

UNIVERSITAT DE LLEIDA

Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal

**EL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN
COMUNIDADES PRATENSES DE MONTAÑA,
CON DISTINTOS REGÍMENES DE
GESTIÓN AGRÍCOLA**



**Universitat de Lleida
Registre General**

21 MAIG 1998

E:

1995

S:

RAMÓN J. REINÉ VIÑALES

Mayo, 1998

Foto página anterior: Conjunto de pajares y eras de Fragen (Huesca). Situados en la zona más expuesta a los vientos dominantes, para facilitar las labores del aventado y trilla del cereal. En los últimos cincuenta años la dedicación cerealista de la zona cambió en beneficio del cultivo de los actuales prados.

UNIVERSITAT DE LLEIDA
Departament de Producció Vegetal y Ciència Forestal

**EL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN
COMUNIDADES PRATENSES DE MONTAÑA,
CON DISTINTOS REGÍMENES DE
GESTIÓN AGRÍCOLA**



Memoria presentada por **RAMÓN J. REINÉ VIÑALES**
para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo

Directores:

Dr. Federico Fillat Estaqué
(Instituto Pirenaico de Ecología, C.S.I.C.)

Dra. Cristina Chocarro Gómez
(Universitat de Lleida, Dpt. de Producció
Vegetal y Ciència Forestal)

Jaca, mayo de 1998

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones cuyos resultados se presentan se realizaron en el Instituto Pirenaico de Ecología de Jaca (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) bajo la financiación del proyecto E.G.R.O. "Extensive management of grassland, impact on conservation of biological resources and farm output" Convocatoria CEE, DG XII, Programme (1993-1995). Los apartados referentes a las comunidades alpinas se desarrollaron en el Instituto de Botánica de la Universidad de Innsbruck (Austria), en el marco del programa COMETT-II "Ökologie des Alpenen Raumes".

Quiero manifestar mi agradecimiento al Dr. Federico Fillat, que me ofreció la posibilidad de realizar esta tesis, y a la Dra. Cristina Chocarro. A ambos se debe la dirección del trabajo, y les reconozco el apoyo prestado durante su realización y sus continuos consejos y orientaciones.

La labor de tutoría de la Dra. Rosario Fanlo, fue indispensable para ser admitido en el programa de doctorado del Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal de la Universidad de Lleida.

Mi estancia en el Instituto de Botánica de la Universidad de Innsbruck se debió al empeño del Dr. Alexander Cernusca. Allí también fui calurosamente acogido por Mag. M. Bahn y por Ing. W. Bitterlich, y pude discutir algunos aspectos metodológicos con la Dra. S. Prock.

Con Federico Fillat, Cristina Chocarro, M^a Luisa Goded, Fernando Pardo, Pilar Bernués y Pilar García, he pasado jornadas inolvidables de trabajo en los prados de Fragen. De ellos he recibido todo tipo de colaboraciones y su compañía siempre resultó estimulante.

Igualmente, deseo expresar mi gratitud a todos los miembros del Instituto Pirenaico de Ecología, investigadores, laborales y becarios, que de una u otra forma han participado en la investigación, especialmente a los pertenecientes al Departamento de Ecología del Pasto.

Durante los años que pasé en el I.P.E. tuve la suerte de compartir despacho con el Dr. Pedro Montserrat, investigador infatigable, del que recibí sabios dictámenes sobre la ecología de las comunidades pratenses.

Fernando Pardo ha sido el compañero y amigo más próximo en las distintas tareas, en las que a veces sorprendentemente, desembocaban nuestras investigaciones. A él se deben además los datos de los contenidos de humedad y temperaturas del suelo del Capítulo VIII.

Gracias a la ayuda prestada por Pilar García en el lavado y en el control de la germinación de las últimas muestras, pude compaginar los trabajos en los Alpes y en los Pirineos.

En el marco del Proyecto E.G.R.O. conocí al Dr. J.P. Bakker, científico experimentado en el funcionamiento de los bancos de semillas de las comunidades pratenses, que siempre mostró un gran interés por la marcha del estudio. A él y a sus colaboradores Dra. R. M. Bekker y Dr. G.L. Verweij debo algunos consejos reflejados en los Capítulos IV y VI.

Los prados estudiados pertenecen a las familias Casaus y López de Fragen, ellos al igual que el resto del pueblo siempre han acogido nuestros proyectos con agrado y respeto, aunque en ocasiones también con cierto grado de escepticismo. Debemos reconocer la importancia de la actividad de todos los ganaderos de la zona, aleccionadora del manejo tradicional de los recursos, y generadora de paisaje. Gracias a ellos, por ejemplo, se puede disfrutar de unos magníficos panoramas al transitar por la C-140, desde la “recta” de Gavín a Broto.

Por último quiero recordar a mi familia, por los ánimos que en todo momento me han ofrecido, y a Ana y Antonio, por la paciencia que han demostrado tener conmigo en estos dos últimos años.

RESUMEN

Se estudia el contenido de semillas viables del suelo de varias comunidades pratenses de montaña, sometidas a distintos niveles de intensificación agrícola, en la zona de Fragen (Pirineos Centrales) y en Kaserstattalm (Alpes Orientales). Para ello, en distintos momentos, se tomaron muestras de suelo, que tras un proceso de reducción, fueron puestas a germinar en un ambiente controlado. La composición de los bancos se estimó mediante la identificación y el conteo de las plántulas germinadas en estas fracciones.

Los suelos han presentado importantes cantidades de semillas viables enterradas, que oscilan entre las 6.029 y las 54.517 semillas/m² según el manejo agrícola al que está sometido la comunidad: los bancos de los prados más intensivos poseen menores cantidades de semillas y de especies que los extensivos. La composición taxonómica de los bancos se ha caracterizado por la presencia en cada comunidad de una o dos especies claramente dominantes, entre las que destacan: *Plantago major*, *Verbena officinalis*, *Medicago lupulina* y *Stellaria media* en los prados pirenaicos y *Calluna vulgaris*, *Erica herbacea* y *Poa alpina* en los alpinos.

Sobre la misma red muestral del banco, se recolectó la biomasa para el análisis de la vegetación aérea, en los momentos de máximo desarrollo vegetativo de cada comunidad. La comparación entre las semillas enterradas y las plantas adultas arroja grandes diferencias florísticas, sobre todo en los prados con régimen de explotación intensivo, donde se producen semillas que no se incorporan al banco. Con los resultados obtenidos, se analizó cómo varían entre las distintas comunidades: la riqueza específica, la diversidad, la calidad forrajera, la persistencia de las semillas en el suelo, el tipo de dispersión, y la forma de vida de las especies del banco y de la vegetación aérea.

Con el objetivo de conocer la variación estacional de los bancos pirenaicos, se muestrearon en dos fases muy significativas en su dinámica: la parada invernal y el primer corte de la hierba. Mientras que en la época estival, las parcelas intensivas aumentan sus reservas de semilla en el suelo, los bancos de los prados extensivos no presentan diferencias.

Para averiguar la capacidad regenerativa del banco de semillas, se efectuó un seguimiento de las plántulas germinadas en el campo, durante dos periodos vegetativos. Se hizo un inventario del establecimiento de las especies bajo la cubierta inalterada de la vegetación y tras la alteración de la misma, diferenciándose las germinaciones procedentes de las semillas recién dispersadas, con las del suelo. De los resultados se concluye la necesidad de la alteración para que se produzca el establecimiento de plántulas. El recubrimiento, se efectúa en las comunidades de manejo intensivo, principalmente a partir de la lluvia de semillas local. En las parcelas extensivas éste concierne más a las semillas enterradas en el suelo. Las máximas densidades de plántulas se censaron cuando el suelo estaba a una temperatura media en torno a los 15°C y con contenidos de humedad a capacidad de campo.

Por último, se examinó sobre una malla de 10 m x 10 m, los modelos de distribución espacial de las especies de los bancos pirenaicos y de su vegetación aérea. Para ello se ha utilizado el índice de autocorrelación (I) de Moran, estimador del grado de agrupamiento de las especies en función de la localización geográfica exacta de cada punto de muestreo. Los resultados indican que tanto las plantas adultas, como las semillas enterradas se distribuyen preferentemente al azar. El reparto agregado se detectó en el 20% de los taxones, y en ninguna comunidad se observaron distribuciones uniformes.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
I.1. LAS COMUNIDADES VEGETALES PRATENSES	3
I.2. LAS COMUNIDADES PRATENSES COMO RECURSO NATURAL: PRESENTE Y FUTURO	5
I.3. EL CULTIVO DE LOS PRADOS EN LA VERTIENTE SUR DEL PIRINEO CENTRAL.....	7
I.3.1. El origen de los prados	8
I.4. EL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO	9
I.4.1. Definición y tipos de banco de semillas.....	9
I.4.2. Significado ecológico de los bancos de semillas.....	11
I.4.3. El banco de semillas del suelo en las comunidades pratenses.....	12
I.5. ANTECEDENTES	13
I.6. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	14
I.7. OBJETIVOS GENERALES	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES	19
II.1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	19
II.1.1. Localización geográfica	19
II.1.2. Geología	21
II.1.3. Relieve	21
II.1.4. Erosión	23
II.1.5. Edafología	23
II.1.6. Clima.....	24
II.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES PRATENSES	27
II.2.1. Distribución de los prados	27
II.2.2. Tipos de comunidades pratenses en Fragen.....	28
II.2.3. La gestión ganadera de los prados	29
II.2.4. Composición florística y producción primaria.....	33
II.2.5. Caracterización fitosociológica.....	33
II.2.6. Comunidades estudiadas	35

II.3. LOS PRADOS ALPINOS Y LOS FACTORES AMBIENTALES DE LA ZONA DE KASERSTATTALM (INNSBRUCK)	36
II.3.1. Comunidades estudiadas.....	38
II.4. ESTIMACIÓN DEL BANCO DE SEMILLAS	39
II.4.1. Técnicas de estimación	39
II.4.2. Tamaño, profundidad de las muestras, volumen total muestreo y época de muestreo	42
III. ESTRUCTURA DE LOS BANCOS DE SEMILLAS	47
III.1. INTRODUCCIÓN	47
III.1.1. Objetivos	48
III.2. MATERIAL Y MÉTODOS	48
III.2.1. Análisis de los datos	49
III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
III.3.1. Densidad de los bancos de semillas	51
III.3.2. Número medio de especies por muestra.....	55
III.3.3. Composición taxonómica.....	57
III.3.4. Correlación y afinidad entre los dos horizontes muestrales del banco de semillas.....	65
III.3.5. Relación media-varianza muestral	66
III.4. CONCLUSIONES	69
IV. BANCOS DE SEMILLAS Y VEGETACIÓN AÉREA.....	73
IV.1. INTRODUCCIÓN	73
IV.1.1. Objetivos	73
IV.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	74
IV.2.1. Análisis de los datos.....	75
IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
IV.3.1. Composición taxonómica comparada	76
IV.3.2. Correlación y afinidad entre el banco y la vegetación	87
IV.3.3. Índices de regeneración de las series de vegetación.....	90
IV.4. CONCLUSIONES	91

V. DIVERSIDAD Y CALIDAD DE LOS BANCOS DE SEMILLAS	95
V.1. INTRODUCCIÓN.....	95
V.1.1. Objetivos.....	95
V.2. MATERIAL Y MÉTODOS	96
V.2.1. Análisis de los datos	96
V.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	97
V.3.1. Riqueza específica total de los bancos de semillas y de la vegetación.....	97
V.3.2. Diversidad y uniformidad de los bancos de semillas y de la vegetación.....	100
V.3.3. Calidad de los bancos y de la vegetación	103
V.4. CONCLUSIONES.....	105
VI. PERSISTENCIA DE LAS SEMILLAS EN EL SUELO Y CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ESPECIES.....	109
VI.1. INTRODUCCIÓN	109
VI.1.1. Objetivos	110
VI.2. MATERIAL Y MÉTODOS	110
VI.2.1. Análisis de los datos	112
VI.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	112
VI.3.1. Persistencia de las semillas en el suelo.....	112
VI.3.2. Caracterización ecológica de las especies	115
VI.3.3. Formas biológicas de las especies	119
VI.3.4. Tipos de dispersión de las especies	123
VI.4. CONCLUSIONES	126
VII. VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS BANCOS DE SEMILLAS	133
VII.1. INTRODUCCIÓN	133
VII.1.1. Objetivos	134
VII.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	134
VII.2.1. Análisis de los datos.....	134

VII.3. RESULTADOS	135
VII.3.1. Densidad y número medio de especies de los bancos de semillas.....	135
VII.3.2. Composición taxonómica	137
VII.3.3. Afinidad entre las poblaciones estimadas en febrero y en julio.....	141
VII.4. DISCUSIÓN.....	141
VII.5. CONCLUSIONES.....	143
VIII. ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS EN CONDICIONES DE CAMPO	147
VIII.1. INTRODUCCIÓN	147
VIII.1.1. Objetivos.....	148
VIII.2. MATERIAL Y MÉTODOS	148
VIII.2.1. Análisis de los datos	150
VIII.3. RESULTADOS.....	150
VIII.3.1. Densidad y número medio de especies establecidas	150
VIII.3.2. Composición taxonómica de las poblaciones establecidas.....	154
VIII.3.3. Relación con los parámetros microclimáticos	162
VIII.4. DISCUSIÓN	167
VIII.5. CONCLUSIONES	170
IX. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES	175
IX.1. INTRODUCCIÓN	175
IX.1.1. Objetivos	176
IX.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	176
IX.2.1. Análisis de los datos.....	176
IX.3. RESULTADOS	178
IX.4. DISCUSIÓN	183
IX.5. CONCLUSIONES	184

X. CONCLUSIONES GENERALES	189
XI. BIBLIOGRAFIA	195
ANEXOS	217
ANEXO 1. DATOS DE LOS BANCOS DE SEMILLAS.....	217
ANEXO 2. DATOS DE LA VEGETACIÓN AÉREA.....	263
ANEXO 3. DATOS DE LAS PLÁNTULAS ESTABLECIDAS EN CONDICIONES DE CAMPO	288



CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

Foto página anterior: Broto, salto del Sorrosal y monte Pelopín. En el valle lateral de la derecha se sitúa la población de Fragen, rodeada de su pradería. Obsérvese el escalonamiento de usos: prados de siega en los fondos de valle, bosques en las laderas y pastos supraforestales en los altos, cubiertos de nieve en la fotografía.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I.1. LAS COMUNIDADES VEGETALES PRATENSES

La vegetación o tapiz vegetal de un territorio dado está formada por distintos grupos o asociaciones de plantas que se repiten en el espacio regularmente, desempeñando en el paisaje un papel primordial, y que se denominan comunidades vegetales (Strasburguer, 1983). Puede considerarse como el resultado de la interacción a lo largo del tiempo de un conjunto de factores tanto abióticos (clima, suelo, relieve,...) como bióticos (flora, fauna, hombre,..) (Scott, 1974). Cada comunidad vegetal se define por su dotación en especies vegetales, por la abundancia de cada una de ellas, y por la distribución homogénea más o menos regular de las mismas en la comunidad (Strasburguer, 1983).

El estudio ecológico de la vegetación (*vegetation ecology*) se centra en la identificación de las comunidades vegetales de un área y la determinación de su relación con otras y con los factores medioambientales, mientras que la ecología de las comunidades vegetales (*plant ecology*) se refiere a los procesos que tienen lugar a nivel de cada comunidad, a los factores del hábitat, a la respuesta fisiológica de las especies y grupos de especies a dichos factores, al funcionamiento de la comunidad, y a las funciones del nicho en el contexto del ecosistema (Müller-Dombois y ElleMBERG, 1974).

La comunidad puede ser descrita como una organización espacial y temporal de especies, con diferentes grados de interacción, que pueden mostrar una cierta resistencia a fluctuaciones en su medio ambiente (homeostasis). De esta manera, la comunidad es una combinación de plantas, dependientes de su medio ambiente, que se influyen mutuamente y modifican el propio medio ambiente, pero sin perder su individualidad, ya que dichas especies pueden existir también fuera de la comunidad (Müller-Dombois y ElleMBERG, 1974).

De todos los tipos de comunidades vegetales, uno de las que mayor interés presentan para el ser humano son las comunidades de pradera (*grasslands*), que constituyen una parte importante de la cubierta vegetal de la tierra, estimada en los años cincuenta en un 24% de la superficie terrestre (Shantz, 1954). Thomas (1980) las define como comunidades vegetales herbáceas en las que dominan las gramíneas y otras especies herbáceas, principalmente hemicriptófitos, pero en las que puede estar presente una pequeña proporción de árboles o matorral.

Coupland (1992) resume las distintas denominaciones que reciben estas comunidades y propone la siguiente clasificación:

- Praderas artificiales que se han establecido por siembra de especies foráneas, y ocupan campos en donde las especies nativas han sido controladas o eliminadas por labrado, pudiendo entrar incluso en rotación con otros cultivos. El manejo y la fertilización son fundamentales para su mantenimiento, pero cuando la resiembra no se efectúa, la sucesión natural avanzará hacia el clímax de la comunidad primigenia.

