartum horridum* apenas eran consumidas por caprinos.

En el grupo 3 (*Quercus pyrenaica*, *Cytisus scoparius*, *Halimium lasianthum* y rastrojos), el roble es preferido por ambas especies (IP = 4.57 y 2.75 para caprinos y ovinos, respectivamente), *Cytisus scoparius* es preferido por los caprinos (IP = 1.21) e indiferente para los ovinos (IP = 1.03), y el rastrojo se presenta como indiferente para ambas especies. El *Halimium* no es consumido por las ovejas, pero es preferido por las cabras (IP = 4.32).

En el grupo 4 (*Lavandula stoechas*, *Cistus ladanifer*, *Daphne gnidium*, *Crataegus monogyna*) resalta el rechazo claro por *Daphne* (IP = 0.10) y *Lavandula* (IP = 0.34); las cabras demuestran preferencia por *C. ladanifer* (IP = 1.34) y por *Crataegus* (IP = 2.41).

En una línea general de interpretación de las opciones de los animales; Pisan *et al.* (2001) destaca la preferencia por las leñosas ampliamente condicionada por la abundancia de defensas anti-herbívoro en su constitución, sean ellas del tipo físico o químico. De hecho, las leñosas poseen frecuentemente una mayor variedad y concentración de compuestos secundarios en su composición que las herbáceas (Nastis & Malechek, 1981; Ganskopp *et al.*, 1996; Frutos *et al.*, 2002). Aunque los herbívoros tengan mecanismos de defensa hacia estos elementos, tienen costes energéticos muy acentuados y, en una primera línea de defensa, se produce el rechazo (Pisani *et al.*, 2001). Así, una de las razones principales para la mayor atracción de las cabras por las especies leñosas (Bartolomé *et al.*, 1998; Kababya *et al.*, 1998; Perevolotsky *et al.*, 1998) estaría relacionada posiblemente con la superioridad de esta especie animal para evitar los efectos negativos de los compuestos secundarios (Robbins *et al.*, 1987a; Hofmann, 1989; Silanikove, 2000).

4.3.3 Cambios estacionales en el índice de preferencia

En las figura 3.7, figura 3.8,

figura 3.9 y figura 3.10, se aprecia la variación anual del índice de preferencia de las clases vegetales (especies o “comunidades tipo”) en estudio (grupo 1, 2, 3 y 4).

En el grupo 1, *P. tridentatum* es preferido entre diciembre y abril (IP_{MIN} = 7.20, IP_{IL} = 4.23), no siendo consumido fuera de estos períodos del año. Los brezos son rechazados de enero a abril (IP_{IL} = 0.78), pero preferidos en los restantes períodos del año (IP_{DL} = 2.07, IP_{MIN} = 1.51, IP_{ICR} = 1.09, IP_{ALT} = 1.07). *C. psilosepalus* es rechazado durante todo el año y *C. striatus* apenas difiere del anterior en mayo (IP_{ICR} = 1.78). Las especies arbóreas que integran este grupo (*Ulmus* y *Salix*) aparentan ser consumidas en períodos muy concentrados del año,

verano o fronterizos a ello (ICR y ALT) y en estos períodos constituyen especies de preferencia muy marcada.

La variación temporal de la preferencia se relaciona con el cambio de calidad asociada a la fenología y sobre todo con el juego de especies que participan en el régimen anual de los animales; como han señalado Barroso *et al.* (1995), el conjunto de especies preferidas en un área dada cambia en función de la remoción e/o inclusión de otras especies.

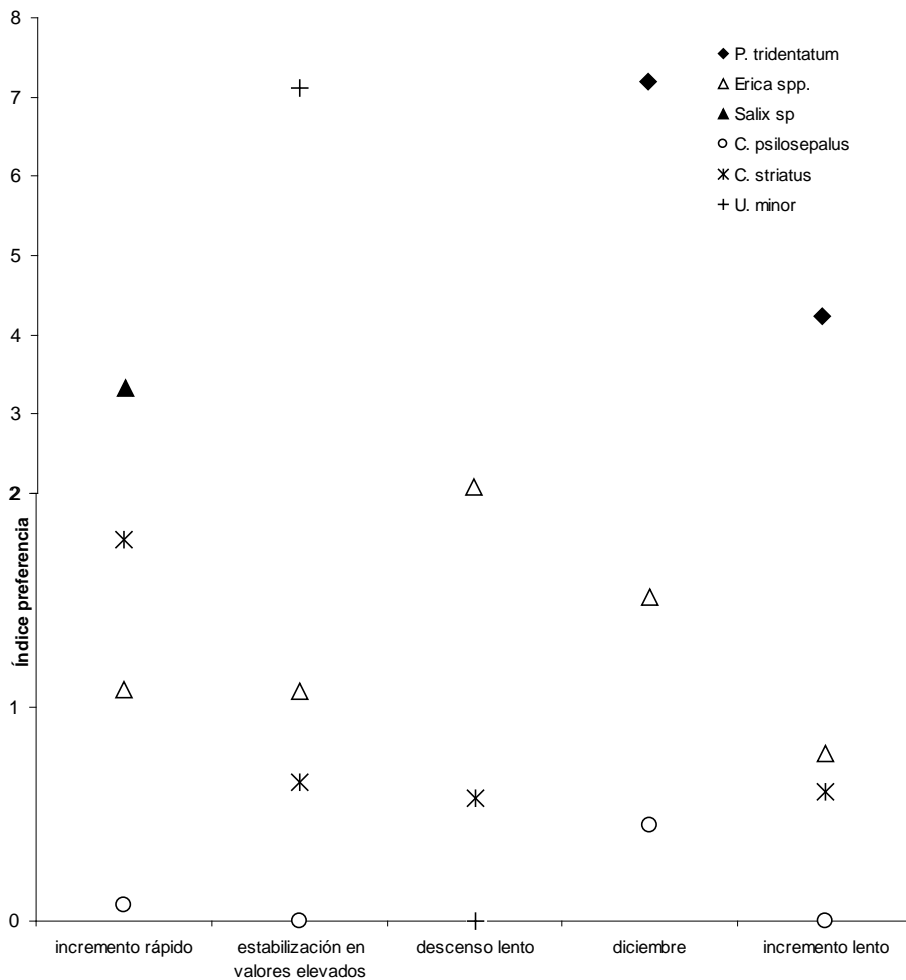


Figura 3.7: Variación anual del índice de preferencia por las especies del grupo 1.

La zarza es una especie marcadamente preferida, destacándose por su elevada preferencia, tanto entre sus pares de grupo (grupo 2), como entre el conjunto de las clases vegetales estudiadas. A semejanza de *Ulmus* y *Salix*, *Fraxinus*, parece ser un recurso consumido en un período muy concreto del año. Su preferencia es muy elevada en verano ($IP_{ALT} > 5.70$), pero baja bruscamente a finales de verano, principios de otoño ($IP_{DL} = 0.77$).

Rebollo (1996) ha encontrado una pauta de consumo un poco diferente de la nuestra. En su trabajo, las ovejas presentaban un consumo de zarza escaso y concentrado en el mes de julio, mientras que las cabras alargan su período de consumo hasta diciembre, con un pico en agosto y otro en noviembre.

Las restantes leñosas, *C. multiflorus* y *Genista*, son rechazadas o preferidas en función del período del año. *Genista* es preferida en mayo ($IP_{ICR} = 1.12$) y durante el otoño ($IP_{DL} = 2.0$), presentando valores indicativos de rechazo en los restantes períodos del año ($IP \leq 0.59$). *C. multiflorus* es claramente rechazado en otoño ($IP_{DL} = 0.15$) y preferido de enero a abril ($IP_{IL} = 1.56$).

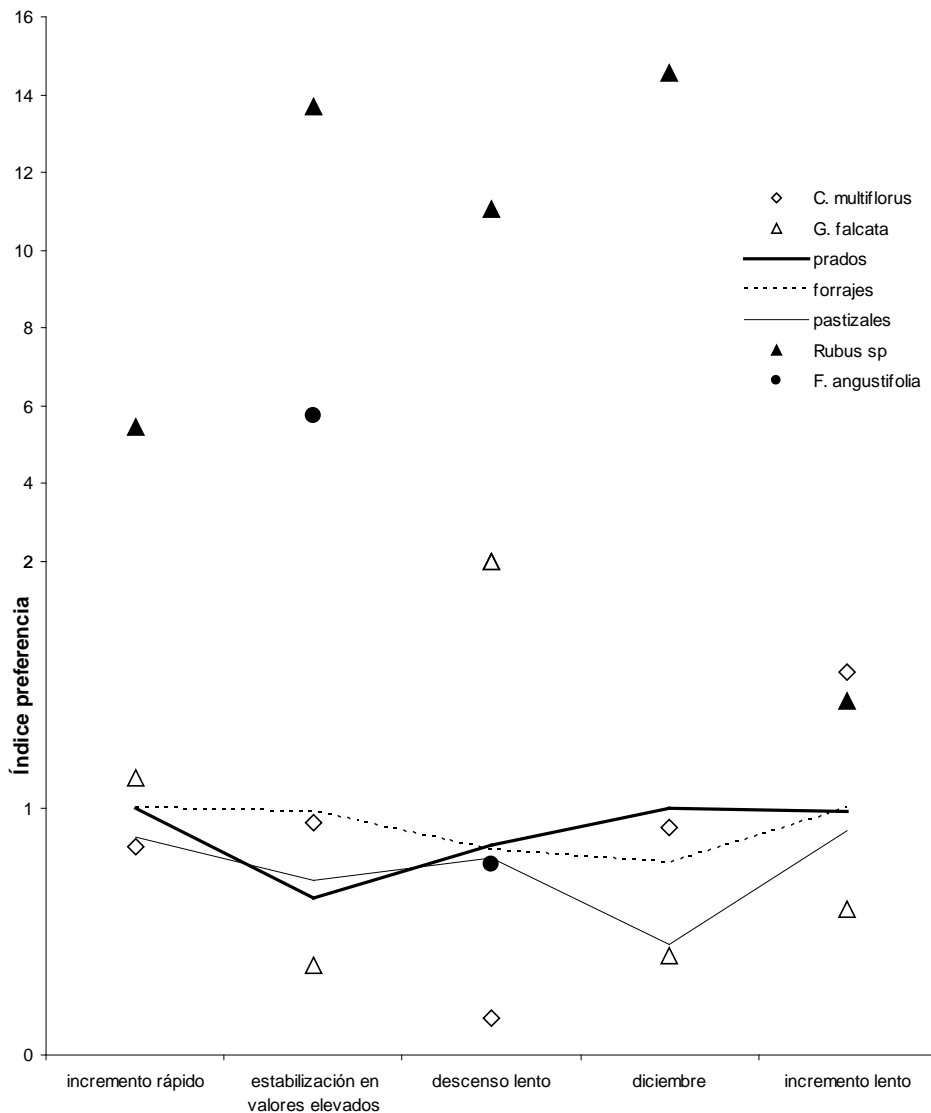


Figura 3.8: Variación anual del índice de preferencia por las especies del grupo 2.

Los pastizales demuestran valores indicativos de rechazo a lo largo del año (IP 0.95), su valor más favorable coincide con la fase de incremento lento que corresponde al período de enero a abril. Los prados presentan valores de indiferencia entre diciembre y mayo, y de fuerte rechazo en verano (IP_{ALT} = 0.70). El índice de preferencia de los forrajes presenta el mismo patrón, con valores indicativos de rechazo de octubre a diciembre (IP_{DL} = 0.83, IP_{MIN} = 0.78).

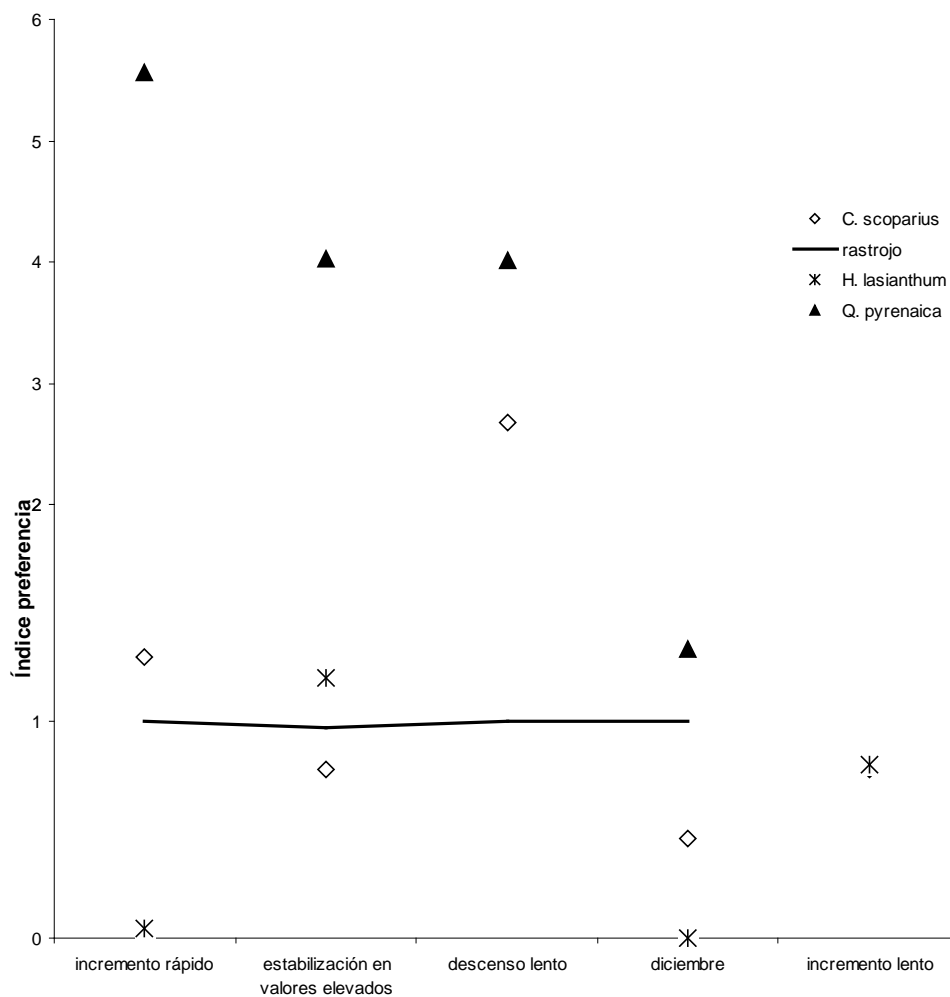


Figura 3.9: Variación anual del índice de preferencia en el grupo 3.

En el grupo 3, el roble es una especie siempre preferida, siendo consumido principalmente en el verano (IP_{ALT} = 4.03) y principios de otoño (IP_{DL} = 4.02). Si bien, que la máxima calidad nutritiva aparente, de los *Quercus* caducifolios coincide con la primavera (Papachristou & Papanastasis, 1994), y su índice de preferencia en nuestras condiciones

experimentales sea más elevado en este período ($IP_{ICR} = 5.56$), sus consumos suelen ser más elevados durante el verano. Los ganaderos con base en su conocimiento ancestral, saben que las hojas de roble no deben ser consumidas en sus fases jóvenes debido a la riqueza de taninos y por lo tanto no conducen sus rebaños a los rebollares.

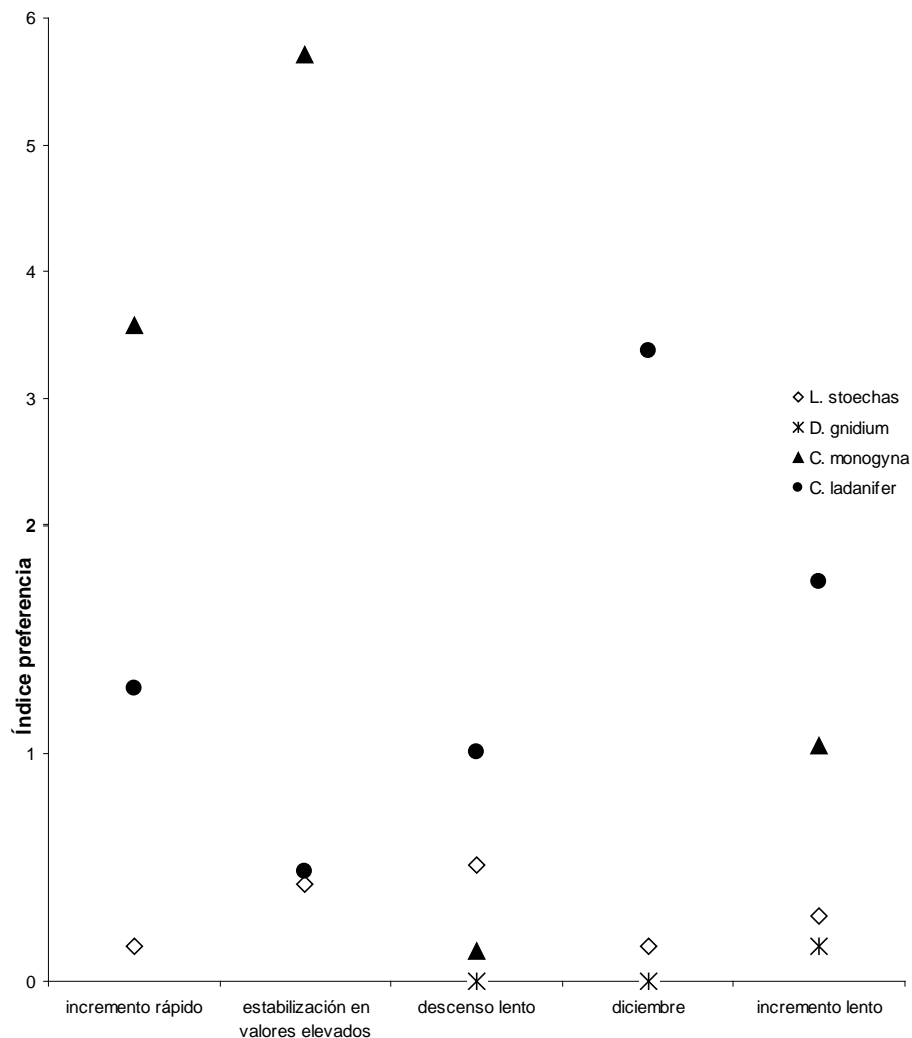


Figura 3.10: Variación anual del índice de preferencia en el grupo 4.

C. scoparius presenta a lo largo del año una amplia variación en su preferencia, desde el rechazo entre diciembre y abril, y aún durante los meses de verano ($IP_{MIN} = 0.46$, $IP_{ALT} = 0.78$, $IP_{IL} = 0.78$), hasta la preferencia en mayo y entre octubre y diciembre ($IP_{ICR} = 1.30$, $IP_C = 2.67$). *Halimium* es preferido en verano y otoño ALT ($IP_{ALT} = 1.20$, $IP_{DL} = 45.00$), y rechazado o no consumido en los restantes períodos del año. El valor alcanzado en la fase de descenso lento (DL) no debe tomarse en consideración porque deriva de un solo punto de muestreo,

coincidente con una disponibilidad muy reducida. En los períodos de consumo, la preferencia por el rastrojo no varía, situándose su índice de preferencia en torno al 1, indicador de neutralidad.

En el grupo 4, *Lavandula* y *Daphne* son rechazadas en cualquier período del año ($IP \leq 0.51$), incluso tienen períodos en que no son consumidos. Probablemente eso se debe a la presencia de compuestos secundarios que les afectan el gusto. Generalmente, la naturaleza aromática de algunos arbustos mediterráneos es indicadora de este tipo de compuestos que pueden originar una selección negativa (Barroso *et al.*, 1995). El *C. ladanifer* presenta preferencia positiva en la generalidad del año, sólo en verano ($IP_{ALT} = 0.48$) es que tal no ocurre. El *C. monogyna* exhibe los valores más elevados de preferencia (IP varía entre 5.72 y 1.04) dentro de este grupo.

4.3.4 Variación del índice de preferencia con la disponibilidad

Para analizar la relación entre la selección de especies o “tipos de comunidades”, y su disponibilidad, las agrupamos en cuatro clases: disponibilidad menor que 5% - ocasionales, entre 5 y 10% - frecuentes, entre 10 y 20% - básicas, y superior a 20% - dominantes; en este último grupo sólo se encuentran herbáceas (prado, pastizal y forrajes en recorridos de ovinos).

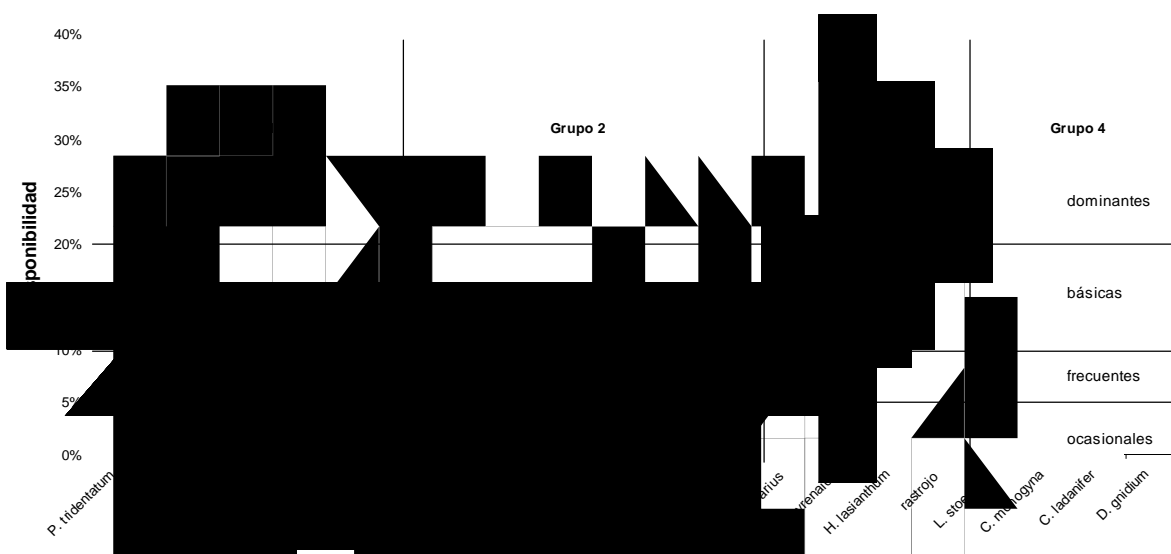


Figura 3.11: Disponibilidad de los recursos por grupo en los recorridos de ovinos y caprinos.

Asimismo, se han definido 5 grupos de preferencia para las especies o ‘tipos de comunidad’: el grupo de las especies marcadamente preferidas (IP > 2.5); el de las preferidas (IP entre 2.5 y 1.05); el de las neutras (IP entre 1.05 y 0.95); el de las rechazadas entre 0.95 y 0.5, y finalmente el de las marcadamente rechazadas o no consumidas, para valores inferiores a 0.5. La variación de la disponibilidad de las diferentes especies para ovinos y caprinos se encuentra en la figura 3.11 y la variación de las clases de preferencia en la Tabla III.5.

Tabla III.5: Clases de preferencia para los recursos en análisis para ovinos y caprinos (las coincidencias se destacan en negro).

Clases de índice preferencia	Ovinos	Caprinos
Marcadamente preferidas IP >2.5	Zarza, roble	Zarza, roble , <i>Pterospartum</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Halimium</i>
Preferidas 1.05 – 2.5	<i>C. striatus</i> , <i>P. tridentatum</i> , <i>Ericas</i>	<i>Crataegus</i> , <i>Salix</i> , <i>C. scoparius</i> , <i>C. ladanifer</i> ,
Indiferentes 0.95 - 1.05	Prado, forrajes, rastrojo , <i>C. scoparius</i>	<i>C. multiflorus</i> , rastrojo , <i>Ericas</i>
Rechazadas 0.5 - 0.95	Pastizal , <i>G. falcata</i> , <i>C. multiflorus</i>	Pastizal , prado, <i>C. striatus</i> , forrajes, <i>G. falcata</i>
Marcadamente rechazadas/no consumidas IP ≤ 0.5	<i>C. psilosepalus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Salix</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Halimium</i>	<i>Daphne</i> , <i>Lavandula</i> , <i>C. psilosepalus</i>

Entre el grupo de las especies ocasionales, los caprinos sólo rechazan *Genista*, *Daphne* y *C. psilosepalus*, y estas dos últimas de forma muy marcada. Las restantes ocasionales (*Pterospartum*, *Ulmus*, *Salix*, *Fraxinus*, *zarza*, *Halimium*, *Crataegus*) son preferidas o marcadamente preferidas. Los ovinos no tienen el mismo tipo de comportamiento, entre las ocasionales sólo *zarza* y *Ericas* son seleccionados positivamente, siendo las restantes rechazadas o, más frecuentemente, no consumidas.

En el grupo de clases vegetales frecuentes (5-10%), los ovinos prefieren roble (marcadamente preferida) y *Pterospartum*; *C. scoparius* se presenta como especie indiferente.

Aparentemente los ovinos rechazan las especies abajo de un nivel de disponibilidad estable o de una frecuencia regular. Probablemente es un comportamiento relacionado con

una menor capacidad de selección, o aún con la procura de la seguridad para el proceso de búsqueda y recolección del alimento. Las clases ocasionales y poco frecuentes funcionarían como desconocidas y dada su baja disponibilidad, no merecería la pena dispensar tiempo en su recolección. Según Bartolomé *et al.* (1998), el hecho de las cabras pastorear con las cabezas hacia arriba y las ovejas hacia abajo, permite a las primeras encontrarse con recursos más atractivos pero menos disponibles; probablemente ahí reside la atracción observada de las especies ocasionales por las cabras.

Los caprinos presentan un rango variado de selección entre el grupo de frecuentes. El roble, *C. scoparius*, *Ericas*, forrajes, y *Lavandula*, aunque pertenecen al mismo grupo de disponibilidad, integran grupos diferentes de preferencia, de marcadamente preferido a marcadamente rechazado, según el orden de las especies. Varios factores concurren para ello (calidad y defensas anti-herbívoro, estilos de pastoreo y disponibilidad) y comprueban el complejo juego que influye en las decisiones del animal en la elección de las especies. A continuación trataremos de ejemplificar esos factores.

Aunque las especies más abundantes salgan desfavorecidas en esta valoración, se observan diferencias muy claras entre ovinos y caprinos, que se relacionan con las diferencias de estilo antes comentadas. Los prados, los pastizales y los forrajes son rechazados por los caprinos, mientras que los ovinos sólo rechazan los pastizales, presentando las clases prados y forrajes índices de preferencia neutros. Para los ovinos, los prados presentan índices de preferencia más favorables que los forrajes, probablemente debido a diferencias de calidad entre unos y otros. Los caprinos presentan una tendencia inversa, posiblemente relacionada con la disponibilidad, o sea, los forrajes son menos abundantes que los prados por lo que más tolerados por los caprinos.

Por otro lado, las diferencias de estilo de pastoreo también pueden ser comprobadas mediante los índices de preferencia de algunos árboles (*Ulmus*, *Salix* y *Fraxinus*); ellos son preferidos o marcadamente preferidos por caprinos, y no consumidos por los ovinos.

Por encima de un nivel de disponibilidad importante, las clases vegetales tienden a ser rechazadas, sobre todo en el caso de los caprinos. Sólo en el caso de los ovinos es posible observar clases de preferencia indiferente para los recursos del grupo de las dominantes, es el caso de los prados y forraje. En el caso de los caprinos las especies más abundantes son siempre rechazadas, queda por investigar si tal, se relaciona con abundancia o con su carácter herbáceo. En el caso de la clase de especies básicas (abundancia entre 10-20%) ya es posible encontrar en ovinos (*Cytisus striatus*) y caprinos (*Cistus ladanifer*) especies preferidas.

Los caprinos seleccionan negativamente *C. striatus* y positivamente *C. ladanifer*, este resultado no era esperado, teniendo en vista su valor alimentario. Sin embargo, la preferencia es una medida relativa y estas especies habitualmente no se encuentran asociadas, resultando claro que este parámetro debe ser analizado siempre dentro del mismo grupo de especies. Las clases rastrojo y *C. multiflorus* presentan índices de preferencia neutros.

Las especies de palatabilidad bien definida son marcadamente preferidas (zarza y roble) o marcadamente rechazadas (*C. psilosepalus* y *Lavandula*), tanto por caprinos como por ovinos. Probablemente su valoración positiva o negativa está vinculada con su composición química y/o presencia o ausencia de defensas anti-herbivoría. Aunque la zarza sea un recurso poco abundante, es muy frecuente, o sea, sus tasas de cobertura son bajas pero aparece muchas veces en el muestreo (en las líneas de agua, en los caminos, en los límites de las parcelas), pudiendo aportar seguridad a las ovejas, a la hora de la consumir. Su productividad, es por otra parte muy elevada.

Los caprinos suelen tener una gran curiosidad por especies ocasionales, lo que está de acuerdo con sus padrones de selectividad. Algunas especies son seleccionadas por las cabras sólo porque son muy escasas, es el caso del *Halimium*. Barroso *et al* (1995) observó en trabajo realizado en la Sierra de Filabres (Almería) que todas las especies poco disponibles eran preferidas por las cabras desde que no fueran portadoras de compuestos aromáticos; también Morand-Fehr (1981) insiste en que a las cabras les gustará cambiar de dieta y seleccionar una amplia variedad de recursos, verificándose así, una tendencia general para

el rechazo de las especies más abundantes, y preferencia por las especies poco disponibles, por parte de las cabras.

4.4 Conducta en pastoreo y ritmos de actividad

En este apartado se estudia de forma comparativa la variación anual del tiempo destinado a cada actividad y el patrón de distribución de las actividades a lo largo del día en las fases del año consideradas para ovinos y caprinos.

4.4.1 Diferencias entre ovejas y cabras

Considerando los cinco períodos del año respecto al tipo de recorrido (IL, ICR, ALT, DL, MIN), se analiza la variación del tiempo que ovinos y caprinos dedican a cada una de las actividades estudiadas, expresa en porcentaje de la duración de los recorridos (figura 3.12) y en forma de tiempo real (Tabla III.6).

La proporción de tiempo dedicado a la actividad de alimentación varía significativamente con la fase del año ($p \leq 0.001^{***}$), aunque no se verifiquen diferencias significativas entre ovinos y caprinos. La proporción de tiempo dedicado a la actividad de alimentación muestra una relación negativa con la duración de los recorridos (ovinos $r = -0.846$, $p = 0.000$; caprinos, $r = -0.796$, $p = 0.000$), significando que la actividad alimentaria es la principal y la que condiciona todas las restantes.

Tabla III.6: Valores medios correspondientes al número de horas que han dedicado ovinos y caprinos a la realización de las distintas actividades a lo largo de cinco fases del año.

	Tiempo en horas									
	ICR		ALT		DL		MIN		IL	
	ovinos	caprinos	ovinos	caprinos	ovinos	caprinos	ovinos	caprinos	ovinos	caprinos
Alimentación	5.6	5.0	5.2	5.0	3.9	4.9	3.1	4.3	4.2	5.1
Pastoreo	5.2	1.0	4.5	0.9	3.1	2.3	2.5	2.4	3.7	1.8
Ramoneo	0.3	4.0	0.5	4.2	0.6	2.7	0.5	1.9	0.5	3.2
Marcha	1.5	2.2	1.8	2.4	1.4	2.4	1.3	1.9	1.1	2.3
Reposo	0.6	0.9	4.9	1.8	1.0	0.9	0.1	0.2	0.3	0.1
Erguido	0.5	0.4	2.0	0.8	0.6	0.8	0.1	0.1	0.2	0.1
Acostado	0.1	0.4	3.0	1.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0
Rumia	1.7	1.4	2.5	3.3	0.5	0.8	0.0	0.1	0.7	0.3
Erguido	0.8	0.4	0.9	0.8	0.2	0.4	0.0	0.0	0.3	0.0
Acostado	1.0	1.1	1.6	2.5	0.2	0.4	0.0	0.1	0.4	0.3

El tiempo destinado a alimentación es bajo en las dos especies (véase Tabla III.6). En los caprinos es mínimo en diciembre (4.3 h) y máximo en el período comprendido entre

enero y abril (5.1h); de mayo a agosto es de 5h y en el resto del año es de 4.9h. En los ovinos, estos valores son, incluso más bajos, en los recorridos de corta duración (3.1 h en MIN), aunque se registren valores más elevados al final de primavera (5.6 horas en ICR) y verano (5.2 horas en ALT).

En general el tiempo de pastoreo varía de un sistema de pastoreo a otro y parece que tiende a ser mayor, en rebaños que no son sometidos a control humano (Bowns, 1971; Gluesing & Balph, 1980). Rebollo (1996) observó para ovinos un rango de variación para el tiempo destinado a la alimentación en los meses de invierno de 3.9h a 4.6h, y de 5.5h y 6.7h en el restante período del año. Aldezabal (1997) indica para el período de verano que el tiempo medio de pastoreo para los ovinos es de 6.2h (± 0.6) y para los caprinos de 6h (± 1.8).

Esos resultados difieren mucho de los nuestros, apuntando los obtenidos por nosotros para tiempos menores de pastoreo. En la base de estas discrepancias están probablemente los sistemas de explotación que son diferentes pero, también, la forma como hemos contabilizado el que corresponde a la actividad de alimentación (véase explicación en material y métodos), o sea, en este trabajo, los tiempos de búsqueda con la cabeza levantada asociados al desplazamiento no fueron contados como tiempos de pastoreo.

En la figura 3.12 se ha representado la variación de la proporción del tiempo dedicado a cada actividad para ovinos y caprinos con relación a la duración de los recorridos en las cinco fases del año consideradas.

La proporción de tiempo dedicado a la actividad de desplazamiento es superior en los caprinos ($p \leq 0.001^{***}$) y varía con la fase del año ($p \leq 0.001^{***}$). Lu (1988) señala las grandes distancias recorridas por los caprinos como una propiedad característica de su comportamiento, relacionándose ésta probablemente con el elevado patrón de selectividad manifestada por esa especie.

Interacción Vegetación-Herbívoro en los Rebollares

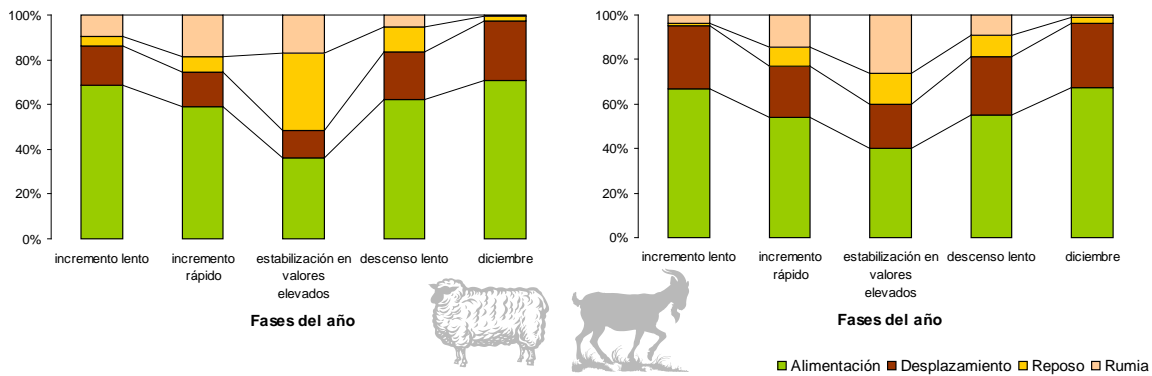


Figura 3.12: Variación anual del ritmo de actividades en ovinos y caprinos.

En ovinos, la proporción de tiempo dedicado a la actividad de desplazamiento está correlacionada negativamente con la duración de los recorridos ($r = -0.576$, $p = 0.002$); en caprinos no se verifica cualquiera relación. El tiempo dedicado al desplazamiento observado en caprinos es elevado, variando entre 2.4 horas en verano y otoño (fase de estabilización en valores elevados y de descenso lento) y 1.9 horas en los recorridos de corta duración (MIN). En los ovinos, los valores más bajos se registran en la fase de incremento lento con 1.1 horas y los más elevados en el verano (1.8 horas en ALT). Todavía, Rebollo (1996) señala para ovinos un rango de variación aún superior al encontrado por nosotros, en los meses de otoño y invierno, indica oscilaciones de 1.2 a 2.2 horas y en los meses de verano y primavera de 2.6 a 4.5 horas. Por otro lado, Aldezabal (1997) indica valores más próximos de los nuestros pero con tendencias inversas entre ovejas y cabras. Para el período de verano, la media para cabras presentada es de 2.1 horas (± 0.7) y para ovejas es de 2.6 horas (± 1.4). De estos resultados se debe inferir que a cada sistema corresponde una estrategia propia y, que las comparaciones sólo pueden ser consideradas en cuanto medio aproximativo de análisis. Es decir, que mientras que, en los sistemas intensivos la simplificación es grande y las comparaciones resultan interesantes, en los sistemas extensivos eso no ocurre, ya que éstos son muy complejos y las analogías resultan un poco raras.

En los días muy cortos de diciembre, los animales dedican la casi totalidad del tiempo de recorrido a la actividad de alimentación y desplazamiento en busca de los recursos; la suma de estas dos componentes corresponde a 97% y 96% (del tiempo de recorrido), respectivamente en ovinos y caprinos, o sea, parece ser que son estas dos actividades en conjunto las principales y las que condicionan la posibilidad de las restantes.

El desplazamiento está intrínsecamente ligado a la búsqueda de los recursos en los sistemas de pastoreo en análisis, designadamente el en caso de los caprinos.

Si tenemos en cuenta la duración del período diurno en esta fase del año en nuestras latitudes, inferior a las nueve horas diarias, y la baja calidad de los recursos, el tiempo compromete el acopio e ingestión de comida (Rebollo, 1996). En este período del año, los ovinos son generalmente suplementados, y los caprinos harán recurso posiblemente de sus reservas corporales, a parte de los cambios en su comportamiento de alimentación.

La proporción de tiempo dedicado a la actividad de reposo es superior en ovinos ($p \leq 0.001^{***}$) y varía también con el período del año ($p \leq 0.001^{***}$), siendo muy significativa en el verano (fase de estabilización en valores elevados), alcanzando 14.3% y 34.2% del tiempo de los recorridos, respectivamente en caprinos y ovinos. El tiempo dedicado al reposo presenta una relación positiva y significativa con la duración de los recorridos (ovinos, $r = 0.825$, $p = 0.000$; caprinos, $r = 0.643$, $p = 0.000$), es decir que tanto ovinos como caprinos sólo reposan en el curso de los recorridos cuando el tiempo para las actividades principales sobra.

La proporción de tiempo dedicado a la actividad de rumia es similar entre ovinos y caprinos; con todo, los ovinos dedican más tiempo a esta actividad en posición erguida comparativamente a los caprinos ($p \leq 0.01^{**}$). La actividad de rumia se correlaciona positivamente con la duración de los recorridos en ambas especies, aunque en los caprinos se acentúa más esta relación (ovinos, $r = 0.678$, $p = 0.000$; caprinos, $r = 0.920$, $p = 0.000$). La actividad de rumia se correlaciona positivamente con el tiempo de pastoreo en los ovinos ($r = 0.516$, $p = 0.007$), no verificándose relación entre estas variables en el caso de los caprinos.

De acuerdo con la bibliografía, el tiempo destinado a la rumia suele relacionarse con la cantidad (Penning *et al.*, 1991) y calidad del alimento consumido (Bordi *et al.*, 1994), y con el estrés térmico (Lu, 1988); estando el tiempo de rumia correlacionado positivamente con la cantidad de alimento consumido y negativamente con su calidad (Lu, 1987).

El tiempo dedicado a reposo y a rumia es visible apenas en los períodos calurosos y cuando los días son grandes (ICR y ALT). El reposo varía en los ovinos, entre 4.9 horas en la

fase de estabilización en valores elevados (ALT) y 0.1 horas en los días muy pequeños de diciembre (MIN). En los caprinos, varía entre 1.8 horas en la fase de estabilización en valores elevados (ALT) y 0.1 horas en la fase de incremento lento (IL). El tiempo de rumia es máximo en el verano (3.3 horas y 2.5 horas en los caprinos y ovinos, respectivamente) y mínimo en diciembre (0 horas para los ovinos y 0.1 horas para los caprinos en MIN).

Aunque nuestra observación incida sobre los períodos en que los animales se encuentran fuera de las majadas, es interesante señalar que no hay diferencias significativas entre las dos especies en el tiempo de rumia. Respecto a la relación entre la calidad de alimento y la actividad de rumia, se verifica que en verano (ALT) el tiempo de rumia es superior en ambas especies, relativamente al período de máxima calidad (ICR – coincidente con primavera tardía, véase capítulo Recursos leñosos. Oferta, Calidad y Fenología). En nuestras condiciones de estudio parece poderse relacionar el tiempo de rumia con el incremento de la temperatura y con la disminución de la calidad del alimento consumido.

Para las distintas fases del año, la relación entre la suma de la proporción de tiempo dedicado a alimentación y desplazamiento, y las restantes actividades (reposo y rumia), presenta un patrón similar entre ovinos y caprinos. Las mayores diferencias suceden en la fase de incremento lento (IL), cuando, en comparación con caprinos, los ovinos tienen ya una componente significativa de reposo y rumia en sus recorridos. En la fase ALT (estabilización en valores elevados), la suma de dichas componentes (reposo y rumia) es más elevada en los ovinos (cerca de 10%).

En la figura 3.13 se ha representado la variación de la proporción de tiempo dedicado al pastoreo y ramoneo para caprinos y ovinos en las cinco fases consideradas.

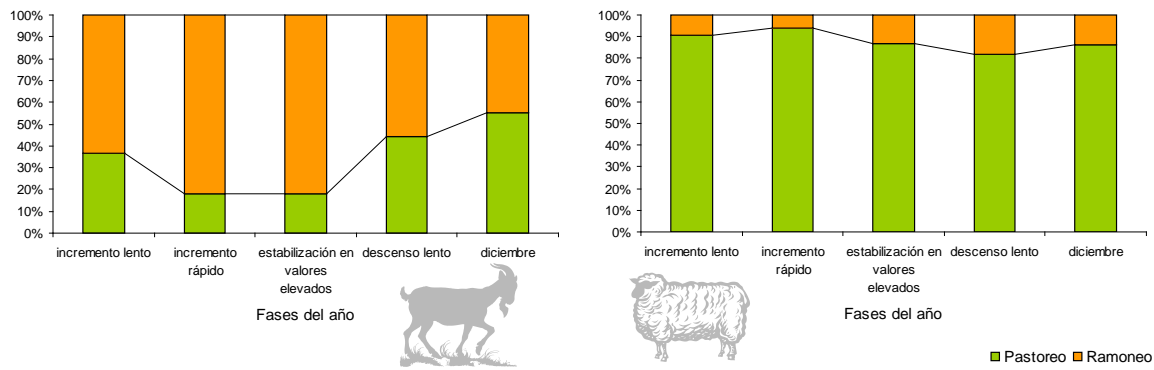


Figura 3.13: Variación de la actividad de alimentación a lo largo del año.

Aunque no haya diferencias entre ovinos y caprinos en el tiempo dedicado a la actividad de alimentación, ella tiene características distintas en las dos especies, como se puede comprobar por los tiempos dedicados al ramoneo y pastoreo por ovinos y caprinos ($p \leq 0.001^{***}$). No hay diferencias significativas en los tiempos dedicados a la actividad de ramoneo entre fases del año, verificándose lo inverso para el tiempo dedicado al pastoreo ($p \leq 0.01^{**}$). La actividad de pastoreo es más intensa en las fases del año coincidentes con el invierno (DL, MIN y IL), sobre todo por el incremento de esta actividad en los caprinos.

Las ovejas destinan el 88% del tiempo de alimentación al consumo de especies herbáceas y sólo el 12% al consumo de especies leñosas, mientras que las cabras presentan porcentajes opuestos, dedicando 34.5% al pastoreo y el 65.5% al ramoneo. Este patrón coincide con el observado por Rebollo (1996), el cual indica que las ovejas dedicaban 88.5% del tiempo de alimentación al consumo de especies herbáceas y 11.5% al consumo de especies leñosas y, al revés las cabras destinan 28.7% al pastoreo y 71.3% al ramoneo.

Respecto a la variación anual, las ovejas dedican más tiempo al consumo de herbáceas que de leñosas durante todas las fases del año. Los picos de actividad de ramoneo coinciden claramente con las fases de menor abundancia de recursos y se observan en el verano, otoño y parte del invierno (MIN). Las cabras, por el contrario, presentan mayor actividad de ramoneo que de pastoreo durante casi todo el año (sólo en MIN el tiempo de pastoreo es superior al ramoneo). Si consideramos que la proporción de hierba en la dieta de 50% marca el límite entre ramoneador (menos de 50%) y pastador (más de 50%), las ovejas

se comportan como pastadoras y las cabras como ramoneadoras durante todo el año, con excepción del período de días muy pequeños (MIN).

4.4.2 Ritmos de actividad diaria. Principales pautas que pueden detectarse

En las figura 3.14 a figura 3.18 se ha representado la proporción de animales dedicado a cada una de las actividades principales (alimentación, desplazamiento, reposo y rumia) por ovinos y caprinos en cada una de las fases del año consideradas. Se representan intervalos de 1 hora (por ejemplo hora 6 corresponde al intervalo 6:00 a 7:00 h), excepto en los casos de la primera hora de salida y la última hora de regreso a las majadas, cuyos intervalos no son completos. En la Tabla III.7 se puede apreciar la variación anual en las horas de salida y, regreso a las majadas en las dos especies; como no ha coincidencia perfecta entre ellas, se registró la primera y la última observada.

En la figura 3.14 se pueden distinguir claramente dos picos de actividad tanto para ovinos (uno de 4:00 a 8:00 horas y otro de 16:00 a 20:00 horas, hora solar) como para caprinos (uno de 6:00 a 10:00 horas, y otro de 16:00 a 19:00 horas, hora solar). Entre ambos picos se aprecia un período de descanso (reposo y rumia), muy marcado y prolongado en los caprinos (de 10:00 a 15:00 horas, hora solar) y en los ovinos todavía aún más dilatado (de 9.00 a 16:00 horas, hora solar). Es interesante reparar en las características del descanso, marcado por la rumia en caprinos y, por el reposo con y sin rumia en ovinos.

Tabla III.7: Horas de salida y entrada en las majadas para ovinos y caprinos en las fases del año consideradas.

Fase del año	Ovinos		Caprinos	
	Hora de salida	Hora de entrada	Hora de salida	Hora de entrada
IL	9:02	17:55	8:44	18:38
ICR	7:48	17:51	7:14	19:06
ALT	4:25	20:26	5:41	19:34
DL	8:08	17:19	7:11	17:56
MIN	9:47	16:54	9:26	17:10

Los picos de desplazamiento coinciden con el tránsito organizado de los rebaños, muy evidentes en la primera hora de la mañana y al anochecer. Es interesante subrayar que incluso en los picos de desplazamiento, coincidentes con el movimiento dirigido de los rebaños, se verifica una importante componente de alimentación.

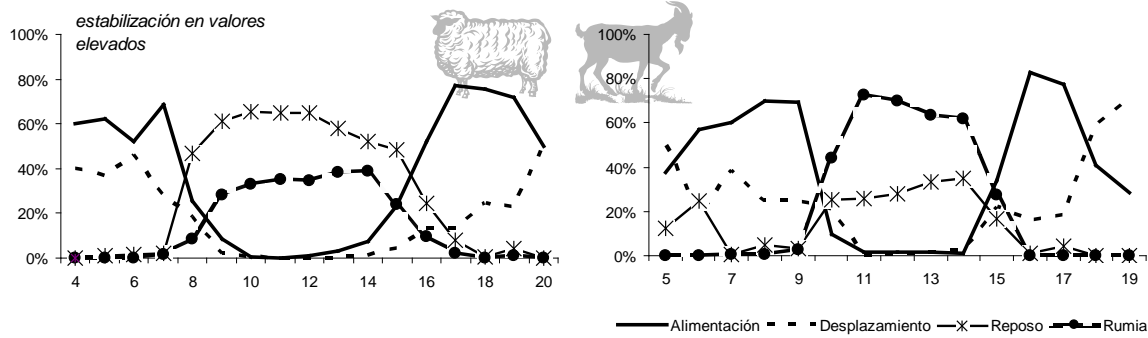


Figura 3.14: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase estabilización en valores elevados.

En la figura 3.15 se distingue para los caprinos un período muy corto, en torno al mediodía solar (12:00 a 13:00) en que apenas 25% de los animales se encuentran en pastoreo y cerca de 55% se encuentran en rumia o reposo sin rumia. Antes y después de esta moderación de la actividad de alimentación, se constatan períodos más o menos prolongados de pastoreo mezclados con desplazamiento. Los picos de pastoreo en el caso de los caprinos se centran de 9:00 a 11:00 horas y de 14:00 a 17:00 horas, donde siempre más de 50% de los animales observados están en pastoreo. Los ovinos presentan una pauta de variación semejante, aunque en torno del mediodía solar, 32.5% de los animales continúan alimentándose y apenas unos 42.5% descansan. Los picos de pastoreo suelen ser entre las 8:00 y las 11:00 horas y entre 14:00 y 17:00 horas.

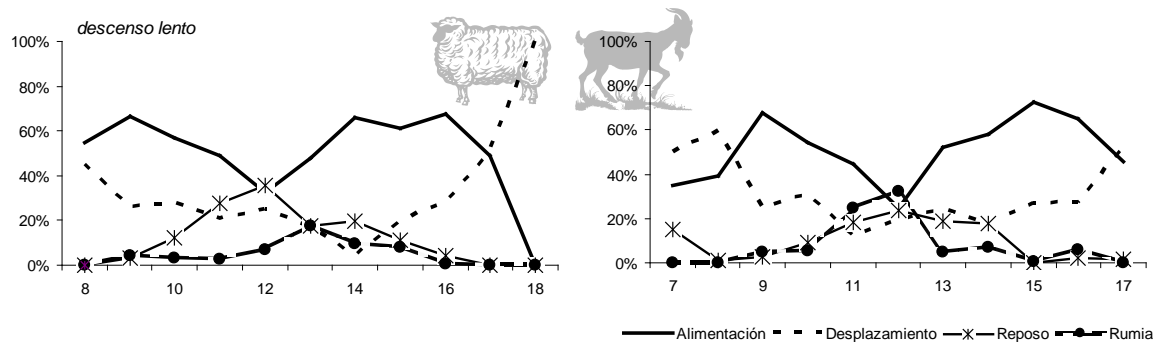


Figura 3.15: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase descenso lento.

