

CAPÍTULO 8

MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS, SU CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y VALORACIÓN

D. Gómez

Escalas de estudio

El estudio de los pastos puede ser abordado a distintos niveles o escalas. La selección de la escala dependerá de los objetivos del estudio y también del tiempo y de los medios disponibles para llevarlo a término. Como resulta evidente, un mayor nivel de detalle en la aproximación proporcionará una información mucho más precisa y permitirá analizar los procesos y obtener los datos con mucha mayor efectividad. Un estudio muy detallado de los diferentes niveles en que podemos interpretar los pastos resultará necesario para

determinar aspectos de gran complejidad como, por ejemplo, la distribución espacial y temporal del ganado que resulte más apropiada en un espacio natural protegido.

Sea cual sea la escala elegida, hay que tener presente que ésta condiciona o determina los distintos aspectos que vamos a considerar, su percepción y su medición. Piénsese, por ejemplo, en la vegetación y en las distintas perspectivas que ofrece considerarla a gran escala –nivel de paisaje– o con más detalle –nivel de población, especie o individuo-. Cuanto mayor sea el detalle mayor será el número de teselas de vegetación que podremos delimitar y el de comunidades vegetales que habrá que distinguir. En cierta manera, cabe decir que nuestra interpretación está mediatisada –en el sentido de deformada– por la escala y los métodos que utilicemos para el estudio.

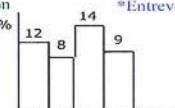
Nivel de Estudio	Objetivo	Metodología								
Paisaje general	*Caracterización general del área de estudio (climatología, geología, suelos, flora, vegetación, etc.)	*Definición de unidades *Fotointerpretación *Comprobación en terreno *Inventarios vegetación *Caracterización de suelos *Elaboración de mapas *Elaboración del GIS								
Unidad pastoral	*Evaluar el interés forrajero y ecológico de los pastos *Determinar la carga, y otros aspectos para la gestión	*Tipificación y distribución de los pastos y los herbívoros (Inventarios de vegetación, GIS, índices tipo NDVI, etc) *Seguimiento de rebaños *Entrevistas								
Comunidad vegetal	*Determinar la estructura y abundancia de los pastos *Valoración forrajera y ecológica	%  <table border="1"><tr><td>1</td><td>12</td></tr><tr><td>2</td><td>8</td></tr><tr><td>3</td><td>14</td></tr><tr><td>4</td><td>9</td></tr></table>	1	12	2	8	3	14	4	9
1	12									
2	8									
3	14									
4	9									
Planta	*Caracterización plantas con mayor interés ecológico y forrajero *Valoración	*Muestreos "point quadrat" en parcelas seleccionadas *Siegas periódicas *Análisis químicos *Definición y uso de índices								

Fig. 8.1. Esquema de algunas “escalas de estudio” que se pueden considerar en la investigación de los pastos.

Vamos a revisar a continuación brevemente las tres escalas de estudio que se utilizan de forma más habitual, la información que puede obtenerse de cada una y los métodos necesarios para obtener esa información y manejarla adecuadamente (*figura 8.1*).

Escala de paisaje

La escala de paisaje, de “puerto” o de “unidad mayor” de pastoreo abarca muchas veces el conjunto del territorio de estudio y puede comprender grandes superficies (del orden de kilómetros cuadrados o, al menos, de algunas decenas de hectáreas). A esta escala, nuestro primer objetivo de estudio es conocer qué vegetación hay, dónde se sitúa y qué relaciones guarda con su ambiente. En las montañas del Pirineo, nos encontraremos con la existencia de distintos tipos de vegetación fácilmente reconocibles a “primera vista” y probablemente varias especies de animales pastadores (vacas, ovejas, yeguas, sarrios) en rebaños de centenares o miles de ejemplares. Además, podremos analizar la complejidad en la estructura geológica, topográfica, climática, etc. que, a su vez, condicionarán los tipos de pasto, su distribución, producción y fenología. Este suele ser el caso en las zonas montañosas y, por tanto, la primera tarea consistirá en reunir la información escrita disponible, más los mapas y fotografías que nos permitan separar en distintas unidades los factores más determinantes para nuestro estudio.

El clima general del territorio viene definido por el régimen de precipitaciones y temperaturas y su importancia para los pastos ya se ha tratado en el capítulo sexto de este libro. Respecto a la topografía, los Modelos Digitales del Terreno proporcionan información sobre la altitud, orientación y pendiente y permiten su clasificación en distintas clases junto a su análisis espacial. El uso de mapas geológicos y de suelos resultará imprescindible para

comprender la distribución de la vegetación, la producción, la disponibilidad de agua y otros aspectos de interés en el estudio pastoral. Respecto a la vegetación, es imprescindible disponer de una cartografía precisa; para lo cual, si no existe ninguna realizada previamente, habrá que decidir también la escala y las unidades o tipos de pasto a considerar. Con la escala cabe la misma consideración hecha al principio del capítulo: cuanto más detallada sea, mayor será la información obtenida pero mayor habrá de ser el esfuerzo de muestreo.



Fig. 8.2. El uso de ortofotos digitales facilita la elaboración de mapas de vegetación a escalas muy detalladas (la imagen corresponde a la unidad pastoral de la “Capradiza” en el P.N. de Ordesa-Monte Perdido).

Sea como fuere, una escala 1:25.000 resultaría la mínima precisión a considerar en un territorio muy extenso. Para áreas pastorales de unos pocos km² o más pequeñas, resulta muy recomendable manejar escalas de 1:10.000, 1:5.000 o incluso 1:2.000. La reciente generalización en muchas regiones de ortofotos aéreas digitales, en color o blanco y negro, ahorran una buena parte del esfuerzo que, hasta hace pocos años, había que realizar con los fotogramas convencionales. Pero, en cualquier caso, la gran similitud en las fotografías de muchos tipos de vegetación exige la comprobación “sobre el terreno” de las distintas teselas. En otro apartado de este capítulo se explica cómo abordar las unidades de los pastos. Hay que señalar que la disponibilidad de mapas de vegetación del mismo territorio

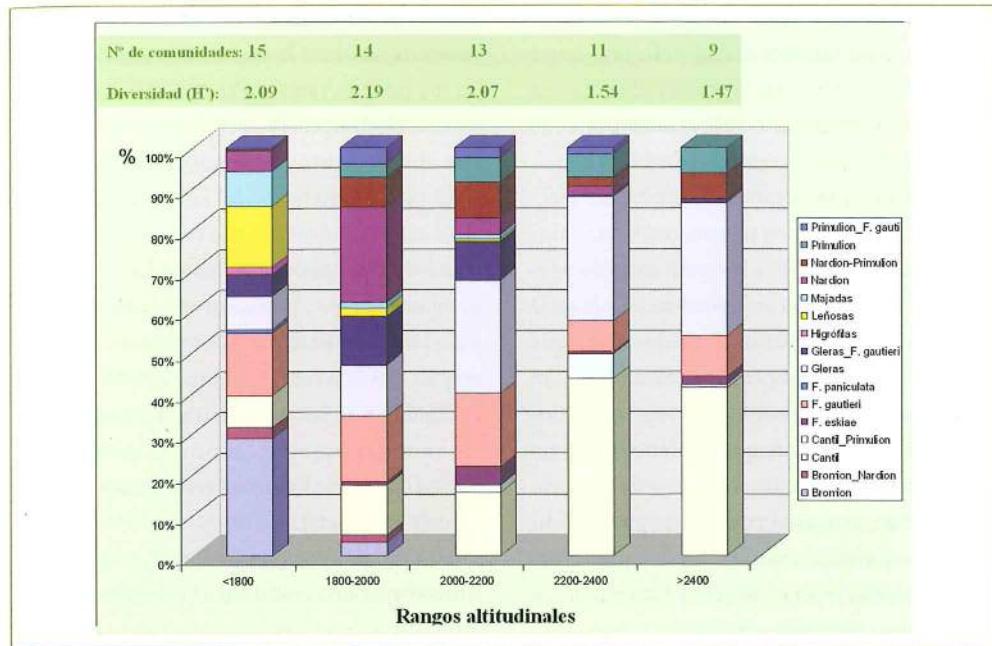


Fig. 8.3. Esquema simplificado de la distribución altitudinal de los pastos en el Valle de Aisa. Sobre cada columna se indica el número de comunidades presente en cada rango altitudinal y la diversidad (índice de Shannon) de comunidades calculada a partir de la superficie ocupada por cada tipo de pasto.

o de zonas aledañas puede constituir una buena guía para decidir las unidades a contemplar.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten en la actualidad manejar de forma relativamente rápida y efectiva distintas capas de información y realizar un análisis espacial “superponiendo” las variables consideradas para buscar relaciones entre ellas. Una vez organizado el SIG con las capas de información mencionadas, ya podremos conocer con relativa facilidad la superficie ocupada por cada tipo de pasto, su distribución en un gradiente altitudinal (tal como muestra la figura 8.3), la relación con la orientación, la pendiente, los tipos de suelo, etc.

Escala de comunidad vegetal

La escala de comunidad vegetal o tipo de pasto deberemos abordarla en un siguiente nivel para conocer “en qué consiste” cada tipo de pasto y cómo se puede distinguir de los

demás. En esta escala deberemos analizar la estructura de las comunidades vegetales y su dinámica, aspectos que se detallan más adelante. También en este nivel hay que caracterizar con mayor precisión el medio físico (orientación y pendiente media, tipo de sustrato, espesor del suelo, duración de la cubierta de nieve, humedad a lo largo del año, etc.) y la estructura de cada comunidad (cobertura de la vegetación, organización espacial, composición florística, diversidad, abundancia de los distintos grupos funcionales, características y ritmos de la fenología, biomasa, producción primaria) y las distintas variables que definen el valor forrajero. Todos estos aspectos resultan necesarios para conocer y valorar la calidad ecológica y nutritiva de los pastos.

Escala de especie

Por último, la escala de especie nos debe permitir conocer en detalle características de cada planta, tanto en lo que concierne a aspectos

ecológicos como productivos. La calidad e idoneidad del pasto vendrá definida, entre otros aspectos, por la presencia y abundancia de plantas preferidas o rechazadas por cada tipo de ganado. A este nivel habrá que considerar los distintos órganos de la planta y efectuar análisis químicos para conocer su valor nutritivo que se explica más adelante, la presencia de metabolitos secundarios, etc. El ciclo fenológico de las plantas, es decir en qué fechas y durante cuánto tiempo desarrollan sus distintas fases (crecimiento vegetativo, floración, fructificación, agostamiento) y cómo varía la calidad nutritiva a lo largo de ese ciclo son también aspectos importantes para definir los pastos y ajustar calendarios de utilización. Como resulta evidente, muchos factores de los que hemos mencionado para la escala de comunidad no podrán ser definidos sin haber trabajado previamente a este nivel de mayor precisión.

Concepto de comunidad vegetal

Antes de abordar la estructura y la dinámica de los pastos, vamos a tratar el concepto de comunidad vegetal tan repetido a lo largo de este libro y de otros muchos textos de vegetación. Su uso y utilización en la geografía y en la botánica es muy antiguo (anterior a la clasificación de Linneo) y ha sido objeto de muchos debates y polémicas durante el último siglo. Como sucede con otros conceptos de amplia utilización, no disponemos de una definición precisa y generalmente aceptada de “comunidad vegetal”. Su propia existencia es puesta en tela de juicio en algunos ámbitos de la ecología vegetal.

De una manera sencilla, podemos admitir que una comunidad vegetal es el conjunto de plantas que prospera en un determinado hábitat y que, a su vez, puede ser caracterizado por una serie de factores ecológicos. Así, por ejemplo, podemos definir la comunidad vegetal de las plantas que viven en una ladera pedregosa caliza con una determinada

Información previa a una ordenación de pastos

Escala de puerto

- Definición de las unidades (tipos de pasto) a considerar.
- Cartografía de la zona de estudio. Elección de la escala apropiada
- Cartografía de la utilización pastoral; área ocupada por las distintas especies, rebños, etc y su variación temporal.

Escala de comunidad vegetal

- Caracterización topográfica de los pastos.
- Estructura y composición florística.
- Desarrollo fenológico a lo largo del período vegetativo.
- Determinación de la biomasa y la producción primaria.
- Grado de utilización de los herbívoros.
- Estima del valor pastoral y ecológico.

Escala de planta

- Selección de las especies más abundantes y mayor interés.
- Grado de utilización por los herbívoros.
- Comportamiento fenológico.
- Valor ecológico y pastoral.

Fig. 8.4. Resumen de los objetivos del estudio de una zona pastoral encaminado a realizar una ordenación de pastos, considerando las distintas escalas de aproximación del estudio.

orientación, pendiente y altitud mediante un listado de las especies, su abundancia, fisonomía, etc. Esta coincidencia de plantas en un determinado ambiente, debe ser entendida, más que como una “cooperación” con una “finalidad común”, tal como fue interpretada en algunos momentos, como una “coexistencia” de seres con ciertos requerimientos ambientales similares que pueden mostrar distintas adaptaciones, relaciones de competencia, formas de vida, etc., pero también ciertas similitudes en cuanto a su morfología y estructura.

La complicación surge cuando se necesita precisar el concepto de hábitat, ya que los factores que los caracterizan pueden ser complejos o poco conocidos y, además, habrá que considerar sus interacciones y las distintas manifestaciones que el suelo, el clima o la topografía pueden presentar en determinados lugares o momentos. Por otra parte, no todas las plantas han alcanzado todos los territorios y, por tanto, la flora presente en un determinado hábitat guardará relación con su situación geográfica y la historia del lugar donde se encuentre. Además, en el caso de los pastos, habrá que considerar de forma muy especial el papel de los herbívoros cuya actuación más o menos prolongada condiciona como hemos visto la propia estructura y evolución de la vegetación.

A pesar de todas estas dificultades, el concepto de comunidad vegetal está ampliamente extendido y resulta muy útil -quizás imprescindible- para acometer la interpretación de nuestro entorno.

Estructura de los pastos

La estructura de las comunidades vegetales es

la organización espacial de las plantas que la constituyen y puede ser definida mediante numerosos aspectos cuya medición puede abordarse por distintas

vías (por ej.: Mueller-Dombois y Ellenberg, 2002). En este capítulo vamos a considerar sólo los que resultan más usuales en el estudio de los pastos y, en concreto, los más útiles para separar las distintas unidades de pastos a partir de características conspicuas y de cuantificación sencilla:

Cobertura: mide la “extensión” de la vegetación en términos de superficie de suelo cubierta por las plantas; en general se expresa en porcentaje o fracción del área de estudio. Más en detalle, la cobertura de una especie se define a partir de la superficie que ocupa su proyección sobre el suelo -la de su área basal o la de su copa en el caso de un árbol-. No hay que confundir la cobertura con la densidad o número de individuos por unidad de superficie.