- Praderas naturales cuya cobertura refleja las condiciones bióticas en las que se desarrolla la comunidad, constituyendo la vegetación clímax de las regiones dónde se ubican. A menudo también han podido ser modificados por las actividades del hombre y sus animales domésticos. Cuando son pastadas también se denominan *rangelands*.
- Praderas seminaturales que existen en las zonas de bosque donde la eliminación de la cubierta arbórea ha permitido que las especies perennes herbáceas se conviertan en dominantes como parte de la sucesión natural hacia el bosque. Cuando dicha sucesión es frenada por las prácticas del manejo (pastoreo, siega o fuego), estas praderas se mantienen. Difieren de las artificiales porque están compuestas por especies nativas (en lugar de exóticas), y de las naturales porque su existencia es debida al manejo ganadero (en lugar de al clima). El término *meadows* es utilizado para dar a conocer el uso de una pradera semi-natural como campo productor de heno, mientras que si sólo se dedican al pastoreo del ganado reciben el nombre de *pastures*.

En lengua castellana, resulta difícil encontrar traducciones exactas para cada uno de estos términos. La acepción de la palabra **pradera** corresponde, según Font-Quer, (1985), a un *gramini-herbetum* xerofítico, que se agosta más o menos en verano, y, por lo tanto, está referido principalmente a las comunidades de tipo estepario. La distingue así, del término **prado**, que define como vegetación de gramíneas, ciperáceas y plantas herbáceas varias, de tipo mesofítico (*gramini-herbetum* mesofítico), y por lo tanto, sin agostamiento desde el comienzo de la estación cálida. Asimismo, distingue, según el aprovechamiento que se hace con la ganadería, entre **prados de siega**, en los que la vegetación se corta para ser utilizada en el establo (los mencionados *meadows*) y los **prados de diente**, que son pastados directamente por el ganado y no se siegan (*pastures*). Montserrat (1987) incorpora la notación de **pasto** (*natural grasslands*) para definir a las comunidades herbáceas supraforestales que se explotan extensivamente mediante pastoreo. El pasto es comunal, mientras que los prados exigen un propietario responsable de su producción y mantenimiento.

El origen de estas comunidades es señalado por varios autores como antropozoogénico (Müller-Dombois y ElleMBERG, 1974; Strasburguer, 1983; Font-Quer, 1985; Dziejulska, 1990). En Europa solamente se encuentran comunidades pratenses naturales, en las montañas a partir del límite superior de los bosques como una vegetación de estepa y en el clima subártico formando la tundra, lugares donde el rigor del clima y el corto periodo vegetativo impiden el desarrollo de plantas leñosas (Dziejulska, 1990).

La composición florística de las praderas depende mucho de las condiciones del suelo y de la intensificación de la gestión, además de su situación climático-topográfica, y la disponibilidad de agua (Snaydon, 1987). Algunas especies como *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Poa annua*, *Poa trivialis* y *Trifolium repens* están presentes de manera más abundante en suelos con elevados contenidos en nutrientes y valores de pH próximos a la neutralidad, estos prados son normalmente los más productivos. Otras especies como *Agrostis stolonifera*, *Cynosurus cristatus* y *Holcus lanatus* ocurren preferentemente en suelos con niveles de fertilidad intermedios, mientras que *Agrostis tenuis* y *Festuca rubra* abundan más en los suelos menos fértiles. Por último *Agrostis canina*, *Briza media*, *Festuca*

ovina y *Nardus stricta* dominan en las comunidades herbáceas menos productivas, donde los suelos son realmente pobres en nutrientes y de acusada acidez (Snaydon, 1987).

El tipo de aprovechamiento también influye en la composición florística. El efecto directo que el cortar la hierba tiene sobre la comunidad de plantas que forman el prado no es exactamente el mismo que el pastoreo de los animales. Ambas prácticas impiden el desarrollo de plantas leñosas y favorecen la expansión de las gramíneas y los megaforbios, y, en general, de los hemicriptófitos y las plantas en roseta cuyos meristemos se salvan fácilmente de la siega o de los animales (Strasburger, 1983). El corte de la hierba implica la extracción de prácticamente todos los órganos asimilatorios de las plantas al mismo tiempo, mientras que en el pastoreo hay una selección gradual de la hierba por el animal. Tras el corte, todas las especies tienen el mismo comienzo, resultarán favorecidas por lo tanto las de crecimiento rápido y talla elevada, proporcionada por su capacidad de regeneración (Elleberg, 1988). Es el caso de *Arrhenatherum elatius*, *Leucanthemum vulgare* y *Dactylis glomerata*, mientras que otras como *Bellis perennis*, *Lolium perenne* y *Trifolium repens* predominan en los prados pastados, junto con otras especies adaptadas al pisoteo (Snaydon, 1987).

Grime (1979) considera tres procesos básicos determinantes de la vegetación herbácea: el *stress* (condicionantes externos que limitan la tasa de producción de materia seca de toda o parte de la vegetación), la perturbación o *disturbance* (mecanismos capaces de limitar la biomasa de la comunidad al causar su destrucción total o parcial) y la competencia (tendencia de las plantas vecinas a utilizar o capturar los mismos recursos: luz, nutrientes, agua o espacio). El manejo ganadero puede estudiarse por tanto como un factor manipulador de estos tres procesos y de sus interacciones. Interfiere, por ejemplo, en los fenómenos de competencia mediante la selección de las especies; la aplicación de fertilizantes o el riego son factores de *stress*; y el pastoreo, la siega y el fuego perturban la comunidad. A su vez, cambios en los niveles de perturbación y de *stress* pueden también hacer variar las relaciones de competencia entre las especies (Mcivor, 1993). El tipo de respuesta de la comunidad herbácea al manejo puede observarse a corto plazo por los cambios en las plantas establecidas, a medio plazo cambia el número de plantas presentes de las distintas especies, y a largo plazo cambian las especies existentes en la comunidad y sus genotipos (Mcivor, 1993).

I.2. LAS COMUNIDADES PRATENSES COMO RECURSO NATURAL: PRESENTE Y FUTURO

La importancia económica de las comunidades de pradera reside en su capacidad potencial para la conversión de biomasa forrajera en energía, teniendo un papel fundamental en la alimentación de la población de animales herbívoros, fuente más importante de proteína en la dieta del hombre (Breymer, 1990b). En muchas ocasiones ocupan tierras que por sus características edáficas o de difícil acceso son poco adecuadas para otros cultivos, y que, sin embargo, pueden mantener unos niveles de producción y de calidad de la hierba muy aceptables (Dziewulska, 1990), proporcionando una dieta más equilibrada para el ganado que la obtenida a partir de otros monocultivos forrajeros (Spedding, 1990).

El cultivo de estas comunidades presenta además un elevado interés ecológico. Protege a los suelos contra la erosión, manteniendo situaciones topográficas inestables como son las laderas, mejorando además su estructura y fertilidad (Carlson, 1993). Ayuda también al control y a la conservación de los recursos hídricos a la vez que mantienen una diversidad florística y faunística (Looman, 1983), superior en ocasiones a la que existiría si se abandonan estas zonas (Willems, 1983). Finalmente crea un paisaje reticulado formado por teselas de comunidades con distintos grados de madurez, que resulta en una diversidad espacial que parece la más adecuada para la conservación (Margalef, 1986).

Los ecosistemas pratenses producen en Europa forrajes en un rango que fluctúa entre los 800 kg MS/ha de los pastos dedicados al mantenimiento de ganaderías extensivas, a los 15.000 kg MS/ha de los prados centroeuropeos más intervenidos (Brey Meyer, 1990b). Con objeto de alcanzar estas altas producciones e incrementar los beneficios económicos de la explotación, a lo largo de este siglo se ha producido una gran intensificación en el manejo de los prados europeos (siembra de especies más productivas, utilización de fertilizantes, uso de herbicidas para eliminar las especies de bajo o nulo valor forrajero, etc.), lo cual ha provocado un enorme descenso de la diversidad biológica dentro del paisaje ganadero (Baldock, 1990a). Esta degradación medioambiental junto con el continuo aumento de excedentes en las producciones cárnicas, lácticas y derivadas, ha obligado a nuevos planteamientos del papel de estas comunidades en una política agraria común (European Commission, 1991).

La gráfica de Traill (1988) (Figura 1) ayuda a generalizar algunas perspectivas económicas de los ambientes rurales europeos productores de hierba, entre las que, además de las mejoras en la productividad y en la calidad del producto (Nores y Vera, 1993), hay que considerar la tendencia a la heterogeneidad y a la diversificación de la producción (Harvey y Saunders, 1993).

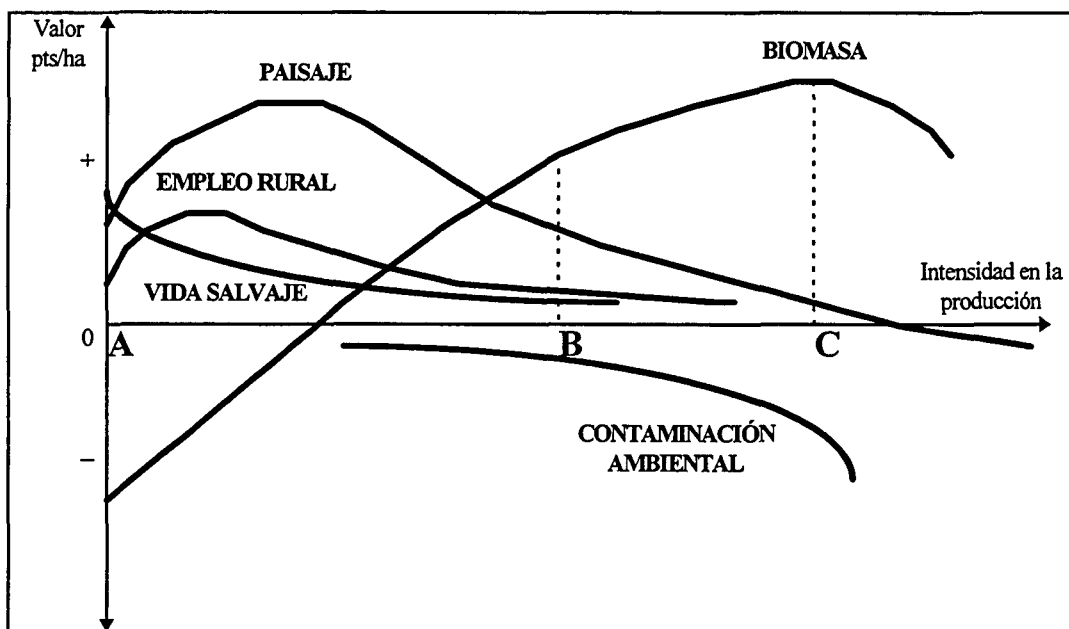


Figura 1: Algunas perspectivas económicas de los ambientes rurales europeos productores de hierba según Traill (1988).

A la curva de producción de materia seca se le solapan otras que representan relaciones hipotéticas entre la intensidad en el manejo y otros aspectos, a veces intangibles, relacionados con la calidad de la vida rural, como son: el empleo rural, la diversidad de flora y fauna salvajes, el paisaje y la contaminación ambiental. El punto C de la gráfica representa el nivel de intensificación que maximiza la producción, mientras que la situación A es la de abandono del ambiente rural. Partiendo de que ninguna de las dos situaciones en la actualidad se consideran socioeconómicamente óptimas, habría que pensar en un rango de niveles de intensificación tipo B sensiblemente menores al punto C (considerado como objetivo de la gestión de estas comunidades en el pasado) que representan la situación de desarrollo óptima puesto que hacen compatible el uso ganadero del territorio con la demanda social actual de espacios naturales de interés paisajístico para uso recreacional (Harvey y Saunders, 1993).

Los sistemas de gestión tradicionales de las comunidades herbáceas parecen redescubrirse de nuevo como los más indicados para este fin. Su racionalidad económica y ecológica, y su importancia socio-cultural son ahora motivo de reconocimiento, sin embargo en la mayoría de los casos estas formas de gestión han desaparecido (Hadley, 1993). Algunas zonas de montaña han conservado hasta nuestros días estas actividades por su condición de zonas refugio (Fillat, 1984), y en ellas podemos observar las agradables consecuencias ambientales derivadas de una explotación equilibrada de los recursos, modelada por largos años de experiencia popular.

I.3. EL CULTIVO DE LOS PRADOS EN LA VERTIENTE SUR DEL PIRINEO CENTRAL

La heterogeneidad topográfica y el escalonamiento altitudinal de temperaturas, precipitaciones y procesos geomorfológicos confieren al Pirineo una gran diversidad paisajística, pudiéndose diferenciar de forma esquemática tres niveles de aprovechamiento. En las partes altas, generalmente por encima de los 1600 m de altitud, se extienden los pastos supraforestales de utilización exclusivamente estival. Inmediatamente por debajo se sitúa el bosque, que ha sufrido, especialmente en las laderas solanas, frecuentes talas, tanto en su límite inferior, para su posterior roturación agrícola, como en el superior, con el fin de ampliar la superficie de pastos estivales. Finalmente en las partes bajas de los valles y en rellanos colgados se asienta la zona cultivada y los núcleos de población.

Tradicionalmente, la ganadería (fundamentalmente ovina) ha constituido el eje de organización socioeconómico de la montaña, sin duda por la enorme producción pascícola de las áreas supraforestales. El desequilibrio entre la disponibilidad de recursos estivales e invernales se superaba mediante la trashumancia del ganado al Prepirineo o a la Depresión del Ebro, mientras que el espacio cultivado se dedicaba prácticamente al cereal y en menor medida a otros productos de autoconsumo, siendo muy escasa la superficie ocupada por los prados ¹ (Lasanta, 1989), objeto de alimentación invernal de la ganadería estante.

¹ Lasanta (1987), analizando las fotografías aéreas del Pirineo Aragonés, del vuelo de 1957, efectúa la siguiente distribución de la superficie cultivada: cereal 74%, patatas 12%, prados 11%, huertos y otros cultivos 3%.

Este predominio de una agricultura de signo cerealista puede parecer sorprendente en un ambiente montano, sin embargo hay que recordar la gran vinculación existente entre el ganado ovino y el cereal, cuyo rastrojo era aprovechado por los animales en las estaciones intermedias. Puigdefábregas y Fillat (1986) llegan a manifestar que se trata de una agricultura mediterránea adaptada a un ambiente de montaña (los diversos modelos de campos abancalados también lo sugiere así). Dedicar una mayor proporción del espacio agrario a los cultivos forrajeros habría planteado grandes riesgos al abastecimiento alimenticio de la población, sin conseguir mantener a cambio, una elevada cabaña ganadera.

A partir de la década de los sesenta el sistema tradicional se desmorona, como consecuencia de la integración del Pirineo en un régimen socioeconómico a nivel nacional. Ello va a provocar una fuerte emigración de la población a las ciudades. Esta falta de mano de obra junto con el encarecimiento de los pastos de invierno (nuevos regadíos), acaban con la trashumancia, por lo que se van a producir tremendos cambios en la organización del territorio: cambia el paisaje y la explotación que este soporta (Fillat, 1981).

En general el espacio cultivado se contrae, se produce el abandono de las áreas marginales, más difíciles de aprovechar, y se explota la productividad de los fondos de valle siendo estos el eje de la economía actual. Mientras que en el pasado el espacio agrícola determinaba la densidad demográfica, y la carga ganadera dependía exclusivamente de los recursos supraforestales, hoy en día, la hierba producida en los fondos de valle marca el techo ganadero (Lasanta, 1989).

La cabaña ganadera desciende en números absolutos y se sustituye el ovino por el ganado vacuno, más adaptado a un pastoreo de escasa vigilancia y a la estabulación durante largos periodos de tiempo (Fillat, 1981). Las necesidades forrajeras invernales de este ganado, junto con la falta de competitividad del cereal pirenaico tras la apertura económica, originan un espectacular incremento de la superficie dedicada al cultivo de los prados, hasta convertirse prácticamente en el actual monocultivo del Pirineo.

I.3.1. El origen de los prados

Los prados de siega del Pirineo Central español son relativamente recientes, posiblemente su generalización se dio por los años cincuenta. En su mayoría proceden de los antiguos campos de cereal de autoabastecimiento, que se transformaron en cultivos forrajeros para la alimentación del ganado, en un proceso lento que en algunos valles como Benasque ya comenzó hacia el 1800 (Creus *et al.*, 1984), mientras que en otros más inaccesibles como el de Gistáin finalizaba recientemente. Esta transformación agrícola-ganadera se produjo en las montañas de toda Europa (Brey Meyer, 1990a; Chocarro *et al.*, 1990c; Fillat *et al.*, 1991a). En el Pirineo oscense el cambio se vio favorecido además por unas condiciones ambientales más idóneas para el prado que para el cultivo del cereal (Creus *et al.*, 1984; Gómez y Fillat, 1984), y por el fomento que la administración realizó de los cultivos forrajeros (Pujol, 1974).

La instalación de los prados se efectuó a partir de las especies herbáceas que colonizaron los rastrojos del cereal (las que formaban parte de las zonas encharcadas o la orla del bosque

próximo, que penetran mediante las deyecciones del ganado o por la dispersión del viento), por siembra directa de especies pratenses, o por la siembra de un cultivo inicial como la alfalfa, el trébol, la esparceta, la veza o alguna gramínea. Pujol (1974) nos lo explica del siguiente modo: “En general, tanto el envejecimiento del alfalfar y su conversión en prado como la colonización progresiva de los antiguos campos de cultivo hasta conseguir un tapiz herbáceo denso, se hicieron con especies autóctonas. En algunos casos bastó el aporte de estiércol para favorecerlas, y en otros el ganadero esparció las barreduras de su propio henil para ayudar en la ocupación de los lugares más difíciles. El control del agua de las zonas encharcadas bastó para hacer evolucionar el conjunto inundado hacia otro con especies más productivas”.

