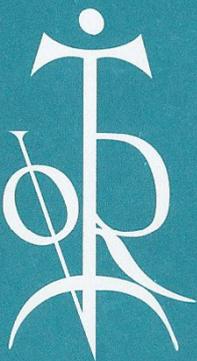


COLECCION



**VITOR**

**Carolina Martínez Ruiz**

**DINÁMICA DE LA RECUPERACIÓN DE ZONAS  
ALTERADAS POR MOVIMIENTOS DE TIERRA:  
SUCESIÓN VEGETAL Y CLASIFICACIÓN  
DE ESPECIES SEGÚN SU ACTIVIDAD  
COLONIZADORA**

**ESTUDIOS CIENTÍFICOS  
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

**CAROLINA MARTÍNEZ RUIZ**

**DINÁMICA DE LA RECUPERACIÓN DE ZONAS ALTERADAS  
POR MOVIMIENTOS DE TIERRA: SUCESIÓN VEGETAL  
Y CLASIFICACIÓN DE ESPECIES SEGÚN SU ACTIVIDAD  
COLONIZADORA**



**EDICIONES UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

COLECCIÓN VÍTOR

50

©

Ediciones Universidad de Salamanca  
y Carolina Martínez Ruiz

1ª edición: Junio, 2000  
I.S.B.N.: 84-7800-928-0  
Depósito Legal: S. 550-2000

Ediciones Universidad de Salamanca  
Apartado postal 325  
E-37080 Salamanca (España)

Edeltex S.L.  
C/ Valle Inclán, 23, 4ºB  
37007 Salamanca  
Tfno: 923 238705

Impreso en España - Printed in Spain

*Todos los derechos reservados.  
Ni la totalidad ni parte de este libro  
puede reproducirse ni transmitirse  
sin permiso escrito de  
Ediciones Universidad de Salamanca*



CEP. Servicio de Bibliotecas

MARTÍNEZ RUIZ, Carolina

Dinámica de la recuperación de zonas alteradas por movimientos de tierra: sucesión vegetal  
y clasificación de especies según su actividad colonizadora / Carolina Martínez Ruiz.-  
Ediciones Universidad de Salamanca, 2000

1 disco compacto.- (Colección Vítor; 50)  
Tesis - Universidad de Salamanca, 2000

1. Universidad de Salamanca (España) - Tesis y disertaciones académicas. 2. Minas - Explotación a cielo abierto - Aspecto del medio ambiente - España - Salamanca (Provincia).
3. Plantas - Conservación - España - Salamanca (Provincia)

502.75: 622.271.4 (460.187) (043.2)

## RESUMEN

Es evidente el interés que presenta la revegetación del espacio natural afectado por la minería a cielo abierto, tanto desde el punto de vista paisajístico, como de protección del suelo y control de erosión. Puesto que es necesaria la recuperación de estas áreas, una buena selección de las especies vegetales puede ser la clave del éxito de la restauración. Para identificar las especies más adecuadas se propone el estudio del proceso natural de sucesión que tiene lugar en taludes de escombreras; concretamente en la *mina de uranio de Saelices El Chico* (Ciudad Rodrigo).

Se ha optado por un *muestreo sincrónico*, aunque cada talud seleccionado se ha muestreado tres años consecutivos (1994, 1995 y 1996), con objeto de solventar las limitaciones impuestas por el muestreo sincrónico, y de analizar la influencia de las diferentes condiciones meteorológicas de los años de muestreo sobre los distintos aspectos estudiados. Como *factores de estudio* se han considerado el sustrato de recubrimiento de los taludes (arcosas, ripado y estéril), la orientación (norte y sur) y el tratamiento de revegetación empleado (hidrosiembra, no hidrosiembra). Se dispone de series temporales de 16 años para arcosas y de 21 años para ripado y estéril.

Para comprender hacia qué situación tienden las comunidades que se van constituyendo en las escombreras a lo largo de la sucesión, se ha tomado como *sistema de referencia* la comunidad herbácea de la *dehesa (D) próxima a la mina*. Además, teniendo en cuenta que la composición florística previa a las alteraciones es uno de los factores que más influyen en las especies que aparecen después, la existencia de una *escombrera de tierra vegetal (ETV)*, construida con la cubierta edáfica del yacimiento, nos ha permitido analizar si sobre este suelo fuertemente removido y amontonado la vegetación establecida ha seguido o no una tendencia hacia la vegetación de la dehesa en cuyo ámbito se ubica.

Como *unidad de muestreo* se ha utilizado un cuadrado de 0,5 m de lado, lanzado al azar ocho veces en cada punto de muestreo. Previamente se ha comprobado la adecuación del método de muestreo al área de estudio. En cada inventario se tomó nota de todas las especies presentes y de su valor de importancia (% de cobertura). Para la identificación de las especies se ha utilizado *Flora Iberica* y en su defecto *Flora Europaea*. En el momento del primer muestreo habían

transcurrido 14 años desde que se dejó de depositar suelo en ETV, y 20 años desde que el ganado fue excluido del área de estudio. Para las diferentes combinaciones de los factores de estudio, *se ha analizado* el ritmo de la sucesión, los cambios que experimenta la composición florística (cualitativa y cuantitativa), la proporción de anuales y perennes, de grupos taxonómicos, la cobertura herbácea y de matorral, la diversidad y sus componentes, la dominancia, etc.

*Los resultados* muestran que las comunidades herbáceas de ETV y D comparten muchas características: dominio numérico de anuales ( $\approx 70\%$ ) y alta contribución de éstas a la cobertura total, sobre todo en la orientación sur; ausencia de dominancia; altos valores de diversidad y heterogeneidad espacial; composición florística variable según la orientación y el año de muestreo; etc.

*El proceso de sucesión natural* en las escombreras de Mina Fe es de naturaleza multifactorial. En general, para las 6 series sucesionales establecidas (arcosas norte y sur, ripado norte y sur, estéril norte y sur), existe una tendencia ascendente de la similitud florística (cualitativa y cuantitativa) a medida que avanza la sucesión, siendo mayor entre muestras provenientes de un mismo asentamiento, y existiendo un nivel de afinidad muy bajo entre los dos primeros años y el resto. Tiene lugar, por tanto, un relevo de las especies, bastante brusco al principio (entre los dos primeros años, y entre ellos y el resto) y más suave a medida que la sucesión transcurre, tendiendo a la composición florística de la dehesa de referencia, con distinto ritmo según el sustrato y la orientación: más lento en estéril que en ripado, y en éste más que en arcosas, y más lento en el sur que en el norte. *Los valores de diversidad* aumentan a lo largo de la *sucesión*, con descensos puntuales según el sustrato, y tienden a aproximarse a los encontrados en ETV y D, más en el caso de arcosas y ripado que en estéril. *Para una misma edad*, los valores de diversidad difieren según el sustrato, la orientación, la pendiente y el grado de disgregación del material estéril (más altos en arcosas que en ripado, en el norte que en el sur, para una pendiente de  $17^\circ$  que de  $37^\circ$  y cuanto más disgregado esté inicialmente el estéril). A lo largo de la sucesión la *relación* entre *dominancia relativa* y *la diversidad* es inversa, como también se observa en las *curvas de rango-abundancia*, no apreciándose, excepto en casos puntuales, un efecto claro de dominancia (ausencia, en general, de curvas claramente geométricas), debido a los altos valores de equitabilidad registrados. La dominancia relativa de las edades más avanzadas de las series es, en general, similar o algo menor que la encontrada en ETV y D; mayor diferencia se da entre sus especies dominantes.

Debido al distinto ritmo de la sucesión según el sustrato y la orientación, las secuencias de especies dominantes difieren entre series. Ambos factores determinan, entre otros, qué especies y en qué momento cobran importancia en la sucesión. Las *especies anuales* siguen siendo importantes (en número y en cobertura) en las edades más avanzadas de las series, como también lo son en ETV y en D. No obstante, su importancia durante la sucesión ha disminuido en favor de las perennes, no tanto por verse reducido su número cuanto por verse reducido el porcentaje de cobertura que ocupan. Dentro de las perennes, las leñosas cobran importancia, tanto en número como en cobertura, en las edades más avanzadas de las series sobre ripado y estéril sur y, de forma puntual, en zonas muy degradadas de edades intermedias (de los 3 sustratos), asociadas a condiciones de mayor degradación del sustrato. *La cobertura herbácea* cambia durante la sucesión, a distinto ritmo según el sustrato y la orientación. Se ve influenciada por la diferente meteorología de los años de muestreo y mantiene una correlación positiva con la riqueza y la diversidad, según una polinomial de segundo grado, en ambos casos.

*La hidrosiembra* tiene, al principio (2-3 años tras su aplicación), un efecto positivo sobre la mayoría de los aspectos estudiados: mayor cobertura media herbácea, mayor cobertura de *Cytisus multiflorus*, mayor cobertura de perennes, mayor nº de especies y cobertura del conjunto gramíneas-leguminosas, mayor diversidad y diferencias en la composición florística respecto a la situación sin hidrosiembra. Esta influencia positiva no se debe tanto a la introducción de especies nuevas (la mayoría de las especies alóctonas introducidas no prosperan más allá de la primavera siguiente a su aplicación) como, posiblemente, a las mejoras del sustrato que conlleva su aplicación, y que favorecen más a unas especies autóctonas (introducidas o no) que a otras, y con ello un desarrollo desigual. Por tanto, la mezcla de semillas empleada en esta hidrosiembra no es adecuada a las características del área de estudio. Las diferencias con-sin hidrosiembra iniciales, desaparecen relativamente pronto. En consecuencia, la hidrosiembra no interfiere sensiblemente en la revegetación natural de la zona, por lo que no es probable que a largo plazo afecte a la composición florística de la comunidad resultante. En todo caso parece haber acelerado ligeramente el proceso natural de sucesión, respecto a la situación sin hidrosiembra.

El método de análisis multifactorial utilizado nos ha permitido *clasificar las especies* según el estadio sucesional en el que cobran importancia, así como seleccionar aquéllas más recomendables en futuros proyectos de revegetación de la zona.

## **ABSTRACT.**

Recovery after debased land of soil movements in an uranium mine in the SW of the province of Salamanca (CW Spain) has been studied. A synchronic sampling method has been carried out. Qualitative and quantitative changes in species composition, rate of succession, changes in vegetative cover have been described for revegetation stages with an undisturbed pasture system (Typical Dehesas) as a reference. The succession under study is different from the general pattern of primary revegetation because it proceeds on a substrate likely containing plant residues and a seed stock, so that it has in part the character of a secondary succession. However, the pattern and duration of this revegetation succession also depend on the proximity of plant diaspores. Replacement of herbaceous species is very fast in the early years of succession process (1-2 years old) and later occurred more slowly. The similarity between the 1-year initial stage and older stages decreases. The similarity between revegetation stages and the reference pasture increases with succession age. On the whole, richness, diversity, number of dominants, relative dominance and cover change irregularly in the course of revegetation.

The objective of this study is to compare the floristic composition of the vegetation in the progress of natural or not natural revegetation succession on uranium-mining spoils, and to collect information on plant species in order to be able to utilize them in future revegetation programmes.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>18</b>
1.- ANTECEDENTES LEGISLATIVOS.....	19
2.- ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	25
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>39</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>42</b>
1.- FISIOGRAFÍA Y RELIEVE DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA.....	43
2.- INDICIOS Y YACIMIENTOS DE URANIO.....	45
3.- MINA FE.....	47
3.1.- GEOLOGÍA.....	47
3.2.- EXPLOTACIÓN MINERA.....	50
3.3.- CLASIFICACIÓN DEL MINERAL.....	51
3.4.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS VERTIDOS ESTÉRILES Y SUELOS.....	52
3.4.1.- Suelos de pizarras en zonas semiáridas.....	52
3.4.2.- Vertidos estériles.....	54
4.- ASPECTOS FITOGEOGRÁFICOS Y USO HUMANO.....	57
5.- ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS .....	60
5.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES.....	62
5.2.- DIAGRAMA OMBROTÉRMICO.....	65
5.3.- ÍNDICES FITOCLIMÁTICOS Y AGROCLIMÁTICOS.....	77
<b>SELECCIÓN PUNTOS DE MUESTREO.....</b>	<b>84</b>
1.- DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS ESCOMBRERAS.....	85
2.- SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	98
<b>MÉTODO DE MUESTREO Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>104</b>
1.- MÉTODO DE MUESTREO.....	105
2.- TRATAMIENTOS ESTADÍSTICOS.....	107
2.1.- ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA MEDIA.....	107
2.2.- DOMINANCIA.....	109
2.3.- ANÁLISIS DE DIVERSIDAD.....	111
2.4.- ANÁLISIS DE AFINIDAD.....	112
2.5.- ANÁLISIS HJ-BIPLLOT.....	114
2.6.- EXPRESIÓN DE MEJOR AJUSTE.....	118
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>

CAPÍTULO I: TAMAÑO MUESTRAL.....	120
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN CIRCUNDANTE.....	125
1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.....	126
2.- DEHESA DE REFERENCIA.....	126
2.1.- ESPECIES PRESENTES.....	126
2.2.- COBERTURA TOTAL.....	130
2.2.1.- Cobertura de herbáceas.....	130
2.2.2.- Cobertura de matorral.....	131
2.3.- ANUALES / PERENNES.....	133
2.4.- GRUPOS TAXONÓMICOS .....	136
2.5.- DOMINANCIA.....	142
2.6.- DIVERSIDAD Y SUS COMPONENTES.....	145
2.7.- DISCUSIÓN.....	146
3.- ESCOMBRERA DE TIERRA VEGETAL.....	153
3.1.- ESPECIES PRESENTES.....	153
3.2.- COBERTURA TOTAL.....	156
3.2.1.- Cobertura de herbáceas.....	156
3.2.2.- Cobertura de matorral.....	158
3.3.- ANUALES / PERENNES.....	159
3.4.- GRUPOS TAXONÓMICOS.....	163
3.5.- DOMINANCIA.....	168
3.6.- DIVERSIDAD Y SUS COMPONENTES.....	170
3.7.- COMPARACIÓN D - ETV.....	171
CAPÍTULO III: SUCESIÓN.....	174
1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.....	175
2.- PUNTOS DE MUESTREO SELECCIONADOS.....	178
3.- CARACTERIZACIÓN DE LA SUCESIÓN.....	180
3.1.- ANÁLISIS DE AFINIDAD GLOBAL.....	180
3.2.- ANÁLISIS DE AFINIDAD ARCOSAS.....	192
3.2.1.- ORIENTACIÓN NORTE.....	199
3.2.2.- ORIENTACIÓN SUR.....	203
3.3.- ANÁLISIS DE AFINIDAD RIPADO.....	207
3.3.1.- ORIENTACIÓN NORTE.....	212
3.3.2.- ORIENTACIÓN SUR.....	216
3.4.- ANÁLISIS DE AFINIDAD ESTÉRIL.....	220
3.4.1.- ORIENTACIÓN NORTE.....	225
3.4.2.- ORIENTACIÓN SUR.....	229
3.5.- PATRONES DE SIMILITUD.....	232
3.6.- DISCUSIÓN CONJUNTA.....	240
4.- LA DIVERSIDAD DURANTE LA SUCESIÓN.....	250
4.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.....	250
4.2.- RESULTADOS.....	252
4.2.1.- Arcosas (Series A y B).....	253
4.2.2.- Ripado (Series C y D).....	257
4.2.3.- Estéril (Series E y F).....	262
4.2.4.- Heterogeneidad espacial.....	266
4.3.- DISCUSIÓN.....	271
5.- DOMINANCIA.....	275

5.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.....	275
5.2.- RESULTADOS.....	277
5.2.1.- Índice de Berger-Parker y número de especies dominantes.....	277
5.2.2.- Especies dominantes.....	279
5.3.- DISCUSIÓN.....	289
6.- CURVAS DE RANGO-ABUNDANCIA.....	298
6.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.....	298
6.2.- RESULTADOS.....	300
6.2.1.- Series A y B.....	300
6.2.2.- Series C y D.....	307
6.2.3.- Series E y F.....	308
6.3.- DISCUSIÓN.....	311
7.- ANUALES / PERENNES DURANTE LA SUCESIÓN.....	313
7.1.- CONSIDERANDO SÓLO LAS ESPECIES DOMINANTES.....	313
7.2.- CONSIDERANDO TODAS LAS ESPECIES PRESENTES.....	315
7.2.1- Serie A.....	315
7.2.2- Serie B.....	317
7.2.3- Serie C.....	319
7.2.4- Serie D.....	320
7.2.5- Serie E.....	322
7.2.6- Serie F.....	324
7.2.7- Discusión.....	325
8.- COBERTURA HERBÁCEA DURANTE LA SUCESIÓN.....	329
9.- RESULTADOS DEL HJ-BILOT.....	343
9.1.- HJ-BILOT GLOBAL.....	343
9.2.- HJ-BILOT PARA ARCOSAS.....	356
9.3.- HJ-BILOT PARA RIPADO.....	364
9.4.- HJ-BILOT PARA ESTÉRIL.....	372
9.5.- CLASIFICACIÓN DE ESPECIES.....	377
CAPÍTULO IV: HIDROSIEMBRA-NO HIDROSIEMBRA.....	384
1.- INTRODUCCIÓN.....	385
2.- CARACTERÍSTICAS DE LA HIDROSIEMBRA.....	387
3.- LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO .....	390
4.- RESULTADOS.....	392
4.1.- COBERTURA TOTAL.....	392
4.1.1.- Cobertura herbácea.....	392
4.1.2.- Cobertura de matorral.....	397
4.2.- ANUALES / PERENNES.....	400
4.3.- GRUPOS TAXONÓMICOS.....	408
4.4.- DIVERSIDAD Y SUS COMPONENTES.....	416
4.5.- DOMINANCIA.....	422
4.6.- PATRONES DE SIMILITUD.....	424
4.7.- HJ-BILOT.....	429
4.7.1.- HJ-BILOT GLOBAL.....	429
4.7.2.-HJ-BILOT DE LA BFC.....	440
4.8.- DENDROGRAMAS.....	453
4.8.1.- ANÁLISIS DE AFINIDAD GLOBAL.....	453
4.8.2.- ANÁLISIS DE AFINIDAD DE LA BFC.....	456
4.8.3.- ANÁLISIS DE AFINIDAD DE FE-31.....	459
5.- DISCUSIÓN.....	462

<b>RESUMEN DE RESULTADOS.....</b>	<b>475</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>494</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>499</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>525</b>

# **INTRODUCCIÓN**

El impacto humano sobre el medio es hoy tan intenso que hace que sea necesario tenerlo muy en cuenta a la hora de desarrollar cualquier actividad. La demanda socioeconómica actual es muy distinta de la de hace tan sólo unas décadas. El desarrollo conseguido en estos últimos años se ha efectuado expoliando recursos naturales, renovables y no renovables, generando desechos, residuos e impactos ambientales, que ahora es preciso prevenir y corregir (Borrajo Sebastián, 1993). Es por ello que la reactivación económica mundial debería ir asociada a una ética ambiental más exigente, lo que supondría claros beneficios a medio y largo plazo y, en bastantes casos, a corto plazo; conociendo previamente la respuesta natural tras un impacto, es más rápida y barata su restauración.

La mayoría de las actividades que desarrolla el hombre son, en mayor o menor medida, agresivas para la Naturaleza. Dentro de ellas, aquellas que conllevan el movimiento de grandes volúmenes de tierra ocasionan un importante modelado del paisaje. La minería reviste especial interés, debido a que las actividades extractivas constituyen un uso temporal de los terrenos, períodos que con frecuencia no superan los 20 ó 30 años, salvo casos especiales como los grandes yacimientos metálicos. Si no existe una restauración posterior, las superficies abandonadas quedan en situación de degradación, sin posibilidades reales de aprovechamiento para otro tipo de actividades. Así, por ejemplo, las explotaciones a cielo abierto presentan problemas variados y complejos, sobre todo de tipo paisajístico y edafológico, derivados de la propia naturaleza de tal actividad, al actuar sobre el terreno destruyendo la cubierta vegetal y edáfica y alterando, en muchos casos, sus características morfotopográficas. La ubicación, explotación y abandono de estas áreas debe hacerse de una manera juiciosa y responsable, de forma que el terreno alterado vuelva a unas condiciones lo más próximas posible a las de la situación anterior a la explotación.

Otro ejemplo de actividad humana que ocasiona el movimiento de grandes volúmenes de tierra son las obras de infraestructura vial (carreteras, autovías, autopistas y vías férreas). Como resultado de éstas se producen modelados del paisaje, por la destrucción de vegetación autóctona y de suelos, en muchos casos muy fértiles, así como por la creación de taludes, en ocasiones de enormes dimensiones, en numerosos intervalos del trayecto, y originan un importante impacto visual (Arranz González *et al.*, 1992; Carrocera, 1994). Por otro lado, la acusada pendiente que muy a menudo presentan los taludes generados favorece el lavado y arrastre por escorrentía, con el

consiguiente empobrecimiento del suelo y dificultades para el posterior asentamiento de la cubierta vegetal.

A la vista de la situación actual, nuestra Sociedad ha comenzado a considerar las explotaciones mineras como usos transitorios del terreno en el marco de la ordenación del territorio, por lo que es necesario reacondicionar los terrenos afectados para alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación de la Naturaleza. De igual modo, se considera la necesidad de tomar medidas para la restauración paisajística del área afectada por las obras de infraestructura vial. La viabilidad de esta recuperación de los terrenos es a todas luces factible, constituyendo, en no pocas ocasiones, un valor añadido al propio proyecto (Bifani, 1992; Borrajo Sebastián, 1993; Conesa Fdez-Vítora, 1995; Estevan Bolea, 1980).

Si bien el interés general por reacondicionar los espacios alterados por cualquier actividad humana se está incrementando notablemente, el tema es bastante nuevo en nuestro país, donde hasta fecha muy reciente no se ha legislado en este sentido. A causa de este retraso en la legislación, las explotaciones mineras y las vías de comunicación se han venido realizando sin prever una ordenación de los sistemas de movimientos de tierras, dando lugar a terraplenes con composición y topografía que aumentan considerablemente las dificultades para la recuperación de la cubierta vegetal.

Vemos pues que resulta urgente una adecuada gestión en materia de protección del medio ambiente, que haga compatible un desarrollo económico sostenible con la mínima alteración de nuestro medio natural. Dicha gestión debe basarse en una serie de principios básicos entre los que destacan, el de prevención y el de corrección de los deterioros causados. Pero además, es necesario que abordemos esta realidad con un cambio de mentalidad, pues se pretenden incluir las consideraciones ambientales en los procesos de decisión, internalizando los costes ambientales, en el presupuesto global del proyecto.

Para que la integración rigurosa de ambos principios (prevención y corrección) sea posible, se requiere disponer de instrumentos jurídicos, administrativos y económicos (Estevan Bolea, 1995) y, por supuesto, científicos.

En cuanto a la Política Ambiental, los países industrializados, en sus primeros años, desarrollaron acciones importantes pero aisladas, destinadas a reducir o frenar la degradación del medio. La realidad es que en 1992, según indican los informes de la OCDE, de Naciones Unidas y

de diferentes países, la calidad del medio ambiente no había mejorado (Conesa Fdez-Vítora, 1995). Surgió, por tanto, la necesidad de disponer de un marco jurídico, suficiente y operativo, que permitiera insertar las consideraciones ambientales en el proceso de decisión de la ejecución de las obras y proyectos de desarrollo.

En cuanto a los Instrumentos Administrativos, son muchos los profesionales, en materia de Medio Ambiente, que opinan que los Estudios de Impacto Ambiental (Es.I.A.) pueden ser una excelente herramienta para prevenir las posibles alteraciones que un nuevo proyecto pueda producir en nuestro entorno (Estevan Bolea, 1995; Conesa Fdez-Vítora, 1995; Campos Ortiz, 1993; Borrajo Sebastián, 1993). De forma complementaria consideran que las Auditorías Ambientales constituyen la herramienta técnica que nos permite corregir, en la medida de lo posible, los deterioros generados por actividades ya en funcionamiento. Sin embargo, también se ha puesto de manifiesto la necesidad de concretar el contenido de los Es.I.A. y de velar por su calidad, hasta el punto de proponer disposiciones legales para ello. De hecho, este aspecto es clave para permitir que la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) mantenga su carácter preventivo y, en concreto el Es.I.A. su carácter predictivo. En muchas ocasiones las evaluaciones se centran en valoraciones poco apoyadas científicamente y técnicamente; son simples listados de factores impactantes y elementos del medio susceptibles de ser impactados, pero no se analizan las interrelaciones entre ellos, o los efectos globales. Es evidente, por tanto, el papel que puede jugar la investigación en la mejora de la calidad de los Es.I.A. Sería muy bueno conocer la capacidad de colonización y supervivencia de las especies autóctonas del medio que se altera, de tal forma que ayude a pronosticar el grado de impacto y duración del mismo, en cuanto a pérdida de vegetación, impacto visual, erosión, etc.

Respecto a los Instrumentos Económicos existen, por un lado, los encaminados a corregir las perturbaciones ya causadas sobre el medio, como las subvenciones o incentivos que apoyen la reconversión tecnológica por ejemplo, o multas que sufraguen los gastos de restauración ambiental tras un delito ecológico (no se entra en valoraciones sobre la eficacia o no de estas medidas). Por otro lado, un instrumento económico preventivo puede ser, sencillamente, la inversión en investigación, dirigida a un mejor conocimiento del medio para su protección y/o posterior recuperación de forma más rápida y barata.

De estas consideraciones se deriva el importante papel que la investigación juega en el campo de la Evaluación de Impacto Ambiental. La investigación ecológica puede aportar información sobre

el medio, de utilidad para hacer operativa la normativa en materia de impacto ambiental y, en definitiva, la integración de los principios (preventivo y correctivo) en los que ésta deberá basarse.

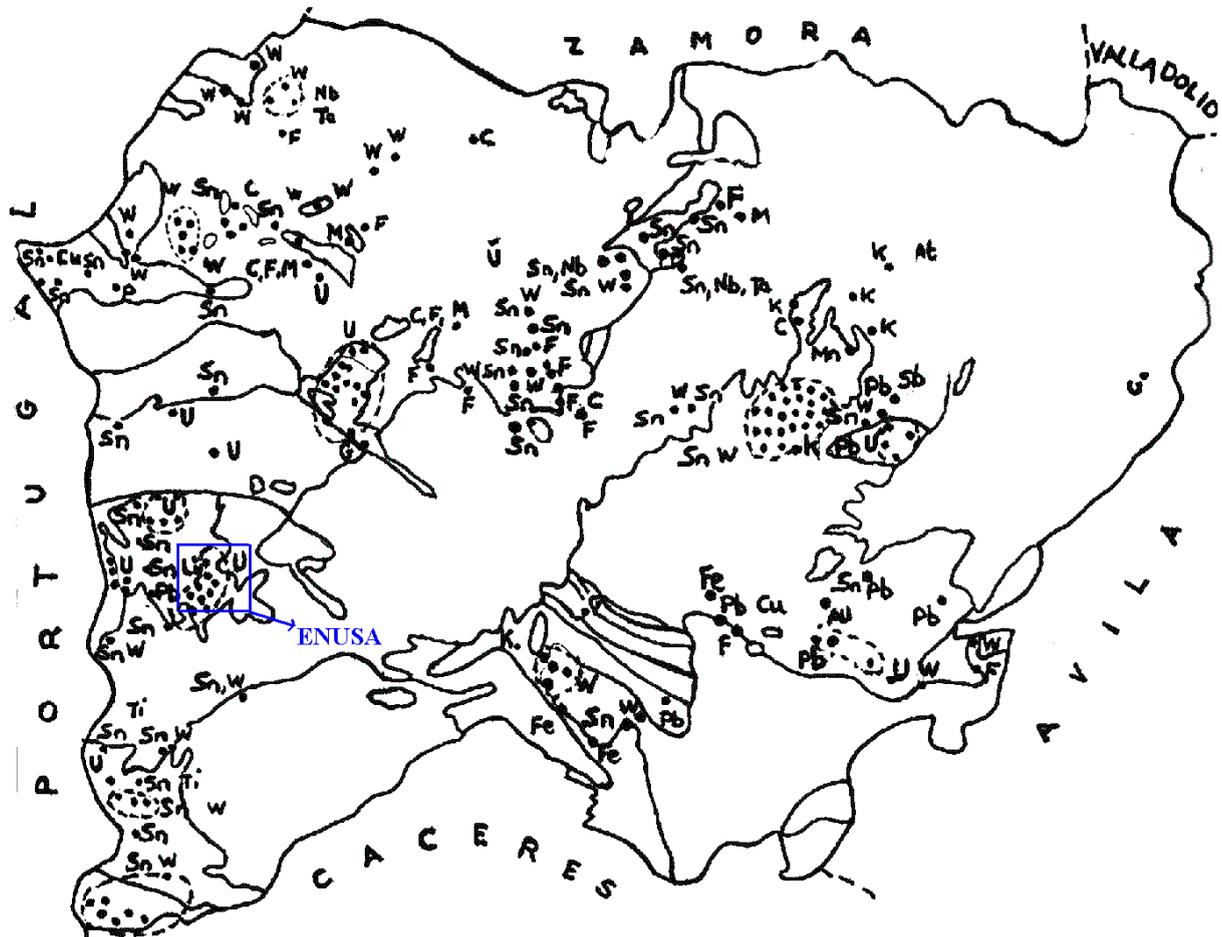
La realidad es que existe un notable desconocimiento de cómo se comportan las especies de plantas frente a los movimientos de tierras o vertidos estériles que conlleva la actividad minera. Y sin embargo, los focos impactantes están ahí y, salvo casos muy concretos, no han sido estudiadas sus consecuencias ambientales. Podemos empezar por aprovechar al máximo la información que aportaría el estudio de las consecuencias ambientales que las acciones impactantes tienen sobre el medio. De este modo dispondríamos de un marco de referencia para comparar, y en el que basar las posibles alternativas propuestas en los Es.I.A. Este ha sido uno de los aspectos en el que, numerosas personalidades, en el campo de la E.I.A., insistieron en la "I Semana de Evaluación de Impacto Ambiental" celebrada en Alcalá de Henares del 18 al 22 de septiembre de 1995.

Es evidente el interés que presenta la revegetación de taludes de carreteras y del espacio ocupado por las explotaciones mineras a cielo abierto, tanto desde un punto de vista paisajístico como de protección del suelo y control de erosión (Arranz González *et al.*, 1992; Nicolau Ybarra *et al.*, 1986). A efectos prácticos, una eficaz estabilización de los taludes puede evitar importantes efectos negativos sobre el tráfico rodado, tales como los ocasionados por el arrastre del suelo por escorrentía, fundamentalmente en períodos de fuertes e intensas lluvias. Los efectos de la actividad minera a cielo abierto podrían limitarse mediante la restauración de las tierras afectadas, a través de un plan de restitución, simultáneamente a la actividad extractiva (Minería de transferencia). No obstante, el interés por la revegetación de taludes choca, en la mayoría de los casos, con la falta de datos relativos a la colonización espontánea (Nicolau Ybarra *et al.*, 1986; Arranz González *et al.*, 1994; García Camarero *et al.*, 1994; etc.).

En esta línea, el presente trabajo pretende ser una primera aproximación al análisis de taludes de escombreras de minería a cielo abierto desde un punto de vista de la colonización, establecimiento y sucesión de la vegetación natural, con el objeto de establecer una jerarquización de eficacia entre especies susceptibles de ser empleadas en revegetación.

Más concretamente el estudio se centra en la mina de uranio situada en Saelices El Chico (Ciudad Rodrigo) y perteneciente a E.N.U.S.A (Empresa Nacional del Uranio, S.A.). Es la única mina de uranio actualmente en explotación en España y, por tanto, en la provincia de Salamanca (Figura 1), pero no es la única que existe. Es de dominio público el potencial uranífero (U) de la

provincia de Salamanca, fundamentalmente en la parte oeste, junto al de otros minerales como el Wolframio (W) o el Estaño (Sn) (Figura 1).



**Figura 1.** Indicios mineros de la provincia de Salamanca.

Fuente: Tomado de *La Energía en Castilla León 1990*.

Puesto que es necesaria una recuperación de estas zonas degradadas y su revegetación, una buena selección de especies vegetales puede ser la clave del éxito de la restauración. Para identificar las especies más adecuadas en la revegetación de los lugares afectados, un buen método puede ser el estudio del proceso sucesional natural de viejos lugares alterados, como los taludes de escombrera (Brown y Johnston, 1980; Chambers *et al.*, 1984, 1988). Esto proporcionará los

listados de especies más aptas para cada situación-edad, a partir de los cuales podremos seleccionar las adecuadas para la revegetación de una zona concreta (Brown *et al.*, 1976).

En el estudio de las características de estas plantas desde un punto de vista ecológico, sería deseable conocer:

- a) La composición y estructura de las comunidades de las escombreras generadas por sucesión natural.
- b) Grado de semejanza entre estas comunidades y las presentes en la “zona natural” próxima.
- c) Principales factores que determinan la composición y estructura de la comunidad.

Si además del estudio espacial de las escombreras, podemos disponer de amplias secuencias temporales, y estudiar la sucesión en zonas sometidas a un proceso de revegetación llevado a cabo por el hombre, el número de preguntas que se plantean se multiplica. Este es el caso del estudio que nos ocupa.

Afortunadamente, las condiciones de muestreo han permitido disponer de escombreras formadas con distintos materiales, algunas de las cuales han sido tratadas mediante la técnica de la hidrosiembra y en otras se ha respetado el proceso de sucesión natural. Dentro de las escombreras, se dispone de taludes de distinta orientación y edad (tiempo transcurrido desde que se clausuraron hasta el momento del muestreo; se entiende por clausura la finalización del vertido de material estéril y el recubrimiento o no con materiales más finos). La precisión en cuanto a la edad de las diferentes zonas es buena, dado que en Saelices se lleva a cabo desde 1985 un proyecto de restauración de los espacios alterados por las labores mineras, y existe un control exhaustivo de lo que se ha hecho en cada zona. Por lo tanto, se está en condiciones de plantear una serie de objetivos de gran interés ecológico y aplicación práctica que se intentarán alcanzar a través del presente trabajo de investigación.

# **ANTECEDENTES**

## **1.- ANTECEDENTES LEGISLATIVOS.**

A grandes rasgos se pueden distinguir dos importantes períodos respecto a la legislación española en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.): el anterior y el posterior a la Directiva (85/337/C.E.E.) relativa a Evaluación de las Repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente.

### **1.1.- ANTERIOR A LA DIRECTIVA 85/337/C.E.E.**

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental que han tenido ese reconocimiento general en muchos países, han estado reguladas en España de modo fragmentario con una valoración marginal dentro de las normas sectoriales de diferente rango y, en ningún caso, puede hablarse de una regulación explícita de la E.I.A. Sólo una Orden del Ministerio de Industria sobre Contaminación Atmosférica exigía una serie de estudios que en su conjunto son Evaluaciones de Impacto parciales. Y desde luego lo que no había eran las Declaraciones de Impacto Ambiental, o sea, el acto de poner a disposición de la opinión pública la documentación y datos contenidos en una Evaluación de Impacto, para su conocimiento y opinión.

A modo de análisis, parece adecuado decir que la regulación española en materia de impactos ambientales aparece de manera incipiente, a veces sin utilizar esta denominación, en cuatro campos principales:

- Las actividades clasificadas como molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (Decreto 2414/61 de 30 de noviembre).
- La protección del ambiente atmosférico (Decreto 833/75 de 6 de febrero, y Orden de 18 de octubre de 1976).
- Las actividades mineras extractivas a cielo abierto (Reales Decretos de 15 de octubre de 1982 y 9 de mayo de 1984).
- Las aguas continentales (Ley 29/1985 de 2 de agosto).

En cuanto a las actividades mineras a cielo abierto, la Ley de Minas de 21 de julio de 1973 ya establece, entre los dispersos artículos, que se intenta tener presente en las actividades mineras las preocupaciones ambientales: "El Ministerio de Industria debe realizar los estudios oportunos para fijar las condiciones de protección del ambiente, que serán imperativas en el aprovechamiento de los recursos objeto de esta Ley y se establecerán por decreto, a propuesta del Ministerio de Industria, previo informe de la CIMA y de la organización Sindical" (art. 5.3).

Una prueba de ese desarrollo de la Ley fue el Real Decreto de 15 de octubre de 1982 (B.O.E. nº 274 de 15 de noviembre de 1982), sobre restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas, que junto a la importante figura del Plan de Restauración del espacio natural afectado, introdujo en su art. 9º los Estudios de Impacto Ambiental (Es.I.A.) en este ámbito, conectados a los planes de restauración pero con un designio muy concreto: actividades ya en marcha extendidas a áreas no explotadas todavía.

El art. 2.2 del Real Decreto de 9 de mayo de 1984 (B.O.E. nº 141 de 13 de junio de 1984) y la norma segunda del apartado tercero (sobre Planes de Restauración) de la Orden de 13 de junio de 1984 (B.O.E. nº 143 de 15 de junio de 1984) regulan los Estudios de Impacto Ambiental aplicándolos a las explotaciones de carbón a cielo abierto y dirigidos a "...identificar y predecir los efectos debidos a la explotación minera sobre los recursos naturales, el medio ambiente y socioeconómico de la zona, así como sobre el paisaje, evaluándose los efectos transitorios y definitivos, con el fin de tomar las medidas de prevención posibles y planificar la restauración y protección ambiental necesaria".

En consecuencia la regulación que hasta 1986 existía sobre las E.I.A. era manifiestamente insuficiente al referirse a muy concretos y parciales aspectos, fragmentaria pues no contemplaba el tema desde una perspectiva global e integrada, y dispersa, en pocos pero muy diferentes textos, no respondiendo a las exigencias y a la necesaria valoración de este instrumento como pieza clave de la Política Ambiental. No obstante, hay que destacar el carácter pionero de las normativas de 1982 y 1984, que acabamos de mencionar, anteriores a las normativa española en materia de Evaluación de Impacto Ambiental propiamente dicha, la cual no se incorporó hasta 1986.

Debemos destacar también normativas autonómicas, como es el caso de la catalana, que en el Capítulo tercero de la Ley 12/1985 de 13 de junio, de impacto ambiental de espacios naturales, consideraba que debían someterse a evaluación todas las actividades que pudieran perjudicar

notoriamente los valores preservados en los espacios naturales protegidos (Fuentes Bodelón, 1993), salvando así las deficiencias existentes en la legislación española.

## **1.2.- DESPUÉS DE LA DIRECTIVA 85/337/C.E.E.**

El ingreso de España en la Comunidad Europea está suponiendo la integración en nuestra legislación de numerosas normativas de protección ambiental que intentan ser adaptadas convenientemente al Ordenamiento Jurídico Español.

La Directiva (85/337/C.E.E.) fue incorporada a nuestro Derecho Interno un año más tarde de su aprobación, a través del Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. El Reglamento que regula su aplicación quedó aprobado en 1988 por el Real Decreto 1131/88, de 30 de septiembre. Dicho Reglamento es directamente aplicable a la Administración del Estado y a la de las Comunidades Autónomas que carezcan de competencia legislativa en materia de medio ambiente, así como, con carácter supletorio, a aquellas que la tengan atribuida a sus respectivos Estatutos de Autonomía.

En cuanto a las actividades que deberán someterse a E.I.A. en España, son todas las incluidas en el Anexo I de la Directiva, más cinco elegidas de entre las incluidas en el Anexo II, entre las que se encuentra la extracción a cielo abierto de hulla, lignito y otros minerales.

En cuanto a las comunidades autónomas la legislación responde a tres enfoques diferentes:

- Comunidades que contemplan las mismas actividades sometidas a E.I.A. que las recogidas por la legislación estatal, bien por que carecen de desarrollo legislativo en materia de medio ambiente (Murcia o La Rioja), bien porque aun con competencias incluyen el mismo listado (Aragón, Castilla la Mancha o Navarra).
- Comunidades como Galicia y Cataluña que incorporan en sus legislaciones el mismo número de actividades que las existentes en la legislación española, pero que subsanan una de las carencias de ésta al obligar a someterse a E.I.A. a todas las obras que produzcan "Una alteración o pérdida de los valores en los Espacios Naturales Protegidos" (Ley

12/1985, de 13 de junio, de impacto ambiental de espacios naturales de la comunidad catalana).

- Comunidades que amplían el número de actividades sometidas a E.I.A. a todas o gran parte de las contenidas en el anexo II de la Directiva de E.I.A. Además se aplica una evaluación más o menos detallada según las actividades, por ejemplo: Castilla y León.

La Comunidad Autónoma de Castilla y León sí tiene competencia de desarrollo legislativo y ejecución, para adecuarlo a los requisitos de protección del medio ambiente. En su Ley 8/1994, de 24 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Ambientales, por razón de la actividad y en consecuencia, por la mayor o menor entidad de su potencial impacto ambiental se detallan dos series de actividades recogidas en los anexos I y II que quedan sometidas a evaluaciones ordinarias o simplificadas, respectivamente. El Título II es novedoso en el ordenamiento jurídico español, por cuanto concierne a la evaluación de los efectos sobre el medio ambiente de los planes y programas de desarrollo regional. Da respuesta, si bien de forma somera, a las nuevas inquietudes de la Unión Europea en sus preocupaciones macro-ecológicas, ampliando la evaluación previa del impacto ambiental a fases anteriores a la de un proyecto. Se pretende introducir las consideraciones ambientales en planes y programas del mismo modo que se ha hecho ya en la Directiva (85/337/CE) en el caso de los proyectos. Se designa este proceso de análisis como Evaluación Estratégica Previa y se debe aplicar a los siguientes sectores: forestal, turismo, agrícola, ganadero, industrial, energético regional, ordenación de los recursos mineros, carreteras, transportes, ordenación del territorio, residuos industriales, residuos urbanos, residuos ganaderos, residuos hospitalarios, y otros que estime procedentes la Junta de Castilla y León.

Algunas Leyes sectoriales recogen, después del Real Decreto 1302/86, figuras de E.I.A. que conviene recordar ante cada supuesto concreto. En legislación relativa a explotaciones mineras a cielo abierto merece ser destacada:

- Ley 4/89 de 27 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna silvestres (B.O.E. n° 74 de 28 de marzo de 1989).

### **1.3.- NECESIDAD DE INTEGRAR LOS TRES NIVELES DE REGULACIÓN (U.E., Nacional y Autonómico) DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS.**

La peculiaridad de esta actividad, que la distingue de los demás procesos industriales, es que da una mayor importancia a su régimen en relación con el medio ambiente, hasta el punto de constituir un buen tema testigo para detectar las insuficiencias, duplicidades en los tratamientos, errores en los planteamientos y soluciones, así como también algunos logros de la reglamentación actual.

Se trata de una actividad esencialmente conectada al desarrollo económico, en la que se muestran, más que en ninguna otra, las estrechas relaciones entre medio ambiente y energía, que es necesario analizar con detalle tanto cuantitativamente por los problemas de ahorro, racionalización y diversificación de energía, como cualitativamente por las graves contaminaciones que tal actividad puede comportar.

La actividad extractiva de minerales constituye en muchos casos una agresión global, de tal magnitud, que afecta a casi todos los sectores que integran el medio natural: a) la desaparición de la cubierta vegetal en las actividades a cielo abierto no sólo conlleva la eliminación de la vegetación, sino también de la fauna asociada, b) la transformación traumática de los perfiles facilita la erosión, la destrucción del paisaje, y altera el régimen hídrico, c) el lavado de minerales, el arrastre de impurezas a los cursos de agua y la producción de aguas ácidas en minas son causa de contaminación de los cursos de agua superficiales y/o subterráneos, d) la liberación en el aire de partículas y sustancias durante la actividad extractiva incide sobre la atmósfera, e) la utilización de sustancias peligrosas en los procesos de extracción puede ocasionar vertidos de residuos peligrosos o tóxicos...

Las características de cada proyecto minero determinan el plan de restauración a adoptar, aunque la realidad es que hasta ahora, o bien no se han diseñado estos planes o bien no se les concede la importancia y especificidad que requieren para constituirse en pieza clave de protección ambiental. Esta especificidad e importancia marcará también el régimen de las técnicas de articulación, ya se trate de la Evaluación de Impacto Ambiental, de Ecoauditorías, de licencias municipales en la regulación sobre actividades de incidencia ambiental en conexión con el régimen de la concesión minera o del régimen de responsabilidad civil por daños ambientales.

El suelo, ámbito donde se centran las actividades extractivas, tuvo un gran protagonismo en el derecho público y privado en el pasado. Actualmente, ha sufrido un cambio de consideración debido en parte al establecimiento de ordenamientos internacionales, como el comunitario, que prevalecen sobre los nacionales y en los que el territorio se ha considerado exento de la intervención de dichos organismos internacionales por ser de exclusiva reserva estatal. Por ello, el suelo no ha sido considerado al mismo nivel que otros elementos del medio, como el aire o el agua (de carácter transfronterizo), por lo que la regulación unitaria de este recurso se ve muy dificultada.

Por tanto, es necesaria una regulación del suelo que considere su estrecha relación con los otros componentes del ecosistema (aire, agua, flora, fauna), es decir, que considere la unidad funcional. Sólo en ese marco integrador pueden considerarse debidamente las actividades extractivas, y en él considerarse todos los problemas que la defensa del suelo como sector ambiental necesita.

La relación entre los distintos ordenamientos debe articularse basándose en el principio europeo de nivel de acción más adecuado en base a su funcionalidad según la naturaleza de la potencial agresión y el espacio a proteger, aproximando en lo posible la norma, y su aplicación a la realidad concreta, ya que sólo así la regulación será operativa y efectiva (Fuentes Bodelón, 1993).

## 2.- ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.

Como consecuencia de la actividad minera, importantes superficies han sido degradadas y los ecosistemas existentes reemplazados por indeseables materiales residuales acumulados en escombreras, diques de lodos, balsas de vertidos, etc. En ausencia de cubierta vegetal, estas áreas pueden estar sujetas a procesos de lixiviación (Bhappu *et al.*, 1969; Harrison 1978; Goodman *et al.*, 1981; Schippers *et al.*, 1995) y de erosión por acción del viento y el agua, así como producir un fuerte impacto visual. Ríos y arroyos pueden quedar colmatados o contaminados con estas sustancias potencialmente dañinas, y áreas adyacentes y tierras de labor pueden resultar contaminadas (Bradshaw y Chadwick, 1980; Schippers *et al.*, 1995), así como acuíferos subterráneos (Morin *et al.*, 1982; Snyder y Caruccio, 1988; Schippers *et al.*, 1995).

Aunque los materiales residuales de la actividad minera pueden ser estabilizados en parte por medios físicos, estas técnicas son muy caras y a menudo de corta vida (Smith y Bradshaw, 1979). La alternativa es cubrir estos materiales con vegetación (Street y Goodman, 1967; Piha *et al.*, 1995a, 1995b).

La revegetación de las escombreras de minas puede tener lugar de forma natural, si se le da tiempo (Bradshaw, 1984). No obstante, muchos de estos materiales son pobres en nutrientes (Bradshaw *et al.*, 1982; Piha *et al.*, 1995a y 1995b), a menudo son tóxicos para las plantas (Cope, 1961; Hodgson y Townsend, 1973; Bradshaw y Chadwick, 1980), y suelen tener deficiencias físicas, por ejemplo compactación (Townsend y Hodgson, 1973; Hodgson y Buckley, 1973; Piha *et al.*, 1995a y 1995b), por lo que la colonización natural puede ser extremadamente lenta. Escombreras de materiales resultantes de la extracción de amianto en Sudáfrica carecían de vegetación al cabo de 35 años de su formación (Ellery y Walker, 1986). Los metales pesados pueden ser tan tóxicos en viejos residuos no ferrosos que han impedido, casi por completo, el establecimiento de vegetación durante 100 años (Bradshaw, 1984).

Con frecuencia se desea un desarrollo más rápido de la vegetación, y esto ha llevado a distintos investigadores (Piha *et al.*, 1995a y b; Fernández Abascal, 1997; Fernández Bayón, 1997) y empresas (TENEIO, 1993 y 1995) a emprender iniciativas encaminadas a tal fin. El objetivo básico de la revegetación del suelo minero es minimizar la degradación ambiental y desarrollar un paisaje estéticamente agradable (Tate, 1985).

En cualquier caso, tanto si el establecimiento de la cubierta vegetal tiene lugar de forma natural como si se ve acelerado por el hombre, el ecosistema que se desarrolle debe ser autosuficiente (Piha *et al.*, 1995a y b) y, por tanto, requiere de la presencia no sólo de vegetación, sino también de microorganismos del suelo (Sutton y Dick, 1987), entre otros componentes. La complicada organización estructural y funcional de un ecosistema está basada en el recambio biológico. Los ciclos de los elementos químicos se producen a la vez que las áreas vacías y despobladas de seres vivos van siendo ocupadas.

A pesar del amplio conocimiento básico que se tiene sobre la sucesión primaria y secundaria, sus interacciones con el recambio biológico han sido, hasta no hace mucho, pobremente estudiadas (Titlyanova y Mironycheva-Tokareva, 1990). Sin embargo, los cambios que ocurren en el desarrollo de los suelos durante la sucesión primaria se conocen desde hace más tiempo (Crocker y Major, 1955; Olson, 1958).

Los progresos conseguidos recientemente sobre la comprensión del recambio biológico han tenido lugar tras el estudio de la sucesión primaria en escombreras de minas. Se ha puesto de manifiesto que en el proceso de sucesión primaria sobre tales materiales, hay un incremento de la biomasa vegetal, de diferentes grupos de microorganismos, de algas del suelo y de animales (Kandrashin, 1979; Eterevsakaja y Ugarova, 1979; Roberts *et al.*, 1980; Shtina, 1985). También se ha estimado la acumulación de carbono orgánico y nitrógeno en suelos en desarrollo (Down, 1975; Anderson, 1977; Johnson *et al.*, 1982; Etereuskeja *et al.*, 1985), la fijación de nitrógeno a través de vías simbióticas o no (Marrs *et al.*, 1980; Klevenskaja *et al.*, 1985), la liberación de CO<sub>2</sub> y el cambio de la actividad enzimática (Stroo y Jencks, 1982; Klevenskaja *et al.*, 1985; Naplekova *et al.*, 1985).

La dinámica de la revegetación natural que se da en las escombreras presenta varias características originales que la diferencian de la sucesión secundaria: comienza sobre suelo no desarrollado, sobre un sustrato no colonizado previamente por organismos y con un banco de semillas casi inexistente. Sólo los primeros centímetros del suelo, que se separaron antes de comenzar la explotación y que, en algunos casos, se utilizan una vez finalizada para cubrir las escombreras resultantes, pueden contener algunas semillas viables, localmente importantes para favorecer el desarrollo de la vegetación. Por ello, el patrón y duración de la sucesión en escombreras de minas no sólo depende del clima (Piha *et al.*, 1995 a y 1995b) y de las

propiedades físico-químicas del sustrato (Piha *et al.*, 1995 a y 1995b), sino también de la proximidad de plantas con semillas (Titlyanova y Mironycheva-Tokavera, 1990). De esta forma, el transporte de semillas desde los alrededores de la escombrera es decisivo para el futuro de la revegetación.

La colonización de escombreras por plantas dotadas de una óptima dispersión de semillas o adaptadas para diseminarse a largas distancias ha sido descrita por Gibson (1982), en escombreras de zinc y plomo de Oklahoma. También Leisman (1957) y Harrington (1982) enfatizaron la importancia de la vegetación circundante y la eficacia de la diseminación de semillas en los límites de las escombreras.

Como indica Cruz Pardilla (1993), el éxito del establecimiento de las especies colonizadoras depende de una buena germinación y de la mortalidad pre-reproductora. Ambos sucesos están fuertemente determinados por la variabilidad de los factores abióticos en el interior de la escombrera. Esta variabilidad está relacionada con la heterogeneidad del relieve y es realizada por años climatológicamente anormales, sobre todo en cuanto a humedad y temperatura del suelo.

Generalmente, las depresiones son mejores para el establecimiento de la vegetación que las cimas de los pequeños surcos y crestas (las diásporas se acumulan en las depresiones, transportadas por el agua o por la fuerza gravitacional), y las pequeñas plataformas situadas al pie de los taludes reúnen mejores condiciones para el establecimiento de las plantas que los propios taludes.

Sin embargo, no todas las plantas presentes en los alrededores de las escombreras consiguen establecerse en ellas. En 1962, Johnson y Billings estudiaron la revegetación en las zonas mineras alpinas, demostrando que de las 200 especies de plantas vasculares comprendidas en la zona en la que se localizaban las escombreras, sólo el 10% eran activas colonizadoras de los lugares alterados. Entre estas especies se citaban: *Deschampsia caespitosa*, *Carex* sp., *Poa alpina*, *Trisetum spicatum*, *Agropyron scribneri* y *Phleum alpinum*.

Brown *et al.* (1976) estudian las especies colonizadoras de lugares mésicos con pH alrededor de cinco, destacando el bajo número de colonizadoras, e incluyendo especies de los géneros: *Lupinus*, *Senecio* y *Antennaria*.

Schuster y Hutnik (1987) estudiaron las comunidades invasoras de una escombrera de 35 años de antigüedad, centrándose principalmente en las especies de árboles.

Bell y Bliss (1973) estudiaron la invasión de otro tipo de zonas alteradas, las cunetas de las carreteras que habían sido construidas 31 años antes, resultando tres zonas claramente diferenciadas por el tipo de cubierta vegetal que presentaban: el límite de la calzada, el terraplén y la base del terraplén con sustrato estable, siendo las zonas más cercanas a las praderas las que tenían una mayor cobertura.

Arranz e Hidalgo (1992) analizaron taludes de carreteras de la comunidad de Madrid desde el punto de vista de la colonización natural, con objeto de encontrar especies susceptibles de ser empleadas en proyectos de revegetación.

Chambers *et al.* (1984) estudiaron las especies de plantas existentes en las zonas alpinas sometidas a perturbación, clasificando las mismas de acuerdo con su frecuencia de aparición en los diferentes estadios sucesionales. Las plantas podrían incluirse dentro de tres categorías: dominantes tempranas, dominantes tardías y raras. Algunas características de las mismas serían:

- 1) Las colonizadoras iniciales presentan a menudo límites de tolerancia amplios (eurióicas) y están ampliamente distribuidas (eurícoras).
- 2) Tienen una gran producción de semillas, mecanismos efectivos de dispersión de las mismas, longevidad de las semillas y alta tasa de crecimiento y desarrollo.
- 3) También pueden ser capaces de tolerar altas concentraciones de metales pesados y bajos valores de pH.
- 4) Las colonizadoras tardías, sin embargo, tienen menor producción de semillas y, en general, las propiedades anteriormente citadas están disminuidas.

La influencia de la vegetación de los estadios iniciales sobre la naturaleza de las comunidades de plantas invasoras queda reflejada en el trabajo de Schuster y Hutnik (1987) que estudian las comunidades desarrolladas sobre escombreras de carbón plantadas con varias especies de árboles. Las comunidades invasoras desarrolladas en un tiempo de treinta y cinco años, presentaron gran

diversidad espacial dependiendo de factores específicos de cada lugar como localización, proximidad a las fuentes de semillas, amplitud del aterrazado, etc.

Gibson *et al.* (1985) estudian las comunidades vegetales desarrolladas sobre escombreras de carbón no restauradas de 10-17 años de antigüedad. La revegetación natural aparece como un proceso multifactorial dependiente del potencial colonizador de las especies, distribución natural de las especies nativas, eficacia de la dispersión y características propias de cada escombrera, como el tipo de sustrato. La naturaleza multifactorial de este proceso fue demostrada también por Glen-Lewin (1980).

Titlyanova y Mironycheva-Tokareva (1990) estudian la revegetación natural que tiene lugar en escombreras de carbón, en Nazarova (Rusia), tras ser removido de nuevo el sustrato después de 25 años de abandono. Los autores proponen cuatro etapas en el desarrollo del recambio biológico durante la sucesión: a) crecimiento de especies herbáceas, alta producción de biomasa aérea y baja de biomasa subterránea; b) Establecimiento de especies perennes, disminución de la biomasa aérea y producción e incremento de la masa de raíces tanto vivas como muertas; se aproxima el balance entre producción neta primaria y la descomposición de la materia orgánica; c) se establece una composición florística estable y la producción de biomasa subterránea alcanza un nivel estable; d) la cubierta de humus se estabiliza. Respecto al tipo de plantas colonizadoras destacan el aumento de perennes y la disminución de anuales y bianuales con el paso del tiempo. Así mismo, el número de especies dominantes aumenta durante los primeros años, pero posteriormente se estabiliza.

También han sido abordados problemas relacionados con las especiales características del sustrato, viendo que el problema que presentan las escombreras de carbón, por exceso o carencia de determinados elementos, se palia biológicamente por la colonización de plantas resistentes a esas condiciones (Titlyanova y Mironycheva-Tokareva, 1990; Piha *et al.*, 1995a y b). La existencia de especies con bajos requerimientos nutricionales es bien conocida (Bradshaw y Chadwick, 1980; Elias, 1982; Piha *et al.*, 1995a y 1995b). En la bibliografía existen ejemplos de plantas resistentes a cobre o zinc en escombreras de minas (Gartside y McNeilly, 1974; Smith y Bradshaw, 1979; Symeonidis *et al.*, 1985) o de plantas resistentes a la toxicidad por aluminio (como *Chloris gayana*) en residuos producidos durante la purificación de la bauxita, fase previa a la extracción del aluminio (Bradshaw y Chadwick, 1980), tolerantes (como *Cloris gayana*, *Colophospermum*

*mopane* (Benth.) J. Leonard, *Dactyloctenium geminatum* Hack) a los altos valores de pH y alta toxicidad de aluminio propia de los escombros de minas de estaño (Piha *et al.*, 1995a y b), o tolerantes (como los árboles *Acacia gerrardii* y *A. sieberiana*) a residuos resultantes de la combustión del carbón con fines energéticos (en inglés: PFA) (Piha *et al.*, 1995b). Algunas de estas especies (como la leguminosa arbórea *Acacia gerrardii*), tolerantes a determinadas toxicidades, presentan la peculiaridad de ser fijadoras de nitrógeno, lo que les confiere una clara ventaja, frente a otras especies no fijadoras (Piha *et al.*, 1995a y b), en sustratos deficientes en nitrógeno, como es el caso de la mayoría de los sustratos mineros. El mayor inconveniente es que de manera natural los procesos de selección de especies resistentes a condiciones adversas son relativamente lentos. No obstante, estas especies serán las principales a tener en cuenta en futuros proyectos de revegetación de estas zonas (Piha *et al.*, 1995a y b).

Actualmente, y debido fundamentalmente a la imposición legislativa de recuperación de los espacios alterados por labores mineras, el interés de los ecólogos se centra no tanto en conocer el desarrollo de la sucesión natural en el área alterada sino en realizar su restauración de manera rápida y eficaz. No obstante, no se debe olvidar que la base de los proyectos de revegetación ha de ser el conocimiento del ecosistema y de su respuesta a una determinada perturbación, y que, por lo tanto, el éxito de las iniciativas de revegetación emprendidas está en imitar a la naturaleza en la medida de lo posible. Para ello, los estudios sobre los procesos naturales de colonización y sucesión en estas áreas son de vital importancia.

Uno de los primeros pasos a seguir al acometer la restauración de escombreras mineras es la selección de las especies más adecuadas.

En principio, las especies autóctonas son preferidas a las alóctonas porque es más probable que encajen en el funcionamiento global del ecosistema y que estén climáticamente adaptadas. No se debe olvidar tampoco que algunas especies alóctonas se han convertido en verdaderas plagas al ser introducidas en determinadas circunstancias (BICRAM, 1987).

Allí donde se sospeche que pueda haber problemas de toxicidad especialmente serios para las plantas, es importante que las especies introducidas pertenezcan a los propios lugares mineros o a otras áreas con problemas de toxicidad similares, para tener seguridad de que son capaces de desarrollarse bajo esas condiciones.

No obstante, aunque en teoría la elección de las especies debería basarse en la tolerancia a las condiciones climáticas y físico-químicas de la zona, en la práctica la disponibilidad de semillas en el mercado es un factor limitante (Piha *et al.*, 1995a).

Piha *et al.* (1995a y b) consideran que la mezcla final de especies debería incluir herbáceas de bajo porte, leguminosas, arbustos y árboles, para proporcionar una estructura diversa al ecosistema, así como para proporcionar un mejor control de la erosión.

Es especialmente importante, sobre todo en proyectos de revegetación de bajo presupuesto, la inclusión en la mezcla de semillas de especies que tengan microorganismos fijadores de nitrógeno asociados en sus raíces. La deficiencia en nitrógeno es uno de los factores más importantes en la limitación del crecimiento de las plantas en suelos pobres y sustratos mineros (Bradshaw *et al.*, 1982). Aunque el establecimiento de un ecosistema autosuficiente depende de la circulación de numerosos elementos, la efectividad del ciclo del nitrógeno es particularmente importante porque el nitrógeno es el elemento que más fácilmente pierden los ecosistemas (Jefferies *et al.*, 1981). En las sucesiones naturales, el desarrollo de un ecosistema estable depende de la colonización de las especies fijadoras de nitrógeno (Crocker y Dickson, 1957), que además son importantes colonizadoras en el desarrollo de comunidades naturales sobre suelos mineros abandonados (Roberts *et al.*, 1981).

Otro paso muy importante, al acometer una iniciativa de revegetación de escombreras mineras, es la elección del método para el establecimiento de las especies (I.G.T.M.E., 1989), los cuales abarcan desde la simple siembra a voleo o en surcos, hasta una plantación o técnicas más sofisticadas como la hidrosiembra. Ambos pasos (selección de especies y método para su establecimiento) están a su vez determinados por la naturaleza del sustrato minero a restaurar, por las peculiaridades climáticas de la zona y también por el uso futuro (agrícola, recreativo, etc) que se le haya asignado a la zona (Passera, 1995), y por el presupuesto económico destinado a su restauración. Desgraciadamente, estos dos últimos aspectos son muy condicionantes del éxito de la restauración de espacios mineros, al descuidar los aspectos ecológicos, muy complejos, pero esenciales para que el “ecosistema” resultante pueda mantenerse por sí solo, en el menor tiempo posible, sin necesitar aportes antrópicos externos.

Aunque siempre se tiende a buscar unas pautas universales, que sirvan para todo, en la restauración de espacios mineros es imposible generalizar. Debido a la multitud de factores implicados, la restauración de estas áreas debe abordarse con prudencia y de forma particular.

Algunos de los países con mayores superficies dedicadas a la minería son países en vías de desarrollo, en muchos de los cuales todavía no existe una legislación que haga obligatoria la revegetación de tierras afectadas por la minería. Otros países en desarrollo, con legislación al respecto, no pueden utilizar métodos de restauración caros, pues esto supone un incremento de los costes mineros cuando las fuentes de financiación son limitadas. En estas circunstancias, las características climáticas de determinadas zonas, como sucede en los trópicos seco y húmedo, hacen que la restauración minera sea mucho más difícil que en climas templados (BICRAM, 1987). Iniciativas de bajo coste económico son entonces las más adecuadas (Piha *et al.*, 1995a y b) y consisten en: sembrar o plantar la vegetación directamente sobre el sustrato minero; uso de especies resistentes, “adaptadas” al clima de la zona y con bajos requerimientos nutricionales; uso de especies tolerantes a cualquier sustancia tóxica presente; e inclusión de especies fijadoras de nitrógeno fundamentalmente leguminosas, como proveedoras de una propia fuente de nitrógeno. En África estas iniciativas han funcionado sobre lodos mineros con bajo contenido en metales (Hill y Nothard, 1973; Hill, 1977). Más recientemente Piha *et al.* (1995a) han llevado a cabo una iniciativa de este tipo sobre escombreras de minas de estaño en Kamativi (Zimbabwe) con fuerte deficiencia en nutrientes, aunque sin serios problemas de toxicidad o de pH. El objetivo perseguido con el establecimiento de la vegetación era acelerar la sucesión hacia un ecosistema “self-sustaining”. Para conseguirlo necesitaron comprender los principios ecológicos involucrados y utilizaron una secuencia lógica de análisis y experimentación, que les llevó a proponer una metodología apropiada para conseguirlo (Piha *et al.*, 1995a). A pesar de las duras condiciones de altas temperaturas y escasas precipitaciones que se dieron tras la aplicación del tratamiento, al cabo de una estación (18 semanas) se había conseguido una cobertura vegetal del 40 %, habiendo usado una cantidad moderada de fertilizante, una mezcla de herbáceas, leguminosas y árboles adaptados y cepas de *Rhizobium* extraídas del propio sustrato minero.

La misma metodología fue utilizada por Piha *et al.* (1995b), en un proyecto de revegetación sobre PFA, también en Zimbabwe, donde se encontraron, a parte de un alto valor de pH y toxicidad por boro, un serio problema de salinidad y deficiencias físicas severas del sustrato,

fundamentalmente por compactación, que impedía el desarrollo radicular sobre todo de los árboles (Townsend y Hodgson, 1973; Hodgson y Buckley, 1973). Esta vez la experiencia no funcionó tan bien como sobre escombreras de estaño, debido a la elevada toxicidad de boro de los PFA (Cope, 1961; Hodgson y Towsend, 1973; Bradshaw y Chadwick, 1980). Las dificultades de esta segunda iniciativa fueron mayores pues se carecía de estudios previos sobre métodos de establecimiento de vegetación sobre PFA en los trópicos secos. No obstante, en climas templados, Towsend y Gillham (1975) habían observado que la productividad vegetal era directamente proporcional a la profundidad de la capa de suelo.

También en nuestro país se están llevando a cabo proyectos de revegetación de áreas mineras. Desde 1990, ENUSA viene realizando labores de restauración en su antiguo centro de La Haba (Badajoz), en el que ese mismo año se paralizaron las actividades productivas. Hasta el momento ha finalizado la restauración de los huecos mineros, en concreto de las cortas y escombreras asociadas a estas cortas. “Los trabajos realizados han consistido en cargar y transportar los estériles de escombreras hasta los huecos de mina, donde han sido dispuestos en tongadas. Con ello se consigue reducir la cota de escombreras, aumentar su estabilidad e ir rellenando los huecos de explotación. Posteriormente se ha procedido al taluzado de bancos y perfilado del terreno, hasta alcanzar pendientes similares a las del terreno, de forma que queden integrados, sobre todo en los bancos superiores. Como operaciones complementarias se han llevado a cabo campañas de revegetación para mejorar la calidad del suelo y la integración cromática y paisajística. En una primera etapa se procedió a hacer una siembra de especies herbáceas de pastizal autóctonas. En una segunda etapa se realizaron plantaciones de especies autóctonas, como encinas y alcornoques” (TENE0, 1993 y 1995).

En la explotación minera que ENUSA tiene en Ciudad Rodrigo, también se vienen realizando desde 1985 (Proyecto de Restauración del Espacio Natural afectado por las actividades mineras en Mina Fe durante el período 1985-1990; del que todavía se hacen seguimientos en la actualidad) labores de revegetación, en este caso de las escombreras y diques de lodos clausurados hasta el momento.

Fernández Bayón *et al.* (1997) realizan ensayos con herbáceas comerciales (que de forma natural se dan en la comarca del Bierzo, en León) sobre escombros de carbón corregidos o no con distintos sustratos (micelio, tierra vegetal), con objeto de determinar cuál es la mejor enmienda a

utilizar en la estabilización del sustrato con vegetación, y favorecer la formación de un suelo forestal. Los resultados apuntan hacia la tierra vegetal como mejor sustrato de cubrimiento aunque en su defecto el micelio u otro fertilizante puede proporcionar a las plantas las sustancias necesarias para su desarrollo, en un sustrato de importantes deficiencias nutricionales.

El estudio de posibles enmiendas orgánicas susceptibles de ser utilizadas para paliar las deficiencias nutricionales de los suelos, y favorecer así el desarrollo de una cubierta vegetal protectora, constituye otro campo de investigación de gran interés, que también ha tenido su aplicación en escombreras de minas (Sims *et al.*, 1984; Norland y Veith, 1992) y en zonas urbanas ajardinadas (Keplin y Broll, 1995). Suele añadirse una capa de materia orgánica, de cenizas, o incluso se han utilizado lodos de depuradoras o de empresas agroalimentarias.

Teniendo en cuenta que, junto a Suecia y U.S.A., España es uno de los países con mayor porcentaje de utilización de lodos con fines agrícolas (Navas, 1996), se explica la proliferación, en los últimos años, de investigaciones realizadas en nuestro país sobre distintos aspectos del aprovechamiento agronómico de lodos y compost (García *et al.*, 1991; Amorena, 1992; Bautista *et al.*, 1994; Ibañez *et al.*, 1993-94; Polo *et al.*, 1995), y para la recuperación de suelos degradados (Díaz *et al.*, 1994; Albadalejo *et al.*, 1994; Lax *et al.*, 1994; Roldán *et al.*, 1996; Navas, 1996; Ingelmo *et al.*, 1997; García Camarero *et al.*, 1997).

Sin embargo, los lodos contienen microelementos no esenciales para las plantas (Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Se, As, Al y V) pero tóxicos, y otros esenciales como Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo, que si sobrepasan determinadas concentraciones pueden ser tóxicos, es decir, la fertilización con lodos puede ser tanto beneficiosa como perjudicial dependiendo de los niveles de concentración de los mencionados microelementos (Felipó *et al.*, 1982). Por ello, la utilización agrícola de lodos de depuradora se regula a través de la Directiva del Consejo 86/278 de la Unión Europea y el Real decreto 1310/1990 del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA). La caracterización de los lodos (Bideriego, 1993) sería de gran utilidad para decidir su destino final, al ser identificados los niveles de los elementos contaminantes y situarlos dentro de los dictados por la legislación vigente. Si estos materiales se encuentran dentro de los rangos admisibles, podrán ser utilizados en agricultura, de lo contrario habrá que buscar el destino más aconsejable para que su impacto ambiental sea el menor posible.

Al margen del uso agrícola de los lodos, su utilización como enmienda orgánica sobre sustratos mineros también es un tema muy controvertido, pues debido al alto contenido en metales pesados que suele caracterizar a los escombros mineros la adición de lodos no haría sino incrementar los problemas de toxicidad asociados. Por eso, es fundamental tanto la caracterización de los lodos como de los escombros mineros y considerar que aunque su utilización como enmienda orgánica de suelos y sustratos es una salida, interesante desde el punto de vista económico, al hacer de los lodos un nuevo recurso, en su gestión deben prevalecer las consideraciones ambientales sobre las económicas.

A parte de los proyectos de revegetación de zonas afectadas por la minería, también se han realizado, en nuestro país, otros dirigidos a estabilizar taludes de carreteras. Así, el CREAM, en cumplimiento del contrato suscrito con AUCAT (Autopistas de Catalunya, S.A.), puso en marcha, en el período 1990-1992, un programa de redacción de las medidas correctoras a aplicar en la construcción de la Autopista de Garraf, así como un programa de vigilancia ambiental posterior a la restauración de los taludes, destinado a comprobar la eficiencia de las diferentes actuaciones (Andrés Pastor *et al.*, 1993).

Cano *et al.* (1997) llevan a cabo en la Autovía Rivas Baixas (tramos de Porriño-Batallanes y de Batallanes-A Cañiza de la A-52, ubicados en la provincia de Pontevedra) un seguimiento de la vegetación presente en los taludes tras haber sido sometidos a hidrosiembra en primavera de 1995. Los principales factores examinados han sido la exposición y la tipología del sustrato (diferentes grados de alteración de rocas graníticas). Los resultados iniciales muestran el papel de la vegetación como factor de protección del talud, es decir, su relación con la magnitud de los fenómenos erosivos detectados y, por otra parte, las características del talud determinantes de la importancia de la vegetación como factor de control de su estabilidad física.

Por otro lado, en los últimos años la investigación en el campo de la restauración ambiental en nuestro país se ha centrado en la recuperación de tierras en áreas marginales. La reciente reforma de la Política Agraria Comunitaria (P.A.C.) tiende a marginar algunos espacios mediante medidas encaminadas a la intensificación de la producción (Reglamento CEE nº 4115/88, modificado por el nº 708/92 y el nº 838/93), la retirada de tierras de cultivo (Normativa Comunitaria nº 1034/88, Reales Decretos 1435/88 y 1255/90, y Normativa CEE nº 1765/92), y la jubilación anticipada (Reglamento CEE nº 2079/92, complementada a nivel nacional por el RD 477/93, la orden del 27

de enero de 1994 y el RD 539/94). Existe, pues, en nuestro país, todo un proceso espacio-temporal de marginación de tierras con diferentes fases que surgen como respuesta a grandes cambios socioeconómicos.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la presencia de un período de sequía estival, así como la irregularidad e intensidad de las precipitaciones, hacen que la región mediterránea sea especialmente vulnerable a un incremento de las condiciones de aridez. Según Imenson y Emmer (1992), este posible incremento de aridez puede presentarse no tanto por una reducción de la precipitación total, sino por: a) un incremento de la evapotranspiración, b) un incremento en la irregularidad de las precipitaciones y c) una disminución de la capacidad de los suelos para retener agua como consecuencia de su degradación. Si el incremento de la aridez climática (causa de fragilidad en los medios) tiene lugar en zonas sometidas a una fuerte intervención humana, que acelera la degradación, se pueden desencadenar incluso procesos de desertización de esas zonas. Estas circunstancias han propiciado la realización de numerosos estudios en el campo de la hidrología, la geomorfología, la explotación sostenible de los recursos y la recuperación de tierras degradadas. En todos estos campos el papel que juega la vegetación es clave.

Los estudios realizados sobre la erosión en campos abandonados en áreas de montaña (Ruiz Flaño, 1993; Ruiz Flaño *et al.*, 1991 y 1992; García Ruiz *et al.*, 1988 y 1991) demuestran que la erosión depende de la eficacia de los procesos de colonización vegetal y que sólo en el caso de que ésta no sea capaz de cubrir densamente los antiguos campos o si se ve interrumpida por la gestión antrópica posterior, la erosión del suelo se convierte en un problema. En los estudios citados se ha comprobado que a medida que transcurre el tiempo después del abandono tienden a moderarse los procesos geomórficos dominantes en los campos abandonados. Así, durante los primeros años la erosión difusa fuerte es el proceso más extendido, debido a la escasa cubierta vegetal en un campo recientemente abandonado. Después de diez años, con una cubierta herbácea entre el 70 y el 80 %, los procesos de erosión difusa débil, con pequeñas evidencias de transporte de materiales, pasan a ser dominantes. Cuando ya se ha instalado una cubierta densa de matorral, la escorrentía superficial y la erosión se reducen a valores mínimos. No obstante, muchos campos abandonados hace más de 50 años, muestran señales de una gran actividad geomórfica posterior al abandono (pequeñas incisiones, acumulaciones de sedimentos aguas arriba de pies de matorral, pavimento de piedras) aunque se cree que no es una consecuencia del propio abandono sino de una gestión posterior poco

conservadora, con incendios periódicos para frenar el avance del matorral espinoso y favorecer el pastoreo (Ruiz Flaño *et al.*, 1992).

La conclusión a la que se está llegando en diferentes grupos de investigación es que la recolonización de zonas marginales de montaña, por parte de densas comunidades de matorral y arbóreas, ha favorecido la infiltración, ha aumentado la intercepción de agua de lluvia y la evapotranspiración, y ha limitado la escorrentía superficial.

Los procedimientos empíricos más antiguos para predecir tasas de erosión, como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), incluyen un factor relacionado con la cobertura de vegetación (Wischmeyer, 1960). Posteriormente, la mayoría de los modelos consideran que el incremento de cobertura vegetal conduce a un decrecimiento exponencial de las tasas de erosión, relativas al suelo desnudo (Elwell y Stocking, 1976).

Las aproximaciones recientes al proceso erosivo reconocen que el papel de la vegetación es más complejo de lo que inicialmente se había supuesto. La vegetación no es sólo una pantalla inerte, interpuesta entre el suelo y la lluvia, sino que constituye un sistema dinámico que interactúa con los procesos físico-químicos asociados a la formación de suelo y a los procesos de erosión y sedimentación (Kirkby y Neale, 1987; Thornes, 1990; Kirkby *et al.*, 1996). Por otra parte, los ambientes semiáridos presentan características específicas, tanto por la cuantía y régimen de sus precipitaciones, como por la baja densidad de sus formaciones vegetales. Debido a estos hechos, el papel de la vegetación en la conservación del suelo, en un clima semiárido, presenta diferencias cualitativas respecto a zonas más húmedas.