Altura de la vegetación: muchas veces se refiere sólo a la altura de las hojas sobre el suelo, pero en el caso de los pastos es conveniente registrar también la de las inflorescencias. La altura, al igual que la cobertura, puede ser medida a lo largo de un transecto o en puntos seleccionados al azar. Ambos parámetros definen un primer nivel fisionómico de las comunidades vegetales y permiten su separación rápida y sencilla aunque insuficiente por la variación espacial que pueden presentar. Por otra parte, altura y cobertura guardan una estrecha relación con la biomasa o cantidad de materia vegetal de un pasto y condicionan el régimen de pastoreo por los distintos requerimientos y adaptaciones de los herbívoros.

Composición florística: en su forma más sencilla se expresa mediante la lista de plantas presentes en una determinada comunidad vegetal. Esta lista puede recoger

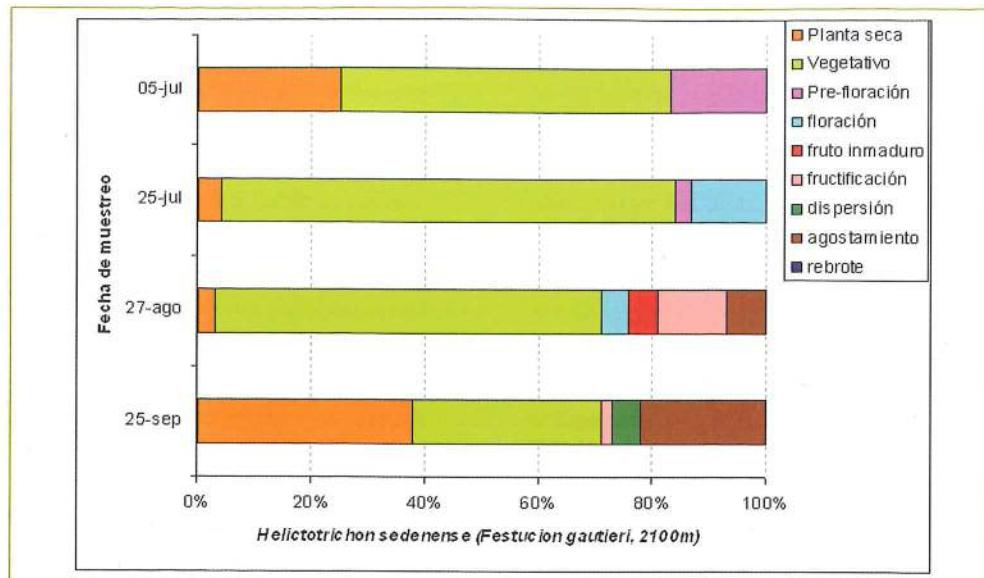


Fig. 8.5. Desarrollo fenológico de *Helictotrichon sedenense* en pastos del *Festucion gautieri* del Valle de Aísa (Pirineo de Huesca). Debido a la altitud de la estación muestreada (2100 m), se observa el máximo desarrollo vegetativo en la segunda quincena de Agosto, mientras que a finales de Septiembre más de la mitad de los ejemplares aparecen secos o en período de agostamiento.

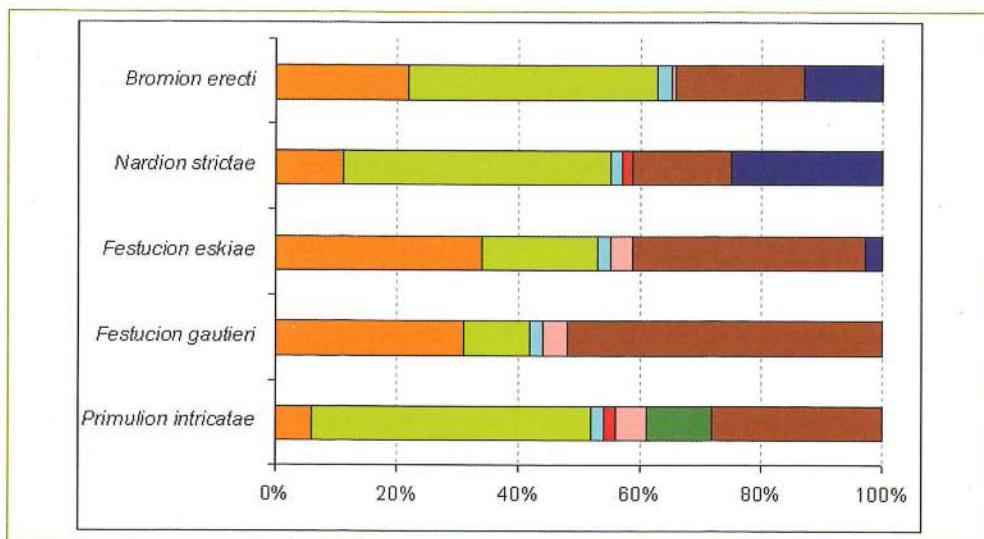


Fig. 8.6. Espectro fenológico de algunos tipos de pasto en el Valle de Aísa el 15 de septiembre de 1991. La leyenda de colores es la misma que en la figura anterior. Puede observarse que en esa fecha, los pastos del *Festucion eskiiae* y *F. gautieri* presentan un grado de agostamiento mucho mayor que el resto.

de forma pormenorizada las especies presentes o bien la de grupos fisonómicos, funcionales (por ejemplo “gramíneas”, “leguminosas” y “otras especies”, o monocotiledóneas-dicotiledóneas). Una descripción más detallada

de la composición florística deberá indicar la abundancia de cada planta mediante el uso de alguna escala numérica, como la que se explica más adelante para el caso de los inventarios fitosociológicos y otras aproximaciones

metodológicas que suelen utilizar la cobertura de cada especie.

Diversidad: es unos de los parámetros más utilizados actualmente en ecología para definir la estructura y comparar comunidades. En este mismo capítulo, más adelante, se hace una mención detallada de este concepto y de su medición.

Fenología: define las distintas fases por las que pasa una planta a lo largo de su desarrollo que suelen seguir un ritmo periódico (brotación, floración, dispersión de semillas, agostamiento, etc.) más o menos similar a lo largo de los años. El desarrollo fenológico tiene una gran importancia no sólo en el aspecto que una comunidad vegetal presenta en un determinado momento sino también en su calidad nutritiva que varía a lo largo de dicho desarrollo y, por tanto, en el aprovechamiento temporal de los recursos pascícolas. La fenología de la comunidad viene definida por la de las distintas plantas que la componen y está muy influenciada por las características morfológicas y fisiológicas de las especies y también por los factores climáticos del entorno y su variación anual. En general, las plantas de los pastos permanecen con la parte aérea seca durante todo el otoño, invierno y parte de la primavera y completan su ciclo vegetativo a lo largo del verano (*figuras 8.5 y 8.6*). Con la altitud se produce un retraso y un acortamiento del desarrollo fenológico que queda reducido a unas pocas semanas en las zonas más elevadas. No obstante lo anterior, podemos encontrar algunas excepciones a este comportamiento general, especialmente en los geófitos (plantas con bulbo o rizoma) y en las escasas plantas anuales de las zonas altas.

Biomasa y producción primaria: La biomasa es la cantidad de materia vegetal presente en una determinada superficie y en un determinado momento. Se expresa en unidades de peso de materia seca por superficie (g/m^2 , kg/ha , etc.). Por lo general, la medida de la biomasa se reduce solo a la de la parte aérea (“*aboveground*”) por la dificultad de acceder a la materia subterránea (rizomas, bulbos, raíces, etc.) y porque, en general, ésta no tiene interés para la utilización pastoral. Puede distinguirse la biomasa “verde” de la “seca” o de la “muerta” -necromasa-. Como se comprende fácilmente, la biomasa es un aspecto muy importante a la hora de evaluar el interés pastoral de las distintas comunidades vegetales y la potencialidad de su aprovechamiento por los diferentes herbívoros. La diferencia de biomasa en un intervalo de tiempo es la “producción” (a veces denominada “productividad”). Habitualmente se denomina “producción primaria” el crecimiento neto de la vegetación en un período vegetativo (por lo general un año) y se expresa en peso por unidad de superficie y tiempo (por ejemplo g/m^2 y año). Tanto la biomasa como la producción primaria se suelen estimar a partir de la siega de parcelas en la zona de estudio para su posterior secado y pesaje. Un mayor detalle sobre estas dos variables y su medición se explica en el *capítulo 12*.

Métodos para estimar la estructura de los pastos

Existen distintos métodos para medir la estructura de la vegetación y, más en concreto, la de los pastos. En otros capítulos de este libro se mencionan algunos de ellos destinados a cuantificar la composición florística y

la contribución específica de los prados y pastos; más adelante se explica en detalle el uso de la metodología fitosociológica a partir de la realización de inventarios de vegetación. Sea cual sea la metodología elegida, un asunto previo de gran interés es la selección de la zona y del área de muestreo, de manera que resulten representativas del territorio que se pretende estudiar. En algunos casos esta representatividad se asume a partir de la experiencia del “muestreador” que decide la zona de estudio tal como se hace muchas veces en los inventarios de vegetación. En otros casos resultará más conveniente seleccionar varias parcelas “al azar” a modo de repeticiones mediante un diseño previo sobre el mapa, la fotografía aérea o directamente sobre el terreno.

Una vez seleccionada la zona de estudio se puede proceder a definir la composición florística. Entre los métodos más usados para conocer las especies presentes, su frecuencia y cobertura vegetal en comunidades herbáceas, podemos citar el de los “cuadrados” o “distribución en un cuadrado” que utiliza un bastidor de 1 m de lado dividido por una fina cuerda en 100 cuadrados de 1 dm², que a su vez pueden subdividirse en cm², etc. Para cada especie se estima el número de cuadrados ocupados lo que dará una medida directa de su cobertura.

Lógicamente, tanto el tamaño del cuadrado mayor como el de las subdivisiones a considerar deben adecuarse al tipo de vegetación y a los objetivos del estudio. Por otra parte, en superficies grandes convendrá intensificar el muestreo y repetir el número de cuadrados por toda la zona de estudio o por las distintas comunidades de pastos; en este caso habrá que decidir si el muestreo se realiza de manera aleatoria o sistemática.

Los “transectos” o “inventarios lineares” se efectúan a lo largo de una línea trazada en

la zona de estudio, por ejemplo con una cinta métrica, sobre la que se consideran puntos de muestreo definidos mediante un intervalo determinado (1 cm, 10 cm, etc.) en el que se realiza la toma de datos en un cuadrado o en un punto. El método denominado “point quadrat” es uno de los más tradicionales utilizados en los estudios de vegetación (Goodall, 1952) y también uno de los más extendidos; su precisión debe ser ajustada a la superficie del estudio, de manera que puede realizarse a lo largo de unos pocos centímetros o bien de centenares de metros, como en el ejemplo que se muestra más adelante y que corresponde a un estudio realizado en el Valle de Aísa (Huesca). Estos transectos lineares son especialmente útiles cuando se pretende interpretar los cambios en la vegetación a lo largo de un gradiente, ya sea topográfico (altitudinal, de pendiente), edáfico (espesor del suelo, pH) o bien de uso por los herbívoros.

El método del “point quadrat” requiere realizar contactos sobre la vegetación mediante la proyección de una aguja de forma perpendicular al suelo o bien con otra inclinación determinada previamente (*figura 8.7a y b*). El intervalo espacial para efectuar los contactos se elige en relación con el tipo de vegetación, la longitud del transecto y la precisión que se requiera en el estudio. En los prados se realizan a veces muestreos muy precisos sobre transectos fijos de 1 m, realizando los contactos cada cm (en otras ocasiones cada 2 o 5 cm); en estudios de pastos extensivos la longitud de los transectos es, como ya se ha comentado, mucho mayor (hasta 100 o 200 m) y en este caso los “contactos” se pueden efectuar cada 10 o 20 cm. La distancia entre los contactos vendrá determinada por el esfuerzo de muestreo que se quiera realizar y por el tipo de vegetación de que se trate, ya que cuando existe predominio de plantas con reproducción vegetativa y crecimiento clonal (el cervuno,

Inventarios lineares con el método del “point quadrat”



Datos tomados en cada contacto

- * Nombre de la planta contactada (o suelo, roca, etc)
- * Longitud de la hoja contactada
- * Estado vegetativo:
 - hojas
 - con botones florales
 - en floración
 - floración-fructificación
 - frutos maduros
 - frutos abiertos y semillas dispersadas
 - planta agostada
 - planta muerta
- * Grado de utilización por los herbívoros:
 - no consumida
 - consumida
 - muy consumida

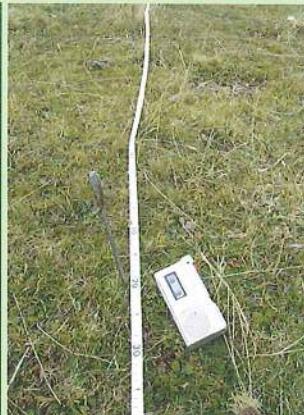


Fig. 8.7a. Muestreo de la vegetación mediante inventarios o transectos lineares con “point quadrat”. En el presente esquema, los transectos se han realizado en dos ejes perpendiculares de 200 m y en cada punto muestreado se han recogido los parámetros señalados en el cuadro del centro. En la fotografía de la derecha se puede observar una cinta métrica para dirigir el muestreo junto a una grabadora de voz que permite optimizar la toma de datos por un único muestreador.

por ejemplo), una distancia más corta tenderá a sobreestimarlas en detrimento de las especies de menor tamaño y abundancia más escasa. En cada uno de estos puntos muestreados, se anotan los valores correspondientes a una serie de parámetros como los que se señalan en la

Figura 8.7a. El tratamiento posterior de estos datos permite establecer aspectos estructurales de la vegetación, tal como se refleja en la tabla 8.1 correspondiente a un área pastoral del Valle de Aísa. Otro aspecto que hay que decidir en esta metodología es si el “contacto” se limita

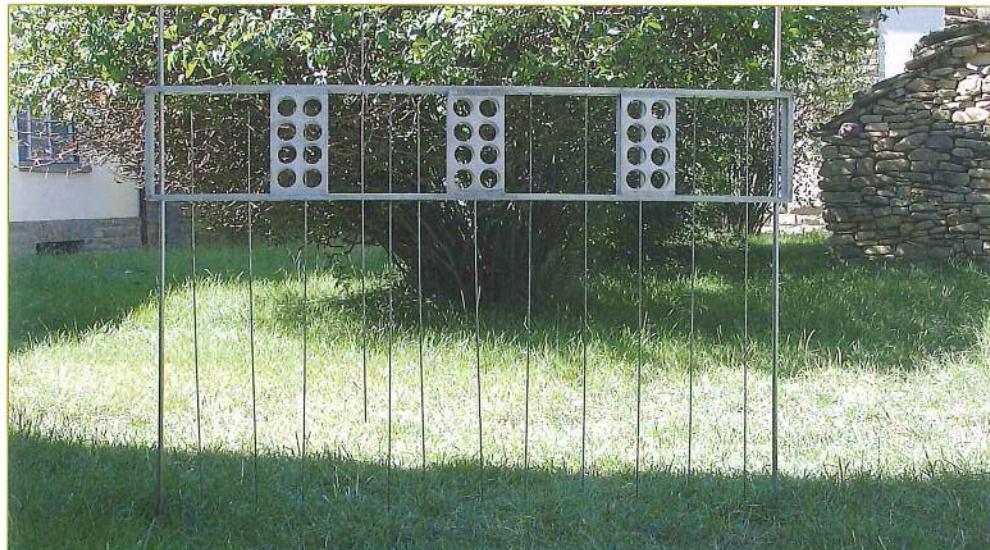


Fig. 8.7b. Marco para hacer muestritos de “point quadrat”. Las agujas se hacen incidir sobre la vegetación para conocer la composición florística y otros aspectos de su estructura.