En la figura 3.16 se observa claramente que durante los recorridos en este período (MIN), los rebaños no hacen más que alimentarse y desplazarse en busca de alimento, no verificándose, otras actividades en niveles expresivos.

Es interesante subrayar que a pesar de la ligera reducción en torno a las 14:00 h, la máxima actividad de pastoreo en los caprinos ocurre entre las 11:00 h y las 16:00 h.

Probablemente, esta máxima actividad de pastoreo está relacionada con el aumento de la temperatura diaria. Los pastores comentaban frecuentemente que las cabras no paraban con el frío, por lo tanto no se alimentaban; o sea, aparte de la escasez de recursos, durante este período del año las bajas temperaturas constituyen un factor adicional en la expresión de la conducta de los animales.

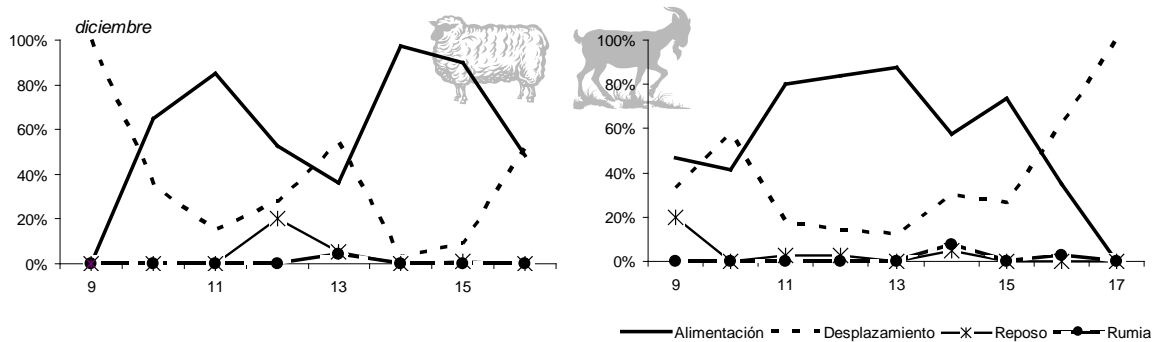


Figura 3.16: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día – fase diciembre.

En ovinos, hay una ligera disminución en la actividad de alimentación entre las 13:00 h y las 14:00 h, relacionada con la actividad de desplazamiento del rebaño de Vinhais, o sea esto comportamiento no es generalizable puesto que se debe a una ocurrencia muy particular. El máximo de descanso ocurre en torno al mediodía solar (12:00 h a 13:00 h), no ultrapasando el 20% de animales en actividad de reposo en posición erguida (figura 3.16).

La figura 3.17 respecta al período (II) y se distingue un patrón de variación diferente entre ovinos y caprinos. Se destaca la actividad de alimentación elevada en los ovinos, por encima de los 50%. Sin embargo, resaltan los dos picos entre las 11:00 h y 12:00 h y 15:00 h y 16:00 h, con una proporción elevadísima de animales en pastoreo (superiores a 85%). En el período más caliente del día (entre 12:00 h y 14:00 h) ya se verificará una disminución acusada de la actividad de alimentación.

La alimentación es importante en los caprinos a lo largo de todo el día. Sólo de 8:00 h a 9:00 h, y de 18:00 h a 19:00 h, la actividad de alimentación es inferior a 50%, precisamente cuando la actividad de desplazamiento es muy marcada. Todavía, se encuentra intercalada por pequeños períodos de reposo y rumia entre las 11:00 h y las 16:00 h (porcentaje reducido de animales) y por pequeños picos de desplazamiento correspondientes a movimientos

organizados del rebaño, más o menos importantes. Este patrón podrá explicarse en parte por las diferencias existentes entre los meses que constituyen esta fase en cuanto a horas de luz, temperatura y abundancia de recursos. La rumia exhibe un patrón dominante nocturno, si bien en los días largos y cálidos aparte de su ocurrencia nocturna se concentra en torno al mediodía solar.

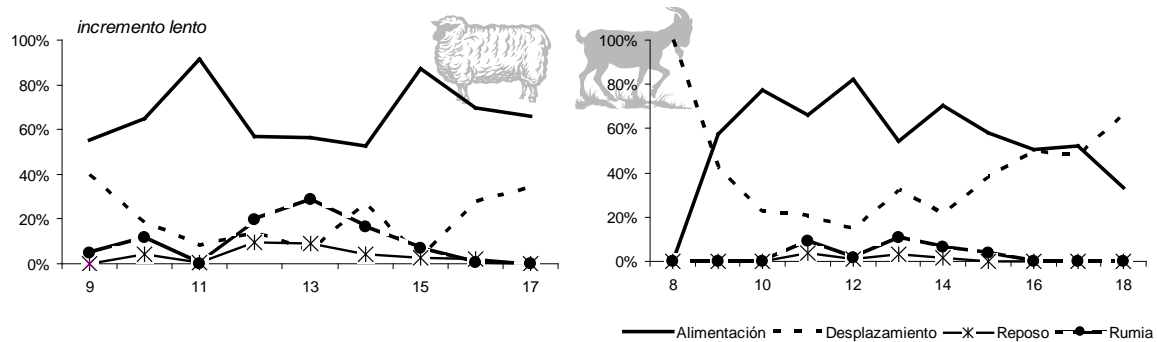


Figura 3.17: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase incremento lento.

En la figura 3.18 para el período ICR se diferencia un período en torno del mediodía solar de reposo, más acusado en los ovinos. A partir de las 11.00 h hay una disminución en la actividad de pastoreo, y desde las 12:00 h hasta a las 14:00 h, más de 65% de los ovinos están en descanso (reposo con y sin rumia). Hay también que destacar en esta fase, la rumia muy marcada en los ovinos. En los caprinos, entre las 12:00 h y las 15:00 h, hay un periodo de descanso en lo cual más de 45% de los animales están en rumia o reposo sin rumia, aunque por lo menos 30% sigan pastoreando. La actividad de máximo pastoreo se concentra antes y después de estos períodos.

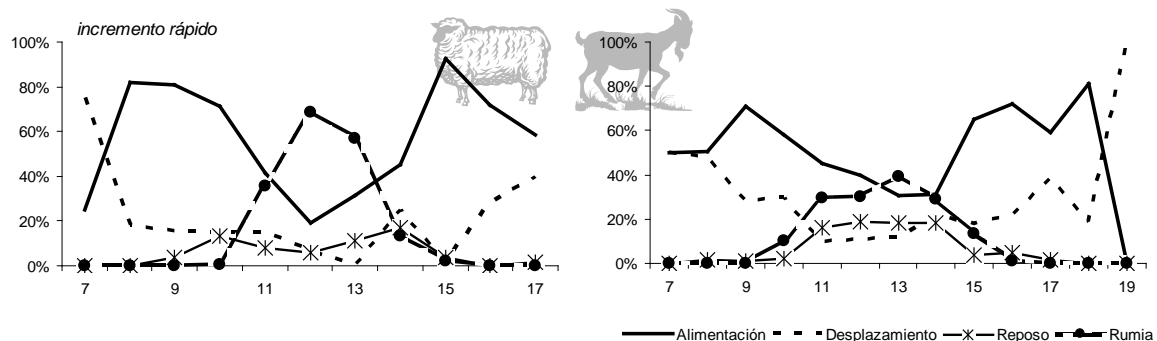


Figura 3.18: Variación del ritmo de actividades a lo largo del día - fase incremento rápido.

La división del día en tres períodos permitió extraer resultados interesantes, con respecto a la variación del ritmo de actividades a lo largo del día.

Como ya se ha indicado en el análisis de las figuras anteriores, las actividades de reposo y rumia, están concentradas en torno al mediodía ($p \leq 0.001^{***}$), y las restantes actividades fuera de estos períodos. Pero hay que destacar variaciones interesantes. La actividad de desplazamiento y ramoneo es más intensa por la mañana que por la tarde ($p \leq 0.001^{***}$). Por el contrario, la actividad de pastoreo (alimentación en herbáceas) es más intensa en la tarde ($p \leq 0.001^{***}$) y no se verifican diferencias entre los períodos mañana y tarde en la actividad general de alimentación.

Las diferencias en las actividades de ramoneo y pastoreo a lo largo del día se relacionan probablemente con la variación de las condiciones ambientales. Laca y Demment (1996) identificaron la existencia de un patrón diario en la tasa de ingestión en ovinos, en el cual el tamaño del bocado se incrementaba a lo largo del día. Este hecho se relacionaba con la variación de las condiciones ambientales en dicho periodo y su influencia sobre cambios de la composición química de las plantas.

Se detecta una amplia variación en el patrón de actividad diaria a lo largo del año para ambas las especies. Lo que parece estar condicionado por la duración del día, el valor de la temperatura máxima diaria y la disponibilidad de recursos (Arnold & Dudzinski, 1978). En el caso de sistemas de pastoreo dirigido, también por la estrategia de explotación adoptada por el ganadero.

Se verifica una tendencia generalizada para que los caprinos, durante todo el año, salgan más temprano y regresen más tarde a sus majadas que los ovinos, sólo interrumpida en los meses calientes de verano (fase ALT). Aunque los ritmos de actividades sean muy influenciados por la presencia del pastor, ya que el pastor es quien decide cuándo se debe abandonar la majada por la mañana y la hora de regresar a la misma por la noche. Nuestros resultados indican que los ganaderos conocen bien la fisiología de los animales y, manejan el sistema para facilitar el bienestar de sus rebaños.

Generalmente a lo largo del día, se reconocen dos períodos de alimentación principales (mañana y tarde) intercalados con pequeños ciclos de ingestión al mediodía (Lu,

1988). Este patrón es modificado por varios factores, entre ellos, por la reducción del tiempo de ingestión, por la escasez de alimento o por su baja calidad. Nuestros resultados reflejan la modificación de la pauta señalada como consecuencia de la reducción del tiempo de ingestión. Como la cantidad ingerida viene determinada por la relación:

$$QI = DP * PB * NB;$$

donde DP es la duración del período de pastoreo, PB es el peso del bocado, y NB es el número de bocados (Allden & Whittaker, 1970); los animales cambian su conducta, dedicándose casi exclusivamente a la actividad de alimentación (el desplazamiento es intrínseco a la actividad de alimentación en nuestros sistemas de pastoreo), procurando la satisfacción de sus necesidades.

A medida que los días van creciendo, ovinos y caprinos se aproximan del patrón descrito anteriormente, exhibiendo en los días calientes de verano (ALT) un patrón alimentario perfectamente bimodal, con una parada en torno del mediodía solar muy pronunciada. Las horas de mayor calor son dedicadas a las actividades de reposo y rumia (Rook & Penning, 1991; Shinde *et al.*, 1997). En este período del año, los animales reparten sus actividades a lo largo del día, verificándose que las actividades de alimentación y desplazamiento sólo suman 49% y 60% del tiempo total de los recorridos en ovinos y caprinos respectivamente.

Nuestros resultados indican que todas las actividades principales (alimentación, desplazamiento, rumia y reposo) cambian a lo largo del año. Los tiempos dedicados a las actividades alimentarias (alimentación y rumia) no varían entre ovinos y caprinos; al revés, el desplazamiento y reposo cambian mucho, pareciendo que frente a una mayor tendencia de las cabras para el desplazamiento, las ovejas optan por el reposo, lo que manifiesta claramente su distinto carácter.

5 Conclusiones

El régimen alimentario de ovejas y cabras es muy diferente a lo largo del año. Las ovejas basan su dieta en los recursos herbáceos, los cuales representan el componente dominante en todas las épocas del año. La importancia de las especies leñosas en la dieta de las ovejas es baja, la castaña es el único recurso no herbáceo consumido por encima del 10% durante parte del otoño y principios de invierno. Por el contrario, la base de la dieta de las cabras son las especies leñosas y su participación en la dieta cambia a lo largo del año, en función de su disponibilidad y calidad.

Las ovejas se han comportado como pastadores, y las cabras como consumidores mixtos, pues sólo en diciembre se observó una preponderancia del pastoreo respecto al ramoneo. Para los caprinos y en los restantes períodos del año, el ramoneo es siempre superior al pastoreo. El carácter oportunista de la cabra salió reforzado, tanto por los resultados referentes a la preferencia de las especies ocasionales, como por la versatilidad de las clases de alimentación que constituyen su régimen alimentario.

La diversidad vegetal de los recursos recorridos y la diversidad de la dieta de las cabras es superior a la de las ovejas durante todo el año. El índice de diversidad de las dietas constituyó un parámetro de valoración de la disponibilidad de los recursos y se reveló con variación inversa entre la abundancia de los recursos y la diversidad de la dieta.

En nuestras condiciones, la selección de los recursos se rige por un conjunto de factores, que son: disponibilidad de los recursos, composición química, presencia de defensas anti-herbívoro (tipo físico o químico incluyendo las que produzcan mal gusto u olor), capacidad anatómica-fisiológica y estilos propios a cada especie animal, que se traducen en predisposiciones generales hacia pastoreo o ramoneo.

Se detectó una amplia variación en el patrón de actividad diaria a lo largo del año para ambas especies. En nuestras condiciones de estudio, está influida por la duración del día, por el valor de la temperatura máxima diaria, la disponibilidad de recursos y por la estrategia de explotación adoptada por los ganaderos.

La actividad de alimentación es la actividad principal y la que condiciona todas las restantes, aunque el desplazamiento sea una actividad intrínseca en este tipo de sistemas. En algunos períodos del año, cuando los días son muy cortos, el tiempo disponible para pastorear es muy escaso (3.1 h en ovinos y 4.3 h en caprinos), observándose una dedicación intensa al acopio de los recursos. En el caso de los ovinos es frecuente el aporte de alimentos suplementarios en la majada (henos y forrajes), especialmente en períodos de menor abundancia y calidad del alimento. En el caso de los caprinos, el aporte de alimentos en la majada no es frecuente, y cuando existe está reducido a la hoja o bellota de roble; para lo demás, los animales tienen que recurrir a la movilización de sus reservas corporales.

Las actividades de alimentación y rumia no varían entre ovinos y caprinos; el desplazamiento es más intenso en el caso de los caprinos y el reposo en los ovinos. La rumia en posición erguida es más intensa en el caso de los ovinos.

Durante la mayor parte del año se reconoce un patrón bimodal en el comportamiento de alimentación de ovejas y cabras. Esta pauta se acentúa con el aumento de la duración del día y de la temperatura ambiental, principalmente en los ovinos, y en las condiciones opuestas acaba por extinguirse en los días pequeños y fríos. Sólo en la fase de incremento lento se identifican diferencias en el comportamiento de las dos especies, en la cual se verifica ya una tendencia de interrupción de ingestión en torno del mediodía solar para ovinos.

Los ovinos y los caprinos presentan patrones similares en cuanto al tiempo de alimentación y rumia, y divergentes en cuanto a desplazamiento y reposo. Ambas especies adaptan su comportamiento de alimentación a las restricciones impuestas por la estacionalidad anual propia de nuestras latitudes (temperatura y duración del día). En lo referente al tipo de recursos que explotan, se detectan diferencias muy claras entre las dos especies, resultando sus regímenes alimentarios muy distintos. Aparentemente no hay competencia entre las dos especies para la mayoría de los recursos, comportándose los ovinos como pastadores y los caprinos como consumidores mixtos, con acentuado carácter ramoneador.

Recursos leñosos. Oferta, Calidad y Fenología

1 Introducción

El uso de las hojas de los árboles como alimento para el ganado es una práctica muy antigua que remonta a la agricultura romana (Bourbouze & Donadieu, 1987; Ramana *et al.*, 2000) o con seguridad a tiempos mucho remotos. Tradicionalmente, las hojas de árboles y los brotes jóvenes de los arbustos fueron (Sigaut, 1987) y siguen siendo (Ben Salem *et al.*, 1994; Koukoura & Nastis, 1994; Stringi *et al.*, 1994) ampliamente usados como forraje en los ambientes mediterráneos, aunque las especies leñosas perdieron importancia por el desarrollo de la agronomía y la intensificación de la producción animal en los países más desarrollados. Sin embargo, el reconocimiento del papel de los herbívoros en la prevención de los incendios (Delabrazze, 1987; Etienne, 1989; Baudry, 1991; Hubert, 1991; Etienne *et al.*, 1994; Guitton *et al.*, 1994; Papachristou, 1994; Etienne *et al.*, 1996; Perevolotsky & Etienne, 1999) hace aumentar el interés por estos recursos en toda la Europa Mediterránea, y fomentar la investigación sobre este importante sistema de aprovechamiento de recursos.

Los trabajos sobre la calidad alimentaria de las leñosas se multiplican tanto en Europa (Bourbouze, 1980; De Simiane, 1987; Meuret, 1988a; 1989; Cuartas & García-González, 1991; Rego *et al.*, 1991; Papachristou & Nastis, 1993; Rego, 1993; Yiakoulaki & Nastis, 1995; Papachristou & Nastis, 1996; Torres & Rego, 1999; Delgado - Pertíñez *et al.*, 2000; Mosquera-Losada *et al.*, 2000; Ventura *et al.*, 2000), como en otras regiones: Cuenca mediterránea (Perevolotsky *et al.*, 1993; Chriyaa *et al.*, 1997; Perevolotsky *et al.*, 1998; Ben Salem *et al.*, 2000), África (Apori *et al.*, 1998; Mandinbaya & Chihora, 1999; Roothaert, 1999; Abdulrazak *et al.*, 2000; Omokanye *et al.*, 2001), Asia (Baydya *et al.*, 1995; Singh *et al.*, 1998; Ramana *et al.*, 2000; Khanal & Subba, 2001), Latinoamérica (Ramírez & Ledezma -Torres, 1997; Ramírez *et al.*, 2001), Caribe (Aumont *et al.*, 1995), y Australia (McSweeney *et al.*, 1999). Sin embargo, la información disponible sobre la calidad alimentaria de los recursos aportados por los rebollares es muy escasa. La bibliografía consultada (Tiago, 1987; Meca,

1990; Rego, 1993; Ammar *et al.*, 2004), tan sólo proporciona alguna referencia limitada en cuanto a especies, componentes o períodos del año. Por otro lado, es grande la variación observada por los autores debido a diferentes condiciones de estudio, en especial en lo que respecta a las diferencias en los ciclos vegetativos de las plantas recogidas.

Así, este capítulo está centrado en la evaluación de la calidad alimentaria de los recursos leñosos aportados por los rebollares en estudio, teniendo en vista la relación entre el ciclo vegetativo de la planta y su valoración. Considerando conjuntamente los criterios de abundancia en la zona y utilización por los pequeños rumiantes domésticos (oveja y cabra), hemos seleccionado las especies arbustivas leguminosas más representativas - *Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus*, *Cytisus multiflorus* y *Genista falcata* -, y la hoja del rebollo. Los objetivos específicos que se pretende alcanzar en este capítulo son:

1. Evaluar la variación anual de la calidad nutritiva de la hoja del rebollo y de las especies arbustivas leguminosas más representativas en las cuatro áreas de estudio;
2. Relacionar la variación de la calidad nutritiva con el ciclo vegetativo de las plantas en estudio;
3. Determinar índices de calidad relativa para las especies en estudio.

2 La calidad nutritiva de los recursos leñosos

2.1 Composición química y digestibilidad: factores de variación

La composición química de las plantas, y consecuentemente su valor nutritivo, es el resultado de la importancia y distribución de los recursos fotosintéticos entre los varios tejidos vegetales (van Soest, 1994). Dicha distribución resulta de las características inherentes a la propia especie o familia vegetal; de la interferencia de diferentes variables ambientales (temperatura, luz, humedad del suelo, nutrientes del suelo, nivel de utilización de los recursos), y del efecto estacional. Así, el valor alimentario de una misma especie vegetal sufre una amplia variación en función de la heterogeneidad espacial - múltiples efectos resultantes de las condiciones concretas de crecimiento, y temporal - efecto de la evolución del ciclo vegetativo de la planta.

Las leguminosas son caracterizadas por elevados contenidos en proteína y lignina, y bajos contenidos en fibra - paredes celulares (van Soest, 1994). Las arbustivas leguminosas siguen la misma tendencia, aunque se presenten más fibrosas y lignificadas. Respecto a su concentración en compuestos secundarios, generalmente no son ricas en estos componentes. En un estudio realizado en Galicia (González - Hernández *et al.*, 2000), no fueron encontrados taninos entre las leguminosas analizadas (*Cytisus striatus*, *Cytisus multiflorus*, *Ulex europaeus*, *Ulex gallii*, *Genista florida*, *Genistella tridentata*). Por otro lado, diversos estudios (Narjisse *et al.*, 1995; Silanikove *et al.*, 1996) han evidenciado que los caprinos son tolerantes a los taninos. El efecto supuestamente negativo de los taninos en el valor nutritivo, y en su ingestión, está condicionado por las especies vegetales, periodo del año y composición química (Abdulrazak *et al.*, 2000; Nantoumé *et al.*, 2001). Nastis y Malechek (1981) han observado que el nivel de consumo de las hojas de *Quercus gambelli* cambia en función de su estadio de madurez. En el que toca a la variación temporal de la composición química, en general y a medida que el ciclo vegetativo transcurre en la planta, su contenido en fibra (NDF) y lignina (ADL) se va incrementando; al revés, sus contenidos celulares tales como la proteína se reducen, y en consecuencia, la digestibilidad disminuye también.

La fenología vegetal es el estudio de las relaciones entre la periodicidad de fenómenos morfológicos y fisiológicos en las plantas, y aquellos relativos a las variables ecológicas activas (Le Floc'h, 1969). En este sentido, los estadios fenológicos (fenofases) pueden ser definidos como eventos en el ciclo de vida de la planta, y su distribución a lo largo del año constituyó el patrón fenológico de la planta (Castro-Diez & Montserrat-Martí, 1998).

Así, según los objetivos de las investigaciones, las notaciones feno-morfológicas pueden presentar caracteres diferentes y apreciarse con distinto grado de detalle. Según Lachaux *et al.* (1987), la relación entre la composición química y el ciclo de vida de la planta pasa por notaciones fenológicas simples que pueden ser hechas por cualquier persona no especialista, ya que se trata apenas de observar los cambios de estado más importantes en los principales órganos pastoreados.

La mayoría de los estudios relaciona simplemente el valor con la fecha en que fue recogida la muestra, resultando que el uso de esta información presenta limitaciones, porque las variaciones en la fenología para una misma fecha son numerosas (entre años, altitudes, condiciones climáticas, condiciones de utilización, etc.). La relación entre la composición química de las leñosas y su fenología está poco desarrollada (Nastis, 1982).

2.2 Evaluación de la calidad nutritiva en leñosas

Entre los diversos métodos para estimar el valor alimentario de los vegetales disponibles para los herbívoros, se pueden citar los siguientes tipos:

1. **Métodos zootécnicos** - están basados en la observación de las producciones animales (Zemmelink & Mannetje, 2002), parámetros que suelen considerar el peso, la producción de leche y la evolución del estado corporal del animal.
2. **Métodos florístico – agronómicos** - están basados en la composición florística de las comunidades vegetales, asignando a cada especie vegetal un índice de calidad específico en función de numerosos atributos e información sobre su palatabilidad, digestibilidad, contenido en nutrientes, tasa de crecimiento, características anatómicas y morfológicas, contenido en compuestos tóxicos, etc.; los más comunes son el *valor pastoral* de Daget y Poissonet (1971; 1972) y el *método Complex* (Sostaric & Kovacevic, 1974).
3. **Métodos de laboratorio** - basados en la composición química y en la digestibilidad; fueran desarrollados para “recursos forrajeros convencionales” - forrajes cultivados, pastizales, praderas - y su aplicación a los recursos “no convencionales” – matorral, hojas de árboles, etc. tienen algunas limitaciones como veremos a continuación.

Generalmente, la composición química es dada por el análisis clásico (INRA, 1978), que corresponde a la proporción de agua, minerales, contenido en nitrógeno, materias grasas y carbohidratos (INRA, 1988). Sin entrar en el detalle de los sistemas de análisis y de sus posibles combinaciones, señalaremos sin embargo que el sistema original, conocido como el sistema de *Weende* o *proximate analysis system*, fue desarrollado a finales del siglo XIX

y cayó en desuso en lo referente a la fibra (constituyentes de la pared celular), ya que su estimación presentaba grandes limitaciones (Giger-Reverdin, 1995). En la segunda mitad del siglo XX, fue desarrollado el sistema de los detergentes (van Soest & Wine, 1967), procedimiento de fraccionamiento que permite separar rápidamente los contenidos celulares solubles y los contenidos de la pared celular insolubles, y aún estimar sus principales componentes: hemicelulosa, celulosa y lignina (van Soest, 1994). En la valoración de la calidad alimentaria se usan, generalmente, combinaciones de los dos sistemas analíticos, conjuntamente con otros análisis complementarios, como por ejemplo, la dosificación de taninos o de macronutrientes.

En lo que respecta a la digestibilidad, se han desarrollado numerosas técnicas de estimación (Demarquilly & Jarrigue, 1981). De entre ellas, las técnicas *in vitro* son las más comunes (Nastis & Malechek, 1988) puesto que simulan el proceso digestivo en el animal de forma simple y realista. Aunque las técnicas *in vivo* produzcan resultados más interesantes (Nastis & Malechek, 1981; Sidahmed *et al.*, 1981; Meuret, 1988b; 1989; Perevolotsky *et al.*, 1993; Coleman *et al.*, 2003), su determinación no es frecuente debido a su elevado costo. El empleo de los métodos convencionales en el análisis a las leñosas presenta algunas limitaciones. Diversos autores demostraron que frecuentemente la composición botánica de la dieta ingerida es muy diferente de la composición botánica de la cobertura vegetal explorada (Maizeret, 1988; Cuartas & García-González, 1991; Meuret *et al.*, 1991; Meuret & Guerin, 1991; Genin & Pijoan, 1993; Barroso *et al.*, 1995; Meuret, 1995; Ramírez, 1999). Por otro lado, el valor alimentario de un recurso específico depende de la composición vegetal del territorio de pastoreo (Madsen *et al.*, 1997), atendiendo a los efectos de asociación entre los diferentes vegetales disponibles para su dieta.

Muchas plantas producen defensas frente a los herbívoros, como es el caso de los compuestos secundarios tales como taninos que actúan reduciendo su valor nutritivo (Robbins *et al.*, 1987a; Robbins *et al.*, 1987b). Este mecanismo inhibitorio del valor nutritivo está relacionado con la capacidad de estas substancias para precipitar las proteínas vegetales y inhibir los enzimas gastrointestinales, resultando de ahí disminuciones en la digestibilidad (Zucker, 1983); los taninos disminuyen frecuentemente la palatabilidad y la

ingestión (Makkar, 2003). Sin embargo, algunos animales presentan también defensas frente a taninos, con lo que resulta muy difícil de estimar el valor nutritivo (Robbins *et al.*, 1987b; Silanikove *et al.*, 1996).

Teniendo en cuenta lo anterior, el valor nutritivo estimado para el matorral debe ser siempre considerado como un valor indicativo, ya que depende de la selección del animal en pastoreo, de las condiciones ecológicas concretas de crecimiento de las especies (Meuret *et al.*, 1991) y de los problemas y limitaciones inherentes a los análisis (Lachaux *et al.*, 1987). De hecho, mediante su proceso de selección de la dieta, el animal influye en las dinámicas de crecimiento, y consecuentemente, en el valor de las especies. Tsiouvaras *et al.* (1989), estudiando hojas de *Quercus coccifera* en Grecia, han simulado diferentes tasas de intensidad de pastoreo mediante corte, y demostraron que el óptimo de producción de hojas no coincidía con el óptimo de calidad de ese forraje (composición química y digestibilidad *in vitro*), ya que la producción se incrementaba con el consumo, mientras la calidad seguía la tendencia inversa.

3 Material y métodos

3.1 Ciclo vegetativo de las especies en estudio

Las observaciones feno-morfológicas de las especies vegetales consistieron simplemente en una aproximación a su fenología, que hiciese posible asignar un determinado valor de composición química a un estadio concreto del ciclo de vida de la planta. Para cada localidad estudiada (Freixedelo, Rebordáinhos, Sortes y Zido) han sido seleccionados y marcados 5 ejemplares de cada especie. En la selección de los ejemplares a muestrear, se ha procurado elegir plantas con buen desarrollo, sujetas a baja perturbación, y cuya distribución correspondiese a un patrón homogéneo en el área a estudiar. En el caso del *Quercus pyrenaica*, hemos elegido ejemplares de porte arbustivo, por ser los más utilizados por el ganado.

Las observaciones ocurrieron en el periodo comprendido entre 1 de marzo del 1999 y 19 de abril de 2000, con intervalos aproximadamente mensuales. Las localidades fueron visitadas, observando los individuos seleccionados, anotándose la presencia o ausencia de los distintos eventos fenológicos (fenofases) considerados. De forma simultánea, se recogieron cinco ejemplares similares a los ejemplares observados (en cuanto al estadio fenológico) para cada una de las especies con el objetivo de constituir un herbario fenológico que permitiera la confirmación de los eventos *a posteriori*. Las fechas de observación de las especies arbustivas (*Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus*, *Cytisus multiflorus* y *Genista falcata*) han sido 1 y 26 de marzo (F1, F2), 23 abril (F3), 4 y 24 de mayo (F4, F5), 23 de junio (F6), 3 de agosto (F7), 30 de septiembre (F8), 4 de noviembre (F9) y 20 de diciembre (F10), en el año de 1999, y 25 enero (F11), 2 de marzo (F12) y 19 abril (F13) en el año siguiente. En el caso del rebollo, fueran hechos dos muestreos complementarios en periodos intermedios, 17 agosto (F7') y 22 de octubre del 1999 (F8').

Para las especies arbustivas, los eventos fenológicos señalados corresponden a una ligera simplificación a lo propuesto por Le Floch (1969): (I) – registro de actividad (generalmente coincidente con el inicio de la actividad vegetativa); (CV) – crecimiento vegetativo (formación de hojas y crecimiento de ramas); (ICCH) – inicio del cambio de coloración de las hojas; (CH) – caída de hojas y cesación del desarrollo de las ramas; (Fbf) – formación de los botones florales; (Fl) – floración; (Fr) – fructificación; (DS) – frutos maduros y diseminación de la semilla; y (RV) – reposo vegetativo. En el caso del rebollo, nos limitamos a los cambios ocurridos en las hojas, considerando: (I) – (inicio de la actividad vegetativa); (FF) – (desde el apareamiento de las primeras hojas hasta que alcancen su talla adulta); (PF) – hojas de talla adulta sin cambios visibles, (ICCH) – inicio del cambio de coloración de las hojas; (S) – senescencia, cuando más de 50% de hojas ya han cambiado de color; (CH) – como se trata de una especie marcescente se considera esta fase cuando más de 90% de las hojas se encuentran secas; (RV) – (reposo vegetativo). Se consideraran como fenofases activas, las que dominaban en las plantas observadas en el momento, nunca más de tres. Se determinó la frecuencia de cada evento fenológico a partir del cociente entre la suma del número de veces con que ese evento fenológico es observado y, la suma del número total de eventos observados, en el conjunto de las plantas observadas.

3.2 Calidad nutritiva

3.2.1 Procedimiento de campo

En las cuatro localidades estudiadas fueron recogidas muestras de hojas de rebollo y de los rebrotes del año de las arbustivas leguminosas en estudio: *Cytisus scoparius* en Freixedelo, *Cytisus striatus* y *Cytisus multiflorus* en Sortes, *Genista falcata* en Freixedelo, Sortes y Zido, y *Quercus pyrenaica* en todas las cuatro localidades. Las muestras se recogieron entre mayo de 1999 y marzo de 2000, en cinco momentos del año. Las fechas de cosecha de las arbustivas fueron: 4 de mayo (*primavera tardía*), 2 de julio (*verano*), 30 de septiembre (*otoño*), 20 de diciembre (*invierno*) y 3 de marzo (*primavera*). El rebollo se muestreó entre 4 y 24 de mayo (según los sitios, *hoja muy joven*), 2 de julio (*hoja joven*), 17 de agosto (*hoja madura*), 30 de septiembre (*hoja en inicio senescencia*), y 22 de octubre (*hoja senescente*). Se han recogido 3 replicas por especie, localidad y fecha, completando 150 muestras para el análisis.

3.2.2 Procedimiento de laboratorio

Después de secar las muestras a una temperatura constante de 60°C como mínimo durante 48 h, fueran pesadas y molidas en un molino de martillos de tamaño no superior a 1mm. Las muestras fueron analizadas doblemente. Se hicieron los siguientes análisis: materia seca (MS), materia orgánica (MM), cenizas (CZ), nitrógeno total (a continuación se transformará en proteína bruta – PB), fibra neutro detergente (NDF), fibra ácido detergente (ADF), lignina ácido detergente (ADL) y digestibilidad *in vitro*. La materia seca fue determinada por deshidratación en estufa sin ventilación a temperatura reglada entre 100°C e 105°C, durante 4 horas. Las cenizas fueron determinadas por mineralización en mufla a 550°C durante 3 horas (AOAC, 1984); la materia orgánica se obtuvo por diferencia entre la materia seca y las cenizas. La determinación del contenido en nitrógeno se realizó mediante el método *Kjeldhal*, siguiendo a la digestión sulfúrica de las muestras (Jones & Case, 1990). El cálculo de la proteína bruta corresponde al porcentaje de nitrógeno * 6.25.

Los diferentes componentes de la fibra se determinaron según el método de fraccionamiento a los detergentes (van Soest & Wine, 1967), mediante el cual, las muestras son sometidas a dos series de análisis independientes. Se dosifica por un lado la totalidad de

los constituyentes de la pared celular – fracción fibra neutro detergente (NDF), obteniendo por diferencia (MO – NDF) los componentes celulares solubles (CC). Por otro lado, se dosifica la fracción fibra ácido detergente – ADF, y en seguida, la fracción lignina ácido detergente – ADL. En lo que respecta a la composición de la pared celular, la hemicelulosa es obtenida por diferencia entre la fracción NDF y ADF, la celulosa por diferencia entre ADF y ADL, y la lignina corresponde sensiblemente a la fracción ADL. La digestibilidad fue estimada por el método de Tilley y Terry (1963), modificado por Marten y Barnes (1980). Las muestras también fueron analizadas doblemente. El líquido ruminal fue recogido en dos carneros adultos fistulados y alimentados dos veces al día con heno regional.

3.3 Análisis estadístico

Los datos referentes a la calidad nutritiva, normalizados cuando necesario, se analizarán mediante análisis de varianza (GLM – 2 factorial). Los factores de variación considerados fueron, para las arbustivas, especie y fecha, y para el rebollo, localidad y fecha. Para los factores significativos se procedió a la separación de medias por el *test* de *Bonferroni*, de acuerdo con los procedimientos descriptos en capítulos anteriores.

4 Resultados y discusión

4.1 Evolución del ciclo vegetativo

4.1.1 Arbustivas

En las figura 4.1 a figura 4.5 se representa la evolución anual del ciclo vegetativo de las distintas especies en estudio; se señalan con flechas, las fechas de recogida de material vegetal para analizar, siguiendo el orden de observación descrito en el apartado de material y métodos, las primeras diez para el año de 1999, y las restantes tres para el año de 2000, evidenciándose así las diferencias interanuales.

Las tres especies del género *Cytisus* tienen un pico de actividad vegetal en la primavera que se inicia con el crecimiento vegetativo (CV), al cual se sigue la formación del botón floral (Fbf) y la floración (Fl), ocurriendo éstas en paralelo con el crecimiento

vegetativo. El crecimiento vegetativo sigue hasta una fase avanzada de la fructificación. La fructificación (Fr) se inicia incluso en primavera, y se extiende hasta medio de verano. El pico de maduración del fruto / dispersión de la semilla (DS) ocurre a principios de agosto, en simultáneo con la senescencia y caída de las hojas (ICCH, CH). Sigue después un periodo de reposo vegetativo (RV) de 3 a 4 meses (figura 4.1, figura 4.2 y figura 4.3).

Generalmente, las plantas caducifolias pierden sus hojas en un corto periodo en otoño, mientras que las perennifolias las pierden entre primavera y verano, al final del periodo de crecimiento vegetativo (Castro-Diez & Montserrat-Martí, 1998). En nuestro trabajo, aunque sean plantas caducifolias, éstas pierden sus hojas en un periodo muy corto, coincidente con el final del alargamiento de las ramas entre julio e agosto. Eso se relaciona probablemente con el hecho de que estas plantas, a pesar de ser deciduas, presentan sus ramas siempre verdes, lo que supone que están aptas a realizar la fotosíntesis siempre que las condiciones ambientales lo permitan (Barkman, 1988).

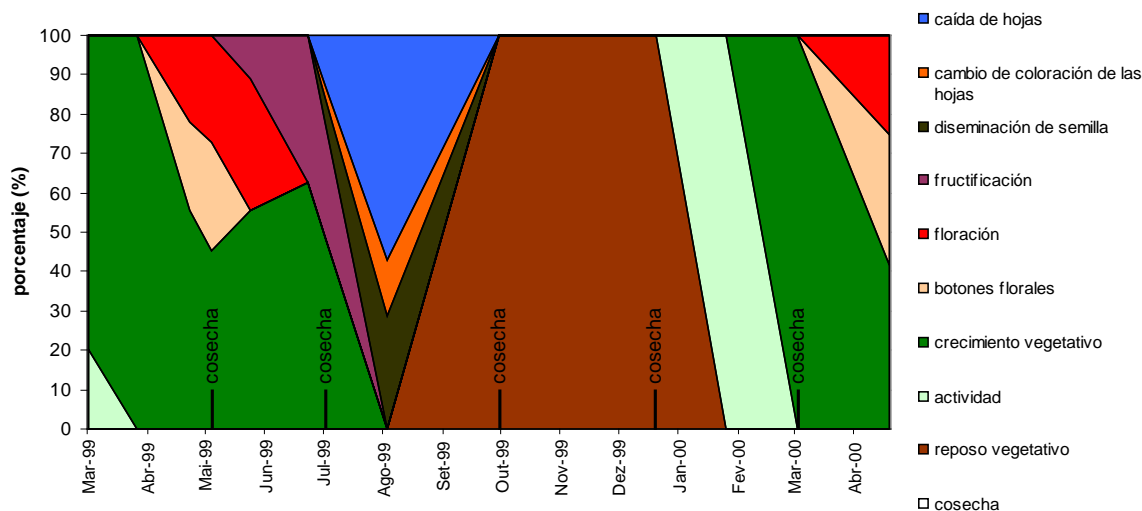


Figura 4.1: Evolución del ciclo vegetativo del *Cytisus scoparius*.

Para las tres especies del género *Cytisus* estudiadas se verifica que el crecimiento vegetativo, la formación de los botones florales y la floración están solapados, y ocurren en un tiempo relativamente corto, de cerca de 3 meses. En el caso del *Cytisus multiflorus* (figura 4.3), esta tendencia es todavía más marcada, ya que la formación de los botones florales y el crecimiento vegetativo, son casi simultáneos desde el inicio del ciclo; al revés, en el caso del *Cytisus striatus* (figura 4.2) la formación de los botones florales no se desarrolla

vigorosamente hasta que haya un crecimiento vegetativo significativo, estando el *Cytisus scoparius* (figura 4.1) en la posición intermedia.

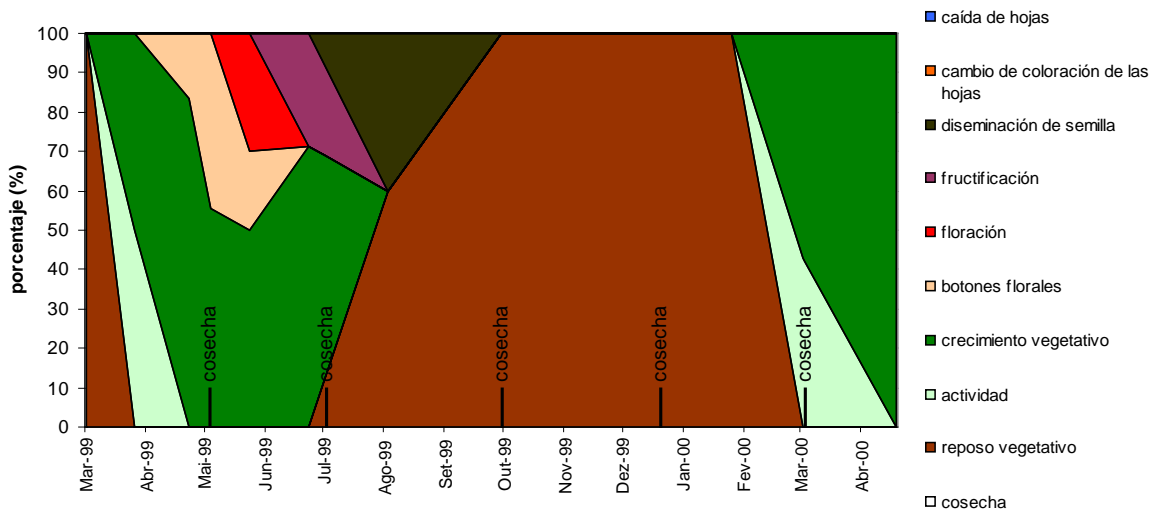


Figura 4.2: Evolución del ciclo vegetativo del *Cytisus striatus*.

Genista falcata, pese a presentar un pico de actividad en primavera con solapamiento claro de la actividad vegetativa y reproductiva, su periodo de inactividad es muy reducido. La caída de la hoja ocurre en finales de verano, cerca de 1 a 2 meses más tarde que en los *Cytisus*. La fase de fructificación de esta especie es más prolongada que en los *Cytisus*, principiándose en abril llegando hasta agosto; en esta fecha se verifica la maduración del fruto y el crecimiento vegetativo se interrumpe, empezando de seguida las modificaciones en las hojas hasta a su caída (CH) que suele ser más lenta que en los *Cytisus*.

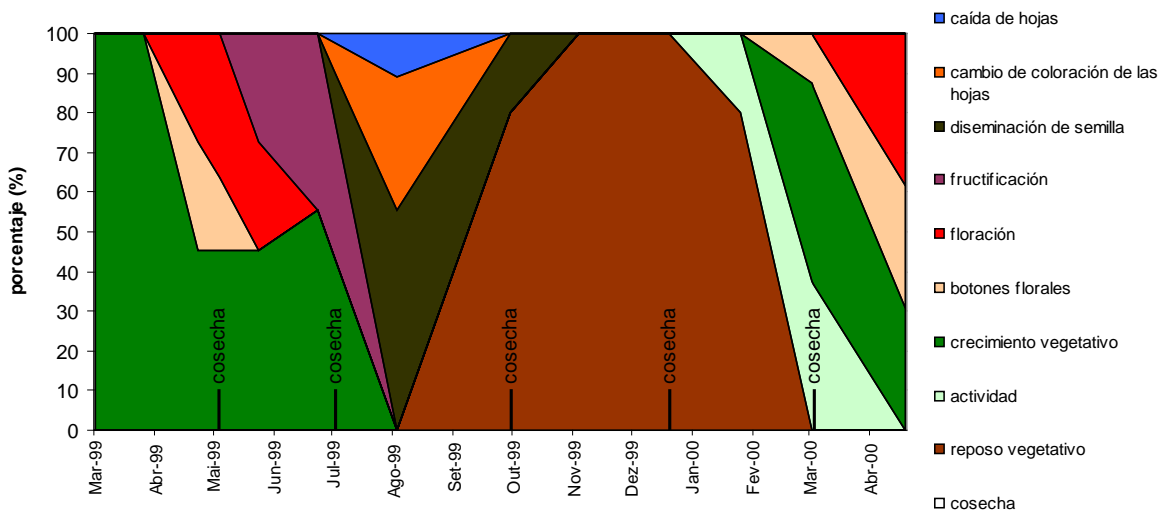


Figura 4.3: Evolución del ciclo vegetativo del *Cytisus multiflorus*.

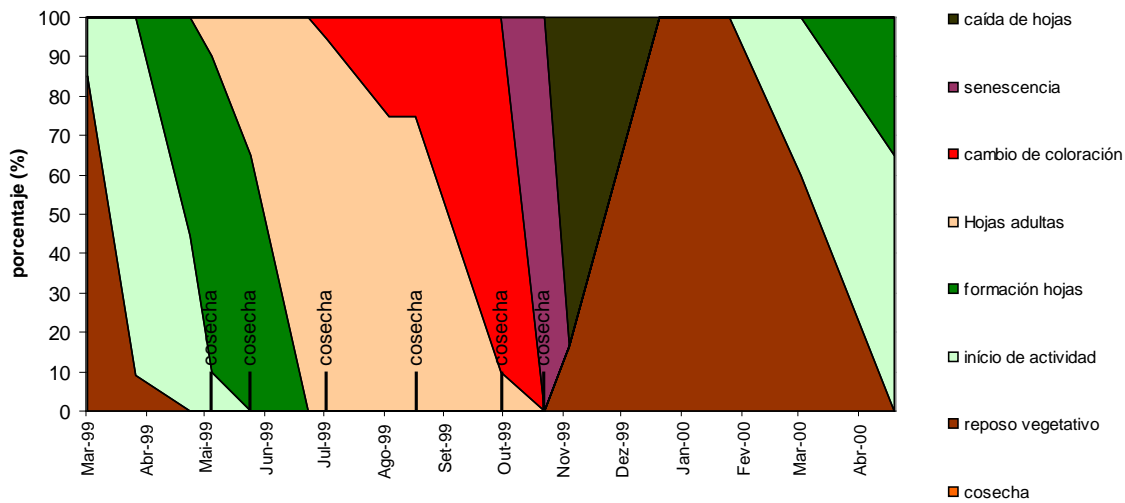


Figura 4.5: Evolución de los cambios en el ámbito vegetativo del *Quercus pyrenaica*.

Aunque se hayan observado diferencias entre localidades en cuanto al inicio de la actividad vegetativa del *Quercus pyrenaica*, el hecho más remarkable, por sus implicaciones en la utilización por parte de los animales, se refiere al mantenimiento del estadio de hojas de talla adulta sin cambios visibles (PF) durante el período estival. El rango temporal en que la hoja se presenta totalmente verde suele relacionarse con las condiciones de cada localidad, en particular depende del déficit hídrico. En nuestras condiciones de estudio, Freixedelo es el lugar donde los cambios en la coloración de las hojas se identificaron antes, ya a principios de agosto, probablemente debido a la ocurrencia de mayor sequía estival. En Rebordaínhos y Zido, las señales de senescencia son visibles en finales de verano (30 de septiembre). En Sortes, a finales de verano, la mitad de las hojas aproximadamente siguen sin cambios visibles en su coloración, probablemente por sus condiciones más favorables de humedad de suelo. El proceso de senescencia suele ser más rápido cuando la sequía estival es más acentuada, y más lenta cuando las condiciones de humedad son más favorables. A finales de octubre, la hoja se encuentra senescente (S) en cualquiera de los lugares estudiados.

4.2 Composición química y digestibilidad potencial

4.2.1 Arbustivas

Las especies leñosas estudiadas presentan diferencias de composición química y de digestibilidad entre sí, y entre períodos del año; todos los parámetros químicos en análisis se

revelaron significativamente sensibles a los efectos estudiados (especies y periodos del año, Tabla IV. 1).

Tabla IV. 1: Resumen de los resultados obtenidos mediante análisis de varianza aplicado a cada uno de los parámetros químicos para las arbustivas.

Parámetro	N	r ²	Factores principales		Interacción
			Especie	año	
Proteína bruta	90	0.902	0.000	0.000	0.000
NDF	87	0.940	0.000	0.000	0.000
ADF	88	0.942	0.000	0.000	0.000
ADL	88	0.879	0.000	0.000	0.000
Hemicelulosa	87	0.581	0.000	0.008	0.003
Celulosa	88	0.927	0.000	0.000	0.000
Cenizas	90	0.836	0.000	0.000	0.006
Digestibilidad	90	0.835	0.000	0.000	0.006

Los resultados referentes a la composición química y digestibilidad en los cinco períodos del año se encuentran en la Tabla IV.2. Para cada uno de los parámetros en análisis se indican las diferencias significativas entre períodos del año con una letra que aparece en la primera línea de cada parámetro y se refiere a la comparación del conjunto de las especies para los cinco periodos del año, permitiendo valorar las fases del año entre sí. Asimismo, se indican las diferencias significativas entre especies mediante el uso de un número, que aparece en la columna a la izquierda, donde también se comparan las especies entre el conjunto de los cinco períodos del año, o sea, se valoran las especies entre sí.

La generalidad de los parámetros analizados presenta los valores más favorables a principios de mayo, y los más desfavorables a finales de septiembre. Sólo el contenido en cenizas se desvía un poco de esta pauta, alcanzando sus valores mínimos en invierno. Este patrón refleja la disminución de los contenidos celulares, el incremento de los componentes de la pared celular, y la intensificación del proceso de lignificación derivado del avance del ciclo vegetativo.

Tabla IV.2: Composición química y digestibilidad de las cuatro arbustivas estudiadas en cinco momentos del año.