Gómez Amelia y Schnabel (1996), en un estudio sobre la erosión del suelo en un ambiente de dehesa de condiciones semiáridas, concluyen que las elevadas pérdidas de suelo, han sido producto del retroceso de la cubierta herbácea, debido tanto a la sequía como al pastoreo con ganadería extensiva.

Todos estos estudios son de indudable interés a la hora de abordar proyectos de revegetación, tanto de zonas mineras como de cualquier área degradada, puesto que las características del entorno en el que se ubican tales actividades va a determinar su capacidad para volver a su estado anterior después de haber sufrido una perturbación (resiliencia).

La escasa tradición investigadora sobre nuestros propios recursos, siempre postergada por las “credenciales de moda”, sensibles a lo foráneo y raro frente a lo propio y común (Gómez Gutiérrez, 1992), y la subestimación de nuestras circunstancias mediterráneas, cuyos elementos naturales y escalas de tiempo/espacio nada tienen que ver con los modelos del norte de Europa (en cuyo espejo, sin embargo, intentamos mirarnos siempre), favorece que muchas acciones se acometan sin la debida planificación, o que se pretenda suplir la constatada carencia de respuestas, con la adopción de medidas “resolutivas”.

Las tan reiteradamente lamentadas condiciones del ambiente mediterráneo, no son sino las condiciones naturales de amplias zonas áridas y semiáridas del mundo. En ellas, como señala Gastó (1987), la irregularidad pluviométrica es una regularidad climática. Y, como tal, debería ser considerada en las escalas de gestión territorial.

En un país mediterráneo las escalas de tiempo y espacio que deben presidir la gestión de los recursos obligan no sólo a ser prudentes con los modelos tecnológicos o conceptuales que admiramos en otras latitudes sino a apostar firmemente por el desarrollo de alternativas propias. Como dice Margalef (1977), las estructuras complejas y reticuladas, con gran desarrollo de interfases activas, son condición necesaria para la conservación bien entendida. Tomar decisiones sobre extensas áreas, con modelos de previsión rápida, subestimando estas circunstancias, quizá sea considerado “moderno” pero es lo menos mediterráneo que cabe esperar de una gestión sostenida de los recursos.

## **OBJETIVOS**

*Un primer objetivo general* del presente trabajo consiste en estudiar el proceso natural de colonización y dinámica posterior de la comunidad herbácea, sobre taludes de escombreras resultantes de la minería a cielo abierto. Además, la existencia en el área de estudio de taludes sometidos a hidrosiembra hace posible plantearnos como *segundo objetivo general*, la evaluación de esta técnica de revegetación frente al proceso natural de colonización, establecimiento y sucesión, que tiene lugar en taludes de características similares. Como *tercer objetivo general*, se pretende establecer una clasificación de especies, en función de su capacidad de colonización y establecimiento en este tipo de áreas alteradas (según edades y sustratos), que pueda ser tenida en cuenta a la hora de emprender futuros proyectos de revegetación.

Para la consecución de los objetivos globales se plantean los siguientes objetivos parciales:

### **I. Primer Objetivo General.**

- 1.- Estimar el tamaño muestral adecuado para el estudio de estas zonas.
  
- 2.- Conocer la comunidad vegetal “natural” (Dehesa de referencia y Escombrera de Tierra Vegetal), como punto de referencia para Evaluar los procesos sucesionales en las áreas alteradas: especies presentes, cobertura de herbáceas y matorral, porcentaje de anuales y perennes, porcentaje de grupos taxonómicos, dominancia, diversidad y sus componentes y variabilidad interanual de estos parámetros.
  
- 3.- Caracterización y comparación de la sucesión natural que tiene lugar en taludes de escombreras, en función del sustrato de recubrimiento (arcosas, ripado, estéril) y de la orientación (norte, sur), atendiendo a:
  - La Afinidad (cualitativo y cuantitativo) entre muestras: a) Global; b) para cada sustrato; c) para cada sustrato y orientación.
  
  - Los Patrones de Similitud entre: a) los estadios más avanzados de cada una de las seis series sucesionales y la escombrera de tierra vegetal; b) entre cada serie y la dehesa de referencia; c) entre ambas orientaciones para cada sustrato.
  
  - Los valores de diversidad y las variaciones en cada serie sucesional.
  
  - Los valores de dominancia y las variaciones en cada serie sucesional.

- El análisis de las Curvas de rango abundancia en cada serie sucesional.
  - Las variaciones en la proporción de especies anuales y perennes en cada serie.
  - Los cambios en la cobertura de herbáceas en cada serie.
- 4.- Comparación entre la estructura de la comunidad herbácea en cada serie y la de las comunidades “naturales” de referencia (escombrera de tierra vegetal y la dehesa de referencia).

## **II. Segundo Objetivo General.**

- 1.- Comparación de la composición y estructura de la comunidad herbácea entre taludes hidrosebrados y no hidrosebrados.
- Cobertura de herbáceas y matorral.
  - Porcentaje de anuales y perennes.
  - Porcentaje de grupos taxonómicos.
  - Dominancia.
  - Diversidad y sus componentes.
  - Patrones de similitud entre: a) ambos tratamientos para cada orientación, b) ambas orientaciones para cada tratamiento, c) entre los estadios más avanzados de la sucesión con y sin hidrosiembra y las comunidades “naturales” de referencia.

## **III. Tercer Objetivo General.**

- 1.- Aplicación del Análisis HJ-Biplot para clasificar las especies desde dos puntos de vista:
- A) según su relación con los estadios sucesionales (especies características de los estadios iniciales, de las edades más avanzadas disponibles, e indiferentes a la edad) y B) recomendaciones prácticas para futuros proyectos de revegetación (especies recomendables y no recomendables).

**ÁREA DE ESTUDIO**

## 1.- FISIOGRAFÍA Y RELIEVE DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA.

La provincia de Salamanca está situada en el extremo suroeste de la submeseta norte. Ocupa una planicie de 800 m de altitud media que sólo se interrumpe en el oeste, por los profundos encajamientos del Duero y sus afluentes (“Los Arribes”), y en el sur por las sierras de Béjar, Francia y Gata, que constituyen el límite con la submeseta sur (Figura 2).

Según Jiménez y Arribas (1979), la mayor parte de la provincia es una penillanura formada a expensas del Viejo Macizo Hespérico. Los mismos plegamientos que al fracturarla formaron las piezas meridionales serranas, hundieron también las zonas del noreste y del este (La Armuña y Tierra de Peñaranda) que fueron recubiertas por sedimentos terciarios y cuaternarios. Desde las depresiones colmatadas hasta las sierras del sur y las cortaduras fluviales del oeste, aparecen al aire libre, o está cubierto por un somero depósito sedimentario, el zócalo de la penillanura, a cuya zona central y más extensa se la denomina “Campo Charro”. El zócalo es atravesado de noreste a suroeste por una alineación de depresiones a las que en conjunto se les da el nombre de fosas de Ciudad Rodrigo, que es la más occidental. Al sur de la alineación las surgencias son, sobre todo, de pizarras y cuarcitas; al norte y sureste de granito.

Las dos formas fundamentales de relieve: Llanura y Montaña, que se reparten el área provincial, son lo suficientemente heterogéneas para distinguir, dentro de ellas, otras formas menos amplias y más uniformes que contribuyen, con su carácter, a la diversidad del paisaje salmantino.

Dentro del sector Llanura de la provincia, y principalmente en la parte oeste, se localizan numerosas mineralizaciones uraníferas, bien dentro de las pizarras, como Saelices-Ciudad Rodrigo, Villar de Ciervo, Villar de la Yegua, La Alameda de Gardón, Villavieja, Villareas de Yelte, etc., o bien en los granitos de Villar de Peralonso, Sobradillo, San Felices de los Gallegos, Casilla de las Flores, etc. A diferencia de otros recursos minerales, como el carbón de la provincia de León, que se localizan en el sector Montaña, el uranio aparece en zonas más bien llanas (terrenos ligeramente ondulados).



**Figura 2.** Localización del Área de Estudio dentro de la provincia de Salamanca.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.- INDICIOS Y YACIMIENTOS DE URANIO.

En las tierras situadas al norte y oeste de Ciudad Rodrigo existen, desde muy antiguo, indicios de algunos minerales, entre los que destacan el wolframio (Hernández Pacheco, 1905; García Puelles, 1918), el estaño (García Puelles, 1918; Sanchez Avecilla, 1928) y el uranio; este último encontrado por primera vez a finales del los años 50.

De ellos el uranio ha sido el más estudiado, debido a sus extraordinarias características, tanto metalogénicas como económicas, e interés incluso a nivel mundial (Arribas, 1962, 1963, 1970, 1975, 1980; Arribas *et al.*, 1983, 1984; Fernández Polo, 1965; Martín Izard y Arribas, 1984; Martín Izard, 1989).

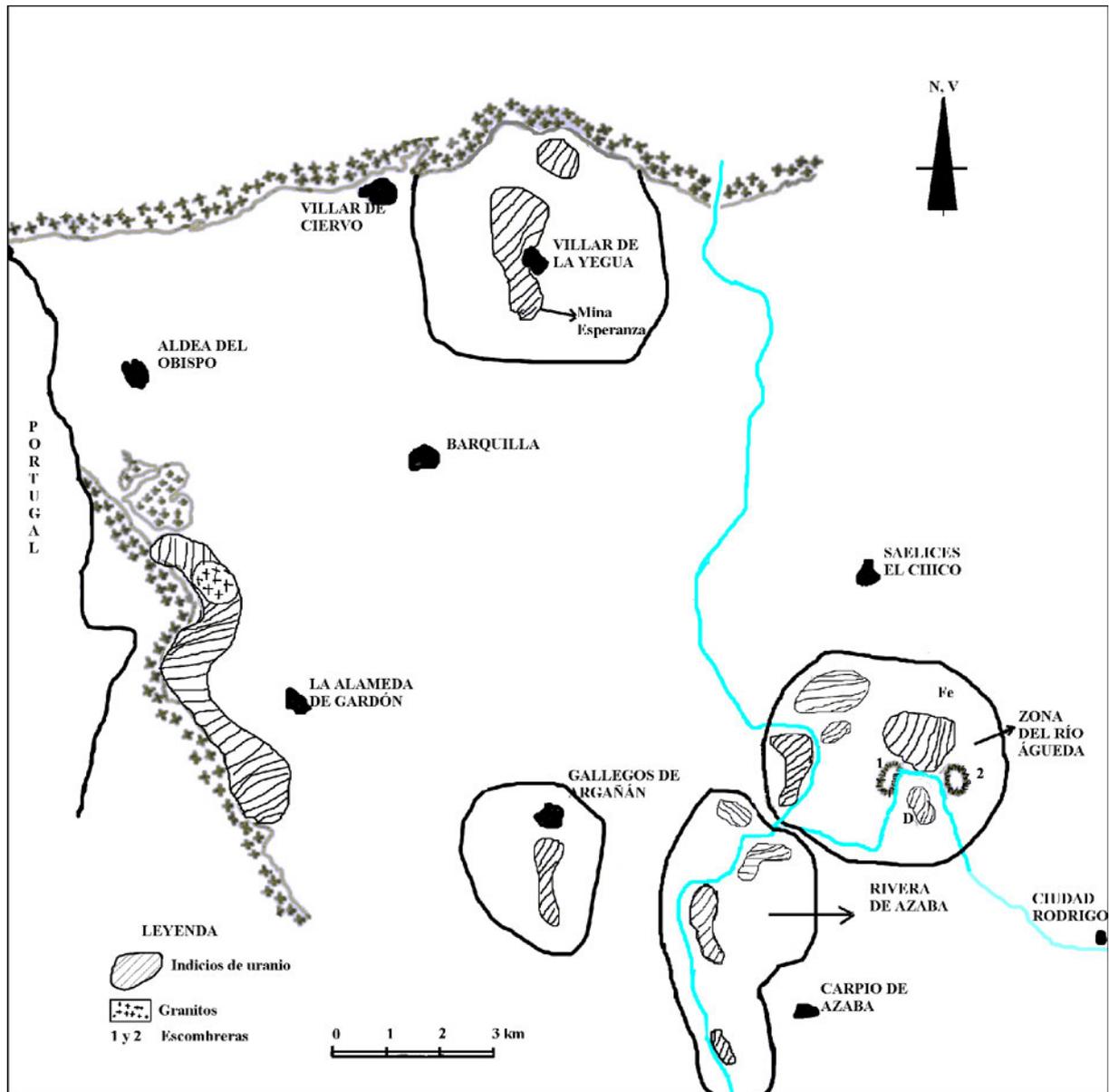
Martín Izard (1989) recoge todos los indicios uraníferos que existen en las pizarras de las zonas norte y oeste de Ciudad Rodrigo (Figura 3).

En la zona norte, comprendida entre Villavieja de Yeltes y Pozos de Hinojo, se sitúan dos importantes yacimientos uraníferos, uno corresponde a la mina Caridad y el otro a la de Pedro Alvaro. En ambos se han efectuado labores mineras, alcanzando mayor envergadura las de mina Caridad.

Al oeste de Ciudad Rodrigo las manifestaciones se agrupan en cinco zonas: Alameda de Gardón, Villar de la Yegua, Gallegos, Rivera de Azaba y río Águeda. Es en la última zona donde está situado el yacimiento de Fe, que es el que tiene por ahora el mayor potencial uranífero y en el que se ubica nuestra área de estudio (Figura 3). Aparte de la mina Fe, la otra zona explotada ha sido la de Villar de la Yegua, donde se encuentra la mina Esperanza.

En el corredor metamórfico situado entre Fuente Líante y la frontera portuguesa también existen algunas anomalías de escaso interés, no existiendo de hecho en estos metasedimentos ningún área de importancia económica.

Todas las mineralizaciones uraníferas citadas se sitúan sobre pizarras, y se encuentran en los metasedimentos del complejo esquisto-grauváquico (CEG), definido por Carrington Da Costa (1950), y que según Martín Izard (1989) se podría definir mejor, al menos en la zona norte y oeste de Ciudad Rodrigo, como complejo pelítico-arenoso, ya que no existen en esta zona verdaderas grauvacas.



**Figura 3.** Localización de los principales yacimientos e indicios uraníferos en la parte oeste de Ciudad Rodrigo, dentro del Complejo Esquisto-Grauváquico.

Fuente: Martín Izard (1989). Elaboración propia.

La existencia de anomalías radioactivas en el área metamórfica situada al oeste de la provincia de Salamanca se conoce desde el año 1957, en el que se encontraron metasedimentos

impregnados por minerales de uranio de tipo supergénico. Sin embargo, no fue hasta principios de 1959 cuando se encontraron por primera vez minerales primarios de uranio, pechblenda en aquella ocasión, lo que permitió definir un nuevo tipo de yacimientos de uranio en la metalogenia de dicho elemento (Martín Izard, 1989). Posteriormente, sobre todos estos indicios, de los que Arribas (1962) efectuó una primera descripción conjunta tanto de las rocas como de las propias mineralizaciones, se han venido efectuando diversos trabajos de investigación geológica y minera, primero por la extinta JEN (Junta de Energía Nuclear; hoy CIEMAT) y después por ENUSA.

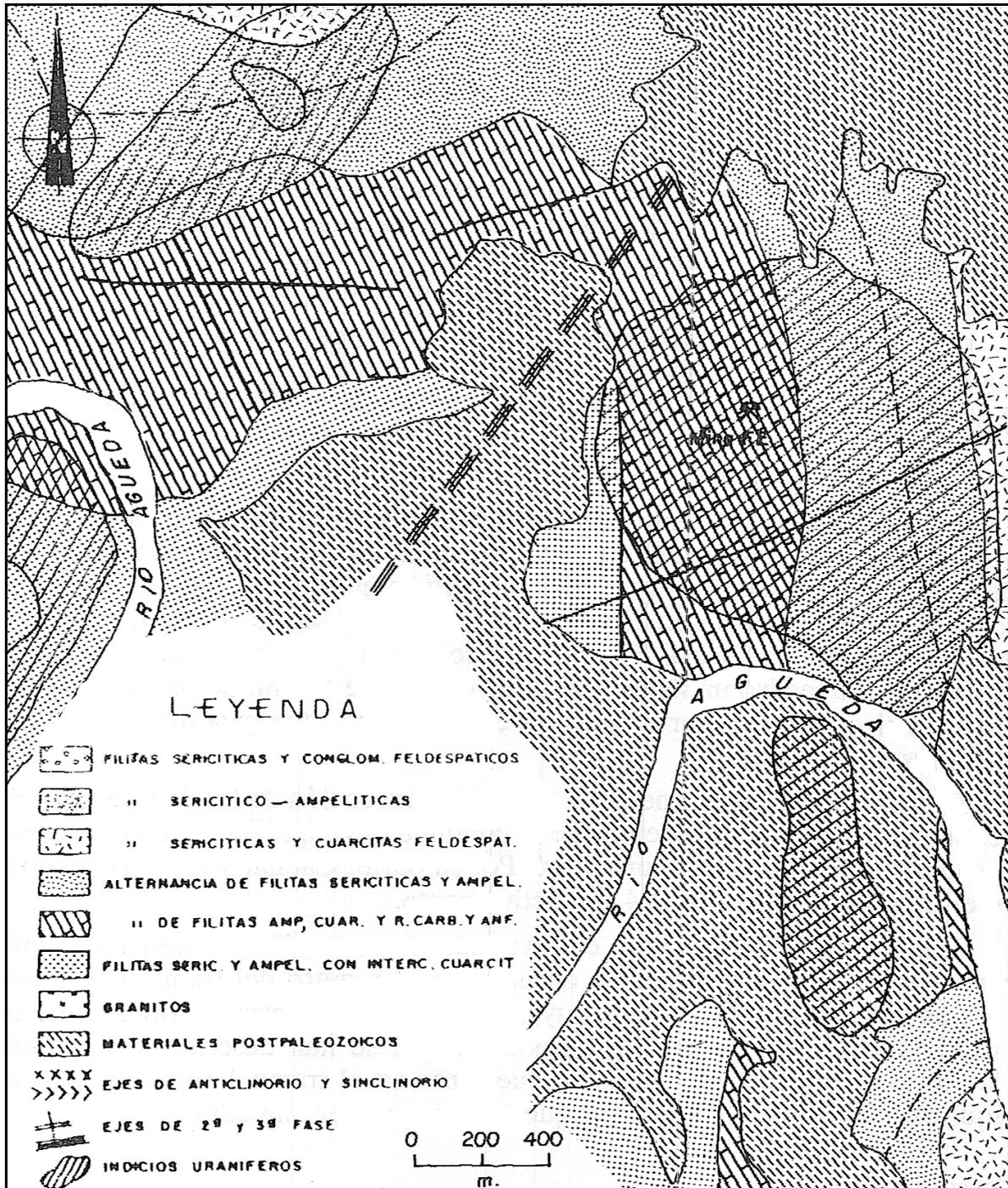
### **3.- MINA FE.**

#### **3.1.- GEOLOGÍA.**

El yacimiento de la mina Fe (Figura 4) pertenece al conjunto de indicios uraníferos existentes en las proximidades del río Águeda: Cuéllar, Sajeras, yacimiento Fe y zonas M y D. Se encuentra cerca de Saelices El Chico, en el km 8 de la carretera local Sa-324, que va de Ciudad Rodrigo a Lumbrales. Coordenadas U.T.M.: 29TGF0005.

Además de ser el yacimiento de uranio más importante de la Península Ibérica, ha sido, en los últimos años, el único en explotación hasta que en 1994 se comenzó a extraer mineral en la zona D. El yacimiento Fe se descubrió a finales de los años 50 por la JEN y en 1974 se puso en explotación por ENUSA, que también explota actualmente el yacimiento D. Ambos, yacimientos Fe y D, pertenecen a la mina Fe y se encuentran, respectivamente, en la margen derecha e izquierda del río Águeda. No obstante, nuestra área de estudio se restringe a la zona de mina Fe situada en la margen derecha del río Águeda, donde se localizan todas las escombreras de estéril.

Desde el punto de vista geológico en la zona del yacimiento Fe afloran fundamentalmente pizarras y esquistos carbonosos con pirita y grafito. Los sedimentos pelíticos (arcillosos) que le dieron origen eran bastante ricos en materia orgánica, como demuestran los contenidos de a veces hasta el 20% de grafito en dichas pizarras.



**Figura 4.** Esquema geológico y situación de las anomalías uraníferas en la zona del Río Águeda. Fuente: Martín Izard (1989).

Estos materiales experimentaron un metamorfismo regional débil a facies de esquistos verdes. Así los minerales principales de estas rocas son cuarzo, sericita, clorita y biotita. La mineralización consiste en una acumulación de minerales de uranio en fracturas y zonas brechifiadas de las pizarras, constituyendo una serie de filoncillos, generalmente, de anchuras milimétricas, con direcciones más o menos dominantes.

Las fracturas se originaron como consecuencia de los pliegues producidos durante las dos primeras fases del plegamiento hercínico, y por fracturas en etapas tardihercínicas; posteriormente los esfuerzos tectónicos alpinos reactivaron las fracturas existentes, dando lugar a la formación de brechas con características peculiares y de gran importancia desde el punto de vista metalogénico.

Los minerales primarios depositados en los filoncillos son pechblenda o uranita (óxido de uranio,  $UO_2$ ) y coffinita (silicato de uranio,  $SiO_4U(OH)_4$ ) y como ganga acompañan cuarzo, sulfuros, carbonatos y fluorita. Estos dan lugar, por meteorización, a minerales secundarios de uranio, que tienen una mayor dispersión entre las pizarras. Presentan una gran variedad mineralógica, encontrándose, entre otros, autunita (fosfato de uranio y calcio hidratado,  $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12 H_2O$ ), uranopilita (sulfato de uranio hidratado,  $(UO_2)_6(SO_4)_{10} \cdot 12 H_2O$ ), torbenita (fosfato de uranio y cobre hidratado,  $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10 H_2O$ ), uranotilo (silicato de uranio y calcio hidratado,  $Ca(UO_2)_2(SiO_3)(OH)_2 \cdot 5 H_2O$ ), etc.

En cuanto al origen de esta mineralización hay varias teorías para intentar su explicación, aunque ninguna definitiva. La más admitida considera que este uranio es de origen supergénico (de carácter exógeno), es decir, redepositado o precipitado a partir de las aguas de drenaje que lo transportaban de otras áreas. Esta precipitación se facilitaría en los ambientes reductores de estas pizarras carbonosas y piritosas del yacimiento. Según esto, al depositarse los sedimentos detríticos de la fosa de Ciudad Rodrigo, constituidos por materiales procedentes de áreas fuentes de granitos y pizarras circundantes (topográficamente más altas), las aguas que llevaban el uranio en disolución, extraído de aquellas áreas fuentes, depositaron el  $UO_2$  al alcanzar niveles reductores en profundidad. Posteriormente, los procesos erosivos recientes moldearon el paisaje de la penillanura actual y pusieron al descubierto en algunas zonas las pizarras mineralizadas.

Es importante destacar el hecho de que los minerales de uranio son acompañados, en el yacimiento Fe, por otros como pirita y carbonatos cálcicos. Estos últimos podrían generar ciertos

problemas en un tratamiento ácido, por elevar el consumo de este último, si bien, su cantidad es pequeña y globalmente pasan desapercibidos. La presencia de pirita dota al mineral de unas cualidades que le sitúan en condiciones muy ventajosas en relación a otros minerales donde está ausente. Esta cualidad principal se debe a que la pirita al oxidarse produce hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) que a su vez oxida al Uranio tetravalente a hexavalente, resultando entonces hidrosoluble; circunstancia en la que se basa el proceso de extracción del uranio en Mina Fe.

### **3.2.- EXPLOTACIÓN MINERA.**

El yacimiento de Mina Fe es imposible de explotar mediante labores subterráneas por razón de la errática geometría de la mineralización. Sin embargo, la escasa profundidad de la misma, permite la explotación a cielo abierto en condiciones ventajosas, aunque obliga a realizar una explotación con bancos (“escalones”) de baja altura, lo que, aunque mejora la selectividad, también encarece la producción.

Aunque los contenidos locales de mineral de uranio en las fracturas pueden ser elevados, la imposibilidad de una explotación individualizada de las mismas impide que la ley media conseguida supere las 700 ppm de  $\text{U}_3\text{O}_8$ . Como consecuencia de esta morfología, el diseño de los huecos de explotación y la confección de la planificación a corto plazo son complicados. La compacidad de la roca a arrancar hace necesaria la utilización de explosivos para su fracturación, motivo por el que se utiliza el sistema de explotación denominado de CORTA. La corta se realiza a cielo abierto, en bancos de 6 m de altura, en la actualidad.

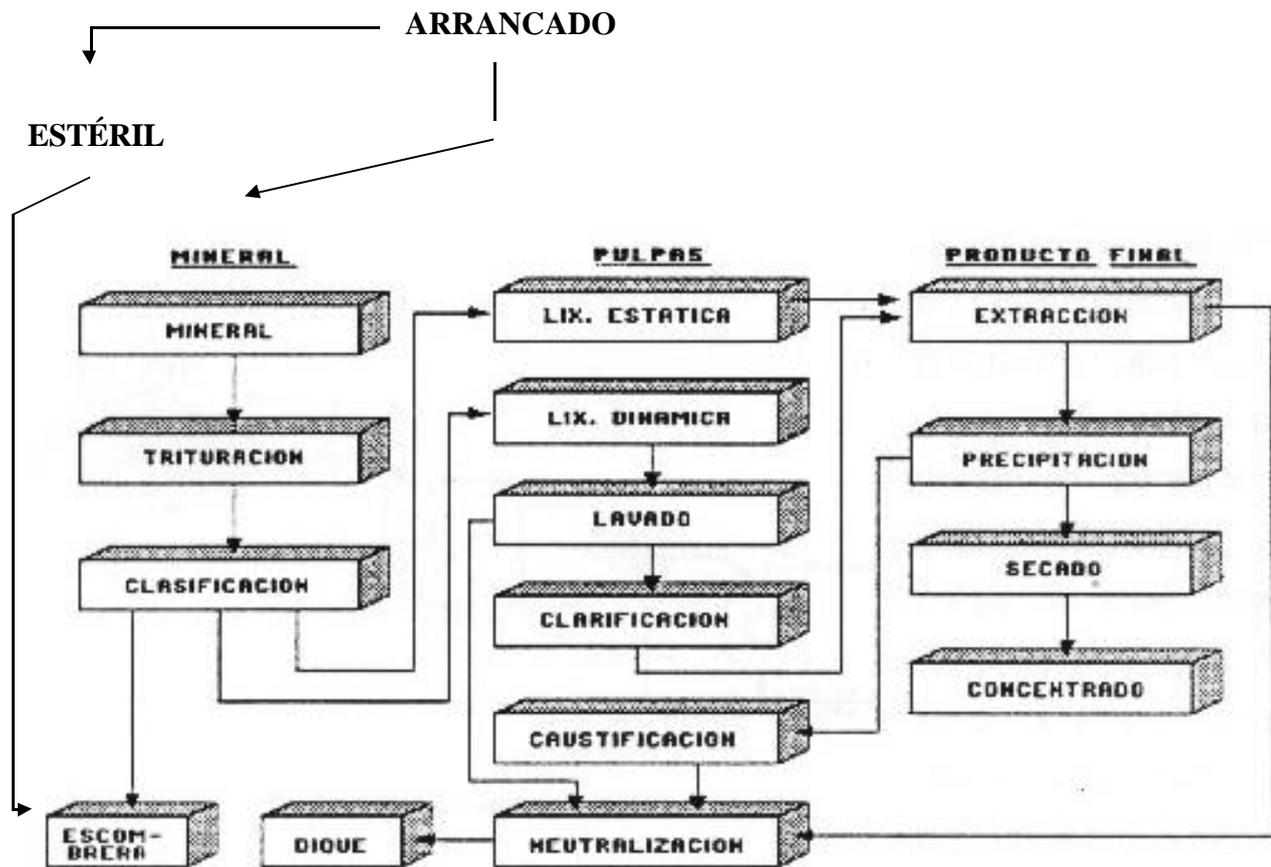
Los materiales volados son cargados en camiones y transportados a la planta de tratamiento o a una escombrera, dependiendo de que se trate de mineral o de estéril. La selección final del mineral se realiza mediante la medición, con un detector de centelleo situado en un pórtico metálico (arco radiométrico) por el que pasan los dumpers cargados, de la radiación gamma natural emitida por la carga. La radiación medida es convertida, por medio de un ordenador, en contenido de uranio y una señal luminosa indica al conductor la calidad de la carga transportada.

### **3.3.- CLASIFICACIÓN DEL MINERAL.**

La ley de corte que se aplica en la explotación del yacimiento Fe, que define lo que es estéril y lo que es mineral es de 0,2 ‰ en  $U_3O_8$ . Es decir, todas aquellas zafras con ley  $\leq 0,2\%$  se consideran estériles y por consiguiente se envían directamente a escombrera, o bien se utilizan como materia prima en la construcción de pistas para el paso de maquinaria, o para la construcción de diques, barreras u otras estructuras que configuran la fisonomía de la mina.

El mineral es triturado y posteriormente clasificado en tres fracciones granulométricas. La fracción más gruesa, de tamaños superiores a 15 mm, constituye el 60% del mineral total y presenta contenidos de uranio inferiores a lo que sería económicamente rentable procesar, por lo que también es rechazada y enviada directamente a escombrera. La fracción intermedia, comprendida entre tamaños de 15 mm y 1 mm, que constituye aproximadamente el 25% en volumen del mineral, tiene un contenido de uranio que la hacen muy adecuada para un tratamiento mineralúrgico mediante lixiviación (disolución) estática. Por último, la fracción más fina, con tamaños inferiores a 1 mm, que constituye el 15% en volumen del mineral entrante y contiene el 65% del uranio total, es tratada mediante lixiviación ácida en tanques agitados (lixiviación dinámica) (Figura 5).

El uranio se extrae actualmente en planta, gracias a una sofisticada tecnología, que entró en funcionamiento el 17 de mayo de 1993 y pasó a ser plenamente operativa el 7 de julio del mismo año. Las antiguas eras de lixiviación estática ya no se utilizan, aunque existe alguna nueva, donde el mineral de tamaño intermedio se apila, y tras ser regado con agua ácida se extrae el uranio. Estas antiguas eras de lixiviación estática constituyen un problema aparte, y deben ser tratadas antes de su desmantelamiento y revegetación para evitar problemas de contaminación. No obstante, no son el objeto del presente estudio.



**Figura 5.** Diagrama de bloques que explica las etapas que conforman el proceso de extracción del uranio. Fuente: proporcionado por E.N.U.S.A.

### 3.4.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS VERTIDOS ESTÉRILES Y SUELOS.

#### 3.4.1.- Características de los “suelos de pizarras en zonas semiáridas”.

En base al material original y al clima, Dorronsoro (1992) clasifica los suelos de las dehesas salmantinas en seis grandes unidades. Concretamente el área de estudio se incluye dentro de la unidad “suelos de pizarras en zonas semiáridas” (PzAr), cuyas principales características, según dicho autor, son:

## Materiales

originales: rocas metamórficas, pizarras principalmente, aunque también se encuentran presentes las filitas y las cuarcitas.

## Suelo

representativo: asociación de cambisoles/regosoles/leptosoles, con predominio de las subunidades eútricas frente a las dístricas. Tomando como suelo representativo de esta unidad el cambisol eútrico, se trata de suelos con perfil ABC, con un Bw de moderado desarrollo. El horizonte A es color claro, con importante contenido en limos (textura franco-limosa), de estructura tipo granular de débil grado de desarrollo y consistencia suelta. Los contenidos en materia orgánica son bajos (< 2 %), de pH ácido (6,7-5,5), baja capacidad de cambio (< 15 meq/100g de suelo) y moderadamente desaturado (55 %). En cuanto a las características hídricas, su capacidad de retención de agua es media/alta (20-35 % para presiones superiores a 1/3 atm o de un pF de 2,7) y su porcentaje de agua útil es alta (11-21 %). Se trata de un epipedón ócrico. El horizonte B suele ser de poco espesor y de baja evolución. Su color es pardo, de granulometría equilibrada, con más contenido en limo y en arcilla que el horizonte superficial. Su estructura se encuentra moderadamente desarrollada, de tipo bloques angulares y subangulares. El resto de propiedades son similares a las del horizonte superior, con menores contenidos en materia orgánica y con grados de saturación algo más elevados. La capacidad de reserva de agua útil es media-alta (80-150 mm), pero totalmente insuficiente para compensar el largo período de aridez climática que soportan estos suelos. La mineralogía de las arenas está constituida fundamentalmente por cuarzo (75-90 %) junto a una pequeña cantidad de biotita (5-10 %), compuestos de hierro (goethita y hematites, 5-10 %) y moscovita en cantidades escasas (< 5 %). En cuanto a las arcillas, son la illita, la caolinita y la clorita, los minerales presentes.

Siguiendo el índice de Storie para evaluar la productividad de un suelo, Dorronsoro (1992) incluye los suelos desarrollados sobre granitos y pizarras en el grado 4 o “bajo”, con bajas posibilidades de uso agrícola, aunque generalmente son buenos para pastos. Su principal limitación es su espesor. También son factores limitantes el contenido en nutrientes y la acidez excesiva. Según el índice de Riquier-FAO los suelos del área de estudio se incluyen en la clase 4 de “productividad pobre” (Dorronsoro, 1992).

Si bien se observa que los suelos sobre pizarras son en general algo más profundos que los de áreas graníticas, en las unidades de pizarras existen extensas áreas en las que afloran las rocas junto a suelos muy someros (leptosoles). Esta situación se atribuye al hecho de que las pizarras

pueden edafizarse fácilmente pero simultáneamente estos suelos presentan una clara facilidad para erosionarse (Dorronsoro, 1992).

### **3.4.2.- Características físico-químicas de los vertidos estériles y tierra vegetal.**

Una de las actividades del “Proyecto de Restauración y Revegetación de las superficies alteradas por las labores mineras” en Saelices fue el análisis de “vertidos estériles y tierra vegetal”. Se consideró necesario evaluar las características de la “tierra vegetal” disponible en la explotación, con el fin de utilizarla como enmienda de los vertidos estériles, acelerando la formación de suelo y el establecimiento de las distintas especies.

En relación al término “tierra vegetal”, hay que aclarar que la explotación de ENUSA emplea este término para hacer referencia a cualquier material utilizado en el recubrimiento de escombreras, que no sea la roca estéril. Se trata de materiales de menor granulometría que ésta, pero de procedencia variada. Principalmente distinguiremos tres tipos: arcosas, ripado y tierra vegetal propiamente dicha.

Las arcosas proceden de una pequeña cantera situada dentro de la mina junto a la ladera norte de la escombrera Fe-3-1.

El ripado procede de la propia meteorización de la roca pizarrosa, causada por las extracciones del mineral y trasiego de maquinaria pesada, junto con parte de suelo de la zona (totalmente mezclado) retirado para llevar a cabo la explotación.

La tierra vegetal propiamente dicha corresponde a la capa de suelo de la zona retirada, para proceder a la extracción del mineral. El grosor de la capa retirada varía, dependiendo de la profundidad del suelo en cada zona, desde unos centímetros hasta aproximadamente un metro o metro y medio; en cualquier caso hasta llegar a la roca madre. El suelo retirado desde el comienzo de la actividad minera en 1974 fue amontonado, en principio para su utilización posterior, dando lugar a una pequeña escombrera, denominada Escombrera de Tierra Vegetal (ETV). El suelo así amontonado no fue aireado, ni regado, es decir, no fue tratado para que conservase sus propiedades con el paso del tiempo, sino que fue abandonado y ha tenido un proceso natural de sucesión. En 1980 dejó de depositarse tierra vegetal en esta escombrera. A partir de entonces, la

tierra vegetal que se retiraba de las nuevas zonas de prospección y sondeo, mezclada con roca pizarrosa más o menos meteorizada, se ha utilizado, bajo la denominación de ripado, en el recubrimiento de las escombreras en fase de restauración. En cualquier caso, no se ha mantenido la disposición de los horizontes del suelo, el cual perdía sus características como tal, pero contenía semillas del banco del suelo, en mayor o menor proporción según la profundidad de la capa retirada. No podemos conocer la composición de semillas de estos sustratos en el momento de ser usados como tierra vegetal, pues nuestro estudio comenzó bastantes años después. Lo que sí se pone de manifiesto es la heterogeneidad de los sustratos utilizados en el recubrimiento de las escombreras, no sólo entre los distintos tipos sino también dentro de cada uno de ellos.

Una vez hechas estas consideraciones se pasa a presentar los resultados facilitados por ENUSA del análisis de muestras de los distintos materiales disponibles (Tablas 1 y 2). Los análisis fueron realizados a finales de 1985 (año en que se puso en marcha el Proyecto de restauración y Revegetación) y se determinó: pH, carbonatos, capacidad de intercambio catiónico, contenido en materia orgánica, textura y análisis cuantitativo de fósforo (P), potasio (K), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), plomo (Pb) y cadmio (Cd).

Los valores de pH obtenidos son muy bajos en el ripado de la plataforma de Fe-3-1 y de la berma de Fe-1 (muestras 5-12); en el resto de las zonas son algo más altos pero dentro de la clasificación de muy ácidos, a excepción de un valor de 7,12 en una de las muestras de la escombrera de Tierra Vegetal. En cualquier caso son valores bastante más bajos que los encontrados por Dorrnsoro (1992) en los cambisoles eútricos sobre pizarras en ambientes semiáridos.

El ripado carece de carbonatos y prácticamente de materia orgánica, posee muy baja capacidad de intercambio catiónico, muy bajo contenido en fósforo (inferior a los umbrales agrícolas), mientras que potasio, manganeso, zinc, cobre y plomo aparecen en cantidades tan elevadas que posiblemente causen problemas de toxicidad vegetal y animal. Sin embargo, no se detecta cadmio en estas muestras.

**Tabla 1.** Relación de muestras y lugares en que fueron tomadas.

Nº Muestra	Lugar donde fue tomada
1	Escombrera de tierra vegetal
2	“
3	“
4	“
5	Ripado de la plataforma de Fe-3-1
6	“
7	“
8	“
9	Ripado de la berma de Fe-1
10	“
11	“
12	“
13	Cantera de arcosas
14	“
15	Arcosas de la balsa de aguas tratadas
16	“
17	Arcosas de la balsa de aguas de lluvia
18	“

**Tabla 2.** Resultados del análisis de vertidos estériles y tierra vegetal (ENUSA).

Nº Muestra	pH	(%) CO <sub>3</sub> Ca	C.I.C meq/100g	(%) M.O.	Textura	P ppm	K ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Cd ppm
1	4,22	0	16,07	0,78	franca	0,33	960	940	96	44	28	N.D.
2	7,12	0	28,28	0,20	“	0,33	1.040	900	98	48	28	“
3	4,24	0	10,93	0,50	“	0,42	1.400	860	130	52	26	“
4	4,75	0	15,43	0,47	“	0,32	460	760	112	40	26	“
5	3,11	0	11,57	0,00	“	0,37	840	680	116	56	22	“
6	4,23	0	12,34	0,00	franco-arenosa	0,32	680	540	140	52	42	“
7	2,50	0	7,07	0,24	“	0,43	420	880	108	52	58	“
8	4,05	0	6,69	0,32	“	0,48	900	820	172	56	26	“
9	4,09	0	7,20	0,15	franca	0,35	780	1.620	194	74	38	“
10	3,31	0	6,81	0,07	“	0,42	1.000	1.280	136	68	58	“
11	2,44	0	5,79	0,36	franco-arenosa	0,45	1.200	700	108	36	46	“
12	2,55	0	6,56	0,06	“	0,44	960	720	124	70	46	“
13	4,76	0	17,36	0,00	“	0,20	1.120	580	26	8	10	“
14	4,71	0	12,86	0,24	franc-arc-aren	0,17	1.060	540	26	8	10	“
15	4,34	0	14,40	0,32	franco-arenosa	0,31	820	160	22	6	12	“
16	4,86	0	12,34	0,59	“	0,32	1.100	340	40	20	20	“
17	4,46	0	20,83	0,12	franc-arc-aren	0,30	1.580	120	34	6	12	“
18	4,70	0	15,56	0,12	“	0,22	1.200	60	30	6	8	“

N.D. = no detectable.

Fuente: Datos proporcionados por ENUSA.

Las arcosas también carecen de carbonatos y prácticamente de materia orgánica, pero su capacidad de intercambio catiónico es ligeramente superior a la medida en las muestras de pizarras; también la homogeneidad de las muestra es mayor. Son deficientes en fósforo y posiblemente en manganeso, aunque en potasio presentan valores mayores que las pizarras. Sin embargo, no se aprecian problemas por alto contenido en zinc, cobre o plomo, y tampoco se detecta presencia de cadmio.

La ausencia de carbonatos también se pone de manifiesto en los “suelos sobre pizarras en ambientes semiáridos” descritos por Dorronsoro (1992). Sin embargo, el contenido en materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico son inferiores, tanto en ripado como en arcosas, respecto a los suelos característicos de la zona de estudio.

La tierra vegetal, aunque posee una buena textura franca, presenta valores similares a los del material de procedencia, para los distintos aspectos analizados. Carece de carbonatos y prácticamente de materia orgánica, tiene una capacidad de intercambio catiónico baja, similar a la de las arcosas y algo más próxima a la de los suelos de la zona, bajo contenido en fósforo, alto en potasio, manganeso, zinc, cobre y plomo, y ausencia de cadmio.

En cuanto a la textura del ripado predomina la textura franco-arenosa y en las arcosas oscila entre la franco-arenosa y la franco-arcillo-arenosa.

#### **4.- ASPECTOS FITOGEOGRÁFICOS Y USO HUMANO.**

Desde el punto de vista fitogeográfico, y siguiendo los criterios establecidos por Rivas Martínez (1987), el área de estudio se sitúa en la Región Florística Mediterránea, Subregión Mediterránea Occidental, Superprovincia biogeográfica Mediterráneo-Ibéroatlántica y, dentro de ella, en la Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa, que ocupa la mayor parte de la provincia salmantina: desde las sierras (vertientes meridionales por encima de los 700 m sobre el nivel del mar), y todas las vertientes septentrionales hasta ambas penillanuras, la granítica y la pizarrosa, así como la fosa de Ciudad Rodrigo.

La inmensa mayoría del territorio de la Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa, en las tierras salmantinas, pertenece al también denominado Sector Salmantino, donde se encuentran el 90 % de los encinares adhesados de la provincia y, por lo tanto, el área de estudio.

En síntesis la posición fitogeográfica de Mina Fe se reduce a:

Región Mediterránea  
Subregión Mediterránea Occidental  
Superprovincia Mediterránea-Ibéroatlántica  
Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa.  
Sector Salmantino.

El Sector Salmantino se adscribe a la Serie de Vegetación Supra-Mesomediterránea Salmantina, Lusitano-Duriense y Orensano-Sanabriense, silicícola, de la encina (*Genista hystricis* - *Querceto rotundifoliae sigmetum*).

Esta serie queda justificada por sus autores (Navarro Andrés y Valle Gutiérrez, 1987), mencionando que apenas le restan elementos del bosque mediterráneo. El bosque teóricamente climácico tendría, según los autores, aparte de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, a *Genista hystrix*, *Daphne gnidium* y *Hyacinthoides hispanica* como elementos característicos. La primera etapa de degradación estaría constituida por un matorral denso de carrascas, *Genista hystrix*, *Cytisus multiflorus*, y *Retama sphaerocarpa* en las faciasiones mesomediterráneas. Una etapa más degradada tendría como elementos diferenciadores: *Cistus ladanifer*, *Halimium ocymoides*, *Helichrysum serotinum* y *Halimium viscosum*.

Sin embargo, como expone García Rodríguez (1992), no todo el Sector Salmantino está ocupado por esta serie en su faciación típica. Según este autor, en la provincia de Salamanca, el gradiente bioclimático, el carácter ecotónico y la superposición distorsionante (uniformizadora o diversificadora dependiendo de las áreas), que ha provocado el impacto humano, hace que se presenten diversas faciasiones de la serie del encinar, introgradadas con quejigales, alcornoques y con series de robledal desplazadas por dicha serie. Por otro lado, desde el punto de vista ecológico se han dividido dos tipos de encinar en el Sector Salmantino: el carrascal castellano, que

correspondería con el nororiental, oriental y central (el más seco y continentalizado), y el carrascal lusitano de tendencia más cálida y húmeda, correspondiéndose con los encinares a poniente de Ciudad Rodrigo y los presentes en los valles, claramente mediterráneos del Alagón.

En concreto el área de estudio pertenece, dentro del Sector Salmantino, a la Faciación con *Retama sphaerocarpa*, de tendencia claramente Mesomediterránea, que se extiende en la zona occidental de la provincia, por la fosa de Ciudad Rodrigo hacia la frontera portuguesa, en el ámbito del encinar lusitano.

Mientras que está bastante aceptado el alto valor descriptivo de las series de vegetación cartografiadas en la actualidad, cuando se trabaja a un nivel macropaisajístico, se han producido algunas críticas en relación a la falta de conexión que existe entre las series de vegetación establecidas y la teoría climática. Unos consideran estas series como unidades geobotánicas que tratan de expresar todo el proceso de la sucesión que puede producirse en un área ecológica homogénea (tesela) tanto por causas naturales como por la acción humana (Rivas Martínez *et al.*, 1984). Otros que las series descritas y cartografiadas no se corresponden a veces de manera suficientemente fidedigna con los gradientes bioclimáticos, ni con los suelos, y, en consecuencia, no son series auténticamente climatófilas ni geoseries edafológicas, sino más bien tienen un significado de manejo histórico humano (García Rodríguez, 1992).

Una vez hechas estas consideraciones y con objeto de conocer, con más detalle, las peculiaridades locales de la vegetación de la zona de estudio se ha muestreado en la zona de dehesa próxima a la explotación minera (ver [Capítulo II](#) de Resultados). Se trata de una dehesa de *Quercus ilex* subsp. *ballota* que se utilizaba para pasto, por vacas y ovejas en régimen extensivo y con una carga ganadera media-baja, hasta que en 1974 comenzó la actividad extractiva de uranio en la zona. A partir de ese momento se dejó de utilizar con fines ganaderos y no ha vuelto a ser utilizada por el hombre, habiendo transcurrido, en el momento del muestreo, 20-22 años tras la exclusión del ganado. La especie de matorral más abundante en la zona es la escoba blanca (*Cytisus multiflorus*).

## 5.- ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS.

La mina de ENUSA en Saelices El Chico dispone de observatorio meteorológico propio desde 1980, que aparece registrado en el Instituto Nacional de Meteorología con el código: 2946I. Esta circunstancia ha permitido la realización de un pequeño estudio climático de la zona.

Entre los factores ambientales, el clima es uno de los más importantes. Su efecto sobre los elementos abióticos y bióticos es de tal transcendencia, que determina en gran parte el funcionamiento del ecosistema (Oliver-Moscardó y Luis-Calabuig, 1979; Luis Calabuig, 1992).

Sabido es que, la relación de la climatología con los fenómenos fitológicos es altamente significativa. El clima determina la vegetación, que se “adapta” en todo momento a sus ritmos y fluctuaciones. Las variaciones anuales de los fenómenos meteorológicos son las causantes de los ciclos fenológicos de las plantas y de su productividad, es decir, actúan como un factor limitante sobre el primer nivel trófico del ecosistema, y por esa misma razón lo son de toda la cadena trófica (Oliver-Moscardó y Luis-Calabuig, 1979; Luis Calabuig, 1992).

En el estudio climático, la validez de los resultados depende en gran medida de la calidad de las series de observación. Ésta depende, a su vez, de: a) la longitud o tamaño de la muestra. b) la homogeneidad de los datos y c) la coincidencia temporal de las observaciones entre estaciones diferentes, a fin de poder establecer comparaciones.

### a) La longitud.

La organización meteorológica mundial ha establecido en 30 años el período representativo de las series climáticas (Fernández García, 1995). Sin embargo, esta medida es poco consistente desde el punto de vista estadístico, debido a la multiplicidad de factores que inciden sobre los elementos del clima (Fernández García, 1995).

Desde este punto de vista el número de años necesarios para que la serie sea representativa (con un nivel de confianza del 95%) (Fernández García, 1995), ha de ser igual o superior a:

$$(1,96 \sigma)^2 / (0,05 \bar{x})^2$$

En la mina de ENUSA en Saelices, las precipitaciones anuales correspondientes al período 1980-1996 tienen una media de 499,4 mm y una desviación de 169 mm. El número de años necesarios para que la media fuese representativa es de 176 años.

En el caso de las temperaturas medias anuales correspondientes al período 1981-1996, la media es de 12,7 °C y la desviación típica de 0,7 °C. El número de años necesarios para que la media fuese representativa es de 5 años.

Por tanto, se dispone de información suficiente sobre temperaturas e insuficiente sobre precipitaciones, para hacer una buena caracterización climática de la zona. No obstante las series de información disponibles coinciden con el momento en que las zonas restauradas más viejas comienzan a sufrir un proceso natural de colonización y sucesión.

#### **b) La homogeneidad.**

Se ha comprobado la homogeneidad de las variables climáticas (Precipitación anual y Temperatura media anual). Para ello se ha utilizado el test de Helmer o de las permanencias (tomado de Fernández García, 1995).

En la tabla 3 aparecen recogidas las series de observaciones correspondientes al período 1980-1996 para precipitación y 1981-1996 para temperatura, así como el signo de cada elemento de las series y el número de permanencias y cambios.

En ambas series se acepta la homogeneidad.

**Tabla 3.** Signo y permanencias de cada uno de los elementos de la serie de precipitación y de la de temperatura.

n <sub>p</sub> = 17 años (80- 96)			n <sub>t</sub> = 16 años (81-96)	
Año	Signo	Permanencias	Signo	Permanencias
1980	-		-----	-----
1981	-	p	+	
1982	-	p	-	c
1983	-	p	-	p
1984	+	c	-	p
1985	+	p	-	p
1986	-	c	+	c
1987	+	c	+	p
1988	+	p	-	c
1989	+	p	+	c
1990	-	c	+	p
1991	-	p	+	p
1992	-	p	-	c
1993	+	c	-	p
1994	-	c	-	p
1995	-	p	+	c
1996	+	c	-	c

### 5.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES.

En la tabla 4 aparecen los resultados de la media ( $\bar{x}$ ), cuasivarianza ( $\sigma_{n-1}$ ) y coeficiente de variación (C.V.) correspondientes a las doce series mensuales de precipitación (1980-1996) y de temperatura (1981-1996), en Mina Fe.

**Tabla 4.** Valores de  $\bar{x}$ ,  $\sigma_{n-1}$  y C.V. de las 12 series mensuales de precipitación y temperatura.

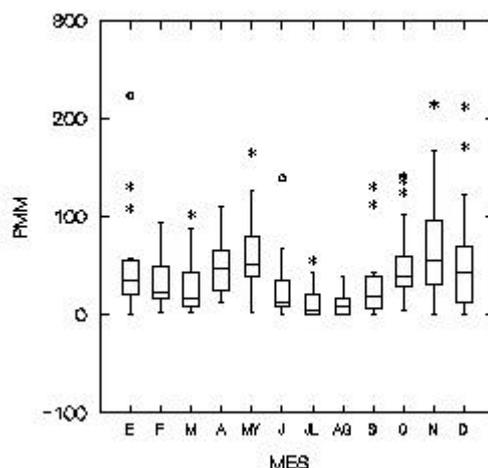
<b>Temperatura media mensual</b>													
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>My</b>	<b>J</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anual</b>
<b>x</b>	4,8	6,2	8,5	10,2	13,9	18,5	22,4	21,8	18,5	12,8	9,1	6,2	12,73
<b><math>\sigma_{n-1}</math></b>	1,3	1,5	1,7	1,6	2,2	1,4	1,5	1,4	2,2	2,4	1,3	1,5	0,73
<b>C.V.</b>	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,05
<b>Temperatura media mensual de mínimas</b>													
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>My</b>	<b>J</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anual</b>
<b>x</b>	-0,3	0,6	2,0	4,0	7,0	10,6	13,3	12,8	10,7	6,8	3,7	1,5	6,0
<b><math>\sigma_{n-1}</math></b>	1,7	1,6	1,5	1,3	1,5	0,9	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	2,0	0,7
<b>C.V.</b>	4,9	2,7	0,7	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	1,3	0,1
<b>Temperatura media mensual de máximas</b>													
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>My</b>	<b>J</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anual</b>
<b>x</b>	10,1	11,9	15,1	16,7	20,9	26,5	31,5	31,0	26,6	19,1	14,6	11,0	19,6
<b><math>\sigma_{n-1}</math></b>	1,4	2,1	2,5	2,1	3,0	2,1	2,0	1,6	2,9	3,2	2,0	1,3	0,9
<b>C.V.</b>	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,05
<b>Precipitación media mensual</b>													
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>My</b>	<b>J</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anual</b>
<b>x</b>	51,0	34,8	30,4	50,4	63,4	28,8	14,9	11,0	31,	55,9	69,9	58,0	499,43
<b><math>\sigma_{n-1}</math></b>	57,5	28,7	31,0	31,4	44,0	34,6	18,5	11,2	36,7	43,8	58,5	60,0	174,10
<b>C.V.</b>	1,1	0,8	1,0	0,6	0,7	1,2	1,2	1,0	1,2	0,8	0,8	1,0	0,34

Se observa que, para los valores de temperatura media mensual y temperatura media mensual de máximas, la dispersión dentro de cada una de las doce series mensuales es más bien baja y no experimenta apenas variación entre series, siendo algo menor entre las series de temperatura media mensual de máximas. Para los valores de temperatura media mensual de mínimas, la dispersión dentro de algunas series es muy alta, sobre todo en las correspondientes a los meses de enero,

febrero, marzo y diciembre, existiendo, por tanto, importantes diferencias entre estas series mensuales y el resto.

Para los valores de precipitación mensual, la dispersión dentro de las series es, en general, más alta que en el caso de los valores de temperatura, aunque para ninguna serie se alcanza una dispersión tan alta como en las series de temperatura media mensual de mínimas de enero y febrero. La mayor dispersión de los valores de precipitación se da en las series de junio, julio y septiembre.

Dada la mayor variabilidad que presenta, en general, la pluviometría, es mucho más representativo el uso de gráficos tipo Box-plot como el que aparece en la figura 6, correspondiente a las doce series mensuales de precipitaciones en Mina Fe durante el período 80-96.



**Figura 6.** Gráfico “en caja” (box-plot) de los regímenes pluviométricos mensuales de ENUSA (1980-1996).

El gráfico facilita la comparación de las medianas, los rangos y los valores extremos de cada una de las series. El procedimiento empleado consiste en dividir cada una de las series mensuales en cuatro áreas de igual frecuencia. Los límites superiores e inferiores del rectángulo o caja corresponden al cuartil inferior (25%) y superior (75%) de la serie y la línea horizontal que lo divide es la mediana (50%). Por tanto, en el rectángulo o caja se encuentra el 50% de todos los datos. Del rectángulo salen dos líneas verticales, cuya longitud es equivalente a 1,5 veces el valor del rango intercuartílico y se señalan los valores que quedan fuera de ambos rangos.

En el caso de las precipitaciones mensuales de ENUSA se pone de manifiesto la gran variabilidad que existe, en general, en todas las series, aunque parece menor en el mes de agosto. Se observa también la importancia de las precipitaciones máximas, especialmente frecuentes en los meses de primavera y otoño.

## **5.2.- DIAGRAMA OMBROTÉRMICO.**

En la figura 7 se ha representado el diagrama ombrotérmico correspondiente al enclave de la mina de ENUSA en Saelices, siguiendo el modelo de Bagnouls y Gaussen (1957) y acompañado de los complementos propuestos por Walter y Lieth (1960).

Cabe destacar que no hay período hiperhúmedo y que el período Xérico dura aproximadamente tres meses, desde el primer tercio de junio hasta el segundo tercio de septiembre.

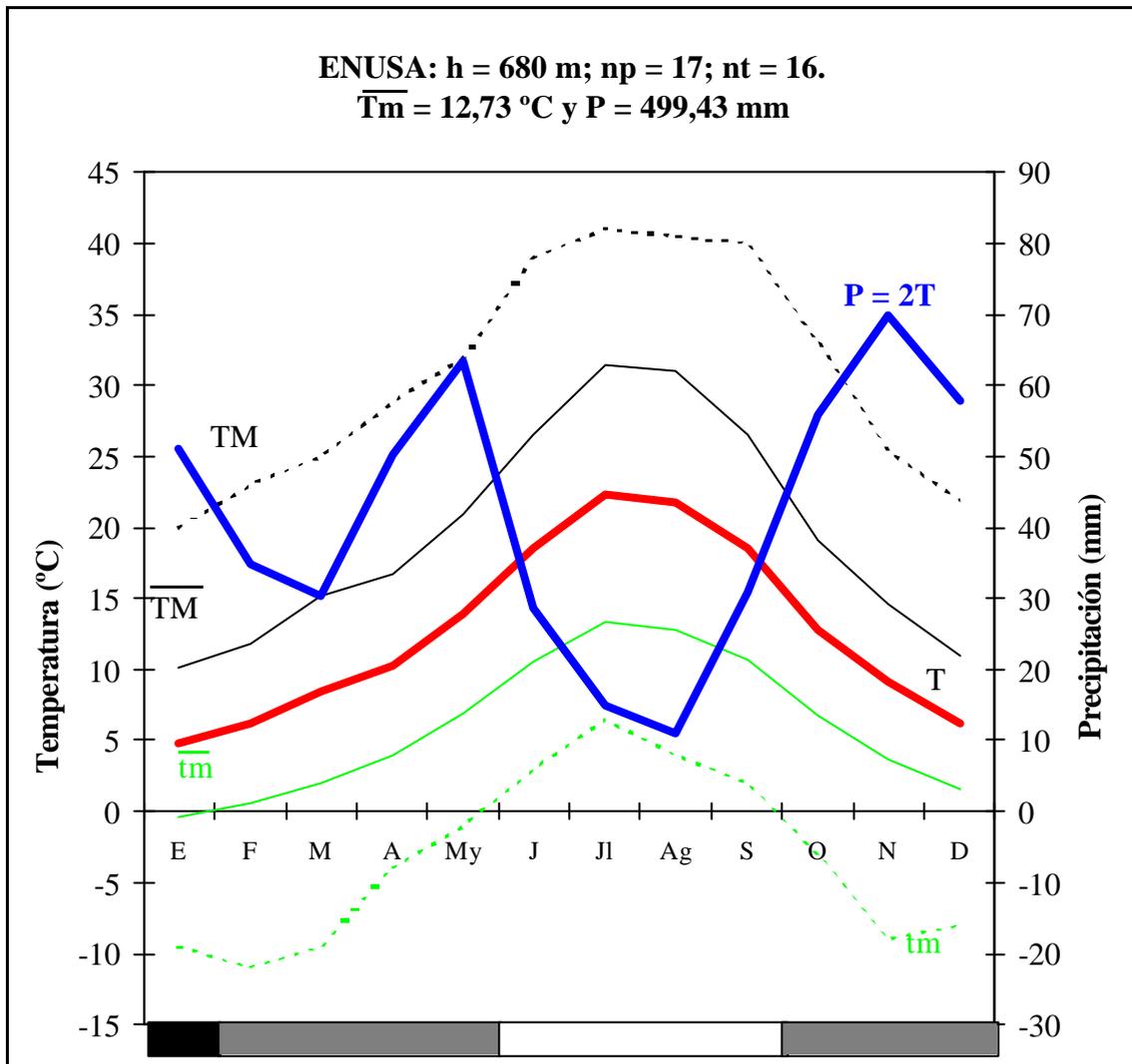
### ***Análisis Pluviométrico.***

Las precipitaciones mínimas se recogen en el mes de agosto ( $\bar{x} = 11,0$  mm), seguido del mes de julio ( $\bar{x} = 14,9$  mm). El descenso de la precipitación hacia julio es tan brusco como el incremento hacia el otoño desde agosto, apareciendo la primavera aparentemente algo más seca que el otoño.

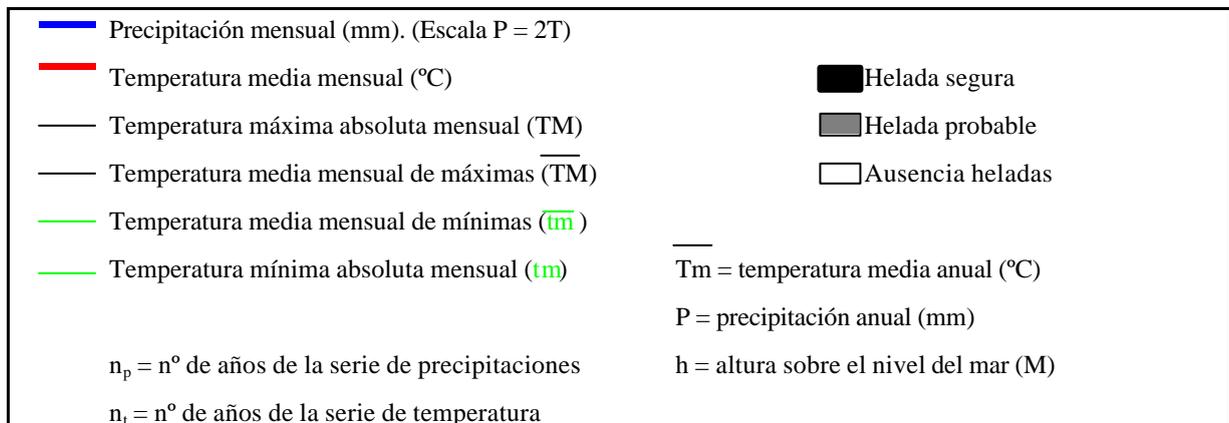
La oscilación pluviométrica entre el mes más lluvioso (noviembre) y el mes más seco (agosto) es de 58,8 mm. Oscilación que se puede considerar baja si se compara con otras zonas de la provincia de Salamanca, pero en estrecha relación con la precipitación anual (499,4 mm), con la que está correlacionada linealmente (Oliver-Moscardó y Luis Calabuig, 1979) y que sitúa el área de estudio dentro de la zona fitoclimática del encinar lusitano.

La evolución de la pluviometría a lo largo del año mantiene una cierta constancia o variabilidad muy pequeña en cuanto a la distribución de la lluvia en meses no estivales. La línea de precipitaciones presenta unas ondulaciones suaves con máximas y mínimas alternativas, que todavía aparecerían más suavizadas si el período de observación fuese más largo (conviene recordar que  $n_p$

= 17). Seguramente llegan hasta la zona de estudio muy poco activos los frentes lluviosos, sobre todo los del suroeste (Oliver-Moscardó y Luis-Calabuig, 1979).



**Banda de Heladas**



**Figura 7.** Diagrama ombrotérmico de Mina Fe, banda de heladas y representación de TM,  $\overline{TM}$ , tm,  $\overline{tm}$ .

Si analizamos detalladamente la información mensual disponible sobre la lluvia máxima caída en 24 h, el número de días de lluvia, el número de días de granizo y el número de días de nieve se deduce que:

1.- El número de días que ha granizado en el período 1980-1996 es de 6 y se concentra en los años 1985, 1986 y 1996, con dos días de granizo por año. En 1985 graniza un día en marzo y otro en diciembre, en 1986, un día en marzo y otro en abril y, en 1996, un día en abril y otro en julio, aunque este último ya no afecta a los muestreos.

2.- El número de días de nieve en el período 1980-1996 es de 28, de los cuales 16 pertenecen al período 1983-1987 y 12 al período 1988-1996. En general, las últimas nieves se detectan en el mes de abril y las primeras en enero, es decir, se concentran en el primer cuatrimestre del año.

3.- Se observa que, en general, la distribución de las precipitaciones dentro de cada mes es bastante irregular (Tabla 5), concentrándose la precipitación mensual en unos cuantos días del mes, y con máximos en 24 h que constituyen una parte importante de la precipitación total mensual. Dentro de cada mes existen fluctuaciones, entre los distintos años de la serie, en el número de días de lluvia al mes, y en la máxima lluvia caída en 24 h. También, entre los distintos meses de un mismo año. No parece existir un patrón común a los distintos años de la serie, en cuanto a la distribución mensual del número de días de lluvia y de los máximos caídos en 24 h, por lo que habría que estudiar cada año por separado. Debido a lo tedioso que resultaría ese análisis, el estudio detallado se centra en los años de muestreo (1994, 1995 y 1996) y en el año anterior (1993).

En 1993, prácticamente en todos los meses del año, por lo menos la mitad de la precipitación mensual se concentra en un sólo día, excepto en abril, mayo y noviembre. Aun así, llueve 77 días del año y sólo en diciembre toda la precipitación mensual cae en un solo día. Únicamente en agosto no llueve nada.

En 1994, en los meses de marzo, abril, agosto, septiembre y diciembre, por lo menos la mitad de lo que llueve al mes cae en un día. Sólo en abril toda la precipitación mensual se concentra en un solo día, y no llueve nada en junio y julio. Ese año hubo 62 días de lluvia.

**Tabla 5.** Precipitación mensual (p), lluvia mensual máxima caída en 24 h (max) y nº de días de lluvia al mes (días), período 1980-1996.

		E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
<b>1980</b>	<b>p</b>	0,0	25,7	28,3	65,9	52,4	9,7	4,2	7,8	0,0	50,8	11,4	9,4
	<b>max</b>	0,0	---	6,2	35,3	19,8	5,0	4,2	3,3	0,0	---	---	---
	<b>días</b>	0	---	11	6	11	4	1	3	0	---	---	---
<b>1981</b>	<b>p</b>	0,0	19,9	42,5	24,4	44,1	29,0	0,2	25,7	18,6	25,3	0,0	123,3
	<b>max</b>	0,0	11,2	---	5,0	10,5	17,3	0,2	17,2	13,3	15,2	0,0	25,5
	<b>días</b>	0	5	---	10	11	6	1	4	5	5	0	19
<b>1982</b>	<b>p</b>	32,0	21,8	12,5	12,2	38,6	42,0	3,3	19,7	112,0	11,6	96,5	38,4
	<b>max</b>	12,0	9,8	6,0	6,2	20,4	12,8	2,0	17,3	60,6	8,3	40,8	10,0
	<b>días</b>	10	5	4	7	4	6	3	3	12	5	10	10
<b>1983</b>	<b>p</b>	2,6	24,1	4,4	111,5	69,4	11,8	21,9	8,6	4,8	36,2	131,0	63,8
	<b>max</b>	1,6	6,0	1,8	22,8	26,7	7,2	11,5	3,8	3,2	17,6	28,3	20,2
	<b>días</b>	3	6	4	15	8	5	5	5	2	5	15	7
<b>1984</b>	<b>p</b>	30,4	4,3	102,1	64,1	85,3	68,9	5,2	19,0	7,7	35,9	167,9	55,2
	<b>max</b>	11,5	1,7	23,6	34,9	20,6	34,2	5,2	19,0	5,7	10,7	26,5	31,5
	<b>días</b>	10	3	9	8	11	6	1	1	2	8	15	7
<b>1985</b>	<b>p</b>	55,4	94,9	17,1	57,7	62,1	26,5	1,7	0,0	8,0	5,4	119,2	73,6
	<b>max</b>	14,2	38,0	7,2	19,2	16,8	22,2	1,7	0,0	6,0	3,2	49,0	25,2
	<b>días</b>	10	11	5	8	8	2	1	0	3	2	8	7
<b>1986</b>	<b>p</b>	52,5	87,7	10,9	31,6	3,6	7,4	0,8	0,0	130,2	36,6	41,4	27,1
	<b>max</b>	26,4	28,	6,5	6,2	1,8	7,4	0,8	0,0	---	---	---	---
	<b>días</b>	8	9	3	8	3	1	1	0	---	---	---	---
<b>1987</b>	<b>p</b>	131,7	68,4	30,0	98,6	50,3	23,9	40,9	14,0	40,3	103,2	29,5	48,3
	<b>max</b>	42,1	23,9	10,5	---	---	16,0	22,0	---	---	16,5	---	---
	<b>días</b>	8	11	7	---	---	4	6	---	---	16	---	---
<b>1988</b>	<b>p</b>	109,0	17,0	2,2	96,1	76,2	140,2	55,5	0,6	4,6	137,9	54,2	0,0
	<b>max</b>	21,3	9,7	1,2	40,0	38,0	26,2	38,5	0,6	4,6	56,0	23,7	0,0
	<b>días</b>	14	4	2	11	10	17	4	1	1	9	8	0
<b>1989</b>	<b>p</b>	21,2	36,9	44,1	72,8	80,6	34,5	11,0	7,5	16,0	46,4	215,4	212,6
	<b>max</b>	12,2	14,0	28,0	28,5	21,0	16,6	8,7	4,5	14,0	16,5	---	---
	<b>días</b>	3	7	4	12	9	4	3	3	3	7	---	---
<b>1990</b>	<b>p</b>	58,3	9,6	12,0	32,4	23,8	1,0	6,9	18,0	27,3	125,8	55,4	13,4
	<b>max</b>	22,5	6,6	10,0	12,5	11,0	1,0	6,6	11,9	11,4	28,0	29,6	6,2
	<b>días</b>	7	4	2	7	6	1	2	3	4	17	8	5
<b>1991</b>	<b>p</b>	49,6	48,6	87,6	15,2	15,0	3,6	38,0	0,0	12,4	51,2	32,0	20,8
	<b>max</b>	30,0	11,0	31,0	5,6	14,0	3,6	31,2	0,0	6,2	17,2	13,6	9,6
	<b>días</b>	10	13	12	7	2	1	3	0	6	11	6	6
<b>1992</b>	<b>p</b>	26,0	2,0	20,0	47,6	17,2	9,7	0,7	40,0	29,2	58,8	10,4	42,6
	<b>max</b>	17,0	2,0	17,2	17,2	3,6	3,8	0,7	26,8	29,2	19,0	8,8	22,8
	<b>días</b>	4	1	0	7	9	6	1	3	2	13	2	9
<b>1993</b>	<b>p</b>	0,0	6,3	8,6	55,9	127,8	55,0	0,0	8,3	42,6	142,2	58,4	7,2
	<b>max</b>	0,0	4,0	4,3	24,7	25,6	29,5	0,0	7,5	20,6	89,0	17,0	7,2
	<b>días</b>	0	3	4	9	16	8	0	2	9	12	8	1
<b>1994</b>	<b>p</b>	38,1	64,1	8,8	38,0	125,2	0,0	0,0	1,7	4,4	29,0	51,3	6,9
	<b>max</b>	15,7	20,0	4,2	38,0	38,8	0,0	0,0	1,3	2,9	7,3	19,5	2,7
	<b>días</b>	6	12	3	1	9	0	0	2	4	13	9	3
<b>1995</b>	<b>p</b>	36,2	38,8	6,6	15,2	39,6	13,9	44,5	16,3	30,0	15,4	56,3	70,8
	<b>max</b>	11,3	22,8	4,6	5,5	12,7	6,2	35,1	12,8	13,1	12,9	24,3	50,2
	<b>días</b>	11	9	3	3	10	4	2	3	5	5	9	11
<b>1996</b>	<b>p</b>	224,4	21,8	78,8	16,9	165,9	13,0	19,0	0,0	38,7	38,5	57,1	172,4
	<b>max</b>	54,2	7,5	32,8	5,2	34,3	1,3	11,6	0,0	15,0	17,5	20,8	---
	<b>días</b>	25	8	12	6	14	1	3	0	10	6	10	---

En 1995, llovió en 75 días del año. En febrero, marzo, junio, julio, agosto, octubre y diciembre, por lo menos la mitad de la precipitación mensual se concentra en un solo día. Lluve en todos los meses y en ninguno toda la precipitación cae en un solo día. El reparto es más equitativo, con 14 días de lluvia entre mayo y junio.

En 1996 hubo lluvia en 95 días. Sólo en junio la precipitación total del mes cayó en un solo día y en julio más de la mitad cayó en un día. En el resto de los meses las precipitaciones caídas se reparten entre un número de días que oscila entre 6 y 25. Sólo en agosto no llueve nada.

### ***Análisis termométrico.***

La temperatura media anual es de 12,7 °C, por lo que estaría en el grupo de zonas frescas con temperatura entre 12 °C y 14 °C.

En la curva de evolución general de temperaturas cabe destacar que las de verano se mantienen más tiempo hacia el otoño, produciéndose después un descenso más rápido, aunque relativamente tarde (segunda mitad de septiembre). La recuperación primaveral desde febrero hasta junio, meses en los que se alcanzan valores semejantes a los de diciembre y septiembre respectivamente, es más lenta y suave.

El mes más frío corresponde a enero con una temperatura media mensual de 4,8 °C, mientras que el mes más cálido corresponde a julio con una temperatura media de 22,4 °C. La oscilación térmica entre ambos meses (17,6 °C) es baja y próxima a la oscilación media de 18°C estimada para la provincia de Salamanca (Oliver-Moscardó y Luis Calabuig, 1979). La baja oscilación térmica y la relativamente alta temperatura media del mes más frío son características del encinar lusitano y pueden ser debidas a la influencia atlántica (Oliver-Moscardó y Luis Calabuig, 1979).

No obstante, la temperatura media de mínimas del mes más frío, que corresponde a enero, es inferior a 0 °C (-0,3 °C), y la temperatura media de máximas del mes más cálido, que es julio, es de 31,5 °C. A su vez, la temperatura mínima absoluta mensual más baja se registra un día en febrero con -11 °C, aunque también en algún día de enero, marzo, noviembre y diciembre se detectan temperatura mínimas absolutas bajas de -9,5 °C, -9,5 °C y -9,0 °C, respectivamente. La

temperatura máxima absoluta corresponde a algún día de julio con 41 °C, aunque seguida muy de cerca por las máximas absolutas de agosto y septiembre.

Considerando conjuntamente la temperatura media del mes más frío y la media del mes más cálido podemos determinar el “grupo climático” al que pertenece nuestra área de estudio (Trewartha, 1954). Como toda la provincia de Salamanca, el área de estudio se encuentra dentro del grupo de climas mesotérmicos, es decir, media del mes más frío entre 0 °C y 8 °C y media del mes más cálido superior a 10 °C (Oliver-Moscardó y Luis Calabuig, 1979). Por otra parte, teniendo en cuenta la temperatura media del mes más cálido (22,4 °C en julio), y el número de meses cuya temperatura media es inferior a 10 °C (5 meses), podemos incluir el área de estudio en el “tipo climático” de verano cálido.

### ***Heladas.***

En la banda de heladas que aparece en la parte inferior del diagrama ombrotérmico (Figura 7) se observa que sólo en enero hay heladas seguras (■), mientras que en febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre hay heladas probables (▣). En el resto de los meses, junio, julio, agosto y septiembre, no hay heladas (□). El período de heladas, por tanto, es superior en la primera mitad del año que en la segunda.

Del análisis más detallado de la información mensual disponible para cada año, sobre el número de días con temperatura mínima inferior a 0 °C, día de la primera helada y día de la última helada (Tabla 6), se deduce que las últimas heladas primaverales tienen lugar en la primera década de mayo, y la primera helada post-estival a partir de la tercera década de octubre.