Tabla 8.1. Listado parcial de vegetación (se han representado solo las especies ordenadas alfabéticamente hasta la letra "f") obtenido en un transecto linear mediante "point quadrat" realizado en Julio de 1991 y correspondiente a un pasto dominado por *Festuca nigrescens* en el Valle de Aísa. La primera columna muestra las especies contactadas; la segunda, el número de contactos realizados; la tercera, la frecuencia de cada especie; las dos siguientes, el porcentaje de individuos secos y verdes de cada especie y la última columna, el porcentaje de contactos sobre cada especie que aparecían comidos por el ganado. Al final de la tabla puede verse la relación entre materia verde y seca para el conjunto de la comunidad, la relación de los contactos en plantas frente al total (suelo, piedras, etc.), los índices de diversidad y el porcentaje de utilización por los herbívoros. Todos los valores se han obtenido a partir del total de 2000 contactos realizados en cada parcela.

Planta	Valor absoluto	Valor relativo	% verde	% seco	% utilizado
<i>Agrostis capillaris</i>	6	0,30	100	0	33,33
<i>Agrostis rupestris</i>	74	3,70	91,89	8,11	29,73
<i>Alchemilla plicatula</i>	67	3,35	97,01	2,99	0
<i>Alopecurus gerardi</i>	38	1,90	94,74	5,26	44,74
<i>Androsace villosa</i>	1	0,05	100	0	0
<i>Arabs ciliata</i>	2	0,10	100	0	0
<i>Arenaria ciliata moehr.</i>	2	0,10	100	0	0
<i>Arenaria grandiflora</i>	3	0,15	66,67	33,33	0
<i>Arenaria purpurascens</i>	15	0,75	93,33	6,67	0
<i>Armeria pubinerbis</i>	65	3,25	98,46	1,54	23,08
<i>Carex caryophyllea</i>	3	0,15	100	0	0
<i>Carduus carlinoides</i>	9	0,45	77,78	22,22	0
<i>Carex macrostylon</i>	17	0,85	88,24	11,76	23,53
<i>Carex parviflora</i>	20	1	95	5	35
<i>Carex rupestris</i>	4	0,20	100	0	25
<i>Carex sempervirens</i>	1	0,05	100	0	0
<i>Cerastium arvense</i>	8	0,40	100	0	0
<i>Cystopteris fragilis</i>	6	0,30	100	0	0
<i>Erigeron uniflorus</i>	3	0,15	100	0	0
<i>Euphrasia alpina</i>	1	0,05	100	0	0
<i>Euphrasia minima</i>	3	0,15	100	0	0
<i>Festuca glacialis</i>	20	1	100	0	10
<i>Festuca pyrenaica</i>	1	0,05	100	0	100
<i>Festuca rubra</i>	433	21,65	83,37	16,63	31,18
<i>nigrescens</i>					

Relación verde/seco: 8,58

Indice de Shannon: 4,34 Indice Pielou: 0,41 Indice Simpson: 0,11

Utilización por herbívoros: 11%

Relación plantas/total: 0,76

al primer punto interceptado en la vegetación o bien se anotan todas las intercesiones hasta alcanzar la superficie del suelo. Esta segunda opción resulta más compleja, pero es más apropiada cuando se trata de conocer en detalle la estructura vertical de la comunidad vegetal y representa de forma más fiel la biomasa aérea.

Otro método muy utilizado para describir la estructura de la vegetación es la toma de inventarios en los que se listan las especies y otros aspectos de la comunidad en parcelas seleccionadas. Una aproximación muy simple consiste en anotar únicamente las dos o tres especies más abundantes y su cobertura que posteriormente se utiliza para definir el tipo

Estructura de los pastos en el Puerto de Aisa (Huesca)

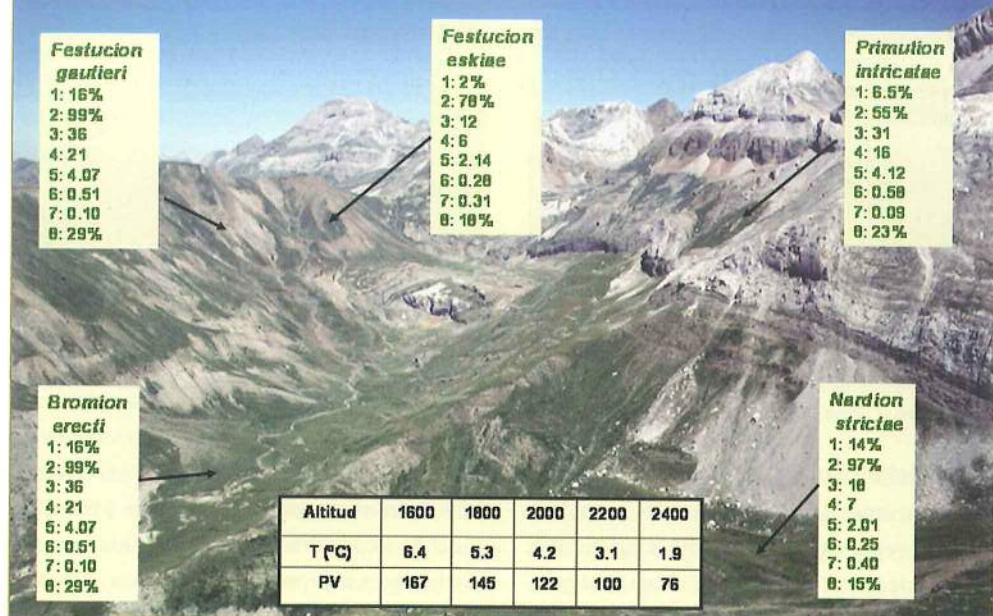


Fig. 8.8. Pastos del Valle de Aísa mostrando algunos aspectos de la estructura de las principales comunidades vegetales del puerto. 1.: superficie total ocupado por cada comunidad (en porcentaje del total); 2.- cobertura vegetal; 3.- número de especies; 4.- nº de especies con cobertura mayor del 1 %; 5.- índice de Shannon; 6.- índice de Pielou; 7.- índice de Simpson; 8.- grado de utilización por herbívoros en porcentaje de contactos que se han observado comidos en cada parcela. El cuadro central inferior muestra la temperatura media anual (T) y la duración del periodo vegetativo en días (PV) cada 200 m de altitud. (Foto: D. Gómez)

de vegetación (a veces denominado “facies”) y así se habla, por ejemplo, de “pastos de festuca-agrostis”. En el método fitosociológico que se explica más adelante, los inventarios son mucho más detallados y, junto a un listado pormenorizado de todas las especies, se caracterizan los principales factores ambientales.

Sea cual sea el método elegido, en el estudio de grandes superficies con pastoreo extensivo resulta conveniente realizar distintas parcelas de muestreo ya sea seleccionadas al azar o bien repartidas (estratificadas) a lo largo del gradiente altitudinal en las distintas áreas de pastoreo, en las diferentes topografías, etc. Además, la repetición de los muestreos a lo largo del año o bien durante el período de utilización por los herbívoros, suministrará datos sobre la variación estacional de las comunidades que, a su vez, resultará de interés

para conocer las épocas óptimas de pastoreo. Por último, la repetición de los muestreos a lo largo de varios años, resultará muy apropiada para conocer aspectos de la vegetación relacionados con las variaciones climáticas o con la propia dinámica de los pastos y para detectar la presencia de plantas que pueden pasar desapercibidas si la observación se reduce a un momento del año determinado.

El posterior tratamiento de los datos permite conocer, junto a la composición florística detallada, distintos índices de diversidad, la relación de la materia verde y seca, las distintas fases fenológicas y las especies que han sido consumidas por los herbívoros. Con estos datos podemos estudiar la estructura de los pastos, tal como se resume en la figura 8.8 y su variación estacional o interanual.



Fig. 8.9. Confluencia espacial de distintos tipos de pasto en la alta montaña. En las laderas pedregosas dominan formaciones del *Festucion gautieri*, mientras en la zona llana se observa una introducción de pastos del *Nardion strictae* en comunidades de *Primulion intricatae* (Montaña de Sesa, Parque Nacional de Ordesa, Huesca). (Foto: D. Gómez)



Fig. 8.10. Las comunidades vegetales traducen condiciones ambientales homogéneas, como muestra la fotografía donde pueden verse los pastos del *Caricetum nigrae* en los suelos inundados de la Paul de Bernera (Aragüés del Puerto) en evidente contraste con los del *Crepidetum pygmaeae* de las laderas pedregosas con suelo muy inestable. (Foto: D. Gómez)

¿Cómo definir las unidades de pastos?

La fisonomía de los pastos de montaña, muchas veces con aspecto ralo y apariencia homogénea “a primera vista”, unida a su gran heterogeneidad espacial y a la complejidad florística que presentan, con abundantes especies de tipo “gramínoide”, dificulta su reconocimiento, estudio y clasificación. Además, la intrincada topografía de la alta montaña da lugar a mosaicos complejos de vegetación que obligan a un esfuerzo añadido a la hora de realizar la cartografía. Por otra parte, como ya se ha señalado, un mapa de vegetación preciso y detallado resulta fundamental a la hora de desarrollar planes de ordenación, gestión y conservación de pastos y, por tanto, el reconocimiento de las distintas unidades que los conforman resulta imprescindible para abordar esas tareas.

Además, la gran complejidad y dinamismo de las comunidades pascícolas en comparación con bosques y matorrales todavía añade más dificultad a su clasificación y exige considerar y reconocer su variabilidad en el espacio y en el tiempo. Como sucede en muchos otros tipos de clasificación, las unidades que se definen sirven para identificar comunidades “puras” o claramente caracterizadas que no

suelen ser las más abundantes sobre el terreno. Más bien al contrario, los pastos presentan muchas veces una gran variabilidad en su estructura y composición florística y, a menudo, aparecen comunidades que tenemos que interpretar como “mezclas”, “complejas” o formas de transición, ya sea debido a condiciones ecológicas poco constantes (debidas a la heterogeneidad espacial), o a procesos dinámicos de transformación o transición de una comunidad en otra por algún cambio en el ambiente o por modificaciones de la gestión ganadera (cambios en el reparto de cargas, instalación de infraestructuras, etc.).

La identificación y delimitación de los tipos de pasto requerirá, además de cierta experiencia y conocimiento de la flora, un buen conocimiento del terreno y un detallado análisis de los factores ambientales que los determinan.

La clasificación fitosociológica está basada en la distinción y ordenación jerarquizada de comunidades vegetales y, aunque al igual que se ha comentado para la comunidad vegetal, es objeto de cierta polémica, resulta útil porque reúne la más exhaustiva información sobre vegetación en Europa y está basada en numerosos datos y tablas de vegetación.

De acuerdo con este sistema de clasificación, la comunidad vegetal debe presentar un alto grado de uniformidad en su estructura, lo que nos facilitará distinguirla de las comunidades que le rodean y con las que forma un mosaico reconocible de vegetación. De esta manera, podemos considerar que el paisaje pastoral puede ser descompuesto en distintas superficies discretas que se repiten sobre el terreno y que ofrecen un aspecto diferente según las características florísticas y fisonómicas de las comunidades vegetales que lo ocupan. Esta evaluación de la vegetación debe ajustarse a los objetivos que se persigan y a la escala en la que se esté trabajando; ya se trate de pequeñas parcelas de algunos centímetros cuadrados, ya de prados o de pastos de centenares de hectáreas, habrá que realizar el “ajuste” adecuado para buscar la uniformidad o heterogeneidad del terreno a esa misma escala.

Cada comunidad vegetal o tipo de pasto puede ser definido e identificado por alguna de sus características más llamativas o bien mediante una descripción con el mayor detalle posible. Una vez más, nos encontramos ante el dilema de que cuanto más esfuerzo de muestreo realicemos, mayor será la información y habrá que saber ajustar el detalle a los objetivos y medios disponibles. La cobertura de la vegetación, por ejemplo, podría ser un parámetro sencillo para diferenciar con poco esfuerzo pastos más o menos densos de los ralos o incluso podríamos considerar también la altura de la comunidad (pastos densos y altos, pastos ralos y bajos, etc.); se definen a veces también los pastos como higrófilos, xerófilos o mesófilos según se críen sobre suelos muy húmedos, muy secos o con características intermedias. Pero por lo general, la separación de los pastos de una manera más precisa se hace en relación con su composición florística, es decir a partir de las especies que los conforman. Una separación sencilla es

la que contempla únicamente las dos o tres plantas más abundantes -“dominantes”- y así se puede hablar de pastos de *Festuca rubra* y *Trifolium pratense* o de “raigras”, trébol blanco y festuca, etc. Si se trata sin más de dar una descripción general, esta distinción puede ser suficiente, pero cuando hay que constatar aspectos ecológicos característicos de cada comunidad, se hará necesario un mayor nivel de precisión. En ese caso habrá que detallar todas las especies que conforman cada unidad mediante la realización de inventarios o bien con transectos o inventarios lineares como ya se ha comentado.