Chocarro *et al.*, (1990a) en un estudio sobre la procedencia de las especies de estas comunidades, basándose en los hábitats naturales de cada una de ellas (Elleberg, 1988), cuantificaron en un 39% las que se habían visto favorecidas por las actividades agrícolas (campos de cereal abandonados, pastoreo, ruderales, siembra directa), mientras que el 25% provenían de los diferentes ecosistemas que rodean a los prados (bosque, borde de bosque, claro de bosque y zonas húmedas).

Los prados altoaragoneses tienen una importante originalidad florística (Fillat *et al.*, 1991a). A ello contribuyen las influencias ambientales derivadas de su situación en el límite sur del área europea de los prados de siega, su alejamiento de las condiciones atlánticas que favorecen una elevada productividad, y la poca intensificación aplicada en su manejo, que es importante en los dos extremos de la cadena (Fillat *et al.*, 1991a).

Las tendencias europeas actuales sobre conservación de especies pratenses (binomio producción-estabilidad) y el apoyo de la Política Agraria Comunitaria a ciertas prácticas agrarias potenciadoras de la diversidad florística, hacen de estos prados altoaragoneses unas perfectas parcelas de experimentación de las nuevas ideas de gestión ganadera en los territorios de montaña.

I.4. EL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO

I.4.1. Definición y tipos de banco de semillas

El término banco de semillas (*seed bank*, *seed reservoir*, *potentiel semencier*) hace referencia al conjunto de semillas no germinadas presentes en el suelo, potencialmente capaces de reemplazar a las especies adultas, tanto a las anuales, tras su muerte natural o artificial, como a las perennes, susceptibles de muerte por enfermedad, perturbación o predación (Baker, 1989). Si bien algunos autores limitan esta expresión a las semillas viables (Roberts, 1981; Baker, 1989), en general se tiende a incluir en la definición a la totalidad de semillas, frutos, aquenios y cariósides presentes en el suelo (Simpson *et al.*, 1989).

Se trata, por lo tanto, de un concepto dinámico. En el suelo existe un flujo continuo de aportes y pérdidas de semillas, que confieren al banco una dimensión espacial. Los primeros están originados por la lluvia de semillas (*seed rain*), expresión referida a la dispersión de las semillas desde las plantas madre. Dentro de una misma comunidad a pesar de que la dispersión local es la predominante, pueden llegar semillas distantes que en ocasiones tienen una mayor contribución a la

vegetación. La dispersión local puede ser pasiva o por expulsión activa de la semillas desde el fruto, o bien ayudada por el fuego, el viento, el agua, los animales o el propio hombre. Estos cuatro últimos agentes son los que más contribuyen a la dispersión a grandes distancias (Simpson *et al.*, 1989).

Las pérdidas de semillas del banco pueden ser ocasionadas por la germinación (respuesta fisiológica, genéticamente controlada, a ciertos indicadores ambientales como temperatura, agua, tensión de oxígeno y estimulantes químicos), por el excesivo enterramiento de las semillas que deriva en su pérdida de viabilidad, por los procesos de redispersión, por la predación animal, el parasitismo y por la muerte fisiológica, consecuencia de la senescencia natural de las semillas (Simpson *et al.*, 1989).

La densidad de semillas en el suelo, la composición específica y en general la reserva genética del banco, están directamente controlados por los procesos descritos, y de forma indirecta por otros ocurridos en el historial de la comunidad. Cambios en la importancia relativa de estos procesos a lo largo del tiempo gobiernan la dinámica del banco de semillas.

La composición florística del banco es una muestra de las diferentes estrategias utilizadas por las especies en la producción, dispersión y supervivencia de sus semillas (Harper, 1977). Mientras que unas especies son las que más contribuyen al banco por producir grandes cantidades de semillas, capaces de mantenerse viables en el suelo durante más de un año, formando bancos de **tipo persistente** (*persistent seed bank*), otras, o se regeneran vegetativamente, o producen semillas que pueden germinar rápidamente, de corta viabilidad y en ocasiones sometidas a severas depredaciones. Estas especies que difícilmente se encuentran en el suelo o lo están solamente en una determinada época del año, forman bancos de **tipo transitorio** (*transient seed bank*) (Grime, 1979).

Profundizando más en la dimensión temporal del banco, Thompson y Grime (1979), describen dos tipos de bancos transitorios:

- **Tipo I** : Formado por especies cuya presencia en el suelo se limita al periodo estival y que germinan a lo largo del verano y el otoño, en un amplio rango de condiciones de temperatura y luz. Son típicas en este grupo las gramíneas de grandes semillas.
- **Tipo II** : Especies con banco presente solamente en la época invernal y con germinaciones en la primavera siguiente. No requieren luz para germinar. Son típicas de este grupo algunas especies de umbelíferas de grandes semillas.

Y dos tipos de bancos persistentes:

- **Tipo III** : Especies que contienen tanto semillas capaces de germinar tras ser liberadas por la planta madre (fundamentalmente a partir del verano), como otro porcentaje que se incorpora al suelo formando un banco persistente. Presentan por lo tanto una doble estrategia en su reproducción sexual. Las gramíneas anuales de semilla pequeña constituyen un ejemplo de este grupo.

- **Tipo IV** : Especies que prácticamente incorporan al suelo la totalidad de la semilla producida, regenerándose sexualmente a partir del banco de semillas, como única estrategia. Son típicas de este grupo las especies ruderales de semilla muy pequeña.

Bakker (1989) y Bakker *et al.* (1991) revisando esta clasificación y ante la dificultad de distinguir en ciertas ocasiones las especies formadoras de bancos tipos III y IV, sobre todo en comunidades herbáceas, sugieren una nueva clasificación aceptada y descrita en Thompson (1992 y 1993) en la que se diferencian solamente tres grupos:

-**Bancos transitorios** (*transient seed bank*), formado por especies cuya semilla permanece en el suelo un año como máximo. Engloba los antiguos tipos I y II, ya que para muchas especies era imposible su diferenciación.

-**Bancos persistentes a corto plazo** (*short term persistent*), semillas de vida relativamente corta (de 1 a 5 años de persistencia en el suelo) pero pueden tener su papel en el mantenimiento de las poblaciones tras siembras defectuosas o cortes de vegetación demasiado tempranos.

-**Bancos persistentes a largo plazo** (*long term persistent*), formados por especies capaces de estar enterradas en el suelo en periodos superiores a cinco años. Son importantes por su labor en la regeneración, tras su extinción en la vegetación aérea.

I.4.2. Significado ecológico de los bancos de semillas

Major y Pyott (1966) aseguran que una descripción de las especies que forman parte de una comunidad vegetal no es completa si no incluye la composición de su banco de semillas, ya que en gran parte la vegetación establecida se debe a su banco. La reserva de semillas del suelo es interesante para el estudio de la historia reciente de la vegetación (Harper, 1977), pero también tiene un papel fundamental al condicionar su futuro, especialmente tras alteraciones naturales o deliberadas de la misma (Roberts, 1981). Esta doble información que aporta el banco justifica su importancia en el mantenimiento de la diversidad genética y de la estabilidad de las poblaciones al funcionar como un reservorio de genes (Baskin y Baskin, 1978).

En algunas plantas es normal que una proporción de sus semillas se incorpore al suelo haciendo acopio de un banco de semillas, que puede emerger de forma intermitente durante un largo periodo de tiempo, o mantener su estado de dormancia, convirtiéndose en un almacén de memoria evolutiva (Harper, 1977). Cuando se produce una perturbación en la superficie, estas especies germinan normalmente, dando lugar a plantas cuyos padres pudieron existir varias generaciones atrás (Fenner, 1985). Una vez adultas, pueden cruzarse con otros individuos de la vegetación superficial, fenómeno que podría servir como tampón de los cambios genéticos de la población (Silvertown, 1982).

Una de las primeras observaciones documentadas sobre bancos de semillas fueron los estudios de Darwin (1859) que contó el número de germinaciones que aparecían en una muestra de lodo. Brenchley (1918) realizó el primer trabajo científico sobre semillas viables enterradas en suelos de cultivo. Posteriormente numerosísimos trabajos se han desarrollado en diferentes

comunidades vegetales, algunos de los cuales han sido recogidos en las recopilaciones de Harper (1977), Grime (1979), Roberts (1981), Fenner (1985), Leck *et al.* (1989) y de Thompson (1992). En general, se han encontrado densidades máximas de semillas en campos de cultivo de zonas templadas y mínimas en plurisilvas tropicales y ecosistemas alpinos y árticos.

En cuanto a los objetivos de estos estudios también han ido variando a lo largo del tiempo. La longevidad de las semillas enterradas pronto despertó gran interés, así el Dr. Beal en 1879 comenzó un estudio de germinación controlado durante 100 años (Kivilaan y Bandurski, 1981). Odum (1965) y más tarde Spira y Wagner (1983) estudiaron semillas halladas en restos arqueológicos.

Pero pronto las investigaciones trataron de profundizar en aspectos relacionados con la dinámica del banco, como son los procesos de dispersión, predación, germinación y dormancia de las semillas (Venable y Brown, 1988; Janzen, 1971; Crawley, 1992; Simpson, 1990); en estudios comparados del banco y la vegetación establecida (Leck *et al.*, 1989), e incluso ha habido intentos de modelar el funcionamiento del banco de semillas (Cohen, 1966; Venable, 1989).

Últimamente los estudios han proliferado por el interés práctico que el tema tiene en el campo de la agronomía, la silvicultura y la conservación medioambiental. Así el perjuicio económico que ha causado la proliferación de malas hierbas en los distintos cultivos, ha hecho que diversos investigadores desarrollaran unos procedimientos metodológicos innovadores para la cuantificación de las poblaciones de adventicias en el suelo (Goyeau y Fablet, 1982; Morin y Wojewodka, 1984; Barralis *et al.*, 1986; López *et al.*, 1988; Recasens *et al.*, 1991), para de este modo prever las futuras infestaciones en el marco de la lucha integrada contra estas especies. La regeneración del bosque después de la tala o el fuego se han estudiado en Hill y Stevens (1981), y más ampliamente en Archibold (1989) y en Valbuena (1995). Por último cabe citar los trabajos sobre el papel del banco en la conservación (Keddy *et al.*, 1989; Hodgson y Grime, 1990) y en la restauración de la vegetación natural (Van der Valk y Verhoeven, 1988; Fenner, 1992).

I.4.3. El banco de semillas del suelo en las comunidades pratenses

La mayoría de las plantas herbáceas perennes pueden reproducirse vegetativamente y por semillas. La reproducción sexual facilita la dispersión de las especies y su supervivencia en condiciones adversas (sequía o frío), que un vástago vegetativo difícilmente soportaría. Las semillas son genéticamente únicas, por lo que proporcionan a la población flexibilidad genética, que asegura al menos la supervivencia de algunos individuos a la selección natural. Por el contrario los vástagos producidos de forma asexual son genéticamente idénticos a la planta madre, la población tendrá de este modo escasa flexibilidad genética para adaptarse a los cambios ambientales (Fenner, 1985).

Las especies pratenses deben dedicar gran proporción de energía al crecimiento vegetativo para que cada individuo pueda competir con éxito con sus vecinos. En estas comunidades tan cerradas, con gran densidad de vecinos para cada planta, la mortalidad de las plántulas nacidas de semilla tiende a ser alta y la reproducción vegetativa tiene mayores

probabilidades de éxito frente a la reproducción por semillas, puesto que asegura una mayor constancia en la velocidad de crecimiento de las especies (Fenner, 1985).

Los prados de siega son comunidades intervenidas por el hombre y se encuentran sometidas a un ritmo de gestión que se repite de forma anual. De la perfecta adaptación de las plantas a estas alteraciones drásticas (*disturbances*) que se producen en su desarrollo depende su éxito regenerativo. Posteriormente la coexistencia de este tipo de especies implicará fenómenos de competencia (por la luz, por el espacio, por los nutrientes, etc.) que dan lugar a una organización espacial dentro de la comunidad (Grace y Tilman, 1990).

La reproducción sexual a partir de las semillas durmientes en el suelo de estos prados tan tupidos, dependerá de la apertura de huecos que permitan la germinación y el establecimiento de las plántulas. El pastoreo del ganado, la siega, el estercolado, las hozadas de los jabalíes y la acción de los topillos, son varias actividades generadoras de huecos en la vegetación. El éxito en el establecimiento de las distintas semillas que componen el banco estará condicionado por el tamaño de éstas aberturas (Grime, 1979).

Un hábitat sometido a una gran cantidad de agentes causantes de huecos, provee de oportunidades de regeneración a gran variedad de plantas, contribuyendo de este modo a la diversidad de especies de la comunidad (Fenner, 1985). Los diferentes requerimientos de regeneración de las plantas según Grubb (1977), constituyen el factor más importante para mantener la diversidad de una comunidad. Especies que tienen similares requerimientos y tolerancias en su estado adulto son capaces de coexistir sin competir, si difieren en factores que controlen su regeneración.

I.5. ANTECEDENTES

El estudio de las comunidades pratenses y pascícolas ha tenido siempre un claro interés tanto agronómico, como en el campo de la ecología teórica y aplicada. De la necesidad de conocer la implicación del banco de semillas en la composición botánica, y por lo tanto en la productividad del prado, surgieron los primeros trabajos comparativos de las poblaciones de semillas enterradas y de la vegetación aérea. Chippendale y Milton (1934), Champness y Morris, (1948), Douglas (1965), Major y Pyott (1966), Johnston *et al.* (1969), Roberts (1972), y Hayashi y Numata (1975), fueron los primeros en resaltar las diferencias entre la composición de la vegetación establecida y del banco de semillas. Estas diferencias para Rice (1989) se deben a la mayor contribución al banco de las especies anuales frente a las perennes, a la mayor longevidad de las leguminosas que el resto de las especies dicotiledóneas, y de éstas, en general, que las gramíneas y finalmente a la presencia en el banco de especies adventicias o *fugitivas* colonizadoras de los huecos de la vegetación.

El efecto de las perturbaciones formadoras de estos huecos sobre la composición comparada del banco de semillas y de la vegetación establecida se ha estudiado en pastos sometidos a la acción de topillos (Jalloq, 1975) y en series sucesionales de vegetación (Livingston y Allesio, 1968; Donelan y Thompson, 1980). Por lo general las diferencias entre las composiciones botánicas de la vegetación y del banco de semillas son raras en comunidades que sufren continuas alteraciones, y se incrementan rápidamente conforme estas maduran (Fenner, 1985). Tras estos estudios se

concluyó que la renovación del césped a partir del banco de semillas estaba muy limitada pese a lo que se pensaba hasta el momento.

El establecimiento de plántulas en los huecos de vegetación ha sido estudiado en céspedes artificiales (Fenner, 1978), en praderas naturales (Schenkeveld y Verkaar, 1984), bajo los efectos del pastoreo (Watt y Gibson, 1988) y en un extenso trabajo sobre las posibilidades de la reproducción por semillas en comunidades de pratenses (Peart, 1989a; 1989b y 1989c).

Las variaciones estacionales en el contenido de semillas germinables de los bancos se han estudiado en Bartolome (1979) y en el estudio de Thompson y Grime (1979), referencia obligada en cualquier trabajo sobre dinámica del banco, con su ya clásica clasificación de los cuatro tipos de bancos de semillas. En cuanto a los patrones de la distribución espacial de las especies enterradas en los suelos, citaremos los trabajos de Schenkeveld y Verkaar (1984); Thompson (1986); Bigwood y Inouye (1988) y Lavorel *et al.* (1991), en los que se aprecia que los modelos de distribución agregada son más frecuentes en los taxones del banco.

La intensificación en el manejo de estas comunidades pratenses, sobre todo en ciertos países europeos, ha llevado consigo una pérdida de diversidad en la vegetación establecida. Los objetivos de los estudios de la dinámica de las poblaciones de semillas en el suelo se han centrado recientemente en la restauración de la diversidad (Bakker, 1987; Bakker, 1989; Bakker *et al.*, 1991) y en la búsqueda de las prácticas culturales mantenedoras de esta diversidad (manejo de la vegetación para su conservación) (Bakker *et al.*, 1980; Willems, 1983; Williams, 1984; Williams, 1985).

Como antecedentes más próximos cabría citar los trabajos realizados sobre las reservas de semillas en pastos mediterráneos (Marañón y Bartolome, 1989; Ortega, 1994; Malo *et al.*, 1995) y los realizados en pastos y prados de montaña de los Montes Cantábricos (López-Mariño, 1997) y del Pirineo (Reiné, 1988; Borghi, 1992; Reiné, 1993; García Morchón, 1995).

I.6. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En la memoria que se presenta se ha utilizado el proceso de razonamiento científico inductivo, es decir, a partir de las observaciones realizadas se ha intentado derivar generalizaciones o principios, a diferencia del método científico deductivo que procede de lo universal a lo particular, infiriendo conclusiones a partir de un axioma, proposición o supuesto (Asimov, 1978).