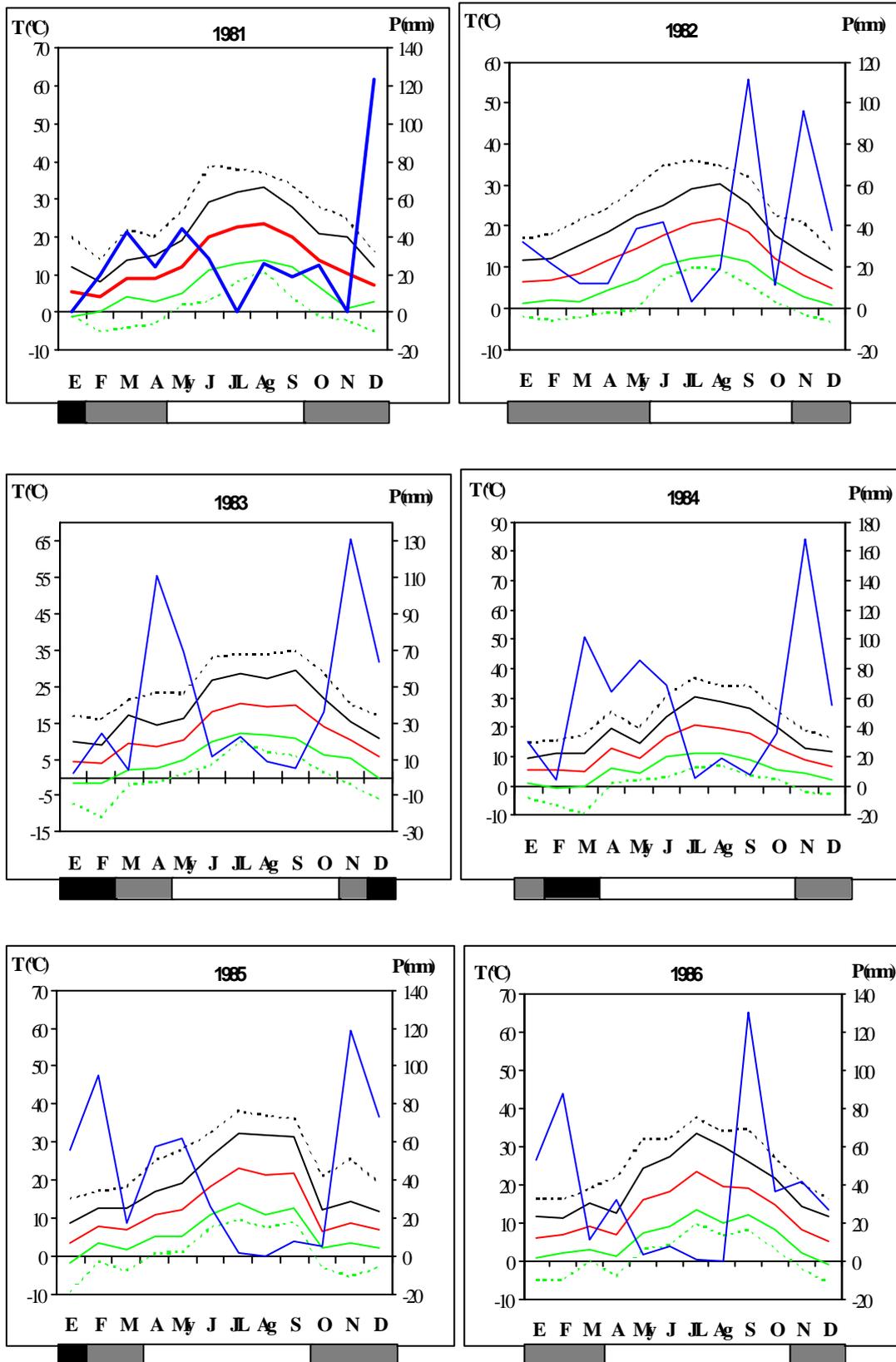
El período que transcurre entre la primera y la última helada se define como período vegetativo o de actividad vegetal (Pav). En la zona de estudio, el Pav es bastante corto, dura aproximadamente 5 meses, entre mayo y octubre. Durante este tiempo las precipitaciones son muy bajas. Excepto en mayo y octubre, en los que se alcanzan valores de precipitación por encima de los 50 mm; en el resto de los meses los valores de precipitación son inferiores o próximos a los 30 mm. Según Koeppen (1918), estos meses de Pav serían biológicamente secos pues reciben precipitaciones inferiores a 30 mm totales. Esto significa que durante el Pav la vegetación no

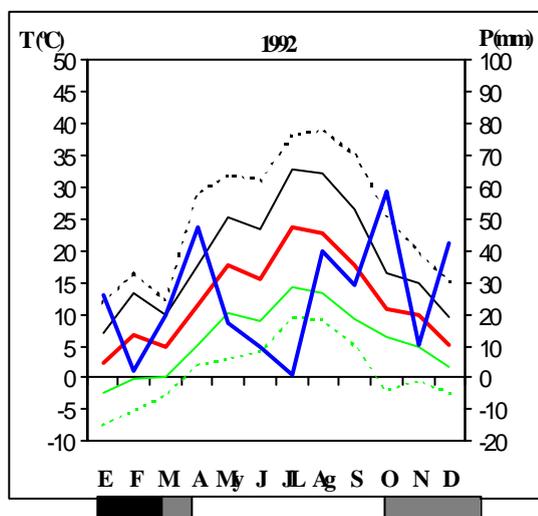
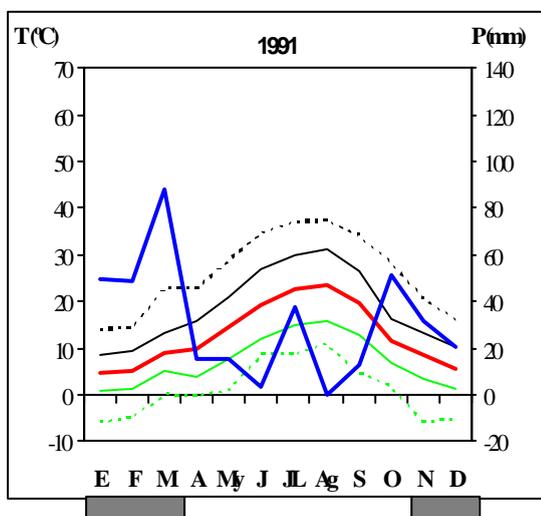
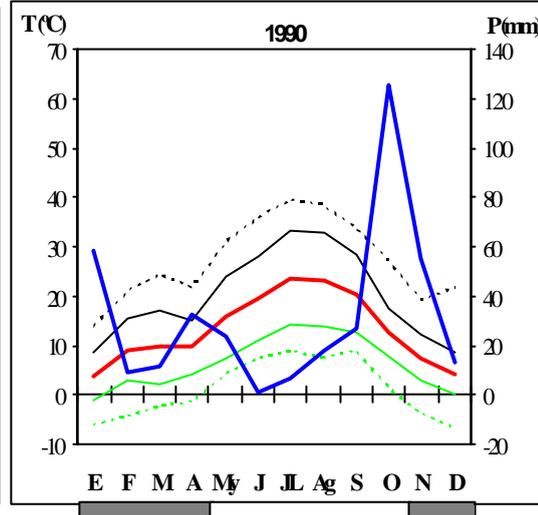
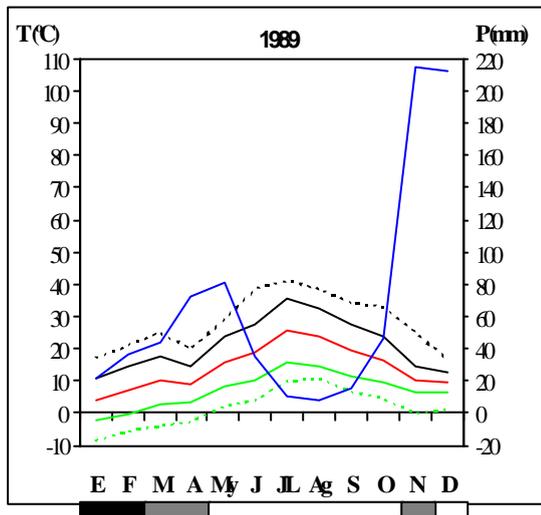
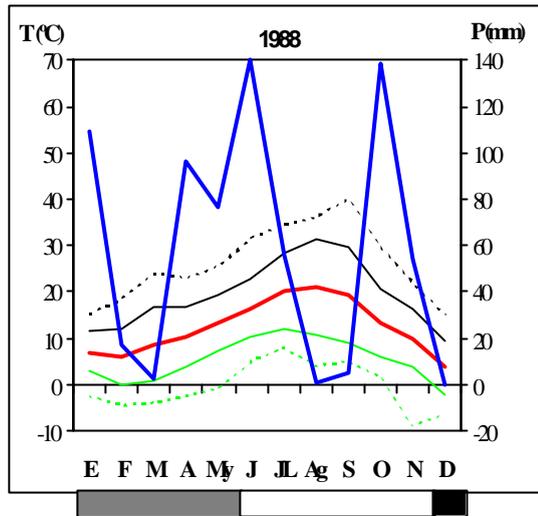
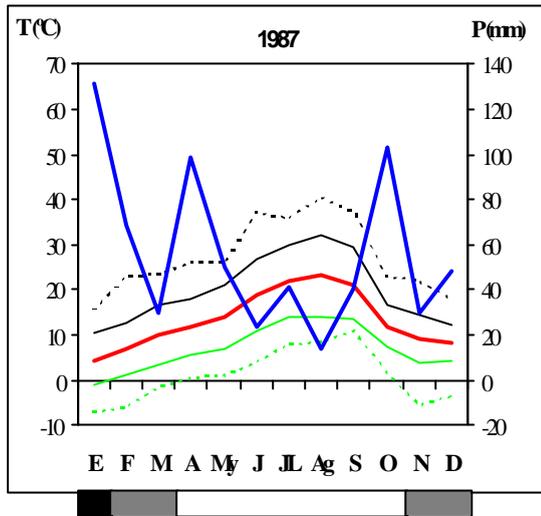
dispone del mínimo necesario de precipitación para que, en teoría, sea posible la creación de una cubierta vegetal. Bajo estas condiciones de aridez, las lluvias primaverales son fundamentales para la posterior respuesta de la vegetación herbácea.

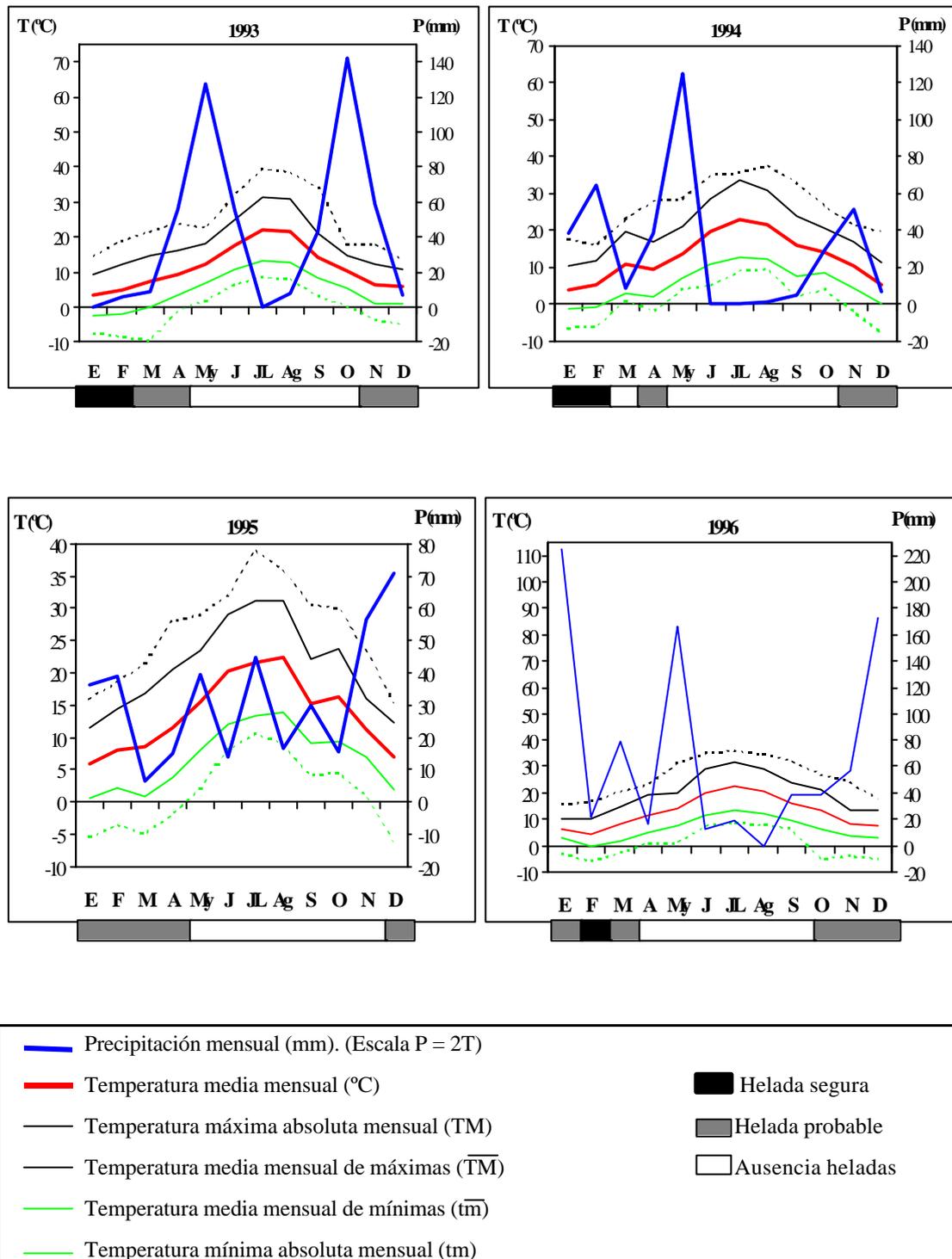
**Tabla 6.** Número de días de temperatura inferior a 0 °C (Días), día de la primera helada (1ª H) y día de la última helada (U H), en los doce meses de cada uno de los años de la serie de temperaturas (1980-1996).

		E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
1981	1ª H	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UH	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	días	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1982	1ª H	22	---	5	2	5	---	---	---	---	---	16	1
	UH	29	---	29	15	6	---	---	---	---	---	30	30
	días	6	---	9	3	2	0	0	0	0	0	11	17
1983	1ª H	1	1	1	2	---	---	---	---	---	---	1	4
	UH	31	28	30	24	---	---	---	---	---	---	10	31
	días	25	20	11	5	0	0	0	0	0	0	4	15
1984	1ª H	4	7	---	---	---	---	---	---	---	---	3	10
	UH	30	29	---	---	---	---	---	---	---	---	28	27
	días	13	19	---	0	0	0	0	0	0	0	3	7
1985	1ª H	1	2	2	---	---	---	---	---	---	29	14	9
	UH	30	23	29	---	---	---	---	---	---	30	28	31
	días	18	7	15	0	0	0	0	0	0	2	9	12
1986	1ª H	3	1	11	7	---	---	---	---	---	---	---	---
	UH	31	12	31	18	---	---	---	---	---	---	---	---
	días	12	10	3	8	0	0	0	0	0	0	---	---
1987	1ª H	5	5	18	---	---	---	---	---	---	---	16	1
	UH	26	23	31	---	---	---	---	---	---	---	30	30
	días	15	9	6	0	0	0	0	0	0	0	10	5
1988	1ª H	1	2	1	1	2	---	---	---	---	---	---	---
	UH	21	29	28	11	2	---	---	---	---	---	---	---
	días	11	18	12	4	1	0	0	0	0	0	---	---
1989	1ª H	1	1	9	3	---	---	---	---	---	---	6	---
	UH	31	24	29	27	---	---	---	---	---	---	6	---
	días	24	14	7	6	0	0	0	0	0	0	1	0
1990	1ª H	1	1	3	9	---	---	---	---	---	---	5	2
	UH	30	19	29	10	---	---	---	---	---	---	30	25
	días	24	4	7	2	0	0	0	0	0	0	6	19
1991	1ª H	1	2	24	6	---	---	---	---	---	---	7	4
	UH	31	23	24	6	---	---	---	---	---	---	24	31
	días	17	9	1	1	0	0	0	0	0	0	7	13
1992	1ª H	1	1	25	---	---	---	---	---	---	21	2	9
	UH	31	9	31	---	---	---	---	---	---	21	3	31
	días	25	8	5	0	0	0	0	0	0	1	2	9
1993	1ª H	4	2	1	2	---	---	---	---	---	---	10	9
	UH	29	26	29	19	---	---	---	---	---	---	29	23
	días	14	14	9	2	0	0	0	0	0	0	11	7
1994	1ª H	3	1	---	4	---	---	---	---	---	---	15	15
	UH	31	21	---	21	---	---	---	---	---	---	28	30
	días	14	12	0	6	0	0	0	0	0	0	2	6
1995	1ª H	2	3	1	21	---	---	---	---	---	---	---	1
	UH	23	24	31	25	---	---	---	---	---	---	---	18
	días	12	9	8	2	0	0	0	0	0	0	0	7
1996	1ª H	15	5	1	---	---	---	---	---	---	31	6	2
	UH	26	28	18	---	---	---	---	---	---	31	29	27
	días	3	12	10	0	0	0	0	0	0	1	4	5

De forma resumida en la figura 8 aparecen los Diagramas ombrotérmicos y banda de heladas de cada uno de los años de la serie (1981-1996).







**Figura 8.** Diagramas ombrotérmicos, banda de heladas y representación de  $\overline{TM}$ ,  $\overline{tm}$ , tm, tm. de cada uno de los años de la serie (1981-1996).

Por último, se recogen (Tabla 7) los valores de pluviometría y temperatura media anual de los tres años de muestreo y del anterior, contados en este caso desde junio del año anterior a mayo del año siguiente, ya que los muestreos se realizaron en primavera (finales de mayo y junio). Esta información es de vital importancia para poder entender la influencia que las fluctuaciones meteorológicas tienen sobre la vegetación, como veremos en los capítulos de resultados.

**Tabla 7.** Precipitación anual (P) y temperatura media anual ( $\overline{T_m}$ ) de los últimos cuatro años de las series, calculadas de junio del año anterior a mayo del año siguiente.

<b>AÑOS</b>	<b>P (mm)</b>	<b>T<sub>m</sub> (°C)</b>
junio 92-mayo 93	390	12
junio 93-mayo 94	588	19
junio 94-mayo 95	230	21
junio 95-mayo 96	755	19

---

### 5.3.- ÍNDICES FITOCLIMÁTICOS Y AGROCLIMÁTICOS.

Los intentos por establecer de forma sistemática las relaciones entre el clima y la vegetación han adquirido un gran desarrollo desde comienzos del siglo pasado y han dado lugar a la consolidación de la fitoclimatología y la agroclimatología como dos ramas de la climatología con entidad propia, dedicadas, respectivamente, al estudio de las relaciones entre el clima y la vegetación natural, y entre el clima y los cultivos.

Para expresar las relaciones entre el clima y la vegetación (natural o cultivada) se han propuesto diferentes índices. En todos ellos se trata de sintetizar los requerimientos climáticos del componente biótico de una zona, siguiendo los principios ecológicos de limitaciones y tolerancias (Fernández García, 1995).

#### *Índices de aridez*

1) “Índice de Aridez de Martone” (1927). Para un período anual:  $I = P / (\bar{T}_m + 10)$ ,

donde,  $P$  = precipitación anual y  $\bar{T}_m$  = temperatura media anual. Para un período mensual su expresión es:  $i = 12 p_j / (t_j - 10)$ , donde  $p_j$  = precipitación media del mes  $j$  y  $t_j$  = temperatura media del mes  $j$ . Este índice es tanto más bajo cuanto más árido es el clima.

En el caso de Mina Fe con una  $P = 499,4$  mm y  $\bar{T}_m = 12,7$  °C,  $I = 22$ , lo que indica que es apto para vegetación arbórea.

Calculado este índice para los meses de julio y agosto que son los más críticos se obtienen los siguientes resultados:

. En julio con  $p_j = 14,9$  mm y  $t_j = 22,4$  °C,  $i = 14,5$

. En agosto con  $p_j = 11,0$  mm y  $t_j = 21,78$  °C,  $i = 11,3$

Es decir, la aridez es mayor en agosto que en julio.

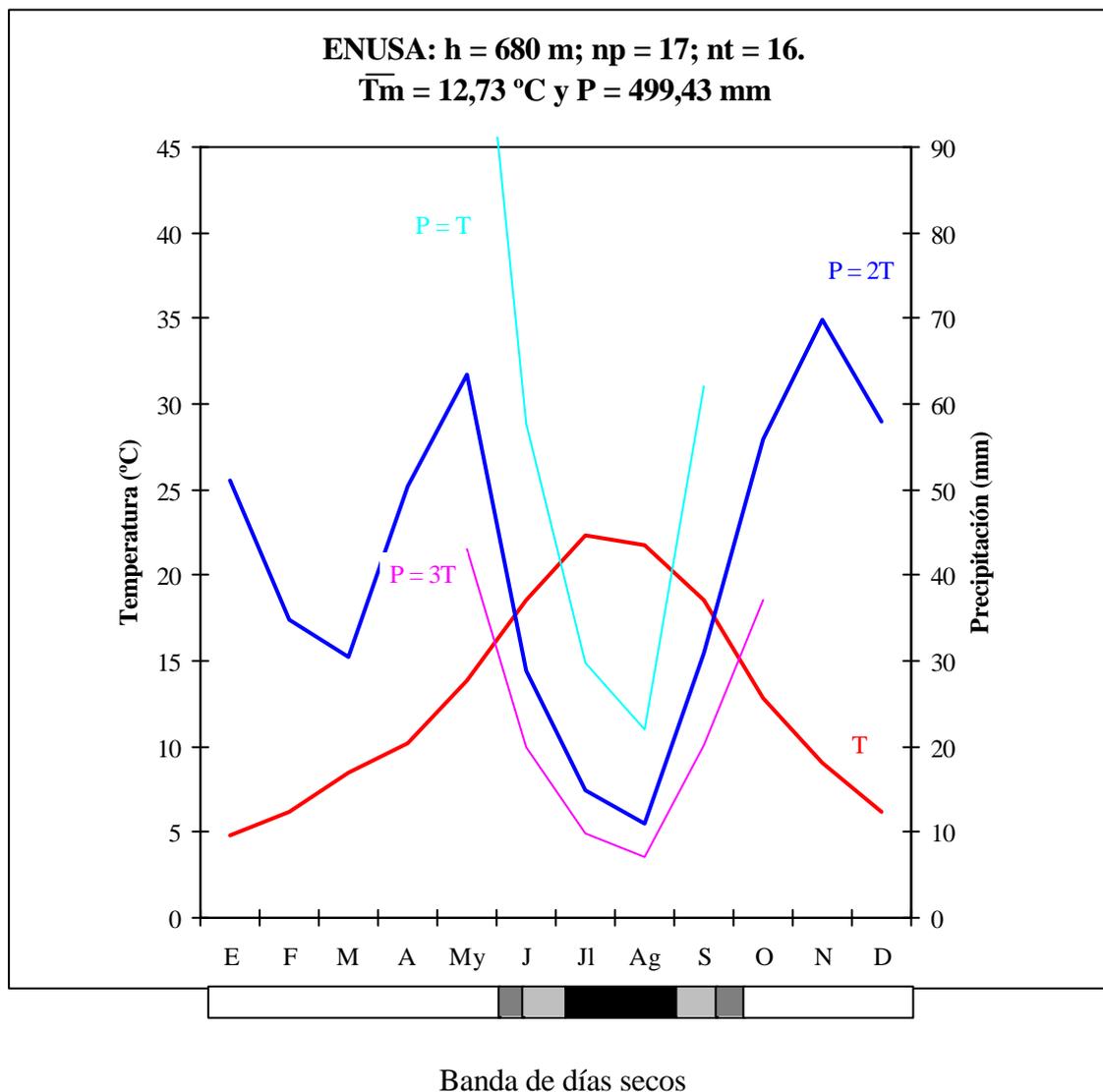
2) Índice Xerotérmico de Gausсен (1952) (tomado de Fernández García, 1995), cuyo cálculo responde a la expresión:

$$N^{\circ} = m.s + s. + \frac{1}{2} s.s.$$

donde, m.s. = días muy secos, s. = días secos y s.s. = días subsecos. El índice es tanto más alto cuanto más árido es el clima.

El cálculo de los días m.s., s. y s.s. se ha realizado sobre el diagrama ombrotérmico. Junto a la representación de las precipitaciones mensuales con una escala  $P = 2T$ , se han representado las precipitaciones con dos nuevas escalas:  $P = T$  y  $P = 3T$ , que servirán para el cálculo de los días muy secos y subsecos, respectivamente, en la banda inferior (Figura 9):

- días muy secos (m.s.):  $P \leq T$
- días secos (s.):  $P \leq 2T$
- días subsecos (s.s.):  $2T < P < 3T$



**Figura 9.** Diagrama ombrotérmico sobre el que se ha representado la precipitación con dos nuevas escalas ( $p = T$  y  $P = 3T$ ), para la construcción de la banda de días secos.

En el área de estudio el número de días muy secos es de 57, el de días secos de 40,5 y el de subsecos de 22,5, lo que nos da un Nº de Días Secos Efectivos de 108,8. Este resultado nos permite definir el clima, respecto a la sequía, como Termomediterráneo Atenuado (100-125 días

secos efectivos). Teniendo en cuenta, además, la precipitación anual ( $P = 499,4$  mm) y la temperatura media anual ( $\bar{T}_m = 12,7$  °C), como variables primaria y secundaria, respectivamente, y siguiendo el orden de variantes propuesto por varios autores (Le Houerou, 1971; Sauvage, 1961; Akman *et al.*, 1971), se determina que es un clima Semiárido (400-600 mm) y fresco (12-14 °C).

El período muy seco tiene lugar en los meses de julio y agosto. El período seco y subseco se extienden por un lado hasta los últimos días de mayo y por el otro hasta los primeros días de octubre.

### ***Cociente pluviométrico de Emberger (1971).***

En °C queda expresado en la forma siguiente:

$$Q_2 = 2000P / (\bar{T}_{M_c} + \bar{t}_{m_f} + 546,4) (\bar{T}_{M_c} - \bar{t}_{m_f})$$

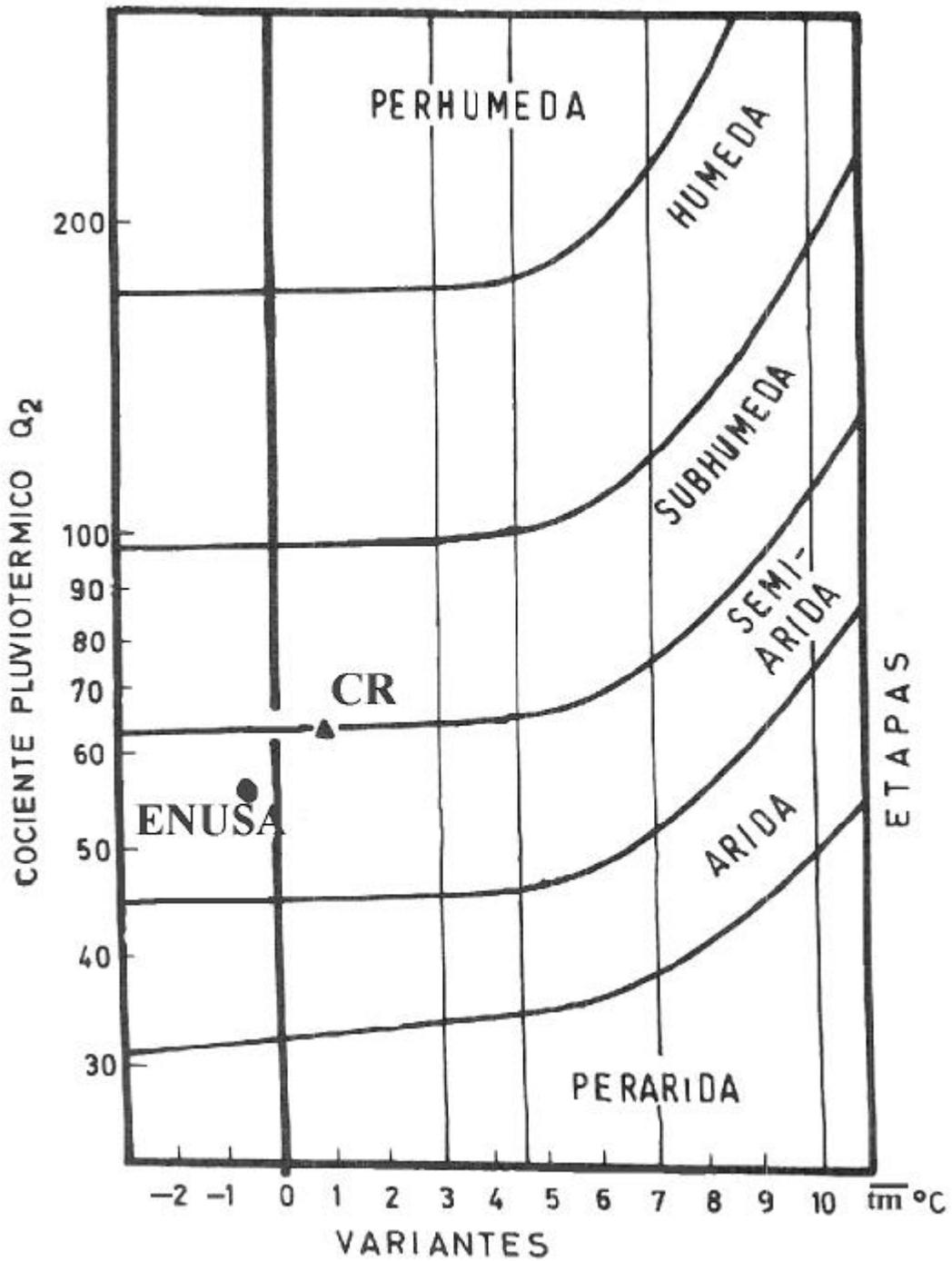
donde  $P$  = precipitación anual,  $\bar{T}_{M_c}$  = temperatura media de las máximas del mes más cálido y  $\bar{t}_{m_f}$  = temperatura media de las mínimas del mes más frío.

Este índice en combinación con la  $\bar{t}_{m_f}$ , se emplea para diferenciar las etapas bioclimáticas de vegetación (Le Houerou, 1959; Sauvage, 1961; Akman *et al.*, 1971) y sus correspondientes variantes térmicas (Emberger, 1955; Akman *et al.*, 1971).

En Mina Fe ( $P = 499,4$  mm,  $\bar{T}_{M_c} = 31,5$  °C y  $\bar{t}_{m_f} = -0,3$  °C) se obtiene un valor de

$Q_2 = 54,3$ . En el Climodiagrama de Emberger (Figura 10) Mina Fe se localiza en la etapa bioclimática de vegetación semiárida fría. En la provincia de Salamanca, las zonas de los encinares ocupan fundamentalmente la etapa semiárida y sus variantes fría y seca (Oliver-Moscardó y Luis Calabuig, 1979; Luis Calabuig, 1992).

Si comparamos con la posición del observatorio de Ciudad Rodrigo (1943-1973), se observa que éste está en la etapa entre semiárida y subhúmeda fresca, es decir, es menos frío y menos seco que Mina Fe.



**Figura 10.** Cliodiagrama de Emberger. Escala logarítmica para  $Q_2$ .  
Fuente: Oliver-Moscardó y Luis Calabuig (1979) y Elaboración propia

### ***Índice de Termicidad.***

El índice de termicidad (It) se obtiene a partir de la temperatura media anual ( $\bar{T}_m$ ), la media de las mínimas del mes más frío ( $\bar{t}_{m_f}$ ) y la media de las máximas del mes más frío ( $\bar{T}_{M_f}$ ), integradas según la expresión:

$$It = (\bar{T}_m + \bar{t}_{m_f} + \bar{T}_{M_f}) \times 10$$

El índice se centra fundamentalmente en la época fría, como factor limitante para las plantas. En la mina de ENUSA en Saelices,  $\bar{T}_m = 12,7 \text{ °C}$ ,  $\bar{t}_{m_f} = -0,3 \text{ °C}$  y  $T_{M_f} = 10,1 \text{ °C}$ ,

$It = 225,1$  por lo que pertenece, dentro del clima mediterráneo ( $-70 > It > 510$  ;  $2 < P_{av} = 12$  ;  $200 < P \text{ mm} > 1600$ ), al piso bioclimático Mesomediterráneo y horizonte Superior ( $It = 211-260$ ). Además, en función de la precipitación anual ( $P = 499,4 \text{ mm}$ ), pertenece a la unidad ombroclimática Seca (350-600 mm).

### ***Índices de Continentalidad y Oceanicidad.***

La provincia de Salamanca, incluida dentro del clima mediterráneo, está expuesta a influencias complementarias continentales y oceánicas, determinantes de la gran variabilidad paisajística que la caracteriza.

La continentalidad, reflejada por una concentración estival de precipitaciones y temperaturas, puede ser determinada desde ambos puntos de vista, mediante el cálculo de la continentalidad pluvial (C) y de la continentalidad térmica (K') (Oliver-Moscardó y Luis Calabuig, 1979). La primera se obtiene de la proporción resultante entre las precipitaciones de los semestres más cálido y más frío (Dajet, 1968). La segunda, mediante una expresión que relaciona la oscilación media de temperatura en °C (A), la latitud ( $\gamma$ ) y la altitud en Km (h), de la siguiente forma (Dajet, 1977):

$$K' = [1,7A / \text{Sen}(\gamma + 10 + 9h)] - 14$$

Valores de C superiores a 1 definen los climas típicamente continentales, y valores de K' inferiores a 25 los de clima con influencia oceánica.

El resultado de la aplicación de ambos índices para la estación de ENUSA es el siguiente:

$C = 0,84$  y  $K' = 21,74$ . Tales resultados definen a la zona estudiada como típicamente mediterránea con ligera influencia oceánica.

## **SELECCIÓN PUNTOS DE MUESTREO**

## 1.- DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS ESCOMBRERAS.

Los materiales que constituyen la base de las estructuras que forman parte de la fisionomía de la mina (escombreras, diques, barreras, etc.) no han sufrido ningún proceso químico que pudiera acarrear problemas de toxicidad, adicionales a los de la propia composición natural de la roca madre. Como se ha explicado anteriormente, los materiales que se envían a escombrera son: el estéril y la fracción más gruesa del mineral triturado (Figura 5).

Desde el comienzo de la actividad minera en 1974, los estériles de la mina Fe se vertieron inicialmente en dos escombreras tipo ladera situadas sobre la margen derecha del río Águeda (Figura 11), denominadas Fe-1 y Fe-3-1. Posteriormente se utilizó como escombrera la denominada Fe-3-2, y en la actualidad están en operación la escombrera Fe-3-3 y una nueva construida sobre el flanco este de Fe-3-2.

Para hacernos una idea de las dimensiones de las escombreras viene bien conocer la cantidad de estéril almacenado, que al 31-12-1993 era de 43.200.819 toneladas repartidas en 4.500.000 tm en la escombrera Fe-1, 23.950.000 tm en Fe-3-1, 4.700.000 tm en Fe-3-2 y 10.053.819 tm en Fe-3-3. En la actualidad las tres primeras escombreras ya están “agotadas” y sólo siguen en funcionamiento Fe-3-3 y la nueva escombrera.

En base al gran volumen de estériles almacenados en las escombreras, la explotación de Saelices optó, por razones económicas, por la clausura “*in situ*”. No obstante, en la segunda mitad de 1991 se comenzaron las labores de minería de transferencia en Corta Fe.

La minería de transferencia consiste esencialmente en la explotación de los yacimientos minerales por módulos, de una forma secuencial. Una vez realizada la división modular del yacimiento y definido el primer módulo a explotar, se realiza su explotación hasta agotarlo totalmente. El estéril de este primer módulo se vierte en escombreras exteriores. Una vez agotado este módulo y creado un primer hueco inicial, continúa de forma secuencial la explotación de los restantes módulos, vertiendo los estériles del módulo en explotación en el hueco abierto por la explotación del módulo anterior.

Este método de explotación se aplica fundamentalmente a yacimientos sedimentarios (carbón, fosfatos, etc.), de capas horizontales o pseudo-horizontales y topografía suave y uniforme. Su

aplicación a yacimientos metálicos, caso del yacimiento Fe, es difícil y no siempre posible, en el caso que nos ocupa debido a la distribución tan heterogénea del uranio. Además existen razones de tipo económico como es el precio del uranio en el mercado, que hace que leyes de mineral que, en un momento dado, no son rentables, lo puedan ser más tarde y, por lo tanto, no les parece aconsejable rellenar con estériles los módulos supuestamente agotados. Como consecuencia de la apertura de los países del este, que poseían altos stocks de concentrados de uranio, el precio de éste en el mercado bajó considerablemente, haciendo que la ley de explotación del yacimiento de Fe resultase demasiado baja en algunas zonas, para la rentabilidad de su explotación. No obstante, dado el carácter estratégico del yacimiento Fe, por ser junto con el D, los únicos en explotación a nivel nacional, no se han desestimado estas leyes, en espera de tiempos mejores para el mercado del uranio a nivel mundial.

Por estas razones se abandonó la minería de transferencia en Corta Fe, aunque desde el 1 de julio de 1991 hasta el 31 de diciembre de 1992 se han vertido en el hueco del módulo I 5.000.000 t de estéril, repartidas entre el hueco de Corta Fe, situado en la zona norte del yacimiento Fe, y la escombrera interior.

La estabilidad de las escombreras parece estar garantizada por la experiencia de diecisiete años de operación y por las características técnicas de las mismas, por lo que el objetivo siguiente era su integración en el paisaje de la zona.

Una primera fase fue el suavizado de los taludes para favorecer el asentamiento de la cubierta vegetal. No obstante, este suavizado no siempre fue posible, como es el caso de las escombreras Fe-3-1 y Fe-1, dada la proximidad del pie de las mismas a la margen derecha del río Águeda. En caso de no ser modificada, la pendiente de los taludes es de  $37^\circ$ ; el ángulo de caída natural de la pizarra. En el caso contrario la pendiente se reduce a  $17^\circ$ .

Una segunda fase fue la reducción de la altura de las tongadas (pisos) que constituyen las escombreras, que varía desde los 70 m de altura que alcanza el talud este de la primera tongada de Fe-3-1, hasta los 25 m que poseen la mayoría de las tongadas de las escombreras.

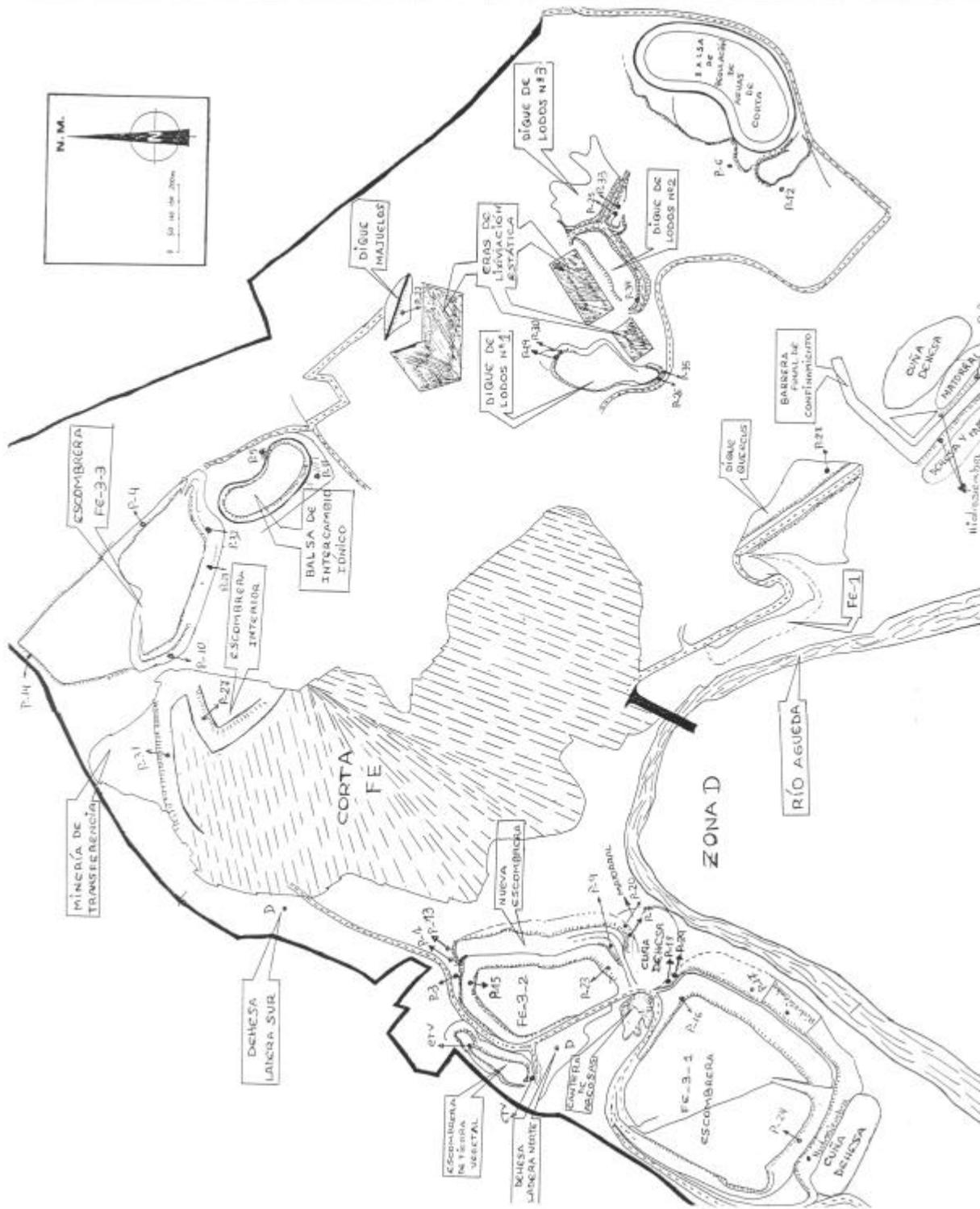
Además de los taludes de las escombreras, en las explotaciones mineras existen otros taludes resultantes de la construcción de diques, barreras y balsas de regulación de vertidos, algunos de los cuales también se han considerado como puntos de muestreo. En estos la altura y pendiente presenta mayor variabilidad.

Una vez construidas las escombreras y los taludes de diques y balsas con estéril de mina, se procedió al vertido desde la parte superior del talud de materiales ripados procedentes de la cobertura del yacimiento (capa superior del suelo que cubre el yacimiento más parte de roca triturada por el trasiego de la maquinaria pesada) y con contenido en finos arcillosos, con objeto de rellenar los huecos existentes entre los estériles de mayor granulometría. En otros casos, el material vertido desde la parte superior ha sido arcosas, del que existe una pequeña cantera en la mina, al pie de Fe-3-1 en su orientación norte. En el peor de los casos los taludes no han sido cubiertos con ningún material de menor granulometría que el de la pizarra más o menos desmenuzada.

Si bien eran evidentes las diferentes propiedades físicas de los materiales de las escombreras, tanto por el diferente estado de trituración de la roca, como por el tipo de material de recubrimiento, no se encontraron diferencias químicas relevantes cuando se analizaron en 1985 “diversos vertidos estériles y tierra vegetal” (ver apartado 3.4.2. de “Área de Estudio”, página 54).

En la figura 11 se detalla la localización de las escombreras de estériles, diques, balsas y barrera final de confinamiento, que existen en la explotación minera de Saelices El Chico. A continuación se recogen las características más relevantes de aquellas que se han tenido en cuenta en el presente estudio y las razones por las que se rechazaron otras.

Los nombres utilizados para referirnos a estas zonas son los empleados habitualmente por el personal de la explotación.



**Figura 11.** Localización de las escombreras de estériles, diques, barreras y balsas de la Mina Fe, así como de los puntos de muestreo. Fuente: E.N.U.S.A. y elaboración propia. (página 85).

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Dehesa de <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> (D).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Uso humano anterior:</b>	Pastoreo de vacas y ovejas. Carga ganadera media-baja.
<b>Fecha de abandono:</b>	A partir de 1974 exclusión del ganado.
<b>Leñosas:</b>	<i>Cytisus multiflorus</i> , <i>Retama</i> sp., <i>Lavandula stoechas</i> y encinas con porte arbustivo.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	2 laderas de suave pendiente, una con orientación norte y otra sur.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Escombrera de Tierra Vegetal (ETV).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Escombrera sobre zona llana.
<b>Vertido:</b>	Material procedente de la cubierta del yacimiento Fe, vertido con camión o maquinaria similar.
<b>Fecha de abandono:</b>	1980.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	25 m de altura, 37° de pendiente, presenta las cuatro orientaciones.
<b>Puntos de muestreo:</b>	2 (uno con orientación norte y otro sur).
<b>Vegetación próxima:</b>	Una dehesa de encinas ( <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> ) rodea a la escombrera en sus orientaciones norte, sur y oeste. En el este un camino de unos 5 m de anchura la separa de Fe-3-2.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud de la Balsa de Intercambio Iónico (BII).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud de la balsa de Intercambio Iónico.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto de arcosas.
<b>Fecha de abandono:</b>	1980.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	4 m de altura, presenta todas las orientaciones.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 5 (orientación noreste) y punto 11 (orientación suroeste).
<b>Vegetación próxima:</b>	Manchas de dehesa tras un camino de unos 3 m de anchura que rodea la balsa.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud de la Balsa de Regulación de Aguas de Corta (BRAC).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud de la balsa de regulación de aguas de corta.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto de arcasas.
<b>Fecha de abandono:</b>	1980.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	En la base de talud y a modo de barrera visual (chopos). No afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	4 m de altura, presenta las orientaciones norte, sur y oeste.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 6 (orientación noreste) y punto 12 (orientación suroeste).
<b>Vegetación próxima:</b>	Dehesa de encina muy aclarada con presencia de escoba blanca.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Barrera final de Confinamiento (BFC).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Estructura con forma de U que rodea toda la parte de la Planta Quercus, dedicada al proceso de pulpas y líquidos, y cuya misión es actuar como recipiente de contención en caso de rotura de los almacenamientos de líquidos de la Planta.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto de arcasas.
<b>Fecha de abandono:</b>	1991.
<b>Tratamiento:</b>	Hidrosiembra en otoño de 1992.
<b>Plantaciones:</b>	1800 plantones de <i>Spartium junceum</i> en 1992, en la parte hidrosembada. No afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	4 m de altura, 17° de pendiente, dos orientaciones (noreste y suroeste) y en cada una de ellas parte hidrosembada y parte no.
<b>Puntos de muestreo:</b>	4 (dos hidrosembados y dos no, uno de cada orientación). Sin hidrosiembra Puntos 2 y 8 de orientación norte y sur respectivamente.
<b>Vegetación próxima:</b>	Al pie del talud, en ambas orientaciones cuñas de dehesa de encina con escoba blanca a unos 5 m de las zonas hidrosembadas. Matorral de <i>Cytisus multiflorus</i> más próximo y denso en las proximidades de la zona hidrosembada norte (2 m) que de la sur (4m). Las zonas no hidrosembadas bastante más elejadas de las cuñas de dehesa.
<b>Labores de limpieza:</b>	De forma periódica una vez al año en las proximidades de las plantas de <i>Spartium junceum</i> . No afectan a los muestreos.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Escombrera Fe-3-1.
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Escombrera tipo ladera adosada al relieve en forma de gran manto y con la cara este limitada por el flanco derecho del río Águeda.
<b>Nº de Pisos:</b>	Dos
<u><b>Talud 1<sup>er</sup> piso:</b></u>	37° de pendiente, presenta las orientaciones norte, sur y este. La altura es de 70 m la orientación noreste, de 25 m en la norte y de 50 m en la sur.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto en parte con arcosas, en parte con ripado y en parte sin cubrir con material adicional.
<b>Fecha de abandono:</b>	Variable según la zona. 1978 en el talud noreste, 1989 en el sur y 1980 en el norte.
<b>Tratamiento:</b>	Hidrosiembra, en 1989 sobre las arcosas de la cara sur del talud y, en 1897, sobre el ripado de la cara noreste.
<b>Plantaciones:</b>	Pinos aislados en el punto 17. No afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Dos hidrosembrados uno norte sobre ripado y otro sur hidrosembrado sobre arcosas. Sin hidrosiembra, puntos 17 y 18 sobre ripado norte y punto 29 sobre estéril norte. Los puntos 18 y 29 de orientación norte presentan un aspecto devastado.
<b>Vegetación próxima:</b>	Al pie de la zona hidrosembrada sur una cuña de dehesa con matorral denso de encina y <i>Cytisus multiflorus</i> . Al pie del flanco noreste se halla el río Águeda.
<u><b>Talud 2º Piso:</b></u>	25 m de altura 37° de pendiente, orientaciones norte, este, oeste y sur.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto con ripado.
<b>Fecha de abandono:</b>	1988.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Pinos en los puntos 16 y 24. No afectan a los muestreos
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 16 y 24, sobre ripado norte y sur respectivamente
<b>Vegetación próxima:</b>	La del piso inferior.

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Escombrera Fe-3-2.
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Escombrera tipo ladera adosada al relieve en forma de gran manto.
<b>Nº de Pisos:</b>	Dos
<b><u>Talud 1<sup>er</sup> piso:</u></b>	25 m de altura, 37° de pendiente, presenta las orientaciones norte y sur.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto con arcosas.
<b>Fecha de abandono:</b>	1989
<b>Tratamiento:</b>	ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Algunos pinos plantados en la orientación sur. No afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 3 y 9 orientación norte y sur, respectivamente.
<b>Vegetación próxima:</b>	En la orientación sur, al pie del talud y en un lateral, aparece una cuña de dehesa de encina con matorral denso de encina y <i>Cytisus multiflorus</i> . En el norte, al pie del talud, y a unos 5 m de distancia, aparece una dehesa de encina aclarada y con menor densidad de escoba blanca que en la orientación sur.
<b><u>Talud 2º Piso:</u></b>	25 m de altura 17° de pendiente, orientaciones norte, oeste y sur.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto con ripado.
<b>Fecha de abandono:</b>	1990
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	En 1991 se plantaron pinos y encinas en ambas orientaciones, con baja densidad, no afectando a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 15 y 23 de orientación norte y sur, respectivamente.
<b>Vegetación próxima:</b>	La del piso inferior.

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Nueva escombrera (NE).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Escombrera tipo ladera adosada al flanco este de Fe-3-2.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto en parte con arcosas y en parte con ripado.
<b>Fecha de abandono:</b>	1994.
<b>Tratamiento:</b>	Siembra a voleo ( <i>Hordeum murinum</i> , <i>Secale cereale</i> , <i>Lupinus</i> sp.) en la primavera de 1995, sólo en la orientación sur.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	37° de pendiente y 50 m de altura en la orientación sur y 25 m en la norte, presenta orientaciones norte, este y sur.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 1 y 7 (sobre arcosas con orientación norte y sur respectivamente), y puntos 13 y 20 (sobre ripado y orientación norte y sur, respectivamente).
<b>Vegetación próxima:</b>	En la orientación norte, la propia del piso inferior de Fe-3-2: densamente ocupado por <i>Cytisus multiflorus</i> , y en la orientación sur, una pequeña zona con herbáceas y matorral de <i>Cytisus multiflorus</i> , no muy denso, en la parte inferior del talud.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Escombrera Interior (EI).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Hueco de mina relleno con material estéril en tongadas de 12 m de altura extendidas y compactadas mediante tractor de cadenas hasta alcanzar la topografía original.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y sin cubrir por ningún material más fino.
<b>Fecha de abandono:</b>	1993.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994.
<b>Talud:</b>	12 m de altura, 37° de pendiente y orientación norte.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 27 (con orientación norte).
<b>Vegetación próxima:</b>	Ninguna por estar dentro de la zona de explotación minera, a excepción de la que haya podido establecerse en la plataforma superior.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Corta Fe (CFe).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Hueco de mina relleno con material estéril mediante tongadas de 12 m de altura extendidas y compactadas mediante tractor de cadenas hasta alcanzar la topografía original.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar, sin cubrir por ningún sustrato más fino.
<b>Fecha de abandono:</b>	1993.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	12 m de altura, 37° de pendiente, orientación sur.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 31 (con orientación sur).
<b>Vegetación próxima:</b>	Ninguna, pues está dentro de la zona de explotación minera.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud del Dique de Lodos Nº 1 (TD1).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud del Dique de Lodos Nº 1.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto en parte con ripado y en parte sin cubrir con material adicional.
<b>Fecha de abandono:</b>	1975.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	En la parte sur hay pinos en el borde superior del talud que no afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	25 m de altura, 37° de pendiente, orientaciones norte y sur.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 19 y 26 (sobre ripado con orientación norte y sur respectivamente) y puntos 30 y 35 (sobre estéril orientación norte y sur, respectivamente).
<b>Vegetación próxima:</b>	La orientación norte limita en su parte inferior con una pequeña cuña de dehesa, con escoba blanca y matorral de encina, y en la sur aparece una pequeña zona con encinas de porte arbustivo y <i>Cytisus mytiliflorus</i> tras un camino, de 5 m de anchura, muy transitado por los vehículos de la mina.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Escombrera Fe-3-3.
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de escombrera:</b>	Situada sobre una zona llana de dehesa.
<b>Nº de Pisos:</b>	Dos
<u><b>Talud 1<sup>er</sup> piso:</b></u>	25 m de altura, 37° de pendiente, presenta las cuatro orientaciones.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto en algunas partes de arcosas y en otras de ripado.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 4 y 10 (sobre arcosas con orientación norte y sur, respectivamente), Punto 14 (sobre ripado norte). Los de arcosas abandonados en 1989 y los de ripado en 1993).
<b>Vegetación próxima:</b>	Al pie del talud en la orientación norte zona de dehesa de encina muy aclarada con escoba blanca, y en el sur Corta Fe.
<u><b>Talud 2º Piso:</b></u>	25 m de altura 17° de pendiente, orientación sur.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto en algunas partes con ripado, y en otras no cubierto de materiales más finos.
<b>Fecha de abandono:</b>	1991
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	En 1992 y sobre ripado plantaciones de encinas y pinos. No afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 21 (sobre ripado sur) y punto 32 sobre estéril.
<b>Vegetación próxima:</b>	Una pequeña cuña de dehesa de encina muy aclarada, con escoba blanca, en la base del talud.

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud del Dique de Lodos N° 2 (TD2).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud del Dique de Lodos N° 2.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y no cubierto con material adicional.
<b>Fecha de abandono:</b>	1981.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	25 m de altura, 37° de pendiente, orientación sur.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 34 (con orientación sur y cubierto de estéril).
<b>Vegetación próxima:</b>	Al pie del talud en la orientación sur aparece una zona de matorral de <i>Cytisus multiflorus</i> separada de éste por un camino, de 5 m de anchura, muy transitado por los vehículos de la mina.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud del Dique de Lodos N° 3 (TD3).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud del Dique de Lodos N° 3.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto en parte con ripado y en parte sin cubrir con material adicional.
<b>Fecha de abandono:</b>	1985.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	25 m de altura, 37° de pendiente, orientación sur.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Puntos 25 y 33 (orientación sur, el primero cubierto de ripado y el segundo de estéril). El punto 25 presenta una cobertura del 50 % de escoba blanca.
<b>Vegetación próxima:</b>	Ninguna, excepto el matorral de escoba blanca que haya podido llegar con el tiempo al pie del talud.
<b>Labores de limpieza:</b>	Ninguna.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud del Dique Majuelos (TDM).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud del Dique Majuelos.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar y cubierto de ripado.
<b>Fecha de abandono:</b>	1990.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Pinos, no afectan a los muestreos.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	4 m de altura, 17° de pendiente, orientaciones norte y sur.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 22 (sobe ripado con orientación sur).
<b>Vegetación próxima:</b>	Ninguna.
<b>Labores de limpieza:</b>	De forma periódica una vez al año en las proximidades de las plantas de pinos.
<b>Observaciones:</b>	Al pie del talud se halla una antigua era de lixiviación estática, y en la parte superior hay un camino de unos 3 m de anchura.

---

<b>DENOMINACIÓN:</b>	Talud del Dique Quercus (TDQ).
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	
<b>Tipo de estructura:</b>	Talud del Dique Quercus.
<b>Vertido:</b>	Material estéril vertido con camión o maquinaria similar, con finos de arcasas en los intersticios.
<b>Fecha de abandono:</b>	1991.
<b>Tratamiento:</b>	Ninguno.
<b>Plantaciones:</b>	Ninguna.
<b>Fechas de muestreo:</b>	Primavera de 1994, 1995 y 1996.
<b>Talud:</b>	25 m de altura, 37° de pendiente, orientación norte.
<b>Puntos de muestreo:</b>	Punto 28 de orientación norte.
<b>Vegetación próxima:</b>	Densa cuña de escoba blanca al pie del talud.

---

La escombrera Fe-1 no se ha considerado en los muestreos porque está siendo continuamente intervenida, puesto que funciona como soporte de la zona de trituración y clasificación del mineral de la Planta Quercus.

## **2.- SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.**

Las magníficas condiciones de muestreo que se han dado en la explotación minera de Saelices El Chico (se ha dispuesto de información a cerca de la edad de los taludes originados y de los tratamientos de revegetación a los que han sido sometidos) han permitido que, en un ámbito geográfico muy localizado, se cuente con una secuencia temporal importante (taludes desde uno hasta dieciséis o veintiún años tras la perturbación) para diferentes sustratos, orientaciones y tratamientos. Por ello, se pensó, en un principio, que un solo año de muestreo (1994) sería suficiente para la consecución de nuestro objetivo: el estudio de la sucesión vegetal en esa zona. Es decir, se pretendía llevar a cabo un muestreo sincrónico, dada la disponibilidad en el momento del muestreo de taludes de una amplia gama de edades para los distintos sustratos y orientaciones seleccionados. Si se admite que todos ellos han pasado por las mismas o parecidas vicisitudes y responden a similares condiciones geomorfológicas, pueden llevarse a cabo muestreos sincrónicos, es decir, inferir de lo que está presente en el espacio variaciones temporales (Puerto, 1997b)

No obstante, cuando se fueron observando los primeros resultados se encontraron saltos bruscos entre algunos años, en cuanto a los valores de los parámetros analizados (diversidad, cobertura, etc.), que podían atribuirse no sólo a su variación real con el paso del tiempo, sino quizás a las características propias de los taludes seleccionados, las cuales estarían introduciendo otros factores de variación, a parte de los considerados en el estudio, y enmascarando la tendencia real que tendría lugar en taludes de características homogéneas. De hecho, aunque se tomaron todas las medidas posibles para seleccionar taludes con características homogéneas, en cuanto a pendiente, altura y orientación, no siempre fue posible encontrarlos. No olvidemos que se partía de una situación ambiental ya existente y no construida a propósito para su estudio. Puesto que las

suposiciones que hay que realizar en los muestreos sincrónicos no están exentas de riesgos (Tárrega *et al.*, 1997), a veces son preferibles, aunque sean más costosos de llevar a cabo, los muestreos diacrónicos. Se optó, por tanto, por un sistema de muestreo que englobara los dos anteriores, de forma que las limitaciones impuestas por un muestreo sincrónico se vieran solventadas si se repetía el muestreo otro año más (1995). Así se disponía de información del mismo talud dos años seguidos y se podía apreciar si esas diferencias entre los valores de los parámetros estudiados eran debidas al paso del tiempo o simplemente a las propias características de los taludes. Además la repetición del muestreo varios años permitía completar las secuencias temporales de que se disponía para distintos sustratos y orientaciones, en las que existían importantes vacíos para algunos períodos de tiempo. La repetición del muestreo un tercer año no sólo respaldaba con más fuerza los resultados obtenidos, sino que además enriquecía el análisis comparativo entre los distintos años de muestreo, dadas sus diferentes condiciones meteorológicas; en el tercer año (1996) se midieron valores de pluviometría bastante más altos que en los dos anteriores.

Además E.N.U.S.A. en cumplimiento de su obligación de restaurar el espacio afectado por la actividad minera (según RD 2994/82 de 15 de octubre; B.O.E. Nº 274) había presentado un proyecto de “Restauración del Espacio Natural afectado por las actividades mineras en Mina Fe durante el período 1985-1990”, del que todavía se hacen seguimientos en la actualidad, que se plasmó en un convenio de colaboración entre la Consejería de Agricultura, Ganadería y Montes de la Junta de Castilla y León y E.N.U.S.A. Este convenio fue posible por el traspaso de servicios del Estado a la Comunidad Autónoma de Castilla y León en materia de investigación agraria (Real Decreto 3459/83 de 28 de diciembre) que hizo que, los servicios de los que el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (I.N.I.A.) era titular en el ámbito regional de la referida Comunidad Autónoma fuesen transferidos a la Consejería de Agricultura, Ganadería y Montes de la Junta de Castilla y León. Una de las funciones que asumió esta Comunidad Autónoma fue la posibilidad de suscribir convenios en materia de investigación y experimentación agraria con Organismos y Entidades Públicos y Privados. Como consecuencia de este proyecto de restauración, en Saelices se han llevado a cabo repoblaciones, siembras a voleo e hidrosiembras como tratamientos de revegetación de los taludes, así como una serie de ensayos sobre recubrimiento de los mismos con materiales de diferente naturaleza, tales como: estéril de mina, ripado, arcosas o tierra vegetal. En base a estas consideraciones de partida se han seleccionado los taludes objeto de estudio, de forma que se tuvieran secuencias temporales lo más amplias posibles para todos los sustratos

seleccionados (estéril de mina, ripado y arcosas), para distintos tratamientos (de los cuales se ha considerado la hidrosiembra, en los pocos puntos en los que se ha aplicado, y la recuperación espontánea) y en dos orientaciones (norte y sur o, en su defecto, noreste y suroeste).

El conocimiento de las edades de los distintos puntos de muestreo se ha conseguido por consulta directa a los responsables de las labores de restauración de la mina. Puesto que existe un control exhaustivo de todas las actividades realizadas, la fiabilidad con la que se nos han proporcionado las edades de los distintos puntos de muestreo es muy alta; el margen de error se refiere a una escala de unos pocos meses. Por ello se ha optado por dar una edad concreta a cada zona.

Teniendo en cuenta que el primero de nuestros objetivos es estudiar el proceso de sucesión natural de la vegetación, se han seleccionado zonas en las que no se han introducido especies vegetales, excepto las zonas de hidrosiembra que también consideramos para comparar la sucesión espontánea con la supuestamente facilitada por el hombre. Las zonas de plantación (de coníferas y encinas fundamentalmente) no son consideradas, excepto cuando no se dispone de otra zona para completar la secuencia temporal. En cualquier caso, se han elegido zonas en las que las plantaciones no afecten (por su baja densidad) al desarrollo de la vegetación herbácea, y si hubiera situaciones en las que pudiera influir se hace referencia a ello en cada caso concreto. Las zonas de siembra a voleo se utilizaron por no existir otras de edad tan temprana, y se especifica en concreto de cuáles se trata.

Los taludes seleccionados corresponden básicamente a dos orientaciones: norte y sur o, en su defecto, noreste y suroeste, por ser ésta la dirección predominante de los vientos de la provincia de Salamanca. No obstante, se han considerado algunos taludes con orientación noroeste o sureste, cuando no existía para una edad y sustrato determinados otra elección posible.

De acuerdo con toda esta información se seleccionaron 41 puntos de muestreo en las escombreras (Tabla 8), y 2 en la dehesa de referencia. Algunos de ellos no pudieron ser muestreados en 1995, por haber desaparecido como consecuencia de la actividad minera, mientras que ese año se originaron otros nuevos que no habían sido muestreados el año anterior e incluso se muestreó alguno más que existiendo ya en 1994 no se había considerado en un principio. Todos los taludes muestreados en 1995, fueron muestreados en 1996.

En la tabla 8 quedan recogidas las series de edades para los distintos sustratos (arcosas, ripado y estéril), orientaciones (norte y sur) y tratamientos (aplicación o no de hidrosiembra). Los puntos muestreados en 1994 se denominan sólo con un número, los muestreados en 1995 aparecen con la notación (') y los muestreados en 1996 con la notación (''). Por ejemplo, las denominaciones: 2, 2' y 2'' corresponden al punto de muestreo 2, datos del primer año, segundo y tercero, respectivamente, y las denominaciones: 1' y 1'' corresponden al punto 1 muestreado solamente en 1995 y 1996, porque no existía todavía en el período de muestreo de 1994.

Dejando a un lado las zonas hidrosebradas y ETV, el resto de los puntos de muestreo siguen seis series sucesionales. Las series A (puntos del 1 al 6) y B (puntos del 7 al 12) se localizan en taludes cubiertos de arcosas con orientaciones norte y sur respectivamente. Las series C (puntos del 13 al 19) y D (puntos del 20 al 26) se refieren a taludes cubiertos de ripado con orientaciones norte y sur respectivamente. Las series E (puntos del 27 al 30) y F (puntos del 31 al 35) se refieren a taludes de estéril, sin ningún tipo de recubrimiento adicional, con orientaciones norte y sur respectivamente.

A continuación se indica el talud concreto donde han sido tomados los distintos puntos de muestreo, para su localización en la **figura 11**:

Par 1-7: en el talud de la primera tongada de la Nueva Escombrera.

Par 2-8: en el talud de la Barrera Final de Confinamiento.

Par 3-9: en el talud de la primera tongada de Fe-3-2.

Par 4-10: en el talud de la primera tongada de Fe-3-3.

Par 5-11: en el talud de la Balsa de Intercambio Iónico.

Par 6-12: en el talud de la Balsa de Regulación de Aguas de Corta.

Par 13-20: en el talud de la primera tongada de la Nueva Escombrera.

Par 15-23: en el talud de la segunda tongada de Fe-3-2.

Par 19-26: en el talud del Dique de Lodos nº 1.

Par 16-24: en el talud de la segunda tongada de Fe-3-1.

Punto 17: en el talud de la primera tongada de Fe-3-1.

Punto 18: en el talud de la primera tongada de Fe-3-1.

Punto 14: en el talud de la primera tongada de Fe-3-3.

Punto 21: en el talud de la segunda tongada de Fe-3-3.

Punto 22: en el talud del Dique Majuelos.

Punto 25: en el talud del Dique n° 3.

Par 30-35: en el talud del Dique de Lodos n° 1.

Par 27-31: en el talud de la Escombrera Interior y de Corta Fe, respectivamente.

Punto 28: en el talud del Dique Quercus.

Punto 29: en el talud de la primera tongada de Fe-3-1.

Punto 32: en el talud de la segunda tongada de Fe-3-3.

Punto 33: en el talud del Dique de Lodos n° 3.

Punto 34: en el talud del Dique de Lodos n° 2.

**Tabla 8:** Series temporales para cada sustrato, orientación y tratamiento.

Edad	Arcosas		Ripado		Esteril		Hidrosiembra-Arc		Hidro-Rip	ETV	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	N	S
1 año	Z-1'	Z-7'	Z-13'	Z-20'	Z-27						
2 años	Z-1"	Z-7"	Z-13"	Z-20"		Z-31'					
3 años	Z-2	Z-8	Z-14	Z-21	Z-28	Z-31" Z-32	BFC	BFC"			
4 años	Z-2'	T-8'	Z-14'	Z-21' Z-22	Z-28'	Z-32'	BFC"	BFC			
5 años	Z-2"	T-8"	Z-14" Z-15	Z-21" Z-22' Z-23	Z-28"	Z-32"	BFC"	BFC" Fe-3-1			
6 años	Z-3 Z-4	Z-9 Z-10	Z-15' Z-16	Z-22" Z-23' Z-24				Fe-3-1'			
7 años	Z-3' Z-4'	Z-9' Z-10'	Z-15" Z-16'	Z-23" Z-24'				Fe-3-1"	Fe-3-1		
8 años	Z-3" Z-4"	Z-9" Z-10"	Z-16" Z-17'	Z-24"					Fe-3-1'		
9 años			Z-17"	Z-25		Z-33			Fe-3-1"		
10 años				Z-25'		Z-33'					
11 años				Z-25"		Z-33"					
12 años	Z-5	Z-11									
13 años	Z-5'	Z-11'				Z-34					
14 años	Z-5" Z-6	Z-1" Z-12	Z-18		Z-29	Z-34'				ETV	ETV
15 años	Z-6'	Z-12'	Z-18'		Z-29'	Z-34"				ETV'	ETV'
16 años	Z-6"	Z-12"	Z-18"		Z-29"					ETV"	ETV"
17 años											
18 años											
19 años			Z-19	Z-26	Z-30	Z-35					
20 años			Z-19'	Z-26'	Z-30'	Z-35'					
21 años			Z-19"	Z-26"	Z-30"	Z-35"					

**MÉTODO DE MUESTREO Y  
TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

## 1.- MÉTODO DE MUESTREO.

En este estudio se ha empleado como unidad de muestreo, para las especies herbáceas, un cuadrado de 0,5 m de lado. Se realizaron ocho repeticiones al azar en cada punto de muestreo. Se anotó, para cada inventario, todas las especies presentes y el valor de importancia de cada una, considerando el porcentaje de cobertura de su proyección vertical respecto al área total del cuadrado, al igual que otros investigadores (Calvo *et al.*, 1990; Diez *et al.*, 1990; Diez *et al.*, 1993-94; Fernández *et al.*, 1990; Fernández Santos *et al.*, 1992; Fernández Santos *et al.*, 1996; Miller, 1979; Pérez Corona *et al.*, 1996; Rivero y Puerto, 1996; Tárrega y Luis, 1988-89; Tárrega *et al.*, 1997).

La elección del tamaño del cuadrado (unidad de muestreo) y del número de cuadrados (tamaño muestral), se ha basado en la amplia bibliografía que existe sobre estudios en comunidades de herbáceas, en general (Chocarro *et al.*, 1993-94; Diez *et al.*, 1990; Diez *et al.*, 1993-94; Fernández *et al.*, 1990; Pérez Corona *et al.*, 1996; Tárrega y Luis, 1988-89; Titlyanova y Mironychera-Tokabera, 1990), como en concreto en la provincia de Salamanca (Barrera *et al.*, 1988; Fernández Santos *et al.*, 1992; Gómez Gutiérrez *et al.*, 1981; Puerto Martín *et al.*, 1984; Puerto *et al.*, 1985; Rivero y Puerto, 1996; etc.). Paralelamente hemos comprobado la adecuación a nuestro estudio, del método de muestreo elegido, analizando la información recogida en los primeros inventarios (ver Capítulo I de Resultados). Como regla general es preferible un gran número de pequeños cuadrados a un pequeño número de cuadrados grandes (Magurran, 1988), pero siempre ese número de cuadrados elegidos ha de ser el mínimo suficiente, es decir, que permita estudiar satisfactoriamente la comunidad vegetal con el mínimo esfuerzo de muestreo.

Con todo, el número de especies esporádicas que no aparecían en los cuadrados era en algunos casos elevado, siendo su porcentaje de cobertura despreciable. Continuamente se van produciendo nuevas incorporaciones, pero la supervivencia en principio es precaria, por lo que fue necesaria una revisión extensa y detallada de cada punto de muestreo; a estas especies se les asigna un valor de cobertura mínimo. Un detalle que merece ser tenido en cuenta es el ajuste del muestreo a las especies presentes en la época de máximo desarrollo de la vegetación (desde finales de mayo a principios de julio) y, por tanto, los datos son comparativos dentro de estos márgenes.

La estimación de la cobertura o superficie de proyección sobre el suelo de cada especie se ha realizado mediante una subdivisión del cuadrado de muestreo en cuadrados más pequeños lo que favorece la objetividad. Además, esta estimación ha sido realizada siempre por la misma persona. Debido a la frecuente superposición de los distintos estratos, la suma de las coberturas de las especies presentes en una unidad de muestreo puede ser superior al 100%, como de hecho sucede en muchos casos.

El método de muestreo se ha establecido para especies herbáceas aunque en algunos inventarios aparecen algunas especies leñosas. Cuando la presencia de especies leñosas era apreciable en una zona se estimaba, además, de forma visual, su porcentaje de cobertura en todo el punto de muestreo.

**Tabla 9.** Familias descritas por *Flora Iberica* y *Flora Europaea* a las que pertenecen las especies encontradas en los muestreos.

FLORA IBERICA	FLORA EUROPAEA
	<i>Boraginaceae</i>
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Campanulaceae</i>
<i>Cistaceae</i>	<i>Compositae</i>
<i>Cruciferae</i>	<i>Convolvulaceae</i>
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Cyperaceae</i>
<i>Fagaceae</i>	<i>Dipsacaceae</i>
<i>Guttiferae</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
<i>Papaveraceae</i>	<i>Gencianaceae</i>
<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Geraniaceae</i>
<i>Polygonaceae</i>	<i>Gramineae</i>
<i>Resedaceae</i>	<i>Labiatae</i>
<i>Violaceae</i>	<i>Leguminosae</i>
	<i>Liliaceae</i>
	<i>Linaceae</i>
	<i>Onagraceae</i>
	<i>Plantaginaceae</i>
	<i>Rosaceae</i>
	<i>Rubiaceae</i>
	<i>Rutaceae</i>
	<i>Scrophulariaceae</i>
	<i>Solanaceae</i>
	<i>Umbelliferae</i>
	<i>Valerianaceae</i>
	<i>Verbenaceae</i>

Las especies encontradas en los muestreos (ANEXO I) fueron identificadas “*in situ*” siempre que fue posible. De las especies desconocidas o dudosas se recogieron ejemplares que fueron identificados posteriormente en el laboratorio, mediante el empleo de claves botánicas. Para la determinación de las especies se ha utilizado *Flora Iberica* (Castroviejo *et al.*, 1986-1993), aunque para las especies pertenecientes a familias todavía no descritas en ésta se ha seguido *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1968-1980) (Tabla 9)

## 2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

### 2.1.- ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA MEDIA.

Tanto la cobertura total de cada punto de muestreo, como la correspondiente a cada especie, cada grupo taxonómico o a anuales/perennes, en ese punto, se ha estimado como media de las coberturas de los ocho cuadrados muestreados. Junto al valor medio se ha calculado también el intervalo de confianza, que nos da una idea de la variabilidad espacial dentro del punto de muestreo.

El intervalo de confianza se ha calculado utilizando la distribución t de Student, puesto que la varianza poblacional es desconocida y el tamaño muestral menor que 30. Hemos empleado como nivel de significación  $\alpha=0,05$  y los límites del Intervalo de confianza vienen dados por la expresión:

$$I_{\mu}^{\alpha=0,05} = [x_0 \pm t_{\alpha} S/\sqrt{n-1}]$$

donde  $x_0$  es la media muestral y S es la cuasi-desviación típica muestral, ambos estimadores insesgados y eficientes de la media y desviación típica poblacionales, respectivamente; n es el tamaño muestral y n-1 los grados de libertad de la distribución t de Student.

Para las comparaciones entre puntos de muestreo se ha empleado el Análisis de la varianza (ANOVA), seguido de los contrastes por parejas

1) ANOVA. El número y tipo de factores de variación considerados varía según los casos.

Para realizar el ANOVA se ha trabajado con los valores de cobertura de los ocho inventarios tomados en cada punto de muestreo, lo que nos ha permitido comprobar si la variabilidad entre puntos de muestreo es mayor o menor que la variabilidad dentro de cada uno de ellos, para los factores de variación estudiados. Dependiendo de que las diferencias se encuentren a un nivel de confianza del 95% ó 99 %, se hablará de diferencias estadísticamente significativas (\*) o altamente significativas (\*\*), respectivamente. En algunos casos, se encuentran incluso diferencias a un nivel de confianza del 99,99 %, en cuyo caso se resalta utilizando la notación (\*\*\*)).

Antes de la aplicación del ANOVA se ha comprobado que se cumplían las dos condiciones básicas para que su utilización sea correcta: la normalidad y la homocedasticidad de los datos de partida. Para la normalidad se ha utilizado el test rápido de no-normalidad dado por David *et al.* (1954) (citado en Galindo, 1984), que estudia la distribución del cociente

$$R/S = \text{Amplitud/Desviación típica,}$$

en muestras de tamaño  $n$ , procedentes de una población normal de desviación típica  $\sigma$ . Si el cociente alcanza o supera el valor crítico correspondiente a la probabilidad de error del 95%, se rechaza la hipótesis nula (es decir, se rechaza la hipótesis de que la población de base es normal).