La Fitosociología y la clasificación fitosociológica

La parte de la botánica que estudia la vegetación es la sociología vegetal, fitocenología o fitosociología basada en el hecho de que las plantas no se distribuyen al azar sino que se agrupan por afinidades ecológicas. Es decir, que grupos más o menos uniformes de plantas, se encuentran de manera regular en ambientes que presentan características similares. La fitosociología (en definición de Guinochet, Lebrun y Molinier en el Congreso de Botánica de París de 1954) puede definirse como “el estudio de las comunidades vegetales desde un punto de vista florístico, ecológico, dinámico, corológico e histórico”.

A lo largo del pasado siglo se han desarrollado distintas escuelas de fitosociología pero la más ampliamente extendida en nuestro territorio y en muchos países de Europa, al menos en estudios de vegetación, es la denominada de Zurich-Montpellier o “de Braun-Blanquet”, en honor a su fundador (Braun-Blanquet, 1979). Esta escuela ha desarrollado un sistema de clasificación de las comunidades vegetales basado en la composición florística y, de forma más precisa, en la presencia de plantas “características” (las que se encuentran de manera típica en una comunidad) y “diferenciales” (las

Tabla 8.2. Categorías o “sintaxones” de la clasificación fitosociológica en orden decreciente. En la segunda columna se muestra la asociación, alianza, orden y clase de un prado de siega común en el Pirineo y en la tercera de un tipo de pasto calcícola. Se han escrito en negritas los sufijos que caracterizan cada nivel clasificatorio.

CLASE	<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	<i>Elyno-Seslerietea</i>
ORDEN	<i>Arrhenatheretalia</i>	<i>Astragalietalia semperfirantis</i>
ALIANZA	<i>Arrhenatherion</i>	<i>Festucion gautieri</i>
ASOCIACIÓN	<i>Triseteto-Arrhenatherium elatioris</i>	<i>Oxytropi-Festucetum scopariae</i>

que están en una comunidad y no en otra y por tanto resultan útiles para distinguir ambas) que sirven para definir cada unidad. Estas plantas “clave” no son necesariamente las más abundantes y, más bien al contrario, se trata en muchos casos de plantas escasas pero que sirven para caracterizar con más rigor los distintos tipos de vegetación y permiten distinguirlos de otros similares. La unidad básica de esta clasificación es la “asociación” o conjunto de plantas que se encuentran en un hábitat concreto con unas características ecológicas uniformes. “Una asociación es una comunidad vegetal de composición florística determinada, propia de condiciones ecológicas uniformes y de fisionomía homogénea” según la definición oficial dada en el Congreso de Botánica de Bruselas en 1910 por Flahault y Schröter.

Por encima de esta unidad de vegetación o “sintaxon”, se sitúan de forma jerárquica la “alianza”, el “orden” y la “clase” y por debajo se pueden definir “subasociaciones” y otras unidades de menor entidad, de manera similar a la clasificación lineana de los seres vivos. Cada

nivel sintaxonómico está definido en un “inventario tipo” y queda denominado por un sufijo que acompaña el nombre de las plantas características como se muestra en la *tabla 8.2*.

La unidad básica de trabajo en esta clasificación (y también la unidad “concreta” frente a la “abstracta” que constituye la asociación) es el inventario fitosociológico que consiste en un listado exhaustivo de las plantas junto a unos índices que identifican la abundancia y la sociabilidad de cada una de ellas. Los inventarios son agrupados por grado de afinidad florística en unidades de amplitud creciente de forma similar a la escala taxonómica.

En un inventario, junto a la lista de todas las especies observadas, se toman los datos correspondientes a la altitud, orientación, pendiente, cobertura y altura de la vegetación, tipo y profundidad del suelo y superficie en la que se realiza el inventario (*figura 8.11*). Para determinar la superficie habrá que tener en cuenta los mismos aspectos que se han comentado para otras metodologías (tipo de vegetación, objetivos de su estudio, número

Tabla 8.3. Escala de 1 a 5 para asignar la cobertura y la sociabilidad a cada taxón en un inventario fitosociológico. (ver también la figura 8.11 con un ejemplo de inventario).

Índice/Valor	Cobertura	Sociabilidad
+	<1%	--
1	<5%	Individuos aislados
2	5-25%	pequeños grupos de pocos individuos
3	25-50%	grupos de tamaño mediano con muchos individuos
4	50-75%	grupos grandes o poblaciones continuas
5	75-100%	Cubriendo de forma continua o casi todo el área del inventario

<u>Inventario de vegetación en una comunidad de pastos</u>		
Localidad: Góriz	Municipio: Fanlo	Provincia: Huesca
Topónimo: Camino desde Cuello Gordo al Monte Perdido		
U.T.M.: 31TBH0078	Altitud: 2240 m	
Hábitat: cervunales en pequeña depresión al pie de un acantilado		
Orientación: SW	Inclinación: 10°	Cobertura: 95%
Superficie: 25 m ²	Nº de especies: 20	
<i>Nardus stricta</i>	4,4	
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1,2	
<i>Festuca nigrescens</i>	1,1	
<i>Danthonia decumbens</i>	+	
<i>Agrostis alpina</i>	+	
<i>Trifolium alpinum</i>	3,4	
<i>Lotus alpinus</i>	+	
<i>Astragalus alpinus</i>	+	
<i>Carex macrostylos</i>	1,2	
<i>Carex sempervirens</i>	1,3	
<i>Carex parviflora</i>	1,2	
<i>Alchemilla flabellata</i>	1,2	
<i>Plantago alpina</i>	1,2	
<i>Crocus nudiflorus</i>	1,1	
<i>Luzula spicata</i>	+	
<i>Potentilla erecta</i>	+	
<i>Geum montanum</i>	+	
<i>Cerastium arvense</i>	+	
<i>Gentianella campestris</i>	+	
<i>Euphrasia alpina</i>	+	

Fig. 8.11. Ejemplo de inventario de vegetación correspondiente a un cervunal subalpino bastante común en los pastos pirenaicos.

de inventarios que se van a realizar, comparación con otros territorios que se pretendan efectuar, tamaños considerados en estudios ya disponibles, etc.). En muchos casos, en particular en los prados, se utiliza una superficie de uno o pocos metros cuadrados, pero en pastos de montaña, a veces con abundancia de arbustos o de plantas con crecimientos vegetativos que pueden abarcar superficies notables, puede resultar útil una superficie algo mayor (10, 15 o incluso 25 m²). Sea cual sea la superficie elegida, hay que tener en cuenta si se quieren realizar comparaciones con otros territorios, que en muchos estudios la diversidad suele venir referida a un área de 1 m².

Más importante aún que la superficie a estudiar en un inventario resulta elegir esa superficie de forma que comprenda una zona lo más homogénea posible en cuanto a los factores ambientales (topografía, tipo de roca, etc.) y al tipo de vegetación. Si el área de

estudio es extensa y aparentemente homogénea, los inventarios pueden realizarse en zonas elegidas al azar, pero en otras ocasiones en que muchos tipos de pasto se extienden por pequeñas superficies (vegetación fontinal, ventisqueros, etc.) habrá que realizar el inventario allá donde esas comunidades resulten conspicuas para poder tener posteriormente información sobre su estructura.

Como en todas las aproximaciones a la comprensión de la naturaleza, el método fitosociológico está sujeto a distintas críticas basadas en la subjetividad de la aproximación y en el propio concepto de comunidad vegetal que ya se ha mencionado. En cualquier caso, la ventaja de este método radica en su amplia utilización, especialmente en el campo de la botánica y, por tanto, existe abundante información disponible (miles de inventarios para el Pirineo y decenas de miles para el conjunto de Europa) y muchos mapas de vegetación basados en este método. Por otro lado, la

nomenclatura utilizada resulta tediosa y complicada de manejar, especialmente para quienes no estén familiarizados con los nombres latinos. Además, el reconocimiento de unidades sobre el terreno requiere cierto nivel de conocimientos florísticos y experiencia para interpretar las comunidades vegetales que, como ya se ha señalado, no siempre resultarán fácilmente identificables con las unidades definidas. En cuanto a la eficiencia del método, si bien la toma de datos se hace muchas veces con criterios personales (por ejemplo la asignación de los valores de abundancia y sociabilidad o la propia selección del área a inventariar) y adolece por tanto de la objetividad de otros métodos y la precisión de una medición detallada, la relación entre la información recogida y el tiempo necesario para su obtención resulta muy apropiada para el estudio extensivo de pastos.

La dinámica de los pastos

Este concepto se refiere a los cambios en el tiempo de su estructura y a la sustitución de unas comunidades por otras en relación con la variación de los factores ambientales, incluido el tipo de utilización animal y el manejo humano.

Más adelante se hará mención a las complejas interacciones entre factores “abióticos” y “bióticos” que determinan los ecosistemas pastorales y es fácil deducir que su dinámica resulta igualmente compleja. Mínimos cambios en el clima, la topografía, las características edáficas o la acción de los herbívoros, se traducirán en modificaciones dentro de la comunidad vegetal o incluso en la sustitución de una comunidad por otra.

Los cambios en el clima general están cobrando gran protagonismo en nuestros días pero en el caso de los pastos de montaña disponemos todavía de pocos datos que nos permitan conocer las consecuencias del calentamiento



Fig. 8.12. La concentración del ganado en zonas por lo general venteadas y poco pendientes da lugar a la aparición de majadas cuya composición florística y fenología contrasta fuertemente con el resto de la vegetación, como puede apreciarse en esta fotografía tomada en el Valle de Castañesa. (Foto: D. Gómez)

miento del planeta. Todavía no tenemos constancia del incremento de las plantas más “termófilas” y del desplazamiento de los distintos tipos de pasto hacia altitudes más elevadas de las que ocupan actualmente, como pronostican cada vez más estudios.

Mucho más conspicuos nos resultan los cambios debidos a las modificaciones en el suelo, y más en concreto, a su fertilidad. Es fácilmente observable la existencia de plantas y comunidades favorecidas o resistentes a altas concentraciones de nitrógeno, potasio y otros nutrientes que, en cantidades más o menos elevadas, pueden resultar letales para muchas especies. En las zonas denominadas majadales (figura 8.12), predominan plantas de gran talla que a menudo resultan de escasa palatabilidad o bien muestran defensas en forma de pinchos, espinas, pelos urticantes, etc. (*Cirsium eriophorum*, *Eryngium bourgatii*, *Urtica dioica*). A la abundancia de fertilidad hay que añadir en algunos lugares el pisoteo que tiene un efecto todavía más drástico para la vegetación. Algunas plantas como *Poa supina*, *Taraxacum pyrenaicum* o *Plantago media* se adaptan a estas condiciones que aparecen, por ejemplo, en los “saladeros” o zonas donde se reparte periódicamente sal al ganado.

En el otro extremo, la disminución del pastoreo da lugar a la recuperación de la



Fig. 8.13. La disminución de los herbívoros está propiciando la invasión de los pastos por algunas especies como el helecho (*Pteridium aquilinum*) o la escoba (*Genista florida*), como puede apreciarse en esta fotografía de Guarrinza (Valle de Hecho, Huesca). (Foto: D. Gómez)

vegetación primordial o “potencial” que en las zonas del piso montano y subalpino correspondería a bosques de caducifolios o coníferas. A menudo, esta lenta transición hacia el bosque se inicia con una primera colonización por alguna especie dominante herbácea y posteriormente arbustiva que reduce muchas veces la diversidad del pasto y su valor nutritivo (figura 8.13). Tal sucede con *Brachypodium pinnatum*, *Festuca paniculata* subsp. *spadicea*, *Pteridium aquilinum*, *Juniperus communis*, *Calluna vulgaris*, *Cytisus oromediterraneus* o *Echinospartum horridum* por citar solamente algunas de las especies más conspicuas en el actual proceso de embastecimiento y matorralización del Pirineo.

Mucho más rápidos y drásticos resultan los cambios en la vegetación inducidos por la acción de algunos animales que provocan movimientos u otras alteraciones en el suelo y, de esta manera, favorecen la expansión de determinadas especies (entre ellas muchos geófitos) y la disminución o desaparición de algunas otras, que resultan muchas veces dominantes en el pasto original (*Nardus stricta*, *Festuca nigrescens*, *F. eskia*, *Trifolium alpinum*). En los últimos años la expansión del jabalí está ocasionando un incremento de



Fig. 8.14. La remoción del suelo ocasionada por la acción del jabalí (en primer plano) ocasiona un cambio drástico de las comunidades vegetales debido a la sustitución de buena parte de la flora como muestra esta fotografía del Aguatuerta de Ansó. (Foto: D. Gómez)

las zonas hozadas con las consiguientes alteraciones en la vegetación (figura 8.14).

Pero no todos los cambios en los pastos se deben a la acción de los animales. En la alta montaña la acción del clima y de la gravedad contribuyen de forma determinante a la dinámica de la vegetación. La permanencia de la nieve en algunos enclaves puede exceder en varios meses a lo que acontece apenas unos metros más allá y en los suelos que quedan tempranamente descubiertos, la acción del hielo y deshielo configurará unas comunidades exclusivas. Algo similar ocurre con las reservas de agua y su disponibilidad a lo largo del verano; la inundación permanente y la sequía pueden aparecer en estrecha vecindad cuando varía la pendiente o el espesor del suelo. Además, el continuo proceso de erosión edáfica en las laderas más pendientes, su acumulación en las concavidades, la perdida de cationes por el lavado del suelo con su consiguiente acidificación o, por el contrario, su incremento por una mayor influencia de la roca madre tras procesos erosivos, desencadenan cambios constantes en la vegetación. En la alta montaña la complejidad de estos procesos unida a la de la propia topografía da lugar a una gran heterogeneidad de la

los pastos que se traslada muchas veces al interior de sus comunidades, dificultando su clasificación.

El estudio de la dinámica de pastos

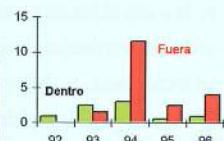
Existe muy poca información sobre la dinámica de los pastos de las montañas peninsulares y su conocimiento resulta de gran trascendencia para poder predecir la evolución de las áreas pastorales tras los cambios acaecidos en la práctica ganadera durante las últimas décadas. A diferencia de algunas otras regiones de Europa, apenas disponemos de mapas de pastos o registros florísticos antiguos que nos permitan conocer e interpretar los cambios en las áreas pastorales. La dinámica de los pastos puede ser estudiada mediante la observación en diferentes intervalos de tiempo ya sea en parcelas fijas, transectos, etc. Pero cuando nos situamos en los de alta montaña, estas variaciones pueden ser muy lentas, (del orden de décadas o siglos) y habrá que recurrir a la observación en el terreno que permita extrapolar las secuencias

espaciales a las temporales. Las “exclusiones” o zonas valladas donde se impide la entrada de grandes herbívoros y se observa la evolución temporal de los pastos es una herramienta fundamental para los estudios de dinámica de la vegetación aunque en nuestro país apenas existen observaciones de este tipo. Por lo general resulta más sencillo establecer pequeñas superficies excluidas mediante vallados móviles (por ejemplo “jaulas” de 0,5 x 0,5 m) de forma que el ganado no pueda acceder a ellas y podamos estudiar aspectos relacionados con la biomasa, la producción, la composición florística y el consumo. En este caso habrá que contar con un número suficiente de zonas de muestreo y considerar el efecto de atracción que estas instalaciones ejercen sobre los herbívoros y su consiguiente afección. Los vallados permanentes en superficies grandes resultan más apropiados para reducir el impacto de la propia valla y la atracción de los herbívoros pero, lógicamente, requieren un mayor esfuerzo para su instalación y mantenimiento.