La ecología de las comunidades puede estudiarse desde dos puntos de vista: el experimental y el observacional (Goodall, 1970). El primero presupone que la comunidad está sujeta a la manipulación experimental; podemos dividirla en varias réplicas sometidas a distintos procedimientos y controles, de esta forma, cualquier diferencia detectada puede ser atribuida a los tratamientos experimentales. Sin embargo, cuando hacemos una serie de medidas en una comunidad, sobre un rango de condiciones que vienen impuestas por la naturaleza más que por el investigador, decimos que la aproximación se realiza desde el punto de vista observacional (Ludwig y Reynolds, 1988).

Fundamentalmente en esta memoria doctoral, se ha realizado una aproximación observacional, en sus dos variaciones (Ludwig y Reynolds, 1988): en unas ocasiones se han estudiado muestras obtenidas al mismo tiempo pero bajo diferentes condiciones (*Capítulos III, IV, V, VI y IX*) y en otras se estudiaron muestras recogidas en el mismo lugar pero en diferentes momentos (*Capítulos VII y VIII*). La aproximación experimental se ha utilizado únicamente en el *Capítulo VII*.

Inicialmente se pensó elaborar la investigación únicamente en los prados de Fragen (Huesca), donde se seleccionaran cuatro comunidades representativas de los distintos regímenes de gestión agrícola propios de la zona. Sin embargo, una vez iniciados los trabajos, surgió la posibilidad de realizar una estancia en el Instituto de Botánica de la Universidad de Innsbruck. Allí se efectuó un estudio del banco de semillas y de la vegetación aérea de cinco comunidades alpinas, también características de los manejos ganaderos del área. Ante el corto periodo de tiempo disponible para abordar esta experiencia (seis meses), hubo que reducir en ella las intensidades muestrales y los objetivos que estábamos desarrollando en el Pirineo.

I.7. OBJETIVOS GENERALES

- * Describir y comparar la estructura de los bancos de semillas del suelo de diversas comunidades de montaña, tanto pirenaicas como alpinas, sometidas a distintos manejos ganaderos.
- * Establecer la relación entre el banco de semillas del suelo y la vegetación aérea de los prados, analizando la capacidad regenerativa que presentan las poblaciones de semillas enterradas en el suelo.
- * Estudiar la variación estacional de los bancos de semillas pirenaicos y estimar la organización espacial de las distintas especies que los componen.
- * Cuantificar las plántulas establecidas, bajo la cubierta vegetal inalterada y tras la perturbación de los suelos de estas comunidades pirenaicas, diferenciando las cantidades procedentes de la lluvia de semillas y de los bancos enterrados. Relacionar la distribución temporal del establecimiento, con algunos parámetros climáticos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Desde el año 1989 miembros del Departamento de Ecología del País del Instituto



en el que se encuentran grandes Pinos y se pueden encontrar las variedades Pinus de Pinar con
27° 47' y 28° 00' de latitud y 42° 16' 30" longitud oeste y 42° 25' longitud oeste.

El pueblo de esta zona pertenece al Territorio Municipal de Torla,
administrativamente está incluido en la comarca del Soborbe, provincia de Huesca. Puede
considerarse como un espacio independiente a efectos de gestión de su pradera, aunque algunos
pueden considerar los límites de la zona más cercanamente con los límites de la comarca del valle (Fillat et
al., 1998).

CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES

Se procedió a estudiar el comportamiento desde 1989 en el estudio de praderas con
praderas de Pinus de Pinar, Pinus de Pinar, Pinus de Pinar, Pinus de Pinar, Pinus de Pinar,
(Pinus de Pinar) se obtiene el Pinus de Pinar (Pinus de Pinar) y
Pinus de Pinar y la especie del valle de Pinus de Pinar (Pinus de Pinar)
esta especie se obtiene el Pinus de Pinar (Pinus de Pinar) y
Pinus de Pinar (Pinus de Pinar)

Foto página anterior: Prado de manejo extensivo estudiado en la zona de Kaserstattalm (Innsbruck). Se observa el bosque próximo de piceas (*Picea abies*) y alerces (*Larix decidua*) y la cabecera del valle de Stubai. Las bolsas blancas del suelo contienen el material vegetal para el análisis de la vegetación aérea, muestreada mediante un transecto lineal.

II. MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES

II.1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Desde el año 1989 miembros del Departamento de Ecología del Pasto, del Instituto Pirenaico de Ecología vienen realizando estudios de caracterización de la dinámica de la vegetación de los prados de Fragen. El motivo de su elección habría que buscarlo en su representatividad dentro del conjunto de prados altoaragoneses (Ferrer *et al.*, 1990; Maestro, *et al.*, 1990). Además su régimen tradicional de explotación, y su situación geográfica, posibilitan la existencia de distintos tipos de prados, en distintas altitudes, orientaciones y modos de gestión, así como la alternancia de años húmedos y secos que permite estudiar el desarrollo de las mismas comunidades bajo diferentes condiciones ambientales. Todo ello hace de estos prados unas parcelas perfectas para la realización de estudios ecológicos de la vegetación pratense.

Diferentes trabajos se han desarrollado ya en ellos (Chocarro, 1990; Bernués, 1993; Pardo, 1993; Reiné, 1993; García Morchón, 1995; Goded, 1995; Bernués, 1996), enmarcados en varios proyectos de investigación (Chocarro *et al.*, 1990b; Aldezabal *et al.*, 1993; Fillat *et al.*, 1994) lo que ha permitido recopilar abundante información de partida sobre el medio físico, las comunidades vegetales, la gestión agrícola-ganadera e incluso el banco de semillas, fundamental para la realización de la presente memoria doctoral.

II.1.1. Localización geográfica

La localidad de Fragen está situada en el valle de Broto, en el Pirineo Central español (Figura 2). Este valle es el primero del Alto Aragón Occidental en dirección norte-sur, y está recorrido por el río Ara, uno de cuyos afluentes por la derecha, el Sorrosal, forma un valle lateral en el que se encuentran situados Fragen y su pradería. Las coordenadas U.T.M. de Fragen son: $27^{21}-47^{22}$ y $7^{34}-7^{35}$, y se encuentra a $42^{\circ}36'50''$ latitud norte y $0^{\circ}8'25''$ longitud oeste.

El pueblo, de unos 52 habitantes, pertenece al Término Municipal de Torla, administrativamente está incluido en la comarca del Sobrarbe, provincia de Huesca. Puede considerarse como un núcleo independiente a efectos de gestión de su pradería, aunque algunos pastos estivales los explota de forma mancomunada con las demás localidades del valle (Fillat *et al.*, 1991b).

El Sorrosal nace en la vertiente sur de la Sierra Tendeñera, y pasa por Fragen accidentada y angostamente en la dirección oeste-este, flanqueado por el monte Litro (2019 m) al norte, y las últimas estribaciones del Pelopín (1539 m) al sur, yendo a desembocar tras un espectacular salto en el río Ara, a la altura de Broto. Entre ambos montes, y sobre una serie de depósitos glaciares que rellenaron la cubeta que formaban, se encuentra la población de Fragen, a 1113 m de altitud. Su pradería se extiende aproximadamente desde 960 m a 1200 m, aunque se pueden encontrar prados de pastoreo dispersos por la solana (ladera sur del monte Litro) hasta los 1600 m de altitud.

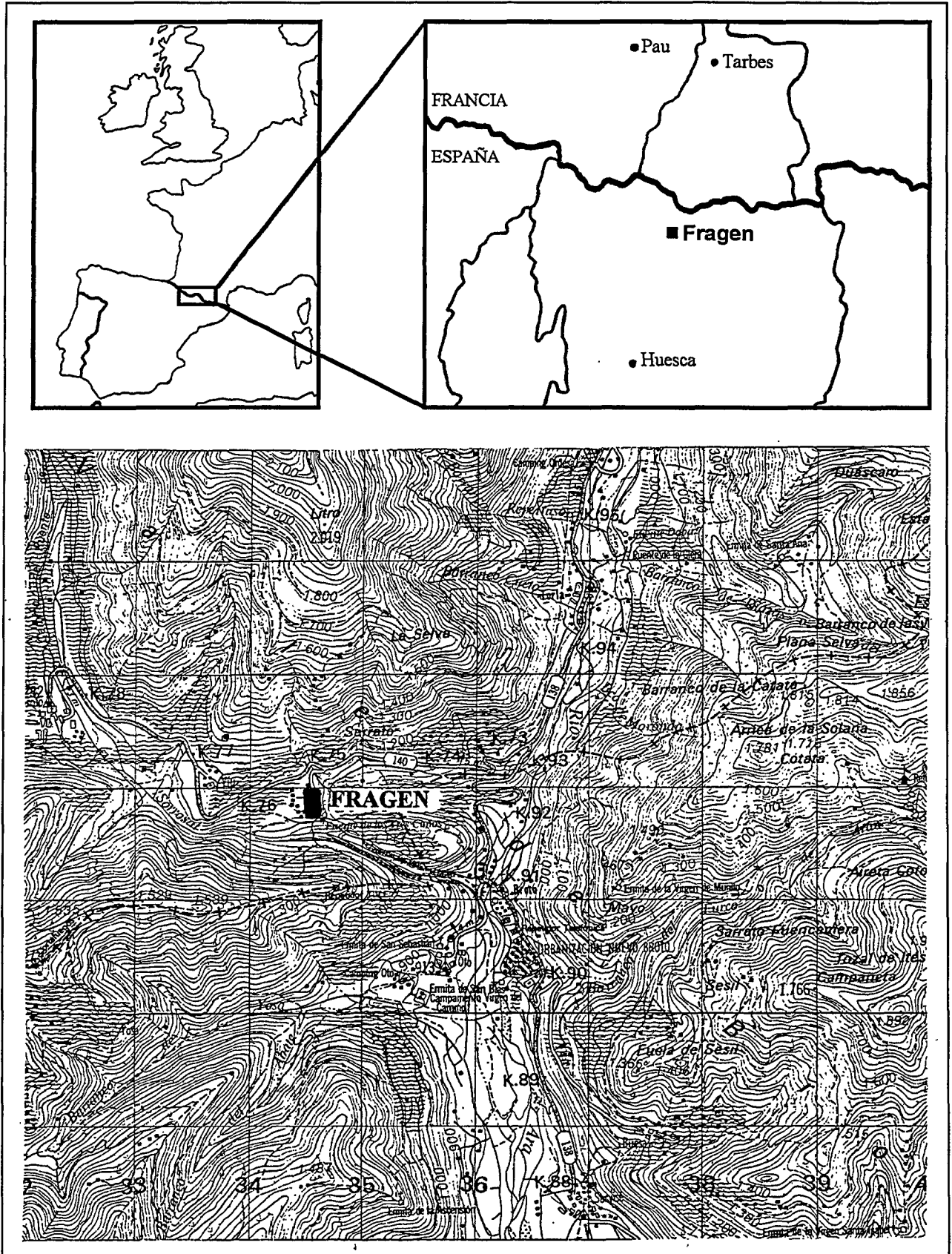


Figura 2: Localización geográfica de la población de Fragen, en cuya pradería se seleccionaron las comunidades herbáceas pirenaicas estudiadas en esta memoria doctoral. La ilustración inferior es un extracto de la Hoja 30-9 (BROTO) escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército.

II.1.2. Geología

En el Pirineo Aragonés se distinguen cuatro unidades geomorfológicas de dirección paralela a la general de la cordillera pirenaica, y que de norte a sur reciben el nombre de: Zona Axial, Sierras Interiores, Depresiones Intermedias y Sierras Exteriores (Martí-Bono, 1988). Nuestro área de estudio se halla sobre las Sierras Interiores, unidad adosada al sur de los sedimentos paleozoicos intensamente plegados y los plutones graníticos típicos de las altas cumbres que forman el Pirineo Axial.

Las Sierras Interiores están formadas por areniscas cretácicas y calizas eocenas, con relieves muy importantes y abruptos, aunque no muy elevados (2.700 m -2.900 m) de los que la Sierra Tendeñera (limite norte del valle del Sorrosal) es un buen ejemplo. La gran alineación oeste-este que forman estos materiales es cortada, a veces, por profundos y encajonados torrentes (río Sorrosal), o por valles transversales de modelado glaciario (Valle del Ara) (Martí-Bono, 1988). Al sur, estas sierras se encuentran delimitadas por una alternancia de capas delgadas de margas y areniscas, de cemento calizo, denominadas *Flysh*, y que podemos encontrar en las laderas que rodean la localidad de Fragen (Figura 3).

II.1.3. Relieve

El relieve sobre el *Flysh* es suave, con alineaciones de cumbres redondeadas y vertientes homogéneas, salvo cuando afloran estratos más potentes de calizas o areniscas, intercaladas con el *Flysh*, donde se pueden formar profundos cañones al ser atravesados por la red fluvial. Esta descripción de García-Ruiz y Puigdefábregas (1982), se ajusta totalmente al aspecto que presentan los montes que rodean a Fragen (Mondicieto y Litro al norte y Pelopín al sur), con el barranco que el Sorrosal forma justo a su paso por la localidad, separando las laderas norte y sur. La evolución de las vertientes del *Flysh* que estos autores describen en su trabajo, explica bastante bien el aspecto del relieve que observamos en la actualidad en el área de Fragen, y por lo tanto, los procesos erosivos que allí han tenido lugar.

La acción glaciaria en el *Flysh* apenas tuvo importancia. Los circos glaciares se limitaron al Pirineo Axial y a la cabecera de las Sierras Interiores. En estas últimas se formaron, ocasionalmente, pequeños glaciares, que dejaron sobre el *Flysh* potentes acumulaciones morrénicas de forma un tanto caótica (García-Ruiz y Puigdefábregas, 1982). Esto probablemente sucedió en la vertiente sur de la Sierra Tendeñera, lo cual explicaría la presencia de depósitos morrénicos en el valle del Sorrosal.

Los autores citados continúan explicando cómo cuando los valles glaciares nacían más al norte, y eran más potentes, al llegar al *Flysh* formaban excelentes ejemplos de valles en artesa (como sería el valle de Broto, al este de Fragen). En estos valles se produjeron potentes morrenas laterales, que con frecuencia, obturaban valles afluentes; en estos últimos tuvieron lugar procesos de acumulación que culminaron con la formación de rellanos de obturación. Probablemente al producirse la obstrucción del valle del Sorrosal debido al glaciario que descendía del valle de Broto, más potente, se originó el consiguiente rellano, que correspondería a la plataforma sobre

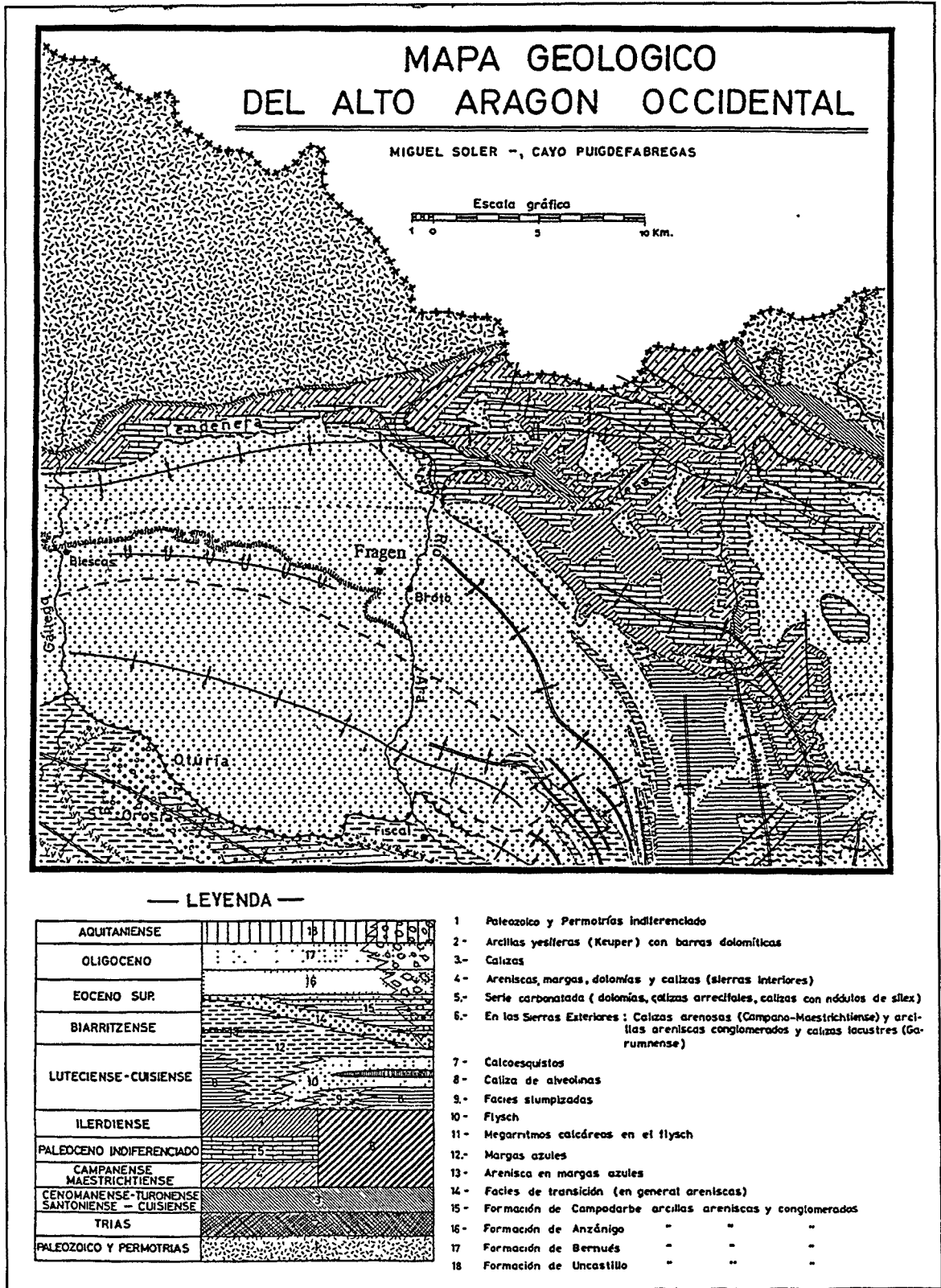


Figura 3: Mapa geológico de la zona de Fraga (Soler y Puigdefábregas, 1970)

la que están situados en la actualidad los tres pueblos del valle del Sorrosal (Linás de Broto, Viú y Fragen).