Especie	Parámetro	primavera (mes 3)	primavera tardía (mes 5)	verano (mes 7)	otoño (mes 9)	invierno (mes 12)
<i>Cy. scoparius</i>	Cenizas	2.54 ^{2b}	4.55 ^a	3.65 ^a	1.97 ^{cb}	1.71 ^c
<i>Cy. striatus</i>		2.32 ²¹	4.17	3.97	2.45	2.33
<i>Cy. multiflorus</i>		2.20 ³	2.98	3.96	1.81	1.66
<i>G. falcata</i>		3.37 ¹	3.89	4.22	2.52	2.31
<i>Cy. scoparius</i>		14.72 ^{1c}	22.57 ^a	14.95 ^b	12.11 ^e	13.24 ^d
<i>Cy. striatus</i>	Proteína bruta	13.49 ¹	19.03	18.34	11.85	14.36
<i>Cy. multiflorus</i>		13.10 ²	19.57	14.70	11.08	11.15
<i>G. falcata</i>		13.84 ²	15.92	13.11	9.19	12.04
<i>Cy. scoparius</i>		48.99 ^{2c}	36.03 ^d	55.86 ^b	59.16 ^a	56.75 ^b
<i>Cy. striatus</i>		NDF	46.05 ²	39.98	51.64	59.70
<i>Cy. multiflorus</i>	54.29 ¹		51.70	61.50	66.53	59.00
<i>G. falcata</i>	40.36 ³		36.39	50.29	55.96	51.48
<i>Cy. scoparius</i>	37.51 ^{1c}		25.35 ^d	41.36 ^b	44.23 ^a	43.65 ^b
<i>Cy. striatus</i>	ADF		32.71 ²	29.63	35.81	47.21
<i>Cy. multiflorus</i>		42.95 ¹	37.59	44.77	53.50	45.65
<i>G. falcata</i>		29.99 ³	26.11	38.42	42.40	38.08
<i>Cy. scoparius</i>		12.08 ^{12c}	5.67 ^e	13.01 ^d	15.76 ^a	13.03 ^b
<i>Cy. striatus</i>		ADL	10.67 ³	7.82	6.76	13.81
<i>Cy. multiflorus</i>	12.55 ¹		10.42	8.66	16.52	14.65
<i>G. falcata</i>	10.11 ²		7.8	11.66	14.08	12.75
<i>Cy. scoparius</i>	25.43 ^{2d}		19.68 ^e	28.35 ^b	28.47 ^a	30.62 ^c
<i>Cy. striatus</i>	Celulosa		22.04 ²	21.81	29.04	33.40
<i>Cy. multiflorus</i>		30.40 ¹	27.17	36.11	36.98	31.01
<i>G. falcata</i>		19.88 ³	18.31	26.76	28.32	25.33
<i>Cy. scoparius</i>		11.49 ^{12b}	10.69 ^b	14.5 ^a	14.9 ^a	13.1b ^a
<i>Cy. striatus</i>		Hemicelulosa	13.35 ¹²	10.35	15.83	12.50
<i>Cy. multiflorus</i>	10.98 ¹		14.11	16.73	13.02	13.35
<i>G. falcata</i>	10.37 ²		10.28	11.87	13.56	13.40
<i>Cy. scoparius</i>	60.23 ^{1b}		70.39 ^a	59.02 ^{bc}	61.00 ^c	62.20 ^b
<i>Cy. striatus</i>	Digestibilidad		60.66 ¹	66.25	60.84	57.43
<i>Cy. multiflorus</i>		55.20 ²	58.22	51.65	49.01	57.37
<i>G. falcata</i>		54.59 ²	63.08	53.61	50.18	52.04

Cenizas, Proteína bruta, NDF, ADF, ADL, Celulosa y Hemicelulosa expresos en porcentaje de la materia seca. Digestibilidad de la materia orgánica expresa en porcentaje.

A continuación se presentan una serie de gráficos (figura 4.6 a figura 4.10) en los cuales se puede apreciar la evolución de los parámetros químicos analizados y la digestibilidad para cada una de las especies estudiadas, a lo largo del ciclo vegetativo.

El contenido en proteína bruta, disminuyó a lo largo del período vegetativo, siendo máximo para todas las especies a principios de mayo, y mínimo a finales de septiembre.

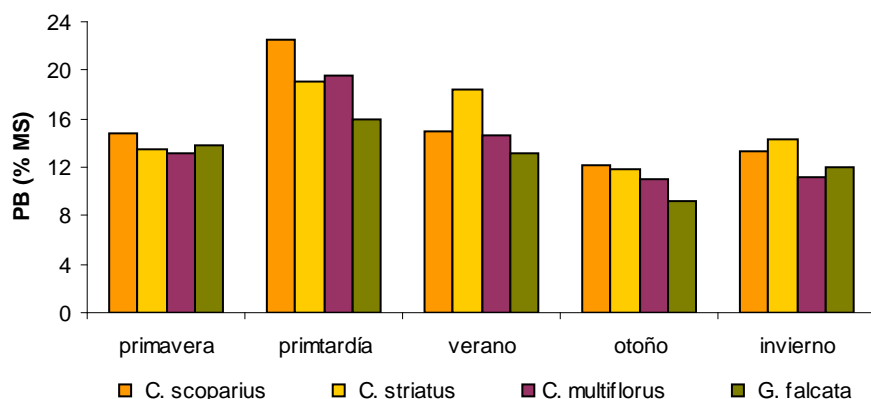


Figura 4.6: Variación de los contenidos en proteína bruta a lo largo del año.

Cytisus scoparius y *Cytisus striatus* son las especies que revelan concentraciones en PB más elevadas, variando en el primero caso entre 22.57% y 12.11%, y en el segundo entre 19.03% y 11.85%. *Genista falcata* exhibe los valores de proteína bruta más bajos (15.92% y 9.19%), y el *Cytisus multiflorus* muestra valores intermedios entre los restantes *Cytisus* y la *Genista* (19.57% y 11.08%; véase figura 4.6 y Tabla IV.2). Reflejando las diferencias en el adelanto de sus ciclos, el *Cytisus scoparius* presenta su riqueza máxima en PB en la primavera tardía, mientras que el *Cytisus striatus* alcanza su valor máximo en verano.

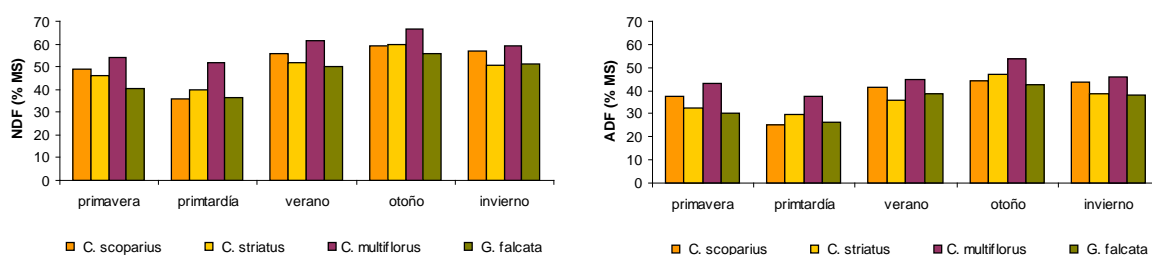


Figura 4.7: Variación de los contenidos en NDF y ADF a lo largo del año.

Los contenidos en NDF, ADF, celulosa y hemicelulosa (Tabla IV.2, figura 4.7), muestran una tendencia general de aumento a medida que avanza el ciclo vegetativo, sus valores más bajos se alcanzan en primavera tardía y los más altos en otoño. Respecto a la comparación entre especies, resalta el carácter fibroso de *Cytisus multiflorus* (NDF varía entre 66.53% y 51.79%; ADF varía entre 53.50% y 37.59% y la celulosa varía entre 36.98% y 27.17%), y el carácter menos fibroso de *Genista falcata* (NDF varía entre 55.96% en otoño y

36.39% en primavera tardía). La lignina (ADL) presenta el mismo tipo de variación que la descrita en el caso anterior, se incrementa desde primavera tardía hasta otoño, de forma acentuada, duplicando en algunos casos su valor durante este período (figura 4.8). La comparación entre especies muestra que *Cytisus multiflorus* es la especie más lignificada (8.66 % a 16.52%) y *Cytisus striatus* la menos lignificada (variando entre 6.76% y 13.81%).

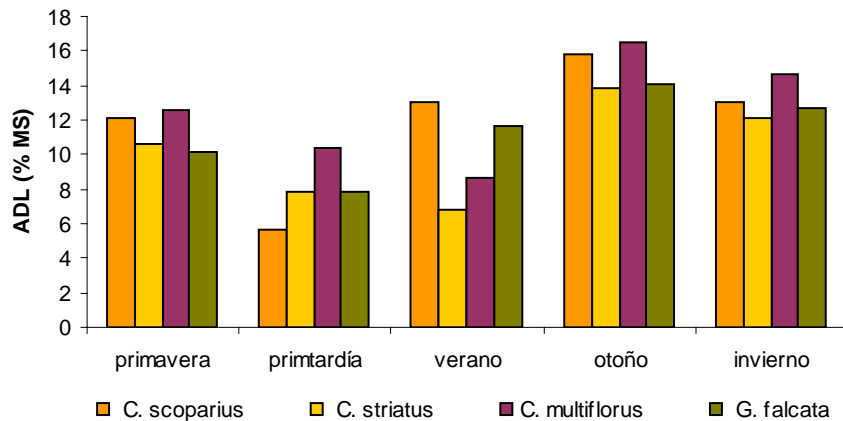


Figura 4.8: Variación de los contenidos en ADL a lo largo del año.

La digestibilidad de la materia orgánica (Tabla IV.2 y figura 4.9) disminuye a medida que transcurre el ciclo vegetativo de las especies. El valor más elevado de digestibilidad se registró en primavera tardía para *Cytisus scoparius* (70.39%), y el más bajo en otoño para *Cytisus multiflorus* (49.01%). Estos resultados resultan de las variaciones en contenidos celulares y fibra coincidentes con el transcurso de los ciclos vegetativos. Generalmente la digestibilidad es alta durante el periodo de intenso crecimiento vegetativo, decreciendo después con el transcurso del ciclo vegetativo debido al aumento del contenido en fibra total (NDF), lignina (Papachristou & Nastis, 1993) y en ciertas plantas leñosas también debido a los compuestos secundarios. Se observan semejanzas entre *Cytisus scoparius* y *Cytisus striatus* por un lado (valores medios de 62%), y entre *Cytisus multiflorus* y *Genista falcata* por otro (valores medios de 54%). A pesar de *Genista falcata* presentar niveles de fibra total (NDF) ($p \leq 0.001^{***}$), celulosa ($p \leq 0.001^{***}$) y lignina ($p \leq 0.01^{**}$) más bajos que *Cytisus multiflorus*, presenta una digestibilidad similar a esta última especie. Probablemente, existirán algunos constituyentes en la *Genista falcata* reductores de la digestibilidad, tal como compuestos fenólicos (McLeod, 1974) no cuantificados en nuestro trabajo. Este tipo de discrepancias

observadas entre composición química y digestibilidad *in vitro* fueron descritas por Papachristou y Nastis (1996) al analizar hojas de fresno, donde han observado lo mismo.

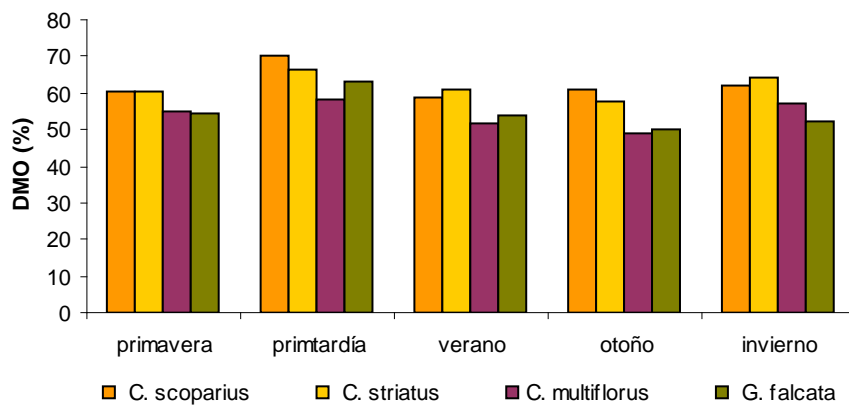


Figura 4.9: Variación de la digestibilidad de la materia orgánica a lo largo del año.

El contenido en cenizas (figura 4.10) tiene un pico en la primavera tardía, o sea, en el periodo de crecimiento activo de las plantas, disminuyendo después, paulatinamente hasta al invierno, lo que está de acuerdo con el descrito por otros autores (Ramírez *et al.*, 2001). De entre los factores susceptibles de influir sobre el contenido en cenizas, los autores refieren principalmente el tipo de planta y de suelo (Haenlein, 1980; Green *et al.*, 1987; Ramírez *et al.*, 2001). *Cytisus scoparius* y *Cytisus striatus*, suelen ser semejantes entre sí y se han revelado como las especies más interesantes. *Genista falcata* presenta un patrón fibroso más favorable que *Cytisus multiflorus*, aunque sus digestibilidades sean similares, y su contenido en proteína bruta sea más bajo que el exhibido por *Cytisus multiflorus*. Por otro lado, esta especie presenta estructuras limitativas del pastoreo de tipo físico (espinos), y generalmente los animales tienden a evitar este tipo de plantas (Cooper & Owen-Smith, 1986; Belovsky *et al.*, 1991).

Nuestros resultados coinciden en general con lo descrito por otros autores, aunque con algunas diferencias que pasamos a comentar. Mosquera - Losada *et al.* (2000), en un estudio realizado en Galicia, observaron, para los contenidos en proteína bruta, un rango de variación comprendido entre 16% y 12% para *Cytisus striatus*, y de 18% a 11% para *Cytisus multiflorus*. Pacheco y Xavier (1999) en un estudio levado a cabo en el Parque Nacional

Peneda – Gerês (Noroeste Portugal), refieren valores medios de PB de 15.1% (\pm 4.48%) para *Cytisus multiflorus*, y de 15.9% (\pm 4.27%) para *Cytisus striatus*. Cuanto a los contenidos en ADL, estos autores refieren para *Cytisus striatus* cifras de 14.2% (\pm 8.95%) y para *Cytisus multiflorus* de 11.1% (\pm 4.36%). Contrariamente a los resultados obtenidos por nosotros, los autores consultados no destacan la superioridad de *Cytisus striatus*, frente al *Cytisus multiflorus*, describiendo incluso tendencias opuestas en el caso de ADL. Probablemente, estos contrastes se relacionan con las variaciones climáticas entre las situaciones más atlánticas, donde fueron realizados esos estudios, y las nuestras más continentales, que teóricamente incrementarían el proceso de lignificación en *Cytisus multiflorus*. Por otro lado, puede que *Cytisus striatus* no haya sido recogido en su fase más favorable, ya que nuestros resultados han revelado que su ciclo es un poco más retrasado que el de los restantes *Cytisus*. Rego (1993) describió para la región de Trás-os-Montes, un rango de variación de los contenidos de proteína bruta entre 14.2% a 24.6% en *Cytisus scoparius*, y de 14.1% a 20.4% en *Cytisus multiflorus*. Respecto a la digestibilidad de la materia seca, las variaciones encontradas fueron de 51.7% a 53.5% para *Cytisus multiflorus*, y de 53.2% a 66% para *Cytisus scoparius*. Estos resultados están más próximos de los obtenidos por nosotros, en particular en la valoración superior de *Cytisus scoparius* frente a *Cytisus multiflorus*.

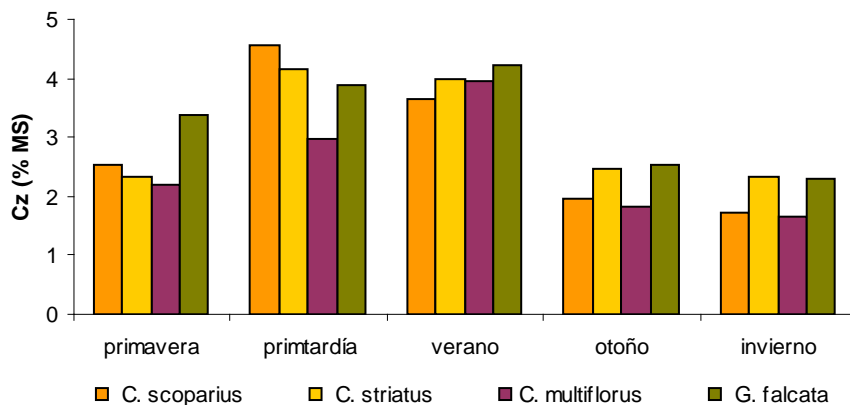


Figura 4.10: Variación de los contenidos en cenizas totales a lo largo del año.

4.2.2 Rebollo (*Quercus pyrenaica*)

La hoja de rebollo presenta diferencias significativas de composición química y de digestibilidad entre sitios y entre períodos del año (Tabla IV.3). Los resultados referentes a

los análisis de laboratorio efectuados a las hojas de rebollo de los cuatro sitios, en los cinco períodos del año considerados, se representan en la Tabla IV.4. Para cada uno de los parámetros en análisis se indican las diferencias significativas entre períodos del año con una letra, es decir, la letra que aparece en la primera línea de cada parámetro se refiere a la comparación del conjunto de los cuatro sitios en los distintos períodos, valorándose por lo tanto dicho período del año. Asimismo, se indican las diferencias significativas entre sitios mediante el uso de un número, que aparece junto a los sitios en análisis, también ahí se comparan las diferencias entre sitios para el conjunto de los períodos observados.

Tabla IV.3: Resumen de los resultados obtenidos mediante análisis de varianza aplicado a cada uno de los parámetros químicos de las hojas de rebollo.

Parámetro	N	r ²	Factores principales		Interacción
			Sitio	fechas	
Proteína bruta	60	0.934	0.000	0.000	ns
NDF	60	0.814	ns	0.000	0.002
ADF	60	0.906	0.004	0.000	0.000
ADL	60	0.964	0.000	0.000	0.000
Hemicelulosa	60	0.473	ns	ns	ns
Celulosa	60	0.732	ns	0.000	0.002
Cenizas	60	0.866	0.000	0.000	0.005
Digestibilidad	60	0.935	0.000	0.000	0.001

De la figura 4.11 a figura 4.16 se puede apreciar la evolución de varios parámetros químicos analizados (PB, NDF, ADF, ADL y Cz) y de la digestibilidad de la materia orgánica para las distintas fases de las hojas en cada sitio.

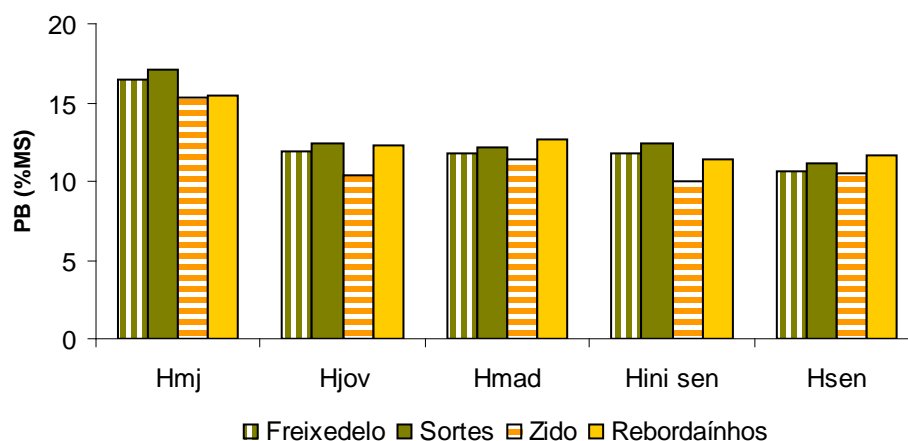


Figura 4.11: Variación de los contenidos en PB en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.

El contenido en proteína bruta (Tabla IV.4 y figura 4.11) es máximo en finales de mayo (fenología dominante *formación de hoja*, véase apartado 4.1.2), cayendo después notablemente en un período de un mes. Pierde una media cercana a 4 puntos porcentuales hasta finales de junio /principio de julio (fenología dominante *hojas de talla adulta sin cambios visibles*, véase apartado 4.1.2). Este parámetro se estabiliza enseguida, en medios de agosto (fenología dominante sigue siendo *hojas de talla adulta sin cambios visibles*, véase apartado 4.1.2), aunque en Freixedelo ya se señale el inicio de cambio de color de las hojas. A finales de septiembre (fenología dominante *inicio cambio coloración de hojas*, véase apartado 4.1.2) empieza la disminución del contenido en PB que se prolongará hasta al final del proceso de senescencia. A finales de octubre, el contenido en PB de la hoja presenta su valor más bajo, aunque en términos medios pierde apenas 1% respecto a agosto.

Esta pauta de variación del contenido en PB coincide con la descripción de Escudero *et al* (1992) para la variación del contenido en nitrógeno en rebollares en el centro-oeste de España. Según este autor, el contenido en nitrógeno es máximo en las hojas de *Quercus pyrenaica* pasados 2-3 meses del arranque del ciclo vegetativo, y mínimo a la senescencia como resultado del proceso de retranslocación de nutrientes en la planta. La disminución rápida del contenido en PB verificada en nuestro trabajo puede ser explicada por lo que Escudero *et al.*, (1987) llamaran el efecto de "dilución", o sea, a medida que la hoja incrementa su peso, los contenidos se van diluyendo.

La pauta de variación de los restantes componentes químicos analizados (excepto cenizas y hemicelulosa, véase Tabla IV.4), es similar a de la proteína bruta. Los distintos parámetros analizados tienen sus valores más favorables cuando la hoja todavía no está formada (finales de mayo). Se sigue una degradación rápida y muy fuerte, visible en el inicio de julio. Se verifica una ligera mejora en medios de agosto, y los valores más desfavorables fueron apreciados en finales de octubre.

Tabla IV.4: Composición química y digestibilidad de las hojas de rebollo en las distintas fases (se señalan las diferencias significativas entre períodos mediante letras y entre localidades mediante números).

Estadios de la hoja – Fechas						
Local	Parámetro	muy joven (FF) (4 y 24 may)	joven (PF) (2jul)	madura (PF/ICCH) (17ago)	inicio senescencia (ICCH) (30 sep)	senescente (S) (22 oct)
Freixedelo ³		4.44 ^{bc}	5.35 ^c	5.86 ^a	5.74 ^b	7.60 ^a
Sortes ²		6.49	5.25	8.68	5.49	8.95
Zido ¹	Cenizas	7.48	5.49	9.68	7.41	9.91
Rebordaínhos ²³		4.87	4.52	8.63	5.77	7.17
Freixedelo ¹		16.46 ^a	11.90 ^b	11.76 ^b	11.75 ^{bc}	10.62 ^c
Sortes ¹		17.15	12.46	12.12	12.45	11.11
Zido ²	Proteína Bruta	15.36	10.40	11.42	10.06	10.48
Rebordaínhos ¹		15.5	12.25	12.67	11.41	11.64
Media	NDF	36.57 ^c	46.60 ^a	43.56 ^b	42.86 ^b	44.54 ^{ab}
	Celulosa	19.98 ^c	23.88 ^a	22.35 ^b	21.75 ^b	22.88 ^{ba}
	Hemicelulosa	10.03 ^a	10.47 ^a	10.02 ^a	9.66 ^a	8.49 ^a
Freixedelo ²		24.22 ^c	35.32 ^a	31.81 ^b	31.59 ^b	37.18 ^a
Sortes ¹²		29.21	36.46	34.45	32.82	33.49
Zido ¹	ADF	29.53	37.47	34.51	34.38	35.08
Rebordaínhos ¹²		28.18	35.28	33.38	34.02	38.44
Freixedelo ²		4.34 ^d	12.03 ^b	10.35 ^c	10.33 ^c	12.76 ^a
Sortes ¹		7.43	11.87	11.57	11.11	12.55
Zido ¹	ADL	7.94	12.90	11.68	12.05	12.72
Rebordaínhos ¹		6.2	12.22	11.12	12.32	14.62
Freixedelo ¹		61.67 ^a	41.58 ^c	52.88 ^b	54.58 ^b	44.65 ^c
Sortes ¹²		58.04	39.21	49.92	53.68	44.90
Zido ²	Digestibilidad	55.65	42.92	47.82	49.27	39.62
Rebordaínhos ²		63.37	43.22	46.39	49.80	40.79

Cenizas, Proteína Bruta. NDF, ADF, ADL, Celulosa y Hemicelulosa expresos en porcentaje de la materia seca. Digestibilidad de la materia orgánica expresa en porcentaje.

Respecto a la fibra, su contenido total (NDF) no varía significativamente de un rebollar a otro, ocurriendo lo mismo con los contenidos en celulosa y hemicelulosa. La concentración en ADF diverge entre Freixedelo y Zido ($p \leq 0.01^{**}$), siendo siempre más alto en el segundo sitio, excepto cuando la hoja está senescente, donde ocurre el revés. La variación del contenido en lignina (Tabla IV.4 y figura 4.14) entre sitios es muy interesante de analizar. Comparando las medias de cada sitio, se aprecia que Freixedelo es significativamente distinto de todos los otros lugares ($p < 0.001^{***}$) por sus hojas que presentan menor riqueza en ADL.

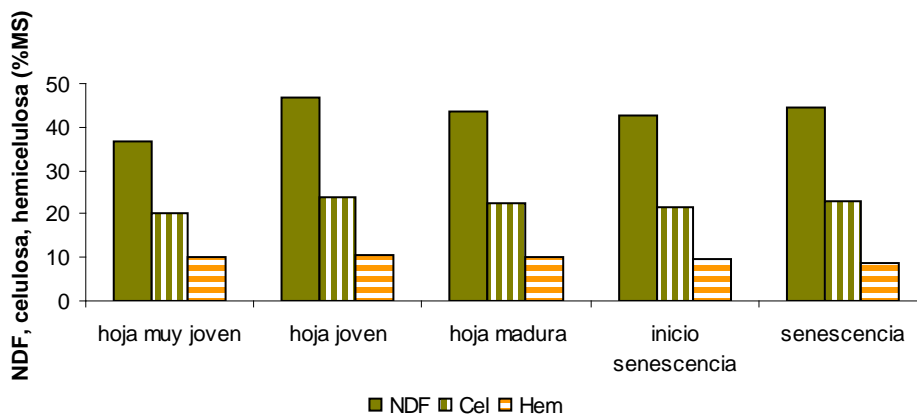


Figura 4.12: Variación de los contenidos en NDF, Celulosa y Hemicelulosa en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.

Considerando que Freixedelo, es entre los sitios estudiados, el que presenta características mediterráneas más definidas, estos resultados son contrarios a lo que generalmente se acepta sobre el efecto de la temperatura en el proceso de lignificación, hecho ampliamente estudiado para los forrajes tropicales. Siendo así, o bien este proceso de acentuada lignificación no ocurre en las hojas de los árboles (por lo menos en esta especie), u otros factores juegan un papel determinante en el proceso, para el que no hemos encontrado ninguna referencia al respecto. Sería interesante estudiar la existencia potencial de distintas ecotipos o acomodaciones locales de *Quercus pyrenaica*, así como el efecto de la sombra sobre los contenidos de lignina de las pequeñas matas del sotobosque.

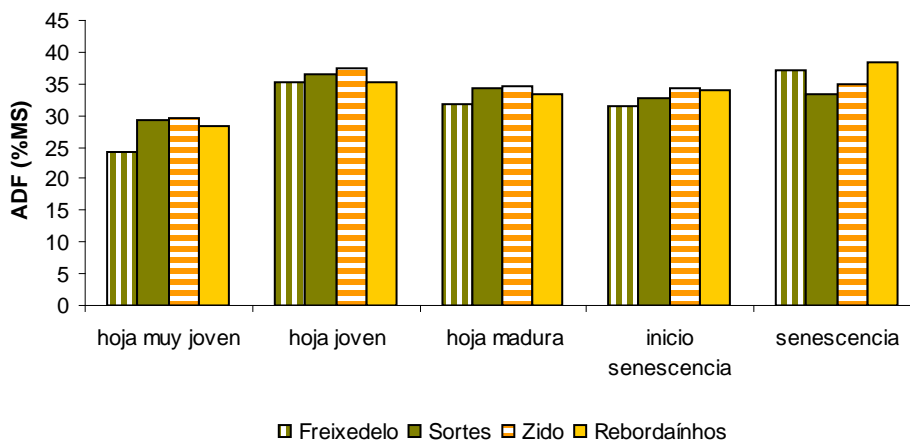


Figura 4.13: Variación de los contenidos en ADF en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.

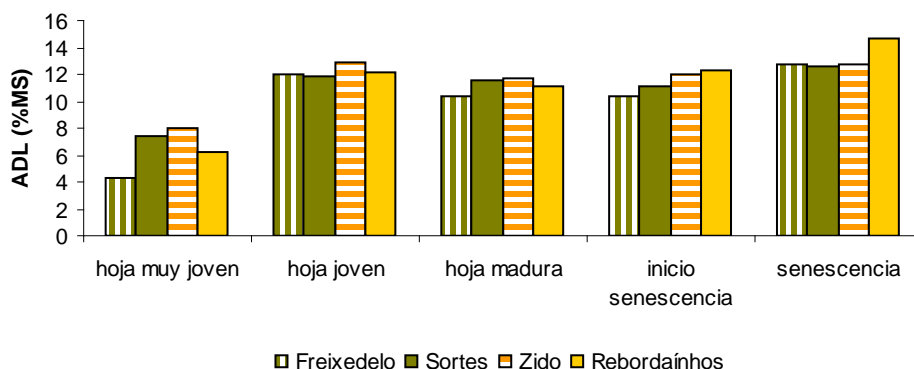


Figura 4.14: Variación de los contenidos en ADL en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.

El contenido en cenizas presenta una variación temporal y espacial difícil de interpretar, alternancia de incrementos y descensos a lo largo del período estudiado (Tabla IV.4 y figura 4.15). El rebollar de Zido destaca por su superioridad en este parámetro, lo que se puede explicar por sus diferentes características de suelo, teniendo en cuenta la importancia de la roca-madre y la generalidad de las características edáficas en la disponibilidad de minerales.

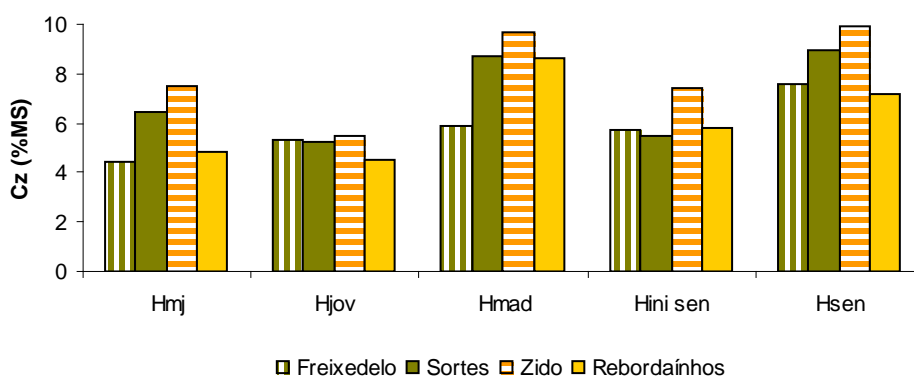


Figura 4.15: Variación de los contenidos en cenizas totales en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.

La digestibilidad de la materia orgánica sigue la pauta de variación del ADL y de la PB, como sería de esperar, siendo máxima en la fase de hoja muy joven en Rebordáinhos (64.37%), y mínima en la fase de hoja senescente /hoja joven en Zido y Sortes, respectivamente (39.62% y 39.21%, véase Tabla IV.4 y figura 4.16). Cuando la hoja es muy

joven, su digestibilidad es alta, variando de 55% a 63%, cayendo a pique después de un mes, llegando a perder unos veinte puntos porcentuales en Freixedelo y Rebordaiños.

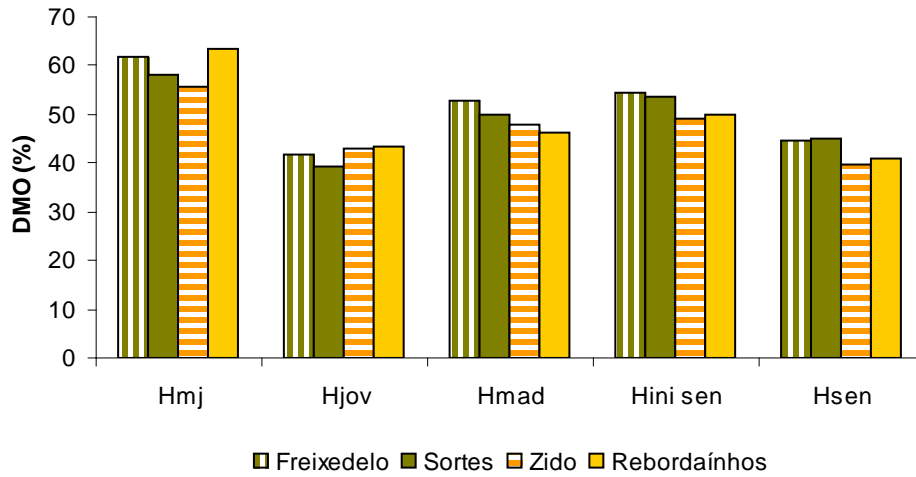


Figura 4.16: Variación de la digestibilidad de la materia orgánica en las distintas fases de desarrollo de la hoja de rebollo.

Pasada la fase de hoja joven (inicio de julio), la digestibilidad de la materia orgánica se va mostrando más favorable a lo largo de todo el periodo estival. Sólo antes de la caída de la hoja a finales de octubre, los valores vuelven a caer igualándose a los encontrados en la hoja joven. La hemicelulosa se mantiene prácticamente constante a lo largo del período estudiado, entre 10.03% en la hoja muy joven (mayo), y 8.49% en la hoja senescente (octubre).

A pesar de la importancia del rebollo en la alimentación animal en los sistemas silvopastorales de montaña de Tras-os-Montes, la bibliografía disponible no es abundante, sobre todo la relacionada con la valoración de la calidad alimentaria (Teixeira *et al.*, 2001).

Meca (1990) describe para la hoja de rebollo, una variación de 34.3% a 41.3% para la digestibilidad y de 10.2% a 16.4% para la proteína bruta, en el período de junio y octubre. Tiago (1987), considerando el período entre julio y septiembre, refiere valores medios de 15.2% para la proteína bruta y 42.8% para la digestibilidad. Comparando nuestros resultados con estos autores, se aprecia coincidencia en el caso de la proteína bruta (variación entre 17.15% y 10.04%), pero mayores diferencias en el caso de la digestibilidad (63.37% y 39.21%).

4.3 Determinación de un índice de calidad nutritiva

Considerando la importancia de estas especies en la alimentación del ganado y la necesidad de producir información de fácil acceso a los ganaderos, hemos creído oportuno proponer índices de calidad nutritiva, que permitan clasificar las especies vegetales de “mejores” a “peores”, en las distintas épocas del año. Resulta difícil valorar cual o cuales de los componentes químicos medidos en este estudio tiene una acción más concluyente sobre la calidad. La mayoría de los autores coinciden en que la proteína es un componente esencial (van Soest, 1994; Aldezabal, 1997), y que los componentes relativos a la fibra dificultan el proceso digestivo, señalándose la lignina como completamente indigestible, y por lo tanto, un factor depresor de la digestibilidad (INRA, 1988; Papachristou & Nastis, 1993; van Soest, 1994). La digestibilidad constituye una medida para cuantificar la cantidad de nutrientes disponibles en la planta (van Soest, 1994), y por lo tanto, un elemento fundamental de valoración.

Basándonos en lo señalado por esos autores, hemos considerado tres parámetros en la elaboración del índice, dando igual importancia a cada uno de ellos: (1) contenido en proteína bruta (PB), (2) digestibilidad de la materia orgánica (Dig), y (3) contenido en lignina (ADL); los dos primeros con valoración positiva y el último con valoración negativa. Apoyándonos en el descrito por Aldezabal (1997) referente a la elaboración de índices de calidad, empezamos por determinar un índice de calidad absoluto para cada especie y en cada periodo del año específico, a través de la siguiente expresión:

$$\text{Índice calidad absoluta (Ica)} = (\% \text{ PB} + \% \text{ Digestibilidad} - \% \text{ ADL})$$

En seguida, ponderamos cada valor restándole el valor mínimo alcanzado por esa suma entre todas las especies en los distintos periodos del año (*índice calidad mínima*) y lo dividimos por el rango de la variación encontrada (*índice calidad máxima – índice calidad mínima*). Así se obtiene un índice de calidad (Ic) para cada especie a lo largo del año, pudiendo confrontar las especies en el mismo periodo del año, así como comparar unas con

las otras a lo largo de todo el periodo estudiado. De esta forma, el índice se obtiene aplicando la siguiente expresión (véase Tabla IV.5):

$$\text{Índice calidad} = \frac{(\text{índice calidad absoluta} - \text{índice calidad mínima})}{(\text{índice calidad máxima} - \text{índice calidad mínima})}$$

Tabla IV.5: Índices de calidad y valoración de las especies arbustivas a lo largo del año.

Especie * Estación	PB (%)	Dig (%)	ADL (%)	IC _a	IC	Valoración	
<i>C. scoparius</i>	<i>primavera</i>	14.72	60.23	12.08	62.87	0.44	<i>Mediocre</i>
	<i>p. tardía</i>	22.57	70.39	5.67	87.29	1.00	<i>Muy buena</i>
	<i>verano</i>	14.95	59.02	13.01	60.96	0.40	<i>Baja</i>
	<i>otoño</i>	12.11	61.00	15.76	57.35	0.32	<i>Baja</i>
	<i>invierno</i>	13.24	62.20	13.03	62.41	0.43	<i>Mediocre</i>
<i>C. striatus</i>	<i>primavera</i>	13.49	60.23	10.67	63.48	0.46	<i>Mediocre</i>
	<i>p. tardía</i>	19.03	70.39	7.82	77.46	0.78	<i>Buena</i>
	<i>verano</i>	18.34	59.02	6.76	72.42	0.66	<i>Buena</i>
	<i>otoño</i>	11.85	61.00	13.81	55.47	0.27	<i>Baja</i>
	<i>invierno</i>	14.36	62.20	12.16	66.29	0.52	<i>Mediocre</i>
<i>G. falcata</i>	<i>primavera</i>	13.84	54.59	10.11	58.32	0.28	<i>Baja</i>
	<i>p. tardía</i>	15.92	63.08	7.80	71.20	0.54	<i>Mediocre</i>
	<i>verano</i>	13.11	53.61	11.66	55.06	0.32	<i>Baja</i>
	<i>otoño</i>	9.19	50.18	14.08	45.29	0.00	<i>Muy baja</i>
	<i>invierno</i>	12.04	52.04	12.75	51.33	0.24	<i>Baja</i>
<i>C. multiflous</i>	<i>primavera</i>	13.10	55.20	12.55	55.75	0.34	<i>Baja</i>
	<i>p. tardía</i>	19.57	58.22	10.42	67.37	0.63	<i>Buena</i>
	<i>verano</i>	14.70	51.65	8.66	57.69	0.26	<i>Baja</i>
	<i>otoño</i>	11.08	49.01	16.52	43.57	0.04	<i>Muy baja</i>
	<i>invierno</i>	11.15	57.37	14.65	53.87	0.18	<i>Muy baja</i>
	<i>Máximo</i>			87.29			
<i>Índice calidad</i>	<i>Mínimo</i>			43.57			
	<i>Diferencia</i>			43.72			

Rangos cualitativos del índice (adaptado de Aldezabal, 1997): 0.00 - 0.20 - Calidad muy baja, 0.21 - 0.40 - calidad baja, 0.41 - 0.60 - calidad mediocre, 0.6 - 0.80 - calidad buena, 0.81 - 1.0 - calidad muy buena.

La variación de los índices de calidad se puede apreciar en la figura 4.17. Destaca la superioridad nutritiva de *Cytisus scoparius* y *Cytisus striatus*. En la primavera tardía (4 mayo) y el otoño (27 septiembre), *Cytisus scoparius* presenta mayor calidad que *Cytisus striatus* en

primavera (3 marzo), verano (30 junio) e invierno (20 diciembre); *Cytisus striatus* se revela más ventajoso.

Las diferencias en primavera y otoño son casi imperceptibles. *Cytisus multiflorus* sólo presenta una valoración buena en primavera tardía, en los restantes períodos varía entre muy baja y baja. *Genista falcata*, nunca pasa del nivel de mediocre.

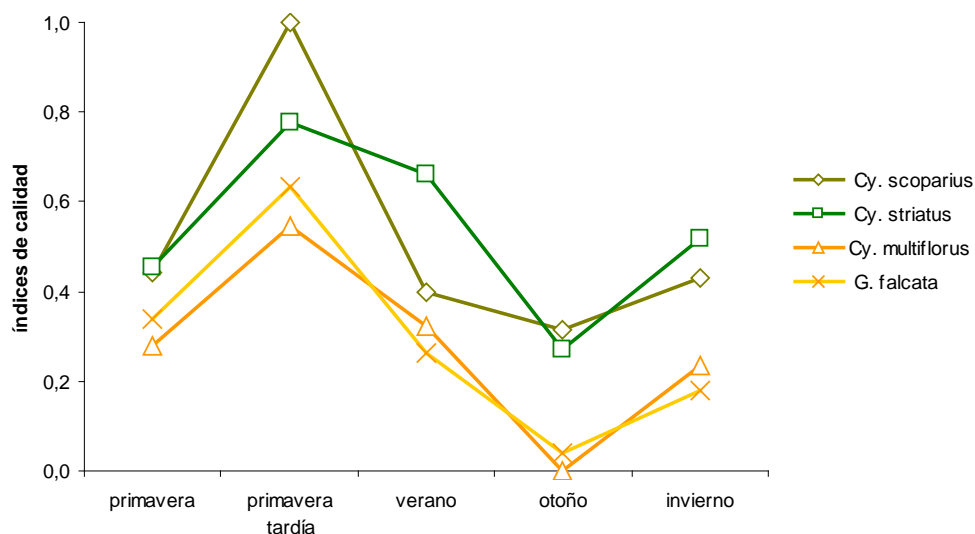


Figura 4.17: Variación anual de los índices de calidad de las arbustivas.

Respecto al rebollo hemos desarrollado el mismo tipo de procedimientos, los resultados se encuentran en la Tabla IV.6 y la evolución del índice de calidad para esta especie se encuentra en la figura 4.18. La calidad máxima para esta especie viene asociada a la hoja muy joven y la mínima a la hoja senescente (hoja joven aproximadamente igual). A pesar de la hoja muy joven presentar un valor apreciable, de acuerdo con los parámetros valorados, ella no debe ser consumida en este período del año, debido a su potencial riqueza en taninos; de acuerdo con Kamalak *et al* (2004), se observa una amplia variación en la abundancia de los taninos en *Quercus*; todavía, su concentración decrece en todos ellos, con la madurez de las hojas.

Tabla IV.6: Índices de calidad de las hojas del rebollo a lo largo del año (entre paréntesis se señala la fenología dominante).

Estadios de la hoja	PB	Dig	ADL	IC _a	IC	Valoración
Hoja muy joven (FF)	16.12	59.68	6.48	69.32	1.00	Muy buena
Hoja joven (PF)	11.75	41.73	12.26	41.23	0.03	Muy baja
Hoja madura (PF/ICCH)	11.99	49.25	11.18	50.07	0.34	Baja
Hoja inicio senescencia (ICCH)	11.42	51.83	11.45	51.80	0.40	Baja
Hoja senescente (S)	10.96	42.49	13.16	40.29	0.00	Muy baja
			Máximo	69.32		
Índice calidad			Mínimo	40.29		
			Diferencia	29.03		

Rangos cualitativos del índice iguales a los de la tabla anterior.

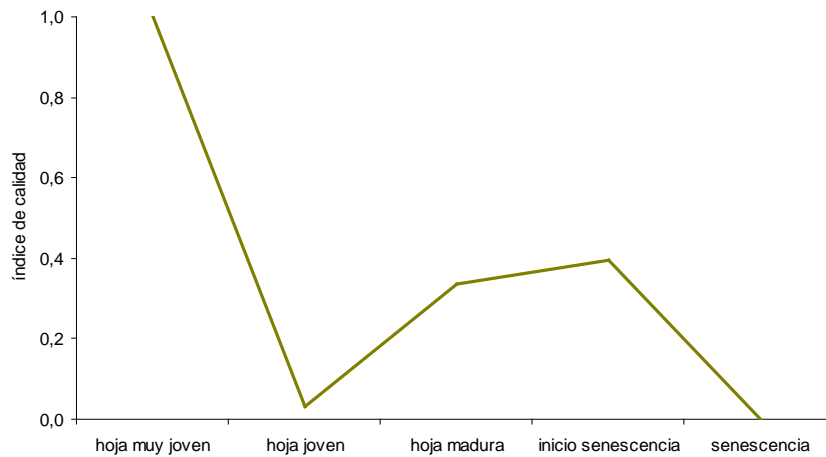


Figura 4.18: Variación del índice de calidad de las hojas de rebollo en las distintas fases estudiadas.

4.4 Calidad nutritiva versus ciclo vegetativo

Los ciclos vegetativos de las plantas son determinantes sobre su composición química. El periodo del año de máximo valor nutritivo corresponde, en nuestras condiciones, a mayo (período designado a lo largo del capítulo de primavera tardía), y que corresponde en los *Cytisus*, aproximadamente al inicio de floración (*Cytisus multiflorus* – 0.455 CV * 0.182 Fbf * 0.364 Fl; *Cytisus scoparius* – 0.455 CV * 0.273 Fbf * 0.273 Fl; *Cytisus striatus* – 0.556 CV * 0.444 Fbf, véase figura 4.3, figura 4.1, y figura 4.2, respectivamente). El máximo valor suele coincidir con un apreciable desarrollo del crecimiento vegetativo anterior al término de la floración. Probablemente *Cytisus striatus* presentará un valor más favorable un poco más tarde, o sea, cuando se encuentra en inicio de floración; sus parámetros químicos

más elevados en verano que en primavera sugieren el retraso de su ciclo relativamente a las restantes especies del género *Cytisus*.

El periodo más desfavorable se registra a final de septiembre y coincide con el final de la diseminación de la semilla e inicio de reposo. En la *Genista falcata* coincide con la senescencia de la hoja (véase figura 4.4). Aparentemente los *Cytisus* entran en reposo después de la diseminación de la semilla, ya que no ocurre ningún cambio visible en la planta a partir de este momento, aunque la mejora del valor nutritivo - incremento de PB y de otros contenidos celulares, observados después del otoño, hace suponer alguna actividad leve, imperceptible a escala morfológica.

La hoja del rebollo deberá ser preferentemente pastoreada 1-2 meses después de alcanzar su talla adulta (PF). Considerando que el estadio de PF se verifica a partir de finales de junio, la hoja debe ser pastoreada a partir de agosto, no verificándose disminución de su valor hasta casi la senescencia.

5 Conclusiones

El ciclo vegetativo de las tres especies del género *Cytisus* estudiadas se caracteriza por un pico de actividad en la primavera, ocurriendo en este periodo, el crecimiento vegetativo, la formación del botón floral y la floración casi en simultáneo. La fructificación empieza en la primavera y persiste hasta el verano (agosto). Con su término, la hoja cae y la planta entra en un proceso de reposo vegetativo. Después, y tras las lluvias de otoño, parece que estas especies pueden desarrollar alguna actividad vegetativa aunque prácticamente imperceptible a escala morfológica.

Genista falcata es una especie que presenta un tipo de ciclo similar al descrito anteriormente, con solapamiento claro de la actividad vegetativa y reproductiva en la primavera, aunque su periodo de inactividad vegetativa sea mucho más reducido. La fructificación en esta especie es más prolongada, empezando a finales de abril y

prolongándose hasta agosto. La caída de la hoja ocurre a finales de verano (septiembre), y con ella toda la planta se seca. Después del periodo de sequía estival, la planta retoma alguna actividad vegetativa que se mantienen hasta que las condiciones de temperatura lo permiten.

Las hojas de rebollo no empiezan a ser visibles antes de finales de abril /principios de mayo, en función de las localidades, y no alcanzan su talla adulta antes de finales de junio. Sigue un periodo en que las hojas se mantienen estacionarias y que dura sensiblemente hasta al final de verano (final septiembre). A finales de verano, se inicia el proceso de senescencia, visible hasta finales de octubre, seguido de un lento proceso de caída de la hoja coincidente con un largo periodo de reposo vegetativo.

La calidad nutritiva de cualquiera de las especies arbustivas estudiadas depende acentuadamente de la evolución del ciclo de vida de la planta, coincidiendo el máximo de calidad con el periodo más intenso de la actividad vegetativa, y el mínimo con el periodo de inactividad vegetativa (*Cytisus*) o senescencia (*Genista falcata*).

La variación temporal de los componentes químicos existentes en las arbustivas sigue en líneas generales el patrón frecuentemente descrito en otros trabajos. Las concentraciones de PB y otros contenidos celulares tienden a ser máximas en el periodo de activo crecimiento vegetativo y mínimas en la fase final de su ciclo vegetativo, que en nuestras condiciones coinciden con principios de mayo y finales de septiembre, respectivamente. La variación temporal de los componentes de la pared celular (NDF) y el incremento de la lignina (ADL) exhibidos por las arbustivas, sigue una pauta de variación inversa: mínima en mayo y máxima en septiembre. La digestibilidad de la materia orgánica es máxima en la fase de crecimiento vegetativo, y mínima en la fase de inactividad vegetativa o senescencia, como resultado de las variaciones de los contenidos celulares, fibra y proceso de lignificación observadas con el transcurso del ciclo vegetativo de la planta.

La variación temporal de los componentes químicos de las hojas del rebollo sigue un patrón de variación distinto del anterior: las concentraciones de PB y de otros contenidos

celulares tienden a ser máximas en el inicio de la formación de la hoja (durante el mes de mayo, en función de las localidades), cayendo después abruptamente durante cerca de un mes, y manteniéndose sensiblemente constantes hasta una fase próxima de la senescencia de la hoja que en nuestras condiciones ocurre a mediados de octubre. Asimismo, los componentes de la pared celular y la lignina siguen un patrón de variación inverso a lo de los contenidos celulares: mínimo en la fase de hoja muy joven y máximo en la fase de hoja senescente (el NDF de hoja senescente es igual a hoja joven). Como resultado de las variaciones en fibra, lignina y contenidos celulares, tenemos la digestibilidad de la materia orgánica máxima en hoja muy joven y mínima en hoja senescente (hoja joven es igual).

Las arbustivas leguminosas exhiben una calidad nutritiva muy atractiva. Los contenidos en PB son muy adecuados, superiores a 10% durante todo el año (excepto *Genista falcata* en otoño), superiores a 13% de marzo a julio, y superiores a 15% en mayo, para todas las especies estudiadas. La digestibilidad de la materia orgánica es superior a 50% durante todo el año, excepto en *Cytisus multiflorus* en otoño. *Cytisus scoparius* y *Cytisus striatus* son particularmente interesantes ya que exhiben contenidos en PB muy elevados, sobre todo de diciembre a julio (13.24% a 22.57%); en el mismo periodo, la digestibilidad de la materia orgánica varía de 59.02% a 70.39%.

En términos de jerarquía, los índices de calidad nutritiva desarrollados en este trabajo han revelado dos grupos distintos entre las arbustivas: el de las *Cytisus scoparius* y *Cytisus striatus* de calidad superior, y el de las *Genista falcata* y *Cytisus multiflorus* de calidad inferior. Entre las especies del primer grupo, se debe de privilegiar el consumo del *Cytisus scoparius* en primavera tardía (mayo) y en otoño (septiembre), y *Cytisus striatus* en verano (julio) y invierno (diciembre).