Como test de homocedasticidad se ha utilizado el contraste de significación de Cochran (1954) (citado en Galindo, 1984), porque el número de cuadrados tomados en todos los puntos de muestreo es igual ( $n = 8$ ). Este test estudia la variable aleatoria

$$g = \max_i S_i^2 / S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots + S_K^2$$

en el supuesto de que  $S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots + S_K^2$  sean las varianzas muestrales correspondientes a muestras aleatorias independientes de tamaño  $n$  extraídas de  $K$  poblaciones con igual varianza  $\sigma^2$  ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_K^2 = \sigma^2$ ). Los puntos críticos de la variable aleatoria  $g$  están tabulados para  $\alpha=0,05$  y para  $\alpha=0,01$ . La hipótesis de igualdad de varianzas se acepta, al nivel de significación del 95%, si y sólo si:

$$g = \max_i S_i^2 / S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots + S_K^2 \leq g_{\alpha; n, K}$$

2) Para localizar entre qué pares de puntos se encuentran las diferencias, se ha utilizado como estadígrafo de contraste el test de Tukey, ya que el tamaño muestral es siempre el mismo ( $n=8$ ). El estadígrafo de contraste viene dado por la expresión

$$|x_i - x_j| / \sqrt{(S_D^2 \times 2/n)} \cong t_{N-r}$$

donde,  $x_i$  y  $x_j$  son las medias de los dos puntos de muestreo a comparar,  $n$  es el tamaño muestral ( $n = 8$ ) y  $S_D^2$  es la media cuadrática de las desviaciones dentro de los grupos.

El estadígrafo de contraste sigue una distribución  $t$  de Student con  $N-r$  grados de libertad, siendo  $N$  el número total de observaciones y  $r$  el número de grupos.

Siguiendo un contraste bilateral, se aceptará la hipótesis de que no hay diferencia entre las medias de las dos poblaciones en los casos en los que el valor del estadígrafo para la muestra elegida esté comprendido entre  $t_{\alpha}$  y  $t_{-\alpha}$ . Dependiendo de que las diferencias se encuentren a un nivel de confianza del 95% ó 99 %, se hablará de diferencias estadísticamente significativas (\*) o altamente significativas (\*\*), respectivamente. En algunos casos, se encuentran incluso diferencias a un nivel de confianza del 99,99 %, en cuyo caso se resalta utilizando la notación (\*\*\*)).

## 2.2.- DOMINANCIA.

Existen diferentes procedimientos para determinar cuáles son las especies dominantes de una zona.

Uno de ellos, consiste simplemente en identificar las especies que constituyen el 70 % de la cobertura total (Fernández Santos *et al.*, 1992). Para ello, el primer paso consiste en calcular, para cada zona, el porcentaje de cobertura relativa correspondiente a cada especie, como resultado del cociente entre la cobertura media de cada especie y la cobertura media total. De este modo, independientemente de cual haya sido la cobertura real de cada zona se relativizan los valores de cobertura, indicando en qué porcentaje contribuye cada especie a la cobertura total de la zona en caso de que ésta fuese el 100 %. En segundo lugar, se ordenan las especies en sentido decreciente, siguiendo sus porcentajes de cobertura relativa y, finalmente, se seleccionan las especies cuyos porcentajes de cobertura relativa sumen el 70 % de la cobertura.

Otro método, para identificar a las especies dominantes, consiste en tener en cuenta las tres especies más abundantes en cada zona, y anotar, para cada especie, el número de cuadrados en los que aparecen. El número de presencias de cada especie en el conjunto de los cuadrados correspondientes a cada zona se traduce en un tanto por ciento que mide la certidumbre de dominancia (Puerto *et al.*, 1984). Únicamente se considerarán las especies cuya certidumbre de dominancia alcance o supere el nivel del 20 %.

En cuanto al uso de uno u otro método, dependerá del nivel al que se realice el estudio. Así, si el estudio de dominancia se restringe a una zona concreta el primer método nos aporta una información muy clara de si existe o no un marcado efecto de dominancia, pues cuanto mayor sea éste menor será el número de especies que constituyan el 70 % de la cobertura total. Pero una vez que se ha puesto de manifiesto que no existe un marcado efecto de dominancia, y si el objetivo siguiente es estudiar las variaciones de las “especies dominantes” a lo largo de la sucesión, entonces el primer método implica trabajar con numerosas especies impidiendo llevar a cabo un análisis sintético y global. Bajo estas circunstancias el segundo método simplifica bastante el proceso.

Otra ventaja del segundo método respecto al primero, es que considera información referente no sólo al porcentaje de cobertura relativa de las especies, sino también sobre la distribución más o menos homogénea de las especies dominantes dentro del área muestreada en cada zona.

También mediante la utilización de índices se puede conocer la dominancia de una zona. Uno muy intuitivo y sencillo de calcular es el de Berger-Parker (Berger y Parker, 1970; May, 1975). Este índice expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes:

$$d = N_{\max}/N,$$

donde  $N_{\max}$  es la cobertura media de la especie más abundante y  $N$  la cobertura media total del punto de muestreo. Es un índice de gran interés cuando lo que se pretende es relacionar los cambios en la dominancia de especies a lo largo del tiempo con los cambios en la diversidad. Con este fin se ha utilizado en el presente estudio.

### 2.3.- ANÁLISIS DE DIVERSIDAD.

Para cada punto de muestreo se analizó la diversidad específica ( $H'$ ), empleando el índice de Shannon-Weaver (1949), que está basado en la teoría de la información y que toma la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{(i=1)}^{(i=r)} p_i \log_2 p_i$$

siendo  $r$  el número de especies de cada punto de muestreo y  $p_i$  el factor de proporcionalidad ( $p_i = n_i/N$ ), que indica la relación entre la cobertura de cada especie ( $n_i$ ) frente a la cobertura total del punto de muestreo ( $N$ ).

La elección del índice de Shannon-Weaver de entre los numerosos disponibles respondió, sobre todo, a la posibilidad demostrada de extrapolación de la diversidad de una muestra a la diversidad real de la comunidad (García *et al.*, 1989; Magurran, 1988). Además, este índice no juzga sobre el tipo de distribución, es relativamente independiente del tamaño de la muestra y en él intervienen poco las especies menos abundantes, que son las más susceptibles a los errores en el muestreo (Puerto *et al.*, 1984).

El análisis de la diversidad ha sido completado, en cada punto, mediante el estudio de sus componentes: riqueza ( $S$ ) y equitabilidad o uniformidad ( $E$ ).

Se utilizó como índice de equitabilidad el definido por Pielou (1969), que viene dado por la fórmula:

$$E = - H'/H_{\max} \text{ ó bien } E = H'/\log_2 S,$$

siendo  $S = n^\circ$  de especies,  $H'$  el índice de Shannon y  $H_{\max}$  el mayor valor posible de diversidad que se alcanzaría en caso de que todas especies estuvieran igualmente representadas.

Con objeto de afrontar estadísticamente el significado de las diferencias de diversidad encontradas según se aplique o no hidrosiembra, se ha seguido el método propuesto por Hutcheson (1970), que se comenta a continuación.

Una vez calculada la varianza de cada punto de muestreo de acuerdo con la expresión:

$$\text{Var } H' = [(\sum p_i (\log_2 p_i)^2 - (\sum p_i \log_2 p_i)^2)/N] - [(S - 1)/(2N)^2],$$

siendo N la cobertura total, y utilizando el método de Hutcheson se obtiene un sistema de cálculo de la “t” para comprobar las diferencias significativas entre muestras:

$$t = (H'_1 - H'_2) / (\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^{1/2}$$

donde,  $H'_1$  es la diversidad de la muestra 1 y  $H'_2$  de la muestra 2, y  $\text{Var } H'_1$  y  $\text{Var } H'_2$  sus varianzas. Los grados de libertad se calculan utilizando la ecuación:

$$df = (\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^2 / [(\text{Var } H'_1)^2/N_1 + (\text{Var } H'_2)^2/N_2]$$

donde  $N_1$  y  $N_2$  son la cobertura total de las muestras 1 y 2 respectivamente.

Otra alternativa hubiera sido utilizar la técnica del salto en el cálculo “jack-knife” (Adams y McCune, 1979; Heltshe y Bitz, 1979; Zahl, 1977) para perfeccionar la estimación de un estadístico de diversidad, obtener la desviación típica de la estimación y fijar los límites de confianza. No obstante, se ha preferido el método de Hutcheson por resultar su cálculo menos tedioso.

Por último, se ha calculado la heterogeneidad espacial (diversidad  $\beta$ ) por medio de una generalización de la fórmula de Margalef (1972):

$$\text{Heterogeneidad} = H' - \left[ \frac{\sum_{i=1}^{(n)} H' \alpha_i}{n} \right]$$

donde  $H'$  es la diversidad de cada punto de muestreo,  $H' \alpha_i$  la diversidad de cada inventario y n el número de inventarios (en este caso igual a 8).

## 2.4.- ANÁLISIS DE AFINIDAD.

Para llevar a cabo la caracterización previa de la sucesión, necesaria antes de pasar a contemplar aspectos relativos a la diversidad, se ha elegido uno método de clasificación muy sencillo. Este procedimiento de clasificación requiere, en primer lugar, el cálculo de la matriz de coeficientes de similitud o afinidad entre pares de observaciones (puntos). Para ello se han propuesto una serie de índices, tanto cualitativos como cuantitativos, que a partir de Jaccard (1902, 1908), y en particular desde mediados del presente siglo, han proliferado de manera notable con aplicaciones en diferentes ramas de la ciencia. Paralelamente, se incrementan las publicaciones

sobre el tema, pudiéndose destacar en un orden práctico las de Dagnelie (1960), Williams y Dale (1965), Williams *et al.* (1966), Pielou (1969), Sneath y Sokal (1973), y todas aquellas que constituyen una revisión de sus propiedades comparativas o enfocan el problema a partir de sus bases matemáticas.

La elección se ha centrado en dos índices: el índice cualitativo de Sorensen (1948) y el semicuantitativo atribuido a Steinhaus por Motyka *et al.* (1950). El de Sorensen es uno de los índices cualitativos de empleo más amplio, debido a que a su sencillez se une la falta de consenso sobre cuál es el más adecuado (Puerto *et al.* 1984). Dicho índice viene dado por la expresión:

$S = (2C/A+B)$ , donde A es el número total de especies en uno de los puntos, B el número total de especies del otro y C el número de especies comunes para los dos puntos comparados. Sus límites de variación van desde 0 ( $C = 0$ ) a 1 ( $A = B = C$ ), aunque por lo general los resultados se dan en tanto por ciento.

Puesto que el índice cualitativo de Sorensen no considera la abundancia de las especies, (lo cual es una desventaja pues considera que todas las especies tiene un peso igual en la ecuación, con independencia de si son abundantes o raras) se utiliza también el índice semicuantitativo atribuido a Steinhaus por Motyka *et al.* (1950), cuya expresión es exactamente igual a la del índice anterior, salvo en lo que representan sus términos. En este caso, A es la cobertura de uno de los puntos de muestreo, B la del otro y C la suma de las coberturas (valor más bajo) de las especies comunes.

El segundo paso, una vez obtenida la matriz de coeficientes de similitud, es clasificar las observaciones. La manera de operar es variada, habiéndose elegido el tipo jerárquico siguiendo un procedimiento aglomerativo mediante el cual se van estableciendo uniones sucesivas entre observaciones hasta que todas forman un grupo único.

Entre los métodos que pueden aplicarse para el agrupamiento jerárquico aglomerativo, presentan mayor facilidad los basados en el cálculo de la media aritmética, de los cuales, el UPGMA “unweighted pair-group method using arithmetic average” (Sokal y Michener, 1958), ha venido siendo particularmente empleado, y preferido al WPGMA “weighted pair-group method using arithmetic average”, sobre el que tiene la ventaja de dar menos distorsión cuando se compara la matriz de similitud cofenética con la de similitud original. Las preferencias por el procedimiento de jerarquización aglomerativa UPGMA frente al WPGMA se ponen de relieve en estudios concretos

(Puerto *et al.*, 1984). Si bien no dejan de ser casos particulares, es posible contemplarlo bajo el aspecto de normativa general (Sneath y Sokal, 1973).

A partir de las agrupaciones secuenciales, los resultados pueden expresarse en la forma de gráficas ramificadas o dendrogramas, que indican los distintos grados o niveles de afinidad a los que se producen las uniones entre observaciones o grupos de observaciones.

La clasificación no implica el calificativo de discretas para las observaciones analizadas. Dicha discreción se establece básicamente, en el estudio de gradientes, de una manera artificial y extrínseca, fundamentada en las características ambientales variables (temporales en el caso de la sucesión) que permiten definir unos límites según los cortes que proporciona el patrón de medida empleado. Tales separaciones no se corresponden frecuentemente con la adecuada, si bien a medida que la afinidad entre grupos decrece van disminuyendo de forma paulatina los errores de una posible “discreción” metodológica. Siempre bajo este punto de vista, se pueden comparar los diferentes grupos formados, así como la secuencia que se sigue en la ordenación de las distintas observaciones, que depende de la composición específica de las mismas y presumiblemente del gradiente ambiental.

## **2.5.- ANÁLISIS MULTIVARIANTE HJ-BIPLLOT.**

Se trata de otro método de clasificación, que requiere de una matriz de partida construida con los valores medios de cobertura de las especies presentes en las distintas zonas que se pretenden comparar. La matriz ( $X_{n \times p}$ ) consta de un número de filas ( $n$ ) correspondientes a las especies y de un número de columnas ( $p$ ), combinaciones de los distintos niveles de los factores de variación considerados (sustrato, orientación, edad, etc.).

Esta matriz se somete a un análisis HJ-Biplot (Galindo, 1985, 1986), el cual es una generalización de los métodos Biplot de Gabriel (1971).

Los métodos Biplot propuestos por Gabriel en 1971, permiten representar los datos de una matriz  $X_{n \times p}$  en un espacio de dimensión reducida, sin más que elegir unos marcadores  $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n$  para sus filas y  $\mathbf{b}_1, \dots, \mathbf{b}_p$  para sus columnas, de forma que el producto interno  $\mathbf{a}_i^t \mathbf{b}_j$  reproduzca el elemento  $x_{ij}$  de la matriz  $\mathbf{X}$ .

Partiendo de la descomposición en valores singulares de la matriz  $\mathbf{X}$

$$\mathbf{X} = \mathbf{UDV}^t$$

donde,  $\mathbf{U}$  es la matriz de vectores propios de  $\mathbf{XX}^t$

$\mathbf{V}$  es la matriz de vectores propios de  $\mathbf{X}^t\mathbf{X}$

$\mathbf{D}$  es una matriz diagonal, formada por los valores singulares de  $\mathbf{X}$

podemos escribir en la forma  $\mathbf{X} = \mathbf{AB}^t$ , sin más que elegir,  $\mathbf{A} = \mathbf{UD}^\alpha$  y  $\mathbf{B} = \mathbf{VD}^{1-\alpha}$ . Si  $\alpha=0$  entonces tenemos la representación GH-Biplot, y si  $\alpha=1$  la representación JK-Biplot (Gabriel, 1971; Gabriel y Odoroff, 1986).

Si tomamos como marcadores:  $\mathbf{A} = \mathbf{UD}$  y  $\mathbf{B} = \mathbf{VD}$  obtenemos la representación HJ-Biplot (Galindo, 1985, 1986; Galindo y Cuadras, 1986).

En el GH-Biplot sólo se preserva la métrica de las columnas, por lo que los individuos vienen representados en coordenadas estándar.

En el JK-Biplot sólo los individuos aparecen representados en coordenadas principales.

El HJ-Biplot, por el contrario, aunque no reproduce los elementos de la matriz original, tiene la ventaja de que sí se trata de una representación simultánea en sentido estricto, alcanzándose una máxima calidad de representación tanto para las filas como para las columnas de la matriz de datos. Mediante esta técnica se consiguen las mejores representaciones  $\beta$ -baricéntricas en el sentido propuesto por Lebart en el contexto del Análisis de Correspondencias, tal como demostraron Galindo y Cuadras en 1986.

Se ha utilizado un HJ-Biplot en lugar del clásico Análisis Factorial de Correspondencias debido a que esta última es una técnica que trabaja sobre perfiles, y los datos de los que disponemos ya son datos relativizados (cobertura), de modo que se introduce un ruido en el análisis que puede enmascarar los verdaderos resultados (Fernández-Gómez, 1990; Galindo *et al.*, (En prensa)).

El HJ-Biplot es una técnica de representación simultánea, que nos permite representar las filas y las columnas de la matriz de datos en el mismo sistema de referencia en el cual son interpretables sus posiciones relativas, sin el inconveniente que en nuestro caso presenta el Análisis Factorial de Correspondencias (AFC). Además de poder conocer las diferencias entre los diferentes puntos de muestreo (combinación de niveles de los factores de variación considerados) en cuanto al porcentaje medio de cobertura de las especies, también es posible conocer qué especies puntuales o asociación de especies son las responsables de esa diferenciación.

De entrada un Análisis de Componentes Principales no era suficiente porque nuestro objetivo no era tanto agrupar zonas en función de características comunes, como podría ser la composición de especies, sino que queríamos ir más allá, y conocer las especies asociadas a las distintas combinaciones de los factores de estudio seleccionados.

El Análisis Canónico de Correspondencias (CCA), cuyo software se conoce con el nombre de CANOCO, tampoco era adecuado a nuestros datos por presentar los mismos inconvenientes que un GH-Biplot en cuanto a la necesidad de disponer de dos matrices. Tanto el GH-Biplot como el CCA requieren para operar dos matrices, una de datos ambientales y la otra con los datos que nos interesa estudiar, pero en nuestro caso concreto sólo disponemos de la segunda. Además, el CCA parte de unos supuestos sobre la distribución de las variables que no siempre se cumplen en la realidad, y esto es una limitación. El CCA supone que las variables siguen distribuciones de campana de Gauss, pero esto no siempre es así. Frecuentemente se dan distribuciones asimétricas o bimodales, para las que no sería adecuado el CCA.

Como resultado del Análisis HJ-Biplot, los distintos puntos de muestreo y las especies asociadas a ellos aparecen dispuestos a lo largo de una serie de ejes, cuyo número dependerá del número de factores que contribuyan a determinar la composición florística de cada zona. Por eso, cuando esta nube de puntos se representa en el plano, la información que proporciona no es del todo real, pues la posición de algunos puntos de muestreo o de algunas especies puede que no sea correcta. Es decir, la proyección en el plano (dos dimensiones) de un espacio multidimensional puede hacer que algunos puntos (de muestreo o especies) ocupen una posición en plano que no signifique que sea debida a la influencia de los factores de variación asociados a los ejes del plano factorial correspondiente. Normalmente, los puntos que ocupan las posiciones más extremas de los ejes suelen estar bien representados en el subespacio vectorial de dos dimensiones, mientras que los

que aparecen en la zona central de la nube de puntos, es muy probable que no estén bien representados cuando se proyecten en un subespacio de dos dimensiones.

En la representación en el plano, el primer eje está trazado por la dirección que absorba la máxima varianza; el segundo, perpendicular al anterior, en la dirección en la que absorba la máxima varianza residual, y así sucesivamente. Como los primeros ejes son los que recogen, normalmente, la mayor proporción de varianza se puede prescindir de los demás, obteniéndose así un sistema mucho más manejable y fácil de interpretar que el original.

A continuación se calculan las contribuciones del factor al elemento ( $CRF_{\alpha}E_i$ ) para las especies y para los puntos de muestreo respectivamente. Estos índices se hacen necesarios para la correcta interpretación del gráfico factorial resultante, ya que aquellos elementos con una alta  $CRF_{\alpha}E_i$  (es decir, que reciben una alta contribución relativa del eje  $\alpha$ -ésimo y baja de los demás), puede decirse que se trata de características casi exclusivas de ese eje, y son los elementos más importantes a la hora de interpretar el mismo. Así mismo, la suma de las contribuciones relativas de los factores al elemento nos indican la calidad de representación de los puntos en el subespacio de dimensión reducida. Sólo serán interpretables en el subespacio correspondiente aquellos puntos cuya calidad de representación sea aceptable.

Los puntos de muestreo aparecen representados mediante estrellas y cada una de las especies aparece representada mediante una cruz en el plano factorial.

La proximidad entre dos estrellas que representan a los puntos de muestreo, puede interpretarse como similitud en cuanto a la composición de especies. La proximidad entre una cruz (punto especie) y una estrella (punto de muestreo) se puede interpretar como que en ese punto de muestreo la especie aparece con mayor porcentaje de cobertura respecto a otras zonas en las que también pueda estar presente. En ambos casos, la interpretación sólo será correcta si esos puntos (especies y puntos de muestreo) estén bien representados en el plano factorial correspondiente.

## 2.6.- EXPRESIÓN DE MEJOR AJUSTE.

Para conocer la tendencia temporal de la cobertura, bien para el conjunto de los datos, bien para datos agrupados por sustrato, orientación y para cada serie, se ha buscado la expresión de mejor ajuste de acuerdo con ecuaciones simples conocidas:

- de tipo logístico o sigmoide  $y = a / (1 + be^{-cx})$
- de tipo lineal  $y = a + bx$
- de tipo polinomial de 2º grado  $y = a + bx + cx^2$
- de tipo polinomial de 4º grado  $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$
- de tipo potencial  $y = ax^b$
- de tipo hiperbólico  $y = a + (b/x)$

Los ajustes a uno u otro modelo se han seleccionado atendiendo a la forma de la nube de puntos, atendiendo al error estándar (S) y a la distribución de los residuales, y teniendo en cuenta el modelo más frecuente en la Naturaleza. Es decir, se ha tenido en cuenta, no sólo que nuestros valores observados se ajusten lo mejor posible a una expresión matemática, sino que además dicha ecuación nos permita extraer una explicación biológica acerca de lo que sucede.

Además, se han realizado correlaciones entre la cobertura y la riqueza específica, entre la cobertura y la diversidad, y entre la cobertura y el año de muestreo. Cuando la correlación era significativa se ha buscado también la expresión de mejor ajuste.

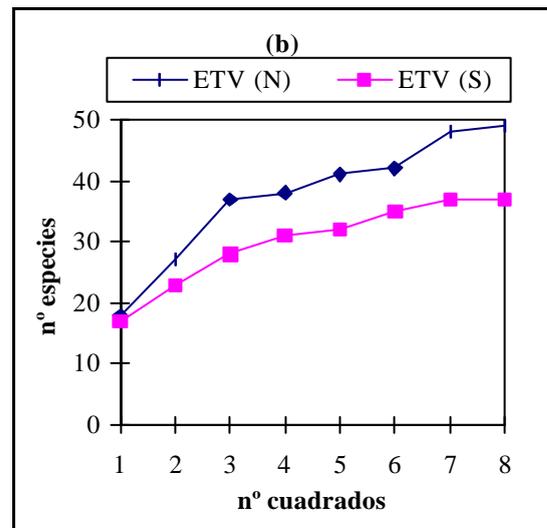
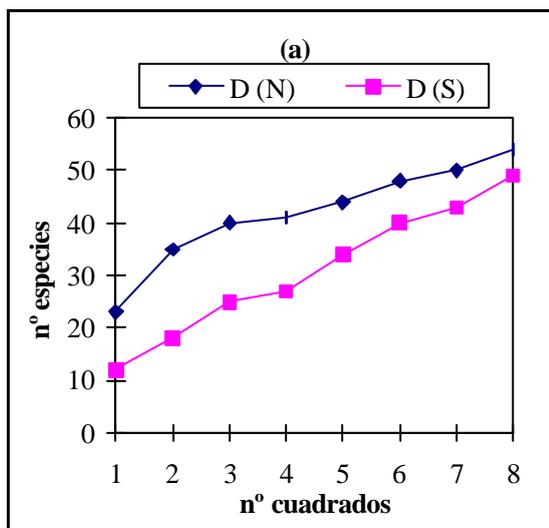
## **RESULTADOS**

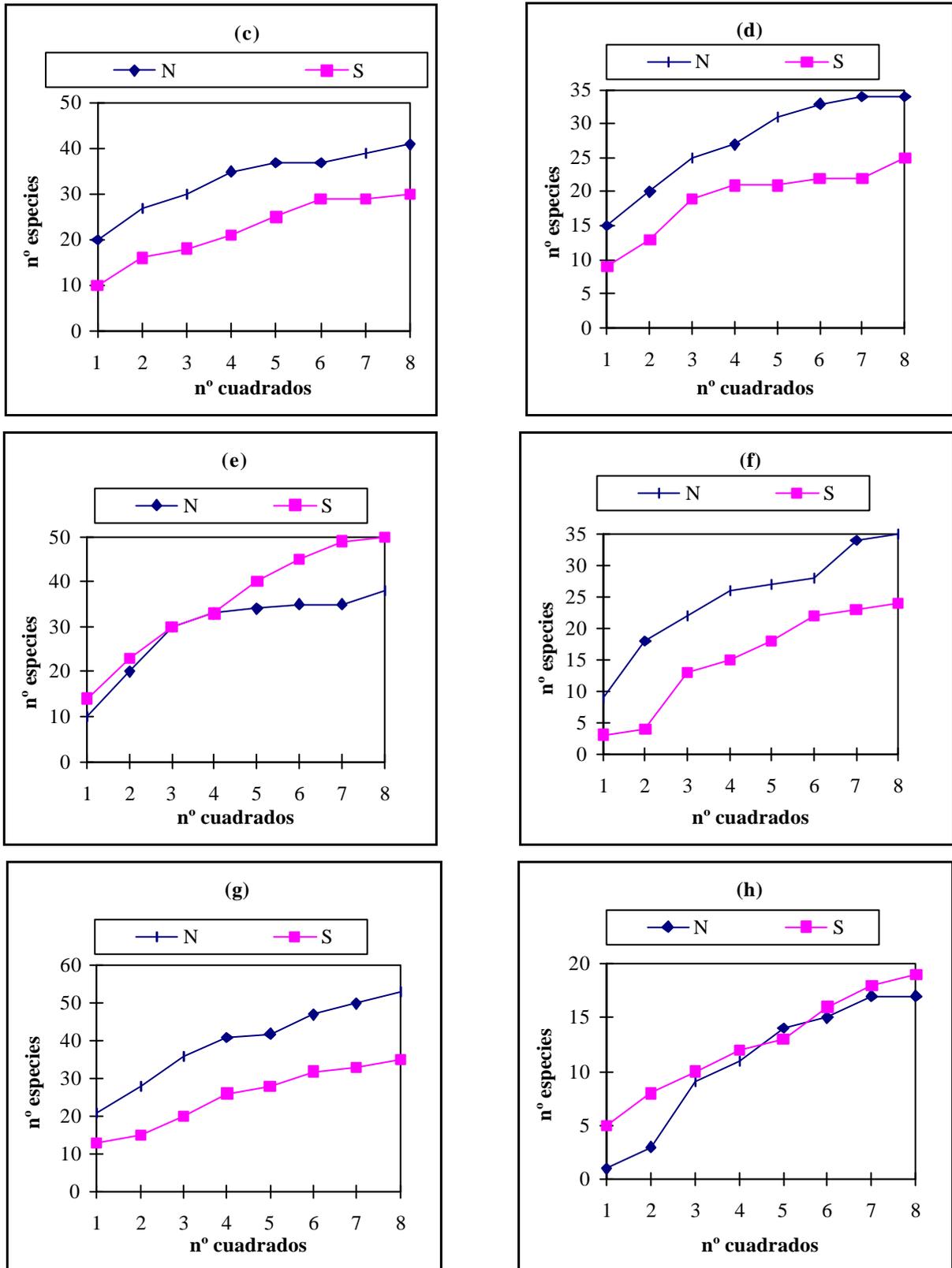
# **CAPÍTULO I: TAMAÑO MUESTRAL**

Con el fin de establecer el tamaño muestral adecuado, es decir, cuál es el número de cuadrados (inventarios) que debemos lanzar en cada punto de muestreo seleccionado, se ha utilizado el método del cuadrado mancomunar (pooled quadrat) de Pielou (1966a, 1969, 1975), que puede adaptarse de forma muy útil para proporcionar una guía respecto al tamaño muestral. Se toman una serie de muestras situadas aleatoriamente, reunidas en una secuencia aleatoria y se calcula la diversidad acumulada mediante el índice de Margalef (1972), que mide la riqueza de especies, es decir, el número de especies que aparecen a medida que aumentamos el número de cuadrados de muestreo. El punto en el que la curva se estabiliza, indica el tamaño muestral mínimo viable.

En la figura 12 se ilustran dieciséis series de curvas de diversidad, tras haber tomado, en 1994, ocho cuadrados en diferentes taludes representativos de edades tempranas y avanzadas de la sucesión, de orientaciones norte y sur, de zonas hidrosembradas y no hidrosembradas, de distintos sustratos de recubrimiento, así como de la dehesa de referencia (D) y de la escombrera de tierra vegetal (ETV).

Estos datos confirman que el número de especies (S) aumenta invariablemente con el tamaño muestral (Maguran, 1988). No obstante, también se observa, en general, que la incorporación de especies a la riqueza de cada zona es mayor en los primeros cuadrados que en los últimos.





**Figura 12.** Relación entre el número de especies incluidas en los inventarios y el esfuerzo de muestreo, en diferentes escombreras (1994).

Teniendo en cuenta, además, el número máximo de especies encontradas en cada zona, incluyendo las especies presentes fuera de los inventarios, se pone de manifiesto que con ocho cuadrados se recogen porcentajes muy altos de especies (Tabla 10).

**Tabla 10.** Número de especies incluidas en los inventarios (A), N° total de especies observadas (B) y porcentaje que representa A respecto de B, en cada zona.

ZONAS	ORIENT.	A	B	(A/B)x100
D	N	54	56	96 %
(a)	S	49	55	89 %
ETV	N	49	51	96 %
(b)	S	37	42	88 %
Hidro. Arc.	N	41	46	89 %
3 años (c)	S	40	32	94 %
No hidro. Arc.	N	34	40	85 %
3 años (d)	S	25	32	78 %
Arcosas	N	38	38	100 %
viejas (e)	S	50	53	94 %
Estéril	N	35	35	100 %
viejo (f)	S	24	24	100 %
Ripado	N	53	57	93 %
viejo (g)	S	35	39	90 %
Estéril	N	17	23	74 %
jóven (h)	S	19	22	86 %

El porcentaje de especies incluidas en los inventarios, respecto del total de especies observadas oscila entre el 90-96% en D (Figura 12.a) y ETV (Figura 12.b). También en zonas hidrosembradas jóvenes (Figura 12.c) se observan porcentajes similares de especies incluidas en los inventarios, mientras que en las zonas no hidrosembradas de las mismas características (Figura 12.d) oscilan en torno al 80-85 %. En las zonas viejas sobre estéril (Figura 12.f) el 100 % de las

especies quedan incluidas en los inventarios, mientras que en zonas viejas sobre arcosas (Figura 12.e) oscilan en torno al 95-100%, y en zonas viejas sobre ripado (Figura 12.g) en torno al 90 %.

En las zonas jóvenes sobre estéril (Figura 12.h) los porcentajes de especies incluidas en los inventarios oscilan entre el 75-85%. Es decir, parece que en estas zonas se necesitaría un mayor número de cuadrados para recoger porcentajes de especies en torno al 90 %, pero puesto que el número de cuadrados elegido influye en el valor de diversidad medido en cada zona, no conviene utilizar un tamaño muestral distinto en cada una de ellas (Magurran, 1988). Para nuestro estudio, un tamaño muestral de ocho cuadrados es suficiente

**CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN  
CIRCUNDANTE**

## **1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en los muestreos de vegetación de la dehesa próxima a la mina de Saelices El Chico y de la escombrera de tierra vegetal.

La vegetación de la zona más próxima a la mina corresponde a una formación adhesionada de encina, sobre relieve suavemente ondulado, con densidad de arbolado media-baja y que había sido explotada por ganadería extensiva (vacas y ovejas), hasta que en 1974 comenzó la actividad minera de ENUSA. A partir de 1974, no ha sufrido ningún tipo de intervención, ni siquiera la presión humana del pisoteo o trasego de vehículos. Durante los últimos 20 años ha seguido un proceso de sucesión natural y por ello se ha tomado como referencia de la vegetación natural.

En esta zona de dehesa se seleccionaron dos laderas, una con orientación noreste y la otra suroeste, que fueron muestreadas en la primavera de 1994 y 1996. En cuanto a la nomenclatura utilizada para identificar las muestras tomadas en la dehesa, la primera letra del nombre hace referencia a Dehesa (D), la siguiente letra a la orientación (N = norte y S = sur) y el número final al año de muestreo (1 = primero y 3 = tercero).

Las características de la Escombrera de Tierra vegetal (ETV) ya han sido expuestas en su ficha técnica, no obstante, conviene recordar que fue construida por el almacenamiento, desde 1974 hasta 1980, de la cubierta edáfica del yacimiento Fe. En el momento de los muestreos (1994, 1995 y 1996) habían transcurrido 14, 15 y 16 años respectivamente, desde que se dejó de depositar suelo en ella. La nomenclatura utilizada para identificar las muestras es ETV, la siguiente letra indica la orientación (N = norte y S = sur) y el número final corresponde al año de muestreo (1 = primero, 2 = segundo y 3 = tercero).

## **2.- DEHESA DE REFERENCIA.**

### **2.1.- ESPECIES PRESENTES.**

En la tabla 11 se presenta una lista de las especies identificadas en la dehesa de referencia, tanto dentro como fuera de los cuadrados de muestreo. Las especies, agrupadas por familias, aparecen ordenadas alfabéticamente, y junto a ellas se recoge información sobre su ciclo vital (anual, bienal, perenne, leñosa) y sobre su presencia según la orientación y el año de muestreo. En

el caso de encontrarse presentes pero no haber quedado incluidas en los inventarios, las especies aparecen acompañadas de la letra “F”.

Se han identificado un total de 98 especies pertenecientes a 25 familias, siendo la familia *Leguminosae*, con 20 especies, la más representada, seguida de *Gramineae* (18 especies), *Compositae* (14 especies) y *Caryophyllaceae* (8 especies). Las 38 especies restantes se reparten entre otras familias que, en conjunto, constituyen el grupo más numeroso. Estos resultados están de acuerdo con los presentados por Rico (1992) sobre las familias con mayor número de especies en la dehesa salmantina.

Prácticamente todas las especies identificadas han quedado incluidas en los inventarios, a excepción de *Campanula lusitanica*, *Echium plantagineum*, *Lavandula stoechas* y *Retama sphaerocarpa*. En los apartados siguientes se analiza de forma detallada la información contenida en la tabla 11.

**Tabla 11.** Listado de especies presentes en la dehesa de referencia.

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Boraginaceae</i>	<i>Echium plantagineum</i>	A/B	F
<i>Campanulaceae</i>	<i>Jasione montana</i>	A/B	N(1-3)/S(1)
	<i>Campanula lusitanica</i>	A	F
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Cerastium glomeratum</i>	A	N(3)
	<i>Corrigiola litoralis</i>	A	N(1)
	<i>Herniaria glabra</i>	P	N(1)/S(1)
	<i>Moenchia erecta</i>	A	N(1-3)
	<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	A	N(3)/S(1)
	<i>Silene gallica</i>	A	N(3)/S(1-3)
	<i>Silene inaperta</i>	A	N(3)/S(3)
	<i>Spergularia rubra</i>	A/B/P	S(1)
<i>Cistaceae</i>	<i>Cistus salviifolius</i>	L	N(3)/S(3)
	<i>Halimium umbellatum</i>	L	N(1)
	<i>Helianthemum aegyptiacum</i>	A	N(3)/S(3)
	<i>Xolantha guttata</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
<i>Compositae</i>	<i>Andryala integrifolia</i>	A/B/P	N(3)/S(1-3)
	<i>Anthemis arvensis</i>	A/B	N(1)
	<i>Carlina corymbosa</i>	P	N(1-3)/S(1)
	<i>Centaurea paniculata</i>	B	S(3)
	<i>Cichorium intybus</i>	P	N(1)

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Compositae</i>	<i>Cirsium arvense</i>	P	N(3)/S(3)
	<i>Crepis capillaris</i>	A/B	N(1)/S(1)
	<i>Chamaemelum nobile</i>	P	N(1)/S(1-3)
	<i>Evax carpetana</i>	A	N(3)/S(1)
	<i>Filago pyramidata</i>	A	S(1-3)
	<i>Hypochoeris radicata</i>	P	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Leontodon taraxacoides</i>	P	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Logfia gallica</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Tolpis barbata</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
<i>Cruciferae</i>	<i>Teesdalia coronopifolia</i>	A	N(1-3)
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex divisa</i>	P	N(1)
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia falcata</i>	A	N(3)
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>	L	N(3)/S(1)
<i>Gencianaceae</i>	<i>Centaurium erythraea</i>	B	N(1)
<i>Geraniaceae</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	A	N(1)
	<i>Geranium molle</i>	A/B	N(1)
<i>Gramineae</i>	<i>Agrostis castellana</i>	P	N(1-3)/S(3)
	<i>Aira caryophyllea</i>	A	N(1-3)
	<i>Anthoxantum aristatum</i>	A	N(1)
	<i>Avena sterilis</i>	A	N(1-3)
	<i>Briza maxima</i>	A	N(3)
	<i>Bromus horderaceus</i>	A	N(1-3)
	<i>Bromus rigidus</i>	A	S(1)
	<i>Cynodon dactylon</i>	P	N(1)
	<i>Cynosurus echinatus</i>	A	S(1)
	<i>Dactylis glomerata</i>	P	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Gastridium ventricosum</i>	A	S(3)
	<i>Holcus setiglumis</i>	A	N(1-3)/S(1)
	<i>Periballia involucrata</i>	A	S(1)
	<i>Poa bulbosa</i>	P	N(1-3)/S(3)
	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	A	N(3)/S(1-3)
	<i>Vulpia bromoides</i>	A	N(1-3)/S(3)
<i>Vulpia ciliata</i>	A	N(1-3)/S(1)	
<i>Vulpia myuros</i>	A	N(1)	
<i>Guttiferae</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	P	N(1)
<i>Labiatae</i>	<i>Lavandula stoechas</i>	L	F
	<i>Thymus mastichina</i>	L	N(3)/S(1)

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Leguminosae</i>	<i>Anthyllis cornicina</i>	A	N(3)/S(1-3)
	<i>Anthyllis lotoides</i>	A	N(3)/S(1-3)
	<i>Coronilla repanda</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Cytisus multiflorus</i>	L	N(3)/S(1)
	<i>Lathyrus angulatus</i>	A	N(3)
	<i>Lotus corniculatus</i>	P	N(1-3)
	<i>Medicago polymorpha</i>	A	S(1)
	<i>Ornithopus compressus</i>	A	N(1)/S(1)
	<i>Ornithopus perpusillus</i>	A	N(1-3)/S(3)
	<i>Retama sphaerocarpa</i>	L	F
	<i>Trifolium angustifolium</i>	A	N(3)/S(1)
	<i>Trifolium arvense</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Trifolium campestre</i>	A	N(1-3)/S(1)
	<i>Trifolium cherleri</i>	A	S(1-3)
	<i>Trifolium dubium</i>	A	N(1)
	<i>Trifolium gemellum</i>	A	N(3)/S(1-3)
	<i>Trifolium glomeratum</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Trifolium striatum</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Trifolium subterraneum</i>	A	N(1)
<i>Vicia lutea</i>	A	S(1)	
<i>Liliaceae</i>	<i>Ornithogalum umbellatum</i>	P	N(1)
<i>Linaceae</i>	<i>Linum bienne</i>	B/P	N(1-3)
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	P	N(1-3)/S(1)
	<i>Plantago lagopus</i>	A	S(3)
<i>Primulaceae</i>	<i>Asterolinum linum-stellatum</i>	A	N(1)/S(1-3)
<i>Rosaceae</i>	<i>Aphanes microcarpa</i>	A	N(1)
	<i>Sanguisorba minor</i>	P	N(1-3)/S(1-3)
<i>Rubiaceae</i>	<i>Crucianella angustifolia</i>	A	S(1)
	<i>Galium aparine</i>	A	N(3)/S(1-3)
	<i>Galium parisiense</i>	A	N(1)
	<i>Sherardia arvensis</i>	A	N(1)/S(1-3)
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	B/P	S(1-3)
	<i>Bellardia trixago</i>	A	S(1)
	<i>Misopates orontium</i>	A	S(1-3)
	<i>Parentuceliia viscosa</i>	A	N(1-3)/S(3)
	<i>Veronica arvensis</i>	A	S(3)

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Umbelliferae</i>	<i>Daucus carota</i>	A/B	N(1-3)
	<i>Eryngium campestre</i>	P	S(1-3)
<i>Valerianaceae</i>	<i>Centranthus calcitrapae</i>	A	N(3)
	<i>Valerianella locusta</i>	A	N(1)
<i>Violaceae</i>	<i>Viola arvensis</i>	A	N(3)

A = anual, B = bienal, A/B = anual-bienal, B/P = bienal-perenne, P = perenne y L = leñosa.

## 2.2.- COBERTURA TOTAL.

### 2.2.1.- Cobertura de herbáceas.

Los valores de cobertura media de herbáceas obtenidos se han representado en la figura 13. Comparando estos valores mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA) de dos vías: factor A (orientación; norte y sur) y factor B (año de muestreo; primero=1994 y tercero=1996), se obtienen diferencias significativas para esos factores e interacción entre ellos (Tabla 12). Las comparaciones por parejas se recogen en la figura 13.

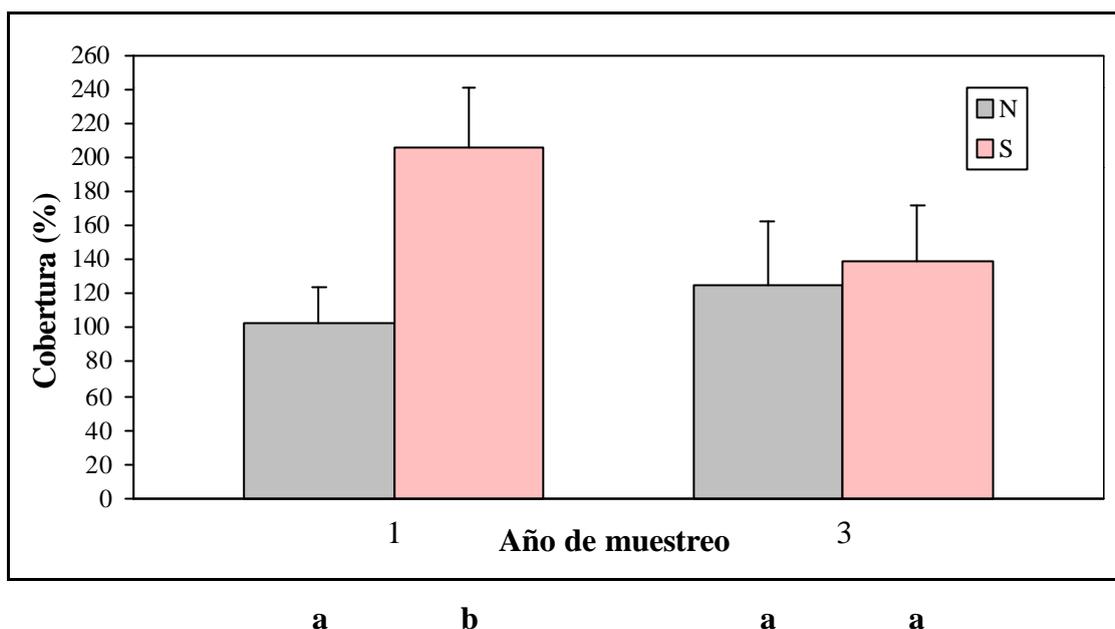
**Tabla 12.** Resultados del Análisis de la Varianza de dos factores (A- orientación y B- año de muestreo), para la cobertura media de las distintas zonas.

ANOVA					
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor	
A	1	27907,03	13,16	0,001**	
B	1	4027,53	1,89	0,179	
AxB	1	15886,53	7,49	0,011*	
Error	28	2120,32			

$$F_{3, 28 (0,05)} = 2,95$$

$$F_{3, 28 (0,01)} = 4,57$$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.



**Figura 13.** Valores medios de cobertura e intervalo de confianza en la dehesa de referencia, según el año de muestreo (primero y tercero), y la orientación (norte-sur). Resultados de los contrastes *a posteriori*; diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Se observa que la cobertura media de herbáceas de la dehesa de referencia, el primer año de muestreo, es significativamente mayor en la orientación sur que en la norte (206% frente a 103%). En el tercer año no se han encontrado diferencias significativas entre las ambas orientaciones. Además, en la orientación sur, la cobertura media es significativamente mayor el primer año que el tercero. En la orientación norte no se han encontrado diferencias significativas de cobertura media entre esos dos años. Por tanto, las únicas diferencias que se detectan se deben al mayor valor de cobertura obtenido en la orientación sur el primer año.

Estos resultados ponen de manifiesto que pueden existir diferencias de cobertura según la orientación (mayor en la sur), pero no todos los años son estadísticamente significativas. Además, las fluctuaciones interanuales son más acusadas en la orientación sur que en la norte.

### 2.2.2.- Cobertura de las especies de matorral.

Las especies leñosas presentes en los inventarios han sido: *Cytisus multiflorus*, *Quercus ilex* subsp *ballota*, *Halimium umbellatum*, *Cistus salviifolius* y *Thymus mastichina*. Fuera de los

inventarios, también estaban presentes: *Retama sphaerocarpa* y *Lavandula stoechas*. De todas ellas, sólo en el caso de *Cytisus multiflorus* y *Quercus ilex* subsp *ballota* se ha estimado visualmente el porcentaje de cobertura en algunas zonas, como queda recogido en la tabla 13. En ella también aparecen, para estas dos especies leñosas, los valores medios de cobertura estimados a partir de los inventarios, tanto para la cobertura real de cada zona, como para una cobertura máxima del 100%.

**Tabla 13.** Valores de cobertura de *Cytisus multiflorus* y de *Quercus ilex* subsp *ballota* en las distintas zonas, estimados a partir de los inventarios y visualmente.

Z O N A S	<i>Cytisus multiflorus</i>			<i>Quercus ilexi subsp ballota</i>		
	(%) Cob-media respecto cober total real	(%) Cob- media respecto cober total 100%	(%) Cober visual	(%) Cob- media respecto cober total real	(%) Cob-media respecto cober total 100%	(%) Cober visual
DN1	P	P	10	P	P	40
DN3	3,4	2,7	15	1,1	0,9	60
DS1	2,5	1,2	P	0,3	0,1	5
DS3	P	P	P	P	P	25

P = presente.

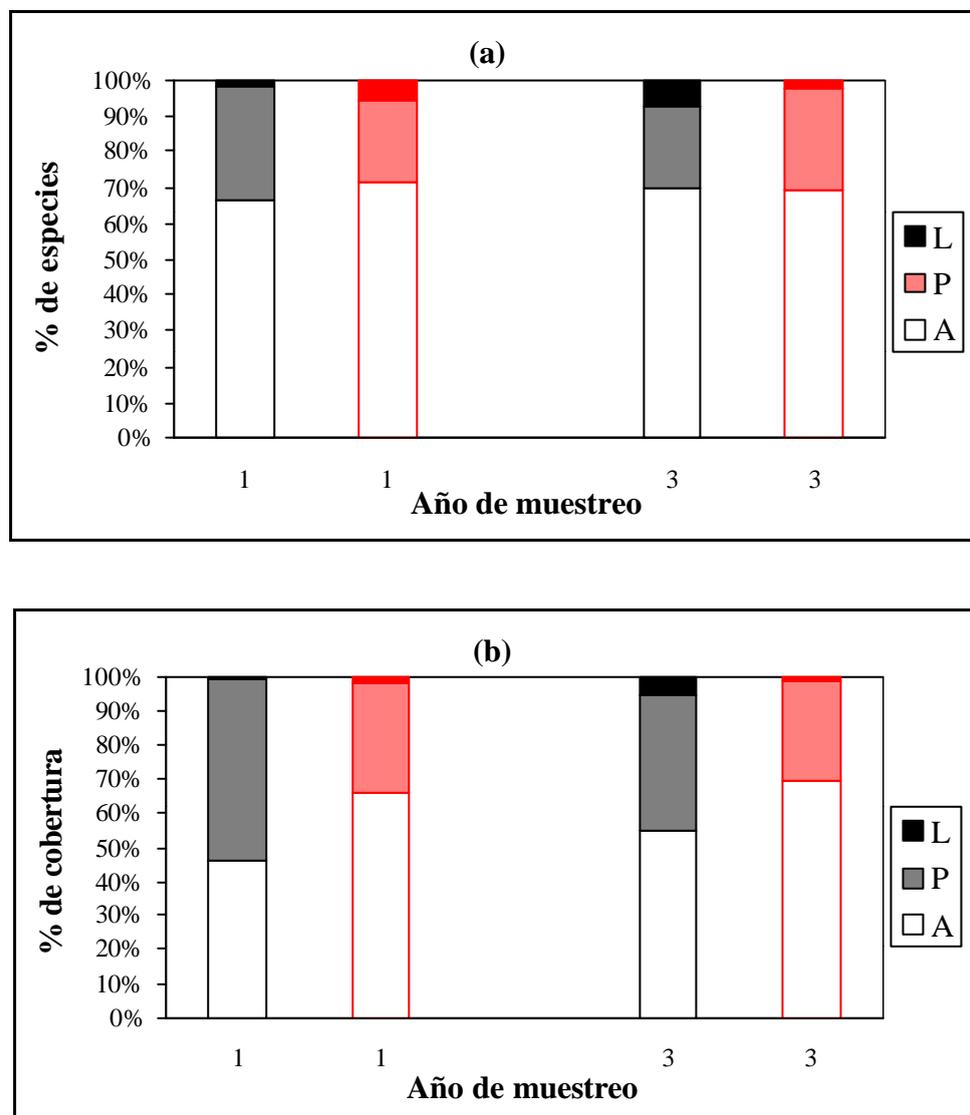
En la ladera norte, la cobertura de *Cytisus multiflorus* es mayor que en la sur, en la que simplemente se registra su presencia con la letra “P”. Ahora bien, en la zona norte las plantas de *Cytisus multiflorus* presentaban mayor tamaño que en la sur, por lo que no quedaron incluidas en los cuadrados y era necesario una estimación visual de su cobertura, mientras que en la ladera sur había plantas pequeñas que quedaban recogidas perfectamente en los cuadrados, siendo estos suficientes para estimar correctamente su cobertura.

*Quercus ilex* subsp *ballota*, con porte arbustivo, presenta mayor cobertura en la ladera norte que en la sur, y ésta ha aumentado del primer al tercer año de muestreo, en ambas orientaciones.

**2.3.- ANUALES / PERENNES.**

Puesto que las especies A/B, B y B/P (A = anual, B = bienal y P = perenne) no presentan apenas variación en la zona, se han incluido las A/B y B en el grupo de “Anuales”, mientras que las B/P han sido incluidas dentro del grupo de “Perennes”. Las especies leñosas aparecen como grupo aparte para destacar su presencia.

Si se establece el porcentaje de los distintos grupos, en función del número de especies (Figura 14.a), se observa un claro predominio de anuales, en torno el 70%.



**Figura 14.** Proporción de herbáceas anuales, perennes y especies leñosas en la dehesa de referencia según el año de muestreo (primero y tercero) y la orientación (N y S).

a- En función del número de especies.

b- En función del porcentaje de cobertura relativa.

Si se considera el porcentaje de cobertura relativa de cada grupo (Figura 14.b), se pone de manifiesto la diferencia entre los inventarios de orientación norte y los de orientación sur. En la orientación norte el porcentaje de cobertura de perennes es mayor que en la sur, para los dos años de muestreo, mientras que en la orientación sur es mayor el porcentaje de cobertura de anuales. Entre años, dentro de una misma orientación, el porcentaje de cobertura de cada grupo apenas varía.

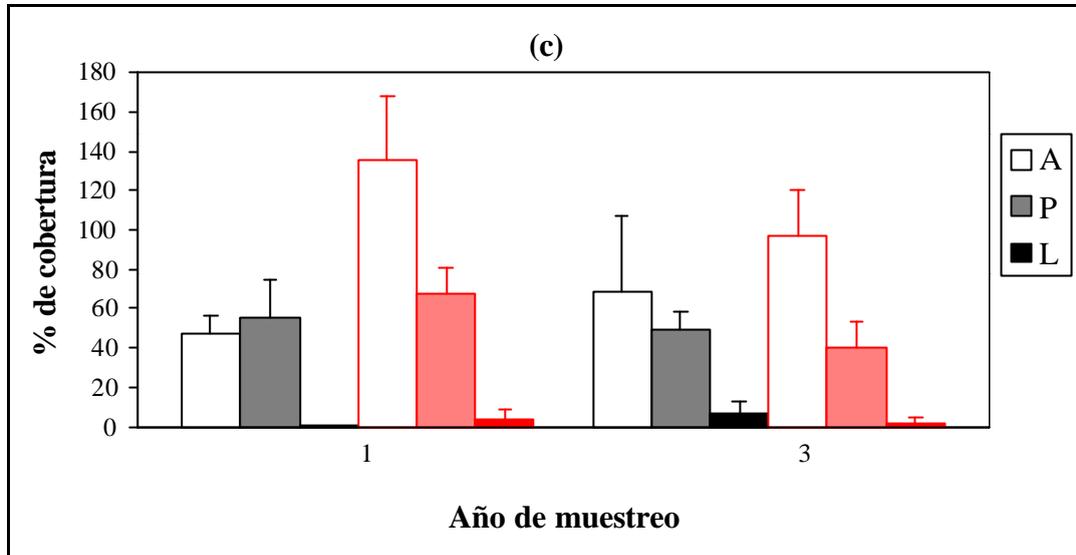
Relacionando los porcentajes de especies y de cobertura por grupos (Figura 14.a y 14.b), se ve que en el caso de las anuales se requiere de mayor número de especies que en el caso de las perennes para alcanzar valores altos de cobertura. Entre las anuales predominan gramíneas y leguminosas de pequeño porte, mientras que entre las perennes se encuentran gramíneas y leguminosas de mayor porte, junto a compuestas (algunas de las cuales presentan base en roseta), rosáceas y plantagináceas.

Cuando las diferencias entre la cobertura de anuales y perennes se hacen mayores, como ocurre en la orientación sur (DS1 y DS3), es porque entre las anuales aparecen especies rastreras como *Anthyllis cornicina*, que contribuyen a incrementar la cobertura por anuales, y, entre las perennes, aparecen menos compuestas con base en roseta y plantagináceas.

Si se considera el porcentaje de cobertura absoluta de cada grupo (Figura 14.c) y se comparan mediante un ANOVA de tres factores (grupos, orientación y año de muestreo) (Tabla 14), se obtienen diferencias entre orientaciones en la cobertura de anuales, mayor en la orientación sur (significación estadística sólo el primer año de muestreo), mientras que los porcentajes de cobertura de perennes son muy similares en ambas orientaciones, los dos años de muestreo. Las diferencias entre años parecen más marcadas en la orientación sur que en la norte, aunque no se ha encontrado significación estadística. En la orientación sur el descenso el tercer año de los porcentajes de cobertura de anuales y perennes se debe simplemente a la disminución de la cobertura total de la zona, de ahí que sus valores relativos sean similares a los correspondientes al primer año (Figura 14.b).

Es importante destacar el hecho de que en la orientación norte los porcentajes de cobertura de anuales y perennes están más próximos entre sí que en la orientación sur (Figura 14.b y 14.c), incluso el primer año la cobertura de perennes supera a la de anuales, por lo que no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la cobertura de ambos grupos en ningún

año de muestreo. En la orientación sur, sin embargo, el porcentaje de cobertura de perennes es aproximadamente la mitad que el de anuales, habiéndose encontrado significación estadística para los dos años de muestreo.



Anuales	ab	c	ab	a
Perennes	ab	ab	ab	bd

**Figura 14 (c).** Cobertura absoluta de anuales y perennes (herbáceas perennes y leñosas) en la dehesa de referencia según el año de muestreo (primero y tercero) y la orientación (N y S). Resultados de los contrastes *a posteriori*; diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 14.** Resultados del Análisis de la Varianza de tres factores: A- Grupos (anuales y perennes [herbáceas perennes y leñosas]), B- orientación, y C- año de muestreo).

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	15593,77	15,41	0,000**
B	1	13953,53	13,78	0,000**
C	1	2013,14	1,99	0,164
AxB	1	13369,14	13,21	0,001**
AxC	1	123,77	0,12	0,728
BxC	1	7943,27	7,85	0,007**
AxBxC	1	937,89	0,93	0,340
Error	56	1012,28		

$$F_{7,56(0,05)} = 2,17$$

$$F_{7,56(0,01)} = 2,95$$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

En resumen, se puede concluir que en la dehesa de referencia los porcentajes de cobertura absoluta de anuales y perennes no varían de forma estadísticamente significativa en función del año de muestreo. En la orientación sur, la cobertura de anuales es significativamente mayor (aproximadamente el doble) que la de perennes, mientras que en la orientación norte no se detectan diferencias entre grupos. Además, el porcentaje de cobertura de anuales es mayor en la orientación sur que en la norte, y el de perennes similar en ambas orientaciones.

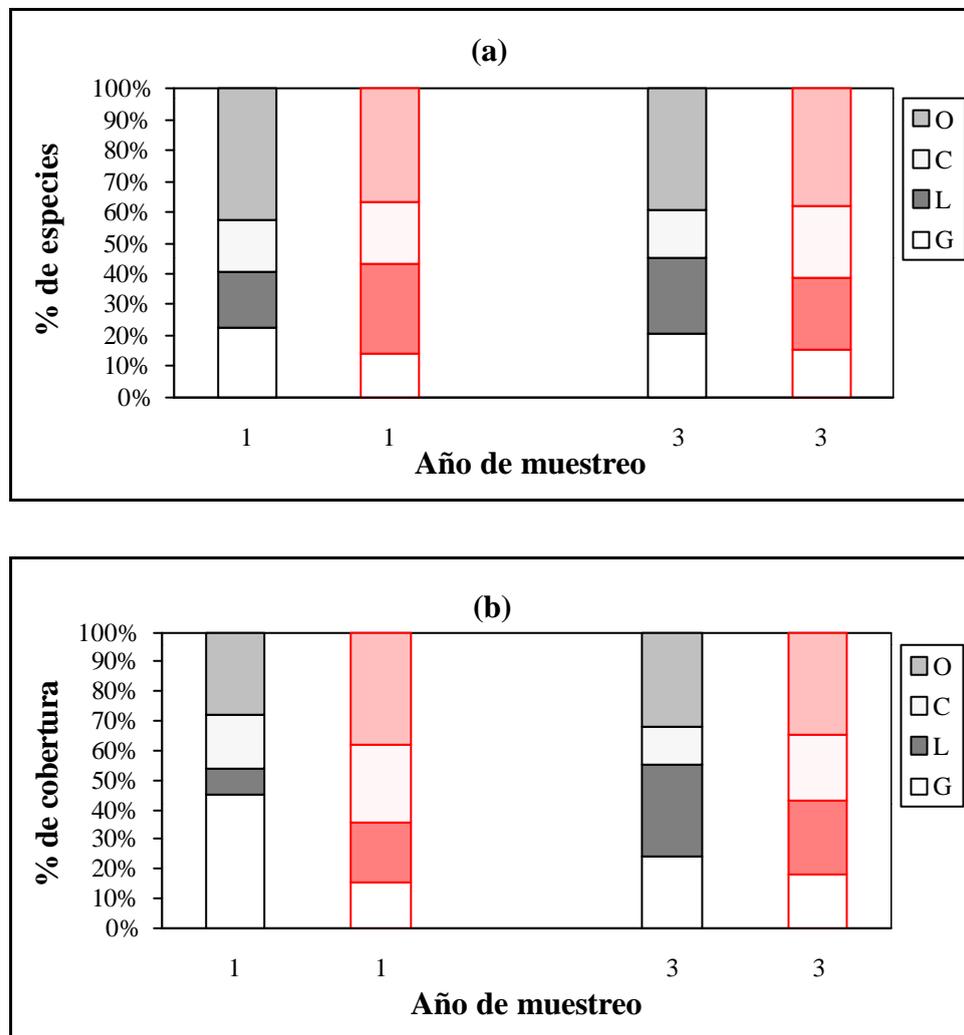
## 2.4.- GRUPOS TAXONÓMICOS.

En la tabla 15 se incluyen, para cada zona, los porcentajes del número de especies pertenecientes a cada grupo taxonómico. De forma resumida en la figura 15.a aparece esta misma información estableciendo solamente cuatro grupos: gramíneas, leguminosas, compuestas y otras familias.

**Tabla 15.** Porcentaje de especies pertenecientes a cada familia, en cada zona.

Familias	DN1	DN3	DS1	DS3
<i>Gramineae</i>	22,22	20,75	14,29	15,38
<i>Leguminosae</i>	18,52	24,53	28,57	23,08
<i>Compositae</i>	16,67	15,09	20,41	23,08
<b>“otras”</b>	<b>42,59</b>	<b>39,63</b>	<b>36,73</b>	<b>38,46</b>
<i>Cistaceae</i>	3,70	5,66	2,04	7,69
<i>Plantaginaceae</i>	1,85	1,89	2,04	2,56
<i>Rosaceae</i>	3,70	1,89	2,04	2,56
<i>Umbelliferae</i>	1,85	1,89	2,04	2,56
<i>Rubiaceae</i>	3,70	1,89	6,12	5,13
<i>Primulaceae</i>	1,85	---	2,04	2,56
<i>Campanulaceae</i>	1,85	1,89	2,04	---
<i>Linaceae</i>	1,85	1,89	---	---
<i>Geraniaceae</i>	3,70	---	---	---
<i>Caryophyllaceae</i>	5,59	9,40	8,17	5,13
<i>Valerianaceae</i>	1,85	1,89	---	---
<i>Cyperaceae</i>	1,85	---	---	---
<i>Gencianaceae</i>	1,85	---	---	---
<i>Liliaceae</i>	1,85	---	---	---
<i>Scrophulariaceae</i>	1,85	1,89	6,12	10,27
<i>Guttiferae</i>	1,85	---	---	---
<i>Cruciferae</i>	1,85	1,89	---	---
<i>Fagaceae</i>	---	1,89	2,04	---
<i>Labiatae</i>	---	1,89	2,04	---
<i>Violaceae</i>	---	1,89	---	---
<i>Euphorbiaceae</i>	---	1,89	---	---

Las especies pertenecientes a “otras familias” constituyen el grupo más numeroso en todas las zonas, oscilan entre el 37% y el 43%, y no se aprecian diferencias entre años y orientaciones (Figura 15.a). La proporción de leguminosas supera a la de gramíneas excepto en DN1 y a la de compuestas excepto en DS3, donde ambas proporciones son iguales. Además, fluctúa en ambas orientaciones según el año de muestreo; el primer año es mayor en la orientación sur, mientras que en el tercero los porcentajes de ambas orientaciones están bastante próximos. La proporción de gramíneas es mayor en la orientación norte que en la sur y la de compuestas en la sur. La proporción de compuestas es mayor en la orientación sur que en la norte, los dos años de muestreo.



**Figura 15.** Proporción de gramíneas, leguminosas, compuestas y otras familias en la dehesa de referencia según el año de muestreo (primero y tercero) y la orientación (N-S).

a- En función del número de especies.

b- En función del porcentaje de cobertura relativa.

Dentro del grupo “otras familias”, las que presentan un mayor porcentaje de especies son las cariofiláceas, cistáceas, escrofulariáceas, rubiáceas y rosáceas. El resto de las familias vienen representadas por una única especie o por ninguna, según la zona (Tabla 16).

**Tabla 16.** Número de especies pertenecientes a cada familia, en cada zona.

<b>Familias</b>	<b>DN1</b>	<b>DN3</b>	<b>DS1</b>	<b>DS3</b>
<i>Gramineae</i>	12	11	7	6
<i>Leguminosae</i>	10	13	14	9
<i>Compositae</i>	9	8	10	9
<b>“otras”</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>15</b>
<i>Cistaceae</i>	2	3	1	3
<i>Plantaginaceae</i>	1	1	1	1
<i>Rosaceae</i>	2	1	1	1
<i>Umbelliferae</i>	1	1	1	1
<i>Rubiaceae</i>	2	1	3	2
<i>Primulaceae</i>	1	0	1	1
<i>Campanulaceae</i>	1	1	1	0
<i>Linaceae</i>	1	1	0	0
<i>Geraniaceae</i>	2	0	0	0
<i>Caryophyllaceae</i>	3	5	4	2
<i>Valerianaceae</i>	1	1	0	0
<i>Cyperaceae</i>	1	0	0	0
<i>Gencianaceae</i>	1	0	0	0
<i>Liliaceae</i>	1	0	0	0
<i>Scrophulariaceae</i>	1	1	3	4
<i>Guttiferae</i>	1	0	0	0
<i>Cruciferae</i>	1	1	0	0
<i>Fagaceae</i>	0	1	1	0
<i>Labiatae</i>	0	1	1	0
<i>Violaceae</i>	0	1	0	0
<i>Euphorbiaceae</i>	0	1	0	0
<b>Nº Total especies</b>	<b>54</b>	<b>53</b>	<b>49</b>	<b>39</b>

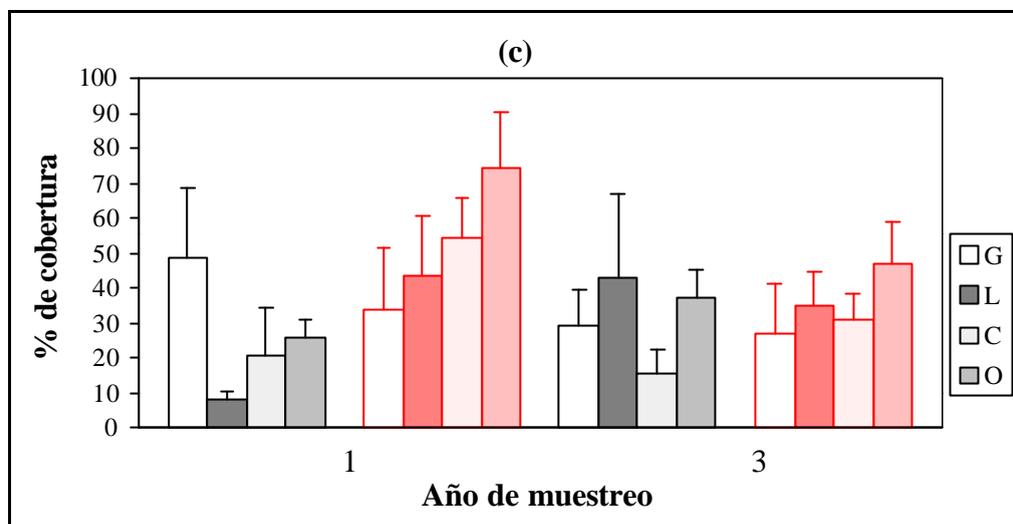
En la tabla 17 se recogen los valores de cobertura relativa de los distintos grupos taxonómicos. De forma resumida en la figura 15.b aparecen representados los porcentajes de cobertura de los grupos taxonómicos: *Gramineae*, *Leguminosae*, *Compositae* y “otras familias”. Las gramíneas representan mayor porcentaje de cobertura en la orientación norte, siendo el grupo mayoritario el primer año de muestreo, y las compuestas en la sur. Las leguminosas representan en

la orientación sur porcentajes de cobertura similares para el primer y tercer año de muestreo, mientras que en la orientación norte su porcentaje de cobertura fluctúa más. El grupo “otras” representa, en general, mayor porcentaje de cobertura en todas las zonas, excepto en DN1 donde predominan las gramíneas. Además, el porcentaje de cobertura del grupo “otras” es mayor en la orientación sur. Dentro del grupo “otras”, la cistácea *Xolantha guttata* es la que más contribuye al porcentaje de cobertura en ambas orientaciones y sobre todo el tercer año de muestreo. Las cariofiláceas contribuyen de forma importante a la cobertura de este grupo en DS1, las rosáceas en la ladera norte (DN1 y DN3) y el resto de las familias contribuyen en menor medida, y no siempre en todas las zonas.

**Tabla 17.** Porcentaje de cobertura relativa de cada grupo taxonómico, en cada zona.

Familias	DN1	DN3	DS1	DS3
<i>Gramineae</i>	45,4	21,2	15,2	17,8
<i>Leguminosae</i>	8,1	33,1	20,7	24,9
<i>Compositae</i>	18,7	13,1	26,3	22,9
<b>“otras”</b>	<b>27,8</b>	<b>32,6</b>	<b>37,8</b>	<b>34,4</b>
<i>Cistaceae</i>	12,2	20,7	14,2	27,7
<i>Plantaginaceae</i>	3,6	0,4	1,5	1,8
<i>Rosaceae</i>	2,2	4,5	1,7	0,3
<i>Umbelliferae</i>	1,4	1,1	0,8	1,2
<i>Rubiaceae</i>	1,7	0,1	0,5	0,4
<i>Primulaceae</i>	1,0	---	0,3	0,4
<i>Campanulaceae</i>	0,8	0,4	1,7	---
<i>Linaceae</i>	0,7	1,8	---	---
<i>Geraniaceae</i>	0,8	---	---	---
<i>Caryophyllaceae</i>	1,3	1,1	15,1	0,2
<i>Valerianaceae</i>	0,5	0,1	---	---
<i>Cyperaceae</i>	0,5	---	---	---
<i>Gencianaceae</i>	0,3	---	---	---
<i>Liliaceae</i>	0,3	---	---	---
<i>Scrophulariaceae</i>	0,2	0,1	1,6	2,3
<i>Guttiferae</i>	0,1	---	---	---
<i>Cruciferae</i>	0,2	0,1	---	---
<i>Fagaceae</i>	---	1,4	0,1	---
<i>Labiatae</i>	---	0,4	0,3	---
<i>Violaceae</i>	---	0,2	---	---
<i>Euphorbiaceae</i>	---	0,2	---	---

En la figura 15.c se recogen los porcentajes de cobertura absoluta de cada grupo taxonómico en cada zona. Comparando estos valores mediante un ANOVA de tres vías, se obtienen diferencias significativas para esos factores e interacción entre ellos, (Tabla 18).



Gramíneas	ad	ac	ac	ac
Leguminosas	bc	ad	ad	ab
Compuestas	ab	ad	ab	ab
“Otras”	ab	d	ab	ad

**Figura 15 (c).** Cobertura absoluta de gramíneas, leguminosas, compuestas y otras familias en la dehesa de referencia según el año de muestreo (primero y tercero) y la orientación (N-S). Resultados de los contrastes *a posteriori*; diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 18.** Resultados del Análisis de la Varianza de tres factores: A- grupo taxonómico (gramíneas, leguminosas, compuestas y “otras”), B- orientación y C- año de muestreo).

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	3	1552,59	4,06	0,009**
B	1	6976,76	18,25	0,000**
C	1	1006,88	2,63	0,107
AxB	3	2283,72	5,98	0,001**
AxC	3	1301,38	3,41	0,020*
BxC	1	3971,63	10,39	0,002**
AxBxC	3	1270,67	3,32	0,022*
Error	112	382,22		

$$F_{15, 112 (0,05)} = 1,75$$

$$F_{15, 112 (0,01)} = 2,19$$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

**En la orientación norte, el primer año de muestreo** se observa que la cobertura absoluta de gramíneas es mayor que la del resto de los grupos taxonómicos, habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la cobertura de gramíneas y leguminosas ( $p < 0,01$ ); para el resto de las combinaciones no se han encontrado diferencias significativas. **El tercer año de muestreo** los porcentajes de cobertura de los distintos grupos taxonómicos difieren menos, y aunque es algo mayor el porcentaje de leguminosas no se han encontrado diferencias significativas.

**En la orientación sur, el primer año de muestreo**, el porcentaje de cobertura de gramíneas es menor que el del resto de los grupos taxonómicos, habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas entre gramíneas y “otras familias” ( $p < 0,01$ ). **El tercer año de muestreo**, los porcentajes de cobertura de los distintos grupos taxonómicos difieren menos y, aunque el grupo “otras” sigue constituyendo mayor cobertura no se han encontrado diferencias.

**En cuanto a las fluctuaciones interanuales** (entre años de muestreo), se observa que **en la orientación norte**, las gramíneas disminuyen su porcentaje de cobertura (del primer al tercer año) y lo incrementan las leguminosas (significación estadística  $p < 0,05$ ), mientras que compuestas y “otras” fluctúan menos. **En la orientación sur**, disminuye la cobertura de todos los grupos taxonómicos (desciende de la cobertura total de la zona), siendo este descenso mayor en el grupo “otras”, seguido de compuestas, aunque no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para ninguno de ellos.

**En cuanto a las diferencias con la orientación, el primer año de muestreo** se observa mayor cobertura de gramíneas en la orientación norte, mientras que en la sur es mayor el porcentaje de cobertura de compuestas, leguminosas (significación estadística  $p < 0,05$ ) y “otras” (significación estadística  $p < 0,001$ ). **El tercer año de muestreo**, no se aprecia apenas diferencia, según la orientación, en el porcentaje de cobertura absoluta de los grupos taxonómicos establecidos.

En resumen, podemos concluir que las diferencias en el porcentaje de cobertura de los distintos grupos taxonómicos son mayores el primer año de muestreo que el tercero, en ambas orientaciones. De hecho, sólo el primero se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de cobertura de algunos grupos, distintos según la orientación. Así,

en la norte, la cobertura de gramíneas es significativamente mayor que la de leguminosas y, en la sur, la cobertura de “otras” es significativamente mayor que la de gramíneas.

Respecto a las variaciones interanuales de los porcentajes de cobertura de los distintos grupos taxonómicos, se observa una menor variabilidad en la orientación sur, en la que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas, mientras que en la orientación norte sí se aprecian en el caso de las leguminosas (significación estadística), gramíneas y “otras”.

Por último, parece que la orientación tiene un efecto sobre el porcentaje de cobertura de los distintos grupos taxonómicos, pero únicamente el primer año de muestreo, en el que las gramíneas predominan en el norte, y compuestas, leguminosas (significación estadística) y “otras” (significación estadística) en el sur.

## 2.5.- DOMINANCIA.

No hay efecto claro de dominancia, puesto que el número de especies que constituyen el 70% del total de la cobertura herbácea oscila entre nueve y trece (Tabla 19).

Lo primero que se observa es que la composición de especies que constituyen el 70% de la cobertura total no permanece constante con los años, en ninguna de las dos orientaciones estudiadas. De las nueve especies que constituyen el 70% de la cobertura total en DN1, cuatro son también importantes en DN3 (*Agrostis castellana*, *Leontodon traxacoides*, *Xolantha guttata* y *Poa bulbosa*), y de ellas tres son perennes, mientras que de las doce especies que constituyen el 70% de la cobertura total en DS1, cinco son también importantes en DS3 (*Xolantha guttata*, *Trifolium striatum*, *T. cherleri*, *Logfia gallica* y *Tolpis barbata*), y todas ellas son anuales. Teniendo en cuenta que se trata de una comunidad supuestamente madura existen fluctuaciones en los porcentajes de cobertura de las especies y, por lo tanto, en las especies que constituyen el 70 % de la cobertura total, debidas posiblemente a la distinta meteorología de los años de muestreo (Chocarro *et al.*, 1993-94).

Por otro lado, parece haber diferencias, según la orientación, en la composición de las especies más representadas; éste aspecto ya ha sido puesto de manifiesto por Puerto *et al.*, (1983a y b) en pastizales salmantinos. Tanto el primer como el tercer año de muestreo, de las especies que

constituyen el 70% de la cobertura en la ladera norte sólo tres son también importantes en la ladera sur. El primer año de muestreo, de las especies más representadas, las que aparecen en ambas orientaciones son: *Leontodon taraxacoides*, *Xolantha guttata* y *Dactylis glomerata*. El tercer año las especies más representadas presentes en ambas orientaciones son: *Xolantha guttata*, *Poa bulbosa* y *Trifolium striatum*. No obstante, sus porcentajes de cobertura no son iguales en ambas orientaciones. Así, el primer año, *Leontodon taraxacoides* tiene un porcentaje de cobertura más bajo en la orientación sur, mientras que el de *Xolantha guttata* es más alto en esa orientación, y el de *Dactylis glomerata* permanece invariable. El tercer año, *Xolantha guttata* y *Poa bulbosa* tienen un porcentaje de cobertura más alto en la orientación sur, mientras que *Trifolium striatum* aparece en ambas orientaciones con valores de cobertura similares.