En estos depósitos, están ubicados la mayoría de los prados de siega, salvo en una zona al este de Fragen, donde la erosión remontante de un pequeño barranco ha producido una ladera pendiente que los ganaderos han abancalado situando allí sus prados de regadío. La idoneidad de la localización de los prados en estos depósitos morrénicos, que permiten una buena infiltración del agua y el mantenimiento de la humedad necesaria para refrescar la hierba en el verano, es resaltada por Montserrat (1964).

Finalmente, en el periodo postglaciar los muros morrénicos que formaban estas cubetas fueron atravesados por los barrancos afluentes, lo que permitió la reactivación de la erosión en el territorio. La erosión fluvial, la escorrentía y los movimientos en masa son en la actualidad, los agentes responsables del relieve de esta zona (García-Ruiz y Puigdefábregas, 1982).

II.1.4. Erosión

Dos son las principales formas de erosión que se observan en la zona de estudio. Por un lado, los barrancos producidos por erosión remontante de la acción fluvial, en zonas al pie de las laderas, donde los depósitos coluviales son importantes y se han roto los muros morrénicos. Por otro lado, el desplome de los muros de piedra de los bancales, sobre los que se asientan los prados.

Los muros de estas terrazas contribuyen a frenar la erosión, ya que permiten la existencia de parcelas planas en las que se ve favorecida la infiltración frente a la escorrentía. Sin embargo, el aumento de la infiltración y, por lo tanto de la presión sobre el muro, hace que estos se derrumben. Collado (1989) describe cómo la rotura es producida por un deslizamiento del talud, en un movimiento en masa que afecta tanto al muro como al material de relleno de la terraza, por lo que con el tiempo existe un vaciado de suelo por el lugar de la rotura. Una vez producida la caída se instala rápidamente una erosión remontante y existen mayores posibilidades de caída de muros inferiores, ya que el desplome facilita la concentración de agua y el embebimiento (García-Ruiz y Puigdefábregas, 1982). El abandono de la gestión de estas parcelas y, por lo tanto, del mantenimiento y reparación de los muros, producirán, probablemente, un aumento de los procesos de erosión. De hecho, los muros que sujetan las parcelas de la ladera este de Fragen requieren de los ganaderos una continua labor de mantenimiento.

II.1.5. Edafología

Ferrer *et al.* (1990) y Maestro *et al.* (1990) en sendos trabajos sobre las praderas naturales de regadío y secano respectivamente en el Pirineo oscense, describen las características ecológico-edáficas de estos suelos que se resumen en la siguiente tabla de valores medios y desviaciones estándar de 11 parcelas de regadío y 22 de secano (Tabla 1).

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS	PRADOS DE REGADÍO	PRADOS DE SECAÑO
Altitud (msnm)	1.056 ± 133	1.199 ± 193
Pendiente (°)	3 ± 4	8 ± 7
Rendimiento en finos (%)	80 ± 12	63 ± 14
pH	6,5 ± 0,5	6,3 ± 0,5
Carbonatos (%)(*)	4,4 ± 10,4	4,3 ± 11,2
Arcilla (%)	19 ± 6,0	19 ± 7,5
Limo (%)	26 ± 5,0	26 ± 8,8
Arena (%)	54 ± 10,0	55 ± 15,2
Materia Orgánica (%)	10,9 ± 1,9	10,6 ± 3,5
C/N	11,7 ± 2,0	11,8 ± 3,0
P ₂ O ₅ (Olsen) ppm	41 ± 37	41 ± 27
K ₂ O (Olsen) ppm	125 ± 43	185 ± 104

Tabla 1: Características ecológico-edáficas de 11 parcelas de regadío y 22 de secano situadas en la franja de los valles pirenaicos oscenses (Media ± Desviación Estándar) (*) sólo contienen carbonatos 2 parcelas de regadío y 4 de secano. (Ferrer *et al.*, 1990; Maestro *et al.*, 1990)

Los autores destacan de estos resultados la ausencia de carbonatos en la mayoría de las parcelas, el alto contenido en materia orgánica, la alta-muy alta relación C/N, y los valores de P₂O₅ y K₂O de normales a bajos (Maestro *et al.*, 1990). Comparando los dos tipos de comunidades pratenses, encontraron diferencias significativas en la altitud de las parcelas de secano, en la menor pendiente de las parcelas de regadío, en su menor pedregosidad (mayor rendimiento en finos), y en el K₂O Olsen del suelo, menor en el regadío probablemente por la lixiviación (Ferrer *et al.*, 1990).

En un reciente estudio de las parcelas de Fragen se realizaron cuatro calicatas en otras tantas comunidades pratenses (Fillat *et al.*, 1994) obteniendo los resultados de la tabla siguiente (Tabla 2), y que precisamente hacen referencia a las cuatro parcelas, cuyos bancos de semillas han sido estudiados en esta memoria doctoral. Junto con la clasificación SSS de cada prado (Staff, 1990), figura en la tabla un pequeño apunte de la geomorfología, la geología y una descripción de cada uno de los suelos analizados.

II.1.6. Clima

Pardo (1993), analizó las condiciones climáticas del área de estudio a partir de una serie pluviométrica de 28 años de duración, obtenida de un pluviómetro instalado en Fragen por la empresa Iberdrola, S.A., y de los datos de temperatura y humedad relativa que proporciona un termohigrógrafo de cabello instalado en Fragen desde Julio de 1989, por el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC).

De su estudio se destaca el predominio de un tiempo anticiclónico en la zona (62,8% de los días) y sin precipitación (74,8 % de los días), en el que menos de la mitad de los tiempos ciclónicos están acompañados de lluvias. El régimen térmico en función de las temperaturas máximas registradas es el siguiente:

TIPO DE COMUNIDAD	GEOMORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLASIFICACIÓN SSS (Staff, 1990)	DESCRIPCIÓN
Prado de siega de regadío	Ladera aterrazada con una pendiente local del 10% y general del 15%	Depósito morrénico lateral	<i>Cumulic Hapludoll</i>	Suelo franco, no calizo, no ácido, mésico
Prado de siega de secano con manejo intensivo	Fondo de valle con una pequeña pendiente local del 3%	Depósito morrénico lateral	<i>Cumulic Hapludoll</i>	Suelo franco, no calizo, no ácido, mésico
Prado de siega de secano con manejo extensivo	Terraza aluvial con una pendiente del 3%	Material heterométrico, poligénico de origen aluvio-coluvial	<i>Fluventic Hapludoll</i>	Suelo franco, no calizo, no ácido, mésico
Prado de diente	Ladera aterrazada con una pendiente local del 3% y una general del 25%	Depósito morrénico lateral en contacto con el <i>Flysh</i>	<i>Fluventic Hapludoll</i>	Suelo franco, sobre franco esquelético, no calizo, no ácido, mésico

Tabla 2: Clasificación de los suelos en la zona de Fragen

- Muy frío (T máx. < 5°C) 6,8%
- Frío (5°C ≤ T máx. ≤ 10°C) 24,0%
- Templado (10°C ≤ T máx. ≤ 15°C) 18,4%
- Cálido (15°C ≤ T máx. ≤ 25°C) 32,4%
- Muy cálido (T máx. > 25°C) 18,4%

En primavera el tipo de tiempo más frecuente es el anticiclónico cálido sin precipitación (20%), y el ciclónico templado con precipitación (13%). En verano predominan los tiempos anticiclónicos cálidos y muy cálidos sin precipitación (63%). En otoño predominan los anticiclónicos, cálidos sin precipitación (36%). Finalmente en invierno los fríos, anticiclónicos y ciclónicos, sin precipitación (41%). Cabe destacar que, tanto en primavera como en otoño, es posible encontrar casi todos los tipos de tiempo, aunque presenta temperaturas más suaves el otoño. En el verano son más frecuentes los tipos de tiempo perturbados de carácter anticiclónico, lo que da idea de la naturaleza tormentosa de dichas precipitaciones.

Pardo (1993) confecciona el diagrama ombrotérmico de Fragen que se adjunta (Figura 4), en el que se aprecia que no existe ningún mes en el que la precipitación media sea inferior o igual a dos veces la temperatura media (indicio de posibles meses secos). Los datos climáticos de Fragen son los siguientes:

- Serie de años de temperaturas: 06/89 a 12/92
- Serie de años de precipitación: 1964 a 1992
- *Máximo maximorum* (MM): 36°
- Media de las máximas del mes más cálido, agosto (mc): 27°C
- *Mínimo minimorum* (mm): -12,6°C

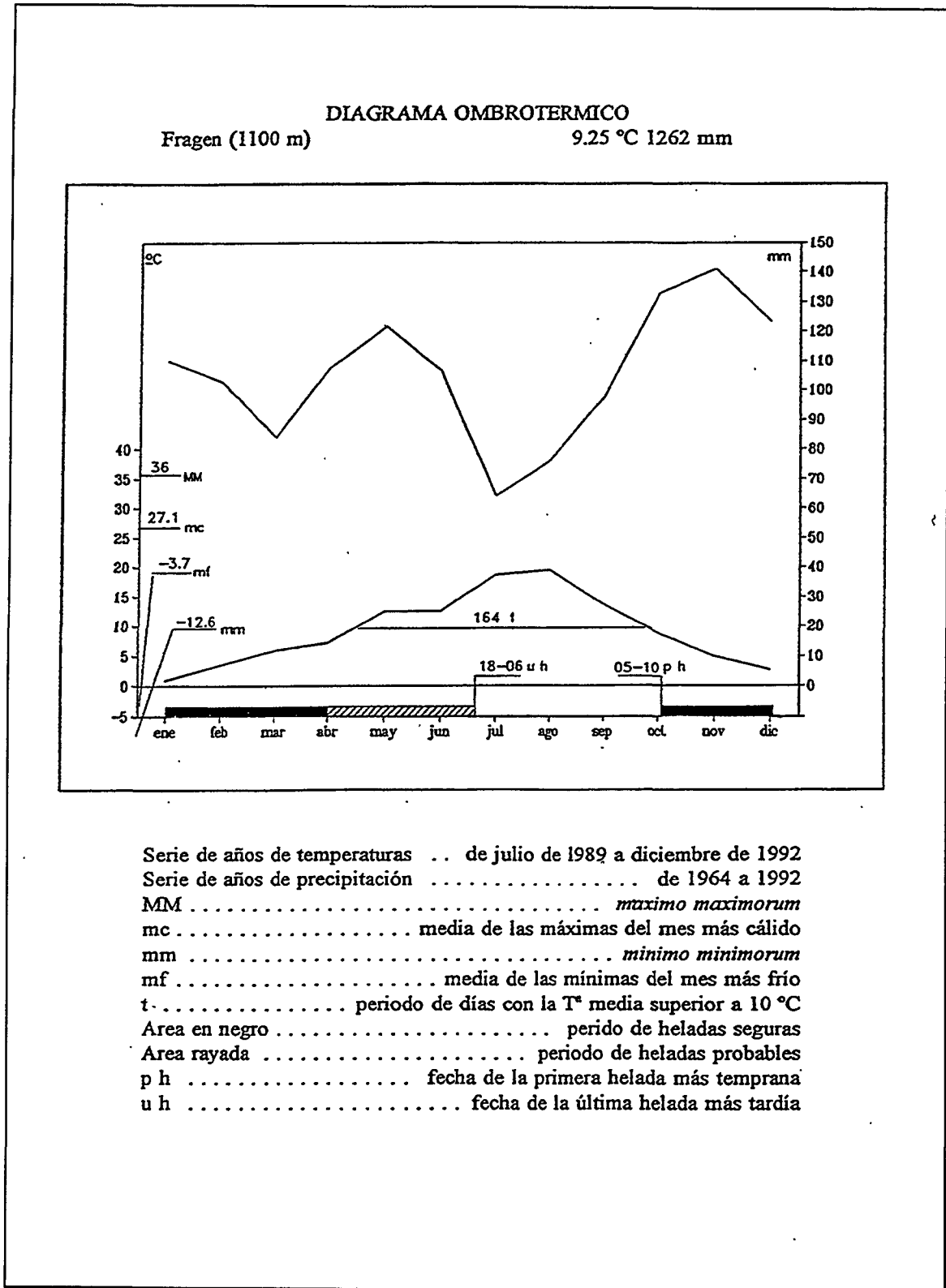


Figura 4: Diagrama Ombrotérmico de Fragen (Pardo, 1993).

- Media de las mínimas del mes más frío, enero (**mf**):-3,7°C
- Temperatura media anual: 9,2°C
- Precipitación total anual: 1262 mm
- Periodo de días con T media superior a los 10°C: 164 días (de mediados de abril a finales de septiembre)
- Periodo de heladas seguras, con T min. media inferior a 0°C: de primeros de octubre hasta finales de marzo.

Izard (1985) caracteriza el clima de los Pirineos distinguiendo el continental por presentar máximos de precipitación en verano y mínimos de invierno, el mediterráneo por sus máximos de precipitación en otoño o primavera y mínimos de verano, y por último el oceánico por presentar máximos en invierno u otoño y mínimos en verano. La distribución de las precipitaciones en Fragen es del tipo otoño-invierno-primavera-verano (OIPV) (según la notación de Musset que ordena de forma decreciente las estaciones en función de la precipitación media que alcanzan), y aunque las diferencias entre las estaciones no son muy elevadas, se debe descartar una tendencia continental en este clima (Pardo, 1993). Fillat (1983) apuntaba para esta zona un clima de tipo oceánico o mediterráneo. También parece ser que ambas influencias, mediterránea y oceánica, llegan a la zona bastante amortiguadas, estando más próxima la mediterránea. Pero hay que tener en cuenta que las precipitaciones tienen una gran variabilidad interanual (Creus, 1978).

Pardo (1993) concluye que la continentalidad afecta poco a este área, coincidiendo con otros autores que sitúan la zona continental del sur de los Pirineos al este del sinclinal de Boltaña. Ninguna de las dos influencias, atlántica o mediterránea domina en la zona. Cada año se ve afectada de distinta manera por dichas influencias, y se puede hablar desde años con claro predominio oceánico, hasta años completamente mediterráneos, pasando por todas las posibilidades intermedias, incluso, en un mismo año, pueden darse los dos tipos de influencia en distintas estaciones.

Por último, destacar algunos factores climáticos relacionados con las modificaciones que el relieve montañoso impone a la dinámica del aire, y que se dan por lo tanto en la pradería de Fragen. Estos son: el **gradiente altitudinal**, que conlleva un aumento de la precipitación y un descenso de la temperatura, la fuerte **oscilación** tanto diaria como anual de las temperaturas, el efecto de la **orientación** en las mismas, las **inversiones térmicas** producto de la acumulación del aire frío en los fondos de valle, las **tormentas estivales** formadas por movimientos bruscos de masas de aire individualizadas y la **nieve**, que según la exposición puede formar manto continuo durante la época fría a partir de los 1.400 m (Creus, 1987).

II.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES PRATENSES

II.2.1. Distribución de los prados

La pradería de Fragen tiene una estructura en malla característica, quedando los prados aterrizados sobre las laderas, e individualizados por un cerramiento consistente en un muro de piedra y/o una hilera de árboles que denota claramente el uso privado de las parcelas. Se distribuyen

altitudinalmente entre los 800 y los 1600 m, por encima de la isoyeta de 900 mm de lluvia anual, y presentan diversas exposiciones, si bien los más altos ocupan exposiciones solanas.

Las condiciones climáticas que determinan su presencia en esta franja altitudinal parecen ser similares a las que soporta el fresno de hoja ancha (*Fraxinus excelsior* L.), cuyo crecimiento se ve favorecido por la precipitación del mes de junio, pero muy afectado por las temperaturas mínimas del mes de abril y las máximas de julio y agosto (Creus *et al.*, 1984; Gómez y Fillat, 1984).

II.2.2. Tipos de comunidades pratenses en Fragen

Las condiciones de montaña no permiten una gestión homogénea y la pradería es un mosaico de diferentes tipos de prados. La accesibilidad de las parcelas y su distancia al pueblo condicionan su manejo (Fillat, 1981; Chocarro *et al.*, 1987), de tal forma que puede establecerse un gradiente de intervención desde los prados próximos al núcleo urbano hasta los pastos supraforestales.