MONITOREO A LARGO PLAZO DEL EFECTO DEL PASTOREO EN PASTOS SUBALPINOS



Evolución de la cobertura (%) de *Merendera montana*



Evolución de la cobertura (%) de *Plantago alpina*

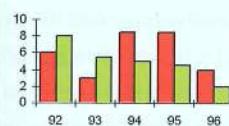


Fig. 8.15. Cercado en el Llano de Tripals (Parque Nacional de Ordesa) para el estudio de la dinámica de pastos en ausencia de pastoreo. Los diagramas de la derecha muestran el comportamiento de *Merendera montana* (arriba) y *Plantago alpina* (abajo) dentro y fuera de la exclusión, entre los años 1992 y 1996.

Al igual que se ha comentado al mencionar los Sistemas de Información Geográfica, los grandes avances alcanzados en los últimos años en la obtención y análisis de imágenes, proporcionan nuevas herramientas para el análisis de los paisajes de pastos y su dinámica. También a pequeña escala, la facilidad de manejo unida a la resolución de la fotografía digital han

abierto la posibilidad de realizar seguimientos periódicos de la estructura y la dinámica de los pastos que resultaban impensables hasta hace pocos años.

La interpretación dinámica de los pastos puede sintetizarse de forma esquemática situando espacialmente los distintos tipos de vegetación y los factores ecológicos que

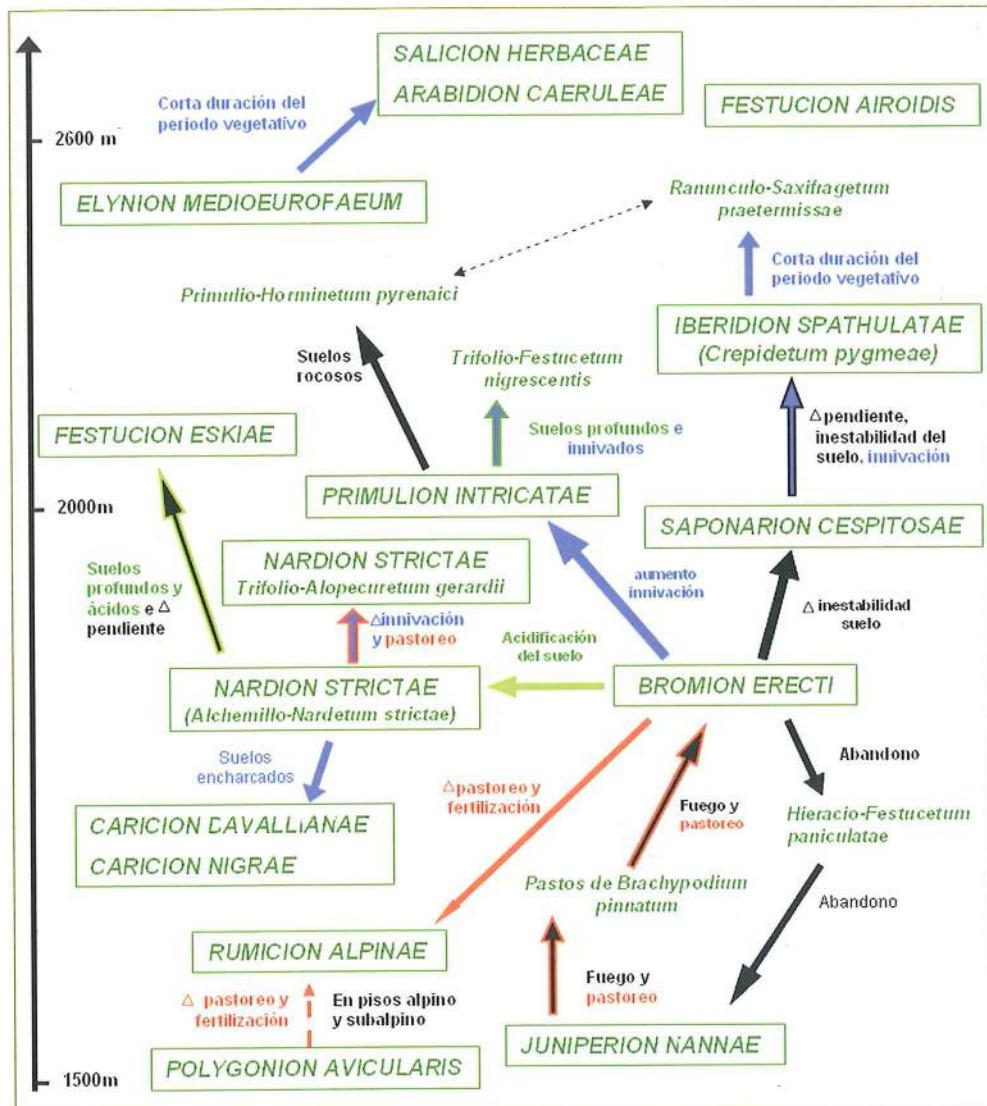


Fig. 8.16. Esquema de las principales comunidades vegetales de un puerto del Pirineo y de los principales factores ecológicos que parecen condicionar su situación y dinámica. Con la altitud aumentan la pendiente, la pedregosidad e inestabilidad de los suelos, la innivación y las áreas con escasa vegetación o sin ella. Dicho de otro modo, el incremento de altitud va parejo a la disminución del periodo vegetativo, de la fertilidad del suelo, la riqueza general de especies, la cobertura vegetal, su biomasa, producción primaria y la presión de los herbívoros.

promueven los cambios. Este tipo de esquemas se han desarrollado más en los bosques y matorrales, principalmente en relación con la topografía (“transectos fitotopográficos”) o con algún factor ecológico que altera la sucesión vegetal (fuego, tala, etc.) pero resultan mucho más escasos en los pastos supraforestales. El que se representa en la figura 8.16 incluye sólo algunas comunidades del Pirineo aragonés y sus relaciones de forma simplificada y aproximada.

Caracterización ecológica de los pastos y valoración

Los pastos permanentes ocupan vastas extensiones en muchas zonas de Europa al igual que sucede en los Pirineos, Montes Cantábricos, Sistema Ibérico y otros territorios montañosos del sector norte peninsular. En el caso del Pirineo de Aragón, los pastos alpinos y subalpinos se extienden por más de 1400 km², entre los 1800 m de altitud y las cumbres más elevadas, lo que supone alrededor de un 10 % de ese territorio montañoso y eso sin considerar las amplias superficies deforestadas del piso montano, que constituyen áreas de pastoreo de otoño y primavera, los prados, etc. En algunos municipios pirenaicos como Ansó, Fanlo o Benasque, esta

superficie pastoral todavía alcanza proporciones más destacables, lo que pone de manifiesto la enorme importancia que la ganadería ha jugado hasta fechas muy recientes y su potencial económico y ecológico.

A parte de su extensión e interés económico como soporte de la economía ganadera, los pastos caracterizan el paisaje de montaña y, desde una perspectiva ecológica, atesoran notables valores en especies animales y vegetales, comunidades, interacciones, etc. Dejando por el momento a un lado el interés forrajero de los pastos, su valor ecológico debe ser considerado a la hora de desarrollar planes de uso o gestión ganadera y, de manera especial, cuando se trata de áreas de gran interés medioambiental como es el caso de los Espacios Naturales Protegidos con utilización pastoral. Vamos a repasar distintos aspectos y criterios que nos permitan interpretar y cuantificar el “valor ambiental” de unas comunidades que, por otra parte, entrañan una alta complejidad y dificultad para su estudio.

Criterios para valorar el interés ecológico de los pastos

Existe un gran número de parámetros para distinguir los distintos tipos de pastos y para tratar de interpretar su distribución, estructura y dinámica pero algunos de ellos resultan más conocidos, ya sea por resultar más fácil su medición, ya por su mayor trascendencia a la hora de considerar la explotación por los herbívoros. En los últimos años, de forma pareja a la declaración de áreas protegidas, ha aumentado notablemente el interés por la valoración ecológica de distintos ambientes y territorios que hay que tener en cuenta para poder realizar posteriormente comparaciones (Gehu y Gehu, 1980; Margules y Usher, 1981; Smith y Theberge, 1986). Entre los parámetros más utilizados para realizar estas valoraciones podemos comentar los siguientes:

Importancia de las áreas pastoreadas en el patrimonio natural

- De los 128 “grandes tipos de paisaje” reconocibles en el NE de la Península Ibérica, 31 han sido originados y mantenidos por la ganadería.
- Entre las 266 comunidades vegetales definidas para el NE peninsular como “hábitats prioritarios” en la Directiva de hábitats de la UE, 108 son comunidades pascícolas.
- Más del 40% (alrededor de 1000 especies) de la flora del Pirineo se encuentran en los pastos.
- El 53% de los endemismos vegetales del Pirineo forman parte de los pastos.

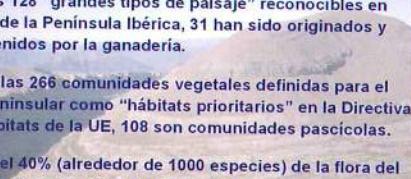


Fig. 8.17. Los ecosistemas pastorales reúnen una parte muy notable de la riqueza de especies, comunidades y paisajes en las montañas de nuestro territorio.

Diversidad

La diversidad es uno de los criterios más utilizados durante las últimas décadas en muchos estudios de ecología y, sin embargo, no existe una definición fundamental sobre el término. En su acepción más simple la diversidad es una medida de la “variación”, la “heterogeneidad” o la “diferencia” y puede ser aplicada a distintos aspectos de un territorio (formas geológicas, topografía, etc.). En el caso de los pastos podríamos hablar de la diversidad de paisajes, de comunidades o de genes, pero nos interesa en especial la diversidad de especies que, además, es la que ahora resulta más sencilla de conocer y medir. Dentro de una determinada comunidad de seres vivos, y en particular de una comunidad vegetal de las que conforman los pastos, la diversidad define el número de especies y su abundancia relativa y puede ser cuantificada, como muestra el cuadro adjunto, con diversos índices:

Aspectos prácticos relacionados con la medición de la diversidad

Como resulta evidente, el valor de la diversidad está muy relacionado con la superficie considerada y, por tanto, resulta fundamental considerar este aspecto a la hora de medirla o de realizar comparaciones con la observada en otros territorios. No podemos hablar de una superficie “estandarizada” para constatar el valor de la diversidad, aunque hay muchos estudios dedicados a la relación entre ambos parámetros.

A la hora de elegir la superficie y el método para evaluar la diversidad de un determinado territorio o de una comunidad vegetal, habrá que considerar su extensión, complejidad estructural, florística, etc., además del grado de precisión que se requiera para el estudio acometido y el tratamiento posterior de los datos que se vaya a realizar. En muchos estudios se refiere la diversidad a una

superficie de 1m² (número de especies por m²) que se selecciona en puntos elegidos al azar o en las diferentes unidades de vegetación; en otras ocasiones cuando se trata de comunidades con muchas especies o con estructura vertical compleja, por ejemplo los prados, podemos optar por una superficie más reducida (0'5 m² o incluso menos) mientras que en pastos de baja cobertura puede resultar más apropiado una superficie mucho mayor (10, 25 m² o más). En el caso de comunidades arbustivas o forestales, la superficie de muestreo puede alcanzar 50 m², o áreas todavía mayores.

Sea cual sea la superficie, a la hora de elegir el área de muestreo y su tamaño, todavía es más importante considerar la homogeneidad de la zona seleccionada y su representatividad respecto al tipo de comunidad objeto de estudio (en nuestro caso al tipo de pasto). La homogeneidad se refiere a la composición florística y también a los factores ambientales que la condicionan, tal como se ha explicado al hablar de la comunidad vegetal. Si, por ejemplo, estudiamos un pasto higrófilo, deberemos delimitar de forma precisa la zona de muestreo no más allá de donde la humedad del suelo, que es el factor ecológico predominante en este caso, se manifieste de forma casi permanente. La “representatividad” supone que la zona elegida sea una buena “muestra” de la unidad objeto de estudio. Bien es cierto que estos criterios resultan muchas veces difíciles de aplicar y, en cualquier caso, siempre tendrán un “sesgo personal” que convendrá considerar a la hora de interpretar los resultados.

Aunque estamos mencionando “número de individuos” de cada especie en una determinada superficie, la diversidad puede ser medida también a partir de la biomasa de cada planta, o del número de “módulos” de una especie cuando no resulta sencillo separar

Principales índices de diversidad

Se han descrito numerosos índices que tratan de reflejar la diversidad y hay abundante bibliografía dedicada a estos índices y a su utilización (MAGURRAN, 1988). Vamos a comentar únicamente los que resultan más utilizados en los estudios de vegetación.

La medida más simple de diversidad es el número total de especies o riqueza específica (S , o "species richness") es decir, las que están presentes en una comunidad, o bien, las que han sido detectadas mediante alguno de los muestreos que se describen más adelante. En general, cuando tratamos la diversidad nos referimos al nivel taxonómico de especie, aunque en algunos casos en que la separación de subespecies resulta sencilla, los índices de diversidad de comunidades vegetales pueden incluir ambos niveles taxonómicos (especies y subespecies distinguidas como tal en los muestreos).

"Riqueza de especies" $S = \text{número de especies}$
En muchos estudios resulta más apropiado considerar la abundancia de cada especie en el seno de la comunidad. Por lo general se utiliza la frecuencia de cada planta junto al número de éstas. El índice de Shannon (1949) combina ambos parámetros (ver

fórmula siguiente, donde " s " es el número de especies y " p_i " la abundancia relativa o frecuencia de cada una) y es el más generalizado en los estudios de ecología. En las comunidades de seres vivos este índice no sobrepasa el valor 5 y en el caso de los pastos encontramos por lo general valores comprendidos entre 1 y 4.