Las únicas dos especies comunes a ambas orientaciones los dos años de muestreo, son: *Xolantha guttata* y *Poa bulbosa*, de las cuales sobre todo la primera se encuentra mejor representada, en cuanto a cobertura, en la orientación sur.

**Tabla 19.** Valor de importancia de las especies con valor acumulativo de dominancia del 70% según la orientación (N-S) y el año de muestreo (primero y tercero).

ESPECIES	DN1	DN3	DS1	DS3
<i>Agrostis castellana</i>	18,0	11,4	---	---
<i>Leontodon taraxacoides</i>	11,5	4,3	5,1	---
<i>Xolantha guttata</i>	11,4	17,4	12,6	26,1
<i>Vulpia bromoides</i>	7,7	---	---	4,0
<i>Poa bulbosa</i>	7,4	4,2	---	11,7
<i>Dactylis glomerata</i>	4,4	---	4,5	---
<i>Aira caryophylla</i>	3,5	---	---	---
<i>Chamaemelum nobile</i>	3,2	---	---	---
<i>Plantago lanceolata</i>	3,2	---	---	---
<i>Trifolium campestre</i>	---	5,8	---	---
<i>Lotus corniculatus</i>	---	5,6	---	---
<i>Trifolium striatum</i>	---	3,9	2,3	3,6
<i>Trifolium glomeratum</i>	---	3,9	---	---
<i>Sanguisorba minor</i>	---	3,2	1,9	---
<i>Lathyrus angulatus</i>	---	3,0	---	---
<i>Coronilla repanda</i>	---	2,9	---	---
<i>Cirsium arvense</i>	---	2,8	---	---
<i>Cytisus multiflorus</i>	---	2,7	---	---
<i>Herniaria glabra</i>	---	---	12,1	---
<i>Vulpia ciliata</i>	---	---	8,9	---
<i>Tolpis barbata</i>	---	---	8,2	4,6
<i>Medicago polymorpha</i>	---	---	4,8	---
<i>Logfia gallica</i>	---	---	4,6	5,7
<i>Trifolium cherleri</i>	---	---	3,5	8,5
<i>Andryala integrifolia</i>	---	---	2,4	---
<i>Hypochoeris radicata</i>	---	---	---	4,3
<i>Anthyllis cornicina</i>	---	---	---	3,9

Considerando únicamente las especies que constituyen el 70 % de la cobertura total, podemos expresar de forma sintética lo siguiente:

En la ladera norte, el primer año de muestreo predominan las gramíneas (41%), en su mayoría perennes (29,8%), seguidas de compuestas perennes (14,7%) y de cistáceas (11,4%) representadas únicamente por la especie *Xolantha guttata*. El tercer año predominan las leguminosas (27,8%), en su mayoría anuales (19,5%), seguidas de cistáceas (17,4%), representadas únicamente por *Xolantha guttata*, y gramíneas perennes (15,6%).

En la ladera sur, el primer año de muestreo predominan las compuestas (20,3%) seguidas de gramíneas (13,4%), cistáceas (12,5%) representadas únicamente por *Xolantha guttata*, cariofiláceas (12,1%) representadas únicamente por *Herniaria glabra*, y leguminosas (10,6%). El

tercer año predominan las cistáceas (26,1%) representadas únicamente por *Xolantha guttata*, seguidas de leguminosas (16%), gramíneas (15,7%) y compuestas (14,6%).

Mientras que las condiciones meteorológicas del primer año de muestreo han favorecido el desarrollo fundamentalmente de gramíneas (sobre todo en la orientación norte) y compuestas (sobre todo en la orientación sur), el tercero la alta pluviometría anual y, en concreto, de los meses pre-estivales, han favorecido, respecto el año anterior, el desarrollo de leguminosas en ambas orientaciones, aunque sobre todo en la norte. También la cistácea *Xolantha guttata* se ha visto muy favorecida, en ambas orientaciones, el tercer año, aunque sobre todo en la sur.

Esta realidad pone de manifiesto la gran variabilidad que experimenta la composición específica de la comunidad herbácea de la dehesa de referencia según la orientación y el año de muestreo. Existen diferencias entre las especies que constituyen el 70 % de la cobertura total y en los porcentajes de cobertura que presentan las especies comunes a varias zonas.

## **2.6.- DIVERSIDAD Y SUS COMPONENTES.**

En la dehesa de referencia, la riqueza específica es mayor en la orientación norte que en la sur, para los dos años de muestreo, aunque es el tercer año cuando la diferencia norte-sur se hace más marcada (Tabla 20). Mientras que en la ladera norte apenas hay diferencia entre la riqueza específica de los dos años de muestreo, en la orientación sur se hace más patente, siendo el tercer año menor que el primero. Este resultado no parece lógico si se tiene en cuenta que el tercer año fue bastante más lluvioso que el primero. Quizás la explicación esté en la heterogeneidad espacial, ya que el menor número de especies, observado en la ladera sur el tercer año, va acompañado de la menor diversidad y menor heterogeneidad espacial.

**Tabla 20.** Valores de diversidad y sus componentes en la Zona natural.

ZONA	H'	$\bar{x}$	S	$\dot{x}$	E	HETE
DN1	4,45		54		0,7727	1,0762
DN3	4,63	<b>4,54</b>	53	<b>53</b>	0,8081	1,1817
DS1	4,62		49		0,8228	1,1424
DS3	4,05	<b>4,34</b>	39	<b>44</b>	0,7654	0,6355

En la ladera norte, los altos valores de riqueza específica se corresponden con altos valores de diversidad. No obstante, para valores de riqueza similares ambos años de muestreo los valores de diversidad difieren en función de la equitabilidad, siendo la diversidad mayor en DN3 por presentar una mayor equitabilidad o uniformidad que DN1.

En la ladera sur, asociada a una mayor riqueza específica y mayor equitabilidad, corresponde a DS1 un mayor valor de diversidad respecto a DS3.

En cualquier caso, todos los valores de diversidad registrados son altos.

En general, se aprecia que los mayores valores de riqueza específica no sólo están asociados a una elevada diversidad sino también a una mayor heterogeneidad espacial.

## 2.7.- DISCUSIÓN.

Con el nombre de dehesas, en España, y de montados, en Portugal, estas unidades de explotación ocupan amplias áreas de suelos pobres en el centro, oeste y suroeste del contexto peninsular.

El arbolado es un elemento característico de la dehesa, el otro lo son las especies herbáceas. Ambos tipos de elementos coexisten en el sistema, de forma que las estructuras más conservativas, los árboles, ejercen su acción sobre las más productoras, las plantas herbáceas. Entre dichos efectos, destacan el bombeo de fertilidad de las capas bajas del suelo (Montoya 1980), la influencia espacial que se manifiesta por la propia distribución a lo largo de las laderas, rompiendo la monotonía de las variaciones vectoriales (Fitter, 1982; Gómez Gutiérrez *et al.*, 1978; Puerto y Rico, 1992; Puerto *et*

*al.*, 1977), por lo que es causa de celularidad, aunque quizás el efecto más patente sea que condicionan la composición específica de las comunidades herbáceas, creando diferencias bajo la copa, como se han puesto de manifiesto en muchos estudios (Alonso *et al.*, 1979; González Bernáldez *et al.*, 1969; González Bernaldez *et al.*, 1975; Marañón, 1986; Puerto *et al.*, 1977; Puerto *et al.*, 1989; Tárrega y Luis, 1988-89).

Por su parte, los pastos seminaturales de dehesa han constituido y constituyen un importante recurso económico para la Península Ibérica (Gómez Gutiérrez, 1978; Llorente, 1993) y tienen un indudable valor ecológico como indican las numerosas funciones que se les han atribuido, entre las que destacan la regulación del equilibrio hidrológico (Bradshaw y Chadwick, 1988; Gallart y Llorens, 1996), la protección del suelo frente a la erosión (Gómez, 1992; Wicherek, 1988), etc.

En el presente trabajo, el estudio de la comunidad herbácea característica de la dehesa, en cuyo ámbito se ubican las escombreras, es clave para comprender hacia qué situación tienden las comunidades que se van constituyendo a lo largo de la sucesión, y para conocer la mayor o menor similitud alcanzada en cada serie estudiada. La composición florística previa a las alteraciones es uno de los factores que más influyen en las especies que aparecerán después (Calvo *et al.*, 1990) y, además, las especies presentes en la zona “natural” próxima colonizan con mayor facilidad los nuevos sustratos..

La comunidad herbácea de la dehesa tomada como referencia se caracteriza por un claro predominio especies anuales (70% de las especies). Su contribución a la cobertura total también es importante: el porcentaje de cobertura absoluta de anuales es similar al de perennes en la orientación norte, mientras que en la sur predominan también cuantitativamente las anuales. El elevado número de especies anuales es una característica de los países de clima mediterráneo, aunque sobre todo de los pertenecientes a la Cuenca Mediterránea, y en menor medida en California (Madon y Médail, 1997). Esto se debe, en opinión de Naveh y Whittaker (1979), a la intensa explotación antrópica a la que han estado sometidas estas zonas desde muy antiguo, mientras que en otras zonas de clima mediterráneo, como el suroeste de Australia o Cape (Sudáfrica), la proporción de anuales es relativamente más pobre (Goldblatt, 1978), y asociada a una menor intervención humana.

Recientemente se ha vuelto a discutir sobre el papel de las especies anuales en los pastizales mediterráneos (Madon y Médail, 1997). Se plantea la cuestión de si las anuales deben considerarse

como ruderales, de acuerdo con la teoría de Grime, en cuyo caso estarían adaptadas a vivir en hábitats perturbados o si por el contrario presentan una adaptación al clima xérico, de acuerdo con Raunkiaer.

La mayoría de las especies anuales son pterófitos (Raunkiaer, 1934), caracterizados por pasar la estación desfavorable en forma de semilla. Por otro lado, han sido, en general, considerados como especies que siguen la estrategia de la "r", caracterizada por la habilidad para incrementar su población rápidamente. La gran producción de semillas, con baja mortalidad de las mismas, por individuo les permite incrementar rápidamente su población. Grime (1977, 1987, 1988) distingue tres estrategias principales para las plantas: C (competidoras), S (tolerantes al estrés) y R (ruderales). Las tolerantes al estrés están adaptadas a las limitaciones (climáticas, edáficas...), las ruderales a hábitats perturbados y las competidoras a los hábitats productivos y estables. Normalmente, se había relacionado el gradiente r-k con un gradiente de madurez en la comunidad, siendo las especies de la "r" las que caracterizan a los ambientes nuevos (Frontier y Pichod-Viale, 1991; Haper, 1977); aspecto este último muy criticado por otros autores (Boyce, 1984; Grubb, 1987) en relación al banco de semillas del suelo, por ejemplo. Por su parte, Grime (1977) ha correlacionado el gradiente R-S (Ruderal-estrés toletante) con el gradiente r-k. Pero la consideración por parte de Grime (1977) de todas las especies anuales como ruderales (R) difiere del concepto de Raunkiaer (1934), que relaciona la alta proporción de anuales con la aridez del clima.

Madon y Médail (1997) pretenden con su estudio aclarar esta controversia. El análisis de correspondencias y el examen de las estrategias de las plantas revelan que: 1) las anuales se agrupan en la ordenación junto a las perennes más xerófilas y 2) la cobertura de anuales es mayor en las zonas con mayor cobertura de especies tolerantes al estrés (S) y menor de especies competidoras (C) y de estrategias intermedias (CS). Estos resultados constituyen para sus autores, argumentos para considerar a las especies anuales como tolerantes al estrés en ambientes xéricos, mientras que en hábitats productores sería más correcta la consideración de las anuales como ruderales. Esta distinción en dos casos está justificada por los trabajos de Hillier (1990) y Ryser (1993). Por lo tanto, las especies anuales de los pastizales mediterráneos se considerarían tolerantes al estrés como había apuntado Daget (1980).

Teniendo en cuenta la abundancia de pterófitos, es decir, de especies anuales que pasan la estación desfavorable en forma de semillas, que son destruidas anualmente y vuelven a resurgir con la llegada del buen tiempo, el clima ejerce una gran influencia. El ciclo de las anuales está adaptado a las variaciones del clima (macro y microclimáticas): la germinación tiene lugar mayoritariamente en otoño (raramente en invierno; ver Espigares y Peco (1993)), las especies son beneficiadas por las precipitaciones caídas en otoño y primavera, y mueren antes o durante el seco verano. Las fuertes fluctuaciones meteorológicas, con alternancia de años de gran sequía frente a otros más húmedos, son ideales para la proliferación de los pterófitos (Debussche *et al.*, 1996). En la dehesa de referencia ambos años de muestreo (contados desde junio del año anterior a mayo del año de muestreo) fueron buenos para la proliferación de pterófitos, pues tras años bastante secos, sobre todo en otoño, se dieron mejores condiciones de pluviometría (Tabla 7; página 76). En 1994 cayeron 588 mm repartidos de forma que llovió bastante en otoño, el invierno fue suave, dando paso a las lluvias de abril y sobre todo de mayo. Estas precipitaciones llegaron tras un año menos lluvioso, con una precipitación anual de 390 mm, de la cual muy poco cayó en otoño e invierno, aunque sí llovió algo en abril y más en mayo. En 1996 cayeron 755 mm repartidos entre un otoño suave pero invierno lluvioso, sobre todo al principio, dando paso a lluvias en marzo, algo en abril y más altas en mayo. Estas lluvias llegaron tras un año bastante más seco, con una precipitación anual de 230 mm y no especialmente importante ni en otoño ni en primavera.

Sin embargo, aunque la proliferación de pterófitos fue elevada en ambas orientaciones los dos años de muestreo, su contribución a la cobertura total fue mayor en la orientación sur (sobre todo el primer año). El hecho de que en la orientación sur las anuales contribuyan en mayor medida a la cobertura total, se debe fundamentalmente a que son distintas las especies anuales presentes en ambas orientaciones, como también han encontrado otros autores (Puerto *et al.*, 1983a y b; González Hidalgo, 1993-94); no obstante, *Xolantha guttata* común a ambas orientaciones, presenta mayor cobertura en el sur. Así, en la orientación sur, el mayor porcentaje de cobertura de anuales respecto a la norte se debe fundamentalmente a especies anuales de porte rastrero o base en roseta (característica que no es exclusiva de las especies perennes; ver Krumbiegel (1997)), sobre todo leguminosas y compuestas, que contribuyen a incrementar la cobertura de anuales. Para una misma orientación la composición de especies varía de un año a otro, por lo que manteniendo el razonamiento anterior se comprende la existencia o no de diferencias estadísticamente

significativas entre orientaciones según el año. En la orientación norte, sin embargo, no se aprecia diferencia en la contribución de anuales a la cobertura total, según el año de muestreo.

Las diferencias meteorológicas entre años también parecen afectar a la mayor o menor cobertura diferenciando grupos taxonómicos. Es frecuente considerar que las leguminosas son las responsables de la calidad del pasto y las gramíneas de la producción, por lo que su variabilidad con los años es un aspecto bien conocido por los ganaderos; más que la cuantía de las precipitaciones, la importancia radica en la forma en que se distribuyen a lo largo del año (Gómez Gutiérrez, 1992; Puerto, 1997a y b). Las lluvias otoñales tempranas son la clave de una buena proporción de leguminosas en el pasto; si las lluvias otoñales son escasas o tardías, las semillas de las leguminosas no germinan. Pero también es cierto que una buena proporción de lluvias en septiembre-octubre, precursoras de una abundantísima presencia de plantas de leguminosas, no son, en absoluto, garantía de la riqueza de las mismas en primavera, pues un mes de Noviembre seco y pródigo en heladas fuertes, puede dejar al pasto privado de ellas (Gómez Gutiérrez y Luis Calabuig, 1992).

En la dehesa de referencia se observa como los distintos grupos taxonómicos varían su porcentaje de cobertura de un año a otro de forma similar en ambas orientaciones. Es decir, el tercer año hay un descenso de la cobertura de gramíneas y compuestas, y un incremento de “otras” y leguminosas (significativo en la orientación norte). El incremento de leguminosas el tercer año de muestreo se debe no tanto a las lluvias de otoño (Tabla 5, página 68), que, si bien tempranas fueron inferiores a las caídas el primero, como a la ausencia de heladas en noviembre (Tabla 6, página 72), mientras que el primer año hubo 11 días de heladas en noviembre, repartidas desde el día 10 al 29 de dicho mes. Además, las diferencias en el porcentaje de cobertura entre las distintas familias son mayores el primer año de muestreo que el tercero, y a su vez los grupos que difieren son distintos según la orientación. En la ladera norte es mayor la cobertura de gramíneas, mientras que en la sur destacan “otras, compuestas y leguminosas; aunque las diferencias son significativas sólo el año con menor precipitación.

Teniendo en cuenta que la meteorología de los distintos años de muestreo influye en la contribución de anuales y perennes a la cobertura total, así como la de los distintos grupos taxonómicos (mejor conocido en el caso de las leguminosas), quizás se comprendan mejor las variaciones que experimenta la composición florística de la zona de unos años a otros. Como pone

de manifiesto el estudio de las especies que constituyen el 70 % de la cobertura total, las diferencias no sólo son debidas a que se trata de especies distintas sino también a los distintos porcentajes de cobertura de las especies comunes. Así, de las especies que constituyen el 70 % de la cobertura total sólo unas pocas siguen siendo importantes en cobertura de un año a otro y su importancia (% de cobertura) no es la misma. Esta observación también ha sido hecha por otros investigadores, de forma que Chocarro *et al.* (1993-94) apuntan que “las diferencias interanuales (en el aporte relativo de cada especie) eran debidas posiblemente a las diferencias climáticas”, y Titlyanova y Mironycheva-Tokavera (1990) explican la aparición o desaparición de algunas especies, de un año a otro, así como los cambios en su contribución, por causas meteorológicas.

Estos cambios se detectan también a nivel de la cobertura total, según el año de muestro y la orientación. En la dehesa de referencia la cobertura media de herbáceas es mayor en la orientación sur que en la norte, por el mayor incremento de cobertura de anuales, aunque las diferencias son más o menos marcadas dependiendo de las condiciones meteorológicas del año de muestreo. El primer año las diferencias con la orientación son más acusadas, porque las anuales se han visto favorecidas en la orientación sur respecto de la norte, como se ha explicado anteriormente. Entre las anuales que proliferan el primer año en la orientación sur destacan compuestas, como *Andryala integrifolia* y *Tolpis barbata*, y cariofiláceas, de porte rastrero, como *Herniaria glabra*, que no aparecen en la orientación norte.

Por último, es interesante destacar el hecho de que no exista efecto de dominancia en la zona, lo que era de esperar teniendo en cuenta que en el momento de los muestreos habían transcurrido 20-22 años desde la exclusión del ganado. Como es sabido, el ganado tiene un efecto sobre la comunidad herbácea (pasto), seleccionando las especies capaces de renovarse con rapidez, con potencial para seguir creciendo aunque pierdan gran parte de su biomasa (Puerto *et al.*, 1990; Puerto, 1997a). Se establece un circuito recurrente positivo, en el sentido de que, a más consumo, mayor tasa de renovación de las especies, y a mayor tasa de renovación de las especies más intenso es el consumo (Montserrat, 1980). Por lo tanto, la composición florística de la dehesa, previa al abandono del pastoreo, y la que presenta en el momento del muestreo ha cambiado. El efecto selectivo ejercido por el ganado sobre el pasto (vacas y ovejas tienen preferencia por las leguminosas frente a las gramíneas (Gómez Gutiérrez y Luis Calabuig, 1992)) se ha visto diluido y con ello el efecto de dominancia. No obstante, no se observa una baja riqueza específica, habitual

en zonas que sufren exclusión del ganado respecto a zonas pastadas (Milchunas *et al.*, 1989; Traba *et al.*, 1996), tal vez porque esa reducción se detecta al poco tiempo de ser excluido el ganado y 20-22 años ya parece ser suficiente para que la comunidad de la dehesa de referencia se haya reorganizado; Traba *et al.* (1996) encontraron que algunas especies habían sido desplazadas significativamente del banco del suelo, pero tan sólo habían transcurrido tres años tras la exclusión de ganado. Fernández Santos *et al.* (1992), detectan un acusado descenso de la diversidad de la comunidad herbácea, pero en los primeros años de la sucesión secundaria en ausencia de pastoreo.

La ausencia de dominancia lleva asociada unos altos valores de diversidad, debido mayormente a la alta riqueza específica (mayor en el norte) y no tanto a la uniformidad. Los valores de H' encontrados son bastante más altos que los encontrados por Pérez Corona *et al.* (1996) en otros pastos de dehesa de la provincia de Salamanca ( $3,06 \pm 0,06$ ; valor medio y error estándar). Los altos valores de diversidad van asociados, a su vez, a altos valores de heterogeneidad espacial.

### 3.- ESCOMBRERA DE TIERRA VEGETAL.

#### 3.1.- ESPECIES PRESENTES.

En la tabla 21 se presenta una lista de las especies identificadas en la escombrera de tierra vegetal, tanto dentro como fuera de los cuadrados de muestreo. Las especies, agrupadas por familias, aparecen ordenadas alfabéticamente, y junto a ellas se recoge información sobre su ciclo vital y sobre su presencia según la orientación y el año de muestreo. En el caso de encontrarse presentes pero no haber quedado incluidas en los inventarios, las especies aparecen acompañadas de la letra “F”.

Se han identificado un total de 108 especies pertenecientes a 23 familias, siendo la familia *Compositae*, con 24 especies, la más representada, seguida de *Gramineae* (20 especies), *Leguminosae* (16 especies) y *Caryophyllaceae* (6 especies).

Prácticamente todas las especies identificadas han quedado incluidas en los inventarios, a excepción de *Anthemis arvensis*, *Cirsium arvense*, *Helichrysum stoechas* y *Quercus ilex* subsp. *ballota*.

En los apartados siguientes se analiza de forma detallada la información contenida en la tabla 21.

**Tabla 21.** Listado de especies presentes en la escombrera de tierra vegetal.

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Boraginaceae</i>	<i>Echium plantagineum</i>	A/B	N(3)/S(2-3)
<i>Campanulaceae</i>	<i>Campanula rapunculus</i>	B	N(3)
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Cerastium glomeratum</i>	A	N(2-3)/S(2)
	<i>Paronychia argentea</i>	P	S(1)
	<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	A	N(1)/S(1-2-3)
	<i>Silene gallica</i>	A	S(1-2)
	<i>Silene inaperta</i>	A	S(2-3)
	<i>Spergularia rubra</i>	A/B/P	N(1)/S(2-3)
<i>Compositae</i>	<i>Andryala integrifolia</i>	A/B/P	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Anthemis arvensis</i>	A/B	F
	<i>Carduus tenuiflorus</i>	A/B	N(1-2)/S(1-2-3)
	<i>Carlina corymbosa</i>	P	S(2)

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Compositae</i>	<i>Centaurea melitensis</i>	A/B	S(2-3)
	<i>Cirsium arvense</i>	P	F
	<i>Crepis capillaris</i>	A/B	N(2)/S(2)
	<i>Chamaemelum mixtum</i>	A	N(1)/S(1-3)
	<i>Chamaemelum nobile</i>	P	N(1)/S(1)
	<i>Chondrila juncea</i>	B/P	N(1-2-3)/S(2-3)
	<i>Filago pyramidata</i>	A	N(1-2-3)/S(2-3)
	<i>Helichrysum stoechas</i>	L	F
	<i>Hispidella hispanica</i>	A	N(3)
	<i>Hypochoeris radicata</i>	P	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Lactuca</i>	A/B	N(1-2-3)/S(2)
	<i>Leontodon taraxacoides</i>	P	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Logfia gallica</i>	A	N(1-3)/S(1-3)
	<i>Logfia minima</i>	A	S(2)
	<i>Phagnalon saxatile</i>	L	N(3)
	<i>Reichardia intermedia</i>	A	S(2)
	<i>Senecio jacobaea</i>	B/P	N(1)
	<i>Sonchus oleraceus</i>	A/B	N(1-3)/S(2-3)
<i>Tolpis barbata</i>	A	N(1-3)/S(1-2-3)	
<i>Tagopogon sp.</i>	A/B	N(2-3)/S(1)	
<i>Cruciferae</i>	<i>Hirschfeldia incana</i>	A	N(3)
	<i>Raphanus raphanistrum</i>		S(2-3)
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia falcata</i>	A	S(1-2-3)
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>	L	F
<i>Gencianaceae</i>	<i>Centaurium erythraea</i>	B	N(3)
<i>Geraniaceae</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	A	S(2)
	<i>Geranium molle</i>	A/B	N(1-2)
	<i>Geranium robertianum</i>	A/B	N(2-3)
<i>Gramineae</i>	<i>Aegilops triuncialis</i>	A	N(1)/S(1-2)
	<i>Agrostis castellana</i>	P	N(1)/S(1-2)
	<i>Avena sterilis</i>	A	N(1)/S(1-2-3)
	<i>Brachypodium distachyon</i>	A	N(2)/S(1-2-3)
	<i>Briza maxima</i>	A	N(1-2)
	<i>Bromus hordeaceus</i>	A	N(2-3)
	<i>Bromus rigidus</i>	A	N(2-3)/S(2)
	<i>Bromus rubens</i>	A	N(1-2)/S(1-2)
	<i>Cynodon dactylon</i>	P	N(2-)/S(2)
	<i>Dactylis glomerata</i>	P	N(1-2-3)/S(1-2-3)
<i>Gaudinia fragilis</i>	A	N(1-2-3)/S(1-2-3)	

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Gramineae</i>	<i>Holcus lanatus</i>	P	N(1-2-3)/S(3)
	<i>Holcus setiglumis</i>	A	N(2-3)
	<i>Hordeum murinum</i>	A	N(1-2)/S(1-3)
	<i>Lolium perenne</i>	P	S(2)
	<i>Periballia involucrata</i>	A	N(1)
	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	A	N(2-3)
	<i>Vulpia bromoides</i>	A	N(3)
	<i>Vulpia ciliata</i>	A	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Vulpia myuros</i>	A	N(2)
<i>Guttiferae</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	P	N(3)
<i>Labiatae</i>	<i>Lavandula stoechas</i>	L	S(3)
	<i>Mentha rotundifolia</i>	P	N(3)
	<i>Stachys arvensis</i>	A	S(1-2)
	<i>Thymus mastichina</i>	L	S(2)
<i>Leguminosae</i>	<i>Anthyllis cornicina</i>	A	S(1-2-3)
	<i>Coronilla repanda</i>	A	N(3)/S(1-2)
	<i>Cytisus multiflorus</i>	L	S(3)
	<i>Lathyrus angulatus</i>	A	N(1-2-3)/S(2-3)
	<i>Lupinus sp.</i>	A	S(1)
	<i>Medicago polymorpha</i>	A	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Ononis repens</i>	P	N(1-2-3)
	<i>Ornithopus compressus</i>	A	N(1-2)/S(1)
	<i>Ornithopus perpusillus</i>	A	N(3)/S(2-3)
	<i>Retama sphaerocarpa</i>	L	S(2)
	<i>Trifolium angustifolium</i>	A	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Trifolium arvense</i>	A	N(1-3)/S(1-2-3)
	<i>Trifolium campestre</i>	A	N(1-2-3)/S(2-3)
	<i>Trifolium gemellum</i>	A	S(2)
	<i>Trofolium glomeratum</i>	A	N(2-3)/S(2-3)
	<i>Trifolium striatum</i>	A	N(2)/S(2-3)
	<i>Vicia lutea</i>	A	N(1)/S(1-2)
<i>Vicia sativa</i>	A	N(2-3)/S(2-3)	
<i>Papaveraceae</i>	<i>Fumaria reuteri</i>	A	S(2)
	<i>Papaver hybridum</i>	A	S(3)
	<i>Papaver rhoeas</i>	A	S(1-2-3)
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	P	N(1-2-3)
<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex acetosella</i>	P	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Rumex induratus</i>		N(2)/S(2)
	<i>Rumex pulcher</i>		N(2-3)

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL	ORIENT-AÑO
<i>Primulaceae</i>	<i>Anagallis arvensis</i>	A	N(1)
	<i>Asterolinum linum-stellatum</i>	A	S(2)
<i>Resedaceae</i>	<i>Reseda luteola</i>	A/B	S(3)
<i>Rosaceae</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>	L	N(2-3)
	<i>Sanguisorba minor</i>	P	N(1-2-3)/S(1-2-3)
<i>Rubiaceae</i>	<i>Crucianella angustifolia</i>	A	N(1-2-3)/S(3)
	<i>Galium aparine</i>	A	N(1-2-3)/S(2)
	<i>Galium parisiense</i>	A	N(1)/S(1-3)
	<i>Sherardia arvensis</i>	A	N(1-2)/S(3)
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	B/P	N(1-3)/S(2-3)
	<i>Bellardia trixago</i>	A	N(1-2-3)/S(1-2-3)
	<i>Misopates orontium</i>	A	N(1)/S(2)
	<i>Verbascum pulverulentum</i>	B	N(3)
<i>Umbelliferae</i>	<i>Daucus carota</i>	A/B	N(1-2-3)/S(2)
	<i>Daucus durieua</i>	A	N(2)/S(1-3)
	<i>Eryngium campestre</i>	P	N(2)
<i>Valerianaceae</i>	<i>Centranthus calcitrapae</i>	A	N(2-3)
	<i>Valerianella coronata</i>	A	N(1)

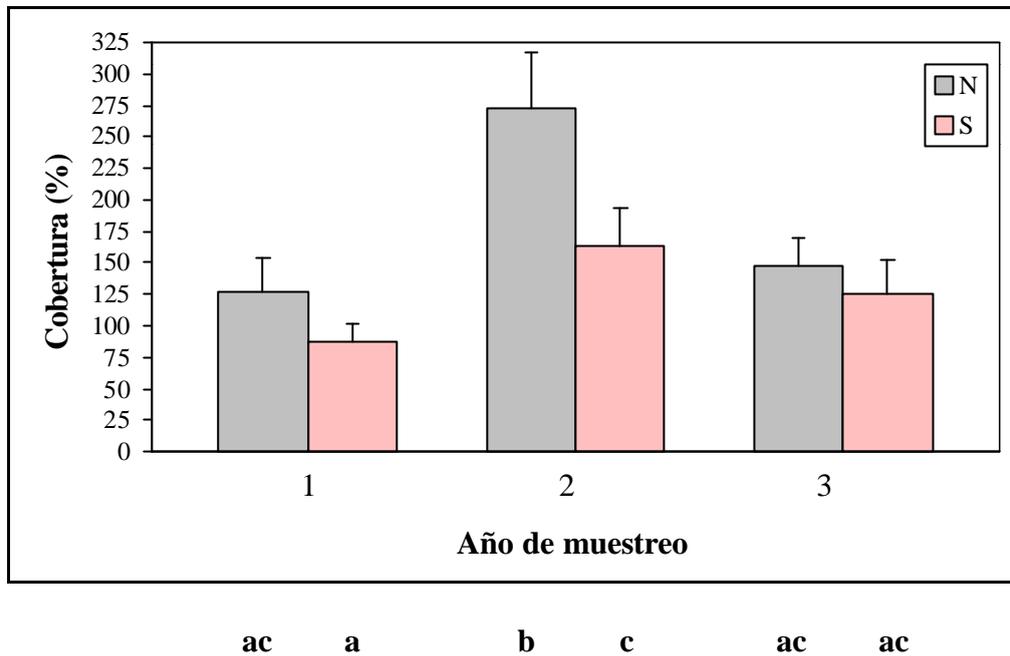
A = anual, B = bienal, A/B = anual-bienal, B/P = bienal-perenne, P = perenne y L = leñosa.

### 3.2.- COBERTURA TOTAL.

#### 3.2.1.- Cobertura de herbáceas.

En los valores de cobertura media de herbáceas obtenidos (Figura 16), lo primero que se observa es un aumento importante el segundo año de muestreo, en ambas orientaciones. Este valor del segundo año lleva asociada una mayor variabilidad, sobre todo en la orientación norte ( $IC = x_s \pm 44,64$ ). Además, el tercer año de muestreo la cobertura media encontrada, en ambas orientaciones, es aparentemente mayor que la del primero, es decir, hay una tendencia ascendente de la cobertura del primer al tercer año de muestreo, aunque el segundo año el incremento sea mayor.

Para los tres años de muestreo el valor medio de cobertura es mayor en la orientación norte que en la sur.



**Figura 16.** Valores medios de cobertura e intervalo de confianza en la escombrera de tierra vegetal, según el año de muestreo (primero, segundo y tercero) y la orientación (norte-sur). Resultados de los contrastes *a posteriori*; diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Comparando estos valores mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA) de dos vías: factor A (orientación: noreste y suroeste) y factor B (año de muestreo; primero=1994, segundo = 1995 y tercero=1996), se obtienen diferencias significativas para esos factores e interacción entre ellos (Tabla 22).

**Tabla 22.** Resultados del Análisis de la Varianza de dos factores (A- orientación y B- año de muestreo), para la cobertura media de las distintas zonas.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	38250,52	22,26	0,000**
B	2	52974,25	30,82	0,000**
AxB	2	8401,08	4,89	0,012*
Error	42	1718,75		

$$F_{5,42} (0,05) = 2,45$$

$$F_{5,42} (0,01) = 3,51$$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

De estos contrastes puede deducirse que:

1.- No se detectan diferencias significativas entre orientaciones, excepto el segundo año de muestreo, en el que la cobertura de herbáceas en el norte es mayor que en el sur.

2.- En la orientación norte, el valor de cobertura obtenido el segundo año es mayor que los otros dos años, entre los que no se detectan diferencias.

3.- En la orientación sur sólo resulta significativamente mayor la cobertura del segundo año respecto al primero.

En resumen, podemos concluir que, en la ETV los valores de cobertura de herbáceas presentan algunas variaciones según al año de muestreo y la orientación, debido a los altos valores obtenidos el segundo año de muestreo. No obstante, en general, no se detectan claras diferencias entre orientaciones.

### 3.2.2.- Cobertura de las especies de matorral.

Las especies leñosas encontradas en los inventarios son: *Cytisus multiflorus*, *Thymus mastichina*, *Rubus ulmifolius*, *Retama sphaerocarpa*, *Phagnalon saxatile* y *Lavandula stoechas*. Además, también estaban presentes: *Quercus ilex* subsp. *ballota* (porte arbustivo) y

*Helychrisum stoechas*. No obstante, ninguna representaba un porcentaje de cobertura destacable, por lo que no se realizó estimación visual.

*Cytisus multiflorus* no aparece en la orientación norte ninguno de los años de muestreo, y en la sur sólo en el tercero. Se encontraron plantas de pequeño porte que quedaban incluidas en los inventarios y que no constituyen un porcentaje de cobertura importante. No obstante, es posible que la cobertura de esta especie aumente con el tiempo, sobre todo en la zona norte, al estar en contacto con una zona basal donde *Cytisus multiflorus* es muy abundante; se aprecia un inicio de colonización en la zona de contacto. La zona basal, donde abunda *Cytisus multiflorus*, tiene como sustrato arcosas.

### 3.3.- ANUALES / PERENNES.

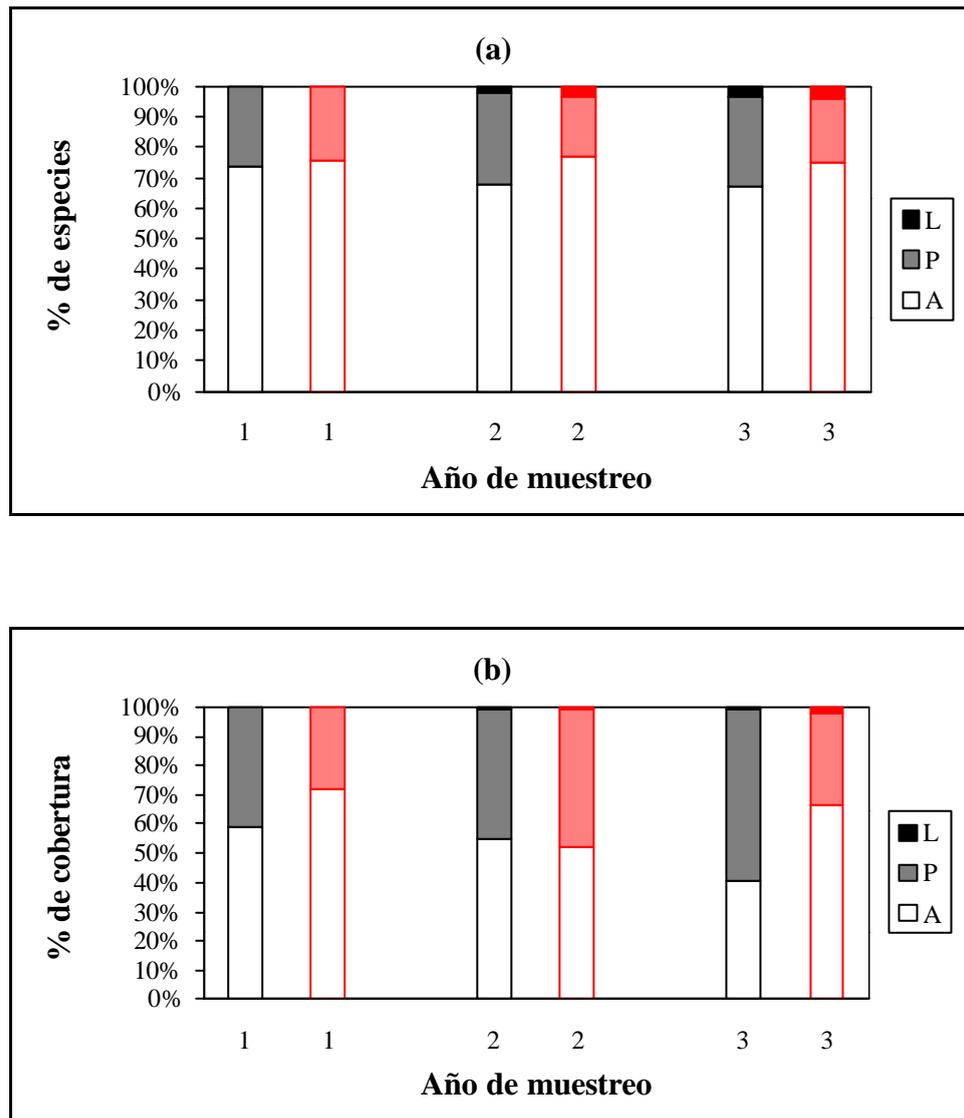
Si se establece el porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en función del número de especies (Figura 17.a), se observa, en todos los casos, un claro predominio de anuales, que representan en torno al 70 % del total de las especies.

Si se considera el porcentaje de cobertura relativa de cada grupo (Figura 17.b), se pone de manifiesto la diferencia entre los inventarios de orientación norte y los de orientación sur. En general, el porcentaje de cobertura de anuales es mayor en la orientación sur y el de perennes en la norte. No obstante, el segundo año las diferencias con la orientación prácticamente no se aprecian.

En cuanto a las variaciones interanuales, en la orientación norte son muy graduales y parece existir una tendencia a que con los años aumente el porcentaje de cobertura relativa de perennes (40%, 45% y 60), respectivamente), obteniéndose el segundo año porcentajes de cobertura de anuales y perennes muy similares (45% de cobertura de anuales y 40% de perennes), y superando el tercer año al de anuales. Las especies anuales, cuyo porcentaje de cobertura disminuye con los años de muestreo son: *Trifolium campestre*, *Bromus rubens* y *Periballia involucrata*, y las perennes que incrementan su cobertura son: *Dactylis glomerata*, *Agrostis castellana* y *Ononis repens*, fundamentalmente.

En la orientación sur, no se detecta una tendencia clara con los años. El segundo año, los porcentajes de cobertura relativa de anuales y perennes son muy similares (48% y 44%,

respectivamente), mientras que en el primer y tercer año predominan las anuales. El descenso de la cobertura de anuales el segundo año se debe fundamentalmente a la disminución del porcentaje de cobertura de: *Vulpia ciliata*, *Avena sterilis*, *Medicago polymorpha* y *Tolpis barbata*, y al aumento de cobertura de especies perennes, tales como: *Dactylis glomerata*, *Rumex acetosella* y *Leontodon traxacoides*.



**Figura 17.** Proporción de herbáceas anuales y perennes y especies leñosas en la ETV según el año de muestreo (primero, segundo y tercero) y la orientación (norte-sur).

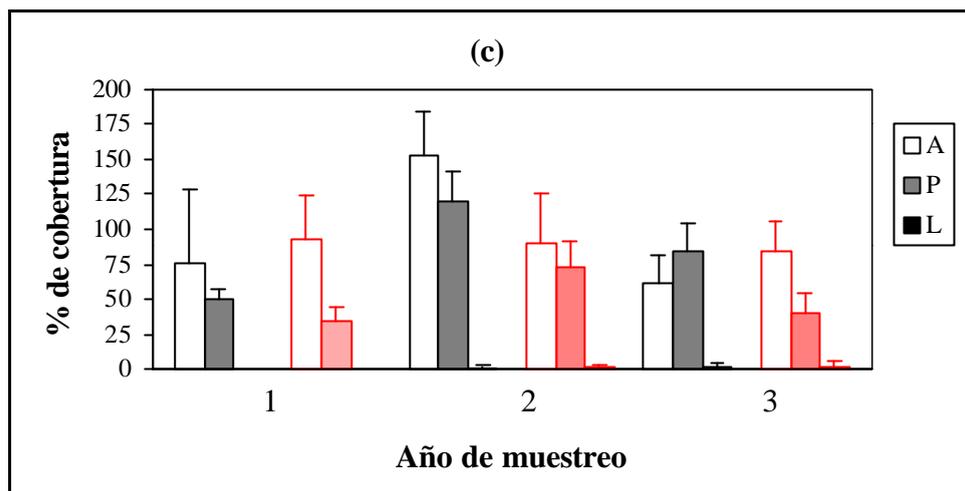
a- En función del número de especies.

b- En función del porcentaje de cobertura relativa.

En la figura 17.c se recogen los porcentajes de cobertura absoluta de cada grupo, para los distintos años y orientaciones. Comparando estos valores mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA) de tres vías: factor A (biotipos: [A] Anuales y [P] Perennes), factor B (orientación: noreste y suroeste) y factor C (año de muestreo; primero=1994, segundo = 1995 y tercero=1996), se obtienen diferencias significativas para esos factores e interacción entre ellos (Tabla 23).

Entre años, se detecta un incremento de cobertura el segundo año (Figura 17.c), sobre todo en la orientación norte, debido tanto al aumento significativo de la cobertura de anuales como de perennes (respecto al primer año); en la orientación sur aumenta también la cobertura de perennes, pero en menor grado que en la orientación norte, y no se detectan diferencias significativas con los otros dos. Así pues, las fluctuaciones interanuales son mayores en la orientación norte que en la sur, para ambos grupos (anuales y perennes) y mayores en el caso de las anuales que de las perennes, pues se ha encontrado, en la orientación norte, significación estadística para el porcentaje de cobertura de anuales y perennes entre los años primero y segundo, y también entre el segundo y tercero en el caso de las anuales. Dentro de cada punto de muestreo, el porcentaje de cobertura de anuales suele ser mayor que el de perennes, aunque únicamente se han detectado diferencias significativas el primer año en la orientación sur.

Al comparar anuales y perennes independientemente, se observa que, en general, dentro de cada año el porcentaje de cobertura de anuales es mayor en la orientación sur que en la norte (excepto el segundo año de muestreo), mientras que las perennes alcanzan mayores valores de cobertura en la orientación norte que en la sur. No obstante, no se han detectado diferencias significativas.



Anuales      ace      ce      b      ce      acd      ace  
 Perennes      cd      ad      be      ed      ce      cd

**Figura 17 (c).** Porcentaje de cobertura absoluta de herbáceas anuales y perennes y especies leñosas, en la ETV, según el año de muestreo (primero, segundo y tercero) y la orientación (norte-sur). Resultados de los contrastes *a posteriori*; diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 23.** Resultados del Análisis de la Varianza de tres factores (A- Grupos [Anuales y perennes], B- orientación, y C- año de muestreo).

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	14089,26	14,36	0,000**
B	1	11375,26	11,60	0,001**
C	2	20183,79	20,58	0,000**
AxB	1	4887,79	4,98	0,028*
AxC	2	2335,54	2,38	0,099
BxC	2	6525,54	6,65	0,002**
AxBxC	2	3445,79	3,51	0,034*
Error	84	980,92		

$$F_{11, 84 (0,05)} = 1,92$$

$$F_{11, 84 (0,01)} = 2,51$$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

### 3.4.- GRUPOS TAXONÓMICOS.

En la tabla 24 se recogen los porcentajes de especies pertenecientes a cada familia en cada zona. De forma resumida en la figura 18.a aparece esta misma información pero estableciendo solamente cuatro grupos: gramíneas, leguminosas, compuestas y “otras familias”.

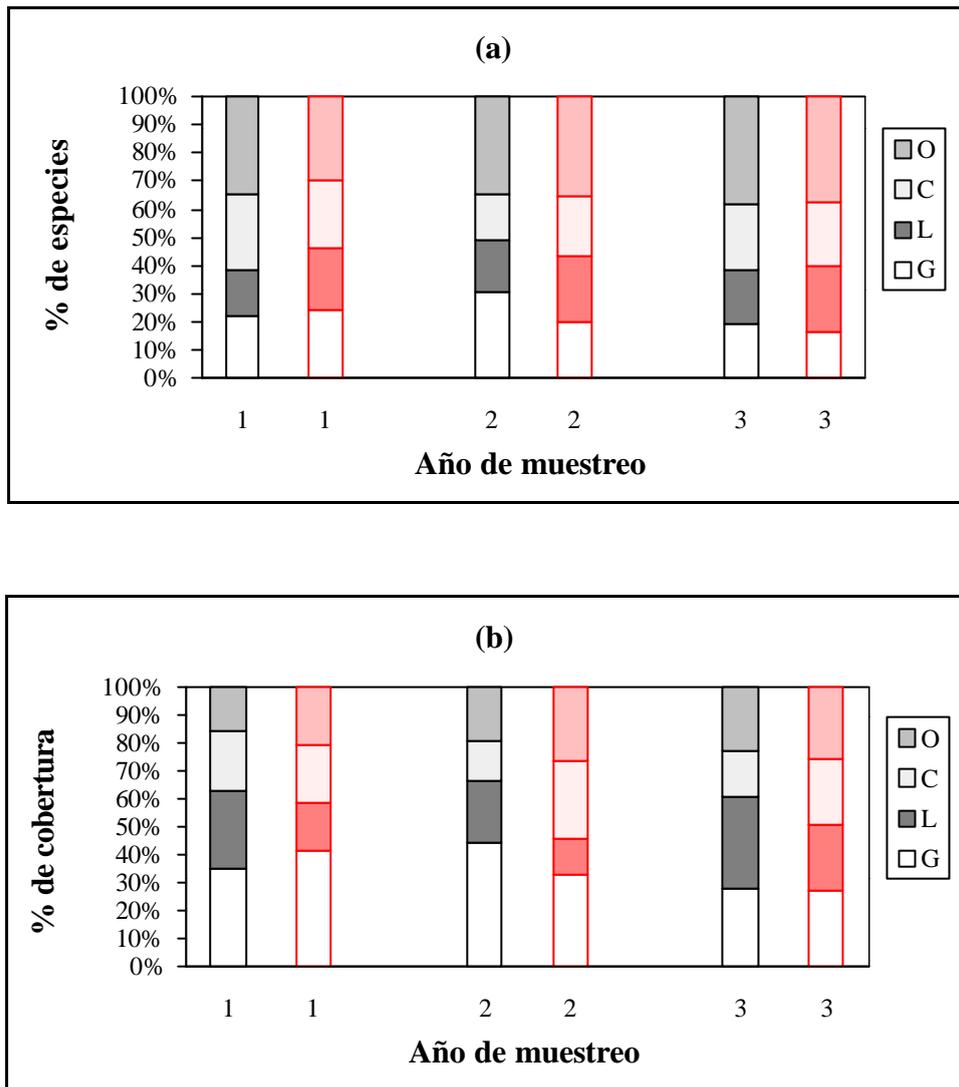
Lo primero que se observa es que el grupo “otras” es el que aparece representado por un mayor número de especies en todas las zonas (oscila entre un 30% y un 39%), con una ligera tendencia ascendente con la edad y valores bastante similares en ambas orientaciones. Dentro del grupo “otras” la mayoría de las familias vienen representadas por una sola especie (Tabla 25), y en cada zona son unas u otras las familias representadas por un mayor número de especies. En general, las más representadas son: *Scrophulariaceae*, *Polygonaceae*, *Umbelliferae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae* y *Caryophyllaceae*. El resto de las especies se encuentran bastante equitativamente repartidas, en todas las zonas y sobre todo en la orientación sur, entre *Gramineae*, *Leguminosae* y *Compositae*. No obstante, tras el grupo “otras”, las gramíneas están, en general, mejor representadas en la orientación norte que en la sur y las leguminosas mejor en la sur que en la norte. El número de compuestas varía más con los años sobre todo en la orientación norte.

**Tabla 24.** Porcentaje de especies pertenecientes a cada familia, en cada zona.

<b>Familias</b>	<b>ETVN1</b>	<b>ETVN2</b>	<b>ETVN3</b>	<b>ETVS1</b>	<b>ETVS2</b>	<b>ETVS3</b>
<i>Gramineae</i>	22,45	30,61	19,2	24,3	20,0	16,7
<i>Leguminosae</i>	16,33	18,37	19,2	21,7	23,3	22,9
<i>Compositae</i>	26,53	16,33	23,1	24,3	21,7	22,9
<b>“otras”</b>	<b>34,69</b>	<b>34,69</b>	<b>38,5</b>	<b>29,7</b>	<b>35,0</b>	<b>37,5</b>
<i>Polygonaceae</i>	2,04	6,12	3,8	2,7	3,3	2,1
<i>Rosaceae</i>	2,04	4,08	3,8	2,7	1,7	2,1
<i>Plantaginaceae</i>	2,04	2,04	1,9	---	---	---
<i>Umbelliferae</i>	2,04	6,12	1,9	2,7	1,7	2,1
<i>Scrophulariaceae</i>	6,12	2,04	5,8	2,7	3,3	4,2
<i>Rubiaceae</i>	8,20	6,12	3,8	2,7	1,7	6,3
<i>Geraniaceae</i>	2,04	4,08	1,9	---	1,7	---
<i>Caryophyllaceae</i>	6,12	2,04	1,9	8,1	8,3	6,3
<i>Valerianaceae</i>	2,04	2,04	1,9	---	---	---
<i>Primulaceae</i>	2,04	---	---	---	1,7	---
<i>Boraginaceae</i>	---	---	1,9	---	1,7	2,1
<i>Guttiferae</i>	---	---	1,9	---	---	---
<i>Labiatae</i>	---	---	1,9	2,7	3,3	2,1
<i>Gencianaceae</i>	---	---	1,9	---	---	---
<i>Cruciferae</i>	---	---	1,9	---	1,7	2,1
<i>Campanulaceae</i>	---	---	1,9	---	---	---
<i>Papaveraceae</i>	---	---	---	2,7	3,3	4,2
<i>Euphorbiaceae</i>	---	---	---	2,7	1,7	2,1
<i>Resedaceae</i>	---	---	---	---	---	2,1

**Tabla 25.** Número de especies pertenecientes a cada familia, en cada zona.

<b>Familias</b>	<b>ETVN1</b>	<b>ETVN2</b>	<b>ETVN3</b>	<b>ETVS1</b>	<b>ETVS2</b>	<b>ETVS3</b>
<i>Gramineae</i>	11	15	10	9	12	8
<i>Leguminosae</i>	9	9	10	8	14	11
<i>Compositae</i>	8	8	12	9	13	11
<b>“otras”</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>18</b>
<i>Polygonaceae</i>	1	3	2	1	2	1
<i>Rosaceae</i>	1	2	2	1	1	1
<i>Plantaginaceae</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Umbelliferae</i>	1	3	1	1	1	1
<i>Scrophulariaceae</i>	3	1	3	1	2	2
<i>Rubiaceae</i>	4	3	2	1	1	3
<i>Geraniaceae</i>	1	2	1	0	1	0
<i>Caryophyllaceae</i>	3	1	1	3	5	3
<i>Valerianaceae</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Primulaceae</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Boraginaceae</i>	0	0	1	0	1	1
<i>Guttiferae</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Labiatae</i>	0	0	1	1	2	1
<i>Gencianaceae</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Cruciferae</i>	0	0	1	0	1	1
<i>Campanulaceae</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Papaveraceae</i>	0	0	0	1	2	2
<i>Euphorbiaceae</i>	0	0	0	1	1	1
<i>Resedaceae</i>	0	0	0	0	0	1



**Figura 18.** Proporción de gramíneas, leguminosas, compuestas y otras familias en ETV según el año de muestreo (primero, segundo y tercero) y la orientación (N-S).

- a- En función del número de especies.
- b- En función del porcentaje de cobertura relativa

En cuanto al porcentaje de cobertura relativa de cada grupo taxonómico (Tabla 26 y Figura 18.b), en general, la que más contribuye en todos los casos es *Gramineae* (excepto en ETVN3, que predomina *Leguminosae*) seguida de compuestas y “otras” en la orientación sur, y de leguminosas en la orientación norte. Dentro del grupo “otras”, las familias que contribuyen en mayor medida a estos porcentajes de cobertura son distintas según la zona. Así, en ETVN1: *Polygonaceae*, *Rosaceae* y *Rubiaceae*; en ETVN2 y en ETVN3: *Umbelliferae*, *Rubiaceae* y

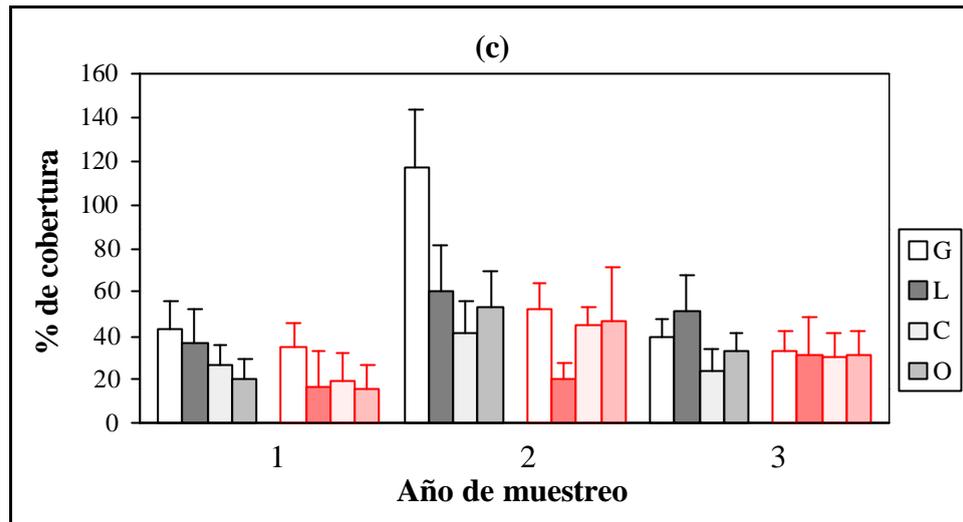
*Rosaceae*; en ETVS1: *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae* y *Papaveraceae*; en ETVS2: *Polygonaceae*, *Rubiaceae* y *Rosaceae*; en ETVS3: *Scrophulariaceae*, *Papaveraceae* y *Caryophyllaceae*.

En cuanto a la diferencia de cobertura entre los distintos grupos taxonómicos, se aprecia fundamentalmente en los dos primeros años de ambas orientaciones, el tercero la contribución de todos los grupos a la cobertura total es más equitativa, sobre todo en la orientación sur.

**Tabla 26.** Porcentaje de cobertura relativa de cada grupo taxonómico, en cada zona.

Familias	ETVN1	ETVN2	ETVN3	ETVS1	ETVS2	ETVS3
<i>Gramineae</i>	35,5	44,0	27,6	41,3	32,87	27,43
<i>Leguminosae</i>	27,4	22,1	32,8	17,4	12,6	23,3
<i>Compositae</i>	21,5	14,4	16,8	20,4	27,9	23,6
<b>“otras”</b>	<b>15,6</b>	<b>19,5</b>	<b>22,8</b>	<b>20,9</b>	<b>26,7</b>	<b>25,7</b>
<i>Polygonaceae</i>	4,7	3,3	3,3	6,2	8,4	1,0
<i>Rosaceae</i>	2,5	3,6	3,3	2,3	3,2	1,1
<i>Plantaginaceae</i>	1,4	2,2	0,3	---	---	---
<i>Umbelliferae</i>	1,3	4,8	3,9	0,4	0,1	2,2
<i>Scrophulariaceae</i>	1,4	0,3	1,5	0,5	1,5	7,5
<i>Rubiaceae</i>	2,3	3,8	5,0	1,1	6,5	1,2
<i>Geraniaceae</i>	0,3	0,7	0,1	---	0,7	---
<i>Caryophyllaceae</i>	1,4	0,6	1,4	6,6	1,0	3,1
<i>Valerianaceae</i>	0,4	0,1	0,1	---	---	---
<i>Primulaceae</i>	0,1	---	---	---	0,8	---
<i>Boraginaceae</i>	---	---	0,9	---	1,2	1,3
<i>Guttiferae</i>	---	---	1,3	---	---	---
<i>Labiatae</i>	---	---	1,0	0,1	1,1	0,1
<i>Gencianaceae</i>	---	---	0,6	---	---	---
<i>Cruciferae</i>	---	---	0,1	---	0,1	1,5
<i>Campanulaceae</i>	---	---	0,1	---	---	---
<i>Papaveraceae</i>	---	---	---	2,8	1,7	4,5
<i>Euphorbiaceae</i>	---	---	---	0,8	0,2	0,7
<i>Resedaceae</i>	---	---	---	---	---	1,5

En la figura 18.c se recogen los porcentajes de cobertura absoluta de cada grupo taxonómico en cada zona. Comparando estos valores mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA) de tres vías: factor A (familias: *Gramineae*, *Leguminosae*, *Compositae* y “Otras”), factor B (orientación: noreste y suroeste) y factor C (año de muestreo; primero=1994, segundo = 1995 y tercero=1996), se obtienen diferencias altamente significativas para esos factores e interacción entre ellos (Tabla 27).



Gramíneas	ac	ac	b	ac	ac	ac
Leguminosas	ac	a	c	a	ac	ac
Compuestas	ac	a	ac	ac	ac	ac
“Otras”	a	a	ac	ac	ac	ac

**Figura 18 (c).** Cobertura absoluta de gramíneas, leguminosas, compuestas y otras familias en ETV según el año de muestreo (primero, segundo y tercero) y la orientación (N-S). Resultados de los contrastes *a posteriori*; diferentes letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 27.** Resultados del Análisis de la Varianza de tres factores (A- Familias, B- orientación, y C- año de muestreo), para la cobertura media de los distintos grupos taxonómicos establecidos, en las diferentes zonas

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	3	4888,81	11,44	0,000**
B	1	9562,63	22,41	0,000**
C	2	13243,56	31,04	0,000**
AxB	3	2506,92	5,88	0,001**
AxC	6	1783,58	4,18	0,001**
BxC	2	2100,27	4,92	0,008**
AxBxC	6	1049,98	2,46	0,026*
Error	168	426,72		

$F_{23, 186} (0,05) =$

$F_{23, 168} (0,01) =$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

Se observa claramente el incremento de cobertura que tiene lugar el segundo año y que es más acusado en la orientación norte que en la sur, debido fundamentalmente a la contribución de gramíneas (significación estadística, en la orientación norte, entre el segundo año y los otros dos) y “otras”, aunque también compuestas y leguminosas incrementan su porcentaje de cobertura, siendo mayor el incremento de éstas últimas en la orientación norte que en la sur.

En general, se observa una mayor cobertura de leguminosas y gramíneas en la orientación norte (se ha encontrado significación estadística el segundo año de muestreo para ambos grupos), mientras que compuestas y “otras” alcanzan valores de cobertura muy similares en ambas orientaciones.

Por otro lado, se observa que, en la orientación sur, los porcentajes de cobertura de los distintos grupos taxonómicos no difieren mucho unos de otros, para cada año de muestreo (no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ningún año). En la orientación norte, sólo el segundo año de muestreo se ha encontrado significación estadística entre el porcentaje de cobertura de gramíneas y el resto de los grupos taxonómicos. Para los años primero y tercero la contribución de los distintos grupos taxonómicos a la cobertura total es más equitativa.

### 3.5.- DOMINANCIA.

No hay un efecto de dominancia, puesto que el número de especies que constituyen el 70% de la cobertura total es alto y oscila entre nueve y dieciséis (Tabla 28).

Se observa que la composición de especies varía con los años, en ambas orientaciones (Tabla 28). De las doce especies que constituyen el 70% de la cobertura total en ETVN1, la mitad aparecen en ETVN2 y cinco en ETVN3; de las catorce especies presentes en ETVN2, ocho aparecen en ETVN3, de las cuales tres habían aparecido también en ETVN1. Las tres especies que están presentes en la orientación norte con altos valores de cobertura los tres años de muestreo son: *Trifolium campestre*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium angustifolium*.

De las nueve especies que constituyen el 70% de la cobertura total en ETVS1, seis aparecen en ETVS2 y cuatro en ETVS3; de las quince presentes en ETVS2, seis aparecen en ETVS3, de las

cuales cuatro ya habían aparecido en ETVS1. Las cuatro especies presentes en la orientación sur con altos valores de cobertura los tres años de muestreo son: *Dactylis glomerata*, *Medicago polymorpha*, *Tolpis barbata* y *Avena sterilis*.

**Tabla 28.** Valor de importancia de las especies con valor acumulativo de dominancia del 70% según la orientación (N-S) y el año de muestreo (primero y tercero).

Especies	ETVN1	ETVN2	ETVN3	ETVS1	ETVS2	ETVS3
<i>Trifolium campestre</i>	19,3	6,4	8,4	---	---	---
<i>Dactylis glomerata</i>	8,4	5,1	11,6	11,6	13,0	15,7
<i>Periballia involucrata</i>	6,7	---	---	---	---	---
<i>Hypochoeris radicata</i>	5,1	---	6,2	---	---	2,9
<i>Bromus rubens</i>	5,1	10,23	---	---	---	---
<i>Rumex acetosella</i>	5,0	---	---	6,3	7,1	---
<i>Vulpia ciliata</i>	4,5	4,6	---	7,0	3,6	---
<i>Leontodon taraxacoides</i>	4,2	4,4	---	---	9,7	---
<i>Andryala integrifolia</i>	3,9	---	3,4	---	2,4	---
<i>Holcus lanatus</i>	3,3	---	---	---	---	---
<i>Gaudinia fragilis</i>	2,9	---	---	---	2,4	---
<i>Trifolium angustifolium</i>	2,8	4,2	5,6	---	---	---
<i>Medicago polymorpha</i>	---	3,1	7,4	13,2	3,9	6,3
<i>Tolpis barbata</i>	---	---	---	10,9	5,6	4,5
<i>Brachypodium distachyon</i>	---	---	---	7,5	---	---
<i>Avena sterilis</i>	---	---	---	6,6	2,1	5,9
<i>Aegilops triuncialis</i>	---	--	---	5,2	---	---
<i>Paronychia argentea</i>	---	---	---	4,3	---	---
<i>Agrostis castellana</i>	---	9,5	11,5	---	---	---
<i>Ononis repens</i>	---	5,6	10,1	---	---	---
<i>Daucus carota</i>	---	4,0	4,0	---	---	---
<i>Lactuca sp.</i>	---	4,0	---	---	---	---
<i>Chondrila juncea</i>	---	3,7	---	---	---	2,3
<i>Galium aparine</i>	---	3,6	3,9	---	7,5	---
<i>Bromus mollis</i>	---	3,5	---	---	---	---
<i>Cynodon dactylon</i>	---	---	---	---	4,2	---
<i>Sanguisorba minor</i>	---	---	---	---	3,7	---
<i>Carduus tenuiflorus</i>	---	---	---	---	2,4	---
<i>Trifolium glomeratum</i>	---	---	---	---	2,1	2,8
<i>Sonchus oleraceus</i>	---	---	---	---	2,1	2,5
<i>Lathyrus angulatus</i>	---	---	---	---	---	6,4
<i>Logfia gallica</i>	---	---	---	---	---	4,1
<i>Anarrhinun bellidifolium</i>	---	---	---	---	---	4,1
<i>Papaver rhoeas</i>	---	---	---	---	---	3,9
<i>Bellardia trixago</i>	---	---	---	---	---	3,6
<i>Daucus durieua</i>	---	---	---	---	---	2,5
<i>Anthyllis cornicina</i>	---	---	---	---	---	2,5
<i>Centaurea melitensis</i>	---	---	---	---	---	2,4

Para cada año de muestreo, también se observan diferencias, según la orientación, en la composición de las especies que constituyen el 70% de la cobertura total, Así, el primer año sólo tres especies aparecen comunes a ambas orientaciones: *Dactylis glomerata*, *Rumex acetosella* y *Vulpia ciliata*; el segundo año hay cinco especies comunes a ambas orientaciones: *Dactylis glomerata*, *Vulpia ciliata*, *Leontodon taraxacoides*, *Medicago polymorpha* y *Galium aparine*; el tercer año hay tres especies comunes: *Dactylis glomerata*, *Hypochoeris radicata* y *Medicago polymorpha*.

Las especies que aparecen en ambas orientaciones y permanecen con el paso de los años son las que tienen mayor interés práctico, desde el punto de vista de la revegetación de zonas con características similares. No obstante, es importante señalar que las especies comunes a ambas orientaciones, para cada año de muestreo, experimentan fluctuaciones en sus porcentajes de cobertura. Del mismo modo sucede con las especies presentes los tres años de muestreo, para cada orientación.

### 3.6.- DIVERSIDAD Y SUS COMPONENTES.

En la ETV, la riqueza específica (Tabla 29) es, en general, mayor en la orientación norte que en la sur, a excepción del segundo año de muestreo en el que la riqueza experimenta un importante incremento en la orientación sur. La diferencia norte-sur es mayor en los dos primeros años. Sin embargo, la diversidad ( $H'$ ) es algo mayor en la orientación sur, excepto el primer año de muestreo, asociada también a los mayores valores de heterogeneidad espacial.

**Tabla 29.** Valores de diversidad y sus componentes en ETV.

ZONA	H'	$(\bar{x})$	S	$(x)$	UNIF	HETE
ETVN1	4,56		49		0,8115	0,9658
ETVN2	4,77		49		0,8492	0,8187
ETVN3	4,47	<b>4,52</b>	52	<b>51</b>	0,7846	0,9845
ETVS1	4,29		37		0,8223	1,6778
ETVS2	4,91		60		0,8321	1,2202
ETVS3	4,83	<b>4,6</b>	48	<b>43</b>	0,8647	1,3180

En la ladera sur, a mayor riqueza específica le corresponde una mayor diversidad ( $H'$ ), sin embargo, el tercer año el valor de diversidad está muy próximo al del segundo, a pesar de presentar una menor riqueza, debido a su mayor equitabilidad. En la orientación norte, la correspondencia: a mayor riqueza específica mayor diversidad, no se cumple, sino que sucede todo lo contrario. Así, el tercer año que es el que presenta una mayor riqueza le corresponde la menor diversidad, por presentar la menor equitabilidad. El primer y segundo año que presentan igual número de especies también difieren en sus valores de diversidad, correspondiendo al segundo el mayor valor de diversidad pues presenta mayor valor de equitabilidad que el primero.

En cualquier caso todos los valores de diversidad registrados en la ETV son altos.

En ambas orientaciones se observa una tendencia a que la diversidad aumente el segundo año, coincidiendo con una mayor cobertura vegetal.

### 3.7.- COMPARACIÓN D - ETV.

La escombrera de Tierra Vegetal (ETV) fue construida con la cubierta edáfica del yacimiento Fe, sobre el que en su día se asentaba una vegetación similar a la de la dehesa próxima (D). Si bien el suelo amontonado ha sufrido una mezcla de horizontes y ha perdido, por tanto, sus propiedades como tal, es de la misma naturaleza que el de la dehesa de referencia. Teniendo en cuenta que la composición florística previa a las alteraciones es uno de los factores que más influyen en las especies que aparecen después (Calvo *et al.*, 1990), es interesante analizar si sobre este suelo fuertemente removido y amontonado la vegetación establecida ha seguido o no una tendencia hacia la vegetación de la dehesa en cuyo ámbito se ubica.

Al cabo de 14-16 años tras el abandono de ETV se han encontrado 10 especies más que en D, siendo 67 las especies comunes a ambas zonas. Es decir, existe un alto porcentaje de especies comunes, aunque el porcentaje de especies diferentes es todavía destacable, entre un 32-38 %, según el año de muestreo y la orientación.

Probablemente, el hecho de remover el suelo ha provocado alteraciones importantes en el banco de semillas, permitiendo que aquellas situadas a mayor profundidad hayan ocupado posiciones más superficiales pudiendo germinar, y viceversa. Además, el movimiento del suelo pudo

afectar a algunas semillas (aireación, escarificación, ...), favoreciendo su germinación (Willians, 1981; Baker, 1989; Fernández Santos *et al.*, 1992). Las diferencias iniciales pueden ser causa, entre otras, de las diferencias que existen en la composición específica de D y ETV.

Los porcentajes de cobertura media de herbáceas son algo más altos en ETV que en D, excepto el primer año de muestreo en la orientación sur, que en D se detecta un valor medio de cobertura doble respecto a ETV. En ambas zonas, no se detectan diferencias claras entre orientaciones, sólo se obtiene significación para alguno de los años, y no coinciden ni en el año en que se detecta, ni en la orientación con mayor cobertura; así mientras en D se obtiene mayor cobertura en el sur el primer año, en ETV se obtiene mayor cobertura en el norte el segundo año.

La especie de matorral más representativa de la zona (*Cytisus multiflorus*) es más abundante, en la D que en ETV, probablemente porque la recuperación de la escoba blanca es menor tras un tratamiento de arranque (Fernández Santos, 1991), mientras que en ausencia de pastoreo su crecimiento es importante (Fernández Santos *et al.*, 1994). Aunque no es objeto del presente trabajo, en estudios específicos realizados sobre esta especie de matorral se ha comprobado que el movimiento del suelo no causa destrucción de sus semillas, aunque su distribución se ve fuertemente afectada pasando a ocupar mayores profundidades en el banco del suelo (Fernández Santos *et al.*, 1995), y aunque germinen no pueden emerger (Moreno Marcos, 1992).

Al comparar la relación entre especies anuales y perennes en ambas zonas se aprecia que, en número de especies, predominan claramente las anuales, en torno al 70%. En cobertura relativa, en general, las anuales predominan en la orientación sur y las perennes en la norte. En valores absolutos, la cobertura de anuales es mayor que la de perennes en la orientación sur (casi siempre la diferencia es estadísticamente significativa), mientras que en la norte no se han detectado diferencias significativas, porque la cobertura de anuales disminuye (respecto a la orientación sur) y la de perennes se mantiene o aumenta (respecto a la sur). Las variaciones interanuales se detectan más en la ETV, sobre todo en la orientación norte, que en D, y en ambas zonas varía más la cobertura absoluta de anuales que la de perennes de unos años a otros. Parece que los años primero y tercero son buenos para la proliferación de pterófitos, sobre todo en la orientación sur.

El porcentaje de especies por familias presenta grandes semejanzas en ambas zonas (D y ETV). El grupo “otras familias” es en general el más representado, en cuanto a número de especies, existiendo mayor diferencia con el resto de familias en D, y sin grandes variaciones según la orientación y el año de muestreo. La proporción de gramíneas es en ambas zonas mayor en la orientación norte, mientras que para compuestas y leguminosas no se aprecian apenas variación con los años y la orientación, sobre todo en ETV. Respecto al porcentaje de cobertura relativa el grupo “otras” sigue siendo el más representado en D, mientras que en ETV son las gramíneas. En ambas zonas, la cobertura relativa de gramíneas es mayor en la orientación norte, y la de compuestas y otras en la sur. Las leguminosas presentan mayor variabilidad según la orientación y el año de muestreo. En cuanto a cobertura absoluta, en la orientación norte predominan las gramíneas, en ambas zonas, y leguminosas en ETV, mientras que en la orientación sur es mayor que en la norte la cobertura de compuestas, “otras” y leguminosas, en D, no apreciándose en ETV diferencias con la orientación en el caso de compuestas y “otras”. El predominio de leguminosas en una u otra orientación depende claramente de las condiciones meteorológicas del año de muestreo, siendo, en general, el tercero bastante bueno para el desarrollo de leguminosas.

En cuanto a la dominancia no se da un efecto claro, ni en D ni en ETV, pero existen importantes diferencias entre ambas zonas, para cada año de muestreo y orientación, en cuanto a las especies que constituyen el 70% de la cobertura total e incluso en el porcentaje que representan en caso de ser comunes.

Por último, dejando a un lado las fluctuaciones interanuales y considerando valores medios, se puede concluir que la riqueza específica es bastante similar en ambas zonas (D y ETV), y superior en la orientación norte que en la sur (Tablas 20 y 29). Los valores de  $H'$  también son similares en ambas zonas, no observándose en este caso diferencias con la orientación.

En cuanto a la heterogeneidad espacial, es algo menor en ETV que en D, en la orientación norte, mientras que en la sur es mayor en ETV que en D, aunque en ambas zonas (D y ETV) la heterogeneidad es mayor el tercer año que el primero en la orientación norte, y el primero que el tercero en la sur.

## **CAPITULO III: SUCESIÓN**

## 1.- CONSIDERACIONES PREVIAS

En el estudio de comunidades vegetales, dada su complejidad, un primer paso suele ser la búsqueda de esquemas en su estructura y composición. La necesidad de encontrar procedimientos para describir y comparar las comunidades ha dominado el desarrollo de la ecología a este nivel (Begon *et al.*, 1988). Puesto que su naturaleza es más que la simple suma de los elementos que la constituyen, y tiene propiedades emergentes como son: la diversidad y sus componentes (riqueza y uniformidad), la heterogeneidad espacial, la estructura de la red trófica, la biomasa y la productividad, etc., normalmente son estas propiedades las que se utilizan para describir las comunidades. Se trata, pues, de la búsqueda de modos simples para describir sistemas complejos. Ante la dificultad de abordar el estudio de la biocenosis completa, es frecuente que los investigadores analicen partes de la misma, en función del tipo de preguntas que se planteen. Así, en el presente capítulo se plantea el estudio de la comunidad herbácea de taludes de escombrera, y en concreto de las escombreras presentes en Mina Fe.

No se aborda el estudio global de cada escombrera, debido a la gran heterogeneidad que existe dentro de cada una de ellas, tanto por la topografía y el sustrato de recubrimiento, como por la edad de los distintos vertidos. Dada esta heterogeneidad, ha sido posible seleccionar, dentro de cada escombrera, distintos puntos de muestreo considerando como factores de variación: la orientación (norte y sur), el tipo de sustrato de recubrimiento (arcosas, ripado y estéril) y la edad del talud; es decir, la fecha en la que se finalizó el vertido y se inició el proceso natural de colonización y sucesión.

Considerando estos tres factores, los distintos puntos seleccionados se han agrupado en seis series sucesionales, de las que se pretende conocer sus peculiaridades. Esta agrupación, *a priori* lógica bajo el supuesto de que el sustrato de recubrimiento y la orientación pueden determinar características y procesos sucesionales distintos, se ve apoyada por la bibliografía (Cottonneq, 1971; Faulkner, 1990; Guerrero y Montserrat, 1997; Guerrero *et al.*, 1997; González Hidalgo, 1993-94; Kirkby *et al.*, 1990; Parker, 1991; Pérez Corona *et al.*, 1996; Puerto *et al.*, 1983b y c; Puerto *et al.*, 1984;)

En el apartado siguiente se presentan, a modo de resumen, las características más sobresalientes de los puntos seleccionados, agrupados en las seis series con las que se trabajará posteriormente (para mayor información ver apartado “Selección de los Puntos de Muestreo”).