Los tipos de prados que encontramos en Fragen son los siguientes:

Prados de siega: Instalados en las parcelas más productivas, accesibles y cercanas al pueblo. Son segados para obtener el forraje que alimenta al ganado durante el periodo de estabulación invernal. Además son aprovechados con pastoreo a la salida del invierno (abril-mayo) y al final del otoño (noviembre), antes de que el ganado sea estabulado de nuevo. Normalmente, el pastoreo de otoño es más prolongado que el de primavera, dependiendo del ritmo de aprovechamiento impuesto por el ganadero, y varía de unos prados a otros. Se distinguen tres tipos:

Prados de siembra: Ocupan una escasa superficie. Corresponden a parcelas con posibilidades de riego en las que se ha sembrado la alfalfa (*Medicago sativa*, L.), que convive actualmente con especies pratenses similares a las de los prados de siega circundantes. Se diferencian de éstos por la elevada proporción de dicha especie en la biomasa total de la comunidad. La gestión es la misma que la de un prado de regadío, aunque permite tres o cuatro cortes al año, según la edad del alfalfar.

Prados de regadío: Gracias a su situación geográfica es posible regar a manta estas parcelas al final de la primavera y durante el verano (dependiendo de la pluviosidad acumulada). Esto permite un mayor desarrollo de la vegetación y su aprovechamiento mediante siega en dos momentos del ciclo anual (a finales de junio y a finales de agosto). En ellos se realizan abonados primaverales, fundamentalmente con estiércol o con purín. En algunos también se realizan aportes de abonado químico.

Prados de secano: La ausencia del riego impide la realización de un segundo corte de la hierba de estos prados. Igual que los anteriores soportan dos pastoreos anuales, pero el de primavera suele ser algo más prolongado, por ello el corte tiene lugar durante la primera quincena de julio, un poco más tarde que el primer corte de los prados de regadío, y si la

sequía estival es importante, no rebrotan hasta finales de agosto. Debido a que sólo se siegan una vez, también el pastoreo otoñal es más intenso.

Prados de diente: Dentro de este grupo se incluyen parcelas que antiguamente fueron prados de secano que se segaban a mano, y que, por la dificultad de acceso con la maquinaria, se han dejado de cortar, junto a antiguos campos de cereal abandonados. Hoy en día sólo se dedican al pastoreo del ganado. Corresponden a las parcelas más alejadas e inaccesibles, y soportan una gestión menos intensiva. No se riegan, y el único abono que reciben es el estercolado que realiza el ganado mientras se encuentra pastando allí. Algunos años (raramente) reciben un aporte suplementario de estiércol o abono mineral. Son pastados durante el otoño y la primavera, antes y después de los prados de siega respectivamente, de una forma más prolongada.

Bernués (1993) y Chocarro *et al.* (1993), en estudios realizados sobre estos prados, cuantificaron del siguiente modo las superficies ocupadas por cada tipo:

- Prados de siembra (alfalfares): 1,44 ha (1,3%)
- Prados de siega del regadío: 16,56 ha (14,8%)
- Prados de siega de secano: 44,07 ha (39,5%)
- Prados de diente: 49,52 ha (44,4%)

Añaden además que las superficies ocupadas por estas comunidades vegetales representan sólo el 3,2% de la superficie total de Fragen. El resto corresponde a bosque, matorral y pastos supraforestales comunales (propiedad del Ayuntamiento y la Junta administrativa de Fragen), y una pequeña proporción de prados de siega y de diente abandonados en la actualidad, y catalogados por lo tanto también como superficie improductiva desde el punto de vista agrícola.

A pesar de este bajo porcentaje que cuestionaría su estudio, no debe olvidarse que de la capacidad productiva de estas comunidades semi-naturales depende totalmente la actividad agroganadera de la zona, y en definitiva el mantenimiento de la explotación de los pastos supraforestales, además de su importancia paisajística y ecológica.

II.2.3. La gestión ganadera de los prados

Como ya se ha apuntado en el apartado anterior, la gestión ganadera tal vez sea el factor más importante, junto con las condiciones ambientales, que determina el desarrollo vegetativo de estas comunidades. El pastoreo, la siega, el abonado y el riego marcan los ritmos de crecimiento de la hierba, la producción de materia seca, la composición florística y por tanto la calidad del forraje (Chocarro *et al.*, 1987; Bernués, 1996). Parece por ello fundamental un conocimiento previo del sistema de gestión de cada parcela antes de cualquier estudio de la comunidad vegetal presente en ella.

La cabaña ganadera de Fragen está compuesta mayoritariamente por ganado vacuno y algunas cabezas de ovino (Rasa Aragonesa), todavía en retroceso en todo el valle y con escasa

influencia en la gestión de prados y pastos del pueblo, dirigidos a la producción de ganado vacuno. La base genética de este ganado son las razas Pardo Alpina y la cada vez más extendida Simental. La raza Frisona y el cruce con Frisón puede darse en la explotación mixta o lechera, aunque el más extendido es el industrial con semental Charolés. Bernués (1993), describe cómo de los diez propietarios de ganado vacuno de Fragen (incluyendo vacas, novillas que suponen un 12% del ganado, y toros): tres de ellos poseen entre 40-50 reses, otros tres poseen entre 22-24, tres más entre 10-13 y uno tenía solamente una cabeza.

El sistema productivo practicado por los ganaderos de Fragen corresponde a un sistema mixto cuyo principal objetivo es la producción de terneros destinados a cebo, que se venden a una edad comprendida entre los cuatro y los nueve meses, realizándose además el ordeño de los excedentes de leche. Algunos ganaderos practican este sistema mixto más especializado, diferenciando dos rebaños por explotación: mientras parte de las vacas se ordeñan sin la presencia del ternero, el resto combina la cría del ternero y el ordeño, o se dedica exclusivamente a la producción de terneros para el recría (Bernués, 1993).

La Figura 5 muestra el calendario ganadero de los prados de Fragen (Bernués, 1993). En él se distribuyen las distintas actividades ganaderas en el tiempo, a lo largo de un año de condiciones climáticas medias.

ACTIVIDADES	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESTABULACIÓN	■											■
PASTOREO												
Prados				■	Vacas de leche, de parto, enfermas,...						■	
Pastos intermedios					■				■			
Puertos								■				
ABONADO		■		■								
RIEGO					■		■					
CORTES												
Alfalfares						■		■		■		
Prados de regadío						■		■				
Prados de secano							■					

Figura 5: Calendario ganadero de Fragen (Bernués, 1993).

El **pastoreo** de los prados se realiza en dos épocas. En primavera los animales aprovechan la brotación inicial, al mismo tiempo se consigue retrasar provechosamente el primer dallado al verano, momento de mayor frecuencia y duración de periodos secos que asegura la henificación. En otoño, el ganado apura el último brote de la hierba (rebasto). Tras el pastoreo primaveral comienza el crecimiento de la hierba de los prados y el ganado es trasladado a la zona de pastos supraforestales intermedios, situados en el monte Litro (2019 m). Después de permanecer dos meses y medio en esta zona, se realiza un nuevo traslado de los animales, esta vez hacia los puertos del vecino valle francés de Ossoue. Se trata de unos pastos supraforestales, sobre los que los municipios españoles del Valle de Broto tienen derechos para estivar el ganado desde el siglo XI (Briet, 1977), y que son aprovechados durante mes y medio. Transcurrido este tiempo y previo al pastoreo otoñal de los prados, el ganado todavía consume la hierba brotada de nuevo en los pastos del Litro.

Con la finalización del pastoreo otoñal, comienza el periodo de **estabulación** hasta la primavera siguiente, donde el ganado consume el heno producido en los prados. Una escasa proporción de vacas productoras de leche, en periodo de parto o enfermas, no realizan los desplazamientos descritos en el párrafo anterior y permanecen estabuladas prácticamente todo el año.

La **fertilización** de los prados es a base de abonado tanto orgánico (estiércol o purín de vacuno) como mineral. El abono orgánico se reparte a la salida del invierno, comienzos de la primavera, en dosis de 20.000-25.000 kg/ha para el estiércol y 30.000-35.000 kg/ha en el caso del purín. Bernués (1996), en un estudio comparativo de las características de ambos fertilizantes orgánicos, y sus efectos sobre el estado nutricional del suelo, la producción, composición florística y calidad del forraje, destaca:

- el mayor contenido de materia orgánica y fósforo del estiércol, frente a la mayor riqueza en nitrógeno amoniacal, potasio y calcio del purín.
- un mejor y más elevado estado nutricional del suelo en los prados que se abonan con estiércol, con la única excepción del potasio, nutriente que incorpora mejor el purín.
- el efecto inmediato que tiene la aplicación del purín sobre la producción con un espectacular impulso del crecimiento primaveral de la hierba (especies de gramíneas), si bien la lenta liberación de nutrientes por parte del estiércol supone producciones cada vez mayores en posteriores aprovechamientos. De esta manera, la producción total anual parece no verse afectada por el tipo de fertilizante.
- una mayor calidad en líneas generales del forraje producido tras el estercolado de los prados.
- una disminución de la riqueza específica en los prados abonados con purín.

En lo referente a la fertilización mineral de los prados, es complementaria a la orgánica y se da sólo en los prados más intervenidos con dosis mínimas de superfosfato, o abonos complejos como el 7-20-14, 0-14-7 o el 0-14-14-5.

Finalmente podemos decir que las elevadas dosis de abonado orgánico que reciben estos prados, reflejan más una necesidad de eliminar los residuos orgánicos de los establos, que unas

exigencias de nutrición de estas comunidades (el nitrógeno favorece las especies de gramíneas, por el contrario el fósforo y el potasio apoyan el crecimiento de las leguminosas, mejorando la calidad forrajera del prado (Chocarro *et al.*, 1987; Montserrat, 1988)).

El riego de las parcelas es necesario para obtener un segundo corte. Las reservas hídricas primaverales y el aporte de las tormentas estivales no son suficientes para garantizar la viabilidad de un segundo dallado productivo de la hierba. El agua aportada, su temperatura y/o su momento de aplicación, se convierten en factores reguladores del crecimiento de los prados muy importantes (Montserrat, 1987). El uso de aguas muy frías supone la invasión de los prados por grandes hierbas poco apetitosas para el ganado, como algunas umbelíferas (*Chaerophyllum*, *Heracleum*, *Anthriscus*), ranunculáceas (*Ranunculus*, *Aconitum*, *Caltha*) y varias compuestas (Montserrat *et al.*, 1984). En Fragen y salvo en años extraordinariamente secos en los que se riega ya a mitad de mayo, se comienzan a regar los prados tras su primer corte, a partir del mes de julio.

A pesar de la gran cantidad de terrazas de secano y rellanos de obturación lateral susceptibles de convertirse en áreas irrigadas, y de la importancia que el riego tiene en estas comunidades herbáceas, las infraestructuras presentes en el Pirineo para estos fines son escasas, lo cual llama la atención, sobre todo si se compara con los enormes esfuerzos invertidos en acondicionar laderas para el cultivo (Lasanta, 1989). Y es que el agua no era un factor limitante en la agricultura tradicional, básicamente cerealista. Las lluvias primaverales eran suficientes para garantizar el crecimiento del cereal. En Fragen, por ejemplo, se aprovecha para regar los prados una antigua toma que derivaba agua del barranco del Sorrosal, no con este fin, sino para hacer funcionar un molino, en la actualidad en desuso. A partir de él y mediante un sistema de acequias, el agua llega a la parte superior de cada parcela, y por gravedad, se efectúa el riego a manta de los prados situados en la única ladera regable del pueblo.

Pardo (1994), evaluando precisamente el sistema de riego de estos prados, explica cómo se establecen unos turnos de riego entre los distintos ganaderos, que suelen durar de 6 a 8 días, y se aplican unas dosis de agua aproximadas de 120 mm, muy por encima de las que el autor estima necesaria para alcanzar la capacidad de campo (54 mm), e incluso la saturación (70 mm). Concluye por lo tanto que el riego de las parcelas es una actividad secundaria, que más que por unos criterios agronómicos está condicionada por la disponibilidad de tiempo dentro del apretado ritmo de actividades que desarrollan los escasos ganaderos de la zona.

La siega o corte de la hierba comienza en la segunda quincena de junio en los alfalfares, y continúa de forma escalonada en todos los prados de siega hasta que concluye sobre un mes más tarde, en las últimas parcelas de secano. La producción primaveral evoluciona lentamente durante los primeros días de brotación, pero progresa rápidamente conforme aumenta la temperatura (Chocarro *et al.*, 1988a), por lo que podría decirse que este parámetro se convierte en el factor limitante del primer corte, mientras que como ya hemos dicho el riego lo es para la segunda dallada, realizada a finales de agosto, y siempre de menor producción que la anterior.

La calidad del forraje producido está ligada a la composición florística y al estado de desarrollo de la planta en el momento del corte de la hierba, por lo que difiere en los dos aprovechamientos. En los prados de esta parte sur del Pirineo, el primer corte se realiza siempre

con cierto retraso con el objetivo de superar las lluvias primaverales que impedirían el henificado. Esto conlleva una pérdida de la calidad forrajera al descender la digestibilidad de la materia seca (DMD), sin un incremento claro de la producción total. El segundo corte es de más calidad, más rico en leguminosas, por lo que presenta mayor contenido celular en la dieta y menos fibras y celulosas (Chocarro *et al.*, 1988b; Fanlo y Chocarro, 1989).

II.2.4. Composición florística y producción primaria

Aldezabal *et al.*, (1993) estudiando la composición florística y la producción primaria de 14 parcelas de la pradería de Fragen identificaron un total de 83 especies, 21 pertenecientes a la familia de las gramíneas, 11 a las leguminosas y 51 a otras familias botánicas. En el trabajo obtuvieron que la riqueza específica es superior en los prados de diente (36-41 especies) que en los de siega (23-29 especies), que tuvieron además mayores porcentajes de especies de gramíneas. Los prados regados presentaron como especies más importantes por su aporte en materia seca a: *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* y *Holcus lanatus*; en los secanos predominaron: *Bromus hordeaceus*, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trisetum flavescens*, *Achillea millefolium* y *Centaurea scabiosa* y por último en los prados de diente: *Lotus corniculatus*, *Onobrychis viciifolia*, *Leontodon hispidus*, *Plantago lanceolata* y *Plantago major*.

La producción primaria de los diferentes prados en el momento del primer corte resultó ser bastante variable, dependiendo de la intensidad del pastoreo primaveral, de la gestión del ganadero (fertilización y riego) y de las características topográficas de la parcela (altitud, orientación, posición en la ladera). Los prados de diente oscilaron entre los 2.000-2.600 kg de materia seca/ha, y los segados entre los 3.500 y los 5.800 kg/ha. Aldezabal *et al.* (1993) destacan que la contribución en peso seco de las gramíneas a la biomasa total del prado es muy importante en los prados de siega (60-90%) y muy pequeña en los de diente (<20%). Las producciones del segundo corte de estos prados han sido cuantificadas en torno a los 3.500-4.000 kg de MS/ha, algo inferiores que las del primer corte (Fillat *et al.*, 1994).

II.2.5. Caracterización fitosociológica

En el ambiente solano del Pirineo Español, tan diferenciado de la parte septentrional francesa (más sombreada y húmeda), la altitud y la exposición son dos factores básicos de clasificación de la vegetación. Las comunidades herbáceas estudiadas en Fragen están distribuidas entre los pisos de vegetación montano (800-1.600 m) y el subalpino (1.700-2.200 m).

En el piso montano, si la exposición es norte predominan los bosques de *Pinus sylvestris* (As. *Buxo-Quercetum fagineae pinesotum sylvestris*) con especies como *Arctostaphylos uva-ursi*, *Fragaria vesca*, *Galium verum*, *Prunella vulgaris*, *Helleborus viridis*, musgos y algún *Ilex aquifolium*. En los lugares más húmedos y angostos salpican el bosque otras especies arbóreas como *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior* y *Corylus avellana*. En exposiciones solanas, la vegetación potencial cambia de los bosques de gimnospermas (As. *Geo-Pinetum sylvestris*) con *Genista scorpius* y *Arctostaphylos uva-ursi*, a los quejigales de *Quercus cerrioides* y *Quercus*

pubescens con *Buxus sempervirens*, *Amelanchier ovalis*, *Crataegus monogina*, *Prunus spinosa* (As. *Buxo-Quercetum pubescentis*) (Montserrat, 1988).

Tradicionalmente y con el objetivo de obtener mayores superficies tanto para pasto como para el cultivo, el hombre taló estas laderas. El posterior abandono del cereal y el continuo pastoreo del ganado doméstico en estas áreas, ha dado origen a los prados de la alianza *Aphyllantion* (As. *Brachypodio-Aphyllantheum*) en orientaciones solanas y a la alianza *Mesobromion* (As. *Eryngio-Plantaginetum media*) tanto en solanas como en umbrías. Cuando las necesidades de producción fueron altas y además se disponía de agua estas comunidades herbáceas se utilizaron como prados. En Cernusca *et al.* (1996) se explica el proceso con un esquema similar al de la Figura 6.