Índice de Shannon: $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$

Si relacionamos la diversidad que hemos medido en una determinada comunidad con la máxima que podría presentar, es decir con el valor resultante de encontrar todas las especies con la misma probabilidad, tenemos el índice de Pielou o "equitabilidad" ("evenness"), que adquiere valores entre 0 y 1.

Índice de Pielou (equitabilidad):

$$R = H'/H_{\max}$$

Donde H_{\max} es \log_2 del número de especies.

Por último, el índice de Simpson da idea de si existe o no predominio o dominancia de una o unas pocas especies en una determinada comunidad. Este índice adquiere valores entre 0 y 1, tanto más altos cuanto mayor es la dominancia de una o pocas especies.

Índice de Simpson(dominancia): $S = \sum p_i^2$

individuos y cuantificarse en cuadrados o a lo largo de uno o varios transectos lineares como se ha explicado en el apartado de la metodología. Además, en aras de una mayor precisión, habrá que repetir el muestreo en distintas épocas del año para evitar la pérdida de especies que pueden pasar desapercibidas en un determinado momento (por ejemplo algunos terófitos de ciclo efímero o geófitos de floración vernal u otoñal).

Ya se ha comentado la medición de la diversidad a distintos niveles: paisaje, comuni-

dades, especies, genes, etc. En el caso de los pastos de un territorio extenso, hay que considerar la diversidad de cada uno de los tipos definidos o de las unidades consideradas y de la superficie ocupada por cada uno de ellos.

Por último, hay que señalar que cuando la diversidad se analiza en un contexto espacial, se habla de diversidad *alfa*, *beta* y *gamma*. Así, la diversidad *alfa* puede ser considerada como el número de especies en un lugar o área de estudio determinada; la diversidad *beta* sería la diferencia en la composición de

Ejemplo de una escala de "naturalidad" para áreas pastorales

10. Pastos permanentes sin ningún tipo de intervención humana y bosques clínicos inalterados (incluye vegetación fontinal, de pedregales y acantilados).
9. Pastos permanentes utilizados por rebaños con cargas muy ligeras y bosques naturales poco intervenidos.
8. Pastos montanos o subalpinos sometidos a una utilización tradicional y que pueden considerarse en equilibrio con dicha utilización y bosques explotados recientemente.
7. Matorrales de sustitución y orlas
6. Pastos secundarios (montanos o subalpinos) con carga ganadera alta y abundante vegetación nitrófila.
5. Prados de siega cortados, pastados y regados sin ningún tipo de siembra artificial.
4. Antiguos cultivos o prados abandonados en terrazas (panares) en fase de colonización por comunidades arbustivas.
3. Repoblaciones forestales.
2. Monocultivos herbáceos y prados sembrados.
1. Entornos urbanos sin vegetación o con comunidades nitrófilas.

especies entre dos o más zonas de estudio y la diversidad *gamma* sería la que ocurre en un determinado territorio o paisaje que engloba las áreas de estudio objeto de nuestro interés. Estas distintas escalas de diversidad fueron definidas por Whittaker (1972) y han tenido amplio eco en algunos estudios de ecología.

Naturalidad

El término “naturalidad” trata de definir el grado de dependencia de una comunidad o paisaje respecto a factores naturales incluyendo los físicos o abióticos, los bióticos y las perturbaciones pero excluyendo la actuación humana. Precisamente lo que se trata de valorar es la “distancia” o “libertad” respecto a la influencia del hombre.

De acuerdo con la anterior definición, el valor de la naturalidad será tanto mayor cuanto menor sea la impronta del hombre. Si hasta hace solo algunas décadas el término naturalidad podía tener connotaciones negativas como sinónimo de “salvaje” o “incivilizado”, actualmente, en un medio ambiente cada vez más intervenido y degradado,

espinosas en mosaico con pequeñas superficies de pastos herbáceos.

- cobran un valor creciente las que se viene en llamar “áreas naturales” e incluso se utilizan conceptos como “naturaleza salvaje” “naturaleza virgen”, en el sentido de territorio genuino, sin artificio ni intervención alguna. Desde una perspectiva ecológica el valor de la naturalidad está muy vinculado con la información básica que un ambiente bien conservado puede proporcionar para entender la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, realizar comparaciones con áreas más intervenidas, predecir o “modelizar” cambios y adoptar medidas para su gestión y conservación.

La medición de la naturalidad en una comunidad vegetal debería hacerse atendiendo a aspectos de su estructura y dinámica, lo que resulta ciertamente complejo en muchos casos. Una simplificación puede ser cuantificar la composición florística (o de otros grupos biológicos) y determinar la proporción de especies propias de esa comunidad que están presentes o bien recurrir a la presencia de especies de interés por su rareza, endemidad, etc., que puedan utilizarse como especies

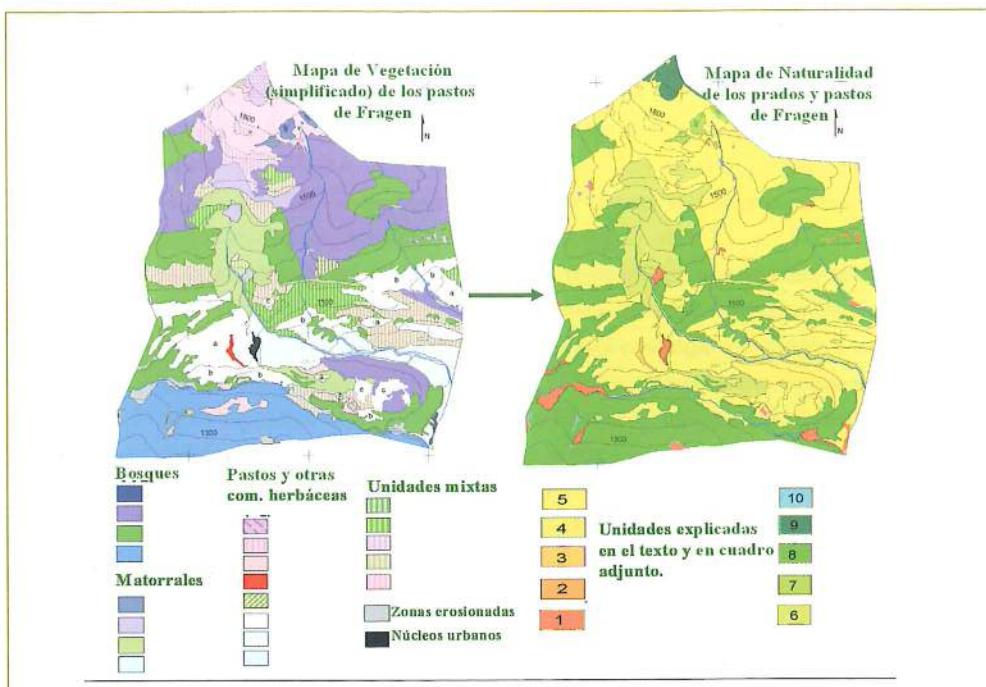


Fig. 8.18. Transformación de un mapa de vegetación en uno de naturalidad en el término de Fragen (Pirineo de Huesca), con abundantes superficies de prados y pastos. Las unidades de vegetación se han simplificado en esta figura y las del mapa de naturalidad son las que se describen en el cuadro anterior.

“clave” o indicadores. En general, se suele recurrir a escalas de tipo “cualitativo” que permiten una valoración rápida aunque menos precisa, como la que se indica en la figura 8.18 que está basada en los distintos escalones evolutivos de las series o estadios de la vegetación (Loidi, 1994). Estas escalas pueden ser asignadas traduciendo las unidades habituales que se encuentran en los mapas de vegetación y, de esta manera, pueden utilizarse en la valoración de un determinado territorio, tanto para realizar diagnósticos sobre su estado de conservación, cuanto para conocer el valor medio de su entorno natural o bien para determinar las zonas que pueden presentar mayor valor ecológico.

Aunque los paisajes de alto valor ecológico suelen coincidir con áreas donde la influencia del hombre es mínima, en muchos casos, especialmente en el Pirineo, hay que considerar también el notable valor de los

territorios sometidos a usos tradicionales que pueden considerarse, desde los parámetros actuales, en armonía con el resto de ecosistemas. Tal es el caso de las extensas superficies de pastoreo o los prados, tan importantes en el paisaje “humanizado” pirenaico (por ejemplo el paisaje denominado “en bocage”), muy apreciados en la actual percepción estética de las montañas y en su uso recreativo. En los espacios protegidos, habrá que considerar la importancia del pastoreo en el mantenimiento de algunas áreas pastorales y tratar de equilibrar su uso con la recuperación de las comunidades forestales y arbustivas que conforman la vegetación potencial.

Rareza

El valor de la rareza se comprende bien desde el indudable atractivo que ejercen sobre el hombre los objetos raros (piénsese en los objetos de arte o en los metales y piedras

preciosas). En la misma línea, la rareza de las especies, o de las comunidades y paisajes, es un aspecto muy utilizado en la estima del valor ecológico y muchas veces ha sido objetivo central de las políticas de conservación de especies y espacios naturales (Dobson *et al.*, 1995).

A pesar de la importancia de la rareza, cuando se tratan aspectos como la endemidad, vulnerabilidad, amenaza o bien en las valoraciones ecológicas de un territorio, no existe una definición ni un método estandarizado para su medición. ¿Cuándo podemos considerar que una especie o una comunidad es rara?, ¿cuáles son los rasgos para caracterizarlas?, ¿cuáles son las causas de la rareza? son preguntas que cobran ahora gran interés de cara a la gestión de la conservación pero que tienen respuestas a veces múltiples y complejas (Gastón, 1994; Kunin y Gaston, 1997).

Ya sea por causas naturales (alta especialización trófica, espacial, reproductiva, etc.) o por la influencia del hombre sobre la naturaleza, algunas especies animales y vegetales resultan raras o están en proceso de serlo (a veces se habla de “rarefacción” para denominar este proceso). En ocasiones la rareza puede ser temporal por tratarse de especies sometidas a ciclos relacionados con algún factor biótico o abiótico; esto sucede con mayor frecuencia en animales, pero también existen plantas que abundan en una determinada época para luego quedar confinadas al banco de semillas

durante mucho tiempo (por ejemplo, *Geranium bohemicum*) y, en el caso de los pastos supraforestales, podemos señalar algunas plantas de ciclo vital corto que actúan como “oportunistas” o “fugitivas” colonizando los huecos que van originándose en la vegetación por perturbaciones u otras causas (por ejemplo, *Scleranthus annuus*).

La rareza depende también de la escala espacial, lo que se comprende fácilmente si consideramos que una especie puede ser rara en un determinado territorio y común en el vecino, o bien rara pero distribuida en un territorio muy extenso o, en otros casos, muy común pero solo en una región muy pequeña como suele suceder con algunos endemismos pirenaicos (*Ramonda myconi*).

Se utilizan distintos criterios para catalogar la rareza; uno de los más conocidos es el de Rabinowitz (1981) quien, en función del área y de la amplitud de hábitats de cada planta, define los tipos que se detallan en la *tabla 8.4*. A partir de escalas de este tipo, en un territorio bien prospectado no resultará difícil definir la rareza de las especies o las comunidades tal como puede verse en el método de valoración que se expone más adelante.

Tamaño o Área

Ya se ha comentado la relación de la diversidad y rareza con la extensión de un territorio. Además, en una comunidad vegetal es necesaria una determinada superficie mínima para

Tabla 8.4. Distintos tipos de abundancia y rareza en especies según la amplitud de su área de distribución, especificidad de hábitats y tamaño de las poblaciones (adaptado de Rabinowitz, 1981)

Rango geográfico Hábitat específico	Pequeño		grande	
	amplio	estrecho	amplio	estrecho
Tamaño de la población Grande	Abundante en varios hábitats	Abundante en un hábitat específico	Abundante en varios hábitats	Abundante en un hábitat pero con área restringida
Tamaño de la población Pequeña (esparcida)	En vastas superficies y varios hábitats	En un hábitat específico con gran extensión	Área pequeña y presente en varios hábitats	Área restringida y hábitat específico

mantener el equilibrio de las poblaciones existentes (por ejemplo entre los individuos que llegan o los que se extinguieren), para evitar la pérdida de heterozigosis, o bien para minimi-

zar el denominado efecto “margen” resultado de la interacción con comunidades vecinas.

En el caso de poblaciones animales y también en comunidades forestales, existen



Fig. 8.19. Hormigueros (izquierda arriba y abajo), hozaduras de jabalí (derecha arriba) y montículos de tierra producidos por distintas especies de roedores subterráneos, afectan a los pastos modificando su estructura y dinámica. (Foto: D. Gómez)

Efecto de las bioperturbaciones en los pastos de montaña

•Cambios en el medio físico:

- *Aumento de la fertilidad (disponibilidad de nitrógeno) en el suelo.
- *Mejora del balance hídrico (aumento de la capacidad de infiltración y retardo de la evaporación).
- *Posible incremento de la erosión por pérdida de la cubierta vegetal.
- *Aumento de la disponibilidad de luz.

•Cambios en las comunidades vegetales:

- *En la estructura de la comunidad: cobertura de la vegetación, estructura horizontal y vertical
- *Reducción de la biomasa y la producción primaria
- *Cambios en la composición florística y en la diversidad vegetal.

•Aumento de la heterogeneidad espacial:

- *Las perturbaciones crean huecos en la vegetación y dan oportunidad a la instalación de nuevas comunidades.

•Aumento de la heterogeneidad temporal:

- *El régimen temporal de las perturbaciones permite la colonización diferencial a partir del banco de semillas y de la reproducción vegetativa.

Fig. 8.20. Algunos efectos de las perturbaciones por animales en los pastos de montaña.

distintas aproximaciones para determinar el área mínima deseable para su conservación en función de distintos parámetros poblacionales (densidad, clases de edad, “sex-ratio”...). Sin embargo, no es sencillo definir la superficie mínima que debe ocupar un pasto para su persistencia como tal, sobre todo cuando se trata de comunidades con alto dinamismo, complejas dependencias ambientales o con gran presencia de especies de multiplicación vegetativa como es el caso de muchas gramíneas.