La sucesión ecológica puede definirse como el conjunto de cambios que tienen lugar en un ecosistema con el paso del tiempo. Estos cambios son constantes, pero al principio los relevos son muy rápidos y pueden establecerse bastante bien, mientras que conforme se avanza en el tiempo el ritmo de los relevos se va haciendo paulatinamente más lento, hasta alcanzarse un estado que cabe entender como de equilibrio dinámico. Dicho estado recibe el nombre de clímax (Clements, 1916; Tansley, 1939; Whittaker, 1953) que, en ecología, no pasa de ser un concepto abstracto que hace referencia a una situación perfecta, ideal y utópica; por lo tanto, la sucesión se ha llegado a definir como una función maximizada de trayectoria asintótica, es decir, de fin inalcanzable. La clímax ha tenido grandes dificultades de interpretación, ya que en botánica es considerada más como una estructura que como un proceso, aunque esto choca con la evidencia de los cambios cíclicos a que se ve sometida la vegetación terrestre, los cuales mantienen al ecosistema en un constante dinamismo (Puerto, 1997b). Para evitar estas dificultades es conveniente hacer referencia a un estado reconocido como de gran madurez, que a la vez es el término local de una sucesión condicionado por el clima, el suelo, la explotación y otros factores, definiéndolo en función de dichas limitaciones. Cuando la clímax, siempre entendida en relación con la madurez, permanece por debajo de los factores ambientales debido a las actividades humanas, se habla a veces de disclímax. En este sentido, los pastos seminaturales de dehesa constituyen una disclímax, a medio camino entre el cultivo y el bosque. Por supuesto, los cambios que se producen no afectan sólo a la composición específica, aunque este sucederse de unas especies a otras ha dado nombre al fenómeno, sino que quedan implicados multitud de factores físico-químicos y procesos de organización que llegan a alcanzar una alta complejidad (Fox, 1979; Puerto *et al.*, 1983; Puerto, 1997b; Robertson *et al.*, 1988).

Otra visión sucesional se encuentra al contemplar la estabilidad de las distintas etapas del fenómeno desde el punto de vista termodinámico. La estabilidad se entiende como la capacidad de un sistema para mantenerse (resistencia) o para volver a su estado anterior después de sufrir una perturbación (resiliencia). Se considera que es una característica de las etapas maduras. Así, por ejemplo, el pasto maduro resiste perturbaciones no drásticas, por lo tanto de menor entidad que la

que supone el cultivo, y además demuestra una elevada capacidad de recuperación una vez que la perturbación ha cesado (Puerto, 1997b).

A la hora de ubicar el tipo de sucesión que tiene lugar en las escombreras de Mina Fe dentro de las diferentes clasificaciones establecidas, se encuentra mayor dificultad. Si bien es cierto que pueden existir tantos tipos de sucesiones como ejemplos concretos se investiguen, parece posible sistematizar los distintos procesos sucesionales en virtud de una serie de criterios no excluyentes entre sí, puesto que se dispone de diversas clasificaciones complementarias e interdependientes. No obstante, en ocasiones resulta realmente difícil.

De acuerdo con la clasificación clásica, la sucesión que tiene lugar sobre escombros extraídos de una mina se ha venido considerando como sucesión primaria, puesto que se parte de cero y no hay suelo. En el caso de las escombreras de Mina Fe, este término sería correcto para referirse a la sucesión que tiene lugar en las escombreras de estéril, no recubiertas con ningún otro material adicional, pero, posiblemente, no sea el más adecuado para hacer referencia a la sucesión que tiene lugar sobre arcosas y ripado.

Es evidente que no se trata de un proceso de sucesión secundaria típico, pues aunque los materiales con los que se han recubierto los taludes (arcosas o ripado), tomados respectivamente de una cantera y de la cubierta del propio yacimiento, contengan posiblemente alguna semilla (sobre ellos se ha asentado vegetación), como han sido tomados a distintas profundidades y han sido mezclados, carecen de estructura de suelo (como puede existir en un terreno de labor abandonado) y de un banco de semillas estructurado que condicione de forma importante el tipo de vegetación que se desarrolle con el paso del tiempo. Es decir, no se puede considerar como un proceso de sucesión secundaria en el sentido de que no hay un suelo propiamente dicho, ni un banco de semillas responsable, en gran medida, de la regeneración de la cubierta vegetal tras la clausura.

Por otro lado, tampoco se trata de una sucesión primaria en sentido estricto, pues sobre el estéril de mina se han depositado materiales (arcosas o ripado) que, si bien no son un suelo propiamente dicho, favorecen el establecimiento y desarrollo de la vegetación. Por tanto, los sustratos arcosas y ripado pueden considerarse como agentes físicos, externos al propio estéril de mina, responsables en parte de la sucesión observada y, por tanto, considerar a ésta como una sucesión parcialmente alogénica.

Por todo ello, parece tener sentido la distinción entre la sucesión primaria que tiene lugar sobre el estéril de mina, y la que se da cuando se recubre éste con otros sustratos. En este último caso podría hablarse de “sucesión combinada”, y a medida que se expongan los resultados se irán destacando otras de sus peculiaridades.

## 2.- PUNTOS DE MUESTREO SELECCIONADOS.

**La serie A** (puntos del 1 al 6) comprende una secuencia de dieciséis años (de 1 año a 16 años). Se trata de una serie sobre arcosas con orientación norte. Todos los puntos del 2 al 6 han sido muestreados los tres años, mientras que el punto 1 sólo los dos últimos, pues en 1994 acababa de ser restaurado. En cuanto a la topografía, la pendiente es de 17° en los puntos 2, 5 y 6; en 1, 3 y 4 es bastante acentuada (37°).

**La serie B** (puntos del 7 al 12) comprende una secuencia de dieciséis años (de 1 año a 16 años). Se trata de una serie sobre arcosas con orientación sur. Todos los puntos del 8 al 12 han sido muestreados los tres años, mientras que el punto 7 sólo los dos últimos, pues en 1994 acababa de ser restaurado. En cuanto a la topografía, la pendiente es de 17° en los puntos 8 y 11; en 7, 9, 10 y 12 es bastante acentuada (37°). En el punto 7 se añadieron, en la primavera de 1995, semillas a voleo de especies comerciales, fundamentalmente de gramíneas (Avena, Cebada) y alguna leguminosa (*Lupinus* sp.), que no son frecuentes en la zona de estudio.

En cuanto a estas dos primeras series (A y B), hay un detalle que merece ser tenido en cuenta. Se refiere a la localización concreta de los puntos de muestreo. Cada par de puntos 1-7, 2-8, 3-9, 4-10, 5-11 y 6-12 ha sido tomado en un talud; el primer punto del par en su orientación norte y el segundo en la sur, como se puede ver en la **figura 11** (página 88). Este hecho es importante a la hora de comparar las dos orientaciones sobre arcosas, porque cada punto de la serie norte tiene su homólogo, lo más parecido posible, en la sur.

**La serie C** (puntos del 13 al 19) comprende una secuencia de veintiún años (de 1 año a 21 años). Se trata de una serie sobre ripado con orientación norte. Todos los puntos han sido

muestreados los tres años, excepto el 13 y el 17 que sólo lo han sido los dos últimos. En cuanto a la topografía, la pendiente es de 37° en todos ellos salvo en el punto 15, donde está suavizada (17°). En el punto 13 se añadieron, en la primavera de 1995, semillas a voleo de las mismas especies que en el punto 7 de la serie B. Es importante destacar que en los puntos 16 y 17 se plantaron pinos, no porque éstos afecten a la comunidad herbácea (pequeño tamaño y baja densidad), sino por los riegos asociados.

**La serie D** (puntos del 20 al 26) comprende una secuencia de veintiún años (de 1 año a 21 años). Se trata de una serie sobre ripado con orientación sur. Todos los puntos han sido muestreados los tres años de muestreo, excepto el punto 20 que sólo fue muestreado los dos últimos, pues no existía en 1994. En cuanto a la topografía, los puntos 20, 24, 25 y 26 presentan 37° de pendiente, y 21, 22 y 23 una pendiente de 17°. En el punto 20 se añadieron, en la primavera de 1995, semillas a voleo de Avena, Cebada y *Lupinus* sp, igual que en los puntos 7 y 13. Se han plantado pinos en el punto 24 (riegos asociados). En el punto 25, la escoba blanca alcanza una cobertura en torno al 50%, y en el punto 26 del 15%.

En cuanto a las series C y D, la localización de los puntos de muestreo, no es tan regular como en las dos series sobre arcosas. Así, cada par de puntos 13-20, 15-23, 16-24 y 19-26 ha sido tomado en un talud; el primer número del par en su orientación norte y el segundo en la sur. Sin embargo, los puntos 14, 16,17, 18, 21, 22 y 24 corresponden a localizaciones que no tienen su homólogo en la otra orientación, aunque algunos de ellos puedan estar próximos entre sí, como se puede ver en la **figura 11** (página 88).

**La serie E** (puntos del 27 al 30) comprende una secuencia de veintiún años ( de 1 año a 21 años). Se trata de una serie sobre estéril con orientación norte. Todos los puntos han sido muestreados los tres años, excepto el 27 que sólo se muestreó en 1994, debido a su peligrosidad. En cuanto a la topografía, la pendiente es de 37° en todos los puntos, aunque en función del tamaño del material pizarroso vertido distinguimos *a priori* dos grupos: los puntos 27 y 28 con material estéril de gran tamaño, y los puntos 29 y 30 en los que éste aparece más disgregado, facilitando un mejor asentamiento de las especies colonizadoras.

**La serie F** (puntos del 31 al 35) comprende una secuencia de veintiún años (de 2 años a 21 años). Se trata de una serie sobre estéril con orientación sur. Todos los puntos han sido muestreados los tres años, excepto el 31 que sólo lo ha sido los dos últimos. Presentan una pendiente de 37°, excepto el punto 32 en el que es de 17°. *A priori*, distinguimos también dos grupos según el tamaño del material estéril vertido. Por un lado, sobre fragmentos pizarrosos de gran tamaño, se localizan los puntos 31, 32 y 33, por otro lado, los puntos 34 y 35 sobre estéril más disgregado.

En cuanto a la localización de los puntos de muestreo de las series E y F, el par 30-35 ha sido tomado en el mismo talud; el primer punto del par en la orientación norte y el segundo en la sur. El par 27-31 está formado por dos puntos tomados respectivamente en la Escombrera Interior y en Corta Fe, pero tan próximos (uno frente al otro) que los consideraremos como un par. Por otro lado, aparecen los puntos 28, 29, 32, 33 y 34 que no tienen su homólogo en la otra orientación (ver **Figura 11**, página 88).

### **3.- CARACTERIZACIÓN DE LA SUCESIÓN.**

Para la caracterización previa de la sucesión se han elegido dos índices, el cualitativo de Sorensen y el semicuantitativo de Motyka, por lo que a la hora de exponer los resultados se distinguen dentro de cada apartado: A) análisis de afinidad cualitativo y B) análisis de afinidad semicuantitativo.

#### **3.1.- ANÁLISIS DE AFINIDAD GLOBAL.**

En cuanto a la nomenclatura utilizada, el primer número permite identificar cada punto, y el año de muestreo mediante la notación (nada = primer año, ' = segundo año y '' = tercer año). El color **azul aguamarina** de este número indica que la muestra es de orientación norte y el **rojo** que es de orientación sur. A continuación, aparece una letra mayúscula que hace referencia al sustrato de recubrimiento y que para facilitar su visualización aparece de distinto color según el caso (**A** =

arcosas, R = ripado y E= estéril). El número final indica la edad de cada muestra (tiempo transcurrido tras la clausura) y aparece del mismo color que el sustrato.

### **A) Cualitativo.**

El resultado del Análisis de Afinidad Cualitativo entre la totalidad de los puntos de muestreo seleccionados aparece en la figura 19.

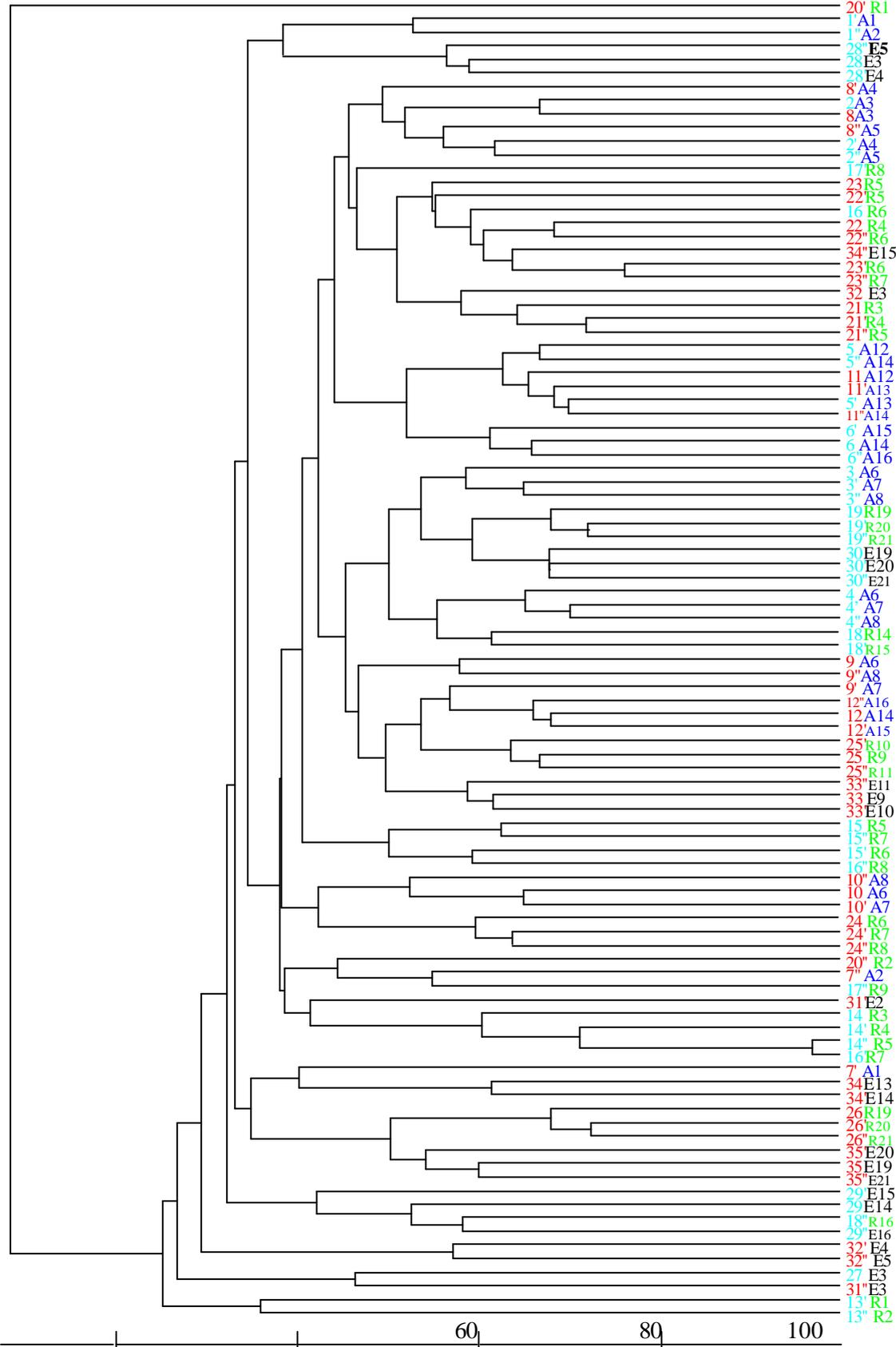


Figura 19. Similitud (en porcentaje) entre todas las muestras. Análisis Global Cualitativo.

a) Escombreras.

Lo primero que se observa es la gran heterogeneidad que existe dentro de cada escombrera, como ya se ha apuntado anteriormente. Si se recogen en una tabla los puntos de muestreo que pertenecen a cada una de las escombreras seleccionadas (Tabla 30), y se comprueba su nivel de similitud, se observa que, en general, no existe dentro del dendrograma una agrupación de los puntos en función de la escombrera a la que pertenecen. Se da algún caso aislado, como el de los puntos 5 y 11 que pertenecen al talud de la Balsa de Intercambio Iónico (BII), en su orientación norte y sur respectivamente, que sí aparecen juntos, o el de los puntos 2 y 8, pertenecientes al talud de la Barrera Final de Confinamiento (BFC), en su orientación norte y sur respectivamente, que también aparecen juntos. Ahora bien, en ambos casos (BII y BFC) se trata de estructuras de pequeñas dimensiones, con escasa separación física entre ambas orientaciones y suave pendiente. Además, en ambas orientaciones se dan las mismas condiciones de sustrato y edad. Por lo tanto, no se puede concluir que la mayor proximidad de estos pares de puntos en el dendrograma se deba a su pertenencia a la misma estructura, puesto que se dan otras coincidencias, como son la proximidad física, el sustrato, la edad y la pendiente. De hecho, se da el caso de las muestras 14' y 16', cuyo nivel de similitud es próximo al 100% y, sin embargo, están muy alejadas dentro de Mina Fe (el punto 14 se ubica en la escombrera Fe-3-2 y en 16 en Fe-3-1), pero ambos están cubiertos de ripado, son de orientación norte y edad próxima.

b) Año de muestreo-Punto de muestreo.

En segundo lugar, se observa que no existe tampoco una agrupación de los distintos puntos en función del año de muestreo. En general, el nivel de similitud es mayor entre muestras del mismo punto, aunque hayan sido tomadas en distintos años, que entre muestras pertenecientes a puntos distintos, aunque hayan sido tomadas el mismo año. No obstante, se dan algunos casos, como el de los pares de puntos 5-11 y 2-8, en los que también se alcanzan valores de similitud importantes entre muestras de puntos distintos, aunque sin ser mayores que los alcanzados dentro del mismo punto entre las muestras de los distintos años. No se debe olvidar que cada uno de esos dos pares de puntos pertenece a la misma escombrera y comparten sustrato, edad y pendiente, aunque no orientación.

**Tabla 30.** Agrupación de los puntos de muestreo, en función de la escombrera a la que pertenecen.

<b>ESCOMBRERA</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>
Nueva Escombrera	1-7 y 13-20
Barrera Final de Confinamiento	2-8
Balsa de Intercambio Iónico	5-11
Escombrera Fe-3-1	17, 18, 31 y 16-24
Escombrera Fe-3-2	3-9 y 15-23
Escombrera Fe-3-3	21, 32, 14 y 4-10
Escombrera Interior	27
Corta Fe	31
Balsa de Regulación de Aguas de Corta	6-12
Dique de Lodos nº 1	19-26 y 30-35
Dique de Lodos nº 2	34
Dique de Lodos nº 3	25 y 33
Dique Quercus	28
Dique Majuelos	22

c) Sustrato, orientación y edad.

En tercer lugar, no se observa una secuencia sucesional única e independiente del sustrato y de la orientación, sino varias, como resultado de la combinación de estos factores de variación. En general, dentro de cada sustrato los puntos de orientación norte aparecen separados de los de orientación sur, para cada grupo de edad, por lo que no se puede establecer dentro de cada sustrato una única secuencia temporal a no ser que, a su vez, se separen los puntos de muestreo correspondientes a cada orientación.

En general, se aprecia una separación de grupos en función de que las condiciones sean más o menos extremas. Así, cuanto más jóvenes son las zonas, sobre todo los dos primeros años, más severas son las condiciones. Pero no es lo mismo un sustrato que otro, ni una orientación que otra, ni una pendiente que otra. Parece que el ripado presenta características más severas que las arcosas, y el estéril más aún que el ripado, aunque en el caso del estéril no siempre se dispone de datos de los dos primeros años de edad. En principio, la orientación sur presenta unas condiciones más extremas que la norte, en cuanto a disponibilidad hídrica para las plantas. Tampoco es lo mismo una pendiente de 37° que de 17°, pues la segunda favorece un mejor establecimiento de las

especies que consiguen llegar. Por tanto, no se puede ver una secuencia de edad clara, ya que, por ejemplo, el ripado de edades intermedias puede tener unas condiciones para la vegetación más parecidas a las arcosas jóvenes que a las arcosas de edades intermedias; lo mismo se puede decir de la orientación.

Por supuesto, hay que tener en cuenta, también, que los puntos de muestreo son distintos, es decir, hay otras fuentes de variación que no se pueden controlar, pero que se detectan porque tienden a aparecer juntas las muestras correspondientes al mismo punto, aunque hayan sido tomadas en distintos años de muestreo (1º, 2º y 3º).

Analizando detalladamente el dendrograma cualitativo (Figura 19), se observa que la muestra 20' (ripado sur de 1 año) es la primera en separarse del resto (a un nivel de similitud menor al 10%), posiblemente porque son las condiciones más extremas. No se dispone de ninguna muestra de estéril sur de 1 año, pero es de suponer que sería ésta la primera en separarse, si la hubiera.

En segundo lugar, a un nivel de similitud del 25%, se separan del resto las muestras de ripado norte de 1 y 2 años, lo que indica que éstas son las siguientes condiciones más extremas. El ripado de 2 años sur, que se supone debería haber sido el siguiente en separarse (antes del ripado norte de 1 y 2 años), aparece en el grupo octavo, posiblemente debido a la adición de semillas por el hombre en la primavera de 1995 que ha modificado sus características.

En tercer lugar, a un nivel de similitud del 27%, se separan, siguiendo el gradiente de condiciones más a menos extremas, las muestras 31'' (estéril sur de 3 años) y 27 (estéril norte de 3 años). Ambas muestras corresponden a estéril, sustrato menos favorable que el ripado, pero ya de 3 años de edad. Es extraño, sin embargo, que la muestra 31' (estéril sur de 2 años) no aparezca junto a 31'', cuando pertenece al mismo punto; se localiza en el grupo octavo.

El cuarto grupo en separarse, a un nivel de similitud del 30%, está constituido por muestras jóvenes sobre estéril sur: muestras 32' y 32'', de 4 y 5 años de edad respectivamente. Son muestras de orientación sur pero de 17º de pendiente, por lo que las condiciones son algo menos extremas que las de 31' del grupo tercero, cuya pendiente es de 37º.

En quinto lugar, a un nivel de similitud del 32%, se separan las tres muestras del punto 29 (estéril disgregado norte de 14, 15 y 16 años de edad) junto con la muestra 18'' (ripado norte de 16 años). Son edades, sobre estéril norte, demasiado altas dentro del gradiente de condiciones de

más a menos extremas que se está siguiendo, pero teniendo en cuenta la presencia de la muestra 18'' en este grupo, que pertenece al punto 18, localizado justo al lado del 29, hace sospechar que en esa zona existe alguna peculiaridad que se ha pasado por alto y que hace que sus condiciones sean más extremas de lo que le correspondería. A simple vista esta zona tiene un aspecto devastado.

El sexto grupo en separarse del dendrograma, a un nivel de similitud del 33%, está constituido por muestras de orientación sur sobre estéril (muestras 34, 34', 35, 35' y 35'') y ripado (muestras 26, 26' y 26'') viejos y sobre arcosas de 1 año (muestra 7').

Parece lógico que las arcosas tarden más en incorporarse al dendrograma, pues aunque su edad sea joven las condiciones de este sustrato son menos severas. No obstante, se incorpora sólo la muestra de orientación sur (condiciones más severas) y sólo la de 1 año de edad (condiciones todavía más severas), pues la muestra 20'' de 2 años de edad se incorpora en el grupo octavo, junto a 7'' también de 2 años de edad y orientación sur, pero sobre ripado, debido posiblemente a que la adición de semillas en la primavera de 1995 mejora sus condiciones, ocupando una posición de condiciones menos extremas en la secuencia que se está siguiendo, de fuera a dentro, en la interpretación del dendrograma.

Es importante destacar que, en el caso de ripado y estéril, aparecen juntas las muestras pertenecientes al mismo punto, aunque hayan sido tomadas en distintos años de muestreo. La incorporación de estéril sur viejo encaja con la secuencia que se intenta seguir, sin embargo, el ripado viejo sur está un poco fuera de lugar, aunque si se considera que el punto 26 se localiza justo al lado del 35 en el Dique N° 1, y que se trata de una zona de gran trasiego de vehículos, con gran cantidad de polvo en el ambiente y sobre la vegetación, se puede entender su posición en el dendrograma, ya que las condiciones prácticamente son igual de extremas sobre estéril (disgregado) que sobre ripado.

En séptimo lugar, a un nivel de similitud del 35%, se incorporan muestras jóvenes (de 3 a 5 años) sobre estéril norte (muestras 28, 28' y 28''), junto a las de arcosas norte de 1 y 2 años (muestras 1' y 1''). Parece extraño que el punto 28 no se haya incorporado antes en el dendrograma pues, aunque se trate de orientación norte es estéril joven. Posiblemente, la explicación esté en que, aunque se trata de estéril de gran tamaño, tiene gran cantidad de arcosas en los intersticios y densa formación de escoba blanca al pie del talud, lo que suaviza la dureza de las

condiciones de la zona. La incorporación de las arcosas norte más jóvenes tiene sentido dentro de la tendencia que se sigue, pues se han incorporado al dendrograma después de hacerlo las de orientación sur de 1 año (muestra 7') en el grupo anterior.

A un nivel de similitud del 38% se incorporan las muestras del grupo octavo, correspondientes a ripado norte de 3 a 9 años de edad (muestras 14, 14', 14'', 16' y 17'), junto a la muestra 31' (estéril sur de 2 años), para cuya posición no se encuentra explicación, y las muestras 7'' y 20'' a las que ya se ha hecho referencia anteriormente.

En noveno lugar, a un nivel de similitud del 39%, se separan las muestras de los puntos 10 y 24 de arcosas y ripado, respectivamente, orientación sur y de 6 a 8 años de edad; edad algo mayor a la del grupo anterior.

En el grupo décimo, a un nivel de similitud del 41%, se incorporan al dendrograma las muestras de ripado norte de 5 a 8 años (muestras 15, 15', 15'' y 16''), que presentan condiciones algo menos duras que las del grupo anterior, por ser de orientación norte.

A un nivel de similitud del 45% se diferencia el grupo decimoprimer, constituido por las edades más avanzadas, sobre ripado y estéril, e intermedias sobre arcosas, tanto de orientación norte como sur, y todas ellas de 37° de pendiente. A su vez dentro de este grupo se distinguen otros dos. El primero, a un nivel del 47%, formado por muestras de orientación sur, sobre arcosas de 6 a 16 años (puntos 9 y 12), y sobre ripado (punto 15) y estéril (punto 33) de 9 a 11 años. El segundo, a un nivel del 50%, formado por muestras de orientación norte, viejas (de 19 a 21 años) sobre ripado (punto 19) y estéril (punto 30), de edades intermedias (14-15 años) sobre ripado (punto 18) y jóvenes (de 6 a 8 años) sobre arcosas.

Por último, a un nivel de similitud del 45%, se incorpora el grupo decimosegundo, que comprende muestras de los tres sustratos y ambas orientaciones pero de 17° de pendiente. Dentro de este grupo se distinguen a su vez otros tres. El primero comprende muestras sobre arcosas de 3 a 5 años de edad y orientación norte y sur (puntos 2 y 8; aparecen juntos en el dendrograma por ser las dos orientaciones del talud de la BFC y estar muy próximas físicamente entre sí). El segundo grupo comprende las muestras de orientación, fundamentalmente sur, sobre ripado de 3 a 5 años, y sobre estéril joven, de 17° de pendiente y de 6 a 8 años. El tercer y último grupo está constituido por muestras sobre arcosas de 12 a 16 años y orientación norte, fundamentalmente, (puntos 5 y 6;

el punto 11 aparece junto al 5 por ser las dos orientaciones del talud de la BII y estar muy próximas físicamente entre sí)

## **B) Semicuantitativo.**

En la figura 20 se representa el dendrograma correspondiente al Análisis de Afinidad Semicuantitativo entre la totalidad de los puntos de muestreo.

### a) Escombreras.

Lo primero que se observa, igual que sucedía en el análisis global cualitativo (Figura 19), es la gran heterogeneidad que existe dentro de cada escombrera, por lo que los puntos de muestreo pertenecientes a la misma escombrera no suelen aparecer próximos en el dendrograma (Tabla 30). Se observan, igualmente, algunas excepciones, como la de los puntos 5 y 11 (BII) y la de los puntos 2 y 8 (BFC), aunque en este último caso la proximidad en el dendrograma se ve bastante interrumpida si se compara con el análisis de afinidad cualitativa. En este caso, también los puntos 13 y 20 (sobre ripado), pertenecientes a la Nueva Escombrera (EN), aparecen próximos entre sí en el dendrograma, aunque bastante alejados de otros también pertenecientes a NE pero sobre arcosas.

Puesto que además de pertenecer a la misma escombrera estos pares de puntos (5-11, 2-8 y 13-20) comparten sustrato, pendiente y edad, no se puede concluir que la mayor proximidad entre ellos en el dendrograma se deba a su pertenencia a la misma estructura. Por otro lado, los puntos 13 y 20, como se ha dicho, aparecen bastante alejados en el dendrograma de los puntos 1 y 7 que también pertenecen a NE.

### b) Año de muestreo-Punto de muestreo.

En segundo lugar, se observa que no existe tampoco una agrupación de los distintos puntos en función del año de muestreo. En general, el nivel de similitud es mayor entre muestras del mismo

punto, aunque hayan sido tomados en años distintos, que entre muestras pertenecientes a puntos distintos, tomados el mismo año. No obstante, se dan algunos casos, como el de los pares de puntos 13-20, 2-8 y, en menor medida 5-11, en los que también se alcanzan valores de similitud algo mayores entre muestras de puntos distintos que entre muestras del mismo punto. No se debe olvidar que cada uno de esos pares de puntos pertenece a la misma escombrera y comparten sustrato, edad y pendiente, aunque no orientación.

c) Sustrato, orientación y edad.

En tercer lugar, igual que en el análisis de afinidad cualitativo, no se observa una secuencia sucesional única e independiente de la combinación de estos factores de variación (sustrato y orientación). No obstante, en este caso es posible distinguir con más facilidad algunas agrupaciones que luego se van a mantener cuando se realice el HJ-Biplot, por lo que son especialmente interesantes. Se observa (Figura 20), como los puntos cubiertos de estéril aparecen agrupados, en los dos extremos del dendrograma, junto a los puntos de edades más jóvenes sobre ripado y arcosas. Si bien en el dendrograma cualitativo (Figura 19) ya se vislumbraba este aspecto, es en el semicuantitativo cuando se hace realmente patente.

A su vez, dentro de las edades más jóvenes sobre arcosas y ripado (1 y 2 años de edad), se detecta menor afinidad entre sustratos que entre orientaciones. Las diferencias con la orientación son menores sobre arcosas que sobre ripado, sobre todo el primer año.

Si se analiza detalladamente el dendrograma cuantitativo (Figura 20) se observan algunas diferencias respecto al cualitativo. Ahora, las primeras muestras en separarse del resto, a un nivel inferior al 10%, son las de ripado de 1 y 2 años, tanto norte como sur (muestras 13', 13'', 20' y 20''), junto a la muestra 7'', sobre arcosas sur de 2 años, cuya cercanía a 20'' se debe como se ha dicho anteriormente a la adición de semillas. El hecho de que las muestras de 1 y 2 años sobre ripado sur aparezcan en el mismo grupo en el dendrograma cuantitativo, indica que las diferencias entre la composición florística de esos dos años son más bien de tipo cualitativo.

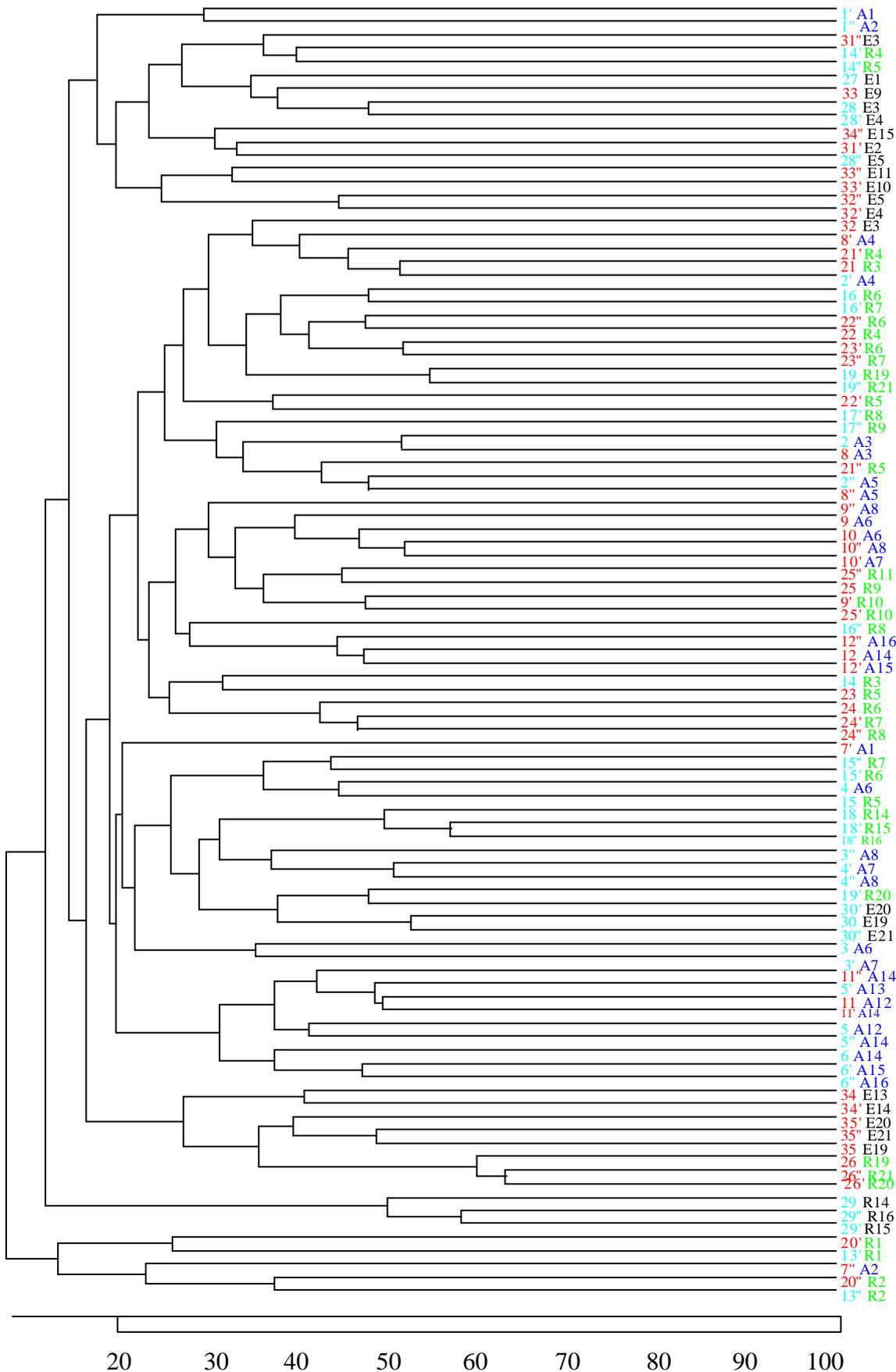


Figura 20. Similitud (en %) entre todas las muestras. Análisis Global Semicuantitativo.

En segundo lugar, a un nivel de similitud del 12%, se separa del dendrograma el punto 29, sobre estéril disgregado de 14 a 16 años y orientación norte. Edades que, como se ha mencionado anteriormente, son demasiado avanzadas para ocupar esta posición dentro de la secuencia de condiciones de más a menos severas, que se pretende seguir. Debe haber, por tanto, alguna peculiaridad de este punto que lo haga menos favorable que otro de características similares, aunque no se haya encontrado la razón. Simplemente se puede apreciar, a simple vista, que su aspecto está bastante estropeado.

En tercer lugar, a un nivel de similitud del 15%, se separan las muestras de arcosas norte de 1 y 2 años de edad, junto a zonas de estéril, de ambas orientaciones, y edades comprendidas entre 1 y 11 años. Lo que indica que, desde el punto de vista cuantitativo, existe cierta similitud entre la composición florística de zonas de arcosas de las edades más jóvenes de la sucesión y zonas sobre estéril de edades variadas, aunque no muy viejas. Es decir, se aprecia un retraso en los cambios florísticos sobre estéril, respecto a un sustrato más favorable como son las arcosas. No obstante, en este grupo hay alguna muestra como 34'' (estéril sur 15 años) y 14' y 14'' (ripado norte de 4 y 5 años), cuya localización no se puede explicar a no ser que se de en ellas alguna peculiaridad que se haya pasado por alto, o simplemente debido al azar.

En cuarto lugar, a un nivel de similitud del 17%, se separan las muestras de orientación sur sobre estéril y ripado viejo (de 19 a 21 años), junto a alguna más joven sobre estéril (muestras 34 y 34' de 13 y 14 años de edad), tal y como sucedía en el dendrograma cualitativo (Figura 19).

A un nivel cercano al 20% se distinguen dos grandes grupos, el quinto y el sexto. El quinto constituido fundamentalmente por muestras de orientación sur, sobre ripado y arcosas, y el sexto por muestras de orientación norte, fundamentalmente sobre ripado y arcosas, aunque también hay alguna de estéril viejo.

Dentro del grupo quinto (orientación sur) se distinguen a su vez otros dos grupos. El primero constituido por muestras de 37° y el segundo por muestras de 17° de pendiente, a excepción de los puntos 16 y 17 que son de 37° y orientación norte. Esto indica que la orientación sur es más severa que la norte, por eso el grupo quinto se separa antes que el sexto, pero dentro de la orientación sur es más severa una pendiente de 37° que una de 17°, por eso se separa primero del dendrograma la de 37°. En el segundo grupo que se distingue dentro del quinto aparecen, junto a muestras de orientación sur y 17° de pendiente, algunas de 37° y orientación norte (puntos 16 y 17), pues

aunque la orientación sur sea más extrema que la norte también lo es la pendiente de 37°, con lo que sus condiciones pueden ser similares y presentar composiciones florísticas afines.

Dentro del grupo sexto (orientación norte), dejando a un lado la muestra 7' (arcosas sur de 1 año) que aparece aislada, se distinguen otros dos grupos. El primero constituido por muestras sobre arcosas de 6 a 8 años y 37° de pendiente (puntos 3 y 4), muestras sobre ripado de 17° de 6 a 8 años (punto 15) y sobre ripado más viejo de 37° (puntos 18 y 19), y muestras sobre estéril muy viejo (punto 30). El segundo constituido por las muestras sobre arcosas más viejas disponibles (de 12 a 16 años) y 17° de pendiente; condiciones que se podrían considerar como las más favorables, dentro de la secuencia que se ha seguido de condiciones más a menos extremas a medida que se analizaba el dendrograma de fuera a dentro. Parece que el dendrograma cuantitativo permite una secuencia más ordenada, en este sentido, que el dendrograma cualitativo.

A la vista de estos resultados, y para facilitar la observación de lo que está ocurriendo dentro de cada sustrato se presentan a continuación los Análisis de Afinidad parciales correspondientes a cada uno de ellos.

Es importante señalar que todo lo que se observa en estos análisis parciales se ve en el dendrograma conjunto, aunque debido a las múltiples combinaciones posibles entre las variables: orientación, sustrato y edad, sea muy difícil visualizar las diferentes tendencias. Como recoge Magurran (1988) “Un dendrograma de 30 ó más localidades frecuentemente es difícil de interpretar, mientras que un dendrograma de más de 100 localidades es más probable que produzca mareos visuales en vez de una percepción ecológica”.

### **3.2- ANÁLISIS DE AFINIDAD CORRESPONDIENTE AL SUSTRATO ARCOSAS.**

En cuanto a la nomenclatura utilizada, es igual que la expuesta para el análisis de afinidad global, con la peculiaridad de que al estar todos los puntos de muestreo recubiertos de arcosas, se prescinde de la letra “A” distintiva del mismo. Esta nomenclatura se mantiene para los dendrogramas correspondientes a ripado y a estéril.

## A) Cualitativo.

En la **figura 21** aparece representado el dendrograma cualitativo correspondiente al sustrato arcosas. A un nivel de similitud de 35%, aparece aislada del resto la muestra 7' (arcosas sur de 1 año y 37° de pendiente), posiblemente porque son las condiciones más extremas dentro de arcosas. A un nivel cercano al 40%, se encuentran definidos dos grupos que vienen a coincidir con las muestras de orientación norte (azul aguamarina) por un lado, y sur (rojo) por otro. Sin embargo, la separación no es total, pues en ambos grupos hay algunas muestras de la otra orientación. Así, en el grupo de orientación norte, a un nivel ligeramente superior al 60% se alternan muestras de orientación norte y sur para unas edades comprendidas entre 12 y 14 años (muestras 5, 5', 5'', 11, 11' y 11''). Por su parte, en el grupo de orientación sur, a un nivel cercano al 50%, se alternan muestras de orientación norte y sur, de edades comprendidas entre los 3 y 5 años (muestras 2, 2', 2'', 8, 8' y 8''). En ambos casos las muestras comparten una característica común y es que todas ellas presentan una pendiente de 17°, además, dentro de cada par las muestras con orientación norte están muy próximas sobre el terreno a las de orientación sur. Esto implica que, en cuanto a composición específica, existe cierta proximidad entre la orientación norte y la sur en estas zonas de suave pendiente y pequeñas dimensiones, debido a la gran cercanía física de ambas orientaciones. Además, la afinidad norte-sur detectada en estas estructuras es mayor en edades más avanzadas (de 12 a 14 años; BII, nivel de similitud ligeramente superior al 60%) que en edades más tempranas de la sucesión (de 3 a 5 años; BFC, nivel de similitud ligeramente inferior al 50%).

Dentro de cada orientación, las diferentes uniones, si bien no permiten establecer una secuencia que siga perfectamente la antigüedad de las muestras, sí permiten establecer agrupaciones por intervalos de edad. Así dentro del grupo de orientación norte, a un nivel cercano al 50%, aparecen tres grupos definidos respectivamente por las muestras 1-1'', 3-3'-3''-4-4''-4' y 6'-6''-6-11-5'-11'-11''-5''-5, que coinciden con los intervalos de edad de 1 a 2 años, de 6 a 8 años y de 12 a 16 años, respectivamente. Dentro del grupo de orientación sur, a un nivel cercano al 50%, aparecen cuatro grupos definidos respectivamente por las muestras 8''-2''-2'-2-8, 9-9'', 12''-12'-12 y 10''-10-10', que vienen a coincidir con los intervalos de edad de 3 a 5 años, de 6 a 8 años, de 14 a 16 años y de 6 a 8 años, respectivamente.

Dentro del grupo de orientación norte, entre las muestras de 1 y 2 años tras la clausura existe una afinidad ligeramente superior al 50%, pero es todavía menor la que mantienen con el resto de la muestras jóvenes. Esto indica que existen amplias variaciones entre los dos primeros años de la sucesión y el resto, en esa orientación.

Dentro del grupo de orientación sur, a una afinidad del 40% aparece la muestra 7'' aislada del grupo formado por: 8''-2''-2'-2-8-9-9''-12''-12'-12. Esto indica que también para la orientación sur existen amplias variaciones entre los dos primeros años de la sucesión y el resto. Pero además, el hecho de que la muestra 7' (de un año de edad y orientación sur) aparezca aislada (a un nivel del 35%) del resto de las muestras, tanto de orientación sur como norte, pone de manifiesto su diferente composición específica. Esto se explica teniendo en cuenta las grandes dimensiones del punto de muestreo 7 y su relativamente importante distancia física respecto a zonas con vegetación, que se encuentra al pie del talud; además, el primer año sur tiene un mayor déficit hídrico. Estas características pueden ser las responsables de que se necesite más tiempo para su colonización, existiendo grandes diferencias en la composición específica entre esos dos primeros años de la sucesión, en función de los propágulos que hayan podido llegar. La muestra de 2 años y orientación sur (7''), aunque sigue siendo poco afín al resto de las muestras de esta orientación aparece agrupada con ellas y separada de las de orientación norte.

En general, se pone de manifiesto que, sobre un sustrato de arcosas, la afinidad es mayor entre muestras pertenecientes al mismo punto de muestreo, que entre muestras de puntos distintos, aunque estos presenten la misma orientación y edad. Este es el caso de los pares de muestras 3-4, 3'-4' y 3''-4'' que presentan orientación norte y la misma edad, pero entre los que existen niveles de afinidad más bajos que entre las muestras dentro de cada punto. En el caso de la orientación sur, la distancia entre los pares de muestras 9-10, 9'-10' y 9''-10'', que también comparten orientación y edad, es todavía mayor, puesto que los puntos 9 y 10 aparecen bastante más alejados en el dendrograma.

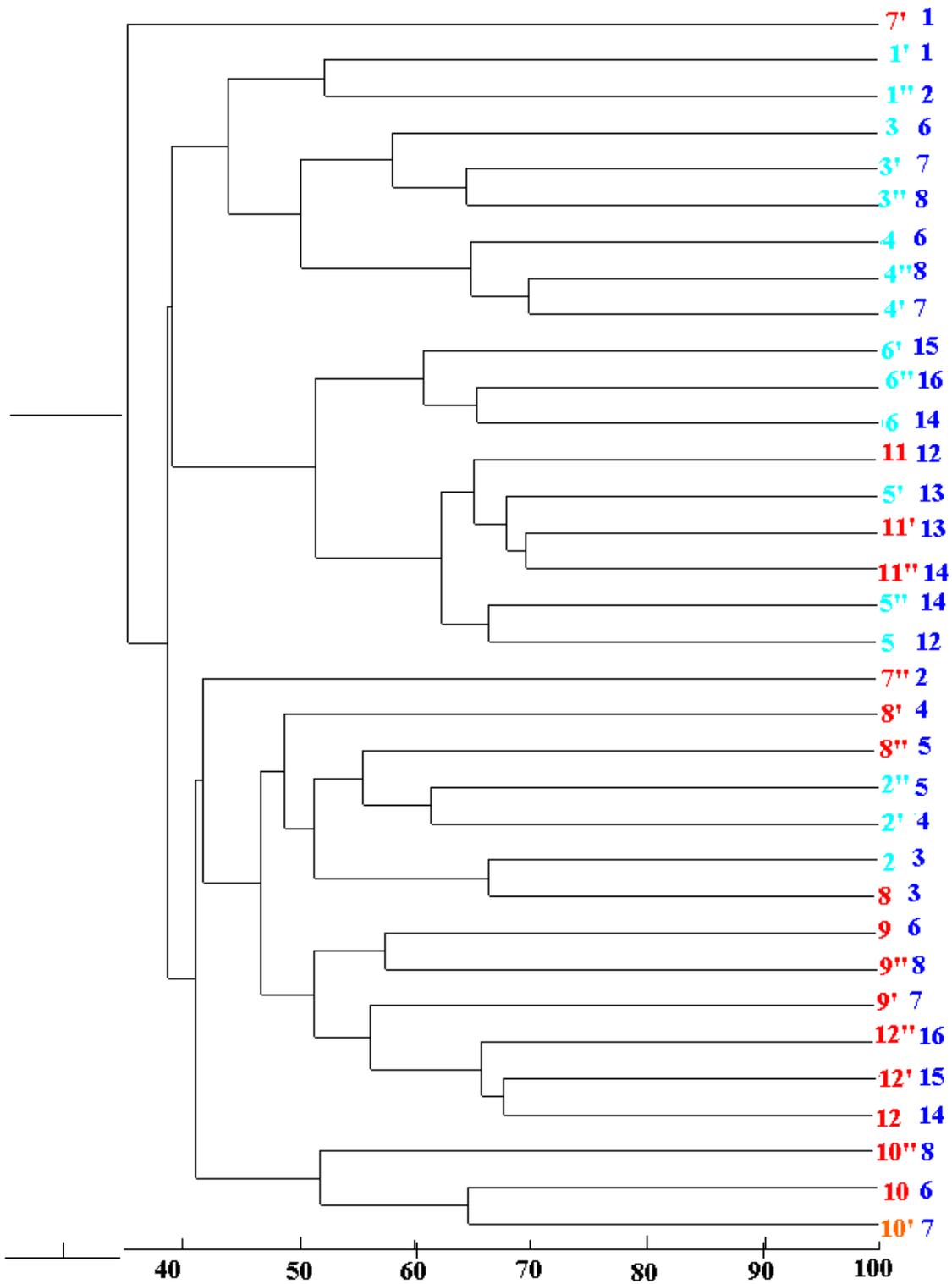


Figura 21. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras sobre arcosas.

Una posible explicación de esta menor variación, en la orientación norte que en la sur, entre los puntos de 6, 7 y 8 años, se debe a su localización dentro de Mina Fe. Los puntos 3 y 4 de orientación norte, correspondientes a Fe-3-2 y Fe-3-3 respectivamente, tienen sus homólogos en la orientación sur (puntos 9 y 10, respectivamente). Ambas escombreras están bastante alejadas físicamente dentro de Mina Fe, pero mientras que la orientación norte de sus taludes está próxima, en ambos casos, a una cuña de dehesa con escoba blanca, la orientación sur de su talud sólo tiene cerca vegetación “natural” en Fe-3-2 (punto de muestreo 9), pero no en Fe-3-3 (punto de muestreo 10). Por lo que el punto 10 aparece físicamente aislado y, por ello, no sólo no aparece próximo al punto 9, sino que aparece alejado, en cuanto a composición florística se refiere, de todos los otros puntos de orientación sur. De hecho las muestras del punto 10 son las últimas en incorporarse, en el dendrograma, al grupo de muestras de orientación sur.

## **B) Semicuantitativo.**

En la figura 22 aparece representado el dendrograma semicuantitativo correspondiente al sustrato arcosas. Si bien los niveles de similitud alcanzados son inferiores a los obtenidos con el índice cualitativo, también parece existir una separación entre las muestras de orientación sur (rojo) y las de orientación norte (azul aguamarina), aunque no tan clara como en el análisis cualitativo. Existe cierta proximidad entre la orientación norte y la sur en zonas de suave pendiente y pequeñas dimensiones (puntos 2 y 8 de la BFC y puntos 5 y 11 de la BII), debido a la cercanía física de ambas orientaciones, y la afinidad norte-sur sigue siendo algo mayor, como se observaba en el análisis cualitativo, en edades más avanzadas (de 12 a 14 años; nivel de similitud en torno al 40%), que en edades más tempranas (de 3 a 5 años; nivel de similitud en torno al 35%).

Una diferencia, respecto al análisis cualitativo, es que ahora las muestras de 14 a 16 años de orientación sur (12-12'-12'') aparecen agrupadas junto a las de su misma edad y orientación norte (6-6'-6''). Esto puede indicar que, para el intervalo de edad 14-16 años, las diferencias cualitativas que existen, en cuanto a las especies presentes en ambas orientaciones, no se corresponden con grandes diferencias en los valores de importancia de las especies comunes.

Por otro lado, se observa que las muestras de 6 a 8 años y orientación sur, que en el dendrograma cualitativo aparecían en dos grupos distintos, ahora aparecen en el mismo grupo, lo que indica que aunque la distancia física entre dos zonas que comparten orientación, pendiente y edad, introduce diferencias en la composición cualitativa de las especies presentes, éstas no se corresponden con grandes diferencias en los porcentajes de cobertura de las especies comunes.

En cuanto a las edades más jóvenes (1 y 2 años de edad), se observa que las muestras de orientación norte están aisladas del resto, manteniendo con éstas un nivel de similitud semicuantitativa muy bajo (ligera superior al 10%). Las muestras más jóvenes de orientación sur (7' y 7'') aparecen dentro del grupo de muestras de orientación sur, pero bastante alejadas entre sí. Por lo que se mantiene lo dicho para el análisis de afinidad cualitativo, según el cual existen amplias diferencias en la composición específica (tanto cualitativa como semicuantitativa) de los dos primeros años de la sucesión y el resto, siendo mayor la distancia entre los dos primeros años en la orientación sur que en la norte. No obstante, en el análisis cuantitativo, la separación de los dos primeros años de la sucesión en la orientación norte, no sólo tiene lugar respecto al resto de los puntos de su misma orientación, sino respecto a todos (tanto de orientación norte como sur).

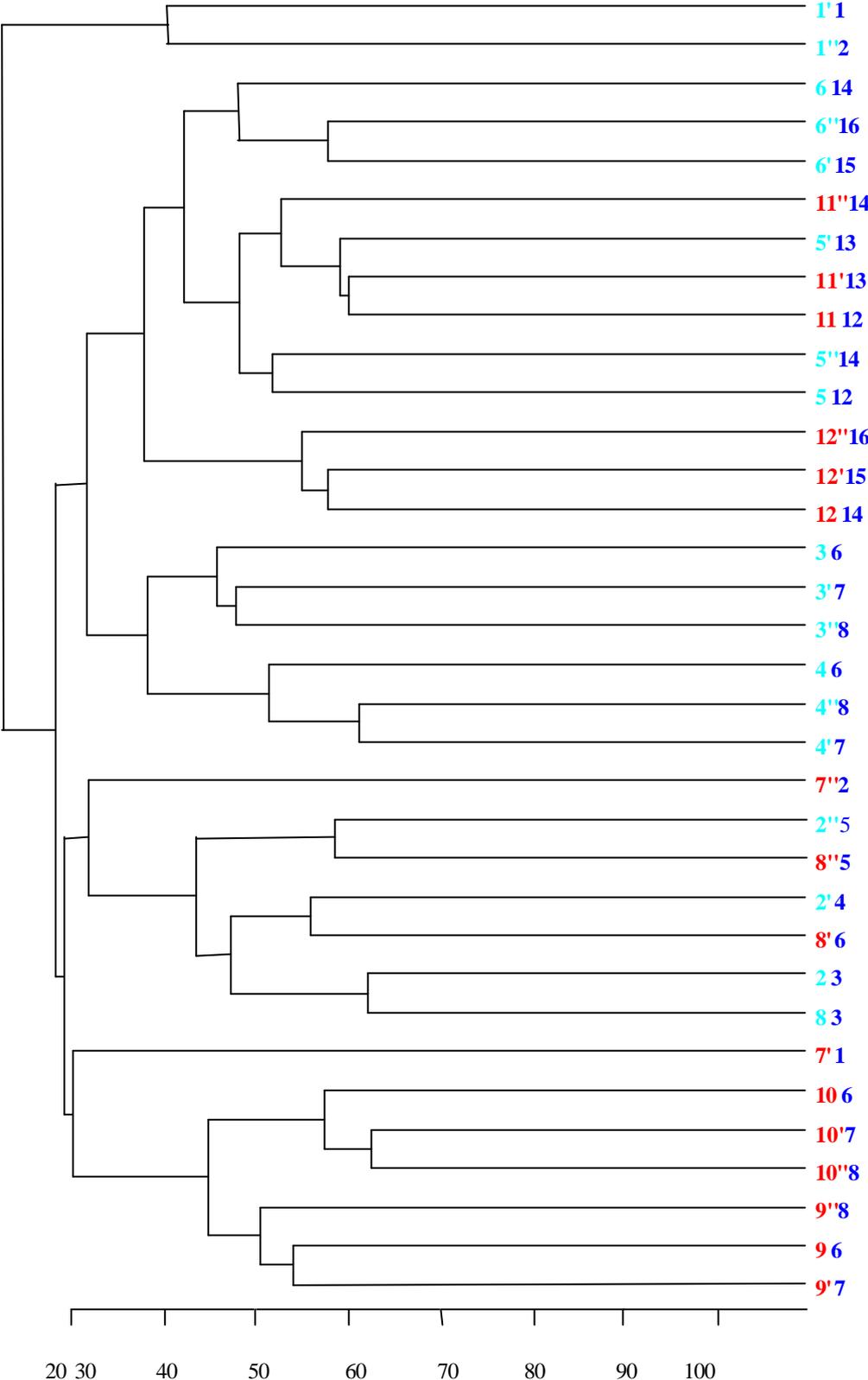


Figura 22. Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras sobre arcosas.

También se pone de manifiesto, igual que en el análisis cualitativo, que, en general, la afinidad es mayor entre muestras pertenecientes al mismo punto que entre muestras de puntos distintos, aunque en casos puntuales, como entre las muestras de los puntos 5 y 11 ó 2 y 8, se alcancen niveles de similitud similares a los alcanzados entre muestras del mismo punto.

A la vista de los resultados de los Análisis de Afinidad cualitativo y semicuantitativo realizados para el sustrato arcosas, parece lógico diferenciar, dentro de él, dos series sucesionales en función de la orientación, que anteriormente habíamos denominado series A y B.

### 3.2.1.- ORIENTACIÓN NORTE.

#### A) Cualitativo.

Para la serie A (Figura 23) las diferentes uniones permiten establecer una secuencia que sigue bastante bien la antigüedad de las muestras, siempre y cuando se tenga en cuenta la influencia de la pendiente. En la parte superior de la gráfica se representan los valores más elevados de la matriz de afinidad original, con objeto de comprobar de una manera sencilla la posible pérdida de información que implica el proceso.

En relación con los símbolos utilizados, aparecen los nombres de las muestras ordenados según el resultado del dendrograma y la edad de las muestras en el interior de círculos. Los círculos con fondo blanco tienen la edad que indica el número que encierran en su interior ( de 1 a 10 años), mientras que los círculos con fondo negro tienen la edad que resulta de sumar diez al número que encierran dentro ( de 11 a 20 años). En las series que llegan a los 21 años, esta última edad se representa con una estrella. Así, por ejemplo: ① = 1 año y ❶ = 11 años, ③ = 3 años y ❸ = 13 años, ⑩ = 10 años, ❶ = 20 años y ❶ = 21 años.

A un nivel ligeramente superior al 40% se encuentran separados dos grupos, de los que el menos numeroso está formado por las muestras más jóvenes (de 1 y 2 años de edad), lo que implica que existen amplias variaciones entre las edades iniciales y las restantes. Es de destacar que no aparece ninguna muestra aislada. Dentro del grupo más numeroso distinguimos, a su vez, dos

grupos en función de la pendiente, lo que indica que ésta es un factor de variación más importante que la edad, a excepción de en los dos primeros años, a la hora de influir en la composición florística de zonas sobre arcosas y orientación norte.

Teniendo en cuenta la edad, a un nivel ligeramente superior al 50% aparecen tres grupos definidos respectivamente por las muestras 3-3''-3'-4''-4-4', 6'-6-6''-5''-5-5' y 2-2'-2'', que vienen a coincidir con los grupos de edad de 6 a 8 años, de 12 a 16 años y de 3 a 5 años, respectivamente, que no aparecen ordenados de menor a mayor edad. El grupo formado por las muestras de 3 a 5 años ocupa la posición final, y está algo más próximo al grupo de 12 a 16 años que al de 6 a 8. Esto se debe a que ambos comparten una característica común, y es que su pendiente es de 17°, mientras que en los grupos de 6 a 8 años y de 1 a 2 años la pendiente es de 37°. Es decir, se puede afirmar que existe una buena secuencia dentro de la orientación norte sobre arcosas, siempre y cuando se tengan en cuenta las diferencias de pendiente.

Merece ser destacado también el hecho de que dentro del grupo de 6 a 8, a un nivel próximo al 55%, aparecen dos grupos: 3-3''-3' y 4''-4-4', lo que pone una vez más de manifiesto que la afinidad es mayor entre muestras de un mismo punto, aunque hayan sido tomadas en distintos años, que entre muestras de puntos distintos, aunque éstas compartan sustrato, orientación, edad, pendiente y año de muestreo. No debe olvidarse, sin embargo, que estos puntos (3 y 4) pertenecen a escombreras bastante alejadas físicamente dentro de Mina Fe.

Dentro del grupo de 12 a 16 años de edad aparecen, a un nivel próximo al 60%, dos grupos definidos por las muestras 6'-6-6'' y 5''-5-5', de 14 a 16 años y de 12 a 14, respectivamente.

En resumen, se puede concluir que, en las arcosas norte, el nivel de afinidad es mayor entre muestras del mismo punto de muestreo, que entre muestras de puntos distintos, pero, en relación con la secuencia sucesional, los niveles de afinidad aumentan a medida que avanza la edad. Lo que implica que a medida que avanzamos en la sucesión las muestras presentan mayores valores de similitud entre ellas, y más aún si provienen de un asentamiento idéntico.

El parecido de estas agrupaciones con los coeficientes más elevados de la matriz de similitud original es notable, confirmándose de nuevo, con un número reducido de datos, la fiabilidad del método.

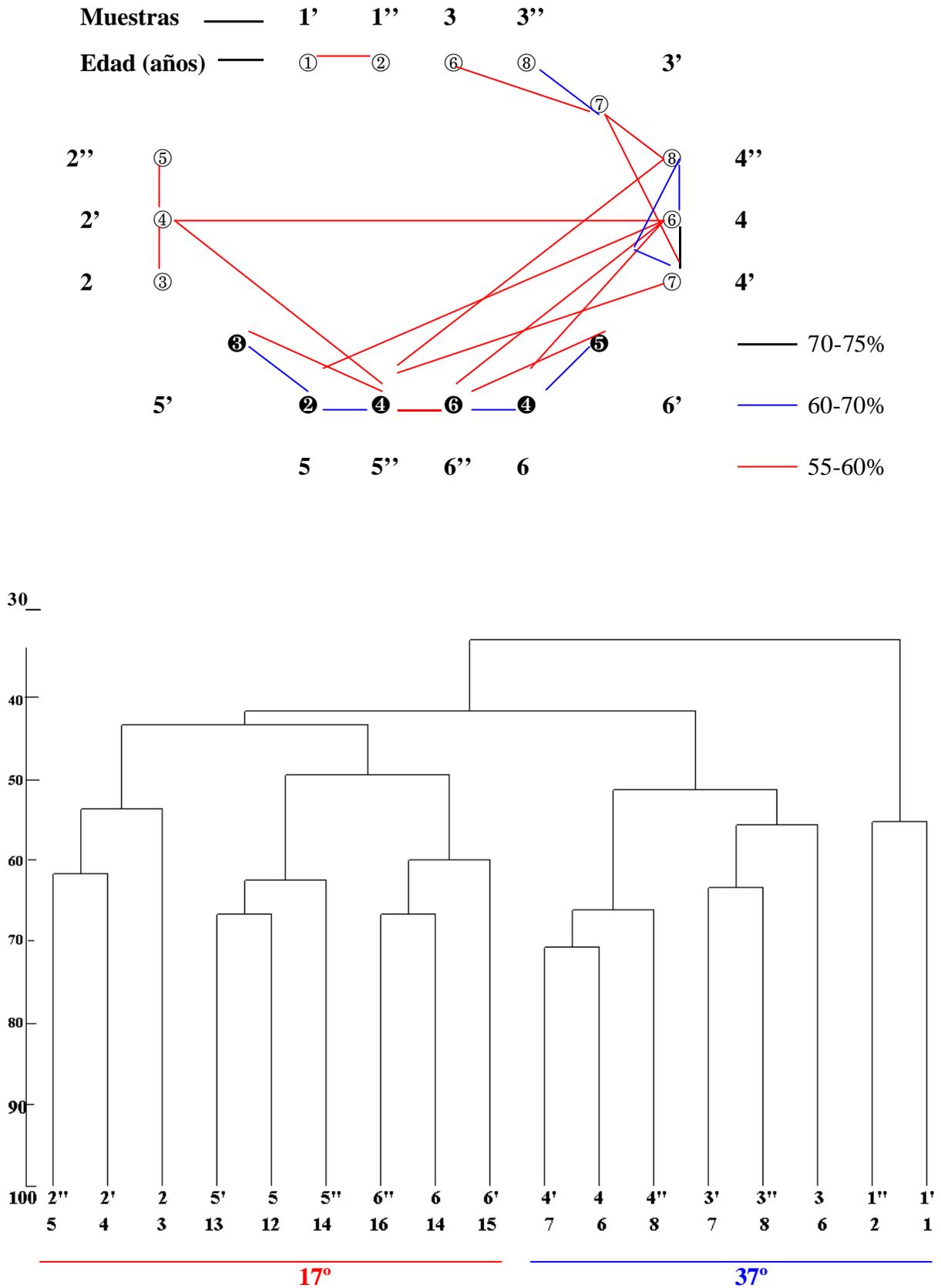
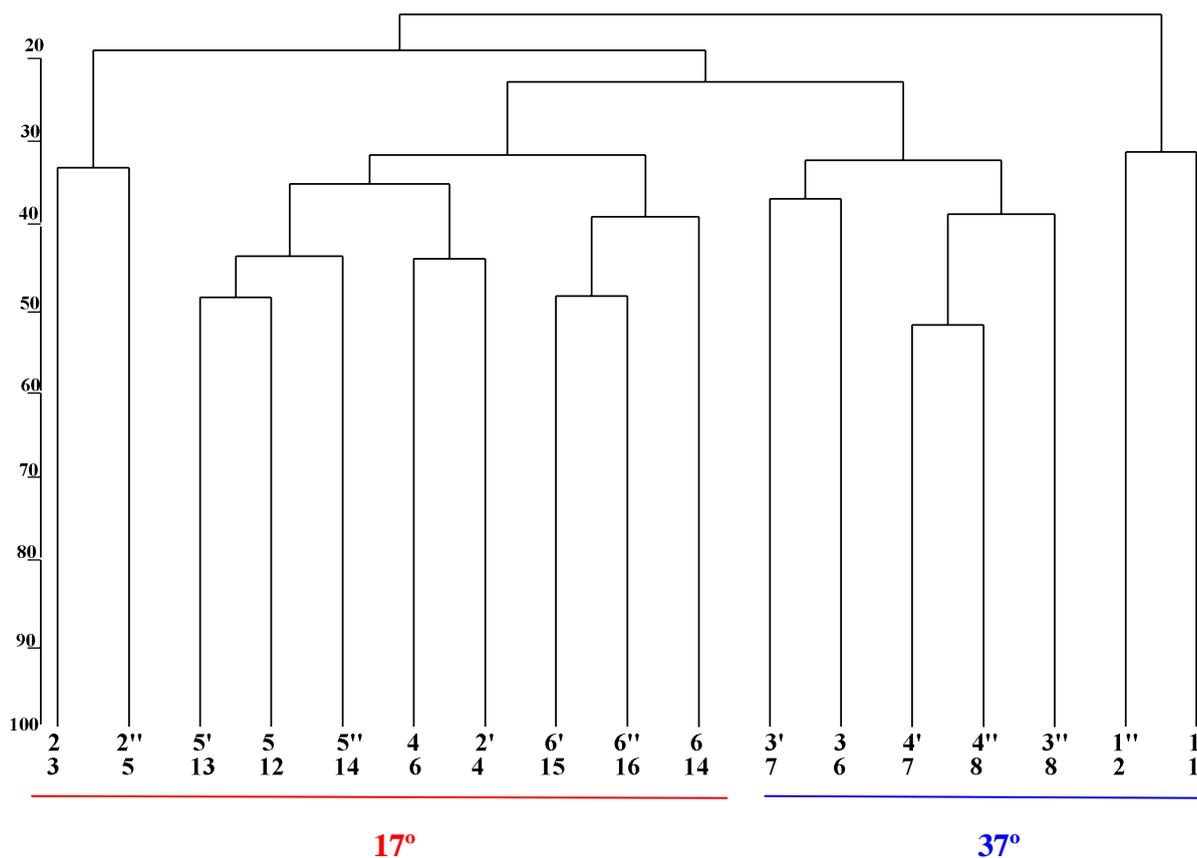


Figura 23. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie A (Arcosas Norte).

**B) Semicuantitativo.**

En este caso no se presentan los valores más elevados de la matriz de afinidad original, puesto que con ello no se pretendía más que comprobar la posible pérdida de información que implica el proceso.



**Figura 24.** Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie A (Arcosas Norte).

El dendrograma correspondiente al análisis de afinidad semicuantitativo para la serie A (Figura 24) no presenta grandes diferencias respecto al cualitativo (Figura 23). Existe una buena secuencia de las muestras, siempre y cuando se consideren las diferencias de pendiente; existen amplias variaciones entre las edades iniciales de la sucesión (1 y 2 años) y el resto; y se sigue manteniendo que la afinidad es, en general, mayor entre muestras del mismo punto, aunque hayan

sido tomadas en distintos años, que entre muestras de puntos distintos. No obstante, en este caso hay mayor cercanía entre algunas muestras de los puntos 3 y 4, mientras que en el dendrograma cualitativo aparecían perfectamente delimitadas en dos bloques constituidos cada uno por las muestras de cada punto. Teniendo en cuenta que los puntos 3 y 4 pertenecen a estructuras bastante alejadas físicamente dentro de Mina Fe, se puede concluir que, aunque existan diferencias cualitativas importantes entre ellas, la afinidad es suficiente como para englobarlas en el mismo grupo de edad y, además, cuantitativamente las diferencias son menos importantes respecto a otros puntos de muestreo de distinta edad.

También, desde el punto de vista semicuantitativo, parece que el nivel de similitud aumenta a medida que avanza la edad y más aún si las muestras provienen del mismo asentamiento.

### **3.2.2.- ORIENTACIÓN SUR.**

#### **A) Cualitativo.**

En la serie B (Figura 25), a un nivel de similitud muy bajo, ligeramente superior al 25%, aparece aislada del resto la muestra de 1 año (7'), debido, como se ha expuesto anteriormente, a las grandes dimensiones del punto 7 y a su importante distancia física respecto a zonas con vegetación, que aparece en la base del talud. Estas condiciones retrasan la colonización y acentúan las diferencias que puedan existir, bajo circunstancias normales, entre esos dos primeros años de la sucesión.

A un nivel próximo al 30% se unen al dendrograma las muestras de más edad, pero no todas, sino las que presentan una pendiente más suave (17°) que son 11-11'-11'', dentro de las que los niveles de afinidad oscilan entre el 60-70%. Las siguientes muestras en incorporarse, a un nivel próximo al 40%, son 8-8'-8'', también de 17° de pendiente y entre las que existe una afinidad inferior al 50%. Posteriormente, a un nivel ligeramente superior al 40%, aparecen las muestras 10'-10-10'', aisladas del resto de las muestras de 37°. Como se ha explicado anteriormente, al hablar del análisis de afinidad sobre arcosas (sin distinguir orientaciones), el punto 10 (muestras 10-10'-10'') ha sido tomado en el talud sur de Fe-3-3 que aparece muy alejado físicamente en, Mina Fe,

del resto de las muestras de orientación sur sobre arcosas, y que además aparece aislado de manchas de vegetación próxima, a diferencia, por ejemplo, del punto 9 con el que comparte edad, sustrato, orientación y pendiente. La rotura de continuidad entre 10-10'-10'' y el resto es evidente en la matriz original de similitud, así como el aislamiento de 10'' respecto de 10-10'.

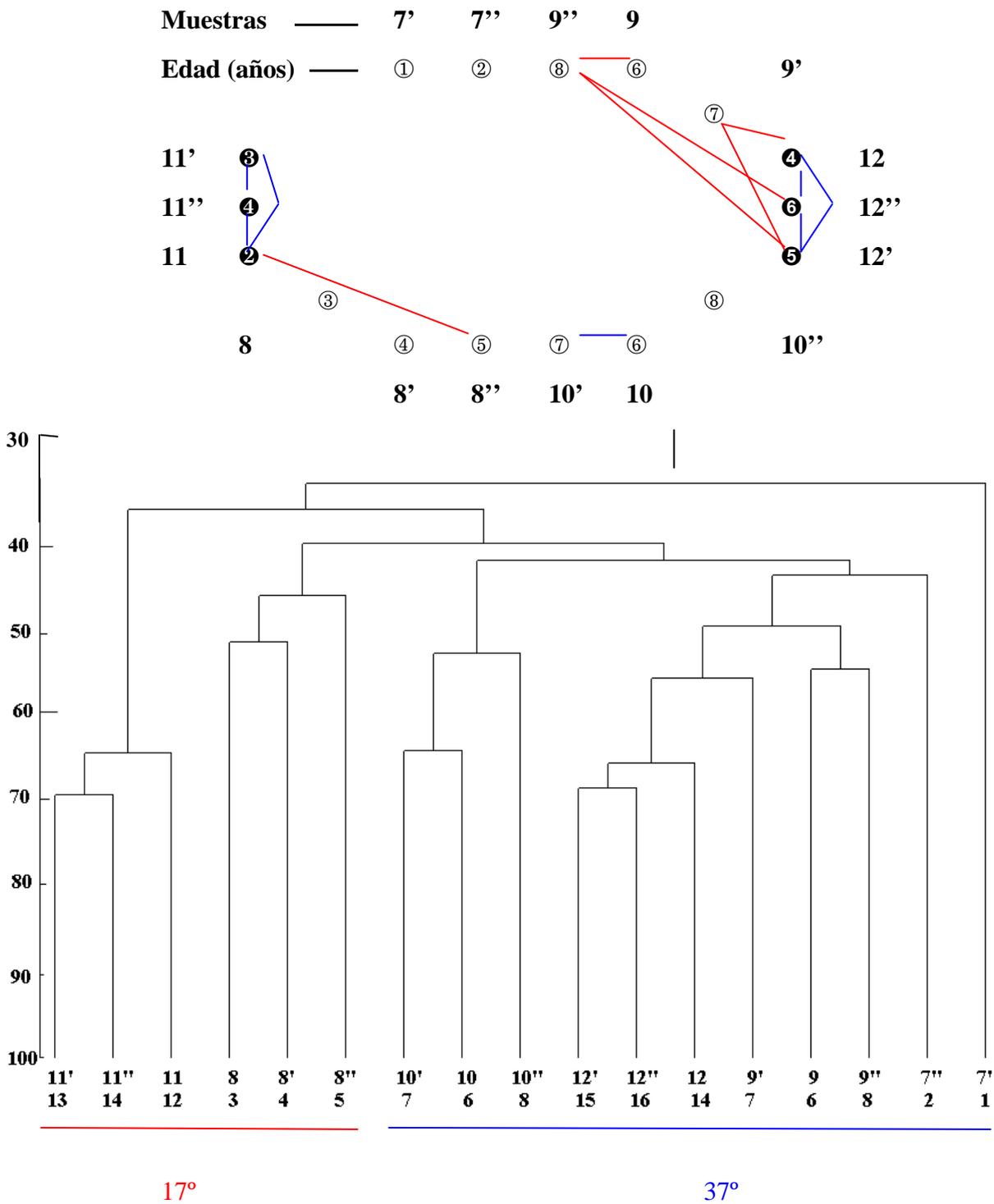


Figura 25. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie B (Arcosas Sur).

La muestra de 2 años (7'') se incorpora a un nivel de similitud próximo al 45%, apareciendo muy separada del resto de las muestras jóvenes de orientación sur. A un nivel en torno al 55% se diferencian dos grupos, uno de 6 a 8 años por un lado y otro de 14 a 16 años.