No obstante, Chocarro (1990) indica que es difícil separar claramente grupos de praderas diferentes entre los prados de siega del Pirineo Central español, y que todas ellas quedan englobadas en la clase *Molinio-Arrhenatheretea* Tx., 1937, y dentro de ella en la alianza

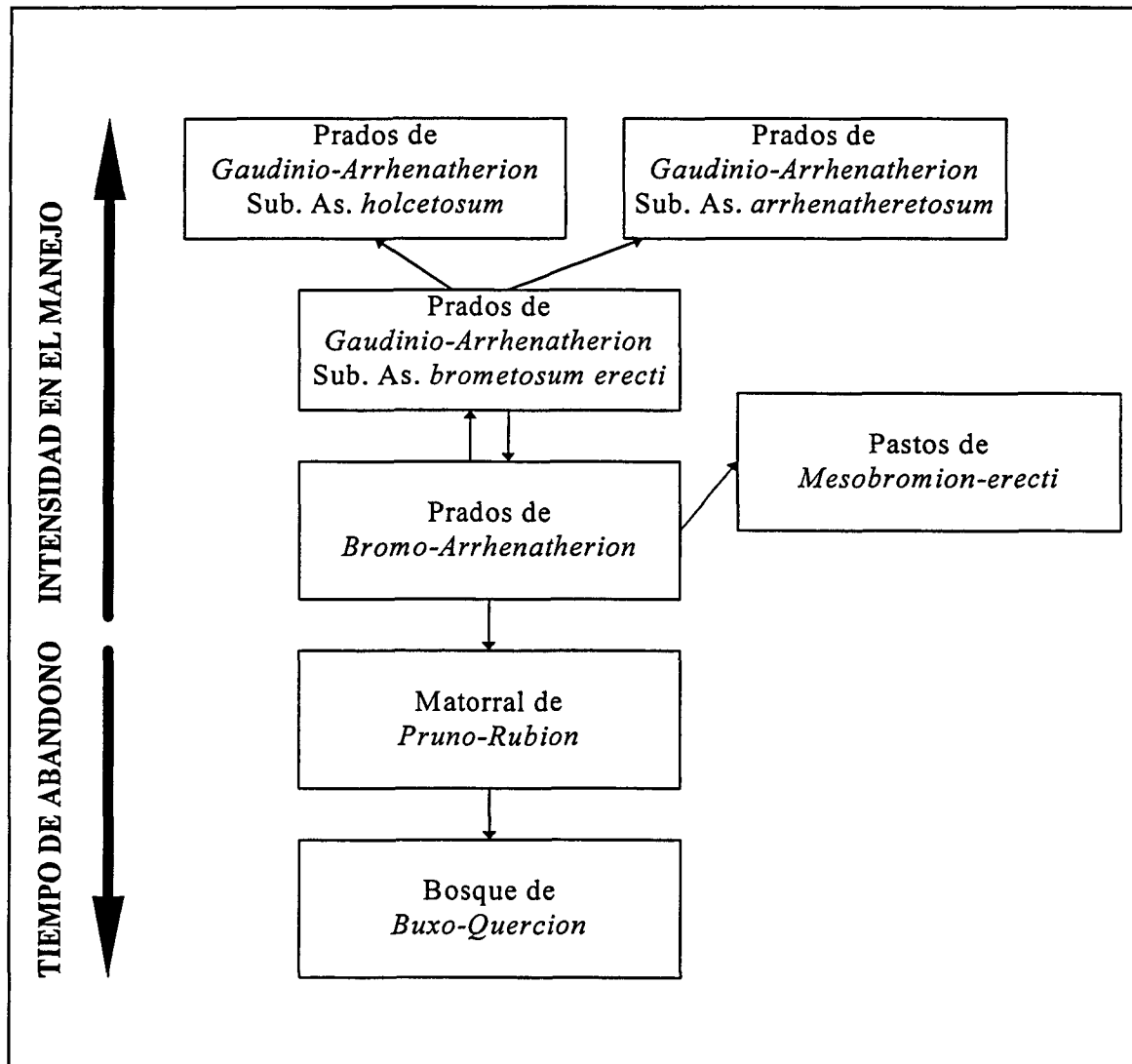


Figura 6: Caracterización fitosociológica de los prados de Fragen según Cernusca *et al.*(1996)

Arrhenatherion elatioris Br. Bl., 1925. Rivas Goday y Rivas Martínez, (1963) describen la clase *Molinio-Arrhenatheretea* Tx., 1937, como praderas altas, higrófilas, pero no turbosas, con elevado nivel freático; segadas o no. Y las incluyen dentro de la vegetación atlántico-centroeuropea, de veranos lluviosos y temperaturas más benignas que la vegetación de la España mediterránea (xeroterma y subxeroterma, de veranos calientes y secos). Las definen con praderas seminaturales, originadas por cuidados y abonados, con cortes o siegas periódicas, y a veces irrigadas o con humedad edáfica natural. Dentro del orden *Arrhenatheretalia* Pawl., 1928 (praderas de siega genuinas) se encuentra la alianza *Arrhenatherion elatioris* Br. Bl., 1925, como praderas de siega, preferentemente sobre sustratos calizos y suelos eutrofos.

En el caso de los prados de pastoreo, podríamos pensar que por su modo de gestión pertenecen a la clase *Festuco-Brometea* Br. Bl et Tx., 1943, que incluye pastos de diente eutrofos de tipo centroeuropeo y ambiente submediterráneo, con humedad climática y sobre suelos calcáreos, clase inventariada en la zona por Montserrat *et al.*, (1984). Dentro de ella, la alianza *Meso-Bromion* Br. Bl. et Moor, 1938, corresponde a pastos con pequeña influencia mediterránea, verdes casi todo el verano, sobre sustrato calizo, en el norte de España. Esta alianza también ha sido descrita en el Prepirineo por Montserrat (1960) se halla extendida entre los 1.300 m y los 1.600 m, cuando la pluviosidad estival permite la formación de prados de hierba siempre verde. Ferrer (1988), también incluye estos prados en el *Mesobromium*.

Rivas Goday y Rivas Martínez (1963) afirman que existen muchas especies comunes, y de tránsito entre el *Arrhenatherion* y el *Mesobromion*, y que se puede evolucionar de un pasto de *Mesobromion* a uno de *Arrhenatherion* mediante la siega y el estercolado.

En lo que respecta al piso subalpino, aquí la influencia humana ejerció gran presión sobre el límite superior del bosque, aumentando todavía más la superficie ocupada por los pastos supraforestales sobre sustrato calizo, aprovechados durante la estación estival por el ganado vacuno. Son pastos de *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Phleum pratense*, etc. que pueden ser incluidos en la alianza *Nardion strictae* (As. *Alchemillo-Nardetum strictae*), aunque abunda mucho el ya citado *Mesobromion*.

II.2.6. Comunidades estudiadas

En la pradería de Fragen se muestrearon, en diferentes fechas y con distintos objetivos, los bancos de semillas de cuatro comunidades herbáceas, representativas de los distintos manejos de la zona. Se describen a continuación ordenadas según el grado de intensificación agrícola empleada en su gestión, comenzando por las más intervenidas.

Prado de siega regado (R): Situado a 975 m orientación SE y superficie de 18.450 m². Recibe dos cortes de hierba para henificar, y dos pastoreos, uno primaveral y otro otoñal, ambos muy intensivos (treinta cabezas de vacuno durante cuatro días consumen toda la oferta de hierba del prado en esos momentos). El primer corte se efectúa a finales de junio o comienzos de julio. Durante los meses de julio y agosto se riega a manta aprovechando la ligera pendiente del terreno, en dosis y frecuencias dependientes de las condiciones climatológicas. De esta manera se facilita el crecimiento de la hierba, a la que se le da el

segundo corte a finales de agosto. En febrero se realiza un aporte de fertilidad con el reparto de purín de ganado vacuno, en dosis cuantificadas por Bernués (1996) entre las 30-35 tm/ha. Cada 2-3 años se aplica de modo complementario pequeñas dosis de abonado mineral complejo (7-20-14, 0-14-7, 0-14-14-5, según años).

Prado de siega de secano con régimen de explotación intensivo (S-1): Situado a 1.130 m, orientado al sur y de 13.825 m² de superficie. Recibe un solo corte de hierba para henificar a mediados de julio y dos pastoreos de vacuno, con el mismo número de cabezas que el caso anterior, por ser propiedad del mismo ganadero (las vacas pastan durante dos o tres días en él). Se fertiliza con purín de vacuno, también a dosis próximas a las 35 tm de materia fresca/ha a la salida de cada invierno, y como en el caso anterior cada dos-tres años recibe aportaciones de abonado inorgánico complejo.

Prado de siega de secano, con régimen de explotación extensivo (S-2): Enclavado en una terraza aluvial, a 1.030 m, orientado al sur y con una superficie de 9.056 m². Al no poder ser regado por su situación geográfica, recibe un solo corte de hierba para heno a mediados de julio y también dos pastoreos con ganado vacuno. Un rebaño de unas 15 vacas pastan en él en estas dos épocas durante 4-5 días. Se fertiliza orgánicamente a base de estiércol en lugar de purín, con dosis de aplicación del orden de los 21 tm/ha, y recibe anualmente un complemento mineral de abonado inorgánico complejo. La pertenencia de esta parcela a un propietario distinto de los dos anteriores, le confieren un régimen de explotación más extensivo, que se traduce como se ha descrito, en una reducción de la carga ganadera y de las dosis de fertilización.

Prado de diente (P): Situado a 1.200 m, y orientado al sur. Ocupa 1.077 m² de una ladera aterrazada que en su parte más ancha tiene poco más de diez metros, y hace unos veinte años todavía se dedicaba al cultivo del cereal. Su situación geográfica y su alejamiento del pueblo hacen que su única gestión consista en la realización de dos pastoreos con no más de diez vacas durante un día, en los periodos primaveral y otoñal.

II.3. LOS PRADOS ALPINOS Y LOS FACTORES AMBIENTALES DE LA ZONA DE KASERSTATTALM (INNSBRUCK)

La región europea más extensamente dominada por las comunidades herbáceas son los Alpes. En ellos los porcentajes de tierra cultivada dedicados a la explotación de pastos y prados se sitúan por encima del 80% (Dziewulska, 1990). Estas comunidades están ubicadas tanto por encima del nivel forestal, como en sus estribaciones montañosas, en las pendientes suaves y en el fondo de los valles. A su presencia generalizada en el paisaje alpino, además de los condicionantes naturales, contribuye la importante actividad agroganadera del área, que permite su mantenimiento.

Las especies pratenses son capaces de adaptar su desarrollo fenológico a estos factores del medio, que son limitantes para el establecimiento de otros taxones. La altitud de esta cordillera, principal determinante del clima (hace disminuir la presión y las temperaturas, aumenta la pluviometría y la radiación solar, permite la presencia de cobertura nival), junto con los efectos del modelado topográfico (exposición, inversiones térmicas, pendientes), originan una clara

estratificación en la vegetación alpina, como también puede observarse en la composición florística de las distintas comunidades herbáceas situadas a lo largo del gradiente altitudinal (Ozenda, 1983).

Las parcelas alpinas estudiadas en esta memoria doctoral se encuentran en la zona de Kaserstattalm (Valle de Stubai), muy próxima a Innsbruck (Austria) (Figura 7). El área, geográficamente está enclavada en los Alpes Orientales, al noroeste la población de Neustift, en las estribaciones de la larga cadena del "Hohen Burgstall", entre los 47°5'-47°10' de latitud norte y los 11°15'-11°20' de longitud este, a una altitud sobre el nivel del mar entre los 1.500-2.200 m. Limitan con los escarpados valles de Bachertal al oeste y de Jedlgerisse al este.

Geológicamente están asentadas sobre substrato calizo. En esta franja altitudinal también existen esquistos cristalinos y esquistos de mica, que a partir de los 1.900 m están recubiertos por dolomías. En las zonas de contacto de materiales de diferente geología, surgen manantiales. El relieve es abrupto, y los prados se sitúan en laderas de fuertes pendientes, orientadas al sur-sureste. Los suelos que se han formado en la zona son cambisoles, aunque también se encuentran podzoles en substratos silíceos y rendzinas cuando el subsuelo es calizo.

Climatológicamente el área se clasifica como templada-continental interalpina, los vientos dominantes proceden del oeste. La pluviometría en el fondo del valle, a 900 m de altitud, se sitúa en torno a los 840 mm de precipitación, mientras que en la parte más alta del "Hohen Burgstall" es de 1.620 mm anuales. Las precipitaciones presentan máximos de verano, si bien en invierno se registran el 50% de los días, cuando la nieve forma un manto continuo que puede alcanzar hasta seis metros de espesor. Debido a la exposición del área, ésta funde pronto, permitiendo un periodo de desarrollo vegetativo de la hierba de unos seis meses.

La zona experimental tiene una superficie de 145 ha de las que 20 ha están dedicadas al cultivo de prados de corte y a los pastos. En esta región del Tirol alrededor del 65% de las comunidades herbáceas supraforestales son utilizadas como pastos, mientras que los prados tienden

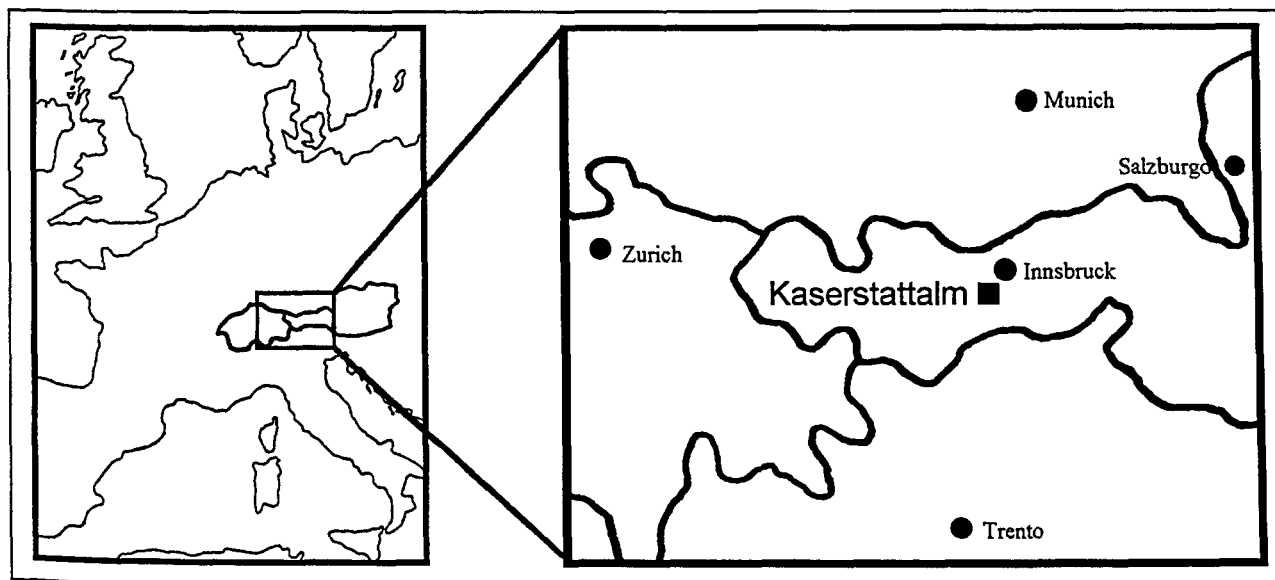


Figura 7: Localización de la zona de Kaserstattalm, área experimental del Instituto de Botánica de la Universidad de Innsbruck, dónde se realizaron los estudios de las comunidades herbáceas alpinas.

a ocupar solamente el 35% restante (Dziewulska, 1990). Este hecho como ya vimos no se produce en los Pirineos, donde no existen prados cultivados en el nivel supraforestal. Desde mediados de junio hasta finales de octubre, unas 70 cabezas de ganado vacuno pastan en el área. Los prados, además de un pastoreo a finales del verano, son cortados y fertilizados una o dos veces al año, o cada dos años, según manejos.

Los prados con siega anual pertenecen a las asociaciones *Geranium sylvatici-Trisetetum flavescens*. Cuando su manejo se hace más extensivo y la siega se produce cada dos años, comienza a establecerse *Nardus stricta* y pequeños arbustos (*Sieversio-Nardetum strictae*). Los pastos calizos de la zona pertenecen a la asociación *Seslerio-Caricetum sempervirentis*. Donde se incrementa el impacto del pisoteo del ganado vacuno, debido a las intensas cargas ganaderas, se desarrollan comunidades de *Alchemillo-Poetum supinae*. En el resto de los sitios pastados domina *Rumex alpinus* (*Rumicetum alpini*). Tras el abandono tanto de los prados como de los pastos, la vegetación cambia hacia comunidades arbustivas de pequeño porte (*Vaccinio-Callicetum*). La vegetación climácica del área es en algunos casos un *Rhododendro-Mugetum*, pero en la mayoría de los casos sería el bosque autóctono de piceas (*Homogyno-Piceetum*) (Cernusca, 1996).

El abandono de estas comunidades alpinas, permite el desarrollo de especies arbustivas de pequeño porte, que forman en la superficie del suelo una cama de material vegetal de difícil descomposición por sus altos contenidos en ligninas, celulosas y hemicelulosas, causante de la formación e incorporación al suelo de ácido húmico. Consecuencia de esta influencia acidificante de la vegetación, los suelos pardos de la zona de Kaserstattalm, están sufriendo un continuado proceso de podzolización, consistente en la destrucción de los minerales de arcilla y la translocación de elementos minerales hasta los horizontes B, con el consecuente empobrecimiento mineral de los mismos (Cernusca, 1996).

II.3.1. Comunidades estudiadas

En el área de Kaserstattalm, se muestreó el banco de semillas y la vegetación aérea de cinco comunidades herbáceas, representativas a su vez de los distintos manejos de la zona. Se describen a continuación ordenadas según el grado de intensificación agrícola empleada en su gestión, comenzando por las más intervenidas.