Por otra parte, algunos tipos de pasto ocupan muchas veces en el Pirineo superficies muy reducidas, sin que ello tenga que ver necesariamente con su vigor o su capacidad de pervivencia. En consecuencia, a la hora de considerar el “tamaño” de un tipo de pasto o el “tamaño mínimo aceptable” ya sea para su cartografía, valoración, etc., habrá que tener muy presente su dependencia de factores ambientales y, en relación con ellos, la capacidad de su incremento o regresión. Sirva como ejemplo el caso (frecuente en la montaña pirenaica) de un pasto higrófilo bordeando una fuente de agua; en una superficie reducida podemos encontrar una comunidad bien diferenciada en su entorno con notable diversidad e interés florístico sin que el tamaño tenga que condicionar en absoluto una pérdida o degradación del hábitat. Por el contrario, resultaría muy difícil favorecer la expansión de este tipo de pasto -que por otra parte puede resultar muy vulnerable a una alta presión ganadera propiciada por el atractivo del agua- y, en consecuencia, cualquier actuación debería ir guiada más a evitar esta presión que a tratar de extender la comunidad o restituirla en otro ambiente. Las diferentes “áreas de ocupación” de cada tipo de comunidad –o de especie- (en qué extensión suelen aparecer) están relacionadas con sus rasgos y requerimientos ambientales que en general nos resultan poco

conocidos. Por esta razón su valoración la hemos basado de manera fundamental en la presencia o ausencia sin considerar si están representadas en áreas más o menos extensas.

Perturbación

Perturbación (“disturbance”) es un concepto también muy utilizado en ecología. En general, se entiende por perturbación un cambio en las condiciones ambientales que interfiere con el funcionamiento normal de un determinado sistema biológico. Para hacerse una idea más precisa podemos reparar en las siguientes definiciones:

“Una modificación repentina en los recursos básicos de una comunidad o unidad de paisaje que ocasiona un cambio fácilmente detectable en su estructura” (Van Andel y Van den Berg, 1987); “Un suceso discreto en el tiempo que trastorna la estructura de una población o comunidad y cambia los recursos o el medio físico” (Pickett y White, 1985); “El daño o muerte de algún individuo o población que directa o indirectamente crea oportunidad de establecimiento para nuevos individuos o comunidades” (Sousa, 1984); “Cualquier mecanismo que limite la biomasa vegetal causando su destrucción total o parcial pero excluyendo la senescencia” (Grime, 1979).

Las dos últimas definiciones resultan las más apropiadas para entender y valorar las perturbaciones en los pastos. Aunque en sentido estricto el propio pastoreo con sus efectos de consumo, pisoteo y estercolado, suele definirse como una perturbación, en las áreas pastorales que nos ocupan, podemos ahora más bien analizarlo como un factor intrínseco si tenemos en cuenta su persistencia temporal como causa exógena de la propia estructura, distribución y dinámica de los pastos e incluso en el propio origen de los mismos tal como ya se ha comentado. Desde esta perspectiva, sí constituirían una perturbación el fuego

accidental o provocado de forma periódica, un deslizamiento de ladera u otros fenómenos de tipo biológico y geomorfológico que suceden en la montaña.

En algunas zonas de pastos cobran particular interés las perturbaciones ocasionadas por efecto de algunos animales (a veces denominadas “bioperturbaciones”), como es el caso de los montículos y claros occasionados por micromamíferos o las remociones de suelo causadas por las hozaduras del jabalí que pueden afectar a grandes extensiones y alterar de manera más o menos radical el medio físico, la composición florística, la cobertura vegetal, diversidad, biomasa, producción vegetal y, en consecuencia, el valor ecológico y nutritivo de los pastos.

Para el estudio de las perturbaciones hay que considerar principalmente su extensión o “tamaño”, la frecuencia temporal o “recurrencia” y la “intensidad”. Al margen del evidente daño que muchas perturbaciones suponen para el aprovechamiento ganadero, a la hora de evaluar medidas de control, hay que considerar también los efectos ecológicos que se resumen en la figura 8.20, sobre todo si se trata de espacios protegidos en los que las dinámicas naturales deben ser favorecidas. En cualquier caso hay que subrayar el importante papel que las perturbaciones juegan en la heterogeneidad espacial y temporal y, en suma, en la dinámica de la vegetación.

Fragilidad-Establecimiento-Vulnerabilidad

Estos conceptos están muy relacionados con la idea de un “equilibrio” en el seno de las poblaciones, comunidades o sistemas biológicos que resultaría de su relación con el entorno (Tilman y Downing, 1994) La fragilidad, establecimiento y vulnerabilidad tratan de definir la capacidad de una comunidad para recuperar el equilibrio inicial cuando éste se ve alterado. Una alta fragilidad o vulnerabilidad implicará

una alta probabilidad o riesgo de daño o extinción de las especies y relaciones del sistema. La estabilidad se relaciona con la “sensibilidad a la perturbación” (Faith y Walker, 1996) y así, una comunidad será tanto más estable cuanto menor sea ésta última, o bien cuanto menor sea su impacto o trascendencia según las características antes mencionadas de las perturbaciones.

Por otra parte, se habla de “resistencia” (“resistance”) o capacidad de un sistema para evitar desplazamientos durante un periodo de estrés y de “resiliencia” (“resilience”, “stability”, “elasticity”) o velocidad a la que un sistema vuelve a alcanzar el equilibrio tras una alteración, perturbación o fluctuación. Como se puede comprender, estos términos están relacionados y suelen mencionarse con frecuencia cuando se habla del medio natural, aunque resultan complejos, a menudo confusos o polémicos y, por tanto, difíciles de cuantificar y de utilizar en valoraciones ambientales.

En las montañas, el “equilibrio” de los pastos está estrechamente vinculado con la acción de los herbívoros y con los condicionantes topográficos. Con la altitud aumentan las pendientes y disminuye la estabilidad del sustrato. Por otra parte, la acción de la gravedad -fuerza de la naturaleza omnipresente pero muchas veces ignorada- actúa de forma irreversible arrastrando agua, suelo y nutrientes que escasean tanto más cuanto mayor es la pendiente y la altitud a la que nos situemos. Esta acción exportadora incesante pasa a ser el factor más determinante en la alta montaña lo que, junto al clima, permite entender la disminución de los pastos con la altitud y el aumento de su interés ecológico ligado a su rareza.

Productividad

La productividad de una comunidad vegetal es una medida de la tasa a la que transforma energía en distintos tipos de materia orgánica.

Se habla en este caso de productividad “primaria”. Aunque desde una perspectiva ecológica la productividad proporciona información de gran interés sobre la estructura de las comunidades y sus relaciones con el entorno, la medición no resulta sencilla y se ha utilizado poco en la valoración de áreas naturales. Indudablemente la productividad tiene gran importancia a la hora de evaluar el potencial de un pasto como se explica en detalle en el *capítulo 12*.

Otros criterios

Además de los criterios mencionados, algunos otros aspectos pueden utilizarse en las valoraciones ecológicas. Mencionamos por ejemplo la “representatividad” de una comunidad que valora la presencia de especies típicas o comunes y, en el otro extremo, también de las raras, además de valores “representativos” de la diversidad, productividad y otros atributos de una determinada comunidad. La “importancia para la vida silvestre” o calidad del hábitat que se refiere al resto de organismos presentes o estrechamente relacionados con

una determinada comunidad vegetal. Por último, y ya en otro plano, a la hora de valorar territorios pastorales habrá que considerar criterios relacionados con el patrimonio cultural o histórico-artístico (presencia de fósiles, restos megalíticos, etc.).

La valoración ecológica de los pastos

La idea de valorar los pastos surge de la inquietud humana por estimar y asignar valores, habitualmente económicos o productivos, a todo lo que le rodea. El cálculo más o menos preciso de producción primaria y valor forrajero de los pastos es, sin duda, muy antiguo y tiene que ver, lógicamente, con el alquiler o subasta de los pastos o con el interés de conocer el número de animales o “capacidad de carga” que puede sustentar un determinado territorio. Más adelante se explican en detalle distintas aproximaciones para obtener estos parámetros de tipo productivo.

Mucho más recientes son las valoraciones relacionadas con los aspectos “ambientales” considerando criterios “ecológicos”, de

Variables de interés ecológico para la evaluación de pastos

Valor florístico

- Rareza
- Endemicidad
- Plantas en su límite de área de distribución
- Presencia de ecotipos de especial interés para el pastoreo

Valor de la comunidad vegetal:

- Diversidad
- Amplitud del área de distribución
- Límite de distribución
- Interacciones (relaciones de facilitación, parasitismo, micorrizas, etc.)
- Calidad del hábitat

Valor del paisaje pastoral:

- Heterogeneidad del paisaje
- Estabilidad (grado de equilibrio entre vegetación, factores ambientales e influencia humana; resistencia a las fluctuaciones aleatorias (sobrepastoreo, abandono, etc.).)
- Resiliencia: capacidad de recuperarse tras el cese de una alteración (dependencia del herbívoro).
- Productividad: productividad agroganadera y agroecológica.
- Calidad visual del paisaje: valor “escénico” Sensibilidad al fuego estructura de la vegetación, topografía, gestión humana, presencia de infraestructuras, etc.).
- Potencial recreativo e interés científico y educativo.

manera que pueda asignarse un determinado valor a cada unidad considerada o a un determinado territorio. El desarrollo de las valoraciones ecológicas guarda estrecha relación con la preocupación por la conservación del entorno natural y la necesidad de realizar estudios de impacto ambiental o de seleccionar y elegir territorios para su conservación.

Por otra parte, el declive de la ganadería extensiva en las montañas, ha corrido paralelo al incremento de su uso recreativo y ha impulsado la necesidad de “cuantificar” los valores naturales, a veces con el fin de delimitar áreas protegidas y definir medidas para su gestión. Distintos aspectos relacionados con la gestión y conservación del medio ambiente han propiciado la necesidad de valorar de manera cuantificada el patrimonio natural lo que, a su vez, ha originado el desarrollo de algunas metodologías aplicadas a diferentes grupos biológicos y hábitats. Entre este tipo de estudios podemos citar el de Gehú y Gehú (1980) sobre medios litorales, la valoración de las zonas húmedas peninsulares (Cirujano *et al.*, 1992) o, más recientemente, la de turberas en el norte de Italia (Bonomi y Buffa, 1997) y la demarcación de zonas de especial interés natural (García Baquero y Valle, 1998).

Por último, la catalogación de muchas zonas de montaña como espacios protegidos, junto a los cambios en su estructura socioeconómica, han dado lugar a una nueva percepción en la valoración de los pastos que exige considerar sus peculiaridades ecológicas además de su interés forrajero. La complejidad de los pastos de montaña junto al escaso conocimiento que todavía se tiene de su estructura y dinámica, dificulta su estudio y obliga a la realización de sucesivas aproximaciones para una “valoración ecológica”. En este marco se inscribe la valoración de los pastos pirenaicos que se comenta en este capítulo y que ha sido

desarrollada en el Instituto Pirenaico de Ecología con el doble objetivo de optimizar la información disponible y dotar a gestores y técnicos de una herramienta para la ordenación y conservación de pastos. En el *capítulo 16* se explica en detalle el cálculo del valor pastoral de este índice.

En las páginas anteriores se han detallado algunos de los criterios ecológicos que en la actualidad se consideran más trascendentales a la hora de definir los sistemas naturales y que, por tanto, parece conveniente considerar. Sin embargo, cuando se trata de estudiar sistemas de gran complejidad como son los pastos, apenas se dispone de información sobre algunos de esos parámetros y su medición resultaría imposible en el corto plazo. Con estas limitaciones, se ha realizado la valoración a partir de aquellos aspectos sobre los que se dispone de una información previa o bien es posible obtenerla en un tiempo razonable. Valoramos ahora los pastos del Pirineo a partir del interés de las plantas que los componen y de las propias comunidades vegetales que conforman y no consideramos muchos otros aspectos como su estabilidad, vulnerabilidad, capacidad de retención del suelo, etc., de indudable interés pero cuya cuantificación nos resulta actualmente inabordable.

Método para valorar los pastos pirenaicos

La clasificación fitosociológica que se ha comentado antes, nos permite distinguir los distintos tipos de pastos existentes en los Pirineos y disponer de abundante información sobre muchos de ellos. Como unidad básica de trabajo se ha utilizado la “alianza fitosociológica” y en los casos en que éstas presentan una gran variabilidad estructural, se han considerado las “asociaciones” más frecuentes. Cada uno de estos tipos de pasto queda definido por un “inventario tipo” que

Cálculo del Valor florístico:

$$Vf = 1/n \cdot V_{sp} \times fr_{sp}$$

El valor florístico (Vf) se calcula como el promedio de la suma del valor florístico asignado a cada especie (V_{sp}) multiplicado por la frecuencia (fr_{sp}) con que esa especie aparece en los inventarios. En la fórmula anterior n es el número de especies en cada comunidad. El valor florístico de cada especie (V_{sp}), se calcula promediando la suma de los tres parámetros que se definen a continuación y con una escala numérica entre 0 y 5:

Área general de distribución de la especie en Europa:

> 30 países	0
15-30 países	1
8-14 países	2
3-7 países	3
1-2 países	4
endémica de Europa	(+1)

Área de distribución de la especie en la Península Ibérica:

> 30 provincias	0
15-30 provincias	1
8-14 provincias	2
3-7 provincias	3
1-2 provincias	4
endémica pirenaica	(+1)

Grado de abundancia de la especie:

común o muy común	0
frecuente	1
escasa	2
rara	3
muy rara	4
catalogada en libros rojos	(+1)

Cálculo del Valor de la comunidad:

$$Vc = 1/3 (A_m + A_e + D)$$

El valor de cada comunidad se obtiene a partir de la fórmula anterior, donde A_m es la amplitud del área de distribución general de la comunidad, A_e es la abundancia de la comunidad en la zona de estudio a escala regional y D es la diversidad en número de especies. Los valores de estos parámetros se asignan de acuerdo con las tablas siguientes:

Amplitud del área de distribución:

En muchas zonas de montaña y altas latitudes de Europa	1
En las cordilleras alpinas	2
En el Pirineos y Montes Cantábricos	3
Sólo en Pirineos	4

Abundancia de la comunidad

en el ámbito del estudio:

Muy abundante y ocupando amplias zonas (km ² o ha) (<i>Nardion strictae, Bromion erecti</i>)	1
Frecuente y extendida pero en ambientes más restrictivos (<i>Festucion eskiae, F. scopariae, F. supinae</i>)	2
Localizada en zonas concretas y en pequeñas superficies (<i>Caricion nigrae, Primulion intricatae</i>)	3
Rara y muy localizada y en superficies muy pequeñas (<i>Caricion davallianae, Elyion myosuroidis</i>)	4

Restringida a un solo sector de los Pirineos (oriental, central y occidental) (+1)	
Diversidad (número medio de especies):	
menos de 15 especies	1
entre 15 y 25 especies	2
entre 25 y 30 especies	3
entre 30 y 35 especies	4
más de 35 especies	5

Tabla 8.5. Inventario tipo de la asociación. *Alchemillo flabellatae-Nardetum strictae* y obtención del valor florístico de dicha comunidad.