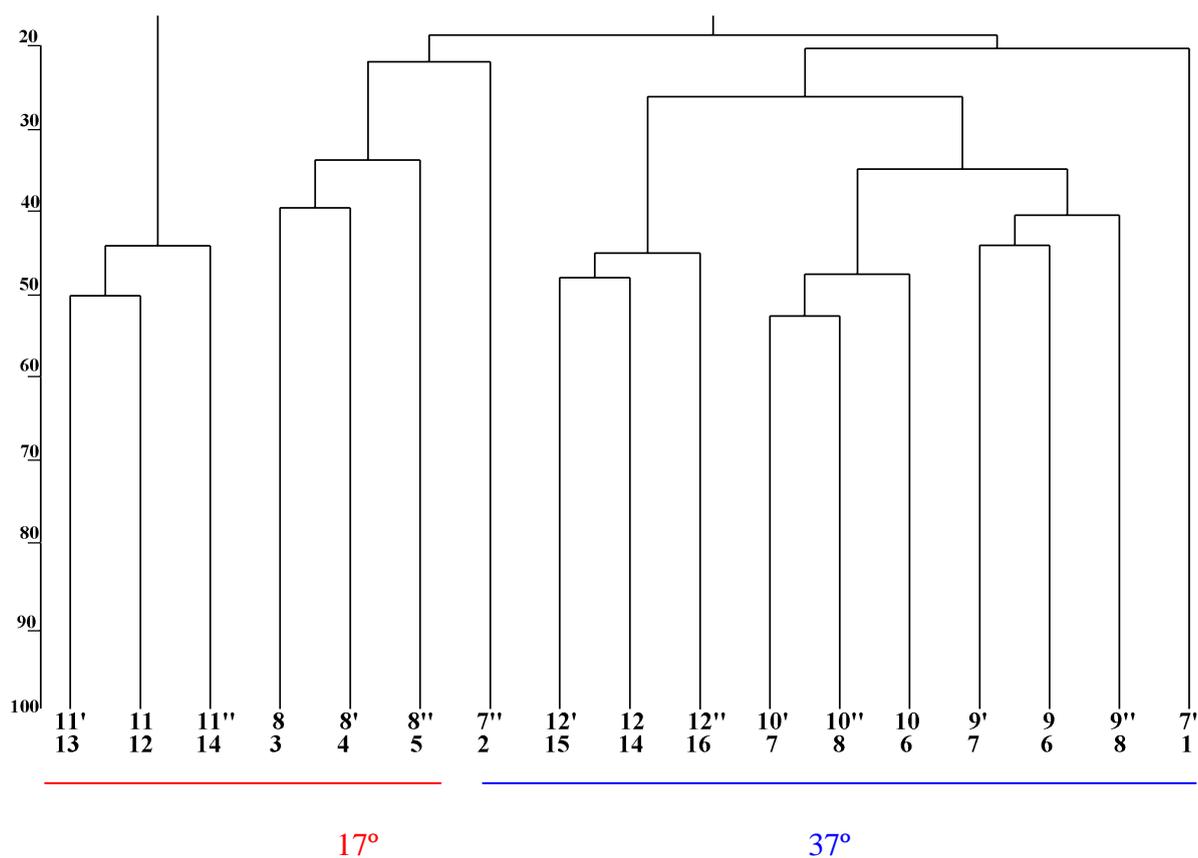
En el caso de la orientación sur la secuencia de los grupos de edad se ve fuertemente afectada por las diferencias de pendiente de las muestras, que aparecen distribuidas en dos grupos, el primero de 37° formado por 7'-7''-9-9'-9''-12-12'-12''-10-10'-10'' y el segundo de 17° formado por 8-8'-8''-11-11'-11'', aunque dentro de cada uno de ellos la secuencia temporal está clara. Se mantiene la baja afinidad entre los dos primeros años de la sucesión y el resto, y entre esos dos primeros años entre sí. Las mayores afinidades se dan entre las muestras del mismo punto de muestreo, fundamentalmente en las edades más avanzadas de la serie. Destaca el bajo nivel al que se unen tanto las muestras más viejas de 17° (11-11'-11'') como las más jóvenes también de 17° (8-8'-8''). En la matriz original de similitud se observan las débiles uniones que mantienen con el resto, lo que hace que no queden incorporadas al dendrograma hasta el final.

## **B) Semicuantitativo.**

El dendrograma correspondiente al análisis de afinidad semicuantitativo para la serie B (Figura 26), tampoco presenta grandes diferencias respecto al cualitativo (Figura 25). Existe una secuencia de las muestras mejor que en el dendrograma cualitativo, siempre y cuando se consideren las diferencias de pendiente. Además, existen amplias variaciones entre las edades iniciales de la sucesión (1 y 2 años) y el resto, así como entre los dos primeros años, y se sigue manteniendo que la afinidad es mayor entre muestras del mismo punto, aunque hayan sido tomadas en distintos años, que entre muestras de puntos diferentes. Las muestras del punto 11 son las últimas en incorporarse al dendrograma, seguidas de las del punto 8 (también de 17° de pendiente), lo que indica que las diferencias cualitativas que existían en la composición florística entre zonas de 17° de pendiente y el resto (37° de pendiente) (Figura 25) se ven acompañadas también de importantes diferencias cuantitativas.

En este caso, a diferencia de lo que ocurría en el análisis de afinidad cualitativo, los puntos de 6 a 8 años de edad (puntos 9 y 10) aparecen más próximos, dentro del mismo grupo. Teniendo en cuenta que los puntos 9 y 10 pertenecen a estructuras bastante alejadas físicamente dentro de Mina Fe, se puede concluir que, al igual que sucedía en la orientación norte, las diferencias de composición florística son más de tipo cualitativo que cuantitativo. Es decir, es evidente que aunque tengan la misma edad, las muestras de los puntos 9 y 10 tiene baja similitud cualitativa (en torno al 40%), pero las especies comunes se encuentran representadas por valores de importancia similares, por lo que en el análisis semicuantitativo aparecen agrupadas en el mismo bloque.

También, desde el punto de vista semicuantitativo, parece que el nivel de similitud aumenta a medida que avanza la edad y más aún si las muestras provienen del mismo asentamiento.



**Figura 26.** Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie B (Arcosas Sur).

### 3.3.- ANÁLISIS DE AFINIDAD CORRESPONDIENTE AL SUSTRATO RIPADO.

#### A) Cualitativo.

En la figura 27 aparece representado el dendrograma cualitativo correspondiente al sustrato ripado. A un nivel de similitud de apenas un 10% aparece, aislada del resto, la muestra 20', de 1 año de edad, 37° de pendiente y orientación sur. El aislamiento de esta muestra se explica por los mismos motivos que condicionan el aislamiento de la muestra 7' en el dendrograma de arcosas. Ambos puntos de muestreo, 7 y 20, pertenecen al mismo talud y están uno al lado del otro, sus dimensiones, por tanto, son iguales y también la distancia física respecto a zonas con vegetación, que se localiza al pie del talud; en la orientación sur, además, el primer año el déficit hídrico es mayor. Estas condiciones, al tratarse de las más extremas (sur de 1 año y 37° de pendiente), dificultan la colonización, condicionando la composición específica de la zona, que difiere del resto de las muestras.

A un nivel todavía muy bajo, ligeramente superior al 35%, el grupo restante está escindido en otros dos. El primero constituido por las muestras 13' y 13'', de orientación norte, 37° de pendiente y 1 y 2 años de edad, respectivamente. En el segundo, aparece, separada del resto, la muestra de orientación sur y 2 años (20''), a un nivel cercano al 40%. Esto implica que existen amplias variaciones entre las edades iniciales y las restantes, del mismo modo que ocurría sobre el sustrato arcosas. Además, se vuelve a dar mayor variación, dentro de los dos primeros años, entre las muestras de orientación sur que entre las de orientación norte; hecho que se explica por las mismas circunstancias acaecidas en la orientación sur sobre un sustrato de arcosas.

A un nivel cercano al 45% aparecen cuatro grupos. El primero constituido por muestras de orientación norte de 5 a 8 años por un lado (15, 15', 15'' y 16''), y de 14 a 16 años por otro (18, 18' y 18''). El segundo grupo integrado por muestras de orientación sur de 6 a 8 años por un lado (24, 24' y 24'') y de 19 a 21 años (26, 26' y 26'') por otro. El tercer grupo está formado por muestras de orientación norte de 3 a 5 años. El cuarto grupo, que es el más numeroso, está escindido, a su vez, a un nivel entorno al 55%, en tres grupos. El primero constituido por muestras de orientación sur, 37° de pendiente y de 9 a 11 años de edad (punto 29), el segundo constituido

por muestras de orientación norte, 37° de pendiente y de 19 a 21 años de edad (punto 19) y el tercero constituido por muestras de orientación sur, 17° de pendiente y de 3 a 7 años de edad.

También aparecen algunas muestras aisladas como la 17'' de orientación norte y 9 años, que ocupa una posición intermedia entre las muestras 25''-25-25 y el resto; la muestra 16, que ocupa una posición intermedia entre 22''-22-23''-23 y 23-22'; o la muestra 17' que ocupa una posición intermedia entre 19-19'-19'' y 22''-22-23''-23'-23-22'-21''-21'-21.

A la vista de las agrupaciones del dendrograma y dejando al margen las muestras de los primeros dos años, se puede afirmar que existe una separación entre las muestras de orientación sur y las de orientación norte, aunque no tan clara como ocurría sobre un sustrato de arcosas. La separación no es total entre ambas orientaciones, posiblemente debido a las diferencias de pendiente que existen entre las muestras para una misma orientación, que pueden estar condicionando la composición florística de esas zonas respecto de las demás.

No obstante, debido a la necesidad de recurrir a numerosos elementos de variación para explicar lo que ocurre sobre este sustrato, resulta más fácil profundizar en este aspecto una vez que se distinguen dos secuencias, en función de la orientación.

Lo que si se observa claramente es que, para un mismo grupo de edad, no aparecen próximas en el dendrograma las muestras de distinta orientación, mientras que sí es frecuente que aparezcan próximas muestras de distinta edad e igual orientación. A su vez, dentro de cada orientación parece haber una separación entre muestras según su pendiente.

En general, sigue sucediendo que la mayor afinidad se da entre muestras pertenecientes al mismo punto, excepto en los dos primeros años de muestreo, entre los que la similitud es muy baja en ambas orientaciones, pero sobre todo en la sur. Cabe destacar la similitud próxima al 100% que se da entre las muestras 16' y 14'', debido posiblemente a que comparten la misma orientación y sustrato, y su edad está próxima.

En el caso del ripado, prácticamente, no se dan composiciones florísticas próximas entre zonas de la misma edad y orientación distinta, excepto entre las muestras 16 y 23'. Es decir, parece haber más distancia norte-sur, para una misma edad, que en el caso de las arcosas, por lo menos a partir de los dos años.

La afinidad es menor para edades jóvenes y aumenta a medida que avanza el tiempo transcurrido tras la sucesión.

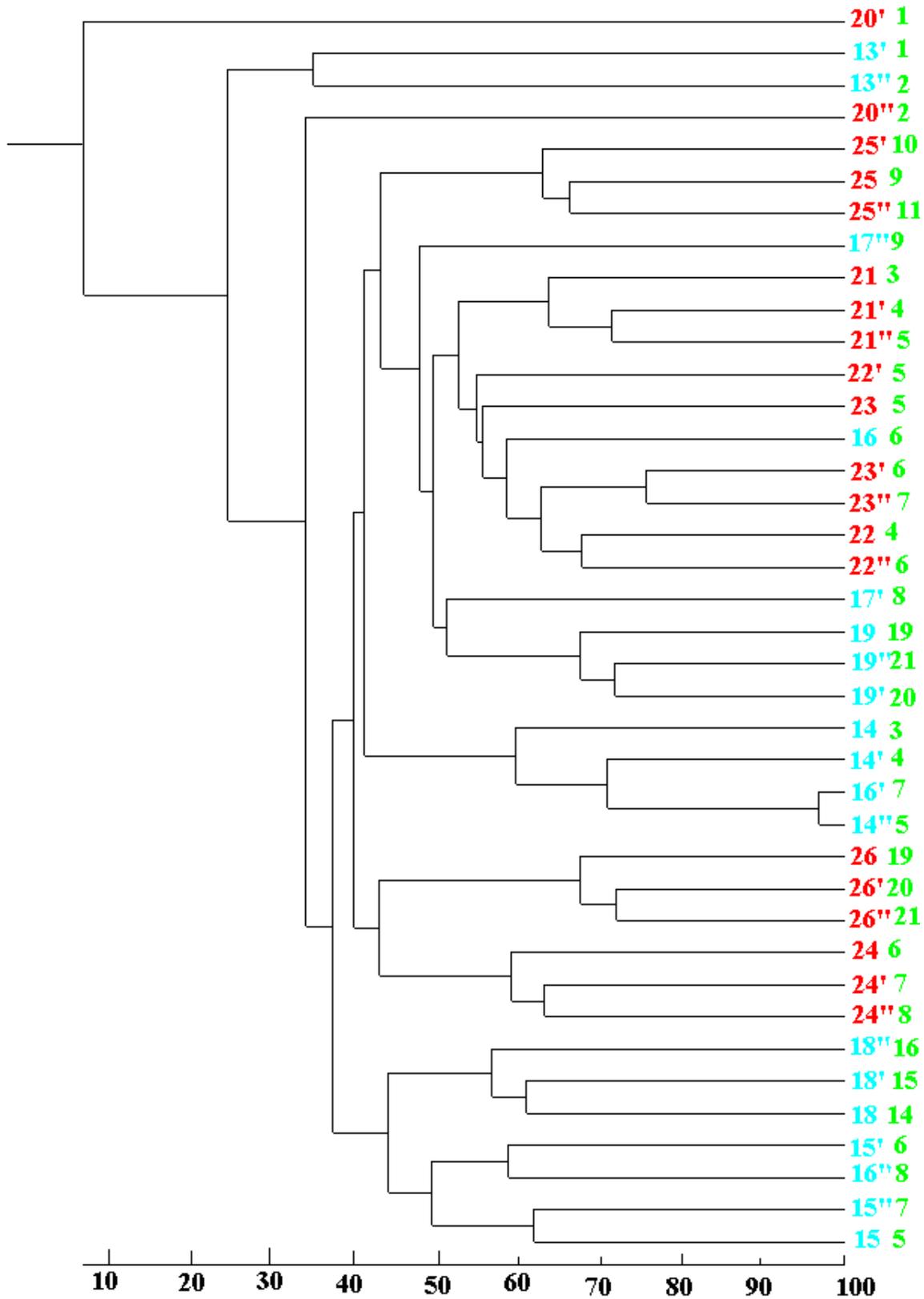


Figura 27. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras sobre un sustrato de ripado.

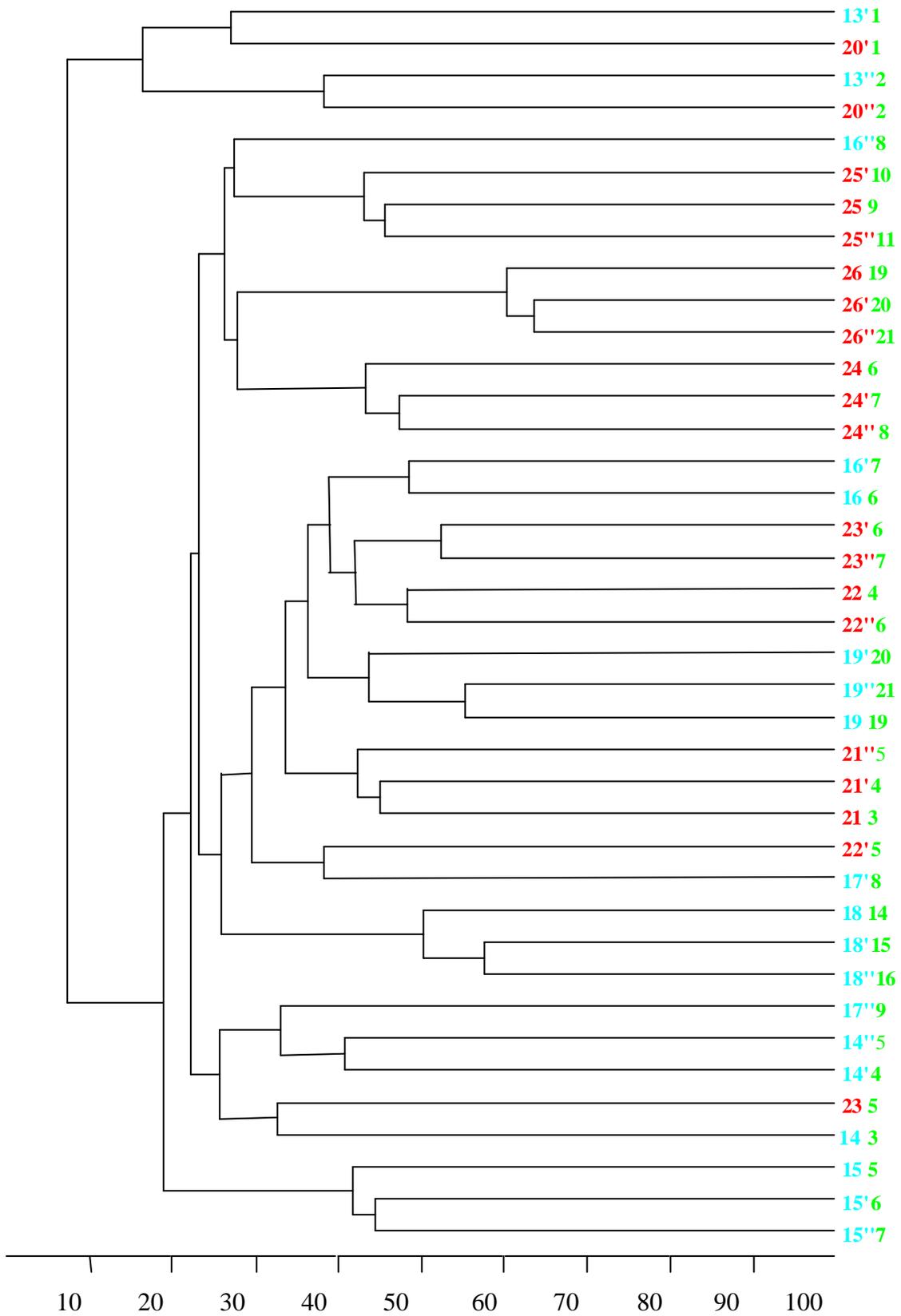
## B) Semicuantitativo.

En la figura 28 aparece representado el dendrograma semicuantitativo correspondiente al sustrato ripado. Si bien los niveles de similitud alcanzados son inferiores a los obtenidos con el índice cualitativo (Figura 27), también se observa una separación entre las muestras de orientación sur (rojo) y las de orientación norte (azul aguamarina), algo más clara que en el análisis cualitativo, aunque sobre todo para las edades muy jóvenes. No obstante, parece que la influencia de la pendiente es muy fuerte, pues agrupa zonas jóvenes (de 3 a 7 años) de orientación sur y 17° de pendiente (puntos 21, 22 y 23), con zonas viejas (de 14 a 21 años) de orientación norte y 37° de pendiente (puntos 18 y 19).

Las muestras de 1 y 2 años de edad aparecen aisladas del resto y agrupadas a su vez por su edad, mientras que en el análisis de afinidad cualitativo existía mayor afinidad entre los dos primeros años en la orientación norte que en la sur. Esto indica una vez más que las diferencias cualitativas en la composición de especies no siempre se corresponden con grandes diferencias en los valores de importancia de las especies comunes.

El alto valor de afinidad cualitativa entre las muestras 16' y 14'', no se corresponde con un alto valor de afinidad cuantitativa, como parece lógico puesto que ambas muestras, aunque comparten orientación y sustrato, corresponden a estructuras muy alejadas físicamente dentro de Mina Fe, son de distinta edad (7 y 5 años respectivamente) y muestreadas en diferentes años. Esto puede sugerir posiblemente que la alta similitud cualitativa entre 16' y 14'' se debe más bien al azar.

Además, ahora se cumple de manera más clara la existencia de mayor afinidad entre muestras del mismo punto que entre muestras de puntos distintos. En general, sigue sucediendo que la afinidad aumenta a medida que avanza la sucesión.



**Figura28.** Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras sobre ripado.

Para profundizar con más rigor en las razones de estas variaciones, se presentan a continuación los dendrogramas correspondientes a cada una de las orientaciones dentro del sustrato ripado.

### 3.3.1.- ORIENTACIÓN NORTE.

#### A) Cualitativo.

Para la serie C (Figura 29) las diferentes uniones permiten establecer una secuencia que sigue bastante bien la antigüedad de las muestras. Hay que tener en cuenta que en esta serie todas las muestras son de 37°, excepto las del punto 15, que son de 17°, pero que están bien situadas dentro de la serie, puesto que tienen la misma edad que las muestras de su derecha (aunque estas sean de 37°), y están próximas a muestras de más edad (a su izquierda) porque al presentar menor pendiente la sucesión es más rápida.

A un nivel próximo al 40% se encuentran separados dos grupos, de los que el menos numeroso está formado por las muestras de 1 y 2 años, lo que implica que existen amplias variaciones entre los dos primeros años tras la sucesión y el resto.

Aproximadamente a un nivel cercano al 45%, el segundo grupo está escindido en otros dos. De ellos el menos numeroso está formado por las muestras de 3 a 5 años, lo que implica que aunque su afinidad es baja respecto a los dos primeros años de la sucesión, también lo es respecto a edades más avanzadas. Dentro de este grupo de 3 a 5 años de edad merece especial atención la alta afinidad, próxima al 100%, entre las muestras 14'' y 16', que corresponden a puntos de muestreo distintos, ubicados en escombreras distintas muy alejadas físicamente dentro de Mina Fe. Posiblemente, este resultado se deba al azar, o a alguna peculiaridad del punto 16 que se ha pasado por alto, pues la afinidad entre sus muestras es baja, y no aparecen juntas como suele ser habitual entre la mayoría de las muestras que pertenecen al mismo punto de muestreo.

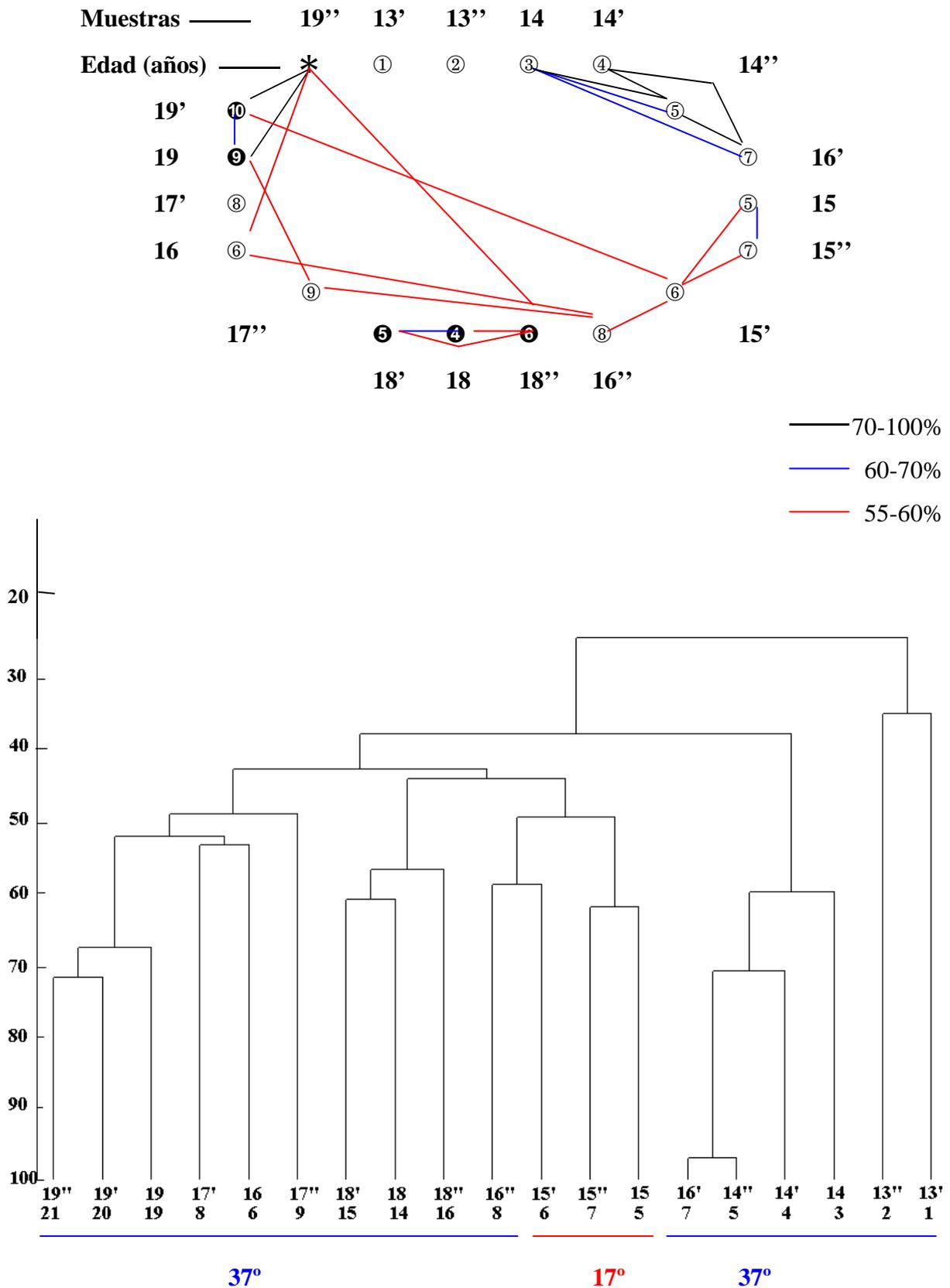


Figura 29. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie C (Ripado Norte).

El grupo más numeroso de los dos diferenciados a un nivel del 45%, está escindido, a un nivel próximo al 60%, en otros cuatro. El primero constituido por muestras de 5 a 8 años, en el que cabe destacar la similitud entre las muestras 15' (6 años) y 16'' (8 años), a pesar de que pertenecen a puntos de muestreo distintos localizados en escombreras distintas y separadas físicamente en Mina Fe. El segundo grupo tiene una edad de 14 a 16 años. El tercero de 6 a 9, con la peculiaridad de que aparece representado por muestras de distintos puntos de muestreo (16 y 17), que sí que pertenecen a la misma escombrera (Fe-3-1) aunque a tongadas distintas. El cuarto grupo está formado por la muestras 19-19'-19'' de 19 a 21 años.

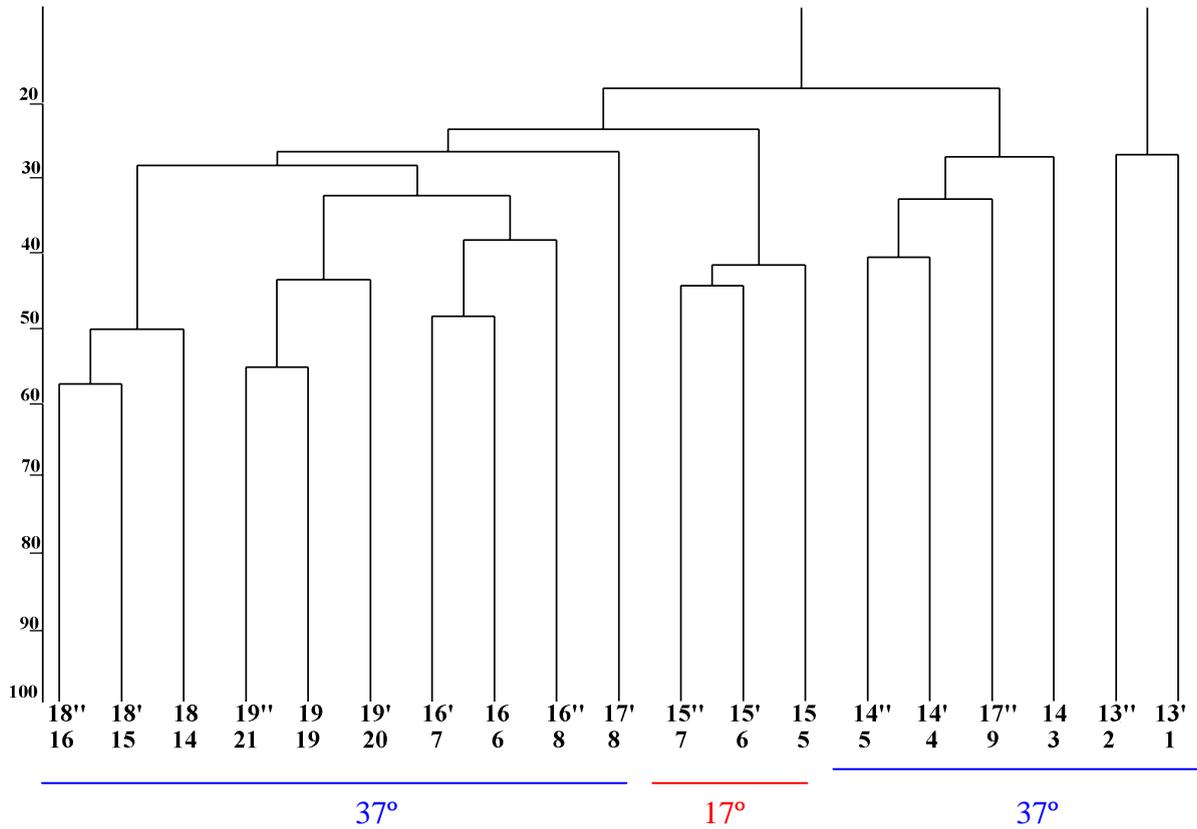
En definitiva, la antigüedad de las parcelas determina un orden bastante patente, salvo para las muestras 17''-16-17' que rompen la continuidad y cuya proximidad respecto a las muestras de mayor edad (19-19'-19'') puede ser debida a que tengan alguna ventaja respecto a otras muestras de edad similar. Posiblemente el riego que acompaña a las plantaciones de pinos (aunque éstos por sí mismos no afecten a la comunidad herbácea) pueda ser la causa.

En la serie C se rompe un poco con la tendencia mantenida hasta ahora, según la cual las afinidades más altas se dan entre muestras del mismo punto. Aunque, en conjunto, parece haber una tendencia a que la afinidad aumente al aumentar la edad tras el abandono, en este caso las afinidades encontradas entre algunas de las muestras más jóvenes son similares a las de las más viejas, como se pone de manifiesto en la matriz original de similitudes.

## **B) Semicuantitativo.**

El dendrograma correspondiente al análisis de afinidad semicuantitativo para la serie C (Figura 30) no presenta grandes diferencias respecto al cualitativo (Figura 29). Existe una buena secuencia de las muestras, incluso algo mejor que en el caso del análisis de afinidad cualitativo, rompiendo la secuencia únicamente las muestras de mayor edad (de 19 a 21 años), que aparecen adelantadas respecto a las de 14 a 16 años. No obstante, las muestras del punto 19 siguen presentando mayor afinidad con las de los puntos 16 y 17, que con las del punto 18, como ocurría

en el análisis cualitativo. Esto hace suponer, una vez más, que los puntos 16 y 17 tienen alguna ventaja (posiblemente el riego) que les acerca a la composición específica de las edades más avanzadas de las series. Las muestras de 1 y 2 años de edad aparecen aisladas del resto y, en general, la afinidad es mayor entre muestras del mismo punto que entre muestras de puntos distintos, y aumenta a medida que avanza la sucesión.



**Figura 30.** Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie C (Ripado Norte).

### **3.3.2.- ORIENTACIÓN SUR.**

#### **A) Cualitativo.**

También en la serie D (Figura 31) los resultados posibilitan ordenar la mayoría de las muestras por sus años de abandono, excepción hecha de las muestras que integran el punto 24 que se mantienen al margen de la secuencia, y más próximas a las edades más avanzadas de la serie, posiblemente porque asociado a las plantaciones de pinos (que no influyen sobre las herbáceas al ser de pequeño tamaño y baja densidad) se realizaron riegos, que aceleran el proceso de sucesión y pueden ser la causa de que su composición florística se parezcan más a la de edades más avanzadas de la serie.

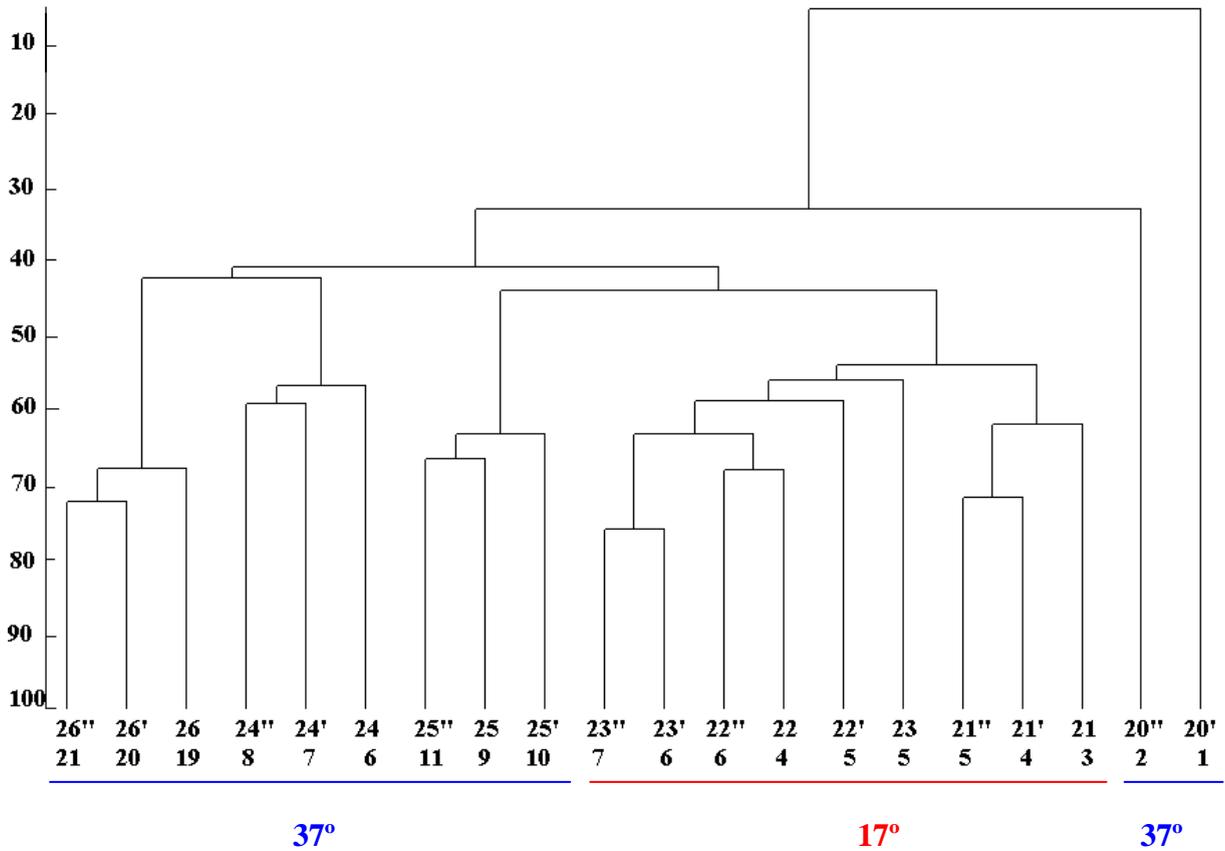
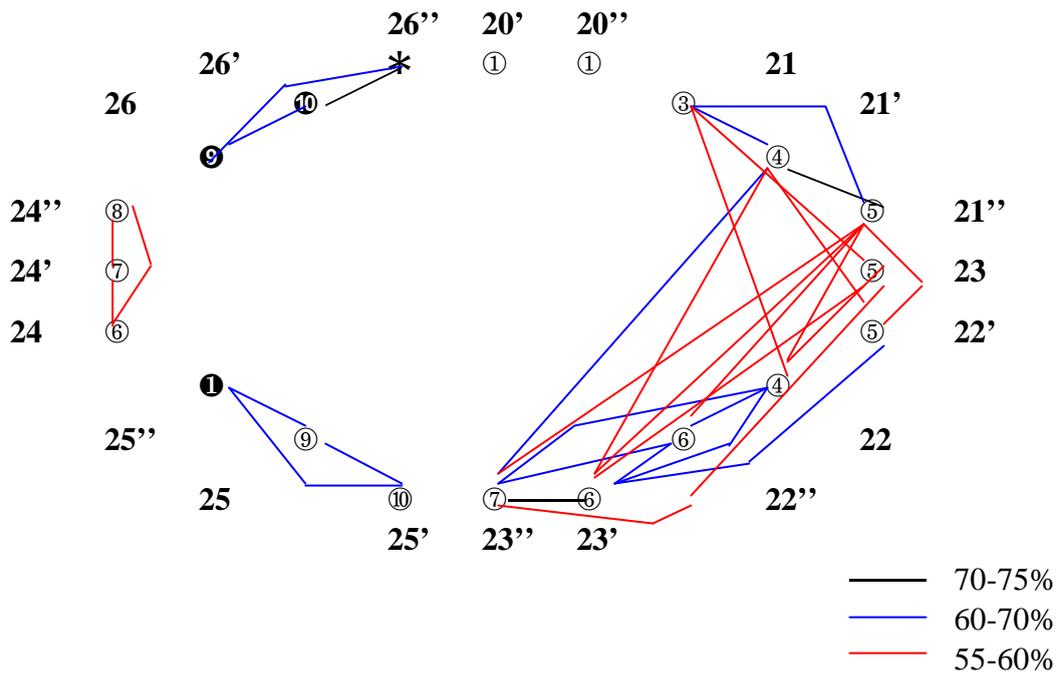


Figura 31. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie D (Ripado Sur).

A un nivel de afinidad bajísimo, inferior al 10%, se encuentra aislada la muestra 20' de 1 año de edad, seguida de la muestra 20'', también aislada, pero a un nivel cercano al 30%. Esto indica la gran variación que existe entre esos dos primeros años de la sucesión y, entre ellos y el resto de las edades. Las posibles razones de esta baja afinidad entre 20' y 20'' han sido explicadas en el apartado 3.3.

A un nivel ligeramente superior al 60%, haciendo la salvedad de las muestras correspondientes al punto 24, se distinguen cuatro grupos que aparecen ordenados de menor a mayor edad. El primero correspondiente a las muestras de 3 a 5 años, el segundo a las de 5 a 7 años, el tercero de 9 a 11 años y el cuarto de 19 a 21 años. La posición de las muestras del punto 25 en la secuencia se puede entender si consideramos que su pendiente es de 37°. Por eso se necesita más tiempo, para alcanzar una composición florística determinada; en zonas de menor pendiente (punto 23; 17°) se consigue antes en el tiempo (6-8 años). Parece lógico, por tanto, que las muestras de punto 25 aparezcan en la serie, más próximas al punto 23 que al 26.

De acuerdo con esto, parece que la pendiente vuelve a ser un factor de variación más importante que la edad. De hecho, en esta serie, en función de la pendiente, y a excepción hecha de las muestras correspondientes a los dos primeros años tras la sucesión, el resto de las muestras aparecen agrupadas en dos bloques. El primero de 17° de pendiente, formado por los puntos 21, 22 y 23, y el segundo de 37° formado por los puntos 24, 25 y 26.

Aunque los mayores valores de afinidad se dan entre muestras provenientes de un mismo asentamiento, también se dan valores cercanos entre muestras pertenecientes a puntos distintos, como es el caso de las muestras de los puntos 21, 22 y 23; los tres presentan edades próximas, 17° de pendiente, igual sustrato y orientación, factores todos ellos que influyen en la mayor proximidad de sus composiciones específicas. En la serie D no se ve claramente una tendencia general a que la afinidad aumente al aumentar el tiempo transcurrido en el proceso sucesional. Si observamos la matriz original de similitudes, únicamente ocurre esto para las muestras de 17° de pendiente. En el caso de las de 37° la afinidad entre puntos distintos es muy baja.

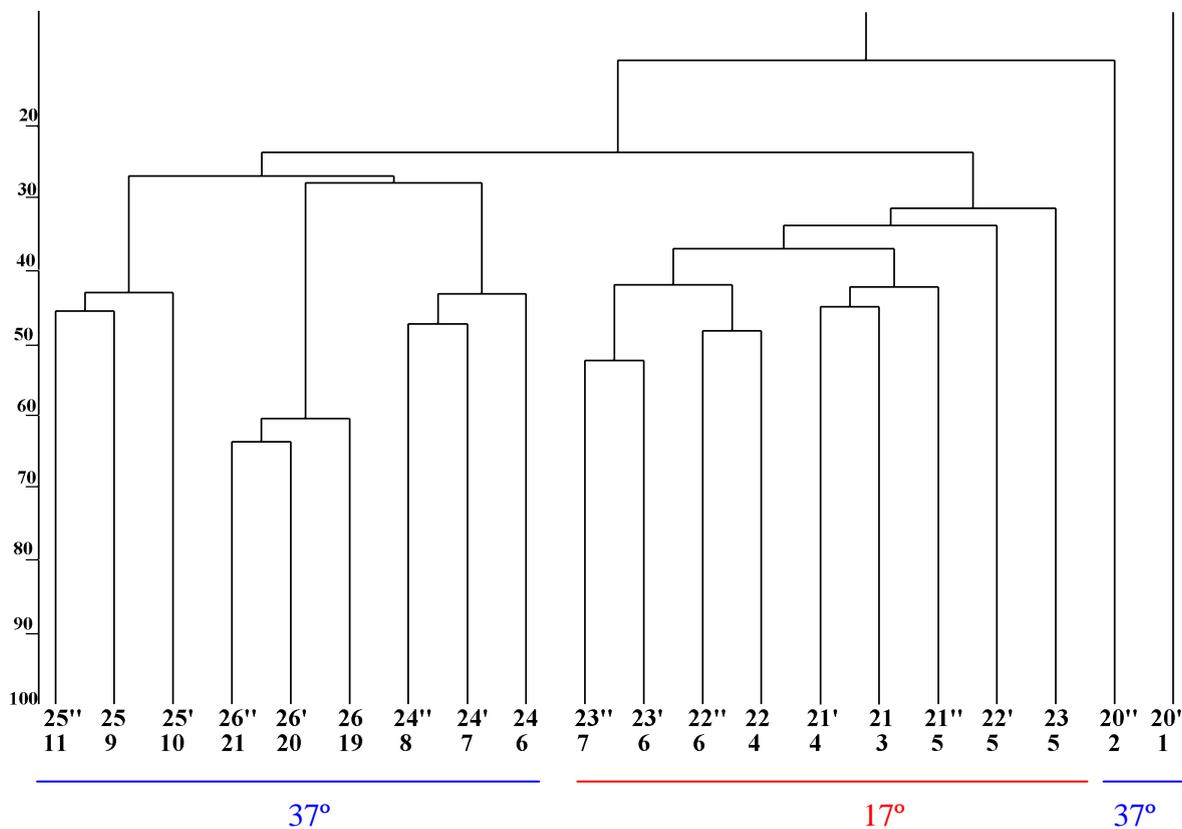
## **B) Semicuantitativo.**

El dendrograma correspondiente al análisis de afinidad semicuantitativo para la serie D (Figura 32) no presenta grandes diferencias respecto al cualitativo (Figura 31). Existe una buena secuencia de las muestras, incluso algo mejor que en el análisis de afinidad cualitativo, por lo menos hasta los 8 años, aunque luego las muestras de 19 a 21 años se adelantan en la secuencia a las de 9 a 11 años.

El hecho de que el punto 25 (de 9 a 11 años) ocupe la última posición en la serie, posiblemente se deba a la presencia de escoba blanca, con una cobertura en torno al 50%, mientras que en el punto 26 (de 19 a 21 años), aunque también hay escoba, el porcentaje de cobertura es considerablemente menor (en torno al 15%). La mayor presencia de esta leñosa en el punto 25 determina las especies presentes y sobre todo sus valores de importancia, por lo que es posible que le confiera características más propias de estadios más avanzados de la sucesión, en los que las leñosas se van haciendo dominantes.

En cuanto al punto 24, en este caso, aparece mejor situado en la serie, aunque dentro del grupo de edad más avanzada, lo que sugiere, una vez más, que presenta alguna ventaja (posiblemente riego) que lo aproxima, sobre todo desde el punto de vista cualitativo, a las edades más avanzadas de la serie.

Las muestras de 1 y 2 años aparecen aisladas del resto y aisladas entre sí, igual que en el análisis de afinidad cualitativo. En general, la afinidad es mayor entre muestras del mismo punto que entre muestras de puntos distintos, y la afinidad es mayor en las edades más avanzadas de la sucesión que en las iniciales.



**Figura 32.** Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie D (Ripado Sur).

### 3.4.- ANÁLISIS DE AFINIDAD CORRESPONDIENTE AL SUSTRATO ESTÉRIL.

#### A) Cualitativo.

En la figura 33 se presenta el dendrograma cualitativo correspondiente al sustrato estéril. Lo primero que se observa es que las muestras de orientación norte (azul aguamarina) se localizan en la parte superior del dendrograma, y las de orientación sur (rojo), a excepción de 31'' y 34'', en la parte inferior. No obstante, no constituyen dos grupos claramente separados.

Hacia una afinidad ligeramente superior al 25% aparece, aislado del resto, el grupo formado por dos muestras jóvenes 27 (1 año, norte) y 31'' (3 años sur), que pertenecen, respectivamente, a la Escombrera Interior y a Corta Fe, dos zonas muy próximas dentro de Mina Fe, con 37° de pendiente y estéril de gran tamaño. Es decir, se trata de las condiciones más extremas. Es extraño, sin embargo, que no se agrupe con ellas la muestra 31' de 2 años y orientación sur.

A un nivel próximo al 30% se incorporan las muestras 29-29'-29'' de 14 a 16 años y orientación norte, sobre estéril de gran tamaño y fuerte pendiente. Posteriormente, a un nivel ligeramente superior al 35% se incorporan las muestras de orientación sur y de 19 a 21 años por un lado (punto 35), y de 13 y 14 años por otro (punto 34). Estos dos últimos grupos están formados por muestras de estéril disgregado sobre fuerte pendiente (37°).

En el grupo restante, a un nivel próximo al 40%, las muestras de orientación sur y edad temprana (punto 32), de 3 a 5 años, aparecen alejadas de las de orientación norte y edad temprana (punto 28). La muestra 31' aparece próxima a la 32 posiblemente por proximidad de edad. Por último, a un nivel de afinidad en torno al 55%, aparecen dos grupos formados, respectivamente, por las muestras 33-33'-33'' (9 a 11 años), orientación sur, 37° de pendiente y estéril de gran tamaño, y por las muestras 30-30'-30'' (de 19 a 21 años), orientación norte, 37° de pendiente y estéril disgregado. La muestra 34'' aparece aislada a un nivel ligeramente superior al 45%.

Se observa, en general, que los valores de afinidad entre muestras del mismo punto siguen siendo mayores que entre muestras de puntos distintos, aunque las diferencias son menos patentes que sobre otros sustratos como arcosas o ripado, porque los índices de afinidad presentan valores, en general, más bajos sobre estéril. Incluso se da algún caso como el de las muestras 29, 29' y 29'', entre las que existe una afinidad más bien baja, sobre todo si consideramos que corresponden a edades intermedias en nuestra serie sucesional.

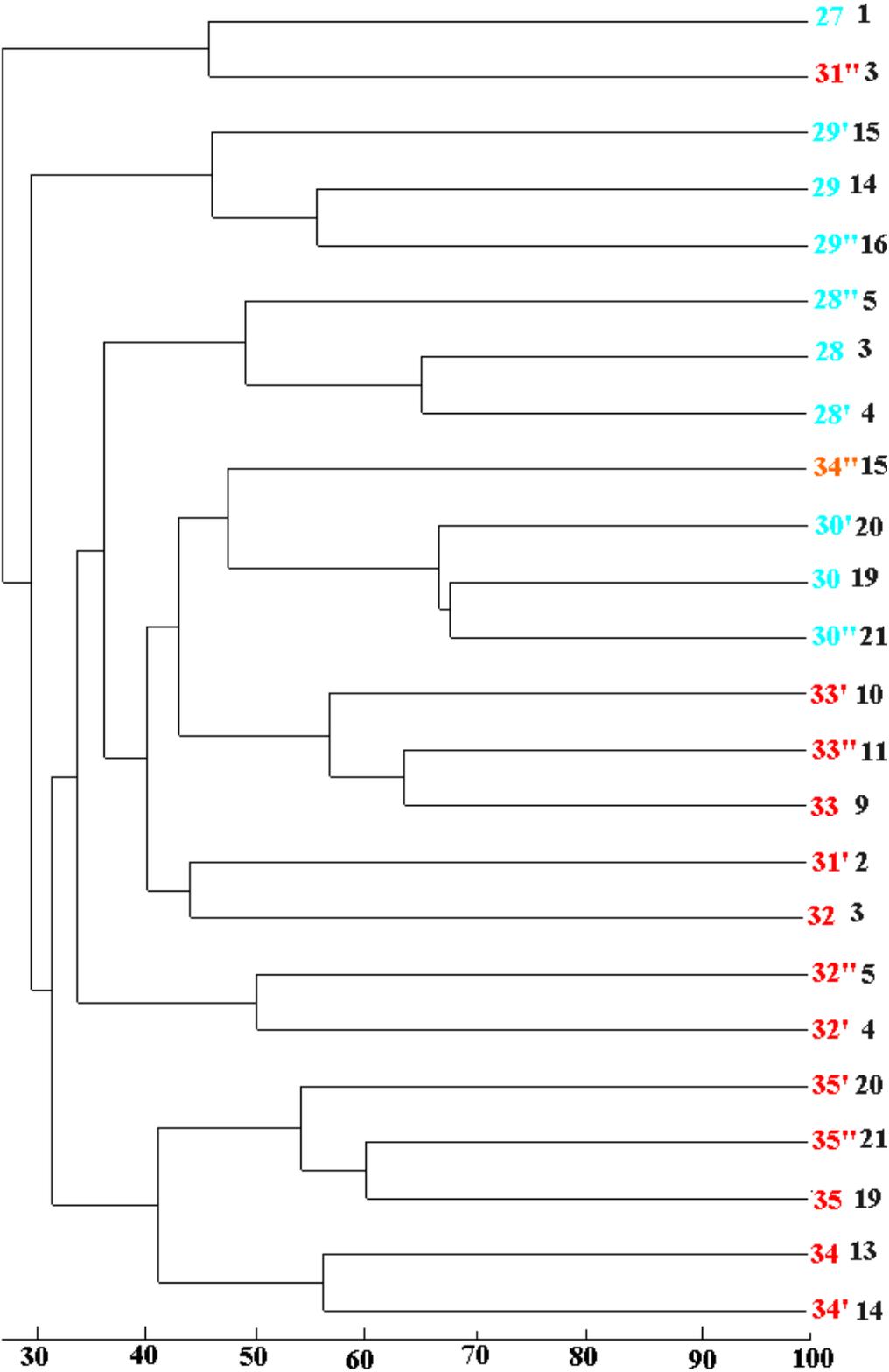


Figura 33. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras sobre estéril.

Otra peculiaridad que se observa sobre el material estéril es que no hay una tendencia a que la afinidad entre muestras aumente a medida que aumenta su edad. Se dan afinidades altas entre las muestras de más edad y orientación norte (30, 30' y 30''), entre las que existe un nivel de similitud cercano al 70%, pero se dan valores más bajos de similitud, en torno al 55%, entre las muestras de más edad y orientación sur (35, 35' y 35''). No obstante, no sólo se debe tener en cuenta la edad en el proceso sucesional, también la orientación es importante y, en general, en nuestro caso, la sucesión es más lenta en la orientación sur que en la norte.

## **B) Semicuantitativo.**

En la figura 34 se representa el dendrograma semicuantitativo correspondiente al sustrato estéril. Si bien los niveles de similitud cuantitativa alcanzados son inferiores a los obtenidos con el índice cualitativo (Figura 33), las diferencias no son tan marcadas como en el caso de los dos sustratos anteriores. No obstante, ahora la separación entre las muestras de orientación norte (azul aguamarina) y sur (rojo) está más clara que en el dendrograma cualitativo, aunque dentro de grandes grupos de edad. Por eso, lo primero que se aprecia es una agrupación en dos grandes bloques de edad. Por un lado las muestras de 1 a 11 años y, por otro, las de 13 a 21 años, existiendo en ambos grupos muestras de las dos orientaciones. No obstante, si se observa con más detalle esta ordenación, se ve que el grupo de 1 a 11 años de edad corresponde a estéril grueso, mientras que el grupo de 13 a 21 años corresponde a estéril disgregado. Esto sugiere que las diferencias en la composición de especies entre las zonas “jóvenes” (de 1 a 11 años) y “viejas” (de 13 a 21 años), es decir, debidas simplemente a la edad, se ven acentuadas por el distinto tamaño inicial del material estéril vertido. El estéril tiende a disgregarse de forma natural con el paso del tiempo, pero si de entrada se parte de un tamaño menor del mismo, el proceso de sucesión irá a un ritmo más rápido, marcando de forma más clara las diferencias en la composición florística entre estéril disgregado viejo y estéril grueso joven; diferencias que son más bien de tipo cuantitativo, puesto que en el dendrograma cualitativo no se apreciaba esta separación tan claramente. Las diferencias cuantitativas surgen más bien con la edad y, sobre todo, se hacen patentes cuando hay diferencias importantes, como es el caso, en el grado de disgregación del material estéril;

correspondiendo las muestras más jóvenes a las zonas sobre estéril grueso y las de mayor edad a las de estéril disgregado.

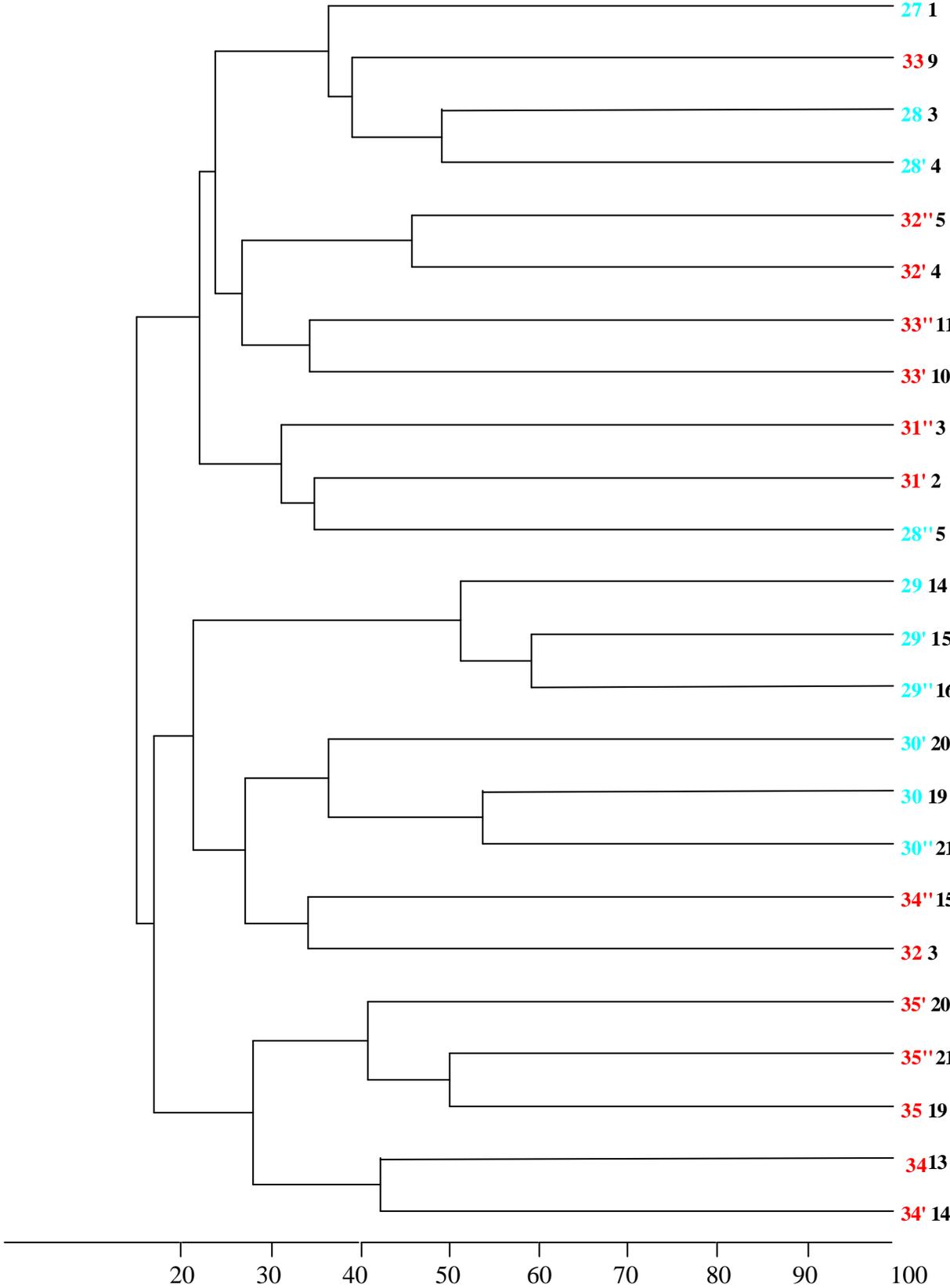


Figura 34. Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras sobre estéril.

Por otro lado, el hecho de que la separación entre zonas de distinta orientación sólo tenga lugar dentro de cada uno de los dos grandes bloques de edad establecidos, sugiere que existe mayor afinidad norte-sur para cada grupo de edad, desde el punto de vista cuantitativo que cualitativo. Es decir, sobre estéril, las diferencias con la orientación son más bien de tipo cualitativo, mientras que con la edad son más bien de tipo cuantitativo.

El nivel de similitud sigue siendo mayor entre muestras del mismo punto que entre muestras de puntos distintos, y se observa, a diferencia de lo que ocurría en el análisis de afinidad cualitativo, una tendencia más clara a que la afinidad aumente a medida que avanza la sucesión.

### **3.4.1.- ORIENTACIÓN NORTE.**

#### **A) Cualitativo.**

En la serie E (Figura 35), hacia un nivel de similitud ligeramente superior al 30%, se encuentran dos grupos constituidos por las muestras jóvenes (de 1 a 5 años) el primero, y por las muestras más viejas (de 14 a 21 años) el segundo, lo que indica que existen amplias variaciones entre las edades iniciales y las restantes. Todas las muestras del primer grupo se localizan sobre estéril de gran tamaño y fuerte pendiente ( $37^\circ$ ), siendo mayor la similitud (60%) entre las que pertenecen al mismo punto de muestreo (28, 28' y 28''), que entre puntos de muestreo distintos (27 y 28-28'-28''), entre los que el nivel de similitud está próximo al 35%. Sin embargo, las muestras del segundo grupo, aunque se localizan en zonas de fuerte pendiente ( $37^\circ$ ), presentan un material estéril bastante más disgregado; por lo que también esta característica puede estar condicionando las variaciones entre estos dos grupos iniciales, y su separación no sólo será debida a su diferencia considerable de edad.

Aproximadamente sobre el 55%, el segundo grupo está escindido en otros dos, ordenados siguiendo la secuencia temporal. El primero está formado por las muestras 29, 29' y 29'', de 14 a 16 años, y el segundo por las muestras 30, 30' y 30'' de 19 a 21 años.

Existe una tendencia a que la afinidad aumente al aumentar la edad de las muestras, pues entre las muestras jóvenes (de 1 a 5 años) se dan afinidades en torno al 35%, menores que entre las muestras de edad intermedia (de 14 a 16 años), en torno al 45%, y de edad avanzada (en torno al 70%). Se mantiene también que las muestras provenientes de un mismo asentamiento presentan las mayores afinidades, aunque éstas no superan en ningún caso el 70%. Por otro lado, en la matriz original de similitudes (parte superior de la figura 35) se pone de manifiesto la baja afinidad que existe entre puntos de muestreo distintos, posiblemente debido a las lagunas temporales que existen entre ellos, que, junto a las peculiaridades características del material estéril, hacen que los grupos de edad queden perfectamente diferenciados por sus composiciones específicas.

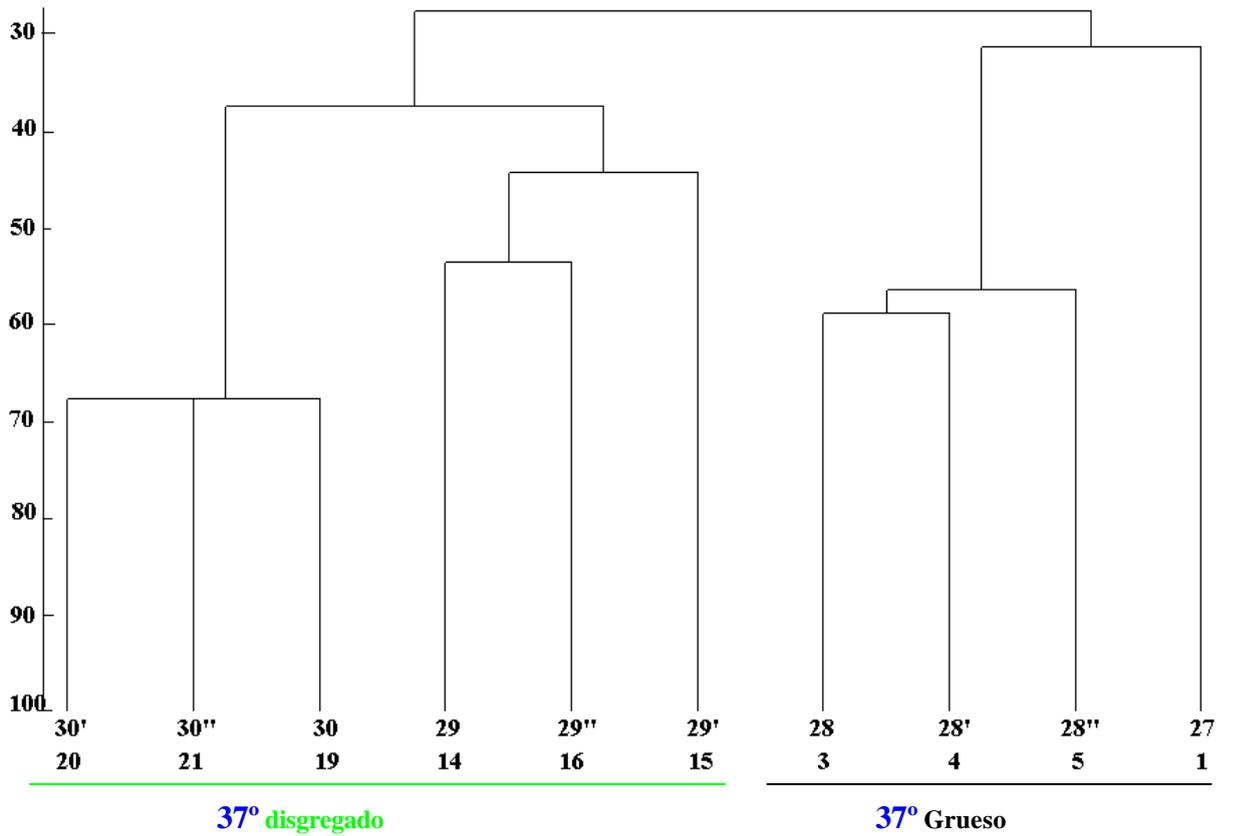
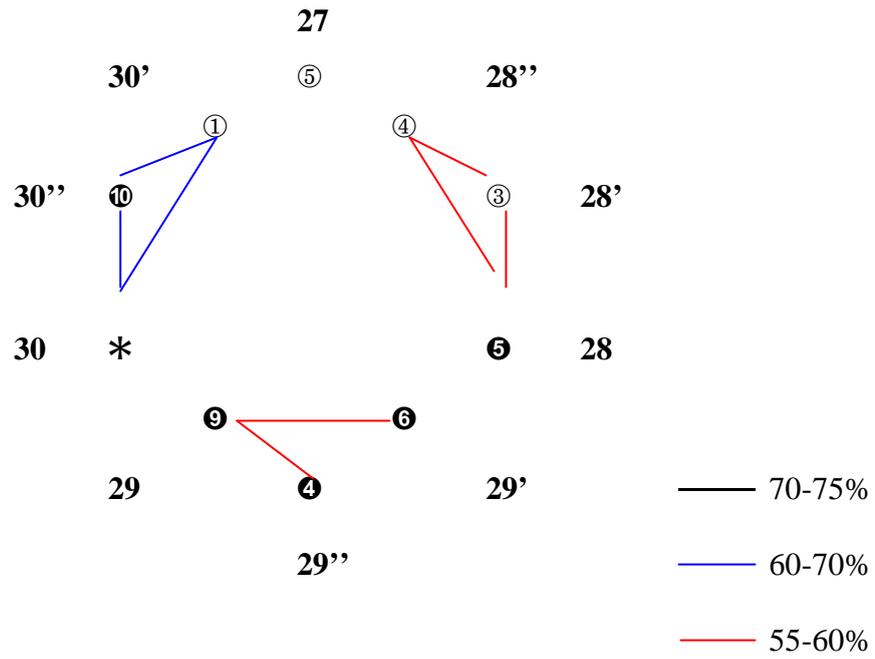
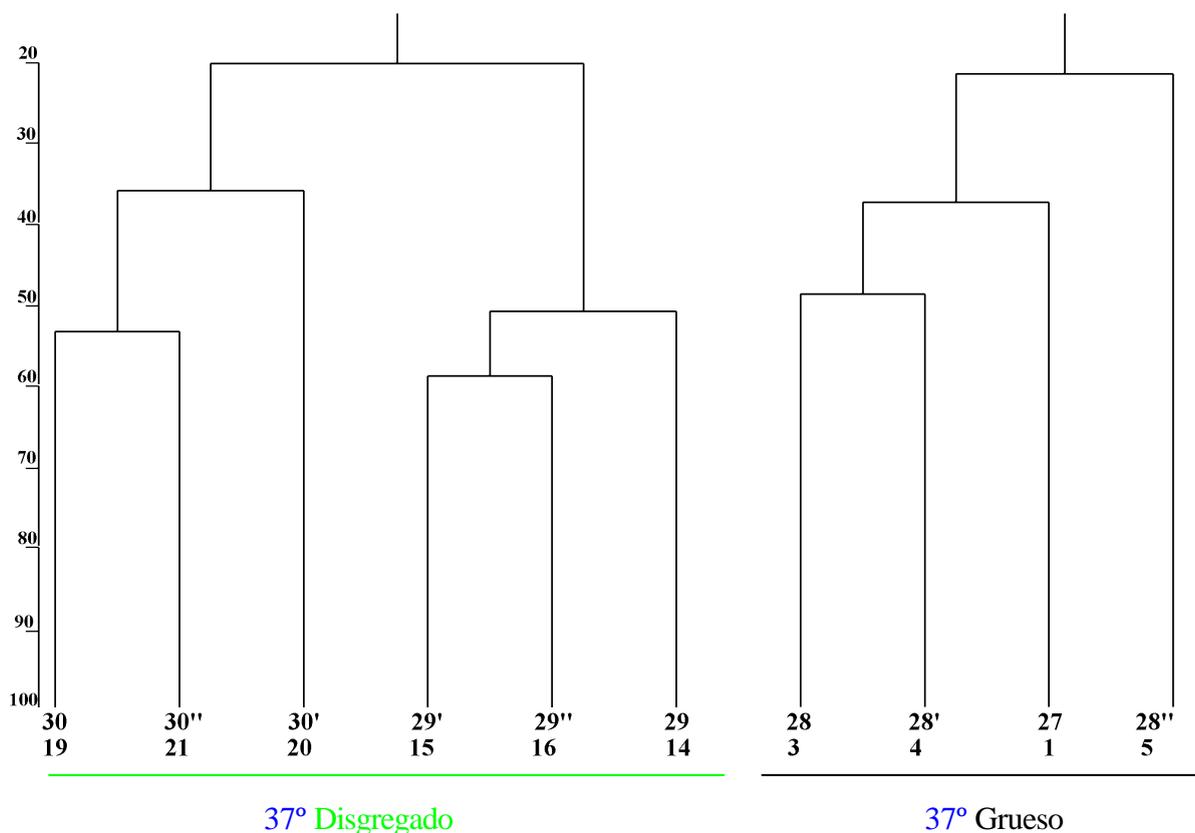


Figura 35. Similitud cualitativa entre las muestras de la Serie E (Estéril Norte).

**B) Semicuantitativo.**

El dendrograma correspondiente al análisis de afinidad semicuantitativo para la serie E (Figura 36) no presenta grandes diferencias respecto al cualitativo (Figura 35). Existe una separación clara entre las muestras de 1 a 5 años por un lado y de 14 a 21 por otro, coincidiendo con el distinto tamaño del material estéril, mayor en el primer grupo que en el segundo. En este caso la muestra de 1 año de edad no aparece aislada del resto de las muestras jóvenes, lo que indica que las diferencias entre ellas son fundamentalmente de tipo cualitativo. Aunque, en general, la afinidad sigue siendo mayor entre muestras del mismo punto que entre muestras de puntos distintos, no hay una tendencia clara a que el nivel de similitud aumente a medida que avanza la sucesión.



**Figura 36.** Similitud semicuantitativa entre las muestras de la Serie E (Estéril Norte).

### 3.4.2.- ORIENTACIÓN SUR.

#### A) Cualitativo.

En la figura 37 se presenta el dendrograma de la serie F. Al contrario que en los anteriores la unión a un nivel más bajo corresponde a las muestras más antiguas.

Dentro del grupo de las muestras más viejas, a un nivel próximo al 60%, se distinguen otros dos grupos, correspondientes a las muestras de 13 y 14 años por un lado y de 19, 20 y 21 por otro. Cada uno de estos grupos está constituido por muestras del mismo punto de muestreo, aunque la muestra 34'' aparece fuera de lugar y sin razón aparente.

Hacia una afinidad del 55%, y haciendo la salvedad de dos muestras aisladas (31'' y 34''), aparecen otros dos grupos que comprenden, respectivamente, las muestras de 2 y 3 años por un lado y de 4 a 11 por otro, pudiéndose ordenar según sus edades. Si tenemos en cuenta el valor de los índices de la matriz original de similitud, dentro del grupo de muestras de 4 a 11 años se produce una rotura entre los 5 y los 9 años, lo que indica que la afinidad entre ellos es baja, aunque sea algo mayor que la que pueda existir entre las muestras de menor edad. Esta ruptura parece lógica no sólo por las diferencias de edad sino también por las diferencias de pendiente.

Otra faceta a destacar se relaciona con las muestras pertenecientes al mismo punto de muestreo, apreciándose en las que no sobrepasan los cinco años desde el abandono (32-32'-32'' y 31'-31'') un descenso considerable de la afinidad respecto a las más antiguas (33-33'-33'', 34'-34 y 35-35'-35''). Entre las muestras de 9 a 11 años se da una afinidad similar a la de las edades más avanzadas.

La afinidad entre las muestras 32 y 31' se puede explicar sencillamente porque son las más jóvenes. Además, aunque pertenecen a dos puntos de muestreo distintos, localizados en escombreras distintas, están muy próximos físicamente dentro de Mina Fe; aún así el valor del índice de similitud entre estas dos muestras no supera el 45%.

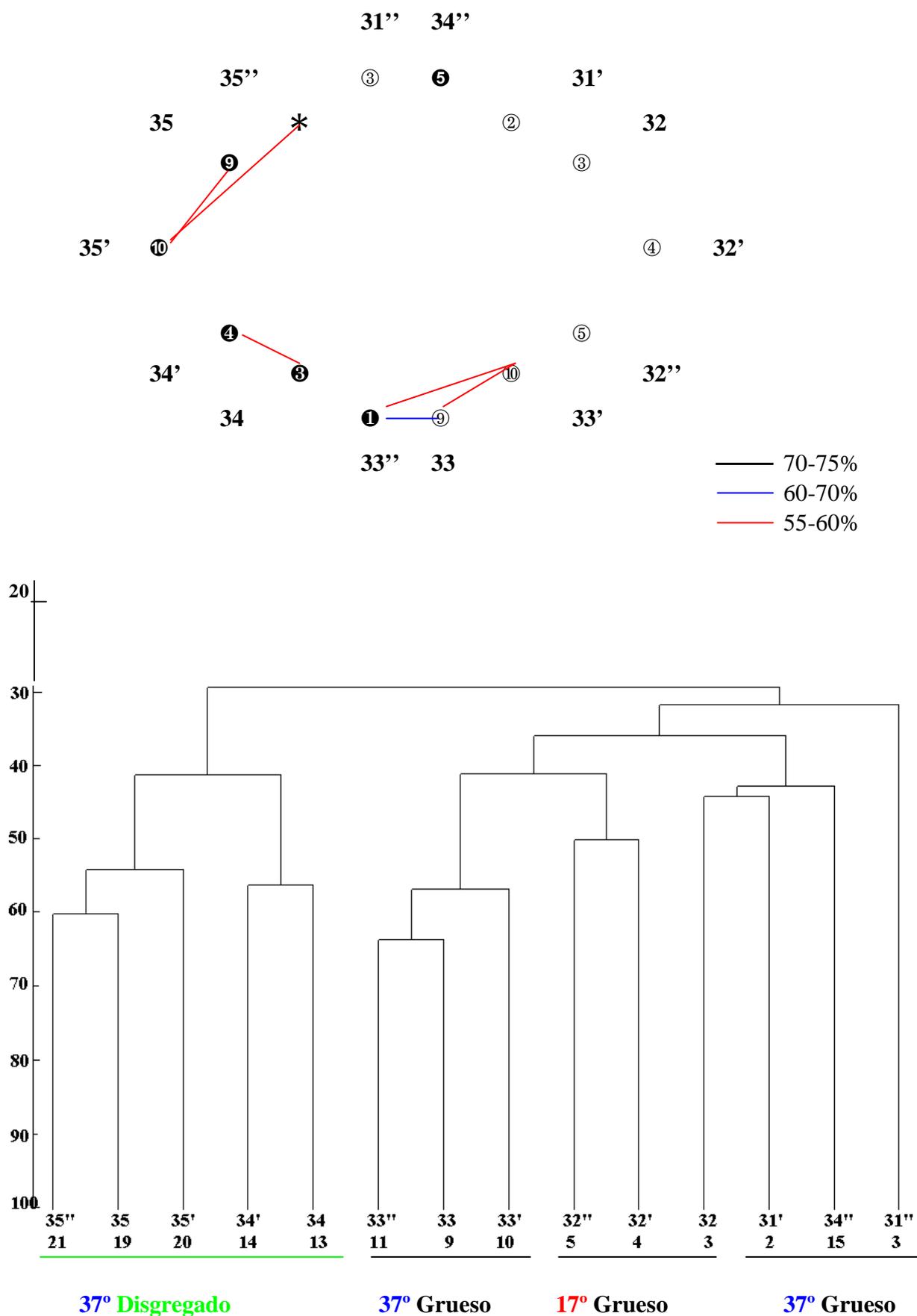
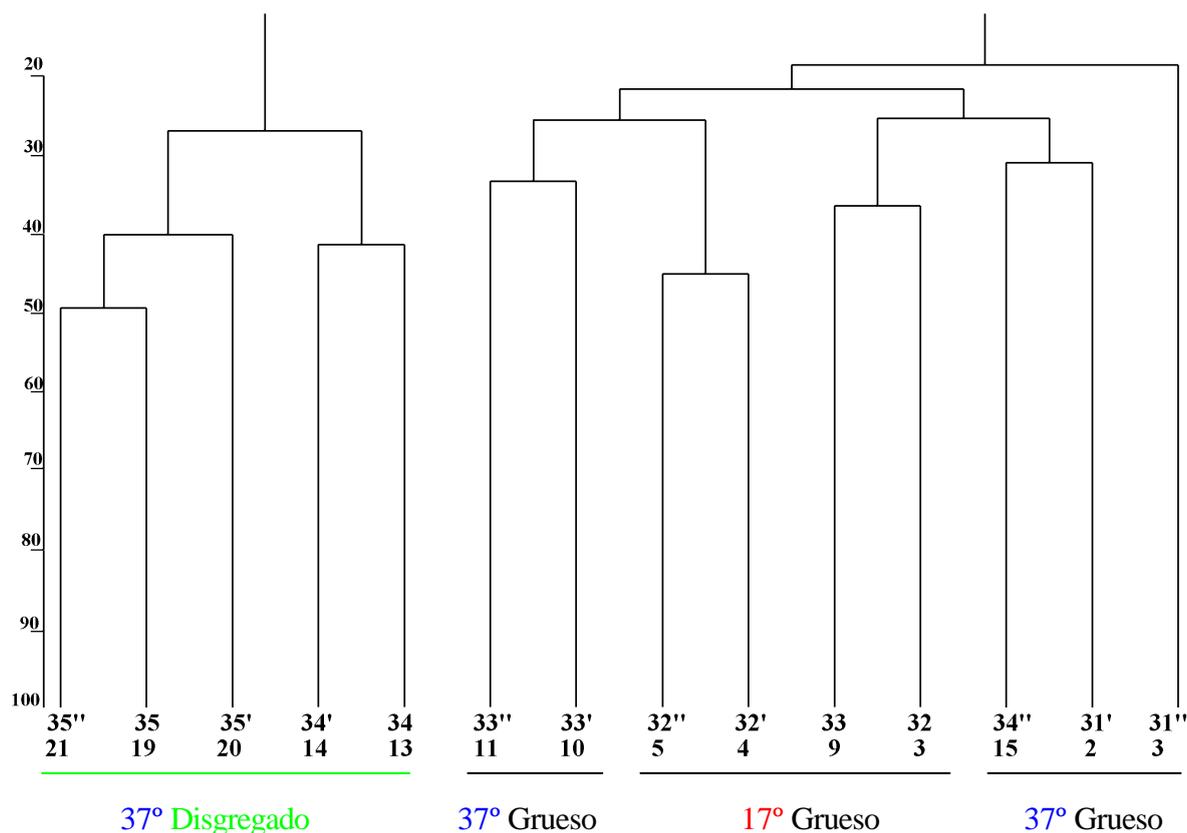


Figura 37. Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie F (Estéril Sur)

**B) Semicuantitativo.**

El dendrograma correspondiente al análisis de afinidad semicuantitativo para la serie F (Figura 38) no presenta grandes diferencias respecto al cualitativo (Figura 37). Existe una secuencia temporal de las muestras que sólo se ve interrumpida por la 34'', igual que sucedía en el análisis cualitativo, y por la 33.