En el caso del rebollo, aunque presenta valoraciones más favorables en NDF, ADF y lignina que las arbustivas en algunos periodos del año (otoño), la digestibilidad de su materia orgánica es más baja, reforzando la importancia de valorar este parámetro de digestibilidad en el caso de las leñosas. Por otro lado, se confirma también la necesidad de investigar la posible existencia de compuestos secundarios en el rebollo. Aunque durante

todo el periodo estival nunca alcance el valor de las leguminosas arbustivas, a finales de septiembre es comparable al de las *Genista falcata* y *Cytisus multiflorus*. A pesar de ello, el rebollo constituye un patrimonio forrajero notable por su abundancia en toda la *Terra Fria de Montanha* de Trás-os-Montes y representa por eso, una parte muy significativa del régimen alimentario de los caprinos durante el verano.



Vegetación y pastoreo. Modulación del sistema silvopastoral

1 Introducción

En Europa y de acuerdo con Vera (2000), gran parte de las áreas forestales fueron sistemáticamente pastoreadas por los herbívoros en el pasado. Podemos afirmar que desde los principios de la domesticación los ecosistemas mediterráneos (pastos, monte bajo, bosquetes, matorrales) han sido, en la generalidad de los casos, intensamente pastoreados. En las regiones mediterráneas, el pastoreo no ha sido sólo un medio eficiente para concentrar la producción primaria dispersa, sino que históricamente tuvo un papel notable en la configuración del paisaje y en la dinámica de los ecosistemas (Gómez Sal, 2000b).

El pastoreo por herbívoros, conjuntamente con el uso del fuego, han sido los factores de perturbación y estructuración de las comunidades vegetales más activos en toda la región mediterránea (Noy-Meir, 1995; Debussche *et al.*, 2001). A escalas más localizadas, el fuego fue frecuentemente sustituido por roturaciones, como es el caso verificado en las dehesas del centro y oeste peninsular (De Miguel *et al.*, 1986; Pineda *et al.*, 1987; Espigares & Peco, 1993). En el caso de los bosques de *Quercus pyrenaica*, las talas fueron un factor de perturbación añadido al fuego (Calvo *et al.*, 2002).

Aunque en algunos casos el sobrepastoreo haya sido responsable de la degradación de algunos ecosistemas y paisajes mediterráneos (Gómez Sal, 2000b; Noy-Meir & Oron, 2001), en la mayoría de los casos, las perturbaciones de origen antrópica han sido capaces de crear patrones vegetales y prácticas de gestión reguladoras de las limitaciones ecológicas del clima mediterráneo (Gómez Sal *et al.*, 1999). El efecto de la herbivoría (múltiple acción de los herbívoros emanada de sus actividades de alimentación, paso y reposo) se produce por la acción de defoliación, pisoteo y excreción, afectando directamente a las plantas por pérdida

de tejidos, mortalidad, rebrote y dispersión, y aún indirectamente por el cambio en las condiciones microclimáticas y edáficas generadas (Bokdam, 2001).

La acción de los herbívoros sobre los ecosistemas es variable y depende del clima, de la productividad de los ecosistemas, y de la historia de pastoreo en la región (Milchunas & Lauenroth, 1993); sus efectos sobre la diversidad varían considerablemente entre ecosistemas (Huntly, 1991) y entre especies (Milchunas *et al.*, 1998; Olf & Ritchie, 1998). Sin embargo, una pauta general favorece a aquellos ecosistemas pendientes de la perturbación antrópica. Es el caso de los pastizales terofíticos de las dehesas del oeste y sudoeste peninsular, con valores excepcionalmente altos de diversidad biológica en herbáceas (Pineda *et al.*, 1981). La reducción de la acumulación de biomasa en los estratos inferiores y la creación de claros resultantes de la herbivoría suelen favorecer la instalación de nuevos individuos y especies (Crawley, 1989); asimismo la concentración de los herbívoros en determinados hábitats y/o áreas para realizar distintas actividades (De Miguel, 1989; Gómez Sal *et al.*, 1992b; Cingolani *et al.*, 2002) es factor generador de heterogeneidad. Los herbívoros provocan así alteraciones en la composición y abundancia de las especies, favoreciendo unas y desfavoreciendo otras en función de su diferente biología y morfología (Gómez Sal *et al.*, 1986). Este conjunto de acciones aporta condiciones de heterogeneidad a los sistemas en los cuales los herbívoros están presentes. Numerosos autores han concluido que tras su eliminación, las comunidades resultan más homogéneas (Gómez Sal *et al.*, 1986; Noy-Meir, 1995; Bokdam, 2001; Smit & Kooijman, 2001; Dullinger *et al.*, 2003).

Los cambios en los sistemas tradicionales de uso de los recursos inducidos por el despoblamiento rural vienen afectando particularmente a los ecosistemas en los cuales la perturbación determina el estado establecido. Son los casos de las dehesas y otros tipos de sistemas sabanoides, los pastos y los sistemas de monte bajo (frondosas taladas en turnos cortos predominantemente para producción de leña y para pastoreo). Estos sistemas fueran creados y mantenidos tanto por perturbaciones de carácter episódico como crónico (López-Pintor, 2001). En este contexto, los autores (Bobbink & Willems, 1993; Milton *et al.*, 1997; Wallis de Vries *et al.*, 1998; Zervas, 1998; Barbaro *et al.*, 2001) señalan la relevancia del mantenimiento o reimplantación de los sistemas tradicionales de pastoreo como herramienta

primaria en la estrategia de la conservación biológica, no sólo en la Europa mediterránea sino también en las regiones templadas de la Europa central. Para Pykala (2000), por ahora esta sería la única medida que dispensaría una verificación en el terreno.

La composición y estructura de las comunidades vegetales depende de su interacción con el ambiente geofísico y de su utilización (Gómez Sal *et al.*, 1992a). Los estudios que relacionan las comunidades y los factores ambientales suelen descomponer el ambiente en variables elementales, respecto a las cuales se estudia el comportamiento de las especies y comunidades (Rodríguez *et al.*, 1990). Aunque en esta memoria no se pretenda hacer una tipificación detallada de las comunidades de sotobosque, nos ha interesado conocer su estructura en términos generales para estudiar el efecto del pastoreo en su dinámica.

Este capítulo pretende analizar la estructura de las comunidades vegetales de sotobosque de rebollo, estudiando el efecto del herbivorismo por acción de pisoteo, pastoreo y siesta en dichas comunidades. Se centra en el análisis comparativo de la composición específica y otras variables estructurales y edáficas entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas para cuatro rebollares de estructura boscosa y características edáficas algo distintas.

Los objetivos de este capítulo serán, por lo tanto:

1. Analizar la estructura de las comunidades vegetales de sotobosque de rebollo, su composición específica, biomasa y diversidad, medida mediante la riqueza en especies (S), el índice de *Shannon* (H') y la equitatividad (E), así como determinar los principales factores que le están influyendo;
2. Estudiar el comportamiento de las especies vegetales más frecuentes en relación con la variación abiótica inherente a los parámetros químicos del suelo;
3. Estudiar el efecto del pastoreo en la estructura de las comunidades de sotobosque en una escala temporal reducida.

2 Material y métodos

2.1 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo está basado en la comparación de zonas pastoreadas con zonas de exclusión del pastoreo. Se han elegido cuatro rebollares, uno por cada una de las aldeas descritas en el capítulo introducción. En otoño de 1998, se cercaron tres parcelas de 9 m² para exclusión de pastoreo junto de áreas que han seguido siendo pastoreadas, en cada uno de los rebollares. Se han señalado cuadrados permanentes con 0.5 m de lado, tres por cada la parcela de exclusión de pastoreo y diez por cada zona pastoreada. En la zona con pastoreo, los cuadrados han sido ubicados según una línea perpendicular en el sentido de paso del rebaño y distribuido de forma sistemática. En las zonas de exclusión de pastoreo, se han ubicado de forma aleatoria, respetando una distancia mínima de 0.25 m respecto al límite de la parcela, para evitar el efecto de orla.

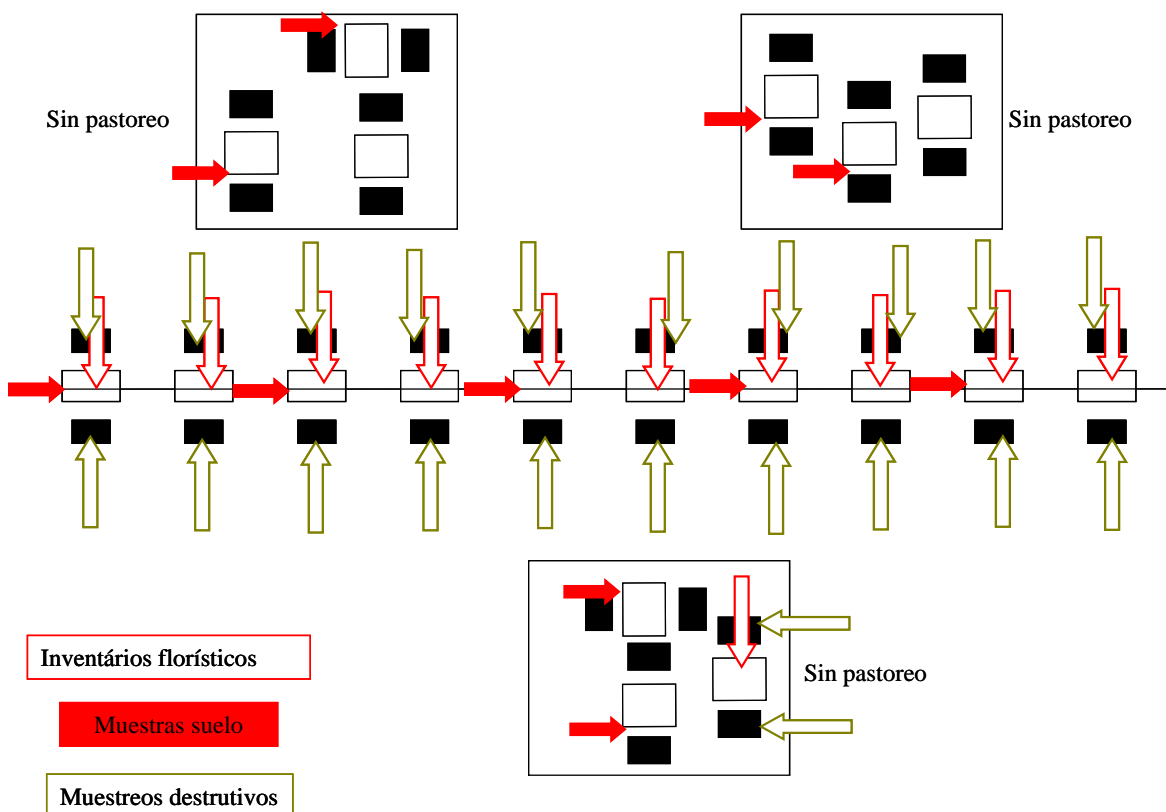


Figura 5.1: Esquema de muestreo de los rebollares (Freixedelo, Rebordaínhos, Sortes y Zido).

Los muestreos destructivos, biomasa, hojarasca y otros residuos orgánicos aportados al suelo, en adelante designados manta muerta así como las tomas de suelo, han sido

realizados en zonas adyacentes, inmediatamente abajo y arriba, o a izquierda y derecha, respecto a los cuadrados permanentes. Los diferentes parámetros se han muestreado según metodología y calendario propios, en función del objetivo específico pretendido. La figura 5.1 enseña el diseño de muestreo correspondiente a este capítulo.

Durante tres primaveras consecutivas, 1999, 2000 y 2001, y para los diecinueve cuadrados 0.5mX0.5m de muestreo, se registraron las siguientes variables de escala cuantitativa:

- Cobertura total de especies herbáceas y arbustivas, altura máxima, alturas medias de espigas y tapiz;
- Cobertura herbácea y arbustiva, y suelo descubierto;
- Cobertura por residuos orgánicos (hojas, palos, ramos, excrementos);
- Cobertura arbórea.

Los muestreos ocurrieron en 1999 (de 17 de junio a 8 de julio y entre 4 y 6 de diciembre), 2000 (entre 29 de junio y 12 de julio) y 2001 (entre 27 de junio y 6 de julio y entre 2 y 6 de diciembre). La biomasa se ha evaluado por el método “destrutivo de siega o cosecha”, en cuadrados 0.25 m x 0.25 m, a izquierda y derecha de las parcelas permanentes. El material vegetal se cortó al nivel del suelo y se secó en estufa ventilada durante dos días a 65 °C. En el otoño de 2000, no se ha muestreado la biomasa debido a las abundantes lluvias que ocurrieron en ese período. En total fueron muestreadas 38 cuadrados por local y estación del año, en un total de 760 unidades.

Las estimativas de la manta muerta aportada al suelo (hojarasca, palos y ramas, necromasa, y deyecciones), fueron realizadas en dos años consecutivos de manera a observar las diferencias en el funcionamiento de estos sistemas forestales. La producción de hojas fue estimada mediante cosecha total en cuadrados de 0.5mX0.5m dispuestos abajo y arriba de las parcelas permanentes, durante el período de caída de la hoja, de octubre a mayo, un método que pese su poco detalle, cumplió nuestros objetivos. Las cosechas no siguieron protocolo rígido, siendo decididas en base a observación del material acumulado en el suelo, en un calendario de recolección función de los lugares, entre el inicio de la caída

de la hoja y el reinicio de la actividad vegetativa. Se han realizado tres cosechas por sitio desde mediados de diciembre hasta la caída de la hoja, en el reinicio de la actividad vegetativa. Tras la recogida, se secan las hojas en estufa ventilada durante dos días a 80 °C. Las hojas con señales evidentes de descomposición, por tratarse más bien de humus, no fueran consideradas como hojas.

La producción de palos y ramas, necromasa y deyecciones, fue estimada mediante cosecha total en cuadrados 0.25mX0.25m dispuestos a izquierda y derecha de las parcelas permanentes, sin coincidir con los cuadrados de recogida de biomasa en la estación anterior (primavera). Sus estimativas ocurrieran en dos otoños consecutivos, desde finales de septiembre de 1999 hasta mediados de octubre de 2000. Tras su cosecha, los materiales orgánicos fueran secos en estufa ventilada durante dos días a 80 °C (Hernandez *et al.*, 1992; Gallardo & Merino, 1993).

Las muestras de suelo, una por cada dos parcelas permanentes, se tomaran en la vecindad de estas en diciembre de 1998, mediante sonda de perforación y a tres profundidades: 0-5 cm, 5-15 cm, y 15-25 cm. Las muestras fueran secas y tamizadas a 2 mm, con determinación de las proporciones de elementos groseros y tierra fina, y análisis de los siguientes parámetros:

- Azoto total por el método de Kjeldhal (Bremner, 1996);
- Materia orgánica por el método de Walkleg Black (Schulte, 1980), convertido a carbono orgánico mediante el factor 0.58;
- Reacción del suelo por determinación potenciométrica en agua (Santos, 1965) ;
- Fósforo (P) y potasio (K) asimilable por el método de Egner-Riehm (MAP, 1977);
- Complejo de cambio (calcio - Ca²⁺, magnesio - Mg²⁺, potasio - K⁺; sodio - Na⁺, y acidez), por el método del acetato de amonio tamponizado a pH 7 (Sumner & Miller, 1996);
- Análisis mecánica (granulometría) (Silva, 1967).

En diciembre de 2000 se repitió el muestreo de suelo a la profundidad de 0-5 cm, según el procedimiento y las metodologías descritas anteriormente sin repetir la granulometría.

2.2 Análisis de los datos

Un enfoque multivariado identificó los principales patrones de variación biocenótica y los factores ambientales que influyen. Asimismo, y considerando cada rebollar individualmente, se analizaron las variaciones de algunos parámetros estructurales de las comunidades de sotobosque de carácter cuantitativo (riqueza, diversidad y biomasa), de la manta muerta, y de las variables edáficas en estudio. Se aprecia la variación temporal de las variables edáficas en el horizonte superficial y la biomasa. En una aproximación más fina, se estudia el comportamiento de las especies más frecuentes respecto a las variables edáficas y estructurales de las comunidades vegetales. El pastoreo de las comunidades de sotobosque se apreció mediante el estudio del patrón de variación de la biomasa en parcelas pastoreadas y no pastoreadas, y aún por análisis de la evolución florística, y persistencia de anuales y perennes en dichas parcelas. En la tabla Tabla V.1 se expone la lista de especies trabajadas en el análisis CCA principal, así como las abreviaturas utilizadas en este capítulo.

2.2.1 Estructura de las comunidades de sotobosque de rebollo

El estudio de la estructura de las comunidades de sotobosque comportó dos etapas. En la primera y mediante ordenación, identificamos los principales rasgos de variación florística entre las comunidades de sotobosque de los cuatro locales en estudio, así como sus principales determinantes. En la segunda, cada rebollar en estudio fue evaluado por otras variables estructurales de carácter más cuantitativo: biomasa, diversidad mediante la riqueza en especies (S), el índice de *Shannon H'* (Shannon & Weaver, 1963), y equitatividad (E) basada en dicho índice.

Los datos de abundancia de las especies observadas en dos años (1999 y 2001) en las parcelas permanentes en los cuatro sitios de estudio fueron transformados en una escala semicuantitativa: 0 = ausencia, 1 = < 1%, 2 = 1-10%, 3 = 10-25%, 4 = 25-50%, 5 = 50-75% y 6 = 75-100%. Las variables estructurales consideradas fueron las alturas medias de las espigas y del tapiz, la altura máxima registrada en el cuadrado, los porcentajes de cobertura herbácea y arbustiva, las proporciones de suelo desnudo y pedregosidad, la cobertura de hojarasca y excrementos, la riqueza en especies, la riqueza en leñosas, la relación entre el número de

leñosas y el número de herbáceas, y la cobertura arbórea, todas trabajadas en la escala original. Las variables ambientales incluirán diversos parámetros del suelo relacionados con la fertilidad: nitrógeno total (N), carbono orgánico (C), relación Carbono:Nitrógeno (C:N), reacción del suelo en agua (pH), fósforo (P) y potasio asimilables (K), bases de cambio (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), cationes acidificantes (acidez) y el porcentaje de saturación de bases (GS). Se realizó la ordenación de los datos de abundancia y del conjunto de variables ambientales y estructurales mediante el análisis de correlaciones canónicas centrado y normalizado, con optimización de los inventarios (Ter Braak, 1986; 1994).

En una segunda etapa se ha complementado el estudio multivariante mediante la aplicación de análisis de varianza simple a los siguientes parámetros descriptores de la estructura de las comunidades: la biomasa, la riqueza de especies (S), la diversidad medida mediante el índice de *Shannon* (H'), y la equitatividad (E) basada en ese índice. El mismo procedimiento estadístico fue seguido para las variables edáficas (GLM 2-*factorial*, efectos profundidad y sitio) y manta muerta (GLM 1 - *factorial*, efecto sitio). Asimismo se estudió la variación temporal de los parámetros edáficos en el horizonte superficial (0-5 cm) por el mismo proceso, con el objetivo de percibir si las condiciones extraordinarias de precipitación del otoño de 2000 afectaron a los parámetros químicos del suelo. Se aprecia la variación intra e interanual de la biomasa de las comunidades vegetales de sotobosque por el mismo proceso (GLM 2-*factorial*, efectos año y período).

2.2.2 Comportamiento ecológico de las especies

El comportamiento de las especies más frecuentes, presentes en al menos 4 inventarios, respecto a las variables edáficas (N, C, P, K, GS) y estructurales (riqueza en especies, relación leñosas herbáceas, altura del tapiz) de mayor valor informativo en el análisis anterior (CCA), se estudió mediante análisis de correspondencia o *reciprocal averaging* (Hill, 1973). La aplicación del análisis de correspondencia sobre matrices especies x factores o variables ambientales, considerando distintos estados de los factores, ha sido utilizada con éxito por otros autores (Gómez Sal, 1982; De Miguel, 1989; López-Pintor, 2001). En nuestro caso, se trató de analizar una matriz con 97 clases de abundancia de 30 especies por 25 estados de las variables. Cada cédilla de la matriz expresa la frecuencia con que

determinada clase de abundancia de una especie coincide con determinado estado de una variable ambiental.

Tabla V.1: Relación de especies usadas en CCA y abreviaturas utilizadas.

Especie	Abrev.	Especie	Abrev.	Especie	Abrev.
<i>Agrostis castellana</i>	Agrcast	<i>Cynosurus echinatus</i>	Cynech	<i>Leontodon longirostris</i>	Leolon
<i>Anthoxanthum aristatum</i>	Antari	<i>Dactylis glomerata</i>	Dacglo	<i>Luzula forsteri</i>	Luzfor
<i>Arenaria montana</i>	Aremon	<i>Erica australis</i>	Eriaus	<i>Magydaris panacifolia</i>	Magpan
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Arrela	<i>Erica scoparia</i>	Erisco	<i>Nardus stricta</i>	Narstr
<i>Avenula sulcata</i>	Avesul	<i>Festuca rubra</i>	Fesrub	<i>Ornithopus pinnatus</i>	Ornpin
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Brasil	<i>Festuca sp.</i>	Fessp.	<i>Pteridium aquilinum</i>	Pteaqu
<i>Briza maxima</i>	Brimax	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fraang	<i>Rubus ulmifolius</i>	Rubulm
<i>Carduus tenuiflorus</i>	Carten	<i>Galium aparine</i>	Galapa	<i>Danthonia decumbens</i>	Dandec
<i>Carex binervis</i>	Carbin	<i>Galium spurium</i>	Galspu	<i>Prunus spinosa</i>	Pruspi
<i>Bromus diandrus</i>	Brodia	<i>Genista falcata</i>	Genfal	<i>Quercus pyrenaica</i>	Quepyr
<i>Bromus hordeaceus</i>	Brohor	<i>Geranium lucidum</i>	Gerluc	<i>Stellaria media</i>	Stemed
<i>Carex sp.</i>	Carsp	<i>Geranium purpureum</i>	Gerpur	<i>Sisymbrium officinale</i>	Sisoff
<i>Cistus psilosepalus</i>	Cispsi	<i>Hieracium pilosella</i>	Hiepil	<i>Ranunculus bulbosus</i>	Ranbul
<i>Bromus sterilis</i>	Broste	<i>Holcus lanatus</i>	Hollan	<i>Trifolium glomeratum</i>	Triglo
<i>Crepis capillaris</i>	Crecap	<i>Holcus mollis</i>	Holmol	<i>Torilis arvensis</i>	Torarv
<i>Clinopodium vulgare</i>	Clivul	<i>Hordeum murinum</i> subsp. <i>leporinum</i>	Horlep	<i>Trifolium repens</i>	Trirep
<i>Cruciata glabra</i>	Crugla	<i>Hypochaeris radicata</i>	Hyprad	<i>Vicia angustifolia</i>	Vicang
<i>Cytisus scoparius</i>	Cytsco	<i>Juncus bufonius</i>	Junbuf	<i>Vicia hirsuta</i>	Vichir
<i>Cytisus multiflorus</i>	Cytmul	<i>Lathyrus sphaericus</i>	Latsph	<i>Vicia sativa</i>	Vicsat
<i>Cytisus striatus</i>	Cytstr	<i>Lavandula stoechas</i>	Lavsto	<i>Vulpia bromoides</i>	Vulbro

2.2.3 Efecto del pastoreo en la estructura de las comunidades de sotobosque

Las particularidades del sistema tradicional de recorrido en la región implican carga de pastoreo irregulares y suaves, para el estudio del cual hemos desarrollado un enfoque analítico singular y original. Se trató de delimitar parcelas de exclusión durante tres años, ubicadas en sitios tradicionalmente atravesados por los rebaños de ovinos y caprinos. Con tal motivo, hemos pretendido identificar los principales rasgos de variación en la ausencia de la perturbación tradicional (pastoreo), evaluándola por contraste con lo publicado al respecto. Este apartado aborda el efecto del consumo, en la acumulación de biomasa, y de como este parámetro afecta a la estructura de las comunidades, apreciando la variación en la riqueza de especies anuales, perennes y su relación. Asimismo se analizan posibles tendencias de cambio en la composición específica.

Se estudia el patrón general de variación e interacción de la biomasa herbácea disponible, del número de especies anuales, perennes, y su cociente, mediante análisis de varianza (GLM – 3 *factorial*; 2 *factorial*) considerando los efectos pastoreo, período del año y sitio en el primer caso; y efectos sitio y año (considerando por separado parcelas con y sin pastoreo) en el segundo; y asimismo las respectivas interacciones. Se realizó la separación de medias por el *test de Bonferroni* o *Turkey* para los factores significativos en función del número de clases de cada factor. Se repitió el proceso para cada rebollar individualmente considerando sólo el efecto del pastoreo.

La tendencia evolutiva de la composición específica de las comunidades en estudio se investigó a partir de la determinación de una variable sintética, sensible al efecto del abandono del pastoreo, mediante la ordenación (CCA) de los datos de abundancia de las especies y de las variables estructurales para cada uno de los rebollares. Admitiendo que cada eje del CCA resume fuentes de variación jerarquizadas de mayor a menor, los primeros traducirán la variación principal asociada a la variabilidad abiótica de los rebollares, y los últimos la residual asociada al efecto del pastoreo.

En la busca del eje que mejor expresaba los cambios en la composición específica se analizó, por un lado, el efecto del pastoreo sobre la composición específica (ejes de ordenación), según el siguiente modelo:

Variable Dependiente (ejes) = efecto año + efecto pastoreo + interacción pastoreo * año.

Por otro lado, se analizó mediante proceso gráfico la evolución temporal de cada uno de los ejes en las parcelas pastoreadas y no pastoreadas, mediante la interacción pastoreo * año. Consideramos que la variable sintética (Ejes) que mejor resumía el efecto del pastoreo en la composición específica sería aquella que partiese en el año uno, de una situación semejante (parcelas pastoreadas y no pastoreadas) y en el período siguiente revelase el mismo patrón evolutivo.

3 Resultados y discusión

3.1 Estructura de las comunidades vegetales de sotobosque

3.1.1 Aproximación multivariante

El análisis canónico de correspondencias (CCA) de los datos florísticos y variables ambientales evidenció los principales rasgos de variación biocenótica frente a las variables ambientales consideradas, revelándose de gran utilidad para conocer la estructura general de las comunidades vegetales en estudio. Las Tabla V.2 y Tabla V.3 resumen las especies (> 0.75) y variables (> 0.48) con mayor participación, en los tres primeros ejes, según sea el sentido positivo o negativo de su coordenada.

Tabla V.2: Especies con mayor participación en los tres primeros ejes resultantes del CCA.

Eje I			Eje II			Eje III					
Magpan	-2.336	Erisko	1.652	Trirep	-2.307	Cytmul	1.575	Eriaus	-3.543	Brasil	1.213
Sisoff	-2.247	Fraang	1.326	Ornpin	-2.158	Eriaus	1.501	Rubulm	-3.387	Brimax	1.204
Horlep	-1.731	Leolon	1.326	Antari	-2.093	Fessp.	1.449	Holmol	-1.406	Crugla	1.204
Galapa	-1.682	Dandec	1.323	Dandec	-1.930	Erisko	1.371	Aremon	-1.402	Galspu	1.120
Carten	-1.589	Trirep	1.147	Fraang	-1.869	Galspu	1.366	Narstr	-1.142	Cytsco	1.185
Brodia	-1.587	Cytmul	0.979	Junbuf	-1.847	Cytstr	1.287	Carbin	-0.992	Cytmul	1.067
Broste	-1.523	Vichir	0.960	Hollan	-1.805	Arrela	1.283	Fesrub	-0.863	Sisoff	1.115
Gerluc	-1.508	Fesrub	0.925	Ranbul	-1.713	Brasil	1.267	Quepyr	-0.808	Genfal	1.096
Torarv	-1.491	Cytsco	0.919	Narstr	-1.609	Pteaqu	1.246	Cytstr	-0.766	Erisko	1.064
Stemed	-1.481	Antari	0.845	Vulbro	-1.518	Rubulm	1.143	Cispsi	2.482	Dacglo	1.030
Vicsat	-1.446	Narstr	0.841	Fesrub	-1.492	Aremon	0.931	Lavsto	1.941	Arrela	0.986
Brohor	-1.195	Junbuf	0.830	Carbin	-1.487	Cytsco	0.903	Hiepil	1.721	Latsph	0.910
Cynech	-1.095	Pruspi	0.797	Triglo	-1.449	Avesul	0.871	Triglo	1.706	Crechap	0.905
Vicang	-0.995	Ranbul	0.785	Brimax	-1.397	Genfal	0.847	Ornpin	1.684	Junbuf	0.820
		Triglo	0.768	Cispsi	-1.303	Crugla	0.787	Vichir	1.559	Vicsat	0.812
				Hyprad	-1.173	Luzfor	0.786	Avesul	1.452	Carten	0.800
				Sisoff	-0.919	Vichir	0.753	Vulbro	1.359		

Cada una de las áreas de estudio está claramente discriminada en el espacio canónico de ordenación CCA, cada una relacionada con grupos de especies que corresponden a sus ambientes. El porcentaje de variación extraído por los tres primeros ejes es 8.7%, 7.3% y 5.8%, para el primero, segundo y tercer eje respectivamente, 22% en el conjunto, un valor normal para la diversidad verificada.

Tabla V.3: Variables con mayor participación en los tres primeros ejes resultantes del CCA.

Eje I		Eje II		Eje III	
Cobertura herbácea	-0.674	Magnesio	0.790	Riqueza en especies	0.681
Potasio asimilable	-0.672	pH	0.666	Carbono orgánico	-0.559
Calcio	-0.625	Saturación en bases	0.632		
Altura del tapiz	-0.527	Leñosas / herbáceas	0.486		
Saturación en bases	-0.495	Acidez	-0.508		
Nitrógeno total	-0.493				

En el eje I y con signo negativo existe un predominio de especies anuales, propias de sustratos más ricos (*Bromus hordeaceus*) algo nitrificados (*Galium aparine*, *Bromus diandrus*, *Carduus tenuiflorus*) y asociadas a mayores coberturas vegetales herbáceas. Entre las especies con signo positivo, predominan las perennes herbáceas y leñosas, propias de ambientes más pobres (*Ornithopus pinnatus*, *Nardus stricta*). En la parte negativa del eje II sobresalen las especies propias de zonas acidófilas y temporalmente encharcadas (*Juncus bufonius*, *Danthonia decumbens*), mientras que en la parte positiva del eje predominan las especies menos acidófilas y que rechazan los terrenos mal drenados.

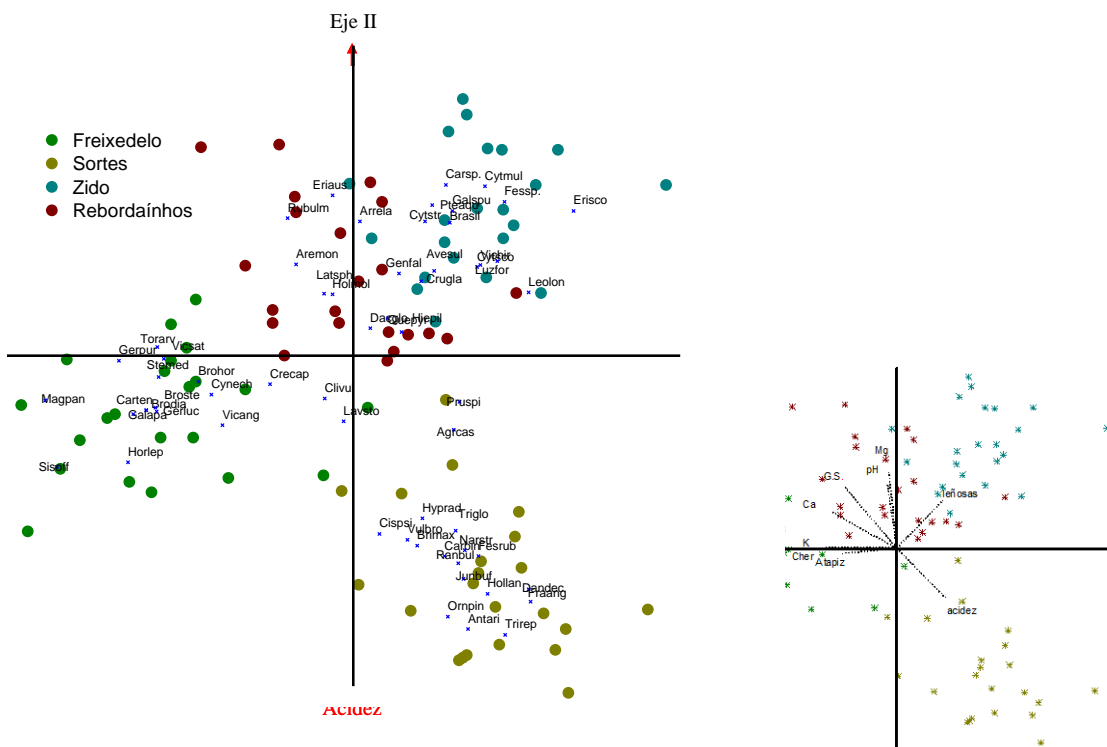


Figura 5.2: Ejes I y II (inventarios y especies) provenientes del CCA.

El espacio inferior de la ordenación coincide con especies de pastizal (*Agrostis castellana*, *Bromus hordeaceus*, *Trifolium repens*, *Trifolium glomeratum*, *Vicia angustifolia*),

mientras el espacio superior coincide con especies propias de bosque, o sea de ambientes umbrófilos asociado a diferentes características del arbolado (*Holcus mollis*, *Arenaria montana*, *Luzula forsteri*, *Brachypodium sylvaticum*).

El eje I refleja el gradiente de fertilidad, desde la zona más beneficiada (izquierda) hasta el extremo opuesto marcadamente oligotrófico. El eje II indica los gradientes de drenaje y capacidad de intercambio catiónico, desde la zona de mayor acidez y temporalmente encharcada hasta las condiciones mejores de drenaje. La figura 5.3 muestra los principales rasgos de variación biocenótica encontrados. Considerando globalmente el espacio de ordenación, se aprecia, por un lado, la existencia de un gradiente del sitio Zido hacia el sitio Freixedelo, oponiendo zonas de pastos leñosos típicos de brezal, a pastizales terofíticos propios de rebollares más abiertos y más jóvenes. Por otra parte, el rebollar del sitio Sortes se distingue claramente de los anteriores por sus condiciones de acidez y encharcamiento temporal.

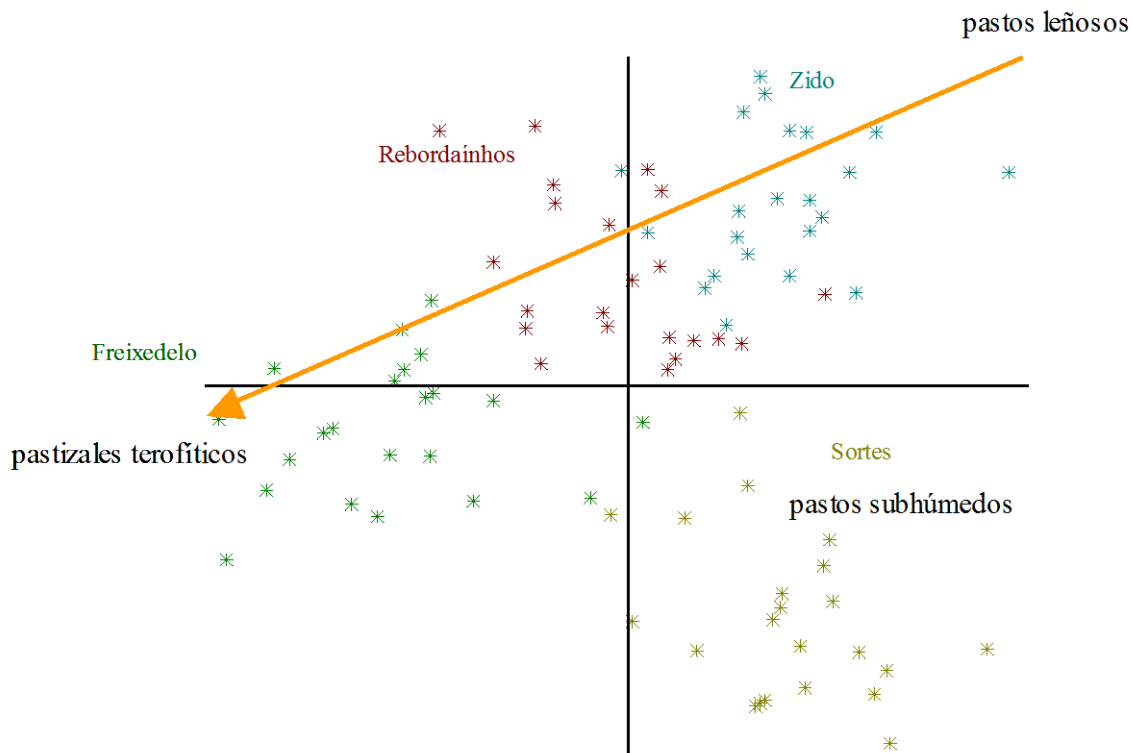


Figura 5.3: Principales rasgos de variación biocenótica.

3.1.2 Representación de las diferentes especies. Un balance

Considerando la presencia de cada especie en el total de los inventarios (3 años), hay un claro predominio de las especies menos representadas. Las que ocurren en menos de 4 inventarios representan 44.44% en Zido, 34.78% en Sortes, 46.30% en Freixedelo y 50% en Rebordaiños. La gran variabilidad florística indica particularidades inherentes a cada rebollar estudiado. Pocas especies poseen un elevado índice de presencia, apareciendo en más de la mitad de los inventarios (5.56% en Freixedelo, 4,35%, en Sortes, 11.11% en Zido y 6% en Rebordaiños). Por otro lado, las especies más frecuentes de cada sitio son muy pocas y no muy comunes entre todos los rebollares: 3 en Freixedelo (*Bromus sterilis*, *Galium aparine*, *Geranium lucidum*), 2 en Sortes (*Agrostis castellana* y *Holcus lanatus*), 4 en Zido (*Quercus pyrenaica*, *Luzula forsteri*, *Agrostis castellana* y *Pteridium aquilinum*) y sólo una en Rebordaiños (*Holcus mollis*).

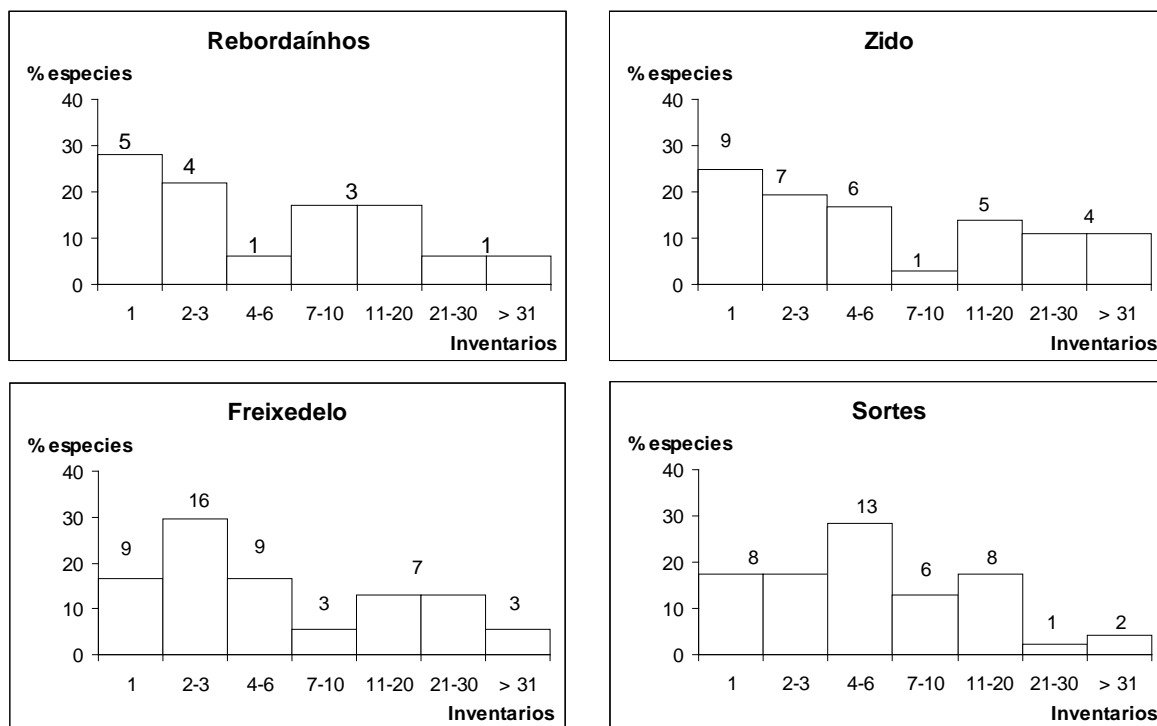


Figura 5.4: Balance de representación de las varias especies en los cuatro rebollares en estudio.

Los cuatro rebollares presentan sotobosques con estructuras muy distintas. La comunidad de Freixedelo es dominada por terófitos, contándose las *Bromus sterilis*, *Galium aparine* y *Geranium lucidum* entre las dominantes. Las dos primeras son propias de ambientes nitrófilos, y la segunda de ambientes sombríos. La composición específica propia de

ambientes perturbados y nitrófilos hace suponer talas frecuentes y presencia habitual de ganado en rebollar. Se trata de un rebollar de estructura joven (densidad de 1850 árboles / ha; 6.54 m de altura, 9.79 cm de diámetro medio a la altura del pecho), frecuentemente intervenido con explotación silvícola de turnos cortos. Al inicio del estudio había sido talado hacía unos veinte años. De acuerdo con Debussche *et al.*(2001), el monte bajo de *Quercus pubescens* (especie afine al rebollo) era talado tradicionalmente cada 20 años.

La comunidad vegetal del rebollar de Sortes (densidad de 1017 pies / ha; 8.62m de altura, 18.10 cm de diámetro medio a la altura del pecho) presenta especies propias de ambientes, oligotróficos sobre sustrato ácido, temporalmente encharcados; las especies dominantes son dos gramíneas perennes, *Agrostis castellana* y *Holcus lanatus*. Destaca aún la buena relación anuales/perennes, de un pasto bien establecido y sometido a la influencia de un arbolado no excesivamente denso.

El rebollar Zido es un rebollar maduro pero de estructura casi adhesionada (densidad de 368 pies / ha; 17.11m de altura, 30.10 cm de diámetro medio a la altura del pecho). Entre las herbáceas predomina *Luzula forsteri*, *Agrostis castellana* y *Pteridium aquilinum*, especies de bosque y prado, revelando la madurez del bosque de características lumínicas favorables al desarrollo de especies de ambientes más abiertos. En su composición predominan casi totalmente las especies perennes.

El rebollar de Rebordáinhos (densidad de 1069 árboles / ha; 7.71m de altura, 13.96 cm de diámetro medio a la altura del pecho) es el que presenta la estructura arbórea más cerrada, típicamente forestal, de poca luz. La comunidad de sotobosque está formada por unas pocas especies perennes, dominada por *Holcus mollis*, una especie frecuente en bosque por su apetencia de suelos orgánicos.

En un estudio enfocado a la relación entre la biomasa leñosa de bosques de rebollo y la calidad de los suelos, Santa Regina (2000) describe para Sierra de Gata un patrón de variación que coincide con el encontrado en la estructura de los rebollares ahora estudiados. Las densidades variaron entre los 406 y los 1043 árboles por hectárea, con las alturas entre

los 17 y los 8.5 metros y diámetros entre 25.4 y 16.5 cm. Son rebollares con edades comprendidas entre 60 y 80 años (Moreno *et al.*, 2001). El sotobosque de esos rebollares está dominado por *Quercus pyrenaica*, gramíneas (*Dactylis glomerata*, *Festuca sp.*), arbustos (*Cytisus scoparius*, *Genista falcata*, *Cytisus scoparius*, *Rubus ulmifolius*, y aún *Pteridium aquilinum* y brezos (*Erica sp.*, *Calluna vulgaris*) en las zonas abiertas, a medida que aumenta la precipitación (Santa Regina, 2000). Las leguminosas herbáceas, *Trifolium sp.* y *Ornithopus sp.* sólo aparecen en uno de los sitios.

Los rebollares en estudio, cuando comparamos con los de estos autores, destacan por la preponderancia del pastoreo, ya que al no ser talados con la frecuencia tradicional cada 20-30 años con excepción de Freixedelo, es el pastoreo la perturbación más importante. Excluyendo el rebollar de Rebordainhos, con una composición similar a la de los citados por esos autores, tanto el rebollar de Zido como el de Sortes, presentan una composición distinta a la descrita. La influencia de la fisonomía del bosque sobre la estructura de la comunidad herbácea sale remarcada de los estudios de De Keersmaecker *et al.*, (2004), Hardtle *et al.*, (2003) y Pardo *et al.* (2004), que señalan la importancia de la fisonomía y composición de los bosques en la estructura de su sotobosque, lo mismo indican Graae & Heskjaer (1997) y Nagaike *et al.* (1999) respecto a los tratamientos silvícolas.

3.1.3 Variables estructurales cuantitativas

En la Tabla V.4 se resume los resultados del ANOVA de las variables estructurales de las comunidades de sotobosque para los cuatro rebollares en estudio: riqueza, diversidad, medida mediante el índice de *Shannon*, equitatividad y biomasa. La cantidad de biomasa es significativamente diferente entre sitios ($p \leq 0.001^{***}$), destacando Freixedelo por su proporción elevada (150.81 g.m⁻²) (Tabla V.5 y figura 5.5).

Tabla V.4: Resultados de ANOVA para las variables estructurales de las comunidades del sotobosque.

Variable	N	d.f.	r ²	p
Riqueza de especies	88	3	0.367	0.000
Índice de Shannon	88	3	0.467	0.000
Equitatividad	88	3	0.124	0.021
Biomasa	221	3	0.188	0.000

La riqueza en especies presenta diferencias significativas entre sitios ($p \leq 0.001^{***}$) donde Rebordainhos presenta la más baja (3.09) y Freixedelo la mayor riqueza (8.41). Zido es estadísticamente igual a Freixedelo. Aunque la equitatividad o uniformidad se presente diferente entre las comunidades ($p \leq 0.021^*$), constituye el parámetro menos diferenciador entre los usados para caracterizar la estructura de las comunidades. En cuanto al índice de Shannon (H'), las comunidades más diversas son las de Freixedelo y Zido, 0.93 y 0.89 respectivamente, y la menos diversa es Rebordainhos (0.79).

Tabla V.5: Parámetros estructurales de las comunidades del sotobosque de los cuatro rebollares en estudio.

Variable	Freixedelo	Sortes	Zido	Rebordainhos
Riqueza de especies	8.41 ^c (3.02)	6.18 ^b (3.00)	7.23 ^{bc} (2.83)	3.09 ^a (1.60)
Índice de Shannon	0.93 ^c (0.02)	0.90 ^b (0.04)	0.89 ^{bc} (0.08)	0.79 ^a (0.28)
Equitatividad	1.91 ^b (0.32)	1.57 ^{ba} (0.41)	1.70 ^{ba} (0.52)	0.88 ^a (0.46)
Biomasa (g.m ⁻²)	150.81 ^b (103.96)	52.75 ^a (27.62)	68.13 ^a (114.58)	49.65 ^a (55.35)

Los desvíos se presentan entre paréntesis, las medias significativamente diferentes segundo el teste de Tukey se señalan con letra diferente.

La relación entre la riqueza en especies y la biomasa es variable en función del nivel de productividad observado en las comunidades vegetales (Milchunas & Lauenroth, 1993; Guo & Berry, 1998); aumenta la riqueza de especies cuando incrementa la productividad con niveles bajos de biomasa (< 400-500g.m⁻²) (Vermeer & Berendse, 1983). Relacionando la diversidad con la biomasa, se verifica una tendencia generalizada para que estas variables se correlacionen positivamente, o sea, los ambientes más productivos corresponden a ambientes también más diversos en sotobosque de rebollo.

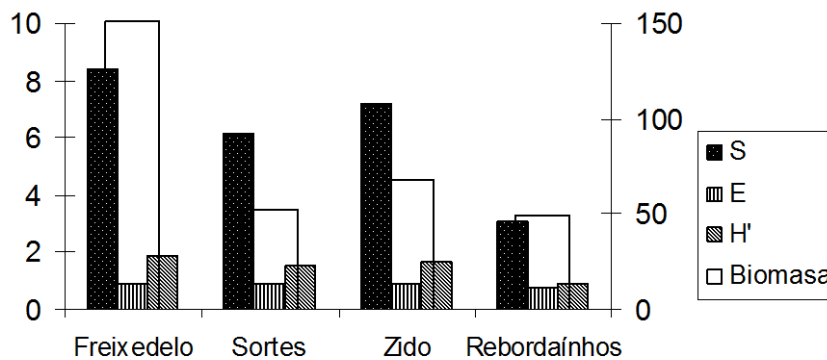


Figura 5.5: Variación de la biomasa y diversidad de las comunidades de sotobosque de los cuatro rebollares en estudio.

3.2 Variación abiótica

3.2.1 Patrón espacial de la variación abiótica

El análisis de la variación abiótica entre los cuatro rebollares corresponde al estudio de los parámetros físico-químicos y la manta muerta aportada al suelo. Los nutrientes de los ecosistemas forestales que provienen de la descomposición de la manta muerta, constituyen una parte fundamental de su ciclo de nutrientes (Santa Regina, 2000). La productividad vegetal está condicionada por esos procesos de descomposición (Gallardo & Merino, 1992). La relación entre la cantidad de manta muerta depositada en el suelo, el patrón físico-químico del suelo, y la biomasa presente en el sotobosque, permite caracterizar el funcionamiento de los sistemas analizados.

Respecto a la manta muerta depositada en el suelo, ella diverge en cantidad ($p < 0.001^{***}$) y composición ($p_{\text{palos}} \leq 0.001^{***}$; $p_{\text{necromasa}} \leq 0.001^{***}$; $p_{\text{excrementos}} \leq 0.047^*$; $p_{\text{hojas}} \leq 0.001^{***}$) para cada uno de los rebollares en estudio (figura 5.6). Destacan el rebollar de Freixedelo frente a los restantes por su menor cantidad de deposición (555.27 g.m^{-2}) y el de Zido por lo inverso (1008.50 g.m^{-2}). El rebollar de Freixedelo destaca aún por su mayor cantidad de necromasa (82.15 g.m^{-2}) y excrementos (4.36 g.m^{-2}), y menor cantidad de hojarasca (148.43 g.m^{-2} de palos y 320.34 g.m^{-2} de hojas). Los restantes rebollares presentan cantidades similares de necromasa y excrementos, pero divergen en cuanto a la hojarasca.