ESPECIE (lista parcial)	% Inventarios (fr)	Abundancia media	Valor florístico (Vsp)	Vsp × fr
<i>Ajuga pyramidalis</i>	11,5	0,2	2,4	27,6
<i>Antennaria dioica</i>	11,5	0,4	1,8	20,7
<i>Anemone montana</i>	1,6	1,0	2,7	4,3
<i>Bellardiochloa violacea</i>	26,2	2,0	2,3	60,3
<i>Cerastium arvense</i>	50,8	0,5	0,7	35,6
<i>Coeloglossum viride</i>	3,3	0,1	2,2	7,3
<i>Crepis conyzifolia</i>	1,6	1,0	2,7	4,3
<i>Dianthus deltoides</i>	9,8	0,6	1,4	13,7
<i>Gentiana acutiloba</i>	14,8	0,1	2,2	32,6
<i>Luzula sudetica</i>	11,5	0,2	3,0	34,5
<i>Meconopsis thamnophila</i>	21,3	1,5	2,7	57,5
<i>Nardus stricta</i>	91,8	3,2	0,7	64,3
<i>Nigritella nigra</i>	9,8	0,4	2,8	27,4
<i>Pheum alpinum</i>	23,0	0,6	3,0	69
<i>Plantago alpina</i>	32,8	1,1	2,2	72,2
<i>Poa supina</i>	3,3	0,1	2,3	7,6
<i>Potentilla pyrenaica</i>	4,9	0,1	3,2	15,7
<i>Pseudorchis albida</i>	1,6	0,1	3,2	5,1
<i>Ranunculus pyrenaeus</i>	3,3	0,1	3,4	11,2
<i>Selinum pyrenaicum</i>	24,6	0,6	3,5	86,1
<i>Trifolium alpinum</i>	75,4	2,2	2,8	211,1
<i>Campan. scheuereri</i>	9,8	0,4	2,8	27,4
<i>Campanula serrata</i>	6,6	0,1	4,3	28,4
<i>Carex sempervirens</i>	4,9	2,3	2,8	13,7
<i>Festuca eskia</i>	32,8	2,3	3,3	108,2
<i>Gentiana alpina</i>	8,2	0,1	3,5	28,7

$$Vf = \frac{1}{10} (\sum Vsp \times fr) / 10 = 3,7$$

resume la composición florística, la frecuencia de cada especie (número de inventarios en que está presente) y su abundancia media. Además, se han caracterizado los factores topográficos (orientación, inclinación, altitud) y el recubrimiento vegetal de cada tipo de pasto. Una vez obtenido el “inventario tipo” de esas comunidades, se ha procedido a calcular su valor ecológico (Ve), de acuerdo con la siguiente fórmula: $Ve = Vf + Vc$

Donde Vf es el valor florístico y Vc el valor de la comunidad, que se obtienen tal como se explica en los dos cuadros adjuntos

(Gómez et al., 2002). En la práctica, el valor obtenido se divide por diez para ajustarlo a una escala que por lo general oscila entre 0 y 10, aunque podría, potencialmente, alcanzar valores más altos.

Una vez asignado el valor florístico a cada especie del inventario tipo, se multiplica por la frecuencia media (%) con que dicha especie aparece en el total de los inventarios. A continuación, se suman y promedian los valores de todas las especies. El valor obtenido se divide por diez para mantenerlo en una escala similar a la usada en los demás parámetros y así se

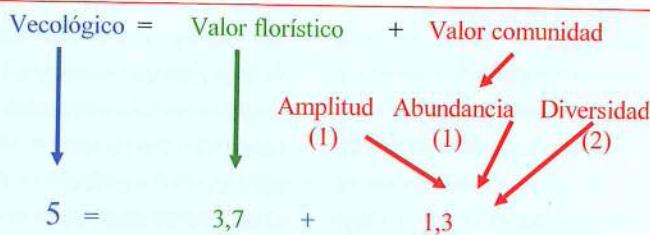


Fig. 8.21. Obtención del valor ecológico de la As. *Alchemillo flabellatae-Nardetum strictae* a partir del valor florístico y del de la comunidad.

Tabla 8.6. Resumen de los valores correspondientes a la amplitud, abundancia y diversidad obtenidos para algunas de las comunidades de pastos supraforestales más característicos del Pirineo y los valores ecológicos resultantes.

Comunidad vegetal	<i>Nardion strictae</i>	<i>Bromion erecti</i>	<i>Saponariion caespitosae</i>	<i>Festucion alioidis</i>	<i>Elynion myosuroidis</i>
Valor florístico (Vf)	3,7	2	6	4,7	5,5
Amplitud área de distribución	1	1	4	5	4
Abundancia	1	1	3	3	4
Diversidad	2	4	3	2	3
Valor comunidad (Vc)	1,3	2	3,3	3,3	3,7
Valor ecológico (Vf + Vc)	5	4	9,3	8	9,2

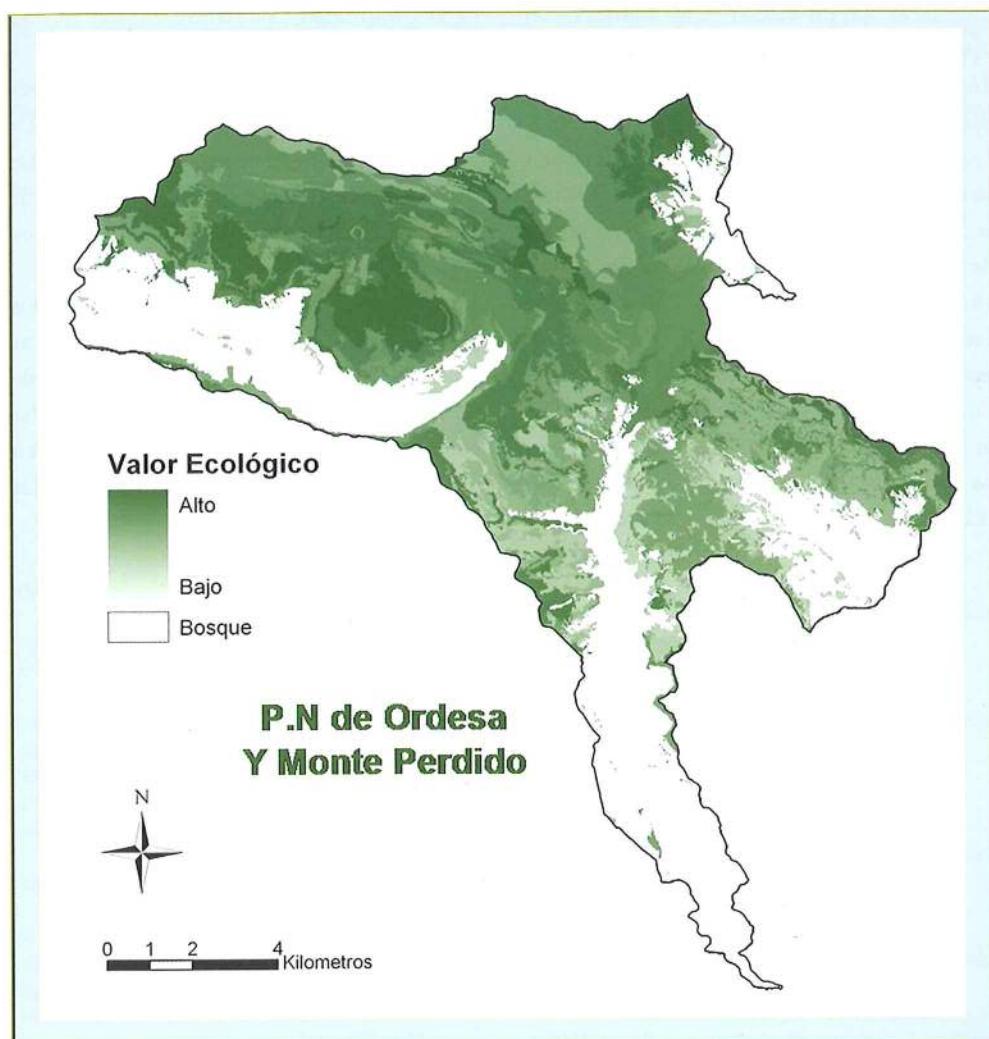


Fig. 8.22. Cartografía del P.N. de Ordesa y Monte Perdido mostrando el valor ecológico de sus distintas zonas en una escala simplificada y creciente.

obtiene el valor florístico (Vf) para cada tipo de pasto.

Por otra parte, el valor de la comunidad, Vc, se obtiene promediando los tres parámetros que se comentan en el cuadro adjunto a los valores que suelen tomar. En el ejemplo que se explica a continuación, se ha calculado el valor ecológico de la asociación *Alchemillo flabellatae-Nardetum strictae* (*Al Nardion strictae*) siguiendo los pasos que se acaban de describir.

En primer lugar se ha elaborado el inventario tipo promediando los valores de 50 inventarios de la comunidad estudiada, procedentes de distintos puntos del Pirineo, tal como refleja la *tabla 8.5*.

A continuación a este valor florístico obtenido (3,7) se le suma el correspondiente a la comunidad vegetal que, a su vez, es la media de los tres valores asignados a su amplitud, abundancia y diversidad y se obtiene el Valor ecológico que da un resultado de 5 para la asociación tomada como ejemplo (*figura 8.21*).

La amplitud del área de distribución se ha estimado a partir de distintas obras de carácter descriptivo de la vegetación (Ellenberg, 1986) y cuando no ha sido posible

obtener esta información, no se ha considerado este concepto. La abundancia de cada comunidad se ha extraído de trabajos de vegetación de los Pirineos (Vigo, 1996; Carrillo y Ninot, 1992; Rivas Martínez *et al.*, 1991). El número de especies de cada tipo de pasto (riqueza de especies como medida de la diversidad) es el valor medio resultante de los inventarios almacenados en la base de datos y considerados en la obtención del "inventario tipo". Tras sumar y promediar los tres valores mencionados, se obtiene el valor de la comunidad (Vc) comprendido en una escala de 1 a 5.

En la *tabla 8.6* se resumen los valores correspondientes a la amplitud, abundancia y diversidad obtenidos para algunas de las comunidades de pastos supraforestales más característicos del Pirineo y los valores ecológicos resultantes.

Una vez conocidos los valores de los pastos de un territorio, ya se puede elaborar una cartografía (*figura 8.22*), a partir de la de vegetación, delimitando mediante isolíneas las zonas de valores similares, para las que podrán definirse distintos tipos de gestión y medidas de conservación.

Referencias bibliográficas

- Braun-Blanquet, J. 1979.- *Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales*. 820 pp. H. Blume Ediciones., Barcelona (1^a edición 1951 en Springer-Verlag/Wien).
- Bonomi, C. y Buffa, G. 1997.- Valutazione della qualità della torbiera delle Viole del Monte Bondone (TN) con lineamenti di corretta gestione ambientale. *Studi Trentini di Scienze Naturali-Acta Biologica*, 74: 77-97..
- Cadíñanos, J.A. y Meaza, G. 1998.- *Bases para una biogeografía aplicada: criterios y sistemas de valoración de la vegetación*. 144 pp. Geoforma Ediciones. Logroño.
- Carrillo, E. y Ninot, J.M. 1982.- *Flora i vegetació de les valls d'Espòt i de Boí*. 350 pp. Institut d'Estudis Catalans, Arx. Secc. Cièn., Barcelona.
- Cirujano, S., Velyos, M., Castilla, A. y Gil, M. 1992.- *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles*. 456 pp.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA. Colección Técnica., Madrid.
- Dobson, S.F., Yu, J. y Smith, A.T. 1995.- The importance of evaluating rarity. *Conservation Biology* 9: 1648-1651.
- Ellenberg, H. 1986.- *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge University Press., Cambridge.
- Faith, D.P. y Walker, P.A. 1996.- Integrating conservation and development: incorporating vulnerability into biodiversity assessment of areas. *Biodiversity & Conservation* 5: 417-429.
- Gaston, K.J. 1994.- *Rarity*. 120 pp. Chapman and Hall, London.
- Gehu, J.M. y Gehu, J. 1980.- Essai d'objection à l'évaluation biologique des milieux naturels, exemples littoraux. *Séminaire de Phytosociologie appliquée*. Indices biocénétiques. pp. 77-94. Metz (Francia).
- Gómez, D., García-González, R. y Marinas, A. 2002.- An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean

- mountain grasslands. *Multi-function grasslands* pp. 922-923. Proceedings of 19th General Meeting of the European Grassland Federation., La Rochelle (Francia).
- Goodall, D.W. 1952.- Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. IV Patterns and minimal area. *Australian Journal Scientific Research* 5: 1-41.
- Kunin, W.E. y Gaston, K.J. 1997.- *The Biology of Rarity*. 205 pp. Chapman & Hall, London.
- Loidi, J. 1994.- Phytosociology applied to nature conservation and land management. *Applied Vegetation Ecology*. Proceed. 35th Symposium IAVS pp. East China Normal Univ. Press, Shanghai.
- Magurran, A.E. 1988.- *Ecological diversity and its measurement*. 179 pp. Princeton University Press., Princeton, New Jersey.
- Margules, C. y Usher, M.B. 1981.- Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. *Biological Conservation* 21: 79-109.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. 2002.- *Aims and methods in vegetation ecology*. 547 pp. The Blackburn Press., Caldwell, New Jersey.
- Pickett, S.T.A. y White, P.S. 1985.- *The Ecology of Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Inc.
- Rabinowitz, D. 1981.- Seven forms of rarity. In: H. Singe (ed ed.), *The Biological aspects of rare plant conservation*., pp. 205-217. J. Wiley & Sons Ltd, Chichester (UK).
- Rivas Martínez, S., Báscones, J.C., Díaz, T.E., Fernán González, F. y Loidi, J. 1991.- Vegetación del Pirineo occidental y Navarra. *Itineraria Geobotanica*. 5: 5-455.
- Smith, P.G. y Theberge, J.B. 1986.- A Review of Criteria for Evaluating Natural Areas. *Environmental Management* 10: 715-734.
- Sousa, J. 1984.- The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematic* 15: 353-391.
- Tilman, D. y Downing, J.A. 1994.- Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363-365.
- Vigo, J. 1996.- El poblement vegetal de la Vall de Ribes. *Les comunitats vegetals y el paisatge*. 468 pp. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- Van Andel, J. y Van den Bergh, J.P. 1987.- Disturbance of grasslands. Outline of the theme. In: J.P.B.a.R.W.S.E. J. Van Andel (ed.), *Disturbance in Grasslands*.
- Whittaker, R.H. 1972.- Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.