Prado de siega con manejo intensivo (I-1): Situado a 2.020 m, exposición sureste. Recibe dos cortes de hierba anuales para henificar, uno en agosto y el siguiente en septiembre. También está sometido a dos pastoreos de ganado vacuno. Al comienzo de la fase de crecimiento vegetativo, se le aplica fertilización orgánica a base de purín de ganado vacuno.

Prado de siega con manejo extensivo (I-2): Localizado a 2.000 m de altitud y con orientación sur. Solamente se siega una vez cada dos años, en el mes de agosto, aunque esta frecuencia depende de la biomasa producida en el resto de la zona. Todos los años admite dos pastoreos, uno primaveral y otro otoñal, y también se le aplica abonado orgánico compuesto por purines de vacuno.

Pasto intensivo (I-3): Parcela que nunca se siega para producir heno. Situada a una altitud algo mayor que las anteriores (2.100 m) y orientada al sur, soporta las mayores cargas ganaderas de la zona, durante toda la época estival.

Pasto extensivo (I-4): Localizada en una zona de pastoreo extensivo, a 2.080 m de altitud y con exposición sur. Estos pastos son menos preferidos por el ganado vacuno, aunque los animales necesitan cruzarlos en su camino hacia los pastos más intensivos, situados más altos. Al igual que esos, su hierba nunca se siega, sólo se aprovecha a diente.

Pasto abandonado (I-5): Superficie abandonada en el año 1985 ante la dificultad del manejo por sus fuertes pendientes. Parte de ella fue repoblada con *Larix decidua*.

II.4. ESTIMACIÓN DEL BANCO DE SEMILLAS

II.4.1. Técnicas de estimación

El banco de semillas del suelo se estima normalmente extrayendo volúmenes de suelo de dimensiones conocidas y determinando el contenido en semillas de esas muestras. Dos grupos de técnicas han sido utilizados tradicionalmente para determinar la composición del banco: los métodos de separación y los de germinación (Roberts, 1981). Los primeros se basan en las diferencias de tamaño o densidad de las semillas con respecto al resto de los componentes del suelo y usan técnicas como la dispersión, la flotación (Malone, 1967) y/o el filtrado de las muestras (Roberts, 1981), tras las cuales se procede a la observación del residuo en binoculares, extrayéndose manualmente las semillas restantes. Posteriormente se comprueba la viabilidad de las semillas por métodos indirectos como la presión manual (Roberts y Ricketts, 1979) y el test del tetrazolio (Malone, 1967; Wilson *et al.*, 1985; Gross, 1990). En general estos métodos son bastante laboriosos e ineficaces para identificar especies de semilla muy pequeña (Ter Heerdt *et al.*, 1996).

Los métodos basados en la germinación consisten en la colocación de las muestras de suelo en amplias bandejas de poca profundidad dentro de un invernadero, y periódicamente se identifican y cuantifican las plántulas germinadas (Thompson y Grime, 1979; Bigwood y Inouye, 1988; Gross, 1990). Estos métodos a pesar de que son muy apropiados para trabajos a gran escala presentan los siguientes inconvenientes:

- las condiciones ambientales del invernadero no son siempre las deseables para la germinación de todas las especies presentes en el banco, por ejemplo las semillas en estado de dormancia natural no germinan (Major y Pyott, 1966; Fenner, 1985).
- existe una germinación preferencial de las semillas más próximas a la superficie de la bandeja, especialmente en suelos arcillosos. La cantidad de luz recibida y la sensibilidad al ciclo diario de las temperaturas es menor en las semillas más profundas lo que impide su germinación (Fenner, 1985; Grime *et al.*, 1988).
- el tiempo de permanencia de las muestras en el invernadero es demasiado largo. Roberts (1981) no recomienda periodos inferiores a dos años.
- la cantidad de suelo a estudiar suele estar siempre muy limitado por la capacidad del invernadero o cámara de germinación.

Por todo ello Kropác (1966), Barralis y Chadoeuf (1980) y Ter Heerdt *et al.* (1996), proponen una variante del método de estimación por la puesta en germinación, consistente en una reducción previa de las muestras lavándolas con agua sobre finos cedazos (concentrado de las muestras), para después extenderlas formando una fina capa prácticamente sin espesor. El lavado de las arcillas y algunos limos puede estimular la germinación al incrementar el intercambio gaseoso y al saturar el potencial hídrico del suelo (Major y Pyott, 1966; Fenner, 1985), incluso produce fricciones entre las arenas retenidas en el cedazo y las semillas a modo de una escarificación que también activa la germinación (observación personal). Al extender las muestras en un estrato muy fino se asegura que todas las semillas estén expuestas a las mismas condiciones de luz y de temperatura.

Ter Heerdt *et al.* (1996), comparando el método clásico de la germinación con el del concentrado de las muestras en un interesante trabajo, concluyen que pese a la mayor laboriosidad de este último es recomendable porque además de acortar enormemente el tiempo de germinación (el 95% del máximo número de individuos y de especies germinaron en el primer mes) y de ganar espacio en el invernadero, la densidad de semillas halladas y el número total de especies fue significativamente mayor cuando las muestras eran reducidas por lavado. Analizando al final de la experiencia el residuo de las muestras concentradas no encontraron semillas sin germinar, logrando unos porcentajes de germinación del 100%.

Por lo tanto, para la estimación de los bancos de semillas estudiados en esta memoria doctoral, se eligió el método de la puesta en germinación previo concentrado de las muestras (Barralis y Chadoeuf, 1980; E.W.R.S., 1987; E.W.R.S., 1989; Recasens *et al.*, 1991; Ter Heerdt *et al.*, 1996). A cada muestra, de manera individualizada, se le aplicó el tratamiento que pasa a describirse y que constó de las siguientes fases:

- 1) **Eliminación de agregados de arcillas y gravas.** Las muestras se trataron con una solución salina de 50 g de bicarbonato sódico en 1.000 cm³ de agua, para favorecer el proceso de la dispersión de los elementos finos. Posteriormente y con la ayuda de abundante agua corriente, se filtraban recogiendo la fracción de suelo retenida entre los cedazos de 4 y 0.2 mm de luz, compuesta principalmente por las arenas y las semillas. En el cedazo de 4 mm quedaban obstruidas las gravas y los fragmentos de raíces, que se desechaban, mientras que la malla de 0,2 mm de la segunda criba permitía la eliminación de las arcillas y los limos finos, reteniendo incluso las semillas de tamaño más pequeño. Periódicamente se observaba esta tela metálica con lupas binoculares comprobándose la ausencia de semillas entre el material incrustado en la malla. El tiempo empleado en esta parte del proceso fue de 20-25 minutos /muestra.
- 2) **Puesta en germinación.** Las fracciones lavadas se extendían completamente en una tela de nylon de manera que la profundidad fuese mínima y se colocaron sobre bandejas que contenían una capa de turba asentada en otra de grava estéril. Estas se introducían en una cámara de germinación programada para unas condiciones de fotoperiodo de 14 h luz (intensidad de 5-8 klux) a 25°C y 10 h de oscuridad a 15°C, condiciones estándar para la germinación de la mayoría de las semillas (Fenner, 1985; Gross, 1990; Roundy y Biedenbender, 1996). Mientras que la tela permitía la separación de las muestras del resto de

las capas, sin impedir el desarrollo radicular de las plántulas hacia el sustrato de turba, las gravas facilitaban el drenaje del conjunto, tras el riego que se practicaba dos veces por semana. En estas condiciones las muestras permanecían tres meses, a lo largo de los cuales se identificaban, contaban y eliminaban las plántulas nacidas.

- 3) **Tratamiento con ácido giberélico.** A partir del cuarto mes se trataron las muestras periódicamente, durante mes y medio, con una solución de 1 g/l de ácido giberélico GA₃, fitohormona de crecimiento que estimula la germinación de las semillas durmientes (Feast y Roberts, 1973; Evans *et al.*, 1996). Una vez concluido el periodo de germinación (4 meses y medio en total), en las primeras repeticiones se comprobó la eficiencia del método visualizando en lupa binocular una fracción (1/8) del residuo no germinado de cada muestra. Ante la ausencia de semillas en los restos analizados y lo tedioso del método (1 hora de observación por fracción), en el segundo año de experimentación no se realizó la comprobación y por lo tanto las semillas que pudieran quedar sin germinar se consideraron muertas o con dormiciones no superadas con los tratamientos realizados y por lo tanto de germinación muy dudosa en condiciones naturales.

Para la identificación de las especies vegetales en estado de plántula, se consultaron los trabajos de Chancellor (1964), Buendía (1966), Ruiz Del Castillo (1970), Häfliger y Brun-Hool (1971), Bailly *et al.* (1977), Muller (1978), Hanf (1983) y Villarias (1986). El reconocimiento de algunas especies de gramíneas, difíciles de identificar en estado de plántula, se efectuó mediante la observación al microscopio de sus epidermis foliares (Davies, 1959; García-Gonzalez, 1983 y 1984; Aldezabal y García-Gonzalez, 1992). El resto de las especies, cuando su determinación resultaba confusa, eran transplantadas en macetas fuera de la cámara de germinación y se identificaban en estado adulto. Para ello se consultaron las obras de Tutin *et al.* (1964-1980), Pignatti (1982) y Saule (1991). La nomenclatura de las especies se realizó de acuerdo con Tutin *et al.* (1964-1980).

La utilización de una cámara de ambiente controlado para la germinación de las muestras en lugar de un invernadero (más frecuentemente utilizado), presenta dos ventajas fundamentales: por un lado permite el control exacto y continuado de las condiciones ambientales idóneas para la germinación de las especies y por otro evita la contaminación de las muestras por semillas procedentes del exterior, grave problema potencial a tener en cuenta en este tipo de estudios (Thompson *et al.*, 1997). El único inconveniente que se ha apreciado son algunas diferencias morfológicas que presentaron las plántulas crecidas en condiciones forzadas, si las comparamos con las germinadas en el campo. Por ello resultó de gran ayuda una pequeña colección de plántulas, conservadas tanto en seco como en verde, y realizada tras las primeras identificaciones, con el fin de facilitar el reconocimiento de especies en muestreos posteriores.

Durante el periodo comprendido entre la extracción y su procesado, las muestras permanecieron en la oscuridad y a temperaturas inferiores a 5°C, tal y como se recomienda en Gross (1990), al tratarse de unas condiciones ambientales inhibitorias de la germinación de la mayoría de las especies (Fenner, 1985).

II.4.2. Tamaño, profundidad de las muestras, volumen total muestreado y época de muestreo

La precisión del método de muestreo está determinada por factores como el tamaño y volumen de las muestras y su número total. Muchos autores (Roberts, 1981; Bigwood y Inouye, 1988; Benoit *et al.*, 1989; Thompson *et al.*, 1997) recomiendan tomar un gran número de pequeñas muestras mejor que pocas y de gran volumen, teniendo en cuenta una serie de factores como son: los objetivos del trabajo, la disponibilidad de tiempo, de personal y de espacio en las cámaras de germinación.

Un elevado número de muestras posibilita la realización de análisis estadísticos comparativos entre bancos de semillas de distintas parcelas (Bakker *et al.*, 1996) además de reducir la varianza muestral que suele ser muy alta en este tipo de estudios (Benoit *et al.*, 1989). Rabotnov (1958) y Smirnov y Kurdyukov (1965) indican cómo para obtener resultados satisfactorios sobre alguna especie determinada el número de muestras debe incrementarse con respecto al que se tomaría para la estimación de todas las especies del banco.

Thompson (1986) recomienda un mínimo de 50 muestras por comunidad y Benoit *et al.* (1989) concluyen que a partir de 75 muestras, la ganancia en la precisión no justifica el incremento del esfuerzo en el muestreo. Gross (1990) partiendo de 125 cilindros de suelo (2,5 cm de diámetro y 15 cm de profundidad) y tras analizar la curva de saturación de sus muestras considera que con 100 muestras habría sido suficiente para incluir más del 90% de las especies halladas en su banco, número de muestras también considerado muy preciso por Ter Heerd *et al.* (1996).

En las Tablas 3 y 4 figuran el número de muestras extraído en cada una de las comunidades estudiadas, cantidades acordes con las recomendaciones bibliográficas considerando los objetivos concretos de cada muestreo.

En lo que respecta al volumen total muestreado, diversos autores recomiendan en Hutchings (1986) tomar 0,8 l de suelo para determinar la composición taxonómica del banco de semillas de comunidades de primeros estadios sucesionales de vegetación, 1-1,2 l en comunidades pratenses, y de 8-12 l en bosques de estados próximos al climácico. Este gradiente de intensidad muestral es consecuencia de las menores densidades de semillas encontradas generalmente en los últimos estadios sucesionales de la vegetación. En el caso que nos ocupa en todas las estimaciones se partió de volúmenes superiores a los 1,2 l recomendados (Tablas 3 y 4).

La profundidad de las muestras también es un elemento a tener en cuenta y dependerá de la comunidad vegetal que se pretende estudiar. En campos de cultivo la profundidad recomendada es de 30 cm, equivalente al grosor del horizonte del cultivo (E.W.R.S., 1989). En suelos menos perturbados las semillas tienden a estar más cerca de la superficie, por lo que hay que reducir la profundidad muestral (Roberts, 1981; Gross, 1990). En la reciente recopilación de Thompson *et al.* (1997), la mayoría de los trabajos en comunidades herbáceas se realizaron analizando muestras tomadas entre 5 y 10 cm de profundidad. En nuestro caso se optó por una profundidad total muestral de 20 cm, por tratarse en la mayoría de los casos de parcelas que sufrieron laboreo en el pasado, diferenciándose los primeros 5 cm de profundidad de los 15 restantes.

La separación de las muestras en varias profundidades fue utilizada por Bakker (1989), para diferenciar las semillas más aptas para la germinación por su proximidad a la superficie en condiciones naturales del resto. Además se basó en ella para proponer la pertenencia de cada especie a los distintos grupos de banco de semillas ya descritos en *I. Introducción General*.

Del estudio de Thompson y Grime (1979) se desprende que la época de realización del muestreo hace variar los resultados obtenidos, por lo que esta fecha variará según los objetivos deseados. Para la completa estimación del banco parece que la época más recomendable es la salida del invierno o comienzo de la primavera, momento en el que la estratificación de las semillas durmientes ha concluido y no ha comenzado todavía el aporte de nuevas semillas al suelo, aunque el otoño también es un momento muestral muy frecuente (Thompson *et al.*, 1997). Las fechas de los distintos muestreos de esta memoria se incorporan también en las Tablas 3 y 4 y se justificarán en cada caso en los capítulos siguientes.

IDENTIFICACIÓN DE LA PARCELA	TIPO DE COMUNIDAD	ALTITUD (m), Y ORIENTACIÓN	GESTIÓN	FECHA DE MUESTREO	NÚMERO DE MUESTRAS	DIÁMETRO MUESTRAS (cm)	PROFUNDIDAD MUESTREADA (cm)	SUPERFICIE MUESTREADA (cm ²)	VOLUMEN MUESTREADO (cm ³)
Prado de Regadío (R)	prado de siega	975 sur-este	- regadío - 2 cortes de hierba - 2 pastoreos - fertilización con purín - fertilización inorgánica	11/02/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				28/07/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				24/02/94	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
Secano Intensivo (S-1)	prado de siega	1.130 sur	- secano - 1 corte de hierba - 2 pastoreos - fertilización con purín - fertilización inorgánica	11/02/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				28/07/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				3/03/94	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
Secano Extensivo (S-2)	prado de siega	1.030 sur	- secano - 1 corte de hierba - 2 pastoreos - fertilización con estiércol - fertilización inorgánica	11/02/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				28/07/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				2/03/94	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
Prado de Diente (P)	prado de diente	1.200 sur	- secano - 2 pastoreos - fertilización inorgánica	11/02/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				28/07/93	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432
				2/03/94	100	3,5	0-5 5-20	962 962	4.810 14.432

Tabla 3: Características de los muestreos de los bancos de semillas estudiados en la pradería de Fragen.

IDENTIFICACIÓN DE LA PARCELA	TIPO DE COMUNIDAD	ALTITUD (m), Y ORIENTACIÓN	GESTIÓN	FECHA DE MUESTREO	NÚMERO DE MUESTRAS	DIÁMETRO MUESTRAS (cm)	PROFUNDIDAD MUESTREADA (cm)	SUPERFICIE MUESTREADA (cm ²)	VOLUMEN MUESTREADO (cm ³)
Prado intensivo (I-1)	prado de siega	2.020 sur-este	- secano	18/10/94	25	3,5	0-5	240	1.202
			- 2 cortes de hierba				5-20	240	3.608
Prado extensivo (I-2)	prado de siega	2.000 sur	- secano	18/10/94	25	3,5	0-5	240	1.202
			- 1 corte de hierba				5-20	240	3.608
Pasto intensivo (I-3)	pasto supraforest.	2.100 sur	- secano	18/10/94	25	3,5	0-5	240	1.202
			- pastoreo estival en régimen extensivo, con altas cargas ganaderas				5-20	240	3.608
Pasto extensivo (I-4)	pasto supraforest.	2.080 sur	- secano	18/10/94	25	3,5	0-5	240	1.202
			- pastoreo estival en régimen extensivo, con bajas cargas.				5-20	240	3.608
Pasto abandonado (I-5)	área abandonada	2.000 sur	- abandono	18/10/94	25	3,5	0-5	240	1.202
							5-20	240	3.608

Tabla 4: Características de los muestreos de los bancos de semillas estudiados en el área de Kaserstattalm (Innsbruck).