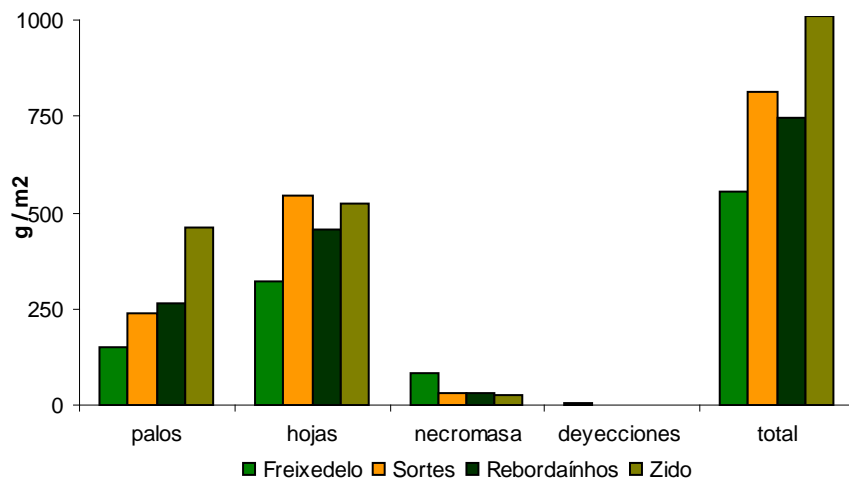


Figura 5.6: Variación de la manta muerta (hojarasca y otros restos) en los cuatro rebollares en estudio.

El rebollar de Zido es superior respecto a la clase de “palos” (460.44 g.m⁻²), seguido de Sortes y Rebordáinhos, similares entre sí. La clase hojas es mayor para Zido (521.53 g.m⁻²) y Sortes (542.44 g.m⁻²), seguido de Rebordáinhos (454.17 g.m⁻²).

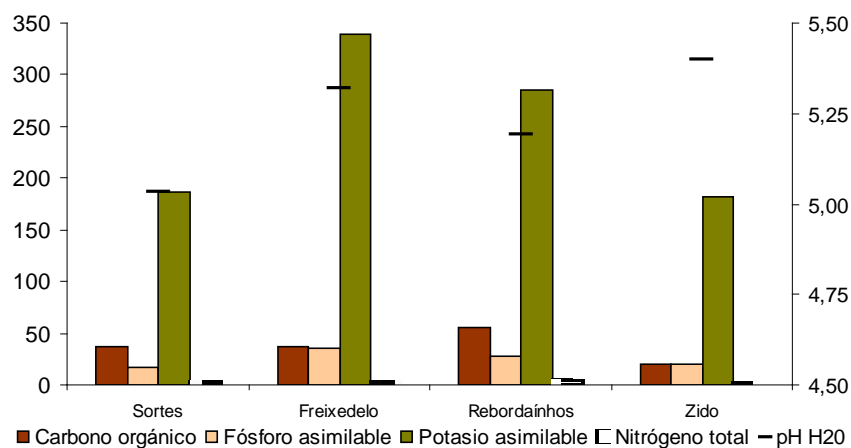
Los parámetros analizados relativos a la química del suelo se han mostrado significativamente diferentes entre sitios y profundidades. Sólo la reacción del suelo en agua (pH) no se ha mostrado diferente para las tres profundidades analizadas.

La variación en la concentración de nitrógeno total, fósforo y potasio asimilable, carbono orgánico, relación C:N, porcentaje de saturación en bases y reacción del suelo en agua (pH) para las tres profundidades analizadas, constan de la Tabla V.6, así como en la figura 5.7 para la media de las tres profundidades. Se ha señalado con diferentes letras, considerando la globalidad del horizonte analizado las medias significativamente diferentes, según el *test* de Tukey.

Tabla V.6: Valores medios de los parámetros químicos del suelo, a tres profundidades en los cuatro rebollares en estudio.

Profundidad (cm)	Nitrógeno total (g.kg ⁻¹)	Carbono orgánico (g.kg ⁻¹)	Carbono / Nitrógeno	pH H ₂ O	Fósforo asimilable (mg.kg ⁻¹)	Potasio asimilable (mg.kg ⁻¹)	Saturación en bases (%)
Sortes							
0-5	4.74 ^b	58.82 ^b	12.47 ^b	4.88 ^b	30.71 ^a	338.70 ^a	79.28 ^c
5-15	1.60	21.46	13.58	5.06	13.17	142.86	45.68
15-25	1.03	13.52	13.19	5.14	7.10	96.22	36.58
Freixedelo							
0-5	5.65 ^b	54.53 ^b	9.81 ^a	5.24 ^a	53.32 ^b	391.23 ^c	96.99 ^a
5-15	2.89	26.02	9.20	5.38	33.88	327.38	95.47
15-25	1.64	15.15	9.35	5.46	18.01	291.61	91.64
Rebordainhos							
0-5	8.80 ^c	97.32 ^c	11.70 ^b	5.34 ^b	68.31 ^b	370.40 ^b	91.46 ^b
5-15	3.15	42.19	13.75	5.00	14.48	257.20	65.99
15-25	1.87	25.02	13.36	5.13	8.49	207.16	51.40
Zido							
0-5	2.31 ^a	32.17 ^a	14.05 ^c	5.45 ^a	35.94 ^b	269.42 ^a	96.75 ^a
5-15	0.56	11.67	22.80	5.36	16.11	150.11	83.99
15-25	0.71	6.72	10.85	5.34	10.71	122.71	84.47

El patrón de fertilidad coincide con el indicado por el CCA, siendo Freixedelo la situación más favorecida, aunque sus contenidos en nitrógeno total y carbono orgánico sean inferiores a los encontrados en Rebordainhos. El contenido en potasio es el más elevado entre los rebollares estudiados, y su porcentaje de saturación de bases no es limitante en ninguna de las profundidades analizadas. Por otro lado, la relación C:N abajo del límite de 12 en todas las profundidades analizadas, nos indica una buena actividad biológica del suelo (Porta *et al.*, 1999).



Las unidades en que se expresan las variables coinciden con las presentadas en la tabla anterior.
 Figura 5.7: Medias de los parámetros químicos del suelo de los cuatro rebollares en estudio.

El rebollar de Sortes es, claramente, el que presenta mayores limitaciones en sus propiedades químicas. El pH del suelo es muy ácido (4.88 en el horizonte superficial), y el porcentaje de saturación en bases es limitante en todas las profundidades analizadas. La concentración en fósforo asimilable es la más baja encontrada, lo que estará directamente relacionado con su elevada acidez (Santa Regina, 2000) y condiciones de encharcamiento; el fósforo baja en condiciones de lavado frecuente (Moreno *et al.*, 1996). Considerando que la actividad biológica del suelo decrece con la acidificación, y que la tasa de mineralización disminuye a medida que aumenta la acidez y el exceso de agua en el suelo (Martin *et al.*, 1995; Porta *et al.*, 1999) se perciben las causas de la oligotrofia de este rebollar.

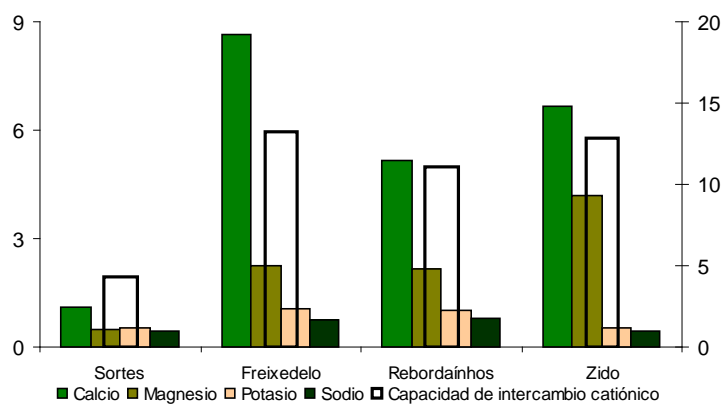
El rebollar del Zido, aunque oligotrófico, presenta características más favorables que el de Sortes, debido a su menor acidez; el pH en el horizonte superficial es de 5.45 y el porcentaje de saturación en bases también no es limitante en ninguna de las profundidades analizadas. Incluso, la relación C:N indica condiciones de distrofia para la profundidad de 5 – 15 cm, probablemente por una actividad microbiológica en el suelo negativamente influida por el déficit de minerales, una vez que las concentraciones en el horizonte superficial en nitrógeno total (2.31g.Kg^{-1}) y carbono orgánico (32.17g.Kg^{-1}) son las más bajas entre los rebollares estudiados.

Los bajos contenidos en carbono orgánico y nitrógeno de Zido carecen de interpretación si consideramos que la actividad de descomposición está relacionada con la abundancia, y la diversidad de los microorganismos del suelo (Wise & Schaefer, 1994), con la naturaleza química de la hojarasca (McClagherty *et al.*, 1985; Arianoutsou, 1993; Gallardo & Merino, 1993) y factores ambientales, como la temperatura y humedad del suelo. No se encuentran diferencias claras entre los rebollares que justifiquen estas discrepancias. Sin embargo, sería interesante investigar la hipótesis de estas diferencias radicasen en la estructura del bosque. De hecho, la tasa de descomposición de la materia orgánica (C:N) baja, cuadra con los ciclos lentos propios de ecosistemas más maduros, y a la vez con el hecho de que el mayor porte de los árboles demanda cantidades de nutrientes más elevadas que en los rebollares más jóvenes.

El rebollar de Rebordainhos destaca por su elevado contenido en carbono orgánico y nitrógeno total. Su mayor limitación es la acidez; sólo en el horizonte superficial el porcentaje de saturación en bases no es limitante. La acumulación de carbono orgánico tiende a ser mayor en los suelos ácidos y ambientes de mayor precipitación. Por otro lado, las más bajas temperaturas de Rebordainhos, condicionan la actividad de los microorganismos.

Los cationes intercambiables o bases de cambio proceden de la meteorización del material originario, de la mineralización de la materia orgánica, y de aportes externos superficiales y subterráneos (Porta *et al.*, 1999). Generalmente, el régimen de humedad percolante produce la acidificación progresiva con pérdida de bases por lavado, la causa más probable para las condiciones de extrema acidez de Sortes.

La disponibilidad de las bases de cambio varía significativamente en los cuatro rebollares ($p \leq 0.001^{***}$), destacando los rebollares de Freixedelo y Zido por sus condiciones más favorables (figura 5.8). Tomando la capacidad de intercambio catiónico como indicador de fertilidad (Porta *et al.*, 1999), Sortes destaca por muy desfavorable debido a su bajo contenido en bases. Zido destaca por su elevada disponibilidad en magnesio, en un ambiente más favorecido debido probablemente a la composición del material parental; el contenido en magnesio suele estar relacionado con la riqueza de la roca madre (Gómez Sal, 1982).



Las variables se expresan en $\text{cmol}^{(+)}\cdot\text{Kg}^{-1}$

Figura 5.8: Variación de bases de cambio y capacidad de intercambio catiónico para los rebollares en estudio.

Respecto a la textura del suelo, las proporciones de cada una de las clases de granulometría varían significativamente con el sitio ($p < 0.001^{***}$), destaca la menor proporción de arena gruesa y mayor de arena fina del Zido, la menor proporción de arena fina y mayor de limo en Freixedelo, y las mayores disponibilidades de arcilla en Rebordáinhos y Freixedelo respecto a Zido y Sortes (Tabla V.7 y figura 5.9).

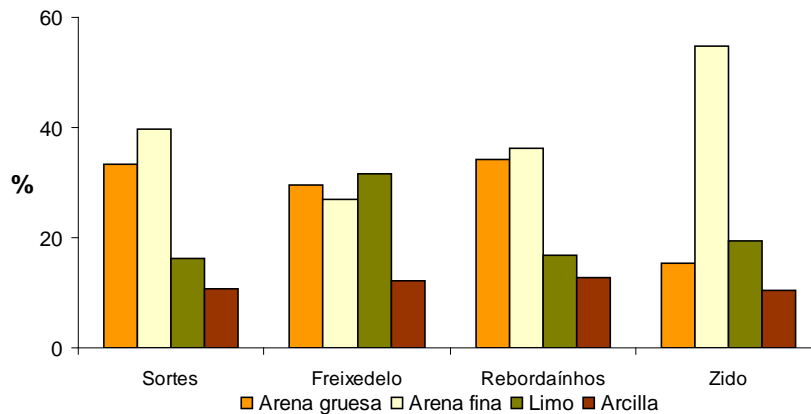


Figura 5.9: Variación en las proporciones de arena gruesa, fina, limo y arcilla, en los rebollares estudiados.

Los rebollares de Rebordáinhos, Sortes y Zido presentan una textura franco – arenosa, y el de Freixedelo franco – limosa, resultando este último menos sujeto a procesos de lavado, que explica su riqueza en bases.

La menor cantidad de arcilla de Sortes y Zido contribuyen para su baja fertilidad. De hecho, y en igualdad de las demás condiciones, los epipedones arcillosos contienen más materia orgánica que los arenosos (Porta *et al.*, 1999).

Tabla V.7: Proporciones de arena gruesa y fina, limo y arcilla, en los cuatro rebollares estudiados.

Profundidad (cm)	Arena gruesa	Arena fina (%)	Limo	Arcilla
		Sortes		
0-5	22.16 ^{bc}	39.46 ^b	22.18 ^a	16.19 ^a
5-15	39.52	38.24	14.28	7.96
15-25	38.64	41.17	12.17	7.62
		Freixedelo		
0-5	25.56 ^b	25.06 ^a	34.07 ^c	15.04 ^b
5-15	30.55	26.29	31.57	11.65
15-25	32.20	29.21	28.82	9.76
		Rebordaínhos		
0-5	31.64 ^c	34.79 ^b	18.61 ^{ab}	14.95 ^b
5-15	34.39	35.81	17.14	12.05
15-25	36.32	38.30	14.38	11.01
		Zido		
0-5	11.85 ^a	55.58 ^c	20.54 ^b	12.03 ^a
5-15	15.29	55.66	18.68	10.36
15-25	19.16	53.37	18.77	8.70

Resulta claro que la variación biocenótica muy marcada en los cuatro rebollares, se origina en las diferentes condiciones edáficas y estructurales de los bosques. La oligotrofia de Sortes se relaciona directamente con sus condiciones de acidez provocadas por el lavado permanente y por deficiente actividad microbiana. Rebordaínhos parece tratarse de un sistema en que los nutrientes no son escasos, pero está sometido a un régimen de lixiviación, debido a las condiciones de precipitación y textura del suelo, lo que acaba por traducir alguna acidez. La temperatura baja también no facilita la actividad de los microorganismos y la materia orgánica tarda en descomponerse, dominando los ciclos más lentos. El rebollar de Zido presenta marcada oligotrofia pero no acidez, ni encharcamiento. Su elevada cantidad de manta muerta y la tasa de descomposición baja sugieren ciclos lentos. Freixedelo sugiere una dinámica de funcionamiento acelerada y propia de un sistema joven, intervenido regularmente, como ya habíamos comentado anteriormente.

3.2.2 Relación entre fluctuaciones meteorológicas anuales y la variación abiótica

Las fluctuaciones meteorológicas interanuales propias del clima mediterráneo tienen un efecto muy marcado en la composición específica de las comunidades vegetales como varios estudios lo han demostrado (Peco & Espigares, 1994; Espigares & Peco, 1995). Uno de los componentes más afectado por ese comportamiento climático es la biomasa, que a su vez

influye la composición debido a los cambios inducidos con la competencia entre especies. Todavía, el impacto de esas fluctuaciones en las propiedades químicas del suelo no estará bien estudiado. Analizamos la variación anual e interanual de la biomasa herbácea, relacionándola con la variabilidad climática, así como la evolución de las propiedades químicas del suelo tras un período de fuertes precipitaciones.

La variabilidad intra e interanual de la biomasa en las comunidades de sotobosque estudiadas fue acentuada, variando entre 25.64 g.m⁻² en otoño y 86.00 g.m⁻² en primavera. La variación interanual, tomando el valor de primavera como referencia, osciló entre 76.48g.m⁻² en el año de 1999 y 102.57 g.m⁻², en el año de 2000. Las diferencias entre el año de 1999 y 2001 no se han revelado significativas (figura 5.10).

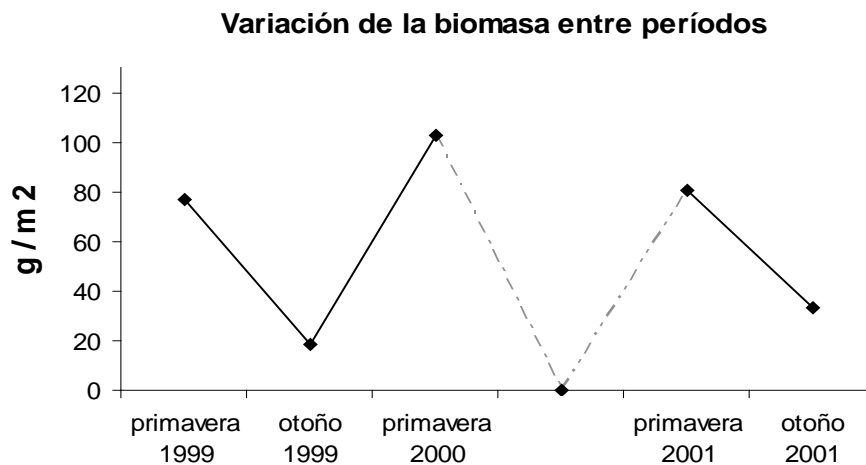


Figura 5.10: Variación anual y estacional de la biomasa herbácea en los cuatro rebollares estudiados.

Durante los años de este estudio, las precipitaciones fueron siempre superiores a las medias registradas en la última serie climática publicada. Comparando los diagramas ombrotérmicos de los tres años de estudio, con la serie climática para el período de 51-80, se registra el año de 1999 con precipitación superior (826.8 mm) a la media (741.1 mm) de la serie climática, y los años de 2000 y 2001 excepcionalmente lluviosos (1094.9 mm y 1091.7 mm, respectivamente). El año de 2000 es diferente del de 2001 por el mes de abril y mayo que registraron abundante precipitación, e incluso llovió también en junio. En el año de 1999 se registraron cerca de 85 mm más, y en los años de 2000 y 2001, cerca de 350 mm, o sea, los muestreos coincidieron con un año húmedo y dos hiperhúmedos.

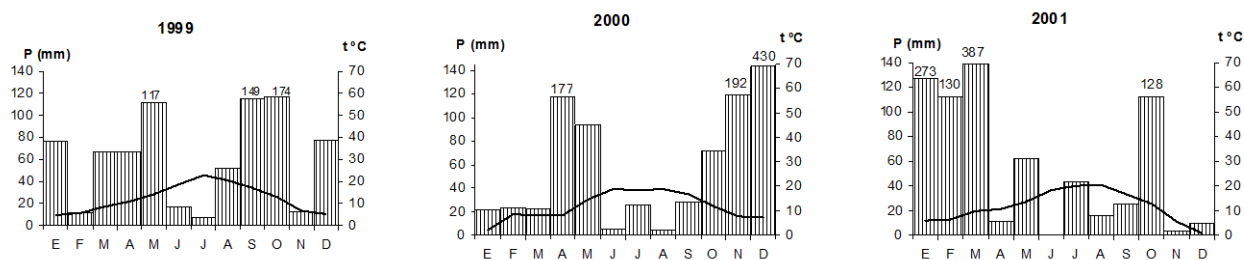


Figura 5.11: Diagramas ombrotérmicos correspondientes a los años de 1999, 2000 y 2001 para Bragança.

La mayor acumulación de biomasa verificada en el final de la primavera de 2000 estará relacionada con la coincidencia de precipitación abundante en los meses de abril, mayo, y en menor extensión junio, favorables al crecimiento vegetal por su temperatura más elevada. Los niveles extraordinarios de precipitación registrados han tenido efectos importantes en las características químicas del horizonte superficial, resultando lo que de hecho no esperábamos.

Los parámetros químicos del suelo estudiados en el horizonte superficial (0-5 cm) experimentaron una fuerte disminución en el período estudiado, lo que podría estar directamente relacionado con la abundante precipitación. Durante el mes de noviembre y diciembre del año de 2000, la precipitación representó aproximadamente la mitad del total ocurrido en dicho año.

Todos los parámetros presentados en la Tabla V.8, se han revelado significativamente diferentes entre el año de 1998 y el año de 2000; sin embargo, las pérdidas de nutrientes y de cationes alcalinos no afectaron de la misma forma a los rebollares en estudio. La disminución en el horizonte superficial de nitrógeno, carbono orgánico, fósforo y potasio asimilables, y las pérdidas en bases de cambio, para los cuatro rebollares entre 1998 y 2000 se presentan de la figura 5. a la figura 5.15.

Tabla V.8: Comparación entre años de los parámetros químicos del suelo, en la profundidad 0 - 5cm en los cuatro rebollares estudiados.

Año	N	C	P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	GS
		g.kg ⁻¹				cmol (+) Kg ⁻¹			%
Sortes									
1998	4.74	58.82	30.71	338.70	2.878	0.952	1.131	1.051	79.28
2000	3.39	52.26	15.71	171.16	0.763	0.591	0.415	0.076	43.95
Freixedelo									
1998	5.65	54.53	53.32	391.23	13.66	2.993	1.419	1.284	96.94
2000	4.67	52.27	35.15	334.19	7.833	2.388	1.014	0.064	96.98
Rebordáinhos									
1998	8.80	97.32	68.31	370.40	13.15	4.641	1.775	1.714	91.46
2000	4.93	59.61	21.15	304.89	4.405	2.000	0.826	0.066	79.08
Zido									
1998	2.31	32.17	35.94	269.42	9.088	4.510	0.877	0.821	96.75
2000	1.92	31.54	16.26	187.92	6.104	4.219	0.500	0.049	95.45

Rebordáinhos es el sitio que presenta pérdidas de nutrientes más acentuadas, lo que confirma la existencia de una pauta elevada de lixiviación (Tabla V.8). Generalmente está relacionado con las condiciones climáticas, y concretamente con la precipitación, textura del suelo y situación topográfica. El fósforo y el potasio serán los nutrientes más afectados por la lixiviación, común a todos los rebollares (figura 5.13). Este patrón está de acuerdo con el descrito por varios autores (Martin *et al.*, 1995; Gallardo *et al.*, 1999; Santa Regina, 2000).

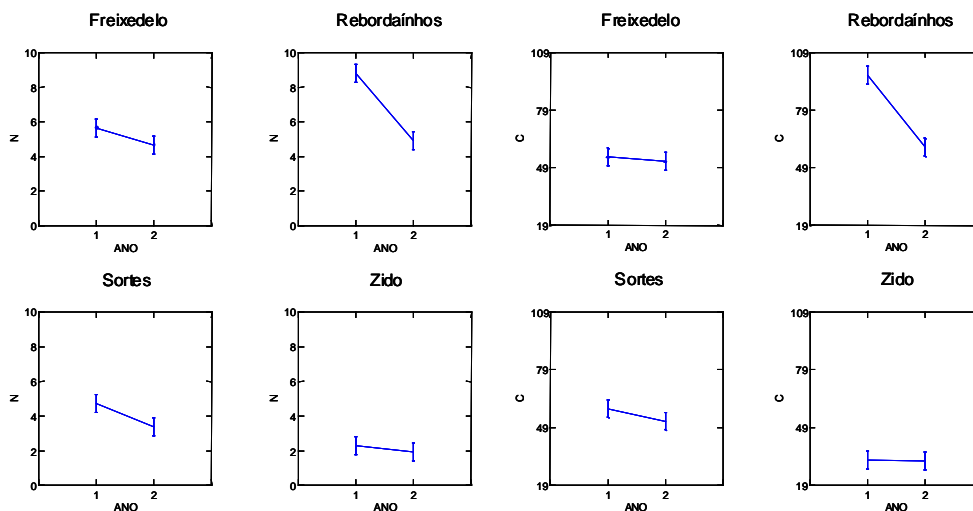


Figura 5.12: Evolución de los contenidos en nitrógeno total y carbono orgánico (N y C) en los rebollares en estudio.

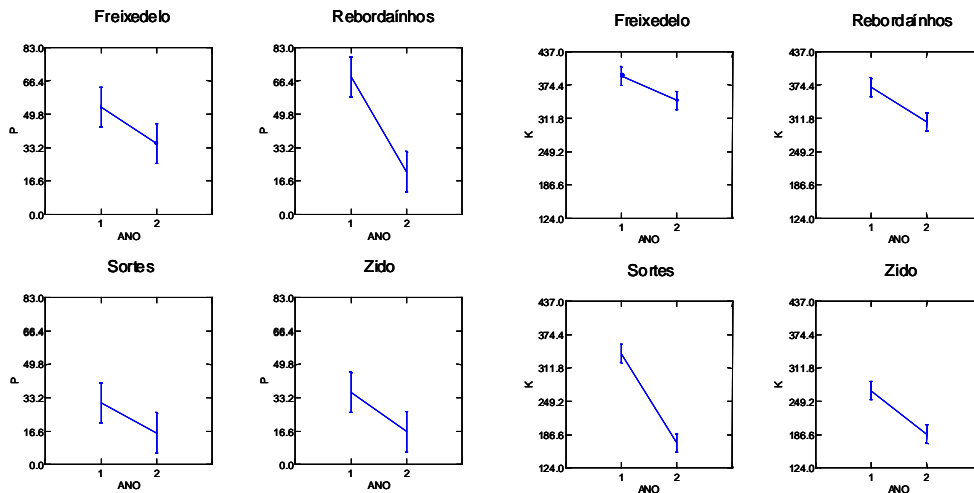


Figura 5.13: Evolución de los contenidos en fósforo y potasio asimilables en los cuatro rebollares en estudio.

Los contenidos en bases de cambio indican también pérdidas por lavado. Aunque este proceso fuera común a todos los rebollares, se produjo con más intensidad en Sortes y Rebordáinhos. El porcentaje de saturación en bases se mantiene constante en Zido y Freixedelo, y en Rebordáinhos disminuye pasando del estado no limitante (GS = 80%) en el año 1998, a limitante en el año de 2000. Todavía, es en Sortes que el cambio es más intenso, pasando su porcentaje de saturación en bases de 79.28% a 43.95%, en el horizonte superficial.

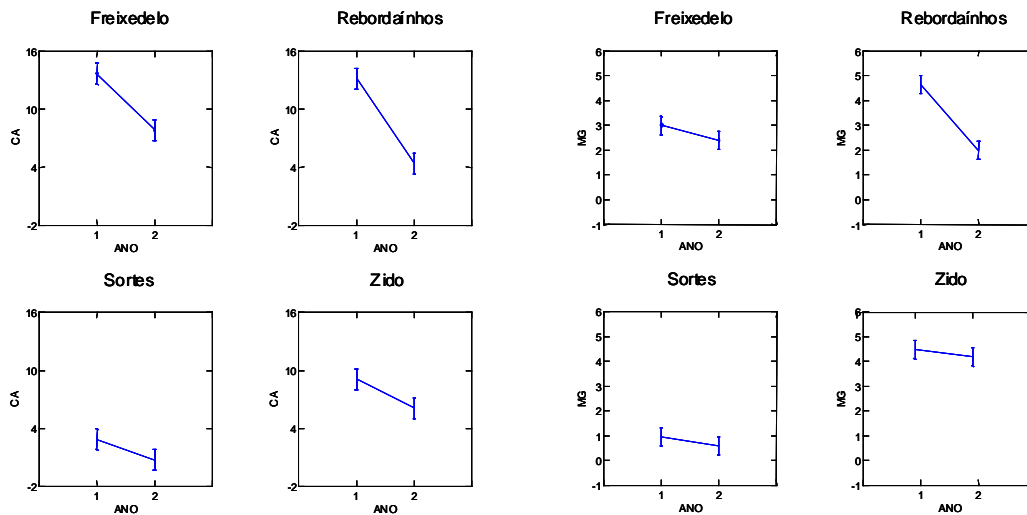


Figura 5.14: Evolución de los contenidos en calcio y magnesio extraíbles (Ca y Mg) en los cuatro rebollares en estudio.

Las condiciones excepcionales de precipitación ocurridas en el año de 2000, concretamente durante los meses precedentes a la recogida de las muestras de suelos, han

podido afectar las características químicas y la capacidad de cambio catiónico del horizonte superficial del suelo, aunque de forma más o menos intensa, en función de las propiedades de los rebollares (pendiente, encharcamiento, textura del suelo, entre otras). Sin embargo, no disponemos de datos para investigar en que medida ello afecta a las características de las comunidades vegetales, ya que, no sabemos si este fenómeno ocurrió en la generalidad de los horizontes o sólo en la superficie. Por otro lado, queda por investigar, si es propio de la dinámica de suelos, y en concreto de los forestales, que se benefician continuamente de aportes orgánicos por lo que pasaría de ser una carencia pasajera o, por el contrario, si se trata de un proceso esporádico y fruto de unas condiciones de precipitación excepcionales.

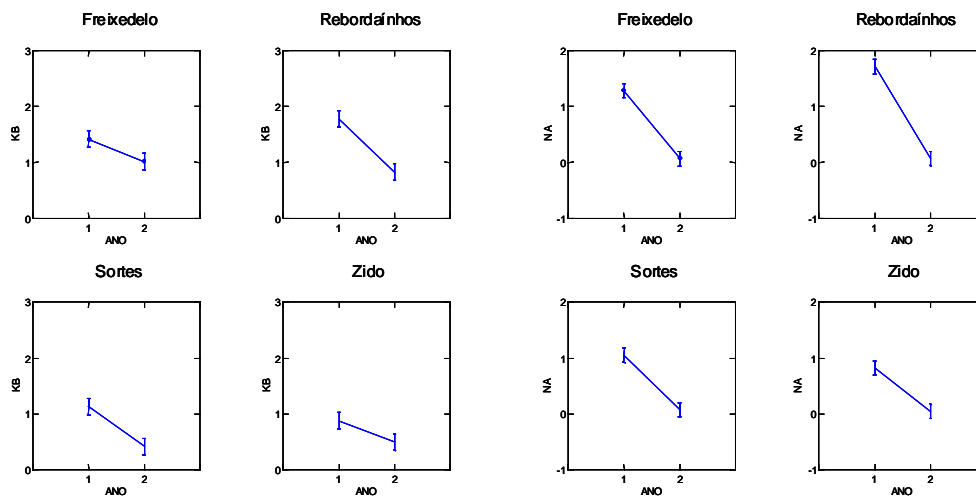


Figura 5.15: Evolución de los contenidos en potasio y sodio extraíbles (Kb y Na) en los cuatro rebollares en estudio.

3.3 Comportamiento de las especies más frecuentes

El análisis de correspondencias permite la representación de las relaciones entre las especies y estados de las variables en un mismo plano (figura 5.16). Dicha representación conlleva frecuentemente un número de especies y variables muy alto que puede oscurecer su interpretación (Gómez Sal, 1982), pero en nuestro caso el número de factores y especies es reducido y su gran capacidad sintética resulta muy atractiva. Según Debusche (1978, citado por Gómez Sal, 1982), la participación de los estados de las variables en los distintos ejes del análisis de correspondencia puede funcionar como una medida de actividad de los mismos, parámetro que puede ser útil para valorar la importancia de las variables ambientales sobre la distribución de las especies. En la Tabla V.11 presentamos los estados de las variables ordenadas según dicho criterio y cuya participación en uno o ambos ejes es superior a 20.

Por encima de este valor hemos diferenciado tres categorías de estados en función de la cuantía de su participación: mayor de 100 (en negro), de 40 a 100 (subrayado), de 20 a 40, sin destaque.

Tabla V.9: Relación de especies elegidas en el estudio detallado y sus clases de abundancia.

Relación de especies			Abundancia de las especies
<i>Agrostis castellana</i>	<i>Danthonia decumbens</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>	Clase 1: <1%
<i>Anthoxanthum aristatum</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Lathyrus sphaericus</i>	Clase 2: 1 - 10%
<i>Arenaria montana</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Luzula forsteri</i>	Clase 3: 10 - 25%
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Galium aparine</i>	<i>Nardus stricta</i>	Clase 4: 25 - 50%
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Galium spurium</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	Clase 5: 50 - 75%
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Genista falcata</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>	Clase 6: 75 - 100%
<i>Bromus sterilis</i>	<i>Geranium lucidum</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>	
<i>Carex binervis</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Danthonia decumbens</i>	
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Holcus mollis</i>	<i>Stellaria media</i>	
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Hordeum murium</i> subsp. <i>leporinum</i>	<i>Torilis arvensis</i>	

Tabla V.10: Abreviaturas utilizadas para las variables ambientales no representadas por símbolo químico y estados considerados.

Variable / estado			
N1	< 3 g.kg ⁻¹	Riqueza en especies (<4)	r1
N2	3 – 6 g.kg ⁻¹	Riqueza en especies (4 – 8)	r2
N3	> 6 g.kg ⁻¹	Riqueza en especies (>8)	r3
C1	< 40 g.kg ⁻¹	Relación leñosas herbáceas (<0.1)	Lh1
C2	40 – 70 g.kg ⁻¹	Relación leñosas herbáceas (0.1 - 0.3)	Lh2
C3	> 70 g.kg ⁻¹	Relación leñosas herbáceas (>0.3)	Lh3
P1	< 20 g.kg ⁻¹	Altura tapiz (<20 cm)	At1
P2	20 – 50 g.kg ⁻¹	Altura tapiz (20 - 40 cm)	At2
P3	> 50 g.kg ⁻¹	Altura tapiz (40 - 60 cm)	At3
K1	< 250 g.kg ⁻¹	Altura tapiz (> 60 cm)	At4
K2	250 – 350 g.kg ⁻¹	Porcentaje saturación bases (< 70 %)	GS1
K3	> 350 g.kg ⁻¹	Porcentaje saturación bases (70 – 80 %)	GS2
		Porcentaje saturación bases (> 80 %)	GS3

Entre el grupo de estados de las variables edáficas, el eje I destaca claramente el conjunto **C1**, **N1**, y **K1** hacia un extremo, y **N3**, **C3**, **P3**, y **K3** hacia el otro. Entre las variables estructurales destaca por un lado, los medios más leñosos y de crecimientos herbáceos reducidos (**Lh3** y **At1**), y por otro, los medios herbáceos de crecimientos más importantes aunque con grados de actividad diferentes (**At4**, **At3** y **Lh1**). Los estados **At2**, **GS2**, **r1** y **GS3** se presentan muy poco activos. En el eje II, hacia un extremo surge el porcentaje de

saturación en bases muy limitante (**GS1**), y hacia el extremo opuesto destaca Lh3, N3, C3 y At4. Esta primera valoración permite juzgar los estados que más influyen en la caracterización de los ejes y, en definitiva, conocer cuales tienen más peso sobre la distribución de las especies.

Tabla V.11: Jerarquía de los estados de las variables según su participación en cada uno de los ejes.

Eje I		Eje II	
C1	124	GS1	170
N1	117	K1	35
<u>K1</u>	95	C2	31
<u>Lh3</u>	68	GS2	29
<u>P1</u>	61	N2	28
<u>At1</u>	51	P1	26
Lh2	31	r2	24
r3	29	K3	-25
GS1	28	N1	-27
P2	-20	r1	-31
K2	-30	GS3	-32
r2	-35	<u>C1</u>	-40
<u>N2</u>	-44	<u>Lh3</u>	-60
<u>C2</u>	-49	<u>N3</u>	-62
<u>Lh1</u>	-64	<u>C3</u>	-65
<u>K3</u>	-74	<u>At4</u>	-95
<u>P3</u>	-74		
<u>C3</u>	-79		
<u>At3</u>	-88		
<u>N3</u>	-89		
At4	-146		

La distribución de los estados de las variables en el plano definido por los ejes I y II clarifica líneas directrices de la variación ambiental, identificando grupos de diferentes condiciones ambientales y estructurales (figura 5.17). La disposición de los estados en el plano permite apreciar, de entre los estados de las variables, las diferencias cualitativas más claras. La variable GS coincide aproximadamente con la dirección del eje II, el ambiente más limitante en el extremo más positivo, y el más favorable en la parte negativa. Esta variable parece ser la que mejor compartimenta el espacio ecológico.

El nitrógeno y carbono constituyen un grupo importante en la variación ambiental, con cambios graduales del tercero al segundo cuadrante, y saltos cualitativos del tercero al

cuarto cuadrante, coincidiendo ambos con ambientes muy contrastados. La variación del potasio y del fósforo es gradual, del primero al tercero cuadrante, con los estados intermedios (P2 y K2) en el origen de los ejes.

La variación de la relación leñosas/herbáceas aumenta del segundo para el primero, y del primero para el cuarto cuadrante. La variable altura del tapiz presenta sus estados más elevados (At4 y At3) en el tercero cuadrante, y sus estados más bajos (At2 y At1) en el primero cuadrante. Los estados de la variable riqueza en especies conforman un triángulo cuyo vértice se encuentra en el segundo cuadrante (r2), o sea, la riqueza máxima coincide con la relación leñosas/herbáceas intermedia, con baja altura del tapiz y condiciones oligotróficas.

El conjunto de variables estructurales configura una flecha arqueada desde el tercer al cuarto cuadrante, representando el cambio de comunidades de tipo más herbáceo a los pastos con elementos leñosos típicos de las zonas más forestadas.

Interacción Vegetación-Herbívoro en los Rebollares

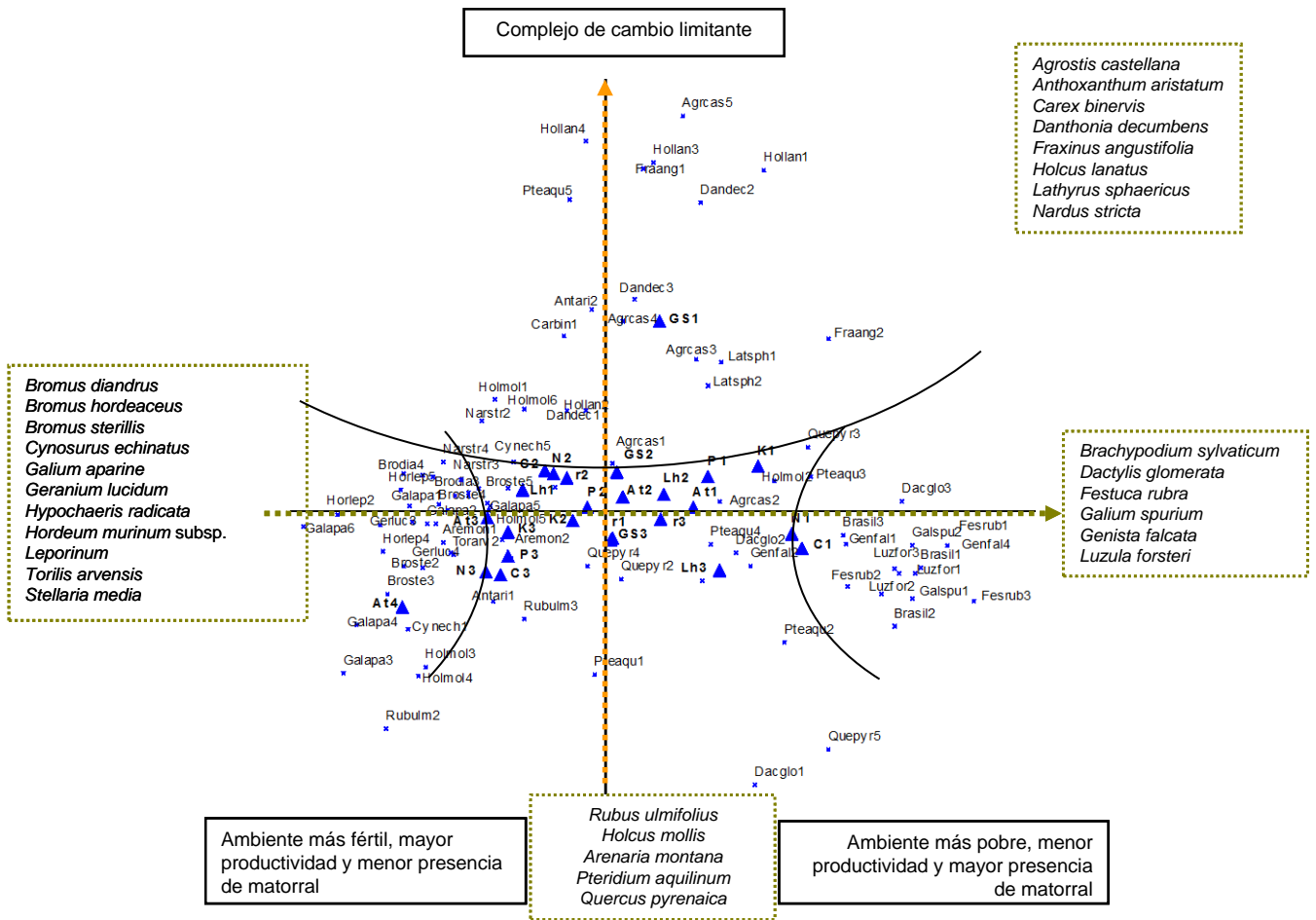


Figura 5.16: Análisis de correspondencias entre estados de las variables y perfiles de abundancia de las especies.

La compartimentación del espacio ecológico obtenida sirve para interpretar el condicionamiento abiótico de los distintos grupos de especies por parte de las variables ambientales. Se distinguen tres grupos de ambientes muy contrastados, marcados por condiciones abióticas muy diferenciadas (N, C y GS), a los cuales se juntan subgrupos definidos por los estados intermedios de las variables edáficas o por las variables relacionadas con la estructura de la vegetación (altura del tapiz, relación leñosas herbáceas, véase figura 5.).

En la parte superior de la figura aparece un primer grupo caracterizado por elevada acidez del sustrato y complejo de cambio muy limitante (GS1 < 70%). A izquierda y a derecha, condiciones eutróficas y oligotróficas, respectivamente, con los estados de los nutrientes nitrógeno y carbono orgánico (N y C) determinantes en su definición. En el ambiente más favorecido se distinguen dos estados de altura media del tapiz, el de las

alturas superiores a 60 cm y el de la clase entre 40 y 60 cm (At4 y At3), o sea, ambientes de elevada productividad donde las relaciones de competencia entre las especies juegan un papel relevante en la organización de las comunidades, las mayores alturas coinciden con el extremo inferior del tercer cuadrante.

En la parte inferior del segundo cuadrante, coincidiendo con cierta acidez (GS2) y condiciones de mesotrofia (N2 y C2), se desarrolla un ambiente rico en herbáceas y de media riqueza en especies (r2 clase 4-8 especies). En la transición del primero al cuarto cuadrante, se distingue un ambiente oligotrófico con alguna acidez, donde las variables estructurales de las comunidades son relevantes en su diferenciación (Lh2, At1 y r3). Se trata de un ambiente cuyas alturas del tapiz son inferiores a 20 cm, la relación herbáceas/leñosas es intermedia, y la riqueza en especies es superior a 8.

Una amplia concentración de especies en el segundo y tercer cuadrante, sobre todo en las zonas vecinas al eje II, aconseja al desdoblamiento de la figura original en tres, para posibilitar la visualización de los perfiles de abundancia de las especies (véase figura 5.18, figura 5.19 y figura 5.20). En el ambiente de mayor riqueza destaca *Bromus sterillis*, *Bromus diandrus*, *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*, *Torilis arvensis*, *Galium aparine*, *Hypochaeris radicata*, *Geranium lucidum*, o sea, especies de carácter anual, eutrofos, y algunas con carácter nitrófilo.

El ambiente de acidez elevada (GS1) comporta un grupo de especies muy característico: *Agrostis castellana*, *Holcus lanatus*, *Danthonia decumbens*. En la zona de fertilidad intermedia, bajo condiciones de acidez, destaca *Nardus stricta* y *Carex binervis*.

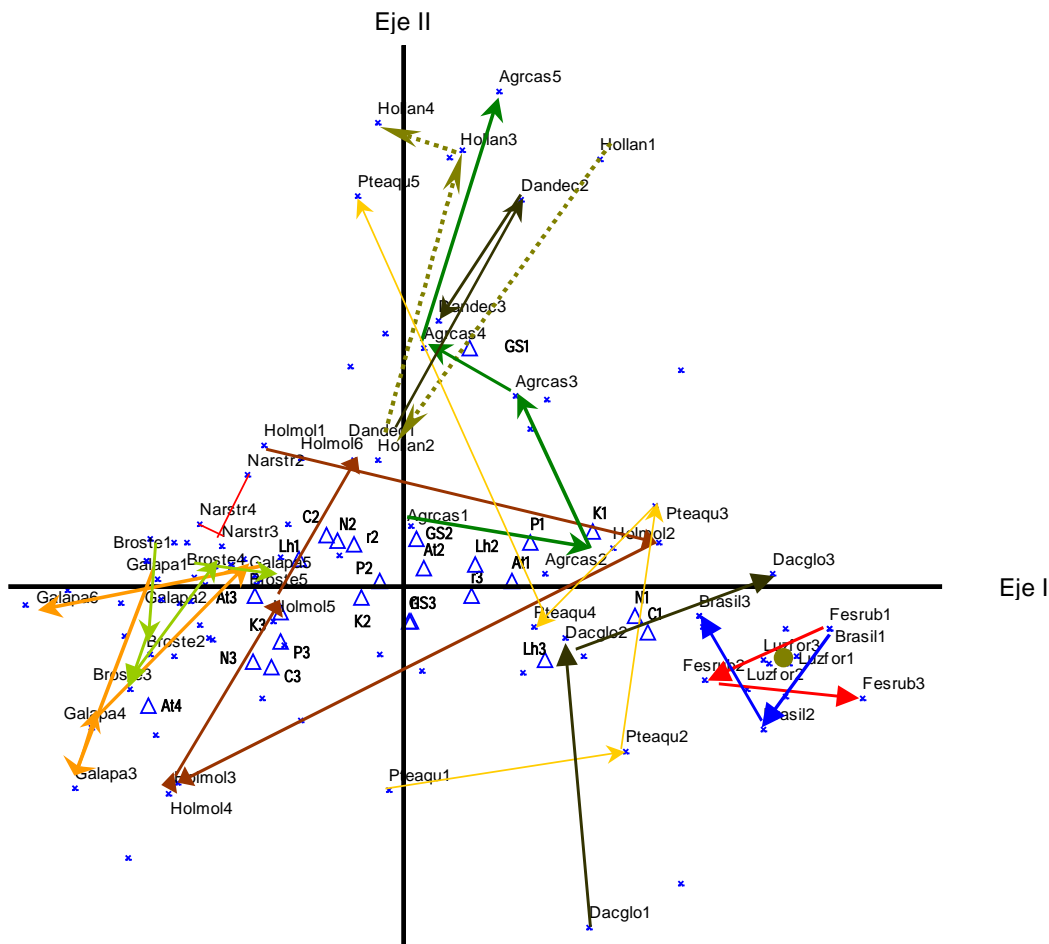


Figura 5.18: Disposición de los estados de las especies en el espacio ecológico (I). Análisis de correspondencias entre estados de las variables y especies.

La disposición de los perfiles de abundancia de *Holcus mollis* en el espacio ecológico revela una especie generalista de bosque, de amplio espectro, no afectada por la generalidad de los factores estudiados, aparte del grado de saturación en bases muy limitante que la excluye.

Otras especies presentan modificaciones en sus perfiles de abundancia como respuesta a factores muy concretos, como es el caso de *Agrostis castellana* y *Pteridium aquilinum*, de amplio espectro de distribución pero aumentando su abundancia en

condiciones de acidez muy elevada, muy probablemente relacionada con la humedad abundante. *Holcus lanatus* tiene carácter marcadamente acidófilo, incrementando su abundancia en niveles de saturación en bases inferiores a 70% que son muy limitantes para la generalidad de las especies. Lo mismo ocurre con *Danthonia decumbens*, aunque su abundancia máxima se sitúe en una zona un poco más abajo que la anterior.

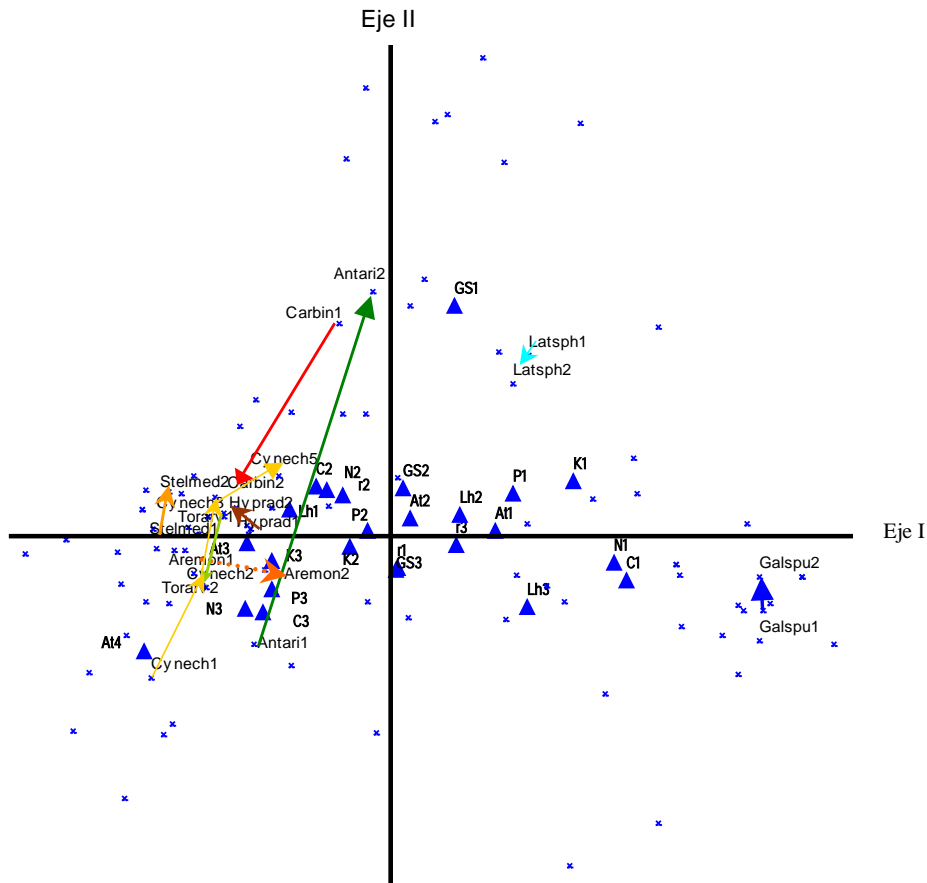


Figura 5.19: Disposición de los estados de las especies en el espacio ecológico (II). Análisis de correspondencias entre estados de las variables y especies.