Se distinguen también dos grandes grupos. El primero formado por las muestras de 13 a 21 años de edad sobre estéril disgregado, dentro del cual aparecen agrupadas, por un lado, las muestras del punto 35 (de 19 a 21 años de edad) y, por otro, las del punto 34 (de 13 y 14 años de edad). La muestra 34'', igual que sucedía en el dendrograma cualitativo, aparece más próxima a muestras jóvenes aunque no se encuentra explicación aparente.



**Figura 38.** Similitud semicuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de la Serie F (Estéril Sur).

El segundo grupo está formado por las muestras de 2 a 11 años de edad, en el que la muestra de 3 años se encuentra aislada del resto, igual que en el dendrograma cualitativo. Dentro de éste se distinguen, por un lado, las muestras de 2 y 3 años, donde se incluyen las muestras 33 y 34'' y, por otro, las muestras de 4 a 11 años, distribuidas a su vez en dos grupos que marcan la ruptura entre los 5 y 10 años, igual que sucedía en el dendrograma cualitativo.

Aunque las mayores afinidades se siguen dando entre muestras del mismo punto, también se alcanzan niveles de similitud similares entre muestras pertenecientes a puntos distintos (31'-34'' y 32-33), no obstante, no se encuentra explicación lógica dadas sus diferentes características. Parece que la afinidad entre las muestras aumenta a medida que avanza la sucesión, y aunque la tendencia no es muy marcada es algo más clara que en el caso del análisis de afinidad cualitativo.

### **3.5.- PATRONES DE SIMILITUD**

A continuación se recogen los valores de similitud (cualitativa y cuantitativa) que se dan entre zonas de orientación norte y sur, sobre arcosas (Figura 39), sobre ripado (Figura 40) y sobre estéril (Figura 41). En esas figuras se recogen, además, para cada sustrato y orientación, los valores de similitud entre el primer año de las series y los siguientes y también con la Escombrera de Tierra Vegetal (ETV) y la Dehesa de referencia (D), así como la similitud entre el último año de cada serie y D.

Puesto que para algunas edades, dentro de cada serie, se dispone de más de un dato se ha calculado el valor medio entre todos los disponibles. Además, las series no siempre tienen para todas las edades datos de las dos orientaciones, por lo que no se ha podido comparar, para algunos años, el nivel de similitud florística entre ambas orientaciones. En caso de haber varios datos para una orientación y uno para la otra, se ha tomado únicamente un dato de cada orientación, entre los que de las características fueran lo más homogéneas posibles.

Aunque en ETV y D se muestreó varios años, en este caso se han utilizado sólo los datos correspondientes al tercer año de muestreo (1996), bien en la orientación norte bien en la sur, dependiendo de las comparaciones a realizar.

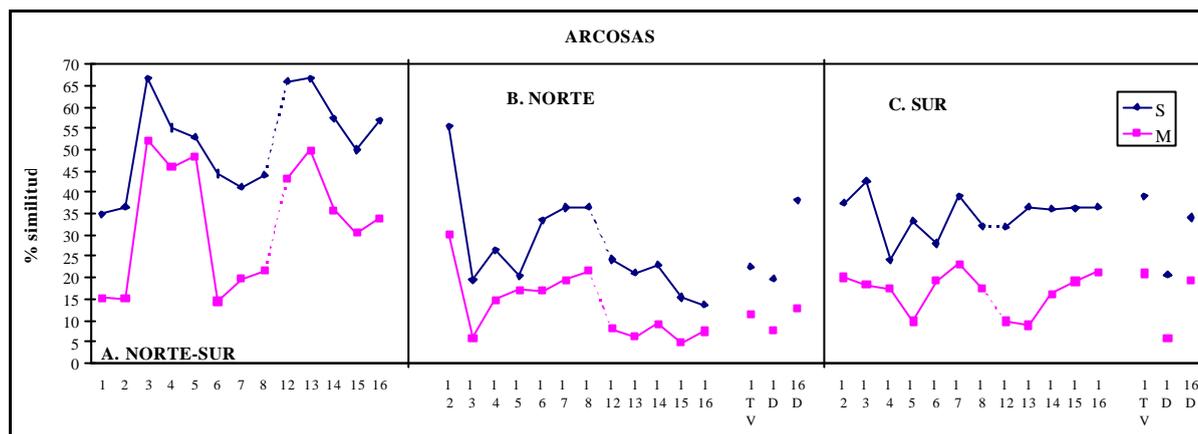
Muchas de las observaciones que permite hacer este tipo de representaciones ya se han puesto de manifiesto en los dendrogramas anteriores, pero ahora la percepción visual de algunos aspectos es mucho más fácil, así como la comparación entre sustratos y orientaciones.

**Sobre un sustrato de arcosas** (Figura 39A), la similitud florística cualitativa (S; en azul) entre zonas de orientación norte y sur es muy baja durante los dos primeros años (en torno al 35%), como ya se había puesto de manifiesto en el dendrograma correspondiente (Figura 21), y fluctúa mucho entre el segundo y tercer año, en el que se alcanza un porcentaje de similitud en torno al 65%, debido en parte a que se trata de muestras pertenecientes a puntos distintos. No obstante, la variación que existe entre el tercer y cuarto año también es importante y ambos pertenecen al mismo punto de muestreo. Entre el resto de las edades, las variaciones son menos marcadas, siendo mayores cuando hay cambio de punto de muestreo, como sucede entre los 5 y 6 años y entre los 13 y 14 años.

A pesar de las fuertes variaciones que existen entre algunos años, parece existir una tendencia a que la afinidad entre ambas orientaciones aumente con el tiempo. Esta tendencia se mantiene si se analizan, por un lado, las edades correspondientes a zonas de 37° de pendiente (1, 2, 6, 7 y 8 años) y, por otro, las correspondientes a zonas de 17° de pendiente (3, 4, 5, 12, 13 y 14 años); las zonas de 14, 15 y 16 años (BRAC) son algo atípicas, puesto que el talud norte es de 17° y el sur de 37°. Sin embargo, los niveles de similitud alcanzados son muy diferentes. El incremento de afinidad entre ambas orientaciones es más paulatino y los valores de similitud alcanzados menores para las zonas de mayor pendiente y la BRAC que, a su vez, son aquellas en las que existe mayor distancia física entre ambas orientaciones. Las zonas de menor pendiente pertenecen a la BFC (de 3 a 5 años) y a la BII (de 12 a 14 años) que, como ya se ha dicho, son estructuras de pequeñas dimensiones en las que ambas orientaciones se encuentran muy próximas físicamente, por lo que los niveles de similitud alcanzados son bastante más altos, respecto a las zonas de mayor pendiente (mayor separación entre ambas orientaciones), y el incremento de afinidad norte-sur con los años aparece más marcado.

Estos resultados indican que, sobre un sustrato de arcosas, hay un incremento de la afinidad entre ambas orientaciones a medida que avanza la sucesión. Incremento que se ve acentuado cuando ambas orientaciones se encuentran físicamente más próximas, y no sólo porque se trate de

estructuras de menor pendiente, aunque ambas peculiaridades coincidan. Esta interpretación se corresponde con las agrupaciones de las muestras en el dendrograma cualitativo correspondiente (Figura 21).



**Figura 39.** Patrones de similitud florística sobre un sustrato de arcosas, en base al índice cualitativo de Sorensen (S) y al semicuantitativo de Motyka (M). **A.** Similitud entre zonas de orientación norte y sur para las edades comunes de las series. **B.** Similitud, en la orientación norte, entre el primer año de la serie y los demás, así como con ETV y la dehesa de referencia (D), y entre el último año de la serie y D. **C.** Como en B pero para la orientación sur.

La mayor similitud florística, entre el primer año de cada serie y los siguientes, se da entre el primero y el segundo, en la orientación norte (Figura 39B), y entre el primero y el tercero, en la orientación sur (Figura 39C). El mayor valor de similitud alcanzado en la orientación norte (en torno al 55%) es mayor que el más alto alcanzado en la orientación sur (en torno al 45%), y experimenta un fuerte descenso al año siguiente, en ambas orientaciones (entre el primero y el tercero en la norte, y entre el primero y el cuarto en la sur). Este resultado se corresponde con lo observado en los dendrogramas cualitativos correspondientes (Figuras 23 y 25). En la orientación norte (Figura 23), se observa el aislamiento que existe entre las muestras de 1 y 2 años (entre las que el nivel de similitud es del 55%) y el resto, y en la orientación sur (Figura 25), se observa la menor afinidad que se da entre las muestras de 1 y 2 años (en torno al 35%) y su menor aislamiento del resto.

La similitud entre el primer año y los siguientes va disminuyendo de forma más patente en la orientación norte que en la sur, por lo que entre los años 1 y 16, en la orientación norte el nivel de similitud es del 15%, mientras que en la sur es del 35%. Esto indica, que el proceso de sucesión es más lento en la orientación sur que en la norte. No obstante, en ambas orientaciones el nivel de similitud entre el primer año de la serie y los siguientes fluctúa bastante, sobre todo hasta los 8 años; luego las fluctuaciones son menos bruscas, especialmente en la orientación sur.

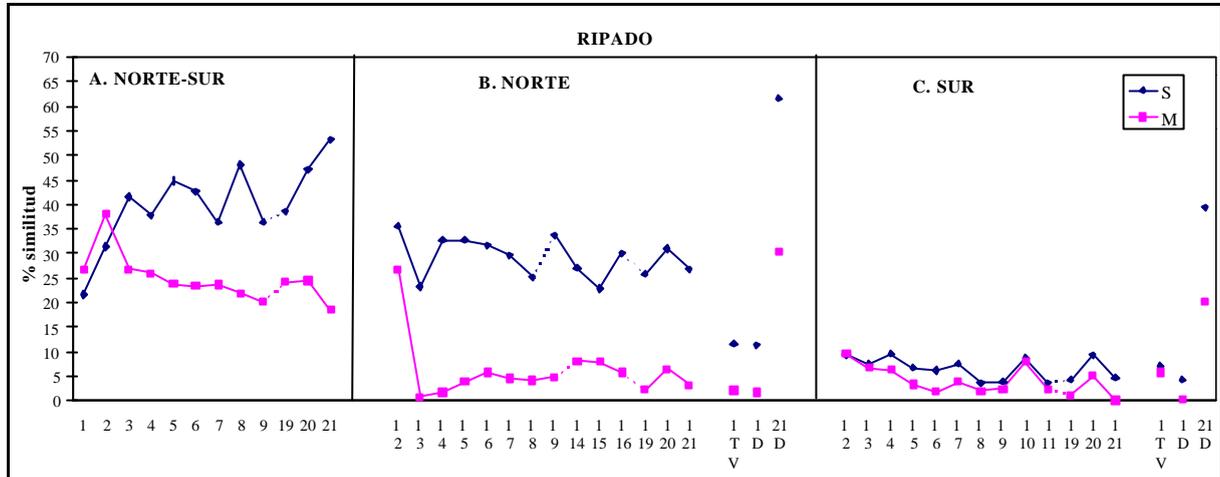
Es importante destacar que el nivel de similitud entre el primer año y la ETV (16 años de edad) está próximo, sobre todo en la orientación sur, al alcanzado entre ese primer año y el último de la serie (16 años de edad) pero, sin embargo, es mayor (sobre todo en la orientación sur) que el alcanzado entre el primer año y la dehesa de referencia. No obstante, en ambas orientaciones, el nivel de similitud entre el último año de la serie y la dehesa de referencia se ha incrementado considerablemente.

El patrón de similitud cuantitativo (M; en fucsia) es prácticamente similar al de similitud cualitativa, como muestra la figura 39A-C, y como cabría esperar, en vista de los resultados de los dendrogramas cuantitativos (Figuras 24 y 26). Los niveles de similitud son menores debido, probablemente, a los cambios en el porcentaje de cobertura de las especies más importantes. El incremento de la similitud entre la edad más avanzada de las series (16 años) y D no es más marcado que en el caso de la similitud cualitativa, lo que refleja la ausencia de dominancia que se da a los 16 años de edad y que se mantiene en la dehesa próxima.

**Sobre un sustrato de ripado** (Figura 40A), la similitud florística cualitativa (S; en azul) entre zonas de orientación norte y sur es muy baja el primer año (en torno al 20%) e inferior a la encontrada el primer año sobre arcosas (en torno al 35%). El segundo año el nivel de similitud es todavía bajo (en torno al 30%), pero dentro de una tendencia creciente, del nivel de similitud entre ambas orientaciones, a medida que avanza la sucesión. Esta tendencia presenta importantes fluctuaciones entre algunas edades coincidiendo, en la mayoría de los casos, con cambio en el punto de muestreo, como sucede entre los 2 y 3 años, entre los 7 y 8 ó entre los 8 y 9.

En resumen, y al igual que sucedía sobre arcosas, en el caso del ripado el nivel de similitud entre ambas orientaciones también aumenta a medida que avanza la sucesión, y en este caso los puntos de muestreo no han sido tomados en estructuras en las que ambas orientaciones estuvieran muy próximas físicamente. La baja afinidad, entre ambas orientaciones, los dos primeros años de la

serie, sobre todo del primero, ya se había puesto de manifiesto en el dendrograma correspondiente (Figura 27) y se explicaba, además de por la edad, por la importante distancia física que existe entre ambas orientaciones y por la adición de semillas únicamente en la orientación sur en la primavera de 1995.



**Figura 40.** Patrones de similitud florística sobre un sustrato de ripado, en base al índice cualitativo de Sorensen (S) y al semicuantitativo de Motyka (M). **A.** Similitud entre zonas de orientación norte y sur para las edades comunes de las series. **B.** Similitud, en la orientación norte, entre el primer año de la serie y los demás, así como con ETV y la dehesa de referencia (D), y entre el último año de la serie y D. **C.** Como en B pero para la orientación sur.

La mayor similitud florística entre el primer año de las series y los siguientes se da entre el primero y el segundo, en ambas orientaciones, aunque es considerablemente inferior en la orientación sur (en torno al 10%) que en la norte (en torno al 35%), debido a las mayores dimensiones del talud en la orientación sur y a su relativamente importante distancia física respecto a zonas con vegetación, que reducen las posibilidades de llegada y asentamiento de los propágulos. La similitud entre el primer año y los siguientes va disminuyendo, siendo el descenso más regular en la orientación sur que en la norte, por lo menos hasta los 9 años; después las fluctuaciones son más parecidas en ambas orientaciones.

En general, los niveles de similitud entre el primer año y los siguientes (no sólo entre el primero y el segundo) son considerablemente más bajos en la orientación sur que en la norte,

mientras que sobre arcosas eran mayores en la orientación sur que en la norte, a excepción de la similitud entre los dos primeros años. Posiblemente, esto ayude a entender, por qué entre el primer año y el último de la serie la similitud florística es del 25% en la orientación norte y del 5% en la sur, siendo en la orientación norte mayor a la encontrada entre el primer año de las series y ETV (16 años de edad), mientras que en la sur ambos valores están muy próximos. En ambas orientaciones, la similitud florística encontrada entre el primer año de las series y la ETV es similar a la encontrada entre el primer año de las series y D, y, también en ambas orientaciones, tiene lugar un importante incremento del nivel de similitud entre el último año de las series y la dehesa de referencia, siendo en la orientación norte el valor de similitud alcanzado superior al obtenido sobre arcosas, y en la orientación sur similar. No se debe olvidar, sin embargo, que la edad más avanzada disponible de las series de arcosas son 16 años y de las de ripado 21, por lo que es de esperar que a medida que avance la edad, sobre arcosas se alcancen todavía mayores niveles de similitud florística respecto a D.

En el caso del ripado, el nivel de similitud florística entre la edad más avanzada de las series y D es también mayor en la orientación norte que en la sur, como sucedía sobre arcosas, aunque de forma más marcada sobre ripado. Esto indica, por un lado, que en ambos sustratos la sucesión sigue un ritmo más lento en la orientación sur que en la norte y, por otro lado, que las diferencias de ritmo entre ambas orientaciones son más marcadas sobre ripado que sobre arcosas, al ser el primero un sustrato menos favorable.

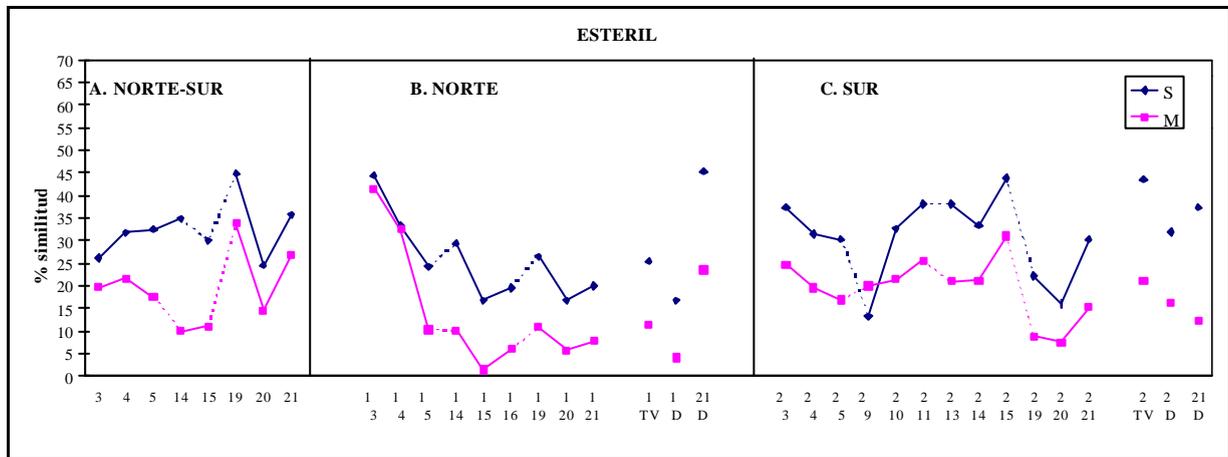
El patrón de similitud cuantitativo (M; en fucsia) es algo diferente al de similitud cualitativa, en lo que se refiere a la tendencia de la similitud florística entre ambas orientaciones con el paso del tiempo (Figura 40A). La similitud cuantitativa, entre ambas orientaciones, parece disminuir con el paso del tiempo, aunque las fluctuaciones son muy suaves de unos años a otros, a excepción de las que tienen lugar entre el primero y el segundo, entre el segundo y el tercero y entre los años 20 y 21. Estas diferencias ya se habían puesto de manifiesto en los dendrogramas correspondientes al sustrato ripado, cualitativo (Figura 27) y cuantitativo (Figura 28), y sugieren que, sobre ripado, aunque las especies se puedan parecer más, entre ambas orientaciones, a medida que avanza la sucesión (posiblemente, porque ha habido más tiempo para que más especies se instalen), no sucede lo mismo con sus valores de importancia, que se van distanciando, posiblemente debido a la influencia de la orientación sobre la disponibilidad hídrica para las plantas que condiciona su mayor

o menor desarrollo, y, en consecuencia, su mayor o menor cobertura. En definitiva, debido a la diferente capacidad competitiva de las especies en unas condiciones u otras.

Por lo que se refiere a la tendencia de la similitud florística entre el primer año y los demás, en ninguna orientación se observan grandes diferencias entre la similitud cualitativa y cuantitativa. Lo más destacable es que en la orientación norte se reducen las fluctuaciones de los niveles de similitud cuantitativa, respecto a los patrones de similitud cualitativa.

El incremento de la similitud entre la edad más avanzada de las series (21 años) y la dehesa de referencia no es más marcado que en el caso de la similitud cualitativa, lo que refleja la ausencia de dominancia que se da a los 21 años de edad y que se mantiene en la dehesa próxima.

**Sobre un sustrato de estéril** (Figura 41A), la similitud florística cualitativa (S; en azul) entre zonas de orientación norte y sur es baja el tercer año (en torno al 25%), pero parece aumentar ligeramente con el paso del tiempo, aunque de forma suave en las edades más jóvenes y con fuertes fluctuaciones en las más avanzadas, coincidiendo con las zonas donde el estéril está más disgregado. En general, los niveles de similitud florística son menores a los obtenidos sobre arcosas y ripado.



**Figura 41.** Patrones de similitud florística sobre un sustrato de estéril, en base al índice cualitativo de Sorensen (S) y al semicuantitativo de Motyka (M). **A.** Similitud entre zonas de orientación norte y sur para las distintas edades de las series. **B.** Similitud, en la orientación norte, entre el primer año de la serie y los demás, así como con ETV y la dehesa de referencia (D), y entre el último año de la serie y D. **C.** Como en B pero para la orientación sur.

La mayor similitud florística entre el primer año de las series y los siguientes (Figura 41 B y C) se da entre el primero y el segundo, en ambas orientaciones, siendo algo superior en la orientación norte (en torno al 45%) que en la sur (en torno al 38%). Pero mientras que en la orientación norte se observa con mayor claridad una tendencia a que la similitud florística disminuya entre el primer año y los siguientes, en la orientación sur no está tan clara, puesto que las fluctuaciones son muy importantes, debido posiblemente a las diferencias de pendiente entre las muestras, que una veces es de 37° y otras de 17°.

La similitud florística entre el primer año de la serie y ETV es mayor que la obtenida entre el primer año de las series y la dehesa de referencia, lo cual parece indicar que el proceso de sucesión es algo más avanzado en la dehesa que en ETV. Por otro lado, el incremento de la similitud florística entre el último año de las series y la dehesa de referencia es considerablemente mayor en la orientación norte que en la sur, pues en la norte va más avanzada la sucesión. En la sur, la composición florística de la edad más avanzada de la serie ha cambiado menos respecto a la edad más joven, y por eso su afinidad con D es menor, es decir, tiene lugar un proceso sucesional más lento.

El patrón de similitud cuantitativa (M; en fucsia) es prácticamente similar al de similitud cualitativa, como muestra la figura 41A-C, aunque los niveles de similitud son todavía menores debido, probablemente, a los cambios en el porcentaje de cobertura de las especies más importantes. En la orientación norte, el incremento de la similitud entre la edad más avanzada de las series (21 años) y D no es más brusco que en el caso de la similitud cualitativa, lo que refleja la ausencia de dominancia que se da a los 21 años de edad y que se mantiene en la dehesa próxima. En la orientación sur, sin embargo, no hay un incremento de la similitud cuantitativa entre la edad más avanzada de la serie y la dehesa de referencia, sino que disminuye. Este resultado es extraño pues aunque el proceso sucesional sea más lento en la orientación sur que en la norte, la afinidad entre la edad más avanzada de la serie sur y D debería aumentar, aunque fuera poco. Posiblemente este descenso se deba a las propias características del punto 35 (edades más avanzadas de la serie sobre estéril sur), que corresponde a una zona del Dique N° 1, junto a un camino con bastante tráfico de vehículos y mucho polvo en el ambiente y sobre la vegetación. Estas circunstancias hacen que su vegetación no sea la que correspondería, en condiciones normales, a esas edades sobre estéril disgregado y, por eso, su afinidad con D es baja.

### 3.6.-DISCUSIÓN CONJUNTA.

El efecto de la orientación sobre la vegetación se encuentra bien documentado. Spurr y Barnes (1980) la consideran definitiva al evaluar la calidad del lugar para la ocupación vegetal; Drozov (1971) (en Whittaker y Marks, 1975) intuye su efecto al relacionar la biomasa con la radiación recibida; Asthon (1976) encuentra diferentes biomásas en comunidades de eucaliptos australianos; Blake (1987) comprueba diferentes tasas de regeneración tras el fuego según la exposición; Correia *et al.* (1987) observan variaciones específicas en cistáceas según un gradiente hídrico y diferente orientación; González Rebollar (1987) señala su efecto en la ordenación espacial y dinámica temporal de comunidades; Puerto *et al.* (1983 b y c) indican el papel dominante de la orientación en la articulación espacial de los pastizales salmantinos; Douguedroit (1972), Dargie (1987), Kadmon *et al.* (1989), Parker (1991), en diferentes ambientes semiáridos y entre otros muchos trabajos, analizan la distribución de la cubierta en relación a las variaciones de humedad según la exposición topográfica. Finalmente las relaciones entre exposición ladera, vegetación y erosión en ambientes semiáridos, se encuentran documentadas en Cottonnec (1971), Dumas y Hotyat (1987), Faulkner (1990), La Roca *et al.* (1988), Yair y Berkowicz (1989), Kirkby *et al.* (1990), etc.

Según la exposición del terreno la radiación recibida varía, produciendo una demanda hídrica potencial superior en laderas de orientación sur (Felícísimo y Cepedal, 1984; Oke, 1984; Kirkby *et al.*, 1990). Tales variaciones se reflejan en un menor contenido de agua en el suelo en la orientación sur y, por tanto, permiten presuponer unas condiciones menos favorables al establecimiento y desarrollo de la vegetación en dichos espacios (González Hidalgo, 1993-94). En ambientes deficitarios en precipitaciones y de distribución irregular, sometidos a aridez estival, en los que el agua es un factor limitante para las plantas, la influencia de la exposición cobra especial relevancia.

La topografía, por su parte, es considerada uno de los factores más determinantes a la hora de definir un gradiente ecológico (Whittaker, 1980; Sterling *et al.*, 1984; Begon *et al.*, 1988). Hay estudios (García Pérez, 1996; Guerrero Campo *et al.*, 1997) que muestran que la fisiografía explica un porcentaje elevado de la variabilidad de la composición florística y la estructura entre comunidades, *per se* o a través de los suelos (Sebastià, 1992).

La heterogénea topografía (pendiente, exposición, etc.) y los diferentes sustratos que se dan en las zonas adhesionadas del centro oeste peninsular han favorecido, junto a otros factores, una alta variabilidad en la composición específica de sus pastos (Pérez Corona, 1993; Vázquez de Aldana *et al.*, 1993), y en parámetros relacionados con ésta, como son la riqueza, la diversidad y la proporción de gramíneas, leguminosas y otras familias (Corona *et al.*, 1991; Pérez Corona *et al.*, 1996). También se lleva estudiando desde hace tiempo su influencia sobre la producción del pasto (Gómez Gutiérrez *et al.*, 1980; Corona *et al.*, 1991).

En los últimos años se ha incrementado el interés por conocer los cambios que experimenta la vegetación natural en escombreras mineras, sobre todo en sus taludes, así como el papel que juega en la estabilización de los mismos y en el control de la erosión. Algunos autores como Cano *et al.* (1997) consideran como principales factores de estudio la exposición y la tipología del sustrato. Fernández Bayón *et al.* (1997), en un estudio sobre la estabilización de estériles de minas de carbón con herbáceas comerciales, analizan la distinta influencia de los diferentes sustratos de recubrimiento. Gibson *et al.* (1985) en un estudio sobre las comunidades vegetales desarrolladas en escombreras de carbón consideran el tipo de sustrato como uno de los múltiples factores que influyen en el proceso de revegetación natural de las escombreras.

En nuestro estudio, existe una gran heterogeneidad dentro de cada escombrera, tanto por la topografía, orientación, sustrato de recubrimiento, como por la edad de los distintos vertidos, por lo que, en general, no se observa en los dendrogramas globales (cualitativo y semicuantitativo) una agrupación de las muestras en función de la escombrera a la que pertenecen. Si en algún caso concreto sucede esto, no es tanto por pertenecer a la misma escombrera sino, fundamentalmente, por la menor distancia física entre los puntos de muestreo, aunque también puedan darse otras circunstancias, como igual edad, sustrato y pendiente, o igual edad, pendiente y orientación.

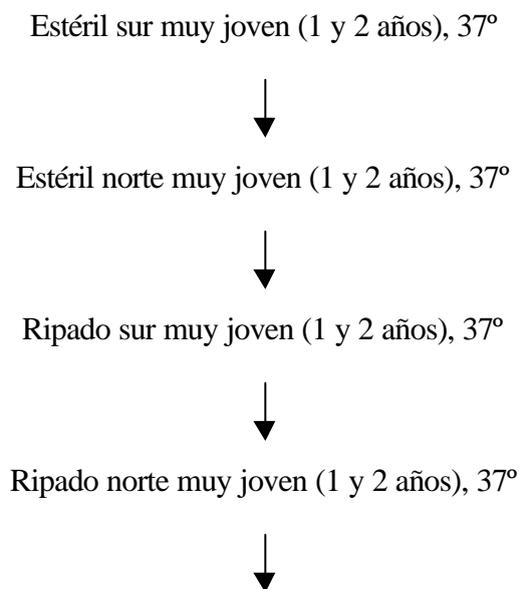
Tampoco se observa una agrupación de los puntos en función del año de muestreo. En general, el nivel de similitud (cualitativo y semicuantitativo) es mayor entre muestras del mismo punto, aunque hayan sido tomadas en distintos años de muestreo, que entre muestras pertenecientes a puntos diferentes, aunque hayan sido tomadas el mismo año. Esto también se ha observado en estudios de sucesión cultivo-pastizal en dehesas salmantinas (Puerto *et al.*, 1984). No obstante, se dan algunos casos en los que también se alcanzan valores de similitud importantes entre muestras de puntos distintos, porque comparten muchas características y se encuentran próximos físicamente

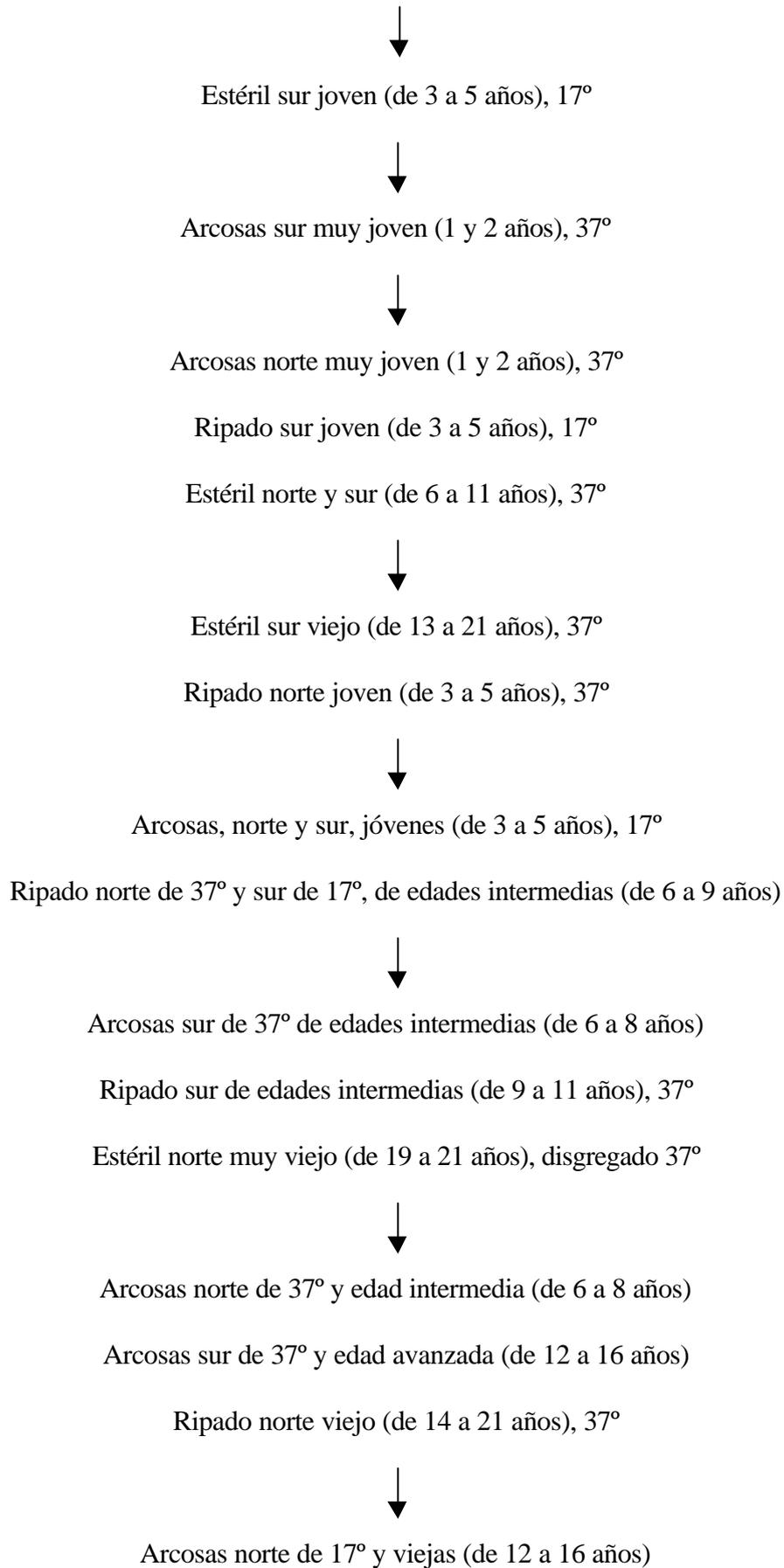
dentro de Mina Fe. Cruz Pardilla (1993) también encuentra en el estudio de la vegetación de escombreras de carbón, que la menor distancia sobre el terreno entre las escombreras condiciona una mayor similitud florística entre ellas.

En tercer lugar, no se observa una secuencia sucesional única e independiente del sustrato y de la orientación, sino varias, como resultado de la combinación de estos factores de variación. La naturaleza multifactorial del proceso de revegetación natural de una zona ya ha sido puesta de manifiesto por distintos autores (Glen-Lewin, 1980; Gibson *et al.*, 1985).

Ha resultado difícil observar tendencias lineales claras en los análisis de afinidad globales (cualitativo y cuantitativo), puesto que la confluencia, en un punto de muestreo, de unas determinadas características de orientación, edad, sustrato, pendiente, etc. pueden aproximar o alejar su composición florística respecto a otro. Así el análisis detallado de los dendrogramas ha permitido establecer una secuencia general de condiciones, que puede verse también alterada en algunos casos por peculiaridades de los distintos puntos de muestreo, pues conviene recordar que se trata de un muestreo sincrónico.

A continuación se expone la secuencia de condiciones, de más a menos extremas, teniendo en cuenta que el proceso sucesional es más rápido sobre arcosas, también detectado en otros estudios (Arranz e Hidalgo, 1992), que sobre ripado y estéril, y en la orientación norte más que en la sur, y con 17° de pendiente más que con 37°.





Los resultados obtenidos en los análisis de afinidad globales (cualitativo y semicuantitativo) apoyan la agrupación (realizada *a priori* en base a la bibliografía), de los puntos de muestreo en seis series sucesionales considerando como factores de variación el sustrato (arcosas, ripado y estéril) y la orientación (norte y sur). Esta independencia es obligada, ya que la mayor o menor homogeneidad de condiciones entre las distintas series, así como la mayor o menor distancia sobre el terreno entre las muestras de cada serie, pueden determinar unas características en la composición específica que, aún careciendo de relieve bajo el aspecto cuantitativo, se patentiza en el estudio de presencia-ausencia, pudiendo llegar a enmascarar los resultados (Puerto *et al.*, 1984).

En resumen, y siempre bajo el imperativo de las diferencias estructurales de edad entre los conjuntos de muestras de cada serie, se puede generalizar sobre la facilidad de ordenación que se encuentra al contrastar este procedimiento de clasificación en una escala de tiempo, partiendo de la fiabilidad de los resultados ofrecidos por el dendrograma respecto a los coeficientes más elevados en la matriz de afinidad original. Ambos aspectos (facilidad de ordenación respecto a una escala temporal y fiabilidad de los resultados ofrecidos por el dendrograma respecto a los coeficientes más elevados de la matriz de afinidad original) han sido puestos de manifiesto por Puerto *et al* (1984), en un estudio de la sucesión cultivo-pastizal en la zona de dehesas de la provincia de Salamanca.

También, en general, y adoptando la escala de un año en la apreciación de las variaciones, se observa que las similitudes más altas tienden a presentarse hacia las edades más avanzadas, siendo inferiores en las intermedias y sobre todo al principio de la sucesión, con lo que se detecta un relevo de las especies, bastante brusco al principio y más atenuado a medida que ésta transcurre, como se ha señalado también para otros estudios (Puerto *et al.*, 1984). Con todo, las peculiaridades recogidas en algunas muestras, basadas en las diferentes pendientes (17° y 37°), en la colonización local de arbustos (fundamentalmente *Cytisus multiflorus*), en los riegos asociados a las plantaciones de pinos, en la distancia respecto a la vegetación más próxima o en la separación física entre puntos, pueden proporcionar márgenes considerables de disimilitud para un mismo grupo de edad, fundamentalmente en las fases intermedias y finales, también puesto de manifiesto en otros estudios (Puerto *et al.*, 1984). Por otro lado, la introducción de semillas por siembra a voleo puede

acentuar diferencias entre orientaciones y/o entre años, sobre todo en las edades más tempranas de la sucesión como señalan en su estudio Fernández Abascal *et al.* (1997).

Si bien, como se ha dicho, existe, en las seis series sucesionales establecidas, una tendencia a que los niveles de similitud, tanto cualitativa como semicuantitativa, aumenten a medida que avanza la sucesión, existen algunas diferencias según el sustrato. Así, sobre arcosas es mucho más clara esta tendencia, en ambas orientaciones, tanto en el análisis de afinidad cualitativo como cuantitativo. Sobre ripado, sin embargo, esta tendencia se ve más claramente en el análisis de afinidad cuantitativo que en el cualitativo, para ambas orientaciones. En el caso del estéril, la tendencia es mucho menos marcada que en los otros dos sustratos, tanto en el análisis cualitativo como cuantitativo, posiblemente debido a que el proceso sucesional es más lento, junto a la mayor interrupción temporal de las series y menor homogeneidad de las muestras, en cuanto a pendiente y, sobre todo, grado de disgregación del material.

Dentro de la tendencia ascendente del nivel de similitud entre las muestras a medida que avanza la edad, el incremento es más notable entre muestras provenientes de un mismo asentamiento, es decir, entre muestras tomadas en el mismo punto de muestreo; observación puesta de manifiesto también por Puerto *et al.* (1984).

Una peculiaridad que merece ser destacada es que, sobre arcosas, las muestras de 6 a 8 años de edad pertenecientes dos puntos de muestreo distintos en cada orientación (puntos 3 y 4 en la norte, y 9 y 10 en la sur), aparecen en los dendrogramas cualitativos más alejados entre sí que en los cuantitativos. Teniendo en cuenta que en ambas orientaciones los dos puntos de muestreo, correspondientes a ese intervalo de edad, están bastante alejados físicamente en Mina Fe, es lógico que, aunque compartan pendiente, orientación y edad, presenten diferencias cualitativas en cuanto a la composición específica, por diferencias en la colonización (algunas especies han podido llegar a un punto y no a otro). No obstante, las diferencias cuantitativas no son tan marcadas, lo que indica cierta cercanía en los valores de importancia de las especies comunes. Es decir, la diferente composición florística, de tipo cualitativo, debida simplemente a la localización de los puntos de muestreo (diferencias en la colonización) no se corresponde con diferencias de tipo cuantitativo, pues las especies comunes se encuentran representadas por valores de importancia similares en ambas zonas.

En el caso del ripado, es interesante analizar la elevada afinidad cualitativa (nivel de similitud próximo al 100%) que se da entre las muestras 16' y 14'', que sólo comparten orientación y sustrato, pertenecen a estructuras muy alejadas físicamente dentro de Mina Fe, son de distinta edad (7 y 5 años respectivamente) y muestreadas en distintos años. Puesto que en el dendrograma cuantitativo su afinidad es muy baja (en torno al 20%), parece lógico pensar que la similitud en su composición florística se debe más bien al azar.

Sobre estéril, merece ser destacada la baja afinidad que se da entre los distintos puntos de muestreo, posiblemente debido a las lagunas temporales que existen entre ellos, que junto a las peculiaridades características del material estéril (muy heterogéneo), hacen que los grupos de edad queden perfectamente diferenciados por sus composiciones específicas.

Un aspecto que merece ser tenido en cuenta, es el estudio comparativo de lo que pasa con los diferentes sustratos y orientaciones en las edades más tempranas de la sucesión (1 y 2 años). El interés se centra fundamentalmente en los dos sustratos más recomendables para la recubrimiento de los taludes (arcosas y ripado), y se excluye el estéril, dada la mayor interrupción de edades que presentan sus series, sobre todo en las edades tempranas de la sucesión. Para los dos primeros años de edad se detecta una menor afinidad (cualitativa y cuantitativa) entre sustratos (arcosas y ripado) que entre orientaciones (norte y sur) dentro del mismo sustrato. Además, las diferencias cualitativas con la orientación son menores sobre arcosas que sobre ripado, sobre todo el primer año, mientras que cuantitativamente son mayores sobre ripado que sobre arcosas, sobre todo el segundo año.

Tanto sobre arcosas como sobre ripado, la afinidad (cualitativa y cuantitativa) que existe entre las muestras de los dos primeros años tras el abandono es mayor en la orientación norte que en la sur, dentro de la pauta general de que son niveles de similitud muy bajos, sobre todo sobre ripado y en la orientación sur. En la orientación sur, la afinidad es menor debido, posiblemente, como ya se ha explicado, a las dimensiones del talud sur de la Nueva Escombrera (parte cubierto de arcosas y parte de ripado) y a su relativamente importante distancia respecto a zonas con vegetación, situadas éstas al pie del talud, que retrasan la llegada y establecimiento de las especies.

La afinidad (cualitativa y cuantitativa) que las muestras de los dos primeros años de la sucesión mantienen con el resto es, en general, baja, lo que indica que existen amplias variaciones entre los dos primeros años de la sucesión y el resto. Este aspecto también ha sido puesto de

manifiesto por Puerto *et al.* (1984). No obstante, parece ser algo mayor sobre arcosas que sobre ripado, en ambas orientaciones, porque el proceso sucesional parece ser más rápido sobre arcosas; dentro de arcosas apenas se observa diferencia con la orientación, mientras que dentro de ripado es mayor en la norte que en la sur. La diferente composición específica que existe entre las muestras de los dos primeros años de la sucesión y el resto se ve acentuada, en la orientación sur, y sobre todo sobre ripado, por la adición de semillas, al final de la primavera de 1995, únicamente en el talud sur de la Nueva Escombrera (NE). Estas semillas apenas habían germinado cuando se muestreó ese talud en primavera de 1995, pero sí se hizo patente su presencia al año siguiente, en cuanto a cobertura. Las semillas introducidas correspondían fundamentalmente a dos especies de gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Secale cereale*) y a la leguminosa *Lupinus* sp., por lo que desde un punto de vista cualitativo no iban a incrementar sensiblemente las diferencias de composición específica que existen entre los dos primeros años tras la sucesión, pero sí desde el punto de vista cuantitativo y, además, contribuye a incrementar las diferencias entre los dos primeros años de la sucesión y el resto, puesto que estas especies no aparecen de forma habitual a partir del segundo año.

En cualquier caso, en edades tempranas de la sucesión los cambios en la composición específica de los taludes son más bruscos sobre ripado que sobre arcosas, como indican los menores valores de los índices de similitud detectados sobre este sustrato. En edades más avanzadas de la sucesión los valores de similitud entre muestras de estos dos sustratos están más próximos.

En general, en todas las series se observa una tendencia a que disminuya la afinidad (cualitativa y cuantitativa) entre la muestra más joven de cada serie y el resto, a medida que avanza la edad, siendo el descenso más brusco en la orientación norte que la sur, sobre todo en los primeros años. En la serie F (estéril sur) esta tendencia no está tan clara, debido, en parte, a la menor homogeneidad de las características de los puntos que constituyen la serie, que puede estar enmascarando los resultados, y, en parte, a las condiciones tan severas de sustrato y orientación que posiblemente hacen que se necesite más tiempo para apreciar esa pérdida de afinidad entre la edad más joven y la más avanzada disponible (proceso sucesional más lento). Titlyanova y Myronichera-Tokavera (1990) también encuentran, en su estudio de sucesión secundaria en

escombreras de carbón en Rusia, esta tendencia descendente de la afinidad entre el primer año de la serie y los siguientes, siendo, en su caso, también más brusco en los primeros años.

Otro aspecto que merece ser tenido en cuenta es la tendencia que existe, más o menos marcada según el sustrato, a que el nivel de similitud florística entre ambas orientaciones aumente a medida que avanza la sucesión. Esta tendencia se ve de forma más clara sobre arcosas, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, alcanzándose mayores valores de afinidad norte-sur entre puntos de muestreo situados a menor distancia dentro de Mina Fe. En el caso del ripado, si bien la tendencia es clara desde el punto de vista cualitativo, es inversa desde el punto de vista cuantitativo, lo que sugiere que, aunque las especies se puedan parecer más, entre ambas orientaciones, a medida que avanza la sucesión (posiblemente, porque ha habido más tiempo para que más especies se instalen), no sucede lo mismo con sus valores de importancia, que se van distanciando, posiblemente debido a la diferente capacidad competitiva de las especies en unas condiciones u otras, más marcada sobre un sustrato más pobre (ripado). Sobre material estéril, la tendencia ascendente del nivel de similitud florística entre ambas orientaciones a medida que pasa el tiempo es muy poco pronunciada y presenta fuertes fluctuaciones en las edades más avanzadas, coincidiendo con las zonas donde el estéril está más disgregado.

En todas las series, se detecta un incremento de afinidad cualitativa y cuantitativa entre la edad más avanzada de cada serie y la dehesa de referencia, lo que indica que la composición florística de estas zonas está cambiando de forma que cada vez se parece más a la vegetación de su entorno más inmediato. Este resultado también ha sido puesto de manifiesto por Titlyanova y Mironycheva-Tokavera (1990) en un estudio de la sucesión secundaria en escombreras de carbón en Rusia. En definitiva, se destaca el papel de la vegetación próxima en la composición florística de las nuevas zonas (Harrington, 1982; Leisman, 1957; Titlyanova y Mironycheva-Tokavera, 1990).

No obstante, el ritmo de cambio varía según el sustrato y la orientación. El nivel de similitud entre la edad más avanzada de las series y D es, en general, mayor en la orientación norte que en la sur, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. En cuanto al sustrato, existe también una gradación, en los niveles de similitud entre la edad más avanzada de las series y D, que va de arcosas (16/D) a estéril (21/D) pasando por ripado (21/D). Aunque en las series de arcosas la edad más avanzada es de 16 años, en vista de la tendencia es previsible que a los 21 años el nivel de similitud respecto a D supere al de ripado, de ahí el orden establecido. Estos resultados sugieren

que el sustrato “arcosas” es el más recomendable para el recubrimiento de los taludes, si lo que se pretende es que la comunidad herbácea de la zona restaurada se parezca más a la dehesa de referencia al cabo de un determinado período de tiempo, lo más corto posible. Parece lógico que el estéril sea el sustrato menos favorable, dadas sus peculiares características, y por eso se tardaría mucho más tiempo en alcanzar niveles de similitud, respecto a D, similares a los de los otros sustratos. Es interesante destacar como en la orientación sur sobre estéril (condiciones que se podrían considerar como las más extremas) el nivel de similitud cuantitativa entre la edad más avanzada y D (21/D) disminuye respecto al que existía entre la edad más joven y D (2/D). Esto indica lo poco que han cambiado los valores de importancia de las especies comunes desde la edad más joven a la más avanzada de la serie, detectándose por tanto, porcentajes de similitud muy próximos entre 2/D y 21/D. Posiblemente, esta bajo valor entre la edad más avanzada de la serie F y la dehesa de referencia se deba a las especiales características del punto de muestreo correspondiente (punto 35), cuya composición florística quizás no se la más representativa de una edad (21 años) tan avanzada de la sucesión.

Por último, debe considerarse también que el incremento en el nivel cuantitativo de similitud florística entre la edad más avanzada de cada serie y D no es más brusco que el del cualitativo, lo que refleja la ausencia de dominancia en esas edades; situación que se mantiene en la dehesa de referencia. Este resultado contrasta con el obtenido por Titlyanova y Mironycheva-Tokavera (1990), quienes encuentran que la similitud cuantitativa entre la zona próxima de referencia (“Meadow”) y la edad más avanzada tras la sucesión, sobre escombros de carbón, experimenta un incremento mucho más brusco que en el caso de la similitud cualitativa. Estos autores explican ese patrón de similitud por la influencia del ganado, ya que tanto la zona de escombros mineros como la vegetación circundante están sometidas a pastoreo, y éste favorece situaciones de dominancia, dada su capacidad de selección de las especies del pasto. En nuestro estudio, al haberse excluido el ganado de la zona dehesa 22 años antes de los muestreos, no se da este efecto de dominancia en estadíos avanzados de la sucesión, efecto que se ha detectado en dehesas de la provincia de Salamanca sometidas a pastoreo (Puerto *et al.*, 1984).

## 4.- LA DIVERSIDAD DURANTE LA SUCESIÓN.

### 4.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.

Un modo de caracterizar a una comunidad consiste simplemente en contar especies o en hacer una lista de las especies existentes en ella. Parece que este es un procedimiento directo que nos permite describir y comparar las comunidades en función de su riqueza de especies. Pero, en la práctica, resulta a menudo difícil porque generalmente sólo se puede establecer un recuento de una muestra de los organismos de una zona. Por otro lado, cuando la composición de la comunidad se describe simplemente en términos del número de especies presentes se ignora completamente un aspecto importante de la estructura numérica de las comunidades. Se pasa por alto la información de que algunas especies son raras y otras comunes (Begon *et al.*, 1988).

La diversidad es una propiedad estructural de las comunidades que comprende al mismo tiempo el número de especies presentes (componente de riqueza) y la distribución de los individuos -u otro valor de importancia; porcentaje de cobertura, por ejemplo- en ellas (componente de uniformidad o equitabilidad) (Hurlbert, 1971; Lloyd y Ghelardi, 1964; MacArthur y MacArthur, 1961; MacIntosh, 1967; Margalef, 1958; Peterson, 1976; Pielou, 1966b). Si bien esta definición de diversidad se basa en un concepto numérico, Margalef (1974) la define, en cuanto a sus causas, como una expresión de la estructura que resulta de las formas de interacción entre los elementos de un sistema.

Tradicionalmente se ha asociado la diversidad a la complejidad y ésta a su vez a la estabilidad. De forma que se consideraba necesaria la diversidad para el mantenimiento de una estructura compleja que permitiera regular hasta ciertos límites las posibles fluctuaciones ambientales. Dicho con otras palabras, se confería mayor seguridad funcional aun ecosistema diverso, ya que la extinción de una especie no ocasionaría tantas diferencias respecto al conjunto, como la pérdida de la especie dominante en un ecosistema menos complejo (Puerto *et al.*, 1982). No obstante, para que una estructura compleja fuera realmente funcional no podía salirse de cierto esquema. Margalef (1982) recoge un ejemplo de Odum, Cantlon y Kornicker que visualiza muy bien esta idea, y es la comparación de la complejidad funcional de una comunidad estable con la que se produce en una sociedad humana entre las personas dedicadas a diferentes oficios que, en

una época histórica determinada, requiere unas relaciones numéricas definidas para que sea funcional.

Actualmente, se considera que la estabilidad de una comunidad no depende únicamente de las densidades y características de las especies que la componen, sino también del ambiente en que se hallen (ver Begon *et al.*, 1988; Margalef, 1996, 1997). Por tanto, ya no se acepta la generalización de que a mayor diversidad mayor resistencia al cambio, puesto que la estabilidad puede variar entre los ambientes. En un ambiente estable y predecible, una comunidad experimentará sólo una gama limitada de condiciones, y una comunidad que sea dinámicamente frágil puede continuar persistiendo. Pero en un ambiente variable e impredecible tan sólo podrá persistir una comunidad que sea dinámicamente robusta.

A parte del estudio estático de la diversidad de una comunidad, otra faceta de gran interés en ecología es el estudio del cambio que ésta experimenta a lo largo del tiempo. Entra en juego, por tanto, el concepto de sucesión.

En cuanto a la tendencia de la diversidad en la dinámica de las comunidades existen diferentes opiniones según se trate de medios no intervenidos o intervenidos. En los medios no intervenidos, se acepta como tendencia general el incremento de la diversidad con el tiempo (Auclair y Goff, 1971; Loucks, 1970; Margalef, 1968; Monk, 1967; Odum, 1969; Reiners *et al.*, 1970; Tagawa, 1964;) si bien con matices particulares en cada caso, que muchas veces radican en el intervalo total objeto de estudio, en la precisión con que se han seriado las diferentes edades, o en el tipo y localización de la comunidad estudiada (Margalef, 1968). Así, a resultados afirmativos sobre el aumento de la diversidad (por lo menos hasta una edad avanzada) a partir de cultivos abandonados (Nicholson y Monk, 1974), se unen aquellos que demuestran disminuciones ocasionales en determinadas épocas (Bazzaz, 1975), pero permaneciendo casi siempre un sentido progresivo de conjunto en los índices empleados, que, por otra parte, sólo parece no encontrar respuesta en situaciones parciales (Shafy y Yarranton, 1973; sucesión postfuego).

Sin embargo, en medios intervenidos se configuran gráficas claramente opuestas a esta tendencia. Así, Puerto *et al.* (1984), en un estudio sobre la diversidad durante la sucesión en tres zonas salmantinas de dehesas, concluye que la diversidad, medida como  $H'$  de Shannon-Weaver, se incrementa, tras el cultivo, hasta los 2-3 años, declina en los 4-5, a causa de la dominancia de

alguna especie, y vuelve a aumentar de nuevo hasta los 11 años aproximadamente, iniciándose a partir de ahí un descenso constante, a causa de la selección por el ganado que vuelve a facilitar situaciones de dominancia.

En el estudio que nos ocupa se consideran las escombreras como un medio no intervenido, en cuanto que no sufren ninguna intervención humana adicional una vez clausuradas (se deja de almacenar material estéril y se cubre o no con materiales más finos). Además se hace una distinción entre la sucesión primaria que tiene lugar sobre el estéril de mina, y la que se da cuando se recubre éste con otros sustratos (sucesión “combinada”).

#### 4.2.- RESULTADOS.

Los resultados relativos a la diversidad durante la sucesión, para las series establecidas anteriormente, aparecen recogidas en las **figuras 42** (Arcosas: Serie A = Norte y Serie B = Sur), **45** (Ripado: Serie C = Norte y Serie D = Sur) y **48** (Estéril: Serie E = Norte y Serie F = Sur). En las **figuras 43, 44, 46, 47, 49 y 50** se recogen para cada una de las series, los resultados relativos a las componentes de la diversidad: (a) riqueza y (b) equitabilidad o uniformidad.

Puesto que para algunas edades se dispone de más de un dato, se ha optado por representar las muestras tomadas en el mismo punto de muestreo con un trazo determinado para distinguirlas claramente de las que corresponden a otro. En las leyendas de las figuras se identifica el trazo correspondiente a cada punto de muestreo. Con objeto de que sirva como punto de referencia, en cada una de las series se han incluido también los valores de diversidad de la Escombrera de Tierra vegetal (de 14 a 16 años tras el abandono) que aparecen en rojo, y los correspondientes a la Dehesa de referencia (de 20 y 22 años tras la exclusión del ganado) que aparecen en verde. Puesto que se cuenta con valores de  $H'$  de orientaciones norte y sur, tanto de ETV como de D, en las series de orientación norte (A, C y E) se incluyen los valores de  $H'$  de ETV y D correspondientes a la orientación norte, y en las series de orientación sur (B, D y F) los correspondientes a la sur.

#### 4.2.1.- Arcosas (Series A y B).

Se observa que la diversidad, medida como  $H'$  de Shannon-Weaver, sobre un sustrato de arcosas con orientación norte (Figura 42.a) parte de un valor muy alto el primer año de edad ( $H' = 4,4$ ) y desciende paulatinamente hasta los tres años, para volver a aumentar bruscamente a los cuatro, y a partir de ahí mantener una tendencia ascendente, aunque con descensos ocasionales, a los seis, trece y quince años.

En el caso de los puntos con orientación sur sobre el mismo sustrato (Figura 42.b), la diversidad se incrementa hasta los dos años, declina bruscamente en el tercero y vuelve a aumentar paulatinamente, con alguna disminución ocasional a los ocho y trece años.

En ambas orientaciones se parte de valores de diversidad idénticos ( $H' \approx 4,4$ ), pero se incrementa el segundo año en la orientación sur, mientras que en la norte disminuye. La caída entre el segundo y el tercer año es más brusca en la orientación sur que en la norte, por el descenso brusco tanto de la riqueza como de la equitabilidad (Figura 44). El incremento que tiene lugar a partir del tercer año es más suave en la orientación sur que en la norte, porque a partir de esa edad tanto la riqueza como la equitabilidad aumentan suavemente en la orientación sur (Figura 44). No obstante, para las edades más avanzadas se alcanzan valores de diversidad mayores en la orientación sur respecto de la norte, debido, fundamentalmente, a que en el norte (Figura 43) la riqueza experimenta un ligero descenso en esas edades.

El aumento de diversidad el segundo año en la orientación sur se debe, en parte, a la introducción de semillas por siembra a voleo (*Secale cereale*, *Hordeum vulgare* y *Lupinus* sp.), que tuvo lugar, sólo en esta orientación, en la primavera de 1995 y, en parte, a las características propias de este punto de muestreo. Como ya se ha mencionado anteriormente, el punto de muestreo 7 corresponde a un talud de grandes dimensiones y fuerte pendiente, con vegetación herbácea y matorral de escoba blanca al pie del mismo; es decir, se encuentra relativamente alejado de la vegetación más próxima. Esto hace que existan importantes diferencias entre la riqueza específica de los dos primeros años (el primero  $S = 29$  y el segundo  $S = 56$ ) (Figura 44.a), pues la colonización, dificultada el primero por la mayor distancia física respecto a la vegetación más

próxima, se verá favorecida a media que transcurre el tiempo tras el abandono, así como por la introducción de especies. Esto se traduce, en la orientación sur, en un incremento considerable de especies el segundo año en relación al primero (prácticamente se duplica). A su vez, este alto valor de riqueza específica viene acompañado por un importante valor de equitabilidad ( $E = 0,84$ ) (Figura 44.b), lo que se traduce en un incremento de la diversidad respecto al primer año.

En la orientación norte, sin embargo, el incremento de especies entre el primer y segundo año tras el abandono es bastante menor (aproximadamente un tercio) (Figura 43.a), lo que unido a un considerable descenso de la equitabilidad (pasa de 0,92 el primer año a 0,74 el segundo) (Figura 43.b) se traduce en un descenso de  $H'$ .

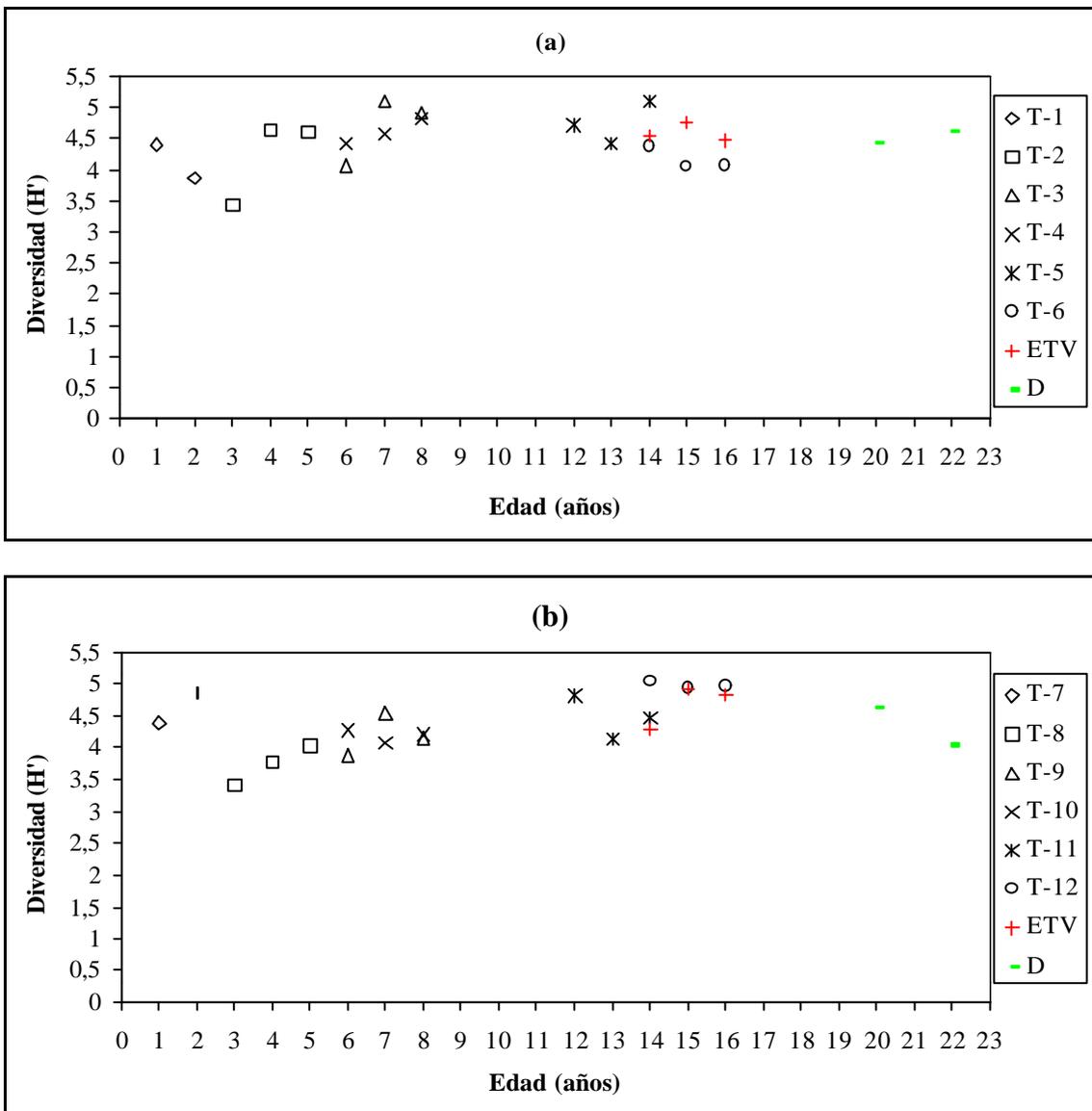


Figura 42. La diversidad durante la sucesión sobre arcasas, (a) Serie A (Norte) y (b) Serie B (Sur).

Posiblemente, dejando a un lado las peculiaridades del punto 7 (dos primeros años de la sucesión), la tendencia natural hubiera sido el descenso de los valores de  $H'$  el segundo año, en ambas orientaciones.

A partir de los tres años de edad se observa como la riqueza presenta una tendencia ascendente estabilizándose en las edades más avanzadas de la orientación sur y descendiendo ligeramente en la norte. La equitabilidad también presenta una tendencia ascendente, aunque muy suave, a partir de los tres años, estabilizándose en torno a los ocho años y con menores fluctuaciones a partir de esa edad en la orientación norte que en la sur.

Los valores de  $H'$  de ETV y del período 14-16 años de las series sobre arcosas, están muy próximos. Tomando los valores de  $H'$  de la dehesa próxima como referencia, de los valores de  $H'$  a los que tiende la comunidad herbácea de las series sobre arcosas, se observa que están muy próximos a los de las edades más avanzadas de las series.

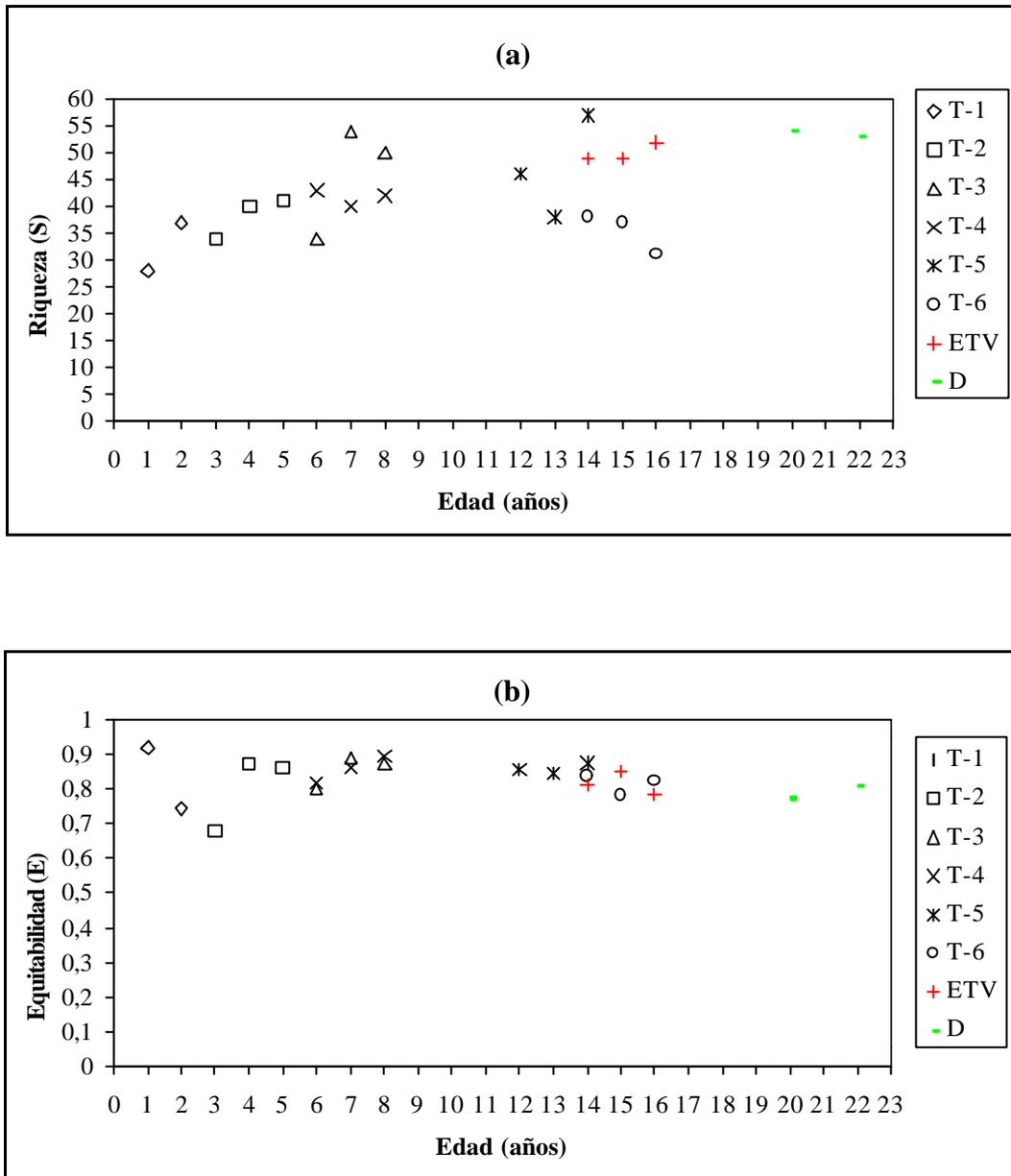


Figura 43. Componentes de la diversidad para la Serie A (Norte), (a) riqueza y (b) equitabilidad.

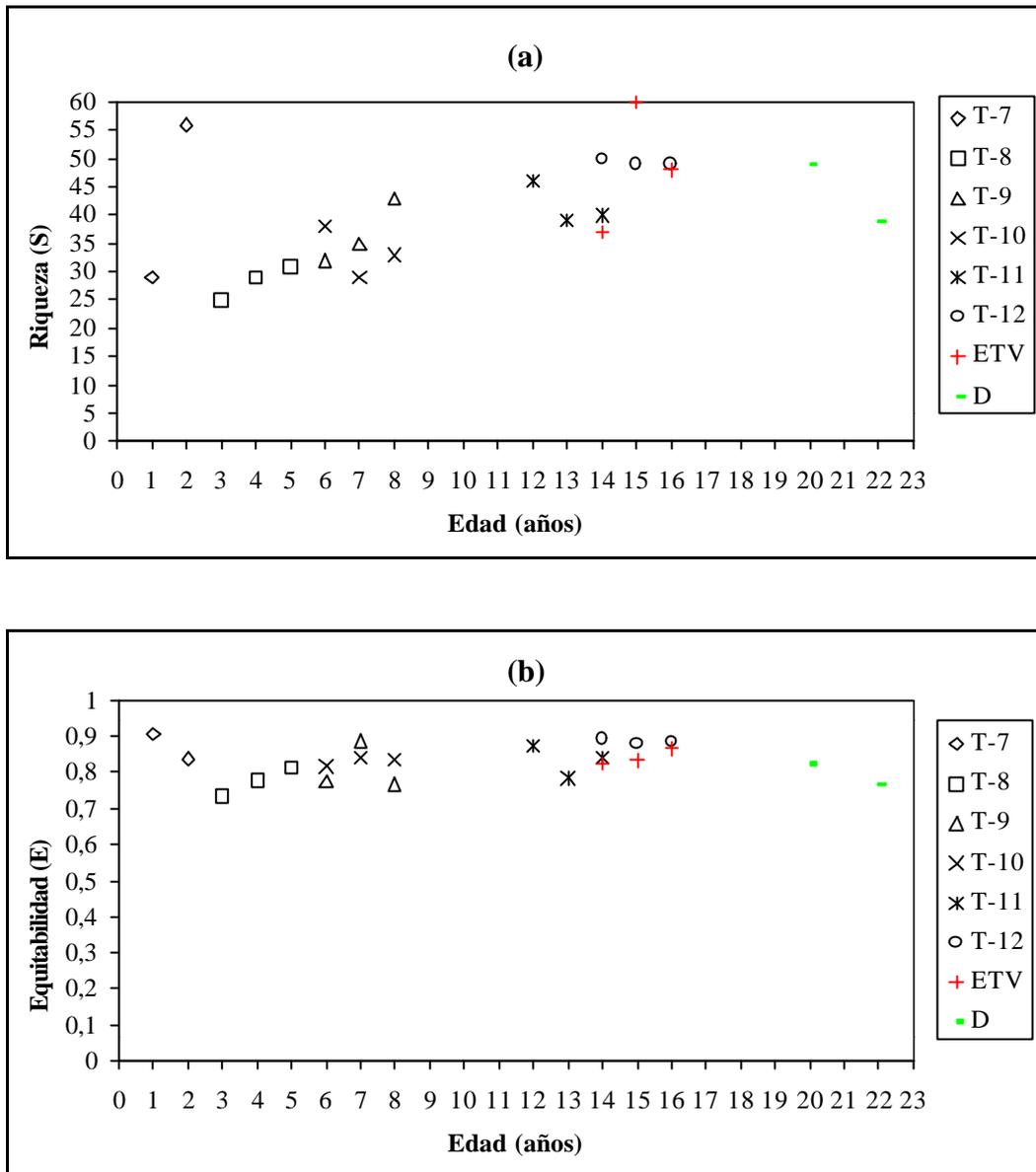


Figura 44. Componentes de la diversidad para la Serie B (Sur), (a) riqueza y (b) equitabilidad.

#### 4.2.2.- Ripado (Series C y D).

Si consideramos taludes con orientación norte cubiertos de ripado (Figura 45.a), se observa que la diversidad se incrementa hasta los cuatro años, declina en el quinto y parece aumentar de nuevo hasta los veintiún años, de forma continua pero muy suave.

En taludes sobre ripado y orientación sur (Figura 45.b), la diversidad se incrementa también hasta los cuatro años, declina en el quinto y vuelve a aumentar el sexto, edad a partir de la cual la diversidad parece haberse estabilizado.

El incremento de la  $H'$  durante los cuatro primeros años de la sucesión se debe, en la orientación norte, tanto al incremento de la riqueza (Figura 46.a) como de la equitabilidad (Figura 46.b), mientras que en la sur, se debe, fundamentalmente, al incremento de la riqueza (Figura 47.a), ya que la equitabilidad (Figura 47.b) varía muy poco de un año a otro.

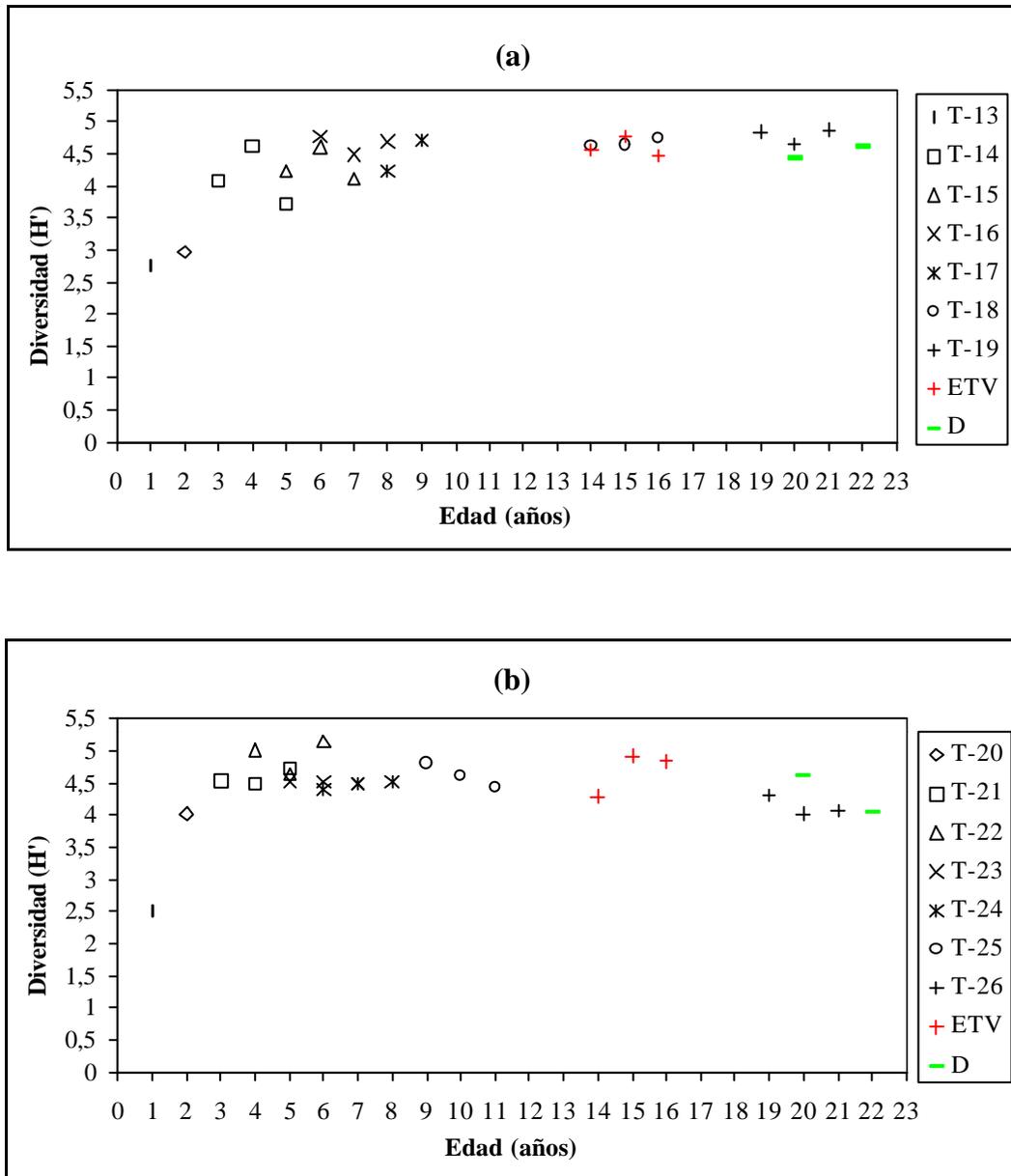


Figura 45. La diversidad durante la sucesión sobre ripado (a) Serie C (Norte) y (b) Serie D (Sur).