La abundancia de *Cynosurus echinatus* incrementa desde el tercer al segundo cuadrante, siendo máxima en condiciones intermedias de acidez y en ambiente de media fertilidad (C2, N2, r2, GS2). Lo mismo sucede con el *Anthoxanthum aristatum*, aunque esta especie no se muestre nunca muy abundante. *Carex binervis* y *Anthoxanthum aristatum* presentan patrones inversos en sus perfiles de abundancia, el primero menos tolerante a la acidez, ambos con carácter más bien heliófilo, desplazándose sobre la línea de menor presencia de matorral.

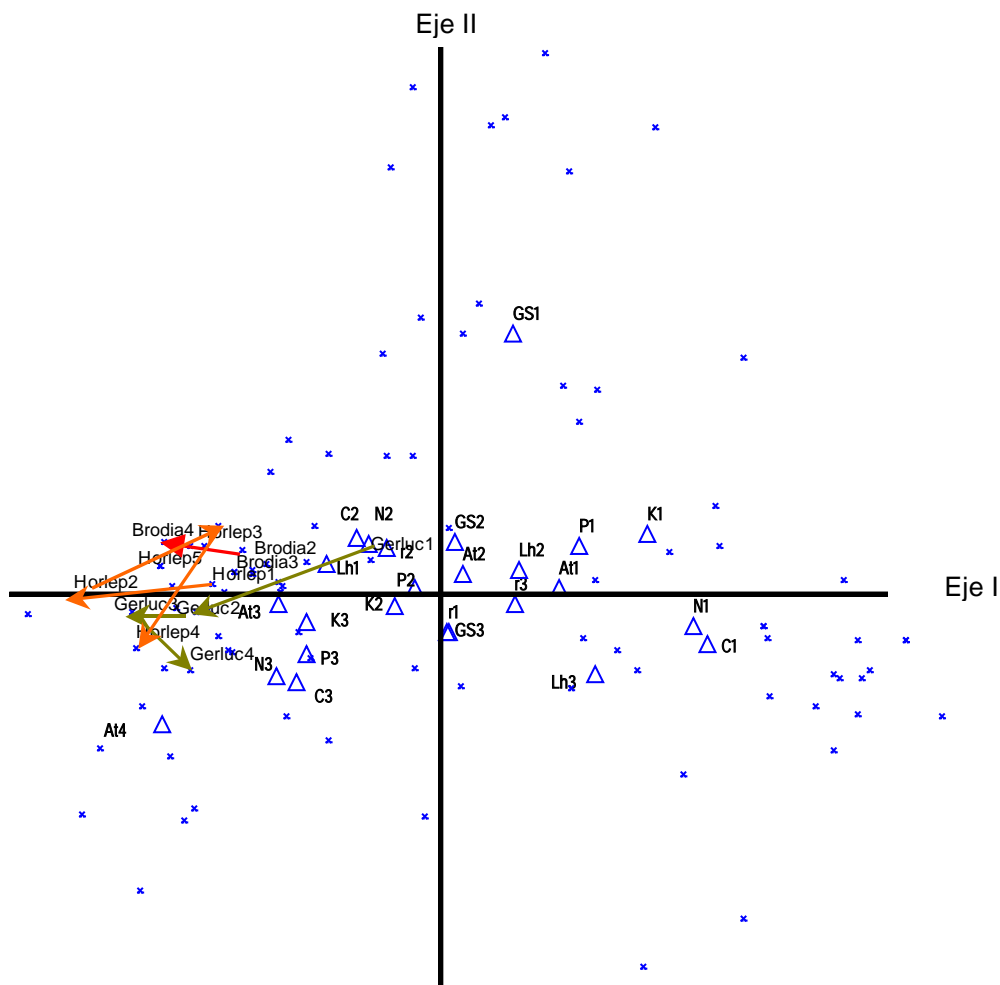


Figura 5.20: Disposición de los estados de las especies en el espacio ecológico (III). Análisis de correspondencias entre estados de las variables y especies.

Geranium lucidum, *Galium aparine*, y *Bromus sterilis* revelan perfiles de abundancia asociados al nitrógeno y alturas del tapiz elevadas, especies de ambientes favorecidos donde predomina la dinámica de competencia entre especies. *Bromus diandrus*, *Hordeum leporinum*, *Torilis arvensis*, *Stellaria media* son también exclusivas de condiciones eutróficas y en su mayoría nitrófilas. *Festuca rubra*, *Brachypodium sylvaticum*, *Luzula forsteri*, *Dactylis glomerata* son exclusivas de los ambientes más oligotróficos, coincidentes con la mayor abundancia de leñosas, o sea, siempre en ambientes más umbrófilos.

Al estudiar la relación entre las especies más frecuentes y las variables edáficas y estructurales de mayor valor informativo, destaca el cambio que muchas de ellas muestran en su perfil de abundancias frente a un determinado factor. En función de sus límites de tolerancia a los factores abióticos en juego, una especie concreta puede desaparecer, no verse

afectada, o alterar su perfil de abundancias. En nuestra situación de estudio parecen dominar las especies concretas de determinados ambientes, en particular las acidófilas, nitrofilas, umbrófilas.

Otras especies tiene amplios espectros de distribución pero cambian sus perfiles de abundancia en relación a sus condiciones más favorables, como es el caso de *Agrostis castellana*, *Pteridium aquilinum* y *Cynosurus echinatus*. *Holcus mollis* demostró ser una especie sin cambios en sus perfiles de abundancia con los factores estudiados, más bien una especie asociada a *Quercus pyrenaica*, siempre presente en el sotobosque de los bosques en los que es dominante, aunque rehusando situaciones excesivamente ácidas.

Las condiciones de acidez, nitrofilía, y umbría parecen las que mejor compartimentan el espacio ecológico de los ecosistemas estudiados. Los variables fósforo y potasio no aportan mucha información, asociadas como están al nitrógeno y carbono.

3.4 Efecto del pastoreo en la estructura de las comunidades

3.4.1 Efecto del consumo en la biomasa herbácea

Se ha evaluado el efecto del consumo en la biomasa aérea herbácea (en adelante sólo biomasa) disponible en el sotobosque de los rebollares en estudio, mediante la comparación de sus valores en parcelas pastoreadas y no pastoreadas, en el final del período de crecimiento de primavera y otoño. Aunque un parámetro cuantitativo dé respuesta clara, el hecho de los rebollares estudiados presenten patrones de productividad distinta (véase apartado variables estructurales cuantitativas), e incluso las fluctuaciones climáticas muy acentuadas del período de estudio (véase apartado variación abiótica), constituyeron limitaciones para el análisis de la biomasa en pie. Además, la variabilidad de las cargas ganaderas y la heterogeneidad entre las parcelas de muestreo acentuó aún esas dificultades (véase las desviaciones obtenidos para valores de biomasa). La Tabla V.12 indica los resultados referentes a la biomasa herbácea en pie (media de 3 años) en primavera y otoño, para las situaciones pastoreadas y no pastoreadas en los cuatro sitios; asimismo entre paréntesis se presentan las desviaciones para los valores medios presentados.

Tabla V.12: Biomasa herbácea entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas en primavera y otoño para los cuatro rebollares.

		Freixedelo	Rebordáinhos	Sortes	Zido
		Pastoreado	primavera	153.50 (132.10)	32.01 (20.58)
	otoño	48.77 (44.62)	13.04 (9.72)	16.15 (10.17)	7.47 (8.02)
No pastoreado	primavera	203.80 (126.52)	72.53 (51.28)	43.83 (21.72)	85.00 (128.69)
	otoño	46.38 (23.35)	23.93 (27.49)	14.10 (14.90)	13.06 (10.87)

Tal y como esperado, el ANOVA revela un patrón general de disminución de biomasa en las parcelas pastoreadas ($p < 0.05^*$), como también la interacción pastoreo x estación se ha demostrado con significado ($p < 0.05^*$). En primavera, la biomasa fue menor en las parcelas pastoreadas, y en otoño, por veces, sucedió lo contrario. Los sotobosques de las localidades Sortes y Freixedelo contribuyen decisivamente para los resultados, aunque por causas distintas. En Freixedelo y en primavera, la biomasa media de las parcelas pastoreadas fue de 153.50 g.m⁻² y en las no pastoreadas de 203.80 g.m⁻², mientras que en otoño, sus valores son prácticamente coincidentes, incluso levemente superiores en las parcelas pastoreadas (figura 5.21 y Tabla V.12). Siendo el esfuerzo de muestreo relativamente alto, cuando se compara con el realizado por otros autores (Daget, 1974; Joyce & Mitchell, 1989; Duru & Bossuet, 1992; Bonser & Reader, 1995), las diferencias verificadas en otoño podrían estar relacionadas con efectos del consumo que generalmente favorece la productividad vegetal (Noy-Meir, 1993) debido a los procesos de crecimiento compensatorio (McNaughton, 1983; Belsky, 1986), y que no habrán sido suficientemente contrariados por la carga ganadera presente. Aún así no descartamos la gran variabilidad que presenta esta comunidad, sobre todo debido a los cambios climáticos interanuales (léase cantidad y distribución de las precipitaciones).

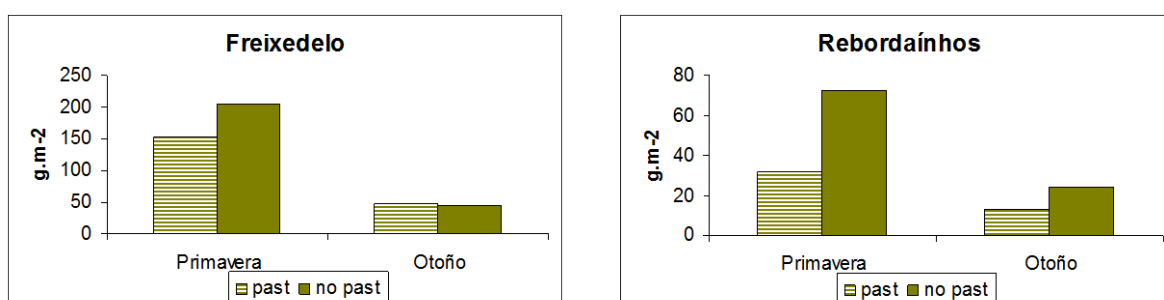


Figura 5.21: Comparación de la biomasa disponible en las parcelas pastoreadas y no pastoreadas en primavera y otoño en Freixedelo (a izquierda) y Rebordáinhos (derecha).

En Sortes, no se verifica ningún efecto del consumo en la biomasa, muy probablemente por la acción escasa del pastoreo, por la baja carga ganadera experimentada, la menor en los cuatro sitios estudiados.

La biomasa disponible al final de la estación de crecimiento puede ser interpretada como el balance entre productividad y utilización durante el periodo de crecimiento vegetativo (Cingolani *et al.*, 2002). En este sentido, la diferencia entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas es un indicador del consumo. Por otro lado, la diferencia entre parcela pastoreada y no pastoreada respecto a la necromasa previa a los procesos de descomposición que ocurren en el otoño, es también indicador de nivel de consumo. En el caso de Sortes, ninguno de estos indicadores se ha mostrado sensible al efecto del pastoreo, por lo que concluimos que su efecto será prácticamente inexistente.

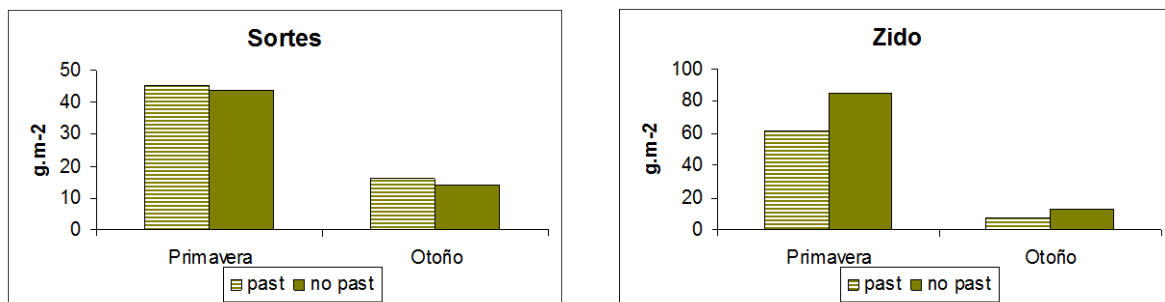


Figura 5.22: Comparación de la biomasa disponible en las parcelas pastoreadas y no pastoreadas en primavera y otoño en Sortes (a izquierda) y Zido (derecha).

Rebordaínhos es el sitio estudiado donde las diferencias entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas ($p \leq 0.01^{**}$) en ambos periodos del año ($p \leq 0.001^{***}$) son significativamente diferentes. Se detectó un patrón claro de disminución en la biomasa en las parcelas pastoreadas, variando ésta en primavera entre 32.01 g.m⁻² y 72.53 g.m⁻², y en otoño entre 23.93 g.m⁻² y 13.04 g.m⁻². Se trata de una comunidad muy homogénea, dominada por una o dos especies perennes, con bajas productividades, permitiendo detectar claramente el efecto en estudio.

Para Zido y en el período de primavera, el valor medio de biomasa en las parcelas pastoreadas es de 61.64 g.m⁻² y en las no pastoreadas es de 85.00 g.m⁻² en primavera, verificándose el mismo patrón de variación mucho menos pronunciado en otoño (13.06 g.m⁻²

y 7.47 g.m⁻² para no pastoreadas y pastoreadas, respectivamente). Es el sitio que presenta las desviaciones más elevadas, directamente relacionadas con las condiciones de heterogeneidad de este bosque, creadas por el efecto del dosel de los árboles sobre la vegetación del sotobosque. La heterogeneidad de la distribución de las copas en bosques maduros y con densidades no muy elevadas se refleja en diferentes condiciones de luz al nivel del sotobosque, con claras implicaciones en la composición específica, diversidad de especies, y productividad.

En medios forestales, la biomasa del sotobosque está estrechamente vinculada con la cantidad de radiación incidente y con la acumulación de manta muerta (Augusto *et al.*, 2003), con independencia de variables abióticas generalmente consideradas como determinantes de la productividad (temperatura, precipitación, fertilidad). Aunque no se haya estudiado en este trabajo, productividad ni variables que la condicionan, el patrón general de nuestros resultados coincide con el descrito por el autor mencionado.

Como se ha descrito antes al hablar del patrón espacial de la variación abiótica, la manta muerta varía entre 555.27 g.m⁻² (Freixedelo) y 1008.5g.m⁻² (Zido), con valores intermedios de 747.92 g.m⁻² (Rebordaínhos) y 810.93 g.m⁻² (Sortes). Por otro lado, la biomasa varía entre 150.81 g.m⁻² (Freixedelo) y 49.65m⁻² (Rebordaínhos), con valores intermedios de 52.75 g.m⁻²(Sortes) y 68.13 g.m⁻² (Zido), ambos estadísticamente iguales a Rebordaínhos. Así, a pesar de la superioridad en la manta muerta en Zido, este sitio sigue siendo más productivo que Rebordaínhos y Sortes, diferencias que se relacionan claramente con la cantidad de radiación incidente al nivel del sotobosque (véase estructura de los bosques en Introducción). Por otro lado, los bajos valores de biomasa de la comunidad vegetal de Sortes estarán relacionados con su desfavorable situación ambiental (véase el apartado de patrón espacial de la variación abiótica).

Las consecuencias directas de la no remoción de la biomasa vegetal en estos ecosistemas es una alteración al nivel de la estructura de las comunidades, y probablemente Freixedelo será la más afectada por sus características de elevada productividad y composición predominante de anuales.

3.4.2 Evolución de la composición específica tras la exclusión del pastoreo

Los ejes resultantes del análisis de ordenación funcionan como variables sintéticas de la composición florística, y de la cual la variación abiótica (condiciones edáficas, régimen de precipitaciones, etc.) es la principal responsable. Por lo tanto, cabe esperar que el efecto inducido por el pastoreo se proyecte, no en el primer eje, sino en el segundo o tercero, ya que se trata de un factor de menor impacto. Por otro lado, cabe esperar que ese efecto se acentúe con el tiempo, a medida que las parcelas sin pastoreo se tornen más homogéneas. En el primero año la composición sería semejante entre parcelas con y sin pastoreo, aunque se puedan apreciar algunas diferencias inducidas por la variación abiótica dentro del mismo rebollar, y en el último año su composición divergiría proporcionalmente al efecto provocado por la exclusión de los herbívoros.

Los análisis de ordenación (CCA) sobre el conjunto de parcelas para cada uno de los sitios dio como resultado tres ejes, que constituyen, según la metodología descrita, tres variables cuantitativas resumen de la composición específica de las comunidades en estudio. Los resultados de los análisis de varianza efectuados sobre el efecto del pastoreo en la composición específica de las comunidades de sotobosque de rebollo sólo se han mostrado significativos en el caso de Freixedelo. Mediante análisis gráfico de cada eje, la búsqueda del que mejor expresaba los cambios en la composición específica a lo largo de los tres años, reveló para Sortes una evolución muy compleja, de difícil interpretación, por carecer de base experimental suficiente para ello. Por otro lado, aunque no siempre la carga ganadera haya sido suficiente para producir un efecto estadísticamente significativo (sólo es en Freixedelo), el tercer eje de ordenación permite observar el efecto de la exclusión del pastoreo, a pesar de tratarse de una escala temporal reducida. Las figura 5.23, figura 5.24, y figura 5.25 indican la evolución temporal de los tres ejes en las parcelas pastoreadas y no pastoreadas, para Freixedelo, Rebordáinhos y Zido. La evolución temporal de los tres ejes permite confirmar los resultados de Freixedelo (efecto significativo del pastoreo en el tercer eje) y elegir entre los dos últimos ejes, el que mejor traduce el efecto del pastoreo para los casos de Rebordáinhos y Zido, que no se han revelado significativamente sensibles a esto efecto.

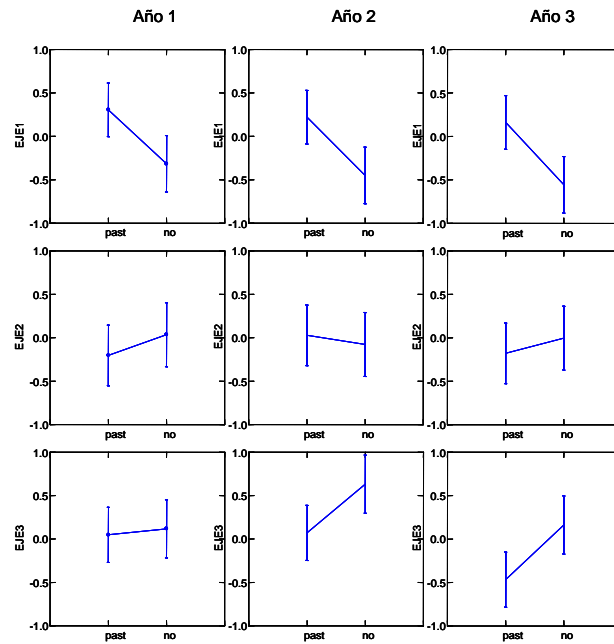


Figura 5.23: Evolución temporal del 1º, 2º y 3º ejes, en las parcelas con y sin pastoreo para Freixedelo.

En el caso de Freixedelo, se aprecia que el primer eje no sufre ninguna evolución temporal en los tres años, lo que sugiere que ello expresa las diferencias en la composición intrínsecas a la propia comunidad (variación abiótica propia de cada microambiente y relaciones íter específicas propias de cada *quadrat*). El segundo eje parece relacionarse con cambios anuales que favorecen más uno u otro tipo de especies y el tercer eje muestra un patrón evolutivo siempre en la misma dirección, lo que atribuimos el efecto de la herbivoría. El hecho, de verificarse pequeñas diferencias entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas después del primero año, probablemente se relaciona con la estructura de la comunidad (pastos terofíticos) y con la elevada carga ganadera que este rebollar tenía antes de instalarse el diseño experimental (sestadero frecuente de un rebaño de ovejas).

En el caso del Zido, el primer y el tercer eje no parecen sufrir ninguna evolución temporal consistente. Considerando los presupuestos relativos a Freixedelo, elegimos el eje 2 como representativo de la variación biocenótica frente al efecto del pastoreo.

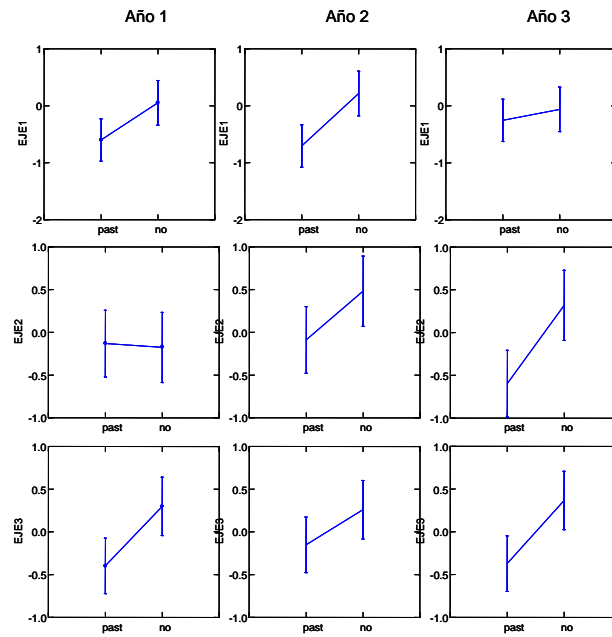


Figura 5.24: Evolución temporal del 1º, 2º y 3º ejes, en las parcelas con y sin pastoreo para Zido.

En el caso de Rebordáinhos se eligió el eje 3 sobre la base de los postulados expuestos anteriormente, aunque cabe destacar que del segundo al tercer año, ocurre un incremento significativo de las especies en la dirección de la parte positiva del eje, tanto para parcelas pastoreadas como en las no pastoreadas. Se trata probablemente del efecto inducido por las condiciones meteorológicas del otoño de 2000 (precipitación excepcionalmente elevada).

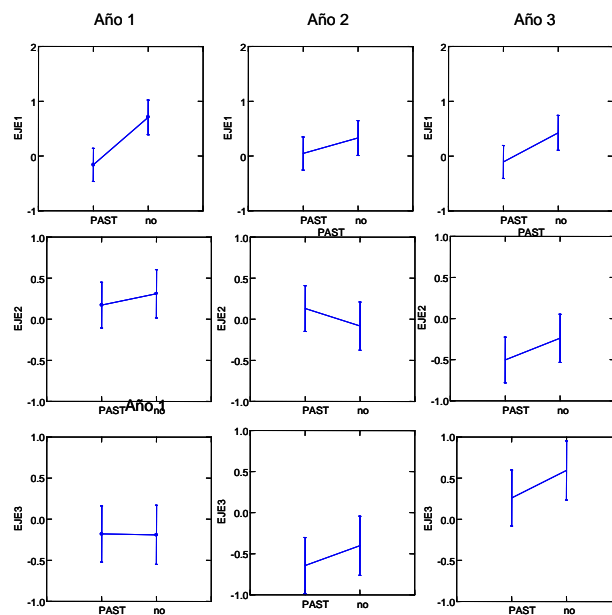


Figura 5.25: Evolución temporal del 1º, 2º y 3º ejes, en las parcelas con y sin pastoreo para Rebordáinhos.

Las figura 5.26, figura 5.27, y figura 5.28 muestran la evolución temporal de los ejes escogidos como variable resumen de la composición específica en la situación pastoreada y no pastoreada para Freixedelo, Zido y Rebordáinhos. Asimismo se representa la variación de las especies que aparecieron en más de cinco inventarios.

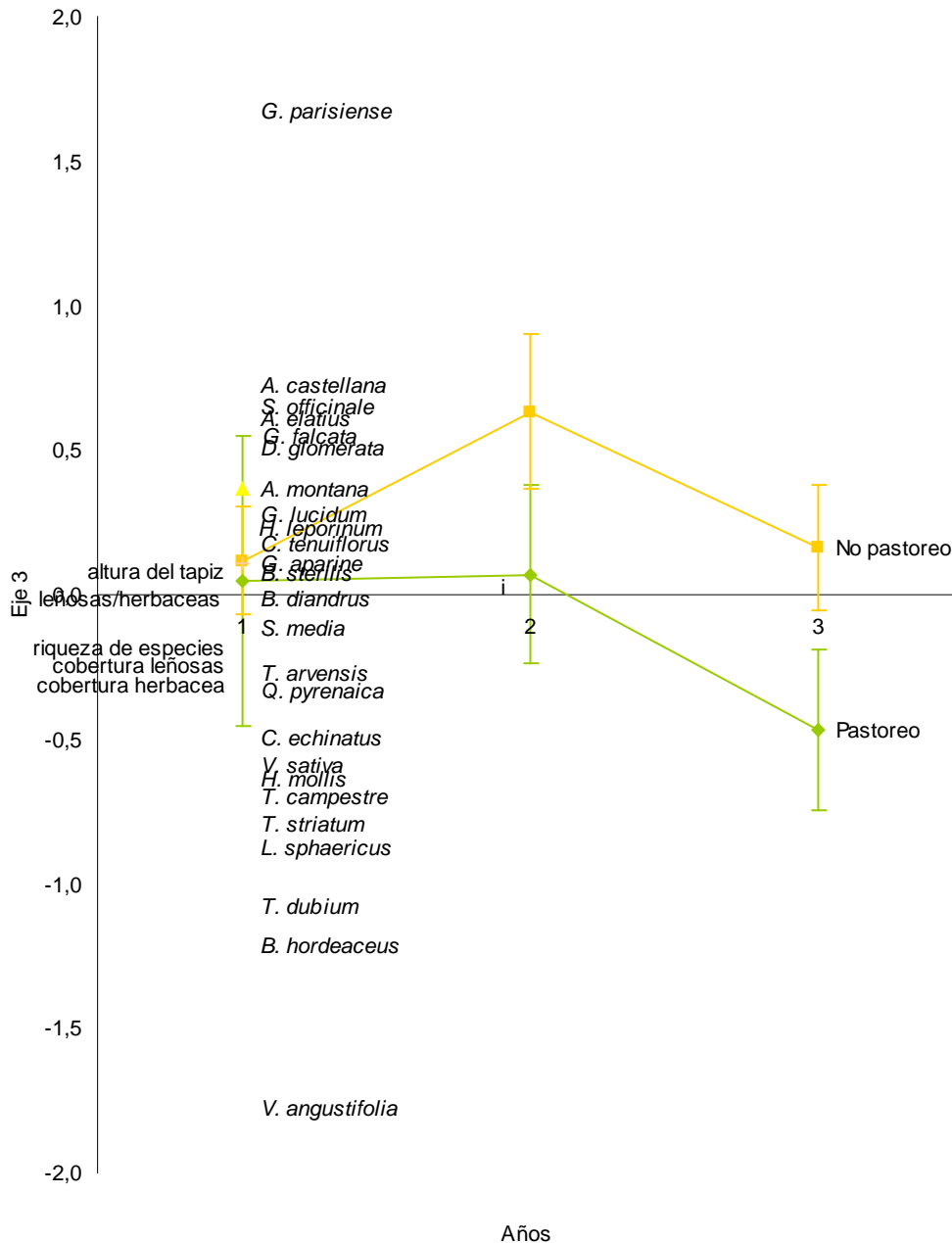


Figura 5.26: Evolución de la composición florística en Freixedelo, con y sin pastoreo.

En Freixedelo, se destaca en la parte negativa del eje *Bromus diandrus*, *Stellaria media*, *Torilis arvensis*, *Cynosurus echinatus*, *Lathyrus sphaericus*, *Bromus hordeaceus*, *Trifolium campestre*, *Trifolium dubium*, *Trifolium striatum*, *Vicia sativa* y *Vicia angustifolia* y en la parte

positiva *Galium parisiense*, *Agrostis castellana*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Arenaria montana*, *Geranium lucidum*, *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*, *Carduus tenuiflorus*.

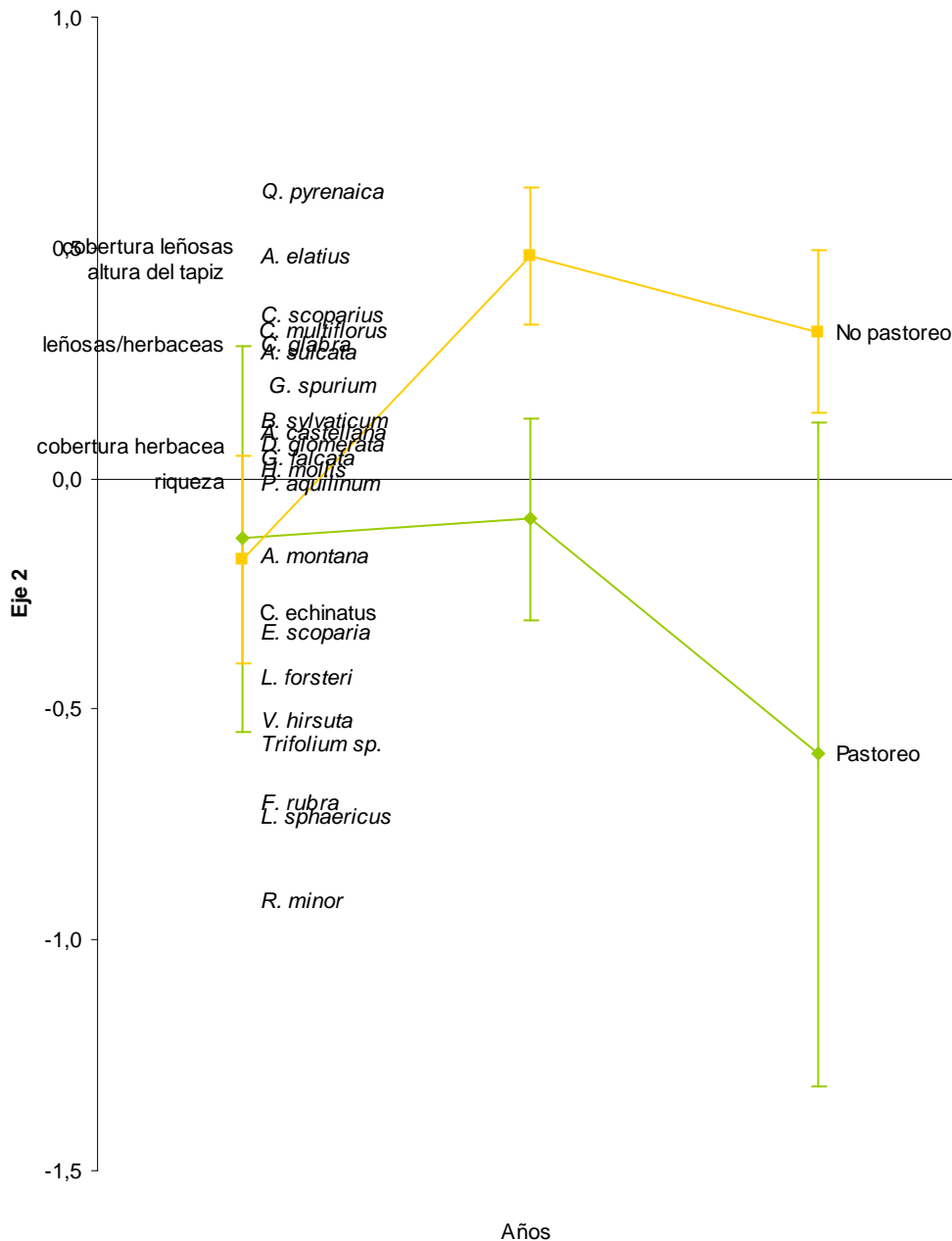


Figura 5.27: Evolución de la composición florística en Zido, con y sin pastoreo.

La parte negativa concentra las especies más sensibles a la ausencia de pastoreo, y las que se verán más afectadas por la situación de abandono de los rebollares por el ganado. Las especies pequeñas (compuestas en roseta, *Trifolium* spp., etc.) se incrementan cuando el efecto del consumo reduce la competencia con las gramíneas altas y decrece la acumulación

de manta muerta (Hellstrom *et al.*, 2003), al revés ellas disminuyen drásticamente cuando no tiene lugar el efecto de remoción de biomasa.

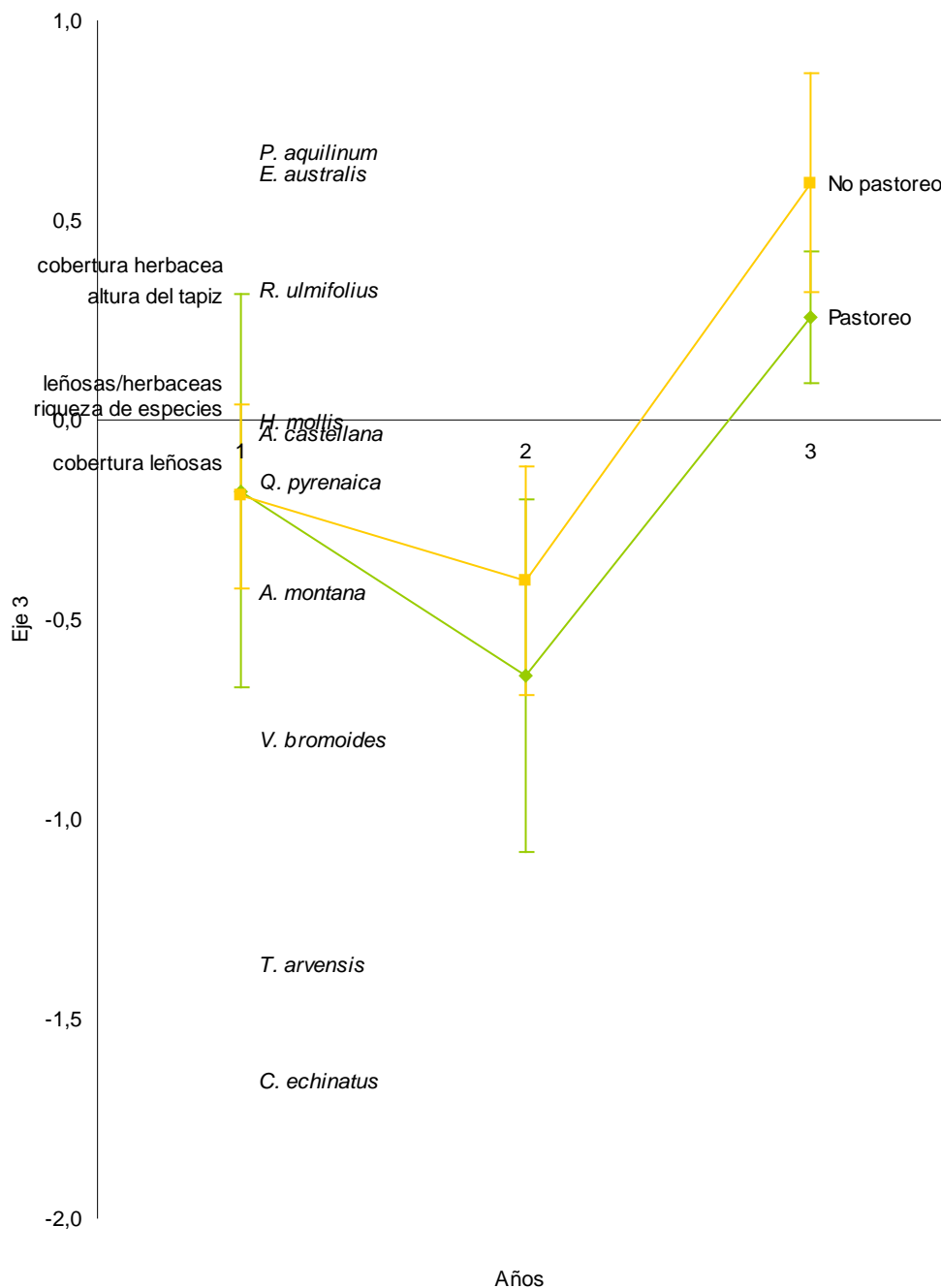


Figura 5.28: Evolución de la composición florística en Rebordáinhos, con y sin pastoreo.

Se verifica también una mayor coincidencia de especies anuales en esta parte del eje. El efecto del pastoreo favorece las especies ruderales, generalmente anuales (Grime, 1977). En la parte opuesta se concentran algunas especies perennes como *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis castellana*, especies de herbazal u orla de bosque (presentes

también en prados) que probablemente no responderán tan rápidamente al cese del efecto de herbivoría.

En Zido, se destaca en la parte negativa del eje *Rhinanthus minor*, *Festuca rubra*, *Lathyrus sphaericus*, *Luzula forsteri*, *Vicia hirsuta*, *Cynosurus echinatus*, *Trifolium* sp. y en la parte opuesta, *Quercus pyrenaica*, *Arrhenatherum elatius*, *Cytisus scoparius*, *Cytisus multiflorus*, *Galium spurium*. Entre las especies más sensibles al pastoreo se destacan las leguminosas (*Lathyrus sphaericus*, *Vicia hirsuta* y *Trifolium* sp.), lo que se atribuye a la segregación producida por el efecto de competencia en ausencia de pastoreo.

En Rebordáinhos, se destaca en la parte negativa del eje *Cynosurus echinatus*, *Torilis arvensis*, *Vulpia bromoides*, o sea, todas las anuales, y con signo opuesto tenemos *Pteridium aquilinum*, *Erica australis* y *Rubus ulmifolius*. En este rebollar tiene lugar una asociación clara de las especies anuales con la presencia de pastoreo, y tratándose de una comunidad de tipo mono-específico la ausencia del ganado induce un empobrecimiento muy acentuado en su biodiversidad.

Nuestros resultados coinciden con lo generalmente descrito para praderas de montaña (Aldezabal, 1997; Krahulec *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2003), pastizales mediterráneos (Gómez Sal *et al.*, 1986; Pineda *et al.*, 1987; Montalvo, 1992; Noy-Meir & Oron, 2001), y comunidades de sotobosque de *Quercus pubescens* (Debussche *et al.*, 2001).

Generalmente, tras el abandono del pastoreo, distintos autores describen un patrón general de acumulación de manta muerta, desarrollo de las leñosas, dominio de las especies de porte erecto, desaparición de las especies de pequeño porte asociadas al pastoreo, o sea, en definitiva la imposibilidad de conservar las características de las comunidades (Moog *et al.*, 2002).

Varios autores (Altesor *et al.*, 1998; Collins *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 2003) describen también un patrón general de disminución de la diversidad de las comunidades vegetales cuando los herbívoros son excluidos. Asimismo, la disminución de la riqueza en

especies ha sido generalmente observada durante la sucesión ecológica forestal (Debussche *et al.*, 2001). Así, cabe esperar que el efecto de la exclusión de pastoreo en las comunidades de sotobosque genere un empobrecimiento de la riqueza en especies, con independencia de las alteraciones inducidas en la composición específica. Sin embargo, en la situación estudiada por nosotros ese efecto no fue detectado probablemente debido a la reducida serie temporal de datos con la que, por las limitaciones de este tipo de estudios, pudo contarse. Moog *et al.* (2002) compararon en praderas de montaña, el efecto del corte, pastoreo y fuego controlado, sobre la composición específica de comunidades de *Arrhenatherum elatius* y *Bromus erectus* y concluyeron que algunas especies sólo reaparecían por acción del pastoreo, por ejemplo *Festuca pratensis* y *Trifolium repens*. De acuerdo con Bakker *et al.* (1983) el efecto de la herbivoría resulta en el desarrollo de patrones de heterogeneidad que ningún otro tratamiento puede igualar. El animal produce heterogeneidad mediante diferencias de intensidad de pastoreo y selección de las especies, así como por deposición de nutrientes, creando islas de fertilidad diferenciada.

El efecto de la exclusión de los herbívoros en praderas de montaña son visibles en una escala temporal reducida; de acuerdo con Krahulec *et al.* (2001) incluso al final de tres años; se producen incrementos significativos de *Holcus mollis*, *Geranium sylvaticum* y *Rumex alpestris* y disminuciones de *Nardus stricta* y *Festuca rubra*, entre otras; también es conocida la respuesta rápida obtenida en pastizales mediterráneos, dominados por terófitos. En función del tipo de comunidades el efecto del abandono del pastoreo se produce más o menos rápidamente, lo que explicaría por qué en Freixedelo el efecto se detecta ya al final de tres años y en las otras comunidades de sotobosque no ocurre lo mismo.

Por el contrario, cuando los herbívoros son introducidos con la intención de restaurar praderas, Hellstrom *et al.* (2003) comprobaron que al final de cuatro años había un incremento significativo de pequeñas herbáceas propias de sustratos pobres y secos (*Rhinanthus minor*), pequeñas herbáceas de sustratos ricos y ambientes húmedos (*Trifolium pratense*); gramíneas de sustratos pobres y ambientes secos (*Agrostis capillaris*, *Festuca ovina*), gramíneas de sustratos ricos y ambientes húmedos (*Festuca rubra*, *Poa pratensis*); y

disminuían de herbáceas altas de floración tardía y otras de grupos poco definidos (*Galium palustre*).

Estos autores insisten también que en todos estos grupos funcionales definidos de acuerdo con su forma de crecimiento, altura, necesidades nutritivas y época de la floración, hay muchas especies que no responden al mencionado efecto en un limitado período de cuatro años; por ejemplo *Rumex acetosa* y *Melampyrum pratense*. Incluso aparece una marcada tendencia hacia el aumento de las pequeñas plantas y la disminución de las herbáceas altas (Hellstrom *et al.*, 2003).

Parece ser que los efectos de la exclusión de los herbívoros pueden ser ya apreciables sobre la composición al cabo de tres años, dependiendo del tipo de comunidad; sin embargo, resultados más consistentes deben ser esperados al final de algunos más años. En este sentido, nuestros resultados deben ser interpretados con prudencia, por ser la serie temporal reducida y presentar las comunidades estudiadas importantes diferencias entre sí. Por otro lado, se trata de ecosistemas de respuesta más lenta, de la de los casos presentados (comunidades más configuradas por el pastoreo), y las cargas de herbívoros fueron, por otra parte, bajas.

Queremos destacar, sin embargo, que el efecto de la exclusión de pastoreo, reveló disminución del número de especies anuales, cambios en la relación anuales / perennes (como veremos a continuación), reducción de la biomasa en pie disponible; y que en el caso de Freixedelo, la composición específica es estadísticamente sensible al abandono del pastoreo. Eso ocurre seguramente porque se trata de una comunidad muy condicionada por su historia de perturbación asociada a la herbivoría y a las talas, es decir al uso tradicional.

3.4.3 Efecto del consumo en la persistencia de las especies anuales y perennes

La variabilidad meteorológica interanual en nuestros tipos de clima produce fluctuaciones florísticas importantes como lo han demostrado varios autores (Espigares & Peco, 1993; Peco & Espigares, 1994). Por otro lado, la heterogeneidad producida por el efecto de la herbivoría observada a diferentes escalas (López-Pintor, 2001) no desaparece

rápidamente (Montalvo *et al.*, 1993). El reconocimiento de patrones de cambio de tipo funcional constituye un proceso más expedito y seguro de percibir su ocurrencia (Pillar & Sosinski Jr., 2003). En nuestros resultados, la evolución de la composición específica es casi imperceptible, de difícil interpretación al nivel de la especie para una escala temporal tan reducida. Así, los cambios en la composición sólo pueden ser interpretados sobre un amplio conjunto de especies. En este sentido, la evolución del número de plantas anuales, perennes, y su relación, juega un papel de gran importancia en el enfoque pretendido.

Considerando los cuatro rebollares en conjunto se aprecian diferencias significativas en el número de anuales, número de perennes, relación perennes / anuales y anuales / perennes entre sitios ($p \leq 0.000^{***}$); en la relación perennes/anuales entre años ($p \leq 0.05^*$), y en la relación anuales – perennes entre parcelas ($p \leq 0.05^*$).

Tabla V.13: Importancia de las diferentes formas de vida que componen las comunidades de sotobosque.

Sitio	Anuales	Perennes	Perennes herbáceas	Leñosas	Perennes / Anuales	Anuales / Perennes
Freixedelo	6.32 ^a (2.42)	2.34 ^b (2.42)	1.74 ^c (2.01)	0.60 ^c (0.62)	0.459 ^c (0.86)	3.33 ^a (2.40)
Rebordainhos	0.35 ^c (0.72)	2.51 ^b (1.29)	1.72 ^c (0.82)	0.79 ^{bc} (0.88)	2.08 ^b (1.27)	0.175 ^c (0.34)
Sortes	3.09 ^b (1.96)	3.53 ^c (1.50)	2.45 ^b (1.31)	1.03 ^b (0.82)	1.49 ^b (0.96)	0.995 ^b (0.71)
Zido	0.596 ^c (0.82)	5.70 ^a (1.92)	4.06 ^a (1.64)	1.65 ^a (0.92)	5.46 ^a (2.24)	0.107 ^c (0.15)

Como hemos comentado anteriormente, la estructura de las comunidades en los cuatro rebollares presenta características distintas. El sotobosque de Freixedelo destaca por el dominio de las especies anuales, y consecuentemente por una relación anuales/perennes superior a tres para uno; seguramente es el rebollar donde los efectos del abandono del pastoreo será más sentido. En Rebordainhos sobresale el dominio de unas pocas especies, en su mayoría perennes, haciendo con que la relación anual/perennes sea de tal modo baja que en el tercer año alcanza el valor cero, tanto en las parcelas pastoreadas como no pastoreadas. En principio no se esperan encontrar alteraciones perceptibles tras la ausencia de pastoreo en este sitio, y para que ello pudiera ocurrir habría que contar con unas cargas ganaderas elevadas.

El sotobosque del Zido, no obstante tenga una estructura leñosa bien desarrollada, debe su riqueza al elevado número de especies herbáceas perennes, tratándose de un

bosque maduro pero abierto que permite el mantenimiento de un elevado número de especies, ya que la luz no impide el desarrollo del estrato herbáceo y arbustivo. La casi inexistencia de anuales probablemente estará relacionada con una historia de pastoreo muy ligera. Es lindante con un prado de siega muy extenso, no habitual en esta región, lo que hace suponer que sería un bosque usado como sesteadero; el efecto del abandono del pastoreo sería fácilmente reconocido, lo que sin embargo no ocurre.

Sortes conserva un prado bien establecido, con proporciones equivalentes de anuales y herbáceas perennes, y un número de leñosas semejante al presentado por Rebordáinhos. Rebordáinhos presenta una estructura muy boscosa y cerrada, contando con una riqueza en especies muy reducida, dominada por una o dos especies, *Holcus mollis* y *Pteridium aquillinum*, debido a la sombra existente al nivel del sotobosque; las anuales son casi inexistentes y lo mismo sucede con las leñosas.

Tabla V.14: Resultados de GLM para las variables plantas anuales, perennes y su relación en parcelas con y sin pastoreo.

Variable	Efecto año	N	r ²	p
Riqueza en anuales	Pastoreadas	120	0.678	ns
	No pastoreadas	108	0.738	0.04
Riqueza en perennes	Pastoreadas	120	0.233	ns
	No pastoreadas	108	0.549	ns
Relación Anuales Perennes	Pastoreadas	79	0.539	ns
	No pastoreadas	74	0.652	0.016
Relación Perennes Anuales	Pastoreadas	79	0.688	ns
	No pastoreadas	74	0.662	ns

Considerando por separado las parcelas con y sin pastoreo, las no pastoreadas presentan una disminución significativa del número de anuales ($p \leq 0.004^{**}$) y de la relación anuales/perennes ($p \leq 0.05^*$), no verificándose ningún cambio de este tipo en las parcelas pastoreadas (Tabla V.14). Todas las variables en estudio son significativamente diferentes en cada uno de los sitios ($p \leq 0.000^{***}$), por lo que no se presentan en la tabla.

En Rebordáinhos se verifica un incremento de plantas perennes del año de 2000 para 2001 (de 2.22 a 3.44) en las parcelas sin pastoreo, al mismo tiempo que ocurre una disminución drástica en el número de anuales (0.89 en 1999, a 0.0 en 2001), ya de escasa

abundancia en el inicio de los muestreos. De ello resulta una relación baja entre anuales y perennes que se incrementa desde el primer año como consecuencia de la disminución de las anuales, tomando el valor cero en el tercer año de observación.

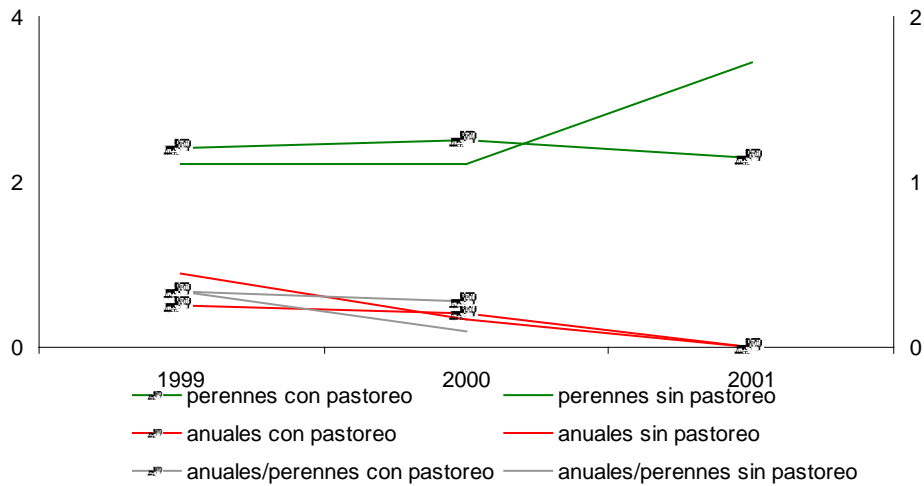


Figura 5.29: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Rebordáinhos.

En las parcelas pastoreadas, el número de anuales también disminuye, manteniéndose las perennes sensiblemente iguales. La relación anuales/perennes es muy baja en ambas las parcelas, acabando por tomar el valor cero en el año de 2001. El tipo de plantas que dominan en este rebollar son las plantas típicas de bosque (figura 5.29).

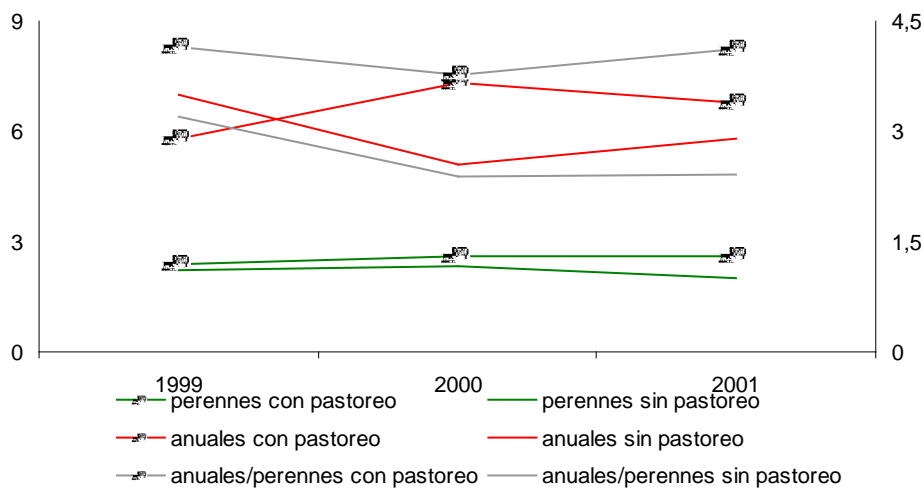


Figura 5.30: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Freixedelo.

En Freixedelo, con una estructura menos boscosa y más de pastizal, sería de esperar cambios muy conspicuos. Tras la ausencia de pastoreo, se verifica una disminución tanto en

anuales como en perennes, provocando que la relación anuales/perennes tenga una reducción acentuada, a partir de 2000 (figura 5.30).

En las parcelas pastoreadas, el segundo año corresponde a una explosión de plantas anuales, probablemente debido a las condiciones favorables del otoño anterior (Peco *et al.*, 1983). La relación anuales/perennes es constante desde el primer para el tercer año.

En Sortes, el número de perennes aumenta y el de las anuales disminuye para ambas situaciones. Sin embargo, esa tendencia es más pronunciada para las parcelas no pastoreadas (figura 5.31).

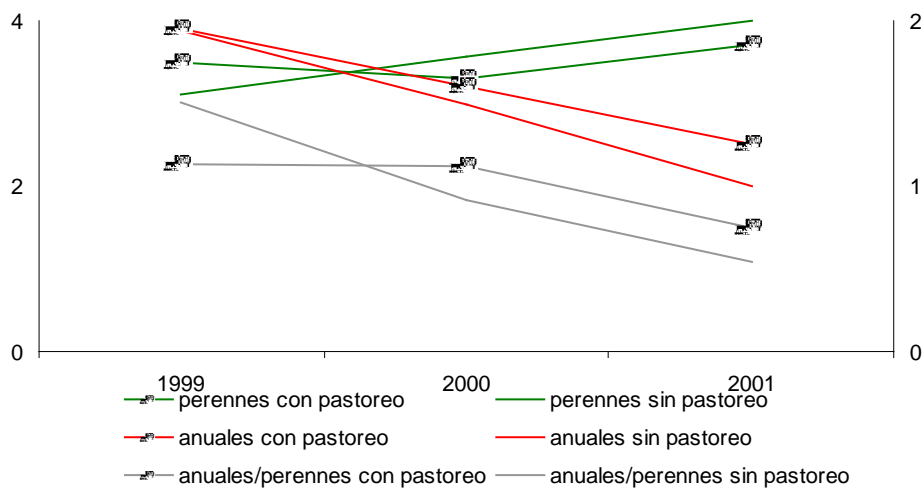


Figura 5.31: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Sortes.

En el caso del Zido, las parcelas no pastoreadas presentan mayor riqueza en especies que las pastoreadas, claramente por las condiciones de heterogeneidad del bosque. A lo largo de los años aumentan las anuales en las parcelas pastoreadas, y disminuyen en las no pastoreadas.

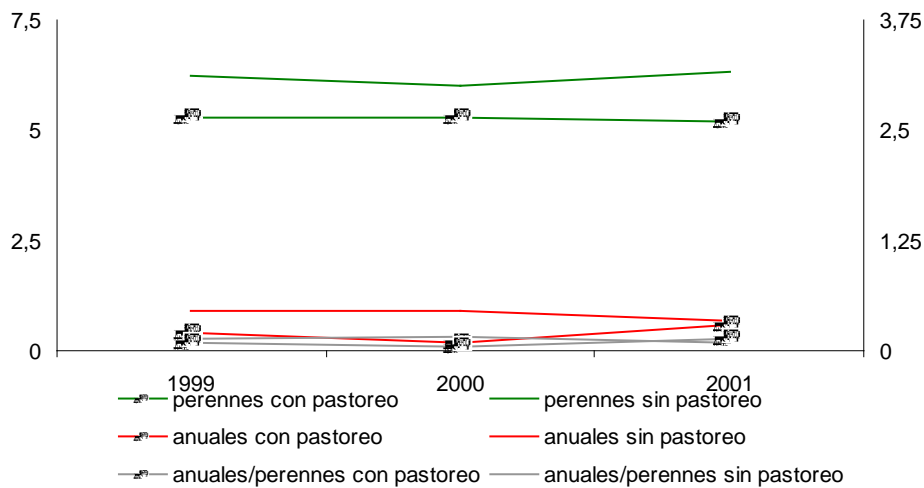


Figura 5.32: Número de plantas anuales y perennes, y su relación, en Zido.

El número de perennes permanece constante en ambas parcelas, de lo que resulta una relación anuales/perennes claramente más baja en las parcelas sin pastoreo en el último año (figura 5.32).

Finalmente, y comparando la relación anuales/perennes de los cuatro bosques, se identifican diferencias profundas en su estructura, entre las comunidades de Rebordáinhos y Zido por un lado, y las de Freixedelo y Sortes por otro.

Bajo la ausencia de pastoreo y en un período temporal reducido, se detecta un patrón claro de disminución de plantas anuales en relación a las perennes. Este patrón coincide con el descrito por otros autores (Gómez Sal *et al.*, 1986; Aldezabal, 1997; Debussche *et al.*, 2001; Dullinger *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2003). De acuerdo con Noy-Meir (1995), la ausencia de cualquier perturbación induce comunidades más homogéneas en pocos años, generalmente dominadas por gramíneas y perennes de grande porte (*tall perennial*). La exclusión de los herbívoros favorece las especies de porte erecto, siendo la altura de las plantas, el rasgo de respuesta más rápida a la exclusión del pastoreo (Rodríguez *et al.*, 2003). Se trata probablemente del resultado de la competencia por la luz (Díaz *et al.*, 2001). Al revés, el efecto del consumo disminuye la competencia por la luz, favoreciendo así las plantas de crecimientos más reducidos, generalmente prostadas y de extensión horizontal (plantas en roseta, por ejemplo). Por otro lado la acción de remoción de la manta muerta favorece la germinación de las plantas jóvenes.

4 Conclusiones

Las comunidades de sotobosque de rebollo presentan una estructura diferenciada en función de las condiciones de sustrato, de la fisonomía del bosque (edad y grado de abertura), y de la historia de perturbación (silvícola y de herbivoría). Las comunidades analizadas incluyen pastos subhúmedos, pastos leñosos y pastizales terofíticos.

Los pastizales terofíticos destacan por la riqueza media en especies (8.41), la diversidad (H' - 0.93) y la biomasa herbácea (150.81 g.m⁻²), las más elevadas de entre los casos estudiados dentro del interior de los bosques, estando asociados a rebollares jóvenes, con condiciones favorables y cierta nitrofilia. Las especies más frecuentes son *Bromus sterilis*, *Galium aparine* y *Geranium lucidum*, acompañadas por un variado rango de otras especies, sobre todo anuales. Los pastos subhúmedos surgen en condiciones de oligotrofia, elevada acidez y algún encharcamiento temporal, caracterizándose por el equilibrio entre anuales (3.09) y perennes (3.53), nivel de biomasa (52.75 g.m⁻²). De entre las especies dominantes destacan *Agrostis castellana* y *Holcus lanatus*, acompañadas por un conjunto diversificado de anuales y perennes. Los pastos leñosos aparecen en dos situaciones muy contrastadas en términos de fisonomía de bosque: estructura abierta o más boscosa. Los primeros con condiciones de mayor oligotrofia pero menor acidez, y los segundos de carácter más mesotrófico pero más ácido. En el primer caso, la riqueza en especies es elevada (7.23), y en el segundo fue la más baja encontrada (3.09); siendo la relación perennes-anuales superior al doble en el primer caso. De entre las especies dominantes están, en la estructura de tipo abierto regeneración de *Quercus pyrenaica*, *Luzula forsteri*, *Agrostis castellana* y *Pteridium aquilinum*, en el de estructura boscosa *Holcus mollis*.

Se detectó un patrón general de disminución de especies anuales tras la eliminación del pastoreo, efecto tanto o más marcado cuanto mayor era la dependencia de la comunidad de la perturbación. Teniendo en cuenta la escala temporal en que se realizó el estudio, fue muy patente en los pastizales terofíticos, y mucho menor o inapreciable en los leñosos. La composición florística revela también el mismo patrón, siendo visibles los cambios en comunidades de terófitos tras la eliminación del pastoreo, no verificándose cambios

significativos para los otros tipos de comunidades estudiadas. Entre las especies más afectadas por la eliminación de la herbivoría se encuentran: *Lathyrus sphaericus*, *Bromus hordeaceus*, *Trifolium campestre*, *Trifolium dubium*, *Trifolium striatum*, *Vicia angustifolia* y *Vicia sativa* (en la localidad de Freixedelo); *Rhinanthus minor*, *Festuca rubra*, *Lathyrus sphaericus* y *Vicia hirsuta* (en Zido); y *Cynosurus echinatus*, *Torilis arvensis* y *Vulpia bromoides* (en Rebordaínhos).

Aunque para las otras comunidades, no parezca posible detectar efecto de la eliminación del pastoreo en el período estudiado, la escala temporal del trabajo permitió percibir los efectos en las comunidades de terófitos del sotobosque de rebollo. El efecto de la herbivoría en los rebollares sometidos a uso tradicional, es decir, con turnos de tala cortos, es determinante para la conservación de la estructura de las comunidades de sotobosque. Estas se han presentado más productivas, con mayor riqueza en especies (S), y con patrones de diversidad (H') siempre más elevados. Por otro lado, los rebollares sometidos a mayor carga ganadera (Freixedelo y Rebordaínhos) han demostrado también mejor patrón de fertilidad, quedando por aclarar si se debe a un patrón de variación abiótica a escala del paisaje (Bertiller *et al.*, 1995; Collantes *et al.*, 1999), o bien es un efecto resultante de la acción moduladora de los herbívoros (Milchunas & Lauenroth, 1993) condicionando diferentes historias de pastoreo.

Pese a no detectarse ningún efecto del pastoreo sobre las comunidades de sotobosque leñoso asociadas a florestas más maduras y cerradas, muy probablemente por la escala temporal manejada y por la carga ganadera manejada, quedó demostrado el efecto “positivo” de los herbívoros sobre la composición – especies de mayor interés forrajero - de las comunidades de sotobosque de los rebollares abiertos, con uso tradicional. Tras el abandono del pastoreo, la diversidad de especies se reduce, desarrollándose las leñosas al nivel del sotobosque.

Integración de resultados y conclusiones generales

En el presente capítulo trataremos de ofrecer en primer lugar una visión integrada de los resultados obtenidos a lo largo de esta Memoria, teniendo como referencia la estrategia de pastoreo para las escalas consideradas (paisaje, área de campeo y comunidad), y en particular su efecto sobre el sotobosque de rebollo. A continuación se destacan y enumeran las conclusiones más relevantes.

La *Terra Fria Transmontana*, al igual que sucede en otras regiones de montaña continental mediterránea, encuentra en la producción de pequeños rumiantes – ovinos y caprinos -, una actividad económica de particular relevancia para el sustento de sus poblaciones humanas y soporte funcional de los pueblos (mantenimiento del paisaje, viabilidad social, control del propio territorio). De entre los recursos naturales con los que los rebaños interactúan, destacan extensas manchas de rebollar, *Quercus pyrenaica* que, a su valor natural, añaden, por el motivo mencionado, una gran importancia económica en el contexto regional.

En la zona estudiada, los rebollares representan el 40% del área forestada, y tradicionalmente han tenido un destacado papel en el sustento de los rebaños, tanto por la diversificación de los recursos que aportan: bellota, ramón, alguna hierba, como por la protección que suponen en los recorridos del rebaño. Aunque su interés para la ganadería extensiva viene siendo reconocida, hasta hoy aún no se ha analizado el papel de los herbívoros domésticos en su dinámica, dificultando el enfoque integral, de carácter silvopastoral que, desde la perspectiva de su conservación funcional, requiere el correcto manejo de estos ecosistemas.

Del análisis de la estrategia de uso del territorio a escala de paisaje por los rebaños, destaca la compleja organización de sus recorridos, tanto en lo que respecta al uso de recursos, como en lo concerniente a las restricciones ambientales. El proyecto ideal de

recorrido se plantea con el objetivo de suministrar un conjunto de necesidades demandadas diariamente por los rebaños. Así, la localización de majadas, los puntos de agua, la disponibilidad de caminos y los sesteaderos, condicionan de forma muy marcada la utilización de los recursos. Pudiendo ser considerados como un resultado de las interacciones entre el territorio, los rebaños y el pastor, los recorridos atraviesan una sucesión no arbitraria de manchas, seleccionadas bajo el conjunto de restricciones y oportunidades ofrecidas por el paisaje. Puede afirmarse que los recorridos dependen estrechamente de la organización territorial, ajustándose a los cambios que puedan ocurrir en ella; los recorridos de caprinos son particularmente sensibles a dichos cambios.

Por otro lado, los recorridos están condicionados por la variación estacional de las condiciones ambientales (temperatura máximas y mínimas, duración del día, etc.). Debiendo suplir sus necesidades vitales durante sus itinerarios diarios, los rebaños buscan los recursos de temporada más compatibles con sus necesidades. A ello responden los comportamientos tróficos diferenciados y dependientes de la época del año que han sido detectados en este trabajo, como por ejemplo en el caso de los caprinos, un comportamiento de tipo pastador cuando los días son cortos, lo cual no está necesariamente relacionado con la calidad de la hierba en dicho período, sino más bien con la reducción de opciones para escoger trayectos apropiados –generalmente más largos- que permitan cubrir sus necesidades.

La respuesta de los ganaderos a la variación estacional de los recursos también es distinta. Los productores de ovinos aportan mejoras a los sistemas que explotan, lo que les permite hacer recorridos de menor longitud y duración en el invierno, mientras los cabreros siguen alimentando sus rebaños con recursos espontáneos. En definitiva, la producción de caprinos mantiene una raíz “nómada” a escala del término de la aldea, mientras que la de ovinos se presenta más “sedentaria”, asociada al cereal, incorporando a su producción, complementos específicos (forrajes, henos, etc.). Aunque el abandono de la actividad agrícola introduzca reorganizaciones y ajustes, substituyendo modelos menos exigentes en recursos, inherentes a los territorios libres, por otras formas más exigentes (bovino – ovino), la diferencia entre ambas producciones no parece exclusivamente relacionada con la

disponibilidad de tierras, sino por el apoyo que reciben en el actual contexto económico, sin olvidar el relevo generacional y las nuevas expectativas en cuanto a forma de vida.

La integración de los rebollares en los sistemas de recorridos de los ovinos y de los caprinos es desigual. Aunque los sistemas de producción se modernicen, los ovinos siguen utilizando los rebollares para reposar, mientras los caprinos usan estos espacios como sesteaderos, pero también como fuente de recursos. Así, mientras la dinámica de los sistemas de ovinos es preferentemente de interacción aportando nutrientes y fertilidad, ya en el caso de los caprinos hay un juego entre el aporte y la extracción de nutrientes, estimulan la fertilidad pero también consumen y reciclan la biomasa. Basándonos exclusivamente en la extracción del ramón durante el verano, y no considerando otras especies del sotobosque, el rebollo aporta cerca de una cuarta parte de sus necesidades de los caprinos.

Como recurso forrajero, el rebollo no es apreciado por su calidad, nítidamente inferior a la mayoría de las arbustivas leguminosas estudiadas, sino por constituir un activo forrajero notable por su abundancia por toda *Terra Fria Transmontana*, y representando por ello una parte muy significativa del régimen alimentario de los caprinos durante el verano. Las arbustivas leguminosas demuestran una calidad nutritiva muy atractiva, con valores de proteína superiores a 15 % en los períodos de su ciclo vegetativo más favorables, que apenas bajan a los 10% en los períodos menos favorables (por ejemplo el caso de *Genista falcata*). Por ello, durante la mayor parte del año representan un recurso más interesante que la hoja del rebollo.

Cuando detallamos la escala de análisis de la selección de recursos, percibimos el fundamento de las diferentes estrategias de pastoreo; las capacidades anatómico-fisiológicas y estilos propios de cada especie, determinan su apetencia por determinados tipos de recursos. Esta diferencia no es exclusivamente entre pastoreo/ramoneo, sino que también se presenta a la hora de escoger entre especies abundantes/ no abundantes, frecuentes/ esporádicas. Los patrones de comportamiento diario respaldan la existencia de estilos diferentes entre ovinos y caprinos, los primeros manifiestan una marcada tendencia hacia el

reposo en los recorridos largos, mientras que en los caprinos, la tendencia a favor del desplazamiento es muy marcada, quedando la conducta de reposo generalmente apenas asociada a la rumia. En términos fisiológicos presentan también sensibilidades distintas a la variación de la temperatura. Los resultados son acordes con la opinión manifestada por los pastores al ser preguntados sobre la dificultad de los rebaños para abastecerse en las distintas épocas del año: en el caso de los caprinos, los meses más difíciles son diciembre y enero por las bajas temperaturas y corta duración del día; en el caso de los ovinos, los meses peores son julio y agosto, asociación a elevadas temperaturas y escasez de recursos herbáceos.

Las comunidades vegetales asociadas a los rebollares presentan una estructura resultante de las condiciones abióticas propias de cada rebollar, asimismo de la historia de uso que lleva asociada, el tipo de animales y los efectos que aportaban al rebollar concreto. Estos condicionantes previos explican en buena medida las diferentes respuestas de la vegetación a la exclusión del pastoreo. En el caso de los ovinos, destaca el pisoteo y el aporte de nutrientes producido por su uso preferente como sesteaderos. En el caso de los caprinos, habrá que añadir la eliminación del importante efecto de remoción de la biomasa, ya comentado. La eliminación del herbivorismo provoca respuestas distintas en las diferentes comunidades vegetales afectadas, según hayan sido sometidas a usos diferenciados y a cargas ganaderas tampoco coincidentes, siendo por tanto de carácter idiosincrásico.

La respuesta de las comunidades de terófitos presentes en el sotobosque de los rebollares es rápida y clara, indicando ser muy sensibles al abandono por los herbívoros. Del análisis de la evolución de la composición florística en parcelas con y sin pastoreo, así como del balance entre plantas anuales y perennes en este tipo de comunidades de pastizales terofíticos, resultó que tras la exclusión del ganado de los bosques, los pastizales sufren cambios profundos en su estructura y organización. En el caso de otros tipos de pastos (súbhumedos y leñosos) los efectos no fueron claros, muy posiblemente por la heterogeneidad creada por los animales (menor control sobre la vegetación), y el efecto diferencial de los nutrientes.

La comprensión adecuada del sistema analizado supone un enfoque general e integrado. Este tipo de abordaje es imprescindible para entender las consecuencias múltiples del abandono de estos usos silvopastorales (ausencia de fertilización, acumulación de biomasa combustible, etc.) , y plantearse una gestión más consecuente y adaptada a las condiciones del territorio y los nuevos objetivos de conservación (paisaje, biodiversidad, calidad de vida y de servicios ambientales) que se pretenden.

En relación con lo anterior queremos destacar las siguientes conclusiones generales:

1. Los recorridos de ovinos y caprinos divergen en su organización, duración, longitud y velocidad, sugiriendo estrategias de uso del territorio diferentes entre ambas especies; los ovinos se relacionan preferentemente con áreas de agricultura, ya sea de anuales, perennes o pastizales interpuestos, y los caprinos con el monte, el bosque o los matorrales.
2. Independientemente de la configuración de las áreas forestales y agrícolas propias de cada localidad, las necesidades específicas de los rebaños y la variación en la abundancia de recursos, implican ajustes estacionales en la composición de la matriz básica requerida por los sistemas de pastoreo de las dos especies consideradas: los ovinos aumentan en verano la utilización del componente forestal del territorio, y los caprinos aumentan su frecuencia en las zonas agrícolas.
3. Como consecuencia de lo anterior, la función de las diferentes clases de uso del suelo cambia a lo largo del año para cada tipo de rebaño que las utiliza, respaldando la alta complejidad del sistema de uso del territorio pastoral, basado en recorridos de pastoreo.
4. La selección de los recursos por el animal depende de un conjunto de factores que interactúan entre sí y con el pastor, entre ellos cabe destacar la disponibilidad de los recursos, su composición química, la presencia de defensas anti-herbívoro, y por último la capacidad anatómica-fisiológica y predisposición de cada especie animal: pastoreo para los ovinos y de ramoneo para los caprinos.

5. Ovinos y caprinos tienen patrones similares en cuanto al tiempo de alimentación y rumia, pero divergentes en lo que respecta al desplazamiento y reposo, adaptando su comportamiento alimentario a las restricciones estacionales propias de nuestras latitudes (temperatura y duración del día).
6. Los ovinos en los rebaños estudiados siempre se han comportado como pastadores, mientras que los caprinos demostraron su comportamiento de consumidores mixtos; la escasez de recursos y limitaciones ambientales del invierno (duración del día y temperatura mínima) obligó a una mayor presencia de pastoreo respecto al ramoneo.
7. El índice de diversidad de la dieta constituye un parámetro de valoración de la disponibilidad de recursos. Ambos se encuentran negativamente correlacionados.
8. La duración del día, la temperatura máxima diaria, la disponibilidad de recursos, y la estrategia de explotación adoptada por los ganaderos, influye en el patrón de actividad diaria, de amplia variación a lo largo del año para ambas las especies.
9. La actividad de alimentación y el inherente desplazamiento en los sistemas de pastoreo basados en recorridos, condiciona todas las restantes actividades. En el caso de los ovinos, es frecuente el aporte de alimentos en las majadas (henos y forrajes), lo que nunca ocurre con los caprinos.
10. El patrón bimodal de la frecuencia de alimentación de ovejas y cabras se reconoce durante la mayor parte del año, acentuándose con el aumento de la duración del día y de la temperatura ambiental, principalmente en los ovinos, y extinguiéndose con las condiciones opuestas (días cortos y fríos).
11. La calidad nutritiva de las especies leñosas estudiadas presenta relación directa con sus ciclos vegetativos. Entre el rebollo y las arbustivas leguminosas, principales recursos espontáneos utilizados por los animales, hay pautas de variación anual distintas. Mientras en las arbustivas leguminosas el pico de máxima calidad coincide con el período de intenso desarrollo vegetativo, justo antes de completar la fase de

floración, y el mínimo corresponde al final del ciclo tras la diseminación de la semilla e inicio de reposo vegetativo, en el rebollo la calidad es máxima en el inicio de formación de la hoja, decayendo abruptamente hasta que la hoja alcanza su talla definitiva, y permanece estacionaria hasta la senescencia.

12. Se han encontrado dos grupos principales respecto a la calidad alimentaria de las arbustivas leguminosas: *Cytisus scoparius* y *Cytisus striatus* de calidad superior, y *Cytisus multiflorus* y *Genista falcata* de calidad inferior. En el caso del rebollo, su valor equipara el del grupo de calidad inferior, en particular, a finales del verano, y septiembre con hoja en inicio de senescencia y coincidiendo con el reposo vegetativo de las arbustivas. Sin embargo, su elevada abundancia en la región hace con que sea la base del régimen alimentario de los caprinos en verano.
13. Las comunidades vegetales del sotobosque del rebollar presentan estructura diferenciada en cuanto a sus condiciones de sustrato, fisonomía del bosque (edad y grado de abertura) e historia de perturbación (silvícola y de herbivoría). De entre las comunidades analizadas sobresalen los pastizales terofíticos, los pastos subhúmedos y los pastos leñosos.
14. Pese la corta escala temporal, la exclusión de pastoreo en las comunidades analizadas altera los pastizales terofíticos. El efecto de acumulación de necromasa induce una disminución de la riqueza en plantas anuales, alterando las relaciones entre anuales y perennes. Asimismo, la composición específica de las comunidades cambia tras la ausencia de la herbivoría.
15. La influencia de los herbívoros en los patrones de fertilidad de los rebollares en una escala temporal, larga y su responsabilidad en la organización de las comunidades del sotobosque, es central en el análisis de la interacción vegetación – herbívoro en los sistemas tradicionales de pastoreo basado en recorridos. Los resultados indican la necesidad de esta escala para investigar efectos del cese del pastoreo sobre las leñosas y la respuesta de estas comunidades a diferentes cargas ganaderas.

16. La relación recíproca comprobada entre los rebollares y los pequeños rumiantes crea en definitiva las bases necesarias a su enfoque agroforestal. A la hora de definir estrategias de manejo adecuadas para su conservación, estos sistemas deben ser enmarcados como silvopastorales, y no exclusivamente como bosques de uso múltiple. El pastoreo se considera importante para la eliminación y reciclado de la biomasa combustible, el estímulo de la productividad vegetal y la conservación de la biodiversidad y el mosaico del paisaje.

Referencias

- Abdulrazak, S. A., Fujihara, T., Ondieek, J. K., & Orskov, E. R. 2000. Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya. *Animal Feed Science and Technology* **85**:89-98.
- Abijaoudé, J. A., Morand-Fehr, P., Tessier, J., Schmidely, P., & Sauvant, D. 2000. Influence of forage: concentrate ratio and type of starch in the diet on feeding behaviour, dietary preferences, digestion, metabolism and performance of dairy goats in mid lactation. *Anim. Sci.* **71**:359-368.
- Adama, T. Z. 1994. Evaluation des différentes végétations pastorales et fourragères utilisées par des ovins dans une région steppique du sud de la France : La Crau. Thèse Doctorat. Université de Montpellier II, Montpellier.
- Adrados, C., Girard, I., Gendner, J.-P., & Janeau, G. 2002. Global Positioning System (GPS) location accuracy improvement due to selective availability removal. *C.R. Biologies* **325**:165-170.
- Agreil, C., & Meuret, A. 2004. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. *Small Rumin. Res.* **54**:99-113.
- Aldezabal, A. 1997. Análisis de la interacción vegetación-grandes herbívoros en las comunidades supraforestales del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón). Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
- Aldezabal, A., Fillat, F., García-González, R., Garin, I., Gómez, D., & Sanz, J. L. 1992. Utilización ganadera de los pastos supraforestales en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. IPE /CSIC, Jaca.
- Aldezabal, A., & Garin, I. 2000. Browsing preference of feral goats (*Capra hircus* L.) in a Mediterranean mountain scrubland. *Journal of Arid Environments* **44**:133-142.
- Allden, W. G., & Whittaker, I. A. M. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep; the interrelationships of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J. Agric. Res.* **21**:755-756.
- Allen, T. F. H., & Starr, T. B. 1982. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. University of Chicago Press, Chicago.
- Altesor, A., Di Landro, E., Mayes, H., & Ezcurra, E. 1998. Longterm species change in a Uruguayan grassland. *J. Veg. Sci.* **9**:173-180.
- Altmann, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* **49**:227-267.

Referencias

- Ammar, H., Lopez, S., Gonzalez, J. S., & Ranilla, M. J. 2004. Chemical composition and *in vitro* digestibility of some Spanish browse plant species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**:197-204.
- Anthony, R. G., & Smith, N. S. 1974. Comparison of rumen and fecal analysis to describe deer diets. *J. Wildl. Manage.* **38 (3)**:535-540.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis., 14th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington.
- Apori, S. O., Castro, F. B., Shand, W. J., & Orskov, E. R. 1998. Chemical composition, *in sacco* degradation and *in vitro* gas production of some Ghanaian browse plants. *Animal Feed Science and Technology* **76**:129-137.
- Aranda, I., Gil, L., & Pardos, J. 1996. Seasonal water relations of three broadleaved species (*Fagus sylvatica* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. and *Quercus pyrenaica* Willd.) in a mixed stand in the centre of the Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management* **84**:219-229.
- Aranda, I., Gil, L., & Pardos, J. A. 2002. Physiological responses of *Fagus sylvatica* L. seedlings under *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pyrenaica* Willd. overstories. *Forest Ecology and Management* **162**:153-164.
- Arianoutsou, M. 1993. Leaf litter decomposition and nutrient release in a maquis (evergreen sclerophyllous) ecosystem of North-Eastern Greece. *Pedobiologia* **37**:65-71.
- Arnold, G. W., & Dudzinski, M. L. 1978. Ethology of free-ranging domestic animals. Elsevier, Amsterdam (The Netherlands).
- Askins, G. D., & Turner, E. E. 1972. A behavioral study of angora goats on West Texas range. *J. Range Manage.* **25**:82-87.
- Augusto, L., Dupouey, J. L., & Ranger, J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science* **60**:823-831.
- Aumont, G., Caudron, I., Saminadin, G., & Xandé, A. 1995. Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. *Animal Feed Science and Technology* **51**:1-13.
- Azevedo, J. M. T. 1985a. 1º Relatório Anual de Progresso do Projecto nº8 - Melhoramento da Produção Ovina do Projecto de Desenvolvimento Rural Integrado de Trás-os-Montes. IUTAD, Vila Real.
- Azevedo, J. M. T. 1985b. Contributo para o estudo dos sistemas de exploração ovina. Trabalho de Síntese para Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. IUTAD, Vila Real.

- Azevedo, J. M. T. 1994. Estudo dos factores biológicos da produção de carne ovina - situação em Trás - os - Montes. Tese de Doutoramento. UTAD, Vila Real.
- Bailey, D. W., Kress, D. D., Anderson, D. C., Boss, D. L., & Miller, E. T. 2001. Relationship between terrain use and performance of beef cows grazing foothill rangeland. *J. Anim. Sci.* **79**:1883-1891.
- Bailey, D. W., Rittenhouse, L. R., Hart, R. H., & Richards, R. W. 1989a. Characteristics of spatial memory in cattle. *Applied Animal Behaviour Science* **23**:331-340.
- Bailey, D. W., Rittenhouse, L. R., Hart, R. H., Swift, D. M., & Richards, R. W. 1989b. Association of relative food availabilities and locations by cattle. *J. Range Manage.* **42**:480-482.
- Bailey, D. W., & Sims, P. L. 1998. Association of food quality and locations by cattle. *J. Range Manage.* **51**:2-8.
- Bailey, D. W., & Welling, G. R. 1999. Modification of cattle grazing distribution with dehydrated molasses supplement. *J. Range Manage.* **52**:575-582.
- Bakker, J. P., de Leeuw, J., & van Wieren, S. E. 1983. Micropatterns in grassland vegetation created and sustained by sheep-grazing. *Vegetatio* **55**:153-161.
- Barbaro, L., Dutoit, T., & Cozic, P. 2001. A six year experimental restoration of biodiversity by shrub-clearing and grazing in calcareous grasslands of the French Prealps. *Biodivers. and Conserv.* **10**:119-135.
- Barbosa, J. C., & Portela, J. 2000. O pastoreio de percurso no sistema de exploração de ovinos em Trás-os-Montes. Pages 95-116 in A. D. P. A., editor. Montmuro - a última rota da transumância, Viseu.
- Barbosa, J. C. B. C. 1993. Pastores, rebanhos de ovinos e pastoreio. Que futuro para o sistema tradicional de exploração? Tese de Mestrado. UTAD, Vila Real.
- Barkman, J. J. 1988. New systems of plant forms and phenological plant types. Pages 9-44 in M. J. A. Werger, P. J. M. Aart, H. J. During, and J. T. A. Verhoeven, editors. Plant form and vegetation structure. SPB Academic Pub., The Hague.
- Barroso, F. G., Alados, C. L., & Boza, J. 1995. Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *Journal of Arid Environments* **31**:205-217.
- Barroso, F. G., Alados, C. L., & Boza, J. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science* **69**:35-53.
- Bartolomé, J., Franch, J., Plaixats, J., & Seligman, N. G. 1998. Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland range. *J. Range Manage.* **51**:383-391.

- Bartolome, J. W. 1993. Application of herbivore optimization theory to rangelands of the Western United States. *Ecological Applications* **3** (1):27-29.
- Baudry, J. 1991. Ecological consequences of grazing extensification and land abandonment: Role of interactions between environment, society and techniques. Pages 13-19 in J. Baudry and R. G. H. Bunce, editors. Land abandonment its role in conservation. CIHEAM, Zaragoza.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., & Morand-Fehr, P. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science* **64**:15-28.
- Baydya, N., Mandal, L., & Banerjee, G. C. 1995. Nutritive values of *Mikania scandens* and *Erythrina indica* in Black Bengal goats. *Small Rumin. Res.* **18** (2):185-187.
- Becker, K., & Lohrmann, J. 1992. Feed selection by goats on tropical semi-humid rangeland. *Small Rumin. Res.* **8**:285-298.
- Belovsky, G. E., Schmitz, O. J., Slade, J. B., & Dawson, T. J. 1991. Effects of spines and thorns on Australian arid zone herbivores of different body masses. *Oecologia* **88**:521-528.
- Belsky, A. J. 1986. Does herbivory benefit plants? A review of the evidence. *Am. Nat.* **127**:870-892.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., & Abdouli, H. 1994. Palatability of shrubs and fodder trees measured on sheep and camels. Pages 35-48 in V. Papanastasis and L. Stingi, editors. Fodder trees and shrubs. CIHEAM, Zaragoza.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben Salem, L., & Tisserand, J. L. 2000. Deactivation of condensed tannins in *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage by polyethylene glycol in feed blocks. *Livestock Production Science* **64**:51-60.
- Bergerud, A., & Russell, L. 1964. Evaluation of rumen food analysis for Newfoundland caribou. *J. Wildl. Manage.* **28**:809-814.
- Bertiller, M., Elissalde, N., Rostagno, C., & Defosse, G. 1995. Environmental patterns and plant distribution along a precipitation gradient in western Patagonia. *J. Arid Environ.* **29**:85-97.
- Bobbink, R., & Willems, J. H. 1993. Restoration management of abandoned chalk grassland in the Netherlands. *Biodivers. and Conserv.* **2**:616-626.
- Bokdam, J. 2001. Effects of browsing and grazing on cyclic succession in nutrient-limited ecosystems. *Journal of Vegetation Science* **12**:875-886.
- Bonser, S. P., & Reader, R. J. 1995. Plant competition and herbivory in relation to vegetation biomass. *Ecology* **76**:2176-2183.

- Bordi, A., De Rosa, G., & Napolitano, F. 1994. Influence of feeding supplementation on goats grazing behaviour. Pages 57-68 in I. J. Gordon and R. Rubino, editors. *Grazing behaviour of goats and sheep*. CIHEAM - IAMZ, Zaragoza.
- Bourbouze, A. 1980. Utilisation d'un parcours forestier pâturé par des caprins. *Fourrages* **82**:121-144.
- Bourbouze, A., & Donadieu, P. 1987. L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. CIHEAM - IAMM, Montpellier.
- Bowns, J. E. 1971. Sheep behavior under unherded conditions on mountain summer ranges. *J. Range Manage.* **24**:105-109.
- Brand, T. S. 2000. Grazing behaviour and diet selection by Dorper sheep. *Small Rumin. Res.* **36**:147-158.
- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. Pages 1085-1121 in D. L. Sparks, editor. *Methods of Soil Analysis*. Part 3. SSSA, Madison WI.
- Bullock, D. J. 1985. Annual diets of hill sheep and feral goat in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology* **22**:423-433.
- Buttoud, G. 1994. Les systèmes agroforestiers dans les pays en développement : quels enseignements? *Rev. For. Fr* **XLVI - n° sp**:152-163.
- Calvo, L., Santalla, S., Marcos, E., Valbuena, L., Tarrega, R., & Luis, E. 2003. Regeneration after wildfire in communities dominated by *Pinus pinaster*, an obligate seeder, and in others dominated by *Quercus pyrenaica*, a typical resprouter. *Forest Ecology and Management* **184**:209-223.
- Calvo, L., Tarrega, R., & Luis, E. 2002. Secondary succession after perturbations in a shrubland community. *Acta oecologica* **23**:393-404.
- Campos Palacin, P. 1996. Los beneficios comerciales y ambientales de la conservación de las vías pecuarias y de la ganadería trashumante, notas para un debate sobre el interés de la sociedad en la conservación de las cañadas. Pages 48-55 in *Las cañadas: viejos caminos para el futuro de la naturaleza*. Fundación 2001 - Fondo Patrimonio Natural Europeo, Madrid, España.
- Carvalho, J. P., & Parresol, B. R. 2003. Additivity in tree biomass components of Pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *Forest Ecology and Management* **179**:269-276.
- Carvalho, J. P. F. 1995. A *Quercus pyrenaica* Willd. e a condução dos seus povoamentos. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. UTAD, Vila Real.

Referencias

- Castro, J. M. C. S. F. 1996. Análise da estrutura ecológica de Trás-Os-Montes e Alto Douro. Utilização de métodos de análise multivariada e teoria da informação. MSc. CIHEAM - IAMZ, Zaragoza.
- Castro, M., Castro, J., Esteves, A., Teixeira, A., & Gómez Sal, A. 2000a. Les parcours annuels des troupeaux d'ovins dans la région de montagne de Trás-os-Montes e Alto Douro, au Portugal. Pages 371-373 in F. Guessous, N. Rihani, and A. Ilham, editors. *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*. Wageningen Pers, Wageningen.
- Castro, M., & Castro, J. F. 2003. Ocupação tradicional do território e os novos modelos de utilização do espaço: implicações na pastorícia extensiva. Pages 13 in V Colóquio Hispano - Português de Estudos Rurais, Bragança.
- Castro, M., Vinagre, P., Esteves, A., & Castro, J. 2000b. Caracterização dos percursos de pastoreio de ovinos e caprinos no Nordeste de Portugal. Pages 723-729 in 3ª Reunião Ibérica de pastagens e forragens, Bragança - A Coruña - Lugo.
- Castro, M. M. F. 1998. Etude comparative de deux surfaces fourragères dans un système agroforestier: valeur nutritive et utilisation de la végétation par les animaux. Thèse Master. ENSAM / AGROPOLIS, Montpellier.
- Castro-Diez, P., & Montserrat-Martí, G. 1998. Phenological pattern of fifteen Mediterranean phanerophytes from *Quercus ilex* communities of NE-Spain. *Plant ecology* **139**:103-112.
- Castroviejo, S., editor. 1981-2000. Flora Iberica. Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC, Madrid.
- Celada, J. D., Zorita, E., & Gaudioso, V. R. 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. *A.Y.M.A.* **29 (2)**:64-71.
- Cherel, O. 1988. Contribution à l'étude des relations végétation - mouton sur les parcours de Crau. Adaptation et développement de méthodes d'étude du régime alimentaire. Thèse Doctorat. Université d'Aix - Marseille.
- Cherel, O., Molenat, G., & Prud'hon, M. 1991. Les végétaux ingérés par les ovins sur parcours steppiques: observation des coups de dents et étude histologique des phytodermes dans le rumen. Pages 613-615 in IV Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier.
- Chriyaa, A., Moore, K. J., & Waller, S. S. 1997. Browse foliage and annual legume pods as supplements to wheat straw for sheep. *Animal Feed Science and Technology* **66 (1-4)**:85-96.

- Cingolani, A. M., Anchorena, J., Stoffella, S., & Collantes, M. B. 2002. A landscape-scale model for optimal management of sheep grazing in the Magellanic steppe. *Applied Vegetation Science* **5**:159-166.
- Coleman, S. W., Hart, S. P., & Sahl, T. 2003. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. *Small Rumin. Res.* **50**:129-140.
- Collantes, M. B., Anchorena, J., & Cingolani, A. M. 1999. The steppes of Tierra del Fuego: Floristic and growth-form patterns controlled by soil fertility and moisture. *Plant ecology* **140**:61-75.
- Collins, S. L., Knapp, A. K., Briggs, J. M., Blair, J. M., & Steinauer, E. M. 1998. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science* **280**:745-747.
- Cook, C. W. 1966. Factores affecting utilization of mountain slopes by cattle. *J. Range Manage.* **19**:200-204.
- Cook, C. W., Thorne, J. L., Blake, J. T., & Edlefsen, J. 1958. Use of an esophageal-fistula cannula for collecting forage samples by grazing sheep. *J. Anim. Sci.* **17**:189 - 193.
- Cooper, S. M., & Owen-Smith, N. 1986. Effects of plant spinescence on large mammalian herbivores. *Oecologia* **68**:446-455.
- Crawley, M. J. 1989. Herbivores and plant population dynamics. Pages 367-392 in M. J. W. Hutchings, A. R., editor. *Plant population ecology*. Blackwell, Oxford.
- Cruz, R., & Ganskopp, D. 1998. Seasonal preferences of steers for prominent northern great basin grasses. *J. Range Manage.* **51 (5)**:557-565.
- Cuartas, P., & García-González, R. 1991. Utilización de la vegetación por la cabra montés en relación a la disponibilidad vegetal y a la densidad de ungulados. Pages 348-352 in XXXI Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los Pastos, Murcia, España.
- Cuartas, P., & García-González, R. 1992. *Quercus ilex* browse utilisation by Capri in Sierra de Cazorla and Segura (Spain). *Vegetatio* **99-100**:317-330.
- Cuartas, P., & García-González, R. 1996. Review of available techniques for determining the diet of large herbivores from their faeces. *Oecologia Montana* **5**:47-50.
- Daget, P. 1974. Les prairies du Cantal. *Revue de la Haute-Auvergne*.
- Daget, P., & Poissonet, J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Ann. agron.* **22 (1)**:5-41.

Referencias

- Daget, P., & Poissonet, J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages* **49**:31-39.
- De Keersmaecker, L., Martens, L., Verheyen, K., Hermy, M., De Schrijver, A., & Lust, N. 2004. Impact of soil fertility and insolation on diversity of herbaceous woodland species colonizing afforestations in Muizen forest (Belgium). *Forest Ecology and Management* **188**:291-304.
- De Lillis, M., & Fontanella, A. 1992. Comparative phenology and growth in different species of the Mediterranean maquis of central Italy. *Vegetatio* **99-100**:83-96.
- De Miguel, J. M. 1989. Estructura de un sistema silvopastoril de dehesa. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- De Miguel, J. M. 1999. Naturaleza y configuración del paisaje agrosilvopastoral en la conservación de la diversidad biológica en España. *Revista Chilena de Historia Natural* **72**:547-557.
- De Miguel, J. M., Casado, M. A., Gómez Sal, A., & Pineda, F. D. 1986. Herbivorous influence on the quality and structural evolution of "Dehesa" pastures in Central Spain. Pages 134-139 in F. M. A. Borba, J. M., editor. Grassland facing the energy crisis. SPPF, Setubal, Portugal.
- De Miguel, J. M., Rodríguez, M. A., & Gómez Sal, A. 1991. Detection of temporal behaviour patterns of free-ranging cattle by means of diversity spectra. *Pirineos* **137**:51-64.
- De Miguel, J. M., Rodríguez, M. A., & Gómez Sal, A. 1997. Determination of animal behavior-environment relationships by correspondence analysis. *J. Range Manage.* **50 (1)**:85-93.
- De Rosa, G., Bordi, A., Grasso, F., Napolitano, F., Pacelli, C., & Gordon, I. 2000. Influence of previous dietary experience on goat feeding preferences. Pages 66-68 in 7th International Conference on Goats. INRA, IGA, IE, France.
- De Simiane, M. 1987. Quelques systèmes d'élevage utilisateurs des espaces forestiers. Pages 193-228 in AFPF, editor. La forêt et l'élevage en région méditerranéenne Française.
- Debussche, M., Debussche, G., & Lepart, J. 2001. Changes in the vegetation of *Quercus pubescens* woodland after cessation of coppicing and grazing. *Journal of Vegetation Science* **12**:81-92.
- Delabraze, P. 1987. La prévention des incendies de forêt par le sylvo-pastoralisme: mythe ou réalité? Pages 117-129 in AFPF, editor. La Forêt et l'Élevage en Région Méditerranéenne Française.

- Delgado - Pertíñez, M., Gómez - Cabrera, A., & Garrido, A. 2000. Predicting the nutritive value of the olive leaf (*Olea europaea*): digestibility and chemical composition and *in vitro* studies. *Animal Feed Science and Technology* **87**:187-201.
- Demarquilly, C., & Jarrigue, R. 1981. Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. Pages 41-59 in *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*. INRA.
- Demment, M. W., & Greenwood, G. B. 1988. Forage ingestion: effects of sward characteristics and body size. *J. Anim. Sci.* **66**:2380-2392.
- Diallo, C. B. 1990. Etude de la Composition Botanique des Régimes Alimentaires des ruminants Domestiques (Bovins, Ovins et Caprins) en Région Soudano-Sahélienne par Analyse Histologique des Fèces. Approche Méthodologique. Thèse Doctorat. Université de Montpellier II, Montpellier.
- Díaz Pineda, F. 1993. Estudio y conservación de la diversidad biológica. *Quercus* **Junio**:18-20.
- Díaz Pineda, F. 1996. Conservación de la diversidad biológica y sistemas tradicionales de uso del territorio. Pages 42-45 in *Las cañadas: viejos caminos para el futuro de la naturaleza*. Fundación 2001 - Fondo Patrimonio Natural Europeo, Madrid, España.
- Díaz, S., Noy-Meir, I., & Cabido, M. R. 2001. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from single vegetative traits? *J. Appl Ecol* **38**:497-508.
- Dove, H. 1996. Constraints to the modelling of diet selection and intake in the grazing ruminant. *Aust. J. Agric. Res.* **47**:257-275.
- Dove, H., & Mayes, R. W. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Aust. J. Agric. Res.* **42**:913-952.
- Dullinger, S., Dirnbock, T., Greimler, J., & Grabherr, G. 2003. A resampling approach for evacuating effects of pasture abandonment on subalpine plant species diversity. *Journal of Vegetation Science* **14**:243-252.
- Dumont, B. 1997. Diet preferences of herbivores at pasture. *Ann. Zootech.* **46**:105-116.
- Dumont, B., & Hill, D. R. C. 2001. Multi-agent simulation of group foraging in sheep: effects of spatial memory, conspecific attraction and plot size. *Ecological Modelling* **141**:201-215.
- Dumont, B., Meuret, M., & Prud'hon, M. 1995. Direct observation of biting for studying grazing behavior of goats and llamas on garrigue rangelands. *Small Rumin. Res.* **16**:27-35.

Referencias

- Dumont, B., & Petit, M. 1998. Spatial memory of sheep at pasture. *Applied Animal Behaviour Science* **60**:43-53.
- Duncan, A. J., & Young, S. A. 2002. Can goats learn about foods through conditioned food aversions and preferences when multiple food options are simultaneously available? *J. Anim. Sci.* **80**:2091-2098.
- Duru, M., & Bossuet, L. 1992. Estimation de la masse d'herbe par le "sward-stick". Premiers résultats. *Fourrages* **131**:283-300.
- Dziba, L. E., Scogings, P. F., Gordon, I. J., & Raats, J. G. 2003. Effects of season and breed on browse species intake rates and diet selection by goats in the False Thornveld of the Eastern Cape, South Africa. *Small Rumin. Res.* **47**:17-30.
- El-Nouty, F. D., Hassan, G. A., Taher, T. H., Samak, M. A., Abou-Elezz, Z., & Salem, M. H. 1988. Water requirements and metabolism in Egyptian Barky and Rahmani sheep and Baladi goats during spring, summer and winter seasons. *J. Agric. Sci.* **111**:27-34.
- Escudero, A., Del Arco, J. M., & Garrido, M. V. 1992. The efficiency of nitrogen retranslocation from leaf biomass in *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* **99-100**:225-237.
- Escudero, A., Manzano, J. J., & Del Arco, J. M. 1987. Nitrogen concentrations in the leaves of different mediterranean woody species. *Ecologia Mediterranea* **XIII (3)**:11-17.
- Espigares, T., & Peco, B. 1993. Mediterranean pasture dynamics: the role of germination. *Journal of Vegetation Science* **4**:189-194.
- Espigares, T., & Peco, B. 1995. Mediterranean annual pasture dynamics: impact of autumn drought. *Journal of Ecology* **83**:135-142.
- Etienne, M. 1989. Protection of mediterranean forests against fire : ecological approach for development. Pages 115 - 122 in Proc. 5th European Ecological symposium, Sienna, Italy.
- Etienne, M., Derzko, M., & Rigolot, E. 1996. Browse impact in silvopastoral systems participating in fire prevention in the French mediterranean region. Pages 93-102 in M. Etienne, editor. Western European Silvopastoral Systems. INRA Editions, Paris.
- Etienne, M., Hubert, B., & Msika, B. 1994. Sylvopastoralisme en région méditerranéenne. *Rev. For. Fr* **XLVI - n° sp**:30 - 41.
- Fajemisin, B., Ganskopp, D., Cruz, R., & Vavra, M. 1996. Potential for woody plant control by Spanish goats in the sagebrush steppe. *Small Rumin. Res.* **10**:229-238.

- Fedele, V., Claps, S., Rubino, R., Calandrelli, M., & Pilla, A. M. 2002. Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behaviour and intake. *Livestock Production Science* **74**:19-31.
- Fedele, V., Pizzillo, M., Claps, S., Morand-Fehr, P., & Rubino, R. 1993. Grazing behavior and diet selection of goats on native pasture in Southern Italy. *Small Rumin. Res.* **11**:305-322.
- Fillat, F., García-González, R., & Bas, J. 1991. Utilización Ganadera de los pastos supraforestales del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Carpeta de cartografía temática. IPE / CSIC, Jaca.
- Fillat, F., García-González, R., & Gómez, D. 1995. Importancia de la ganadería en la conservación del paisaje pirenaico. *Quercus* **Enero**:24-26.
- Floret, C., Galan, M. J., Floc'h, E. I., Leprince, F., & Romane, F. 1989. France. Pages 9-97 in G. Orshan, editor. Plant pheno-morphological studies in Mediterranean type ecosystems. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Franco, J. A., editor. 1971-1984. Nova Flora de Portugal. Ed. Autor, Lisboa.
- Franco, J. A., & Rocha, A. M. L., editors. 1994-1998. Nova Flora de Portugal (Continente e Açores). Escolar Editora, Lisboa.
- Freeland, W. J., & Janzen, D. H. 1974. Strategies in herbivory by mammals: the role of plant secondary compounds. *Am. Nat.* **108**:269-286.
- Frutos, P., Hervas, G., Ramos, G., Giraldez, F. J., & Mantecon, A. R. 2002. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Animal Feed Science and Technology* **95**:215-226.
- Galaty, J. G., & Johnson, D. L., editors. 1990. The world of pastoralism. Herding Systems in Comparative Perspective. The Guilford Press, London.
- Gallardo, A., & Merino, J. 1992. Nitrogen immobilization in leaf litter at two Mediterranean ecosystems of SW Spain. *Biogeochemistry* **15**:213-228.
- Gallardo, A., & Merino, J. 1993. Leaf decomposition in two mediterranean ecosystems of southwest Spain: influence of substrate quality. *Ecology* **74** (1):152-161.
- Gallardo, J. F., Martín, A., & Moreno, G. 1999. Nutrient efficiency and resorption in *Quercus pyrenaica* oak coppices under different rainfall regimes of the Sierra de Gata mountains (central western Spain). *Annals of Forest Science* **56**:321-331.

- Gallardo, J. F., Martin, A., & Santa Regina, I. 1996. Dinamica de las fracciones organicas en la descomposicion de hojas de rebollos y castaño. *Silva Lusitana* **4** (2):199-216.
- Ganskopp, D. 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* **73**:251-262.
- Ganskopp, D., Richman, L., Johnson, D., Angell, R., & Cruz, R. 1996. Preferences of Angora goats for eight selections of grasses used for reclamation of Great Basin rangelands. *Small Rumin. Res.* **19**:103-112.
- 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 Aragon Valley. *Mountain Research and Development* **10** (3):241-255.
- Garzón, J. 1996. Proyecto 2001: conservando la naturaleza mediante el desarrollo rural. Pages 6-15 in *Las cañadas: viejos caminos para el futuro de la naturaleza*. Fundacion 2001 - Fondo Patrimonio Natural Europeo, Madrid, España.
- Gauch, H. G., & Whittaker, R. H. 1981. Hierarchical-Classification of Community Data. *Journal of Ecology* **69**:537-557.
- Gedir, J. V., & Hudson, R. J. 2000. Estimating dry matter digestibility and intake in wapiti (*Cervus elaphus canadensis*) using the double n - alkane ratio technique. *Small Rumin. Res.* **36**:57-62.
- Genin, D., & Pijoan, A. P. 1993. Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, Mexico. *Small Rumin. Res.* **10**:1-11.
- Genin, D., Villca, Z., & Abasto, P. 1994. Diet selection and utilisation by llama and sheep in a high altitude-arid rangeland of Bolivia. *J. Range Manage.* **47**(3):245-248.
- Giger-Reverdin, S. 1995. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* **55**:295-334.
- Gluesing, E. A., & Balph, D. F. 1980. An aspect of feeding behaviour and its importance to grazing system. *J. Range Manage.* **33** (6):426-427.
- Goby, J. P., Rochon, J. J., & Schmid, J. 1994. Etude du pâturage de caprins en sous-bois de chênes-lièges dans les Pyrénées Orientales (France). Pages 69-82 in I. J. Gordon and R. Rubino, editors. *Grazing behaviour of goats and sheep*. CIHEAM - IAMZ, Zaragoza.

- Goetsch, A. L., & Johnson, Z. B. 1999. Feed intake and digestion in the summer and fall by different breeds of ewes consuming forages differing in quality. *Small Rumin. Res.* **31**:109-116.
- Gómez Sal, A. 1982. Estructura Ecológica de los Pastos de Monte Turolenses. Analisis de las relaciones entre los factores del medio y la vegetación en un territorio de vocación ganadera. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Gómez Sal, A. 1988. Ecosistemas Rurales. Pages 51-77 in Elementos básicos para la Educación Ambiental. Ayuntamiento de Madrid, Madrid.
- Gómez Sal, A. 1994. Consideraciones sobre criterios aplicables a la delimitación y gestión de áreas protegidas. Pages 13-21 in J. V. L. L. De Lucio, A.; Díaz - Pineda, F., editor. Investigación y Gestión en espacios naturales protegidos, Madrid.
- Gómez Sal, A. 2000a. Las razas de ganado autóctono en la conservación de la naturaleza. Pages 61-69 in F. Rodríguez editor. Manual del técnico en medio ambiente natural. Colegio de Veterinarios de Ourense, Ourense.
- Gómez Sal, A. 2000b. The variability of Mediterranean climate as an ecological condition of livestock production systems. Pages 3 -11 in F. Guessous, N. Rihani, and A. Ilham, editors. Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean. Wageningen Pers, Wageningen.
- Gómez Sal, A., Alvarez, J., Muñoz -Yanguas, M. A., & Rebollo, S. 1993. Patterns of change in the agrarian landscape in an area of the Cantabrian mountains (Spain) - assesment by transition probabilities. Pages 141-152 in R. G. H. Bunce, L. Ryszkowski, and M. G. Paoletti, editors. Landscape Ecology and Agroecosystems. Lewis Publishers, Florida.
- Gómez Sal, A., De Miguel, J. M., Casado, M. A., & Pineda, F. D. 1986. Successional changes in the morphology and ecological responses of a grazed pasture ecosystem in Central Spain. *Vegetatio* **67**:33-44.
- Gómez Sal, A., Rey - Benayas, J. M., López - Pintor, A., & Rebollo, S. 1999. Role of disturbance in maintaining a savannalike pattern in Mediterranean *Retama sphaerocarpa* shrubland. *Journal of Vegetation Science* **10**:365-370.
- Gómez Sal, A., Rodríguez, M. A., Alvarez, J., & Yanguas, M. A. M. 1992a. Diversidad de la biomasa aérea y subterránea como medida de organización en pastos. Pages 145-148 in F. C. Díaz Pineda, M. A.; De Miguel, J. M.; Montalvo, J., editor. Diversidad Biológica. Fundación Ramón Areces, Madrid.
- Gómez Sal, A., Rodríguez, M. A., & De Miguel, J. M. 1992b. Matter transfer and land use by cattle in a dehesa ecosystem of Central Spain. *Vegetatio* **99-100**:345-354.

- Gómez Sal, A., & Rodríguez Merino, E. 1996. Papel de las cañadas en la conservación de la naturaleza en España. Pages 18-40 *in* Las cañadas: viejos caminos para el futuro de la naturaleza. Fundación 2001 - Fondo Patrimonio Natural Europeo, Madrid, España,.
- Gonçalves, D. A. 1990. O uso do solo e a construção das paisagens rurais. O caso do interior de Trás-os-Montes. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.
- González - Hernández, M. P., Starkey, E. E., & Karchesy, J. 2000. Presencia de taninos en plantas del monte gallego (NW España) y su importancia en la gestión de ecosistemas pascícolas. Pages 683-688 *in* 3ª Reunión Ibérica de pastagens e forragens, Bragança - A Coruña - Lugo.
- González Bernáldez, F. 1991. Ecological consequences of the abandonment of traditional land use systems in central Spain. Pages 23-29 *in* J. Baudry and R. G. H. Bunce, editors. Land abandonment and its role in conservation. CIHEAM, Zaragoza.
- González Bernáldez, F. 1995. Western mediterranean land-use systems as antecedents for semiarid America. Pages 131-149 *in* B. L. Turner II, A. Gómez Sal, F. González Bernáldez, and F. Di Castri, editors. Global land use change. A perspective from the columbian encounter. CSIC, Madrid.
- Gordon, I. J. 1995. Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Rumin. Res.* **16**:203-214.
- Gordon, I. J., & Iason, G. R. 1989. Foraging strategy of ruminants: its significance to vegetation utilization and management. Annual Report Macaulay Land use Research Institute.
- Gordon, I. J., & Illius, A. W. 1989. Resource partitioning by ungulates on the Isle of Rhum. *Oecologia* **79**:383-389.
- Gordon, I. J., & Illius, A. W. 1992. Foraging Strategy: From Monoculture to Mosaic. Pages 153-177 *in* A. W. Speedy, editor. Progress in Sheep and Goat Research. CAB International, Wallingford.
- Gordon, I. L., & Duncan, P. 1988. Pastures new for conservation. *New Scientist* **117**:54-59.
- Graae, B. J., & Heskjaer, V. S. 1997. A comparison of understory vegetation between untouched and managed deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management* **96**:111-123.
- Green, L. W., Pinchak, W. E., & Heitschmidt, R. K. 1987. Seasonal dynamics of minerals in forages at the Texas experimental ranch. *J. Range Manage.* **40**:502-506.

- Grime, J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Am. Nat.* **111**:1169-1194.
- Guiotton, J. L. 1994. L'agroforesterie. *Rev. For. Fr.* **XLVI - n° sp**:11-16.
- Guiotton, J. L., Dupraz, C., Auclair, D., & De Montard, F. X. 1994. Quel projet agroforestier pour l'Europe tempérée ? *Rev. For. Fr.* **XLVI - n° sp**:179 -188.
- Guo, Q., & Berry, W. L. 1998. Species richness and biomass: dissection of the hump-shaped relationships. *Ecology* **79**:2555-2559.
- Hadjigeorgiou, I. E., Gordon, I. J., & Milne, J. A. 2003. Comparative preference by sheep and goats for *Graminaeae* forages varying in chemical composition. *Small Rumin. Res.* **49**:147-156.
- Haenlein, G. F. W. 1980. Mineral nutrition of goats. *J. Dairy Sci.* **63**:1729-1748.
- Hanson, L. 1970. Methods of morphological diet micro-analyses in rodents. *Oikos* **21**:255-266.
- Hardtle, W., von Oheimb, G., & Westphal, C. 2003. The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous forests in northern Germany (Schleswig-Holstein). *Forest Ecology and Management* **182**:327-338.
- Hatziminaoglou, Y., & Boyazoglu, J. 2004. The goat in ancient civilisations: from the Fertile Crescent to the Aegean Sea. *Small Rumin. Res.* **51**:123-129.
- Hellstrom, K., Hunta, A. P., Rautio, P., Tuomi, J., Oksanen, J., & Laine, K. 2003. Use of sheep grazing in the restoration of semi-natural meadows in northern Finland. *Applied Vegetation Science* **6**:45-52.
- Hernandez, I. M., Gallardo, J. F., & Santa Regina, I. 1992. Dynamic of organic matter in forests subject to a mediterranean semi-arid climate in the Duero basin (Spain): litter production. *Acta oecologica*:55-64.
- Hill, M. O. 1979. TWINSpan - A FORTRAN program for arranging multivariate data in a ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Cornell University Ithaca, New York.
- Hofmann, R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* **78**:443-457.
- Holechek, J. L. 1988. An approach for setting the stocking rate. *Rangelands* **10**:10-14.
- Holechek, J. L., & Vavra, M. 1983. Fistula sample numbers required to determine cattle diets on forest and grassland. *J. Range Manage.* **36 (3)**:323-326.

Referencias

- Holechek, J. L., Vavra, M., & Pieper, R. D. 1982. Botanical composition determination of range herbivore diets: a review. *J. Range Manage.* **35** (3):309-315.
- Howery, L. D., Provenza, F. D., & Banner, R. E. 1998. Social and environmental factors influence cattle distribution. *Applied Animal Behaviour Science* **55**:231-244.
- Hubert, B. 1991. Changing land uses in Provence (France) multiple use as a management tool. Pages 31-52 in J. Baudry and R. G. H. Bunce, editors. Land abandonment and its role in conservation. CIHEAM, Zaragoza.
- Huntly, N. 1991. Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **22**:477-503.
- INRA. 1978. Alimentation des Ruminants. INRA Publications, Paris.
- INRA. 1988. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. INRA Publications, Paris.
- Jofre, R., Hubert, B., & Meuret, M. 1991. Les systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux Méditerranéens: Enjeux et réflexiones pour une gestion raisonnée. UNESCO, Paris.
- Johnson, M. K., & Pearson, H. A. 1981. Esophageal, fecal and exlosure estimates of cattle diets on a longleaf pine-bluestem range. *J. Range Manage.* **34**:232-234.
- Jones, J. J. B., & Case, V. W. 1990. Sampling, handling, and analysing plant tissue samples. Pages 389-427 in R. L. Westerman, editor. Soil Testing and Plant Analysis. S.S.S.A, Madison (USA).
- Joyce, L. A., & Mitchell, J. E. 1989. Understory cover / biomass relationships in Alabama forest types. *Agroforestry Systems* **9**:205-210.
- Kababya, D., Perevolotsky, A., Brukental, I., & Landau, S. 1998. Selection of diets by dual-purpose Mamber goats in Mediterranean woodland. *J. Agric. Sci. Camb.* **131**:221-228.
- Kamalak, A., Canbolat, O., Ozay, O., & Aktas, S. 2004. Nutritive value of oak (*Quercus* spp.) leaves. *Small Ruminant Research* **53**:161-165.
- Khanal, R. C., & Subba, D. B. 2001. Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of Nepal. *Animal Feed Science and Technology* **92**:17-32.
- Koukoura, Z. S., & Nastis, A. S. 1994. Tannin content of selected fodder trees and shrubs and their effect on *in vitro* digestibility. Pages 117-127 in V. Papanastasis and L. Stingi, editors. Fodder trees and shrubs. CIHEAM, Zaragoza.

- Krahulec, F., Skálová, H., Herben, T., Hadincová, V., Wildová, R., & Pechácková, S. 2001. Vegetation changes following sheep grazing in abandoned mountain meadows. *Applied Vegetation Science* **4**:97-102.
- Krueger, W. C. 1972. Evaluating animal forage preference. *J. Range Manage.* **25**:471-475.
- Laca, E. A., & Demment, M. W. 1996. Foraging Strategies of Grazing Animals. Pages 137-158 in J. I. Hodgson, A. W., editor. *The Ecology and Management of Grazing Systems*. CAB International.
- Lachaux, M., Meuret, M., & Simiane, M. 1987. Composition chimique des végétaux ligneux pâturés en région méditerranéenne française : problèmes posés par l'interprétation des analyses. Pages 229 - 253 in AFPF, editor. *La Forêt et l'Élevage en Région Méditerranéenne Française*.
- Landais, E., & Balent, G. 1995. Introduction à l'étude des systèmes d'élevage extensif. Pages 13-35 in E. Landais, editor. *Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer*.
- Landau, S., Perevolotsky, A., & Silanikove, N. 1999. Utilization of low quality resources by small ruminants in Mediterranean agro-pastoral systems: the case of scrubland and aftermath cereal stubbles. *Livestock Production Science*.
- Landau, S., Provenza, F. D., & Silanikove, N. 2000. Feeding behaviour and utilization of vegetation by goats under extensive systems. Pages 47-52 in 7th International Conference on Goats. INRA, IGA, IE, France.
- Langbein, J., Streich, J., & Scheibe, K. M. 1998. Characteristic activity patterns of female mouflons (*Ovis orientalis musimon*) in the lambing period. *Applied Animal Behaviour Science* **58**:281-292.
- Laycock, W. A., Buchanan, H., & Krueger, W. C. 1972. Three methods of determining diet, utilization, and trampling damage on sheep ranges. *J. Range Manage.* **25**:352-356.
- Le Floc'h, E. 1969. Caractérisation morphologique des stades et phases phénologiques dans les communautés végétales. Thèse USTL. Montpellier, Montpellier.
- Leclerc, B., & Lecrivain, E. 1979. Étude du Comportement d'Ovins Domestiques en Élevage Extensif sur le Causse Du Larzac. Thèse Doctorat. Université de Rennes I, Rennes.
- Leclerc, B., & Lecrivain, E. 1990. Influence of farmer practices on grazing behaviour of sheep and goats. Pages 1-5 in 41st Annual Meeting of the European Association for Animal production, Toulouse, France.

- Lecrivain, E. 1988. Influence du mode de conduite sur l'activité de pâturage de troupeaux ovins et conséquences pour l'exploitation d'un même type de milieu. *B.T.I.* 431 / 432:349-355.
- Lecrivain, E. 1990. A direct observation method for recording free ranging animal behaviour in farming situations. Pages 1-6 in VII th European Grazing Workshop, Wageningen, Netherlands.
- Lecrivain, E., Leclerc, B., & Hauwuy, A. 1990. Consommation de ressources ligneuses dans un taillis de chênes par des brebis en estive. *Reprod Nutr Dev suppl* 2:207s-208s.
- Lecrivain, E., & Meuret, M. 1984. Protocole de suivi du comportement alimentaire et spatial d'animaux domestiques au pâturage (Méthode d'observation directe). INRA / Unité d'Ecodéveloppement, Avignon.
- Léouffre, M. C. 1991. Effect du pâturage caprin sur la dynamique de production fourragère de taillis de chêne en région méditerranéenne française. Doc. Sci. Ecologie. Université Aix-Marseille III / INRA, Avignon.
- Léouffre, M. C., Lecrivain, E., & Leclerc, B. 1989. Consommation par des caprins de *Quercus ilex* et *Quercus Pubescens* dans un taillis Méditerranéenne. Pages 1083-1084 in XVI International Grassland Congress, Nice, France.
- Lesperance, A. L., Bohman, V. R., & Marble, D. W. 1960. Development of techniques for evaluating grazed forage. *J. Dairy Sci.* 43:682-689.
- Lopez - Trujillo, R. G.-E., R. 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. *Small Ruminant Research* 16:37-47.
- López-Pintor, A. 2001. Dinámica de los Sistemas Retamar-Pasto del Centro de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- Lu, C. D. 1987. Implication of forage particle length on milk production in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 70:1411-1416.
- Lu, C. D. 1988. Grazing behaviour and diet selection of goats. *Small Rumin. Res.* 1:205-216.
- Madsen, J., Hvelplund, T., & Weisbjerg, M. R. 1997. Appropriate methods for the evaluation of tropical feeds for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 69:53-66.
- Maillard, D., & Casanova, J. B. 1994. Appétence du cerf de Corse (*Cervus elaphus corsicanus*) pour des arbres, arbustes et arbrisseaux méditerranéens. *Mammalia* 58:371-381.

- Maizeret, C. 1988. Stratégies alimentaires des chevreuils: les fondements écologiques d'une diversification du régime. *Acta Oecologica / Oecologica Applicata* **9** (2):191-211.
- Maizeret, C., Boutin, J. M., & Sempere, A. 1986. Intérêt de la méthode micrographique d'analyse des fèces pour l'étude du régime alimentaire du Chevreuil (*Capreolus Capreolus*). *Gibier Faune Sauvage* **3**:159-183.
- Makkar, H. P. S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Review. *Small Rumin. Res.* **49**:241-256.
- Mandinbaya, W., & Chihora, R. M. 1999. The nutritive value of *Piliostigma thonningii* (Mutukutu, Monkey bread) pods as a feed supplement for communal cattle in Zimbabwe. *Animal Feed Science and Technology* **78** (3-4):287-295.
- Mantecón, A. R., Iason, G. R., González, J. S., Sim, D. A., & Bermudez, F. F. 1992. Efecto de la Disponibilidad de pasto y del tiempo de pastoreo sobre el comportamiento ingestivo del ganado ovino de raza Merina. Pages 311-315 in XXXII Reunion Científica de la SEEP, Iruña.
- MAP. 1977. Documentação 2 - Sector de fertilidade do solo. Laboratório químico-agrícola Rebelo da Silva - MAP, Lisboa.
- Marten, G. C., & Barnes, R. F. 1980. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzyme systems. Pages 61-71 in W. C. Pigden, C. C. Balch, and M. Graham, editors. Standardization of analytical methodology of feeds. IDRC, Ottawa.
- Martin, A., Gallardo, J. F., & Santa Regina, I. 1995. Interaction between litter and soil epipedons in forest ecosystems of the Sierra de Gata Mountains, Province of Salamanca, Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation* **9**:299-305.
- Martínez-Marínez, T. 2000. Estudio y comparación de la dieta estacional de la cabra montés en las Vertientes Norte y Sur de la Sierra de Gredos. Pages 743-748 in 3ª Reunión Ibérica de pastagens e forragens, Bragança - A Coruña - Lugo.
- Mason, I. L. 1984. Goat. Pages 85-99 in I. L. Mason, editor. *Evolution of Domesticated Animals*. Longman, London and New York.
- Matos, S. P. V. 2002. Estimativa da composição das carcaças de borrego de raça Churra galega Bragançana por ultrasonografia. Tese de Mestrado. UTAD, Vila Real.
- Mayes, R. W., Lamb, C. S., & Colgrove, P. M. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *J. Agric. Sci.* **107**:161-170.

Referencias

- McClaugherty, C. A., Pastor, J., & Aber, J. D. 1985. Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology* **66** (1):266-275.
- McCinnis, M. L., Vavra, M., & Krueger, W. C. 1983. A Comparison of four methods used to determine the diets of large herbivores. *J. Range Manage.* **36** (3):302-306.
- McLeod, M. N. 1974. Plant tannins their role in forage quality. *Nutr. Abstr. Rev.* **44**:803-815.
- McNaughton, S. J. 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos* **40**:329-336.
- McSweeney, C. S., Palmer, B., Bunch, R., & Krause, D. O. 1999. *In vitro* quality assessment of tannin-containing tropical shrub legumes: protein and fibre digestion. *Animal Feed Science and Technology* **82** (3-4):227-241.
- Meca, M. 1990. O valor nutritivo de algumas espécies do sub-bosque do carvalhal. Relatório final de curso. UTAD, Vila Real.
- Meuret, M. 1988a. Digestibilité du feuillage de chêne vert (*Quercus ilex*) distribué frais à des caprins entraînés au pâturage sur parcours. *Reprod. Nutr. Dévelop.* **28** (1).
- Meuret, M. 1988b. Feasibility of *in vivo* digestibility trials with lactating goats browsing fresh leafy branches. *Small Rumin. Res.* **1**:273-290.
- Meuret, M. 1989. Utilization of native mediterranean fodder trees by dairy goats. Pages 941-942 in XVI International Grassland Congress, Nice, France.
- Meuret, M. 1995. Piloter l'ingestion au pâturage. Pages 161 - 198 in E. Landais, editor. Pratiques d'Élevage Extensif. Identifier, Modéliser, Évaluer.
- Meuret, M. 1996. Organizing a grazing route to motivate intake on coarse resources. *Ann. Zootech.* **45** (Suppl.):87-88.
- Meuret, M., Bartiaux-Thill, N., & Bourbouze, A. 1985. Evaluation de la consommation d'un troupeau de chèvres laitières sur parcours forestier - Méthode d'observation directe des coups de dents - Méthode du marquer oxyde de chrome. *Ann. Zootech.* **34** (2):159-180.
- Meuret, M., Boza, J., Narjisse, H., & Nastis, A. 1991. Valuation and utilization of rangeland feeds by goats. Pages 160-171 in P. Morand-Fehr, editor. Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Meuret, M., & Guerin, H. 1991. Choix, qualité et quantité de la végétation ingérée par l'animal au pâturage. Pages 1125-1127 in Actes du quatrième congrès international des terres de parcours, Montpellier (France).

- Meuret, M., & Thion, P. 1995. La maîtrise de l'utilisation de l'espace pâturé vue à travers un Système d'Information Géographique. Pages 217-236 in E. Landais, editor. *Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer.*
- Milchunas, D. G., & Lauenroth, W. K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* **63** (4):327-366.
- Milchunas, D. G., Lauenroth, W. K., & Burke, I. C. 1998. Livestock grazing: animal and plant biodiversity of shortgrass steppe and the relationship to ecosystem function. *Oikos* **83**:65-74.
- Milton, S. J., Dean, W. R. J., & Klotz, S. 1997. Effects of small-scale animal disturbances on plant assemblages of set-aside land in central Germany. *Journal of Vegetation Science* **8**:45-54.
- Mohammad, A. G., Pieper, R. D., Wallace, J. D., Holechek, J. L., & Murray, L. W. 1995. Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle. *J. Range Manage.* **48** (3):202-205.
- Montalvo, J. 1992. Estructura y función de pastizales mediterráneos. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid.
- Montalvo, J., Casado, M. A., Levassor, C., & Pineda, F. D. 1993. Species diversity patterns in Mediterranean grasslands. *J. Veg. Sci.* **4**:213-222.
- Moog, D., Poschlod, P., Kahmen, S., & Schreiber, K.-F. 2002. Comparison of species composition between different grassland management treatments after 25 years. *Applied Vegetation Science* **5**:99-106.
- Morand - Fehr, P. 2003. Dietary choices of goats at the trough: Review. *Small Ruminant Research* **49**:231-239.
- Morand-Fehr, P. 1981. Nutrition and Feeding. Pages 193-232 in C. Gall, editor. *Goat Production.* Academic Press, London.
- Moreno, G., Gallardo, J. F., & Bussotti, F. 2001. Canopy modification of atmospheric deposition in oligotrophic *Quercus pyrenaica* forests of an unpolluted region (central-western Spain). *Forest Ecology and Management* **149**:47-60.
- Moreno, G., Gallardo, J. F., Schneider, K., & Ingelmo, F. 1996. Water and bioelement fluxes in four *Quercus pyrenaica* forest along a pluviometric gradient. *Ann Sci For* **53**:625-639.
- Mosquera-Losada, M. R., Rigueiro-Rodríguez, A., & Jardón-Bouzas, B. 2000. Contenidos en proteína, fósforo, calcio, potasio y magnesio de distintas

Referencias

- especies. Pages 665-670 in 3^a Reunião Ibérica de pastagens e forragens, Bragança - A Coruña - Lugo.
- Nagaike, T., Kamitani, T., & Nakashizuka, T. 1999. The effect of shelterwood logging on the diversity of plant species in a beech (*Fagus crenata*) forest in Japan. *Forest Ecology and Management* **118**:161-171.
- Nantoumé, H., Forbes, T. D. A., Hensarling, C. M., & Sieckenius, S. S. 2001. Nutritive value and palatability of guajillo (*Acacia berlandieri*) as a component of goat diets. *Small Rumin. Res.* **40**:139-148.
- Napoléone, M. 1995. Introduction à l'étude des systèmes d'élevage extensif. Pages 95-121 in E. Landais, editor. Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer.
- Narjisse, H., Elhonsali, M. A., & Olsen, J. D. 1995. Effects of oak (*Quercus ilex*) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. *Small Rumin. Res.* **18**:201-206.
- Nastis, A., & Malechek, J. C. 1988. Estimating digestibility of oak browse diets for goats by *in vitro* techniques. *J. Range Manage.* **41**:255-258.
- Nastis, A. S. 1982. Nutritive value of oak browse (*Quercus coccifera*) foliage for goats at various phenological stages. University of Thessaloniki, Thessaloniki.
- Nastis, A. S., & Malechek, J. C. 1981. Digestion and utilization of nutrients in oak browse by goats. *J. Anim. Sci.* **53**:283-290.
- Negi, G. C. S., Rikhari, H. C., Ram, J., & Singh, S. P. 1993. Foraging niche characteristics of horses, sheep and goats in an alpine meadow of the Indian Central Himalaya. *Journal of Applied Ecology* **30**:383-394.
- Newman, J. A., Parsons, A. J., & Harley, A. 1992. Not all sheep prefer clover. Diet selection revisited. *J. Agric. Sci. Camb.* **119**:275-283.
- Ngwa, A. T., Pone, D. K., & Mafeni, J. M. 2000. Feed selection and dietary preferences of forage by small ruminants grazing natural pastures in the Sahelian zone of Cameroon. *Animal Feed Science and Technology* **88**:253-266.
- Noy-Meir, I. 1993. Compensating growth of grazed plants and its relevance to the use of rangelands. *Ecological Applications* **3** (1):32-34.
- Noy-Meir, I. 1995. Interactive effects of fire and grazing on structure and diversity of Mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Science* **6**:701-710.
- Noy-Meir, I., & Oron, T. 2001. Effects of grazing on geophytes in Mediterranean vegetation. *Journal of Vegetation Science* **12**:749-760.

- Nudds, T. D. 1980. Forage "preference": theoretical considerations of diet selection by deer. *J. Wildl. Manage.* **44**:735-740.
- Odo, B. I., Omeje, F. U., & Okwor, J. N. 2001. Forage species availability, food preference and grazing behaviour of goats in southeastern Nigeria. *Small Rumin. Res.* **42**:163-168.
- Oloff, H., & Ritchie, M. E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant species diversity. *Trends in Ecology & Evolution* **13**:261-265.
- Omokanye, A. T., Balogun, R. O., Onifade, O. S., Afolayan, R. A., & Olayemi, M. E. 2001. Assessment of preference and intake of browse species by Yankasa sheep at Shika, Nigeria. *Small Rumin. Res.* **42**:203-210.
- O'reagain, P. J. 1993. Plant structure and the acceptability of different grasses to sheep. *J. Range Manage.* **46**:232-236.
- Orihuela, A., & Solano, J. J. 1999. Grazing and browsing times of goats with three levels of herbage allowance. *Applied Animal Behaviour Science* **61**:335-339.
- Osborne, B. C. 1984. Habitat use by red deer (*Cervus elaphus* L.) and hill sheep in the West Highlands. *J. Appl Ecol* **21**:497-506.
- Owens, M. K., Launchbaugh, K. L., & Holloway, J. W. 1991. Pasture characteristics affecting spatial distribution of utilization by cattle in mixed brush communities. *J. Range Manage.* **44** (2):118-123.
- Owen-Smith, N., & Cooper, S. M. 1989. Nutritional ecology of a browsing ruminant, the Kudu (*Tragelaphus strepsiceros*), through the seasonal cycle. *J. Zool. Lond.* **219**:29-43.
- Pacheco, L. F. 2000. A caprinicultura na aldeia de Rouças; problemática e perspectivas de desenvolvimento. Pages 132-144 in L. L. Graça and H. M. R. Santos, editors. Cadernos da Montanha Peneda 1. DRAEDM.
- Pacheco, L. F., & Xavier, D. 1999. Práticas de Pastoreio - Imaginar, Observar e aprender. DRAEDM - DPA.
- Papachristou, T. G. 1994. Foraging behaviour and nutrition of goats grazing on shrublands of Greece. Pages 83-90 in I. J. Gordon and R. Rubino, editors. Grazing behaviour of goats and sheep. CIHEAM /IAMZ, Zaragoza.
- Papachristou, T. G., & Nastis, A. S. 1993. Nutritive value of diet selected by goats grazing on Kermes oak shrublands with different shrub and herbage cover in Northern Greece. *Small Rumin. Res.* **12**:35-44.

- Papachristou, T. G., & Nastis, A. S. 1996. Influence of deciduous broadleaved woody species in goat nutrition during the dry season in northern Greece. *Small Rumin. Res.* **20**:15-22.
- Papachristou, T. G., & Papanastasis, V. P. 1994. Forage value of Mediterranean deciduous woody fodder species and its implication to management of silvo-pastoral systems for goats. *Agroforestry Systems* **27**:269-282.
- Papachristou, T. G., Platis, P. D., Papanastasis, V. P., & Tsiouvaras, C. N. 1999. Use of deciduous woody species as a diet supplement for goats grazing Mediterranean shrublands during the dry season. *Animal Feed Science and Technology* **80**:267-279.
- Papanastasis, V. P., & Nefzaoui, A. 2000. Role of woody forage plants and cactus in livestock feeding in arid and semi-arid Mediterranean areas. Pages 55-62 in F. Guessous, N. Rihani, and A. Ilham, editors. *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*. Wageningen Pers, Wageningen.
- Pardo, F., Gil, L., & Pardos, J. A. 2004. Structure and composition of pole-stage stands developed in an ancient wood pasture in central Spain. *Forestry* **77**:67-74.
- Parsons, A. J., Newman, J. A., Penning, P. D., Harvey, A., & Orr, R. J. 1994. Diet preference of sheep: effects of recent diet, physiological state and species abundance. *J. Anim. Ecol.* **63**:465-478.
- Peco, B., & Espigares, T. 1994. Floristic fluctuations in annual pastures: the role of competition at the regeneration stage. *Journal of Vegetation Science* **5**:457-462.
- Peco, B., Levassor, C., Casado, M. A., Galiano, E. F., & Pineda, F. D. 1983. Influences météorologique et géomorphologique sur la succession de pâturages de thérophytes méditerranéennes. *Ecologia Mediterranea* **IX (1)**:63-75.
- Pelliza-Sbriller, A., Bonino, N. A., Bonvissuto, G. L., & Amaya, J. N. 1984. Composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres y domésticos en el área de Pilcaniyeu (Rio Negro) I. Resultados de um año de muestreo. n° 429-432, IDIA.
- Penning, P. D., Parsons, A. J., Orr, R. J., & Treacher, T. T. 1991. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. *Grass and Forage Science* **46**:15-28.
- Perevolotsky, A., Brosh, A., Ehrlich, O., Henkin, Z., & Holzer, Z. 1993. Nutritional value of common oak (*Quercus calliprinos*) browse as fodder for goats: Experimental results in ecological perspective. *Small Rumin. Res.* **11**:95-106.
- Perevolotsky, A., & Etienne, M. 1999. La gestion raisonnée des parcours du Bassin Méditerranéen: Un défi pour le XXI^o siècle. Pages 129-136 in M. Etienne,

- editor. Dynamics and Sustainability of Mediterranean Pastoral Systems. CIHEAM, FAO, Univ. Extremadura, Zaragoza.
- Perevolotsky, A., Landau, S., Kababia, D., & Ungar, E. D. 1998. Diet selection in dairy goats grazing woody Mediterranean rangeland. *Applied Animal Behaviour Science* **57**:117-131.
- Pfister, J. A., & Malechek, J. C. 1986. Dietary Selection by Goats and Sheep in a Deciduous Woodland of Northeastern Brazil. *J. Range Manage.* **39**:24-28.
- Pfister, J. A., Malechek, J. C., & Balph, D. F. 1988. Foraging behaviour of goats and sheep in the Caatanga of Brazil. *Journal of Applied Ecology* **25**:379-388.
- Pfister, J. A., & Price, K. W. 1996. Lack of maternal Influence on lamb consumption of locoweed (*Oxytropis sericea*). *J. Anim. Sci.* **74**:340-344.
- Pillar, V. D., & Sosinski Jr., E. E. 2003. An improved method for searching plant functional types by numerical analysis. *Journal of Vegetation Science* **14**:323-332.
- Pineda, F. D., Casado, M. A., Peco, B., Olmeda, C., & Levassor, C. 1987. Temporal changes in therophytic communities across the boundary of disturbed-intact ecosystems. *Vegetatio* **71**:33-39.
- Pineda, F. D., Nicolas, J. P., Ruiz, M., Peco, B., & González Bernáldez, F. 1981. Succession, diversité et amplitude de niche dans les pâturages du centre de la péninsule ibérique. *Vegetatio* **47**:267-277.
- Pisani, J. M., Distel, R. A., & Didone, N. G. 2001. Goat preference for *Prosopis caldenia* and *Prosopis flexuosa*. *Journal of Arid Environments* **47**:173-179.
- Porta, J., López - Acevedo, M., & Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, 2ª edition. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Provenza, F. D. 1991. Viewpoint: range science and range management are complementary but distinct endeavors. *J. Range Manage.* **44**:181-183.
- Provenza, F. D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manage.* **48**:2-17.
- Provenza, F. D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. *J. Anim. Sci.* **74**:2010-2020.
- Provenza, F. D., Lynch, J. J., Burritt, E. A., & Scott, C. B. 1994. How goats learn to distinguish between novel foods that differ in postingestive consequences. *Journal of Chemical Ecology* **20** (3):609-624.
- Provenza, F. D., Lynch, J. J., & Cheney, C. D. 1995. Effects of a flavor and food restriction on the response of sheep to novel foods. *Applied Animal Behaviour Science* **43**:83-93.

Referencias

- Provenza, F. D., Villalba, J. J., Dziba, L. E., Atwood, S. B., & Banner, R. E. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity: Review. *Small Rumin. Res.* **49**:257-274.
- Pykala, J. 2000. Mitigating human effects on European biodiversity through traditional animal husbandry. *Conserv. Biol.* **14**:705-712.
- Pyke, G. H. 1984. Optimal foraging theory: a critical review. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **15**:523-575.
- Ramana, D. B. V., Singh, S., Solanki, K. R., & Negi, A. S. 2000. Nutritive value of some nitrogen and non-nitrogen fixing multipurpose tree species. *Animal Feed Science and Technology* **88**:103-111.
- Ramírez, R. G. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rumin. Res.* **34**:215-230.
- Ramírez, R. G., Haenlein, G. F. W., & Núñez-González. 2001. Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico. *Small Rumin. Res.* **39**:153-159.
- Ramírez, R. G., & Ledezma -Torres, R. A. 1997. Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep. *Small Rumin. Res.* **25** (1):43-50.
- Rebollo, S. 1996. Análisis de la estrategia de pastoreo de pequeños rumiantes domésticos considerando distintas escalas espaciales. Tesis Doctoral. Universidad de León, León.
- Rebollo, S., & Gómez Sal, A. 1998. Recent changes in transhumance systems: effects on mountain pasture management and conservation. Pages 312-317 in V. P. e. P. Papanastasis, D., editor. Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems.
- Rego, F. C. 1993. Trees and shrubs as food for grazing animals in Portugal. Pages 45-51 in Agricultural, Agrimed Research Programme. Commission of the European Communities, EUR 11 459.
- Rego, F. C., Castro, M., & Torres, F. 1991. Prescribed fire as a management tool in Portuguese oak forests. Pages 857 - 859 in IV^{ème} Congès International des Terres de Parcours. Association Française de Pastoralisme, Montpellier (France).
- Rego, F. C., Guerra, T. P., Torres, F., & Teixeira, A. C. 1990. O pastoreio em áreas de carvalho: Um ensaio na serra da Nogueira. *Pastagens e Forragens* **11**:73-77.
- Reyneri, A., Pascal, G., & Battaglini, L. M. 1994. Comparasion between sheep and cattle grazing behaviour in native low-mountains pasture. Pages 107-121 in I.

- J. Gordon and R. Rubino, editors. Grazing behaviour of goats and sheep. CIHEAM - IAMZ, Zaragoza.
- Reynolds, D. R., & Riley, J. R. 2002. Remote-sensing, telemetric and computer-based technologies for investigating insect movement: a survey of existing and potential techniques. *Computers and electronics in agriculture* **35**:271-307.
- Richards, R. T., & Huntsinger, L. 1994. Variation in BLM employee attitudes toward environmental conditions on rangeland. *J. Range Manage.* **47**:365-368.
- Richman, L. M., & Johnson, D. E. 1995. Diet selection by goats in the sagebrush steppe of eastern Oregon. *Small Rumin. Res.* **18**:7-17.
- Robbins, C. T., Hanley, T. A., Hagerman, A. E., Hjeljord, O., Baker, D. L., Schwartz, C. C., & Mautz, W. W. 1987a. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in protein availability. *Ecology* **68 (1)**:98-107.
- Robbins, C. T., Mole, S., Hagerman, A. E., & Hanley, T. A. 1987b. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology* **68 (6)**:1606-1615.
- Rodrigues, O. 2003. A agricultura e o uso da terra na região de Alto Trás-os-Montes. IDARN, Vila do Conde.
- Rodríguez - Iglesias, R. M. K., M. M. 1998. Best linear unbiased prediction of herbivore preferences. *J. Range Manage.* **51 (1)**:19-28.
- Rodríguez, C., Leoni, E., Lezama, F., & Altesor, A. 2003. Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science* **14**:443-440.
- Rodríguez, M. A., Alvarez, J., Yanguas, M. A. M., & Gómez Sal, A. 1990. Correspondencia entre Comunidades de Pasto y Tipos de Biotopo en un Valle de Montaña de Leon. Pages 117-123 in S.E.E.P., editor. XXX Reunion Cientifica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, San Sebastián.
- Rook, A. J., & Penning, P. D. 1991. Synchronisation of eating, ruminating and idling activity by grazing sheep. *Applied Animal Behaviour Science* **32**:157-166.
- Roothaert, R. 1999. Feed intake and selection of tree fodder by dairy heifers. *Animal Feed Science and Technology* **79 (1-2)**.
- Rout, P. K., Mandal, A., Singh, L. B., & Roy, R. 2002. Studies on behavioral patterns in Jamunapari goats. *Small Rumin. Res.* **43**:185-188.
- Ryder, M. L. 1984. Sheep. Pages 63-84 in I. L. Mason, editor. Evolution of Domesticated Animals. Longman, London and New York.

- San-Miguel, A., Roig, S., & González, S. 2000. Efecto de mejoras pastorales sobre la dieta de una población de ciervos (*Cervus elaphus* L.) de los montes de Toledo. Pages 749-754 in 3ª Reunião Ibérica de pastagens e forragens, Bragança - A Coruña - Lugo.
- Santa Regina, I. 2000. Biomass estimation and nutrient pools in four *Quercus pyrenaica* in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain. *Forest Ecology and Management* **132**:127-141.
- Santos, J. Q. 1965. Aspectos de correção de acidez do solo. *An. Inst. Sup. Agron.* **27**:11-67.
- Schulte, E. E. 1980. Recommended soil organic matter tests. Bull. 499 (revised). Pages 28-30 in W. C. Dhanke, editor. Recommended chemical soil tests procedures for the North Central Region. N. Dakota S U, Fargo.
- Senft, R. L., Coughenour, M. B., Bailey, D. W., Rittenhouse, L. R., Sala, O. E., & Swift, D. M. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience* **37** No. 11:789-799.
- Senft, R. L., Rittenhouse, L. R., & Woodmansee, R. G. 1985. Factors Influencing Patterns of Cattle Grazing Behavior on Shortgrass Steppe. *J. Range Manage.* **38**:82-87.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. 1963. The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana.
- Sharma, K., Saini, A. L., Singh, N., & Ogra, J. L. 1998. Seasonal variations in grazing behaviour and forage nutrient utilization by goats on a semi-arid reconstituted silvipasture. *Small Rumin. Res.* **27**:47-54.
- Shinde, A. K., Karim, S. A., Patnayak, B. C., & Mann, J. S. 1997. Dietary preference and grazing behaviour of sheep on *Cenchrus ciliaris* pasture in a semi-arid region of India. *Small Rumin. Res.* **26**:119-122.
- Sibbald, A. M., Shellard, L. J. F., & Smart, T. S. 2000. Effects of space allowance on the grazing behaviour and spacing of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* **70**:49-62.
- Sidahmed, A. E., Morris, J. G., & Radosevich, S. R. 1981. Summer Diet of Spanish Goats Grazing Chaparral. *J. Range Manage.* **34** (1).
- Sigaut, F. 1987. L'arbre fourrager en Europe: rôle et évolution des techniques. Pages 45 - 54 in AFPPF, editor. La Forêt et l'Élevage en Région Méditerranéenne Française.
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin. Res.* **35**:181-193.

- Silanikove, N., Gilboa, N., Perevolotsky, A., & Nitsan, Z. 1996. Goats fed tannin-containing leaves do not exhibit toxic syndromes. *Small Rumin. Res.* **21**:195-201.
- Silva, A. A. 1967. Determinação da textura do solo. Método da pipeta de Robinson. *Pedologia* **2**:129-139.
- Singh, P., Verma, A. K., Pathak, N. N., & Biswas, J. C. 1998. Nutritive value of oak (*Quercus semecarifolia*) leaves in pashmina Kids. *Animal Feed Science and Technology* **72**:183-187.
- Skogland, T. 1984. Wild reindeer foraging-niche organization. *Holarctic ecology* **7** (4):345-379.
- Smit, A., & Kooijman, A. M. 2001. Impact of grazing on the input of organic matter and nutrients to the soil in a grass-encroached Scots pine forest. *Forest Ecology and Management* **142**:99-107.
- Sostaric, K., & Kovacevic, J. 1974. La méthode "Complex" pour la détermination de la qualité et de la valeur globale des herbages et des prairies temporaires. *Fourrages* **60**:3-25.
- Steiner, I., Burgi, C., Werffeli, S., Dell'Omo, G., Valenti, P., Troster, G., Wolfer, D. P., & Lipp, H.-P. 2000. A GPS logger and software for analysis of homing in pigeons and small mammals. *Physiology & Behaviour* **71**:589-596.
- Stephens, D. W., & Krebs, J. R. 1986. Foraging theory. University Press, Princeton (USA).
- Stringi, L., Amato, G., Giambalvo, D., & Accardo, A. 1994. Behaviour and phenotypic variability of some *Medicago arborea* populations in Sicily. Pages 51-60 in V. Papanastasis and L. Stingi, editors. Fodder trees and shrubs. CIHEAM, Zaragoza.
- Sumner, M. E., & Miller, W. P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. Pages 1201-1230 in D. L. Sparks, editor. Methods of Soil Analysis. Part 3 - Chemical methods. SSSA, Madison.
- Teixeira, A. C., Castro, M., & Castro, J. F. 2001. PAMAF 7102 - Utilização silvopastoril das florestas autóctones de Trás-os-Montes: seu estudo integrado. Relatório final. ESAB, Bragança.
- Teixeira, A. C., Delfa, R., & Treacher, T. 1996. Carcass composition and body fat depots of Galego Bragançano and crossbred lambs by Suffolk and Merino Precoce sire breeds. *Anim. Sci.* **63**:389-394.

Referencias

- Teixeira, A. J. C. 1991. Contributo para a classificação etnológica dos ovinos churros portugueses, mediante distâncias morfométricas do esqueleto cefálico e do osso metacarpo. Tese de Doutoramento. UTAD, Vila Real.
- Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* **67**:1167-1179.
- Ter Braak, C. J. F. 1994. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecoscience* **1**:127-140.
- Terril, C. E. 1968. Adaptacion of sheep and goats. in E. S. E. Hafez, editor. *Adaptation of Domestic Animals*. Lea and Febiger, Philadelphia, USA.
- Tiago, A. C. 1987. Pastos Arbóreos. Fautor para a valorização da Pecuária em Trás-os-Montes. Relatório final de Estágio UTAD, Vila Real.
- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* **18**:104-111.
- Torquebiau, E. F. 2000. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *C.R.Acad.Sci. Paris, Sciences de la vie* **323**:1009-1017.
- Torres, F., & Rego, F. C. 1999. Les arbustives légumineuses du Nord du Portugal: Une révision sur leur importance fourragère. Pages 165-170 in *Dynamics and Sustainability of Mediterranean Pastoral Systems*. CIHEAM, FAO, Univ. Extremadura, Zaragoza.
- Tsiouvaras, C. N., Havlik, N. A., & Bartolome, J. W. 1989. Effects of goats on understory vegetation and fire hazard reduction in a coastal forest in California. *For. Sci.* **35**:1125-1131.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Weed, D. A. 1980. *Flora Europaea*, Cambridge University Press edition, Cambridge.
- van Dyne, G. M., & Torell, D. T. 1964. Development and use of the esophageal fistula: a review. *J. Range Manage.* **17**:7-19.
- van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2^a edition. O e B Books, Inc, Oregon, USA.
- van Soest, P. J., & Wine, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **50**:50-55.
- Vavra, M., & Holechek, J. L. 1980. Factors influencing microhistological analysis of herbivore diets. *J. Range Manage.* **33 (5)**:371-374.

- Vavra, M., Rice, R. W., & Hansen, R. M. 1978. A comparison of esophageal fistula and fecal material to determine steer diets. *J. Range Manage.* **31**:11-13.
- Ventura, M. R., Castañon, J. I. R., Muzquiz, M., Mendez, P., & Flores, M. P. 2000. Influence of alkaloid content on intake of subspecies of *Chamaecytisus proliferus*. *Animal Feed Science and Technology* **85**:279-282.
- Vera, F. W. M. 2000. *Grazing Ecology and Forest History*. CAB International, wallingford.
- Vermeer, J. G., & Berendse, F. 1983. The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grasslands and wetland communities. *Vegetatio* **53**:121-126.
- Villalba, J., & Provenza, F. D. 1999a. Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* **63**:145-163.
- Villalba, J. J., & Provenza, F. D. 1999b. Nutrient-specific preferences by lambs conditioned with intraruminal infusions of starch, casein, and water. *J. Anim. Sci.* **77**:378-387.
- Villalba, J. J., & Provenza, F. D. 2001. Preference for polyethylene glycol by sheep fed a quebracho tannin diet. *J. Anim. Sci.* **79**:2066-2074.
- Walker, J. W. 1995. Viewpoint: grazing management and research now and in the next millennium. *J. Range Manage.* **48**:350-357.
- Wallis de Vries, M. F., Bakker, J. P., & van Wieren, S. E., editors. 1998. *Grazing and conservation management*. Kluwer, Dordrecht.
- Wang, J., & Provenza, F. D. 1996. Food preference and acceptance of novel foods by lambs depend on the composition of the basal diet. *J. Anim. Sci.* **74**:2349-2354.
- Warren, J. T., & Mysterud, I. 1991. Summer habitat use and activity patterns of domestic sheep on coniferous forest range in Southern Norway. *J. Range Manage.* **44** (1):2-6.
- Westoby, M. 1974. An analysis of diet selection by large generalist herbivores. *Am. Nat.* **108**:290-304.
- Westoby, M. 1978. What are the biological bases of varied diets? *Am. Nat.* **112**:627-631.
- White, G. C., & Garrott, R. A. 1990. *Analysis of Wildlife Tracking Data*. Academic Press, San Diego.
- Wise, D. H., & Schaefer, M. 1994. Decomposition of leaf litter in a mull beech forest: comparison between canopy and herbaceous species. *Pedobiologia* **38**:269-288.

Referencias

- Yiakoulaki, M. D., & Nastis, A. S. 1995. Intake by goats grazing Kermes oak shrublands with varying cover in Northern Greece. *Small Rumin. Res.* **17**:223-228.
- Zemmelink, G., & Mannelje, L. 2002. Value for animal production (VAP): a new criterion for tropical forage evaluation. *Animal Feed Science and Technology* **96**:31-42.
- Zervas, G. 1998. Quantifying and optimizing grazing regimes in Greek mountain systems. *J. Appl Ecol* **35**:983-986.
- Zucker, W. V. 1983. Tannins: does structure determine function - An ecological perspective. *Am. Nat.* **121**:335-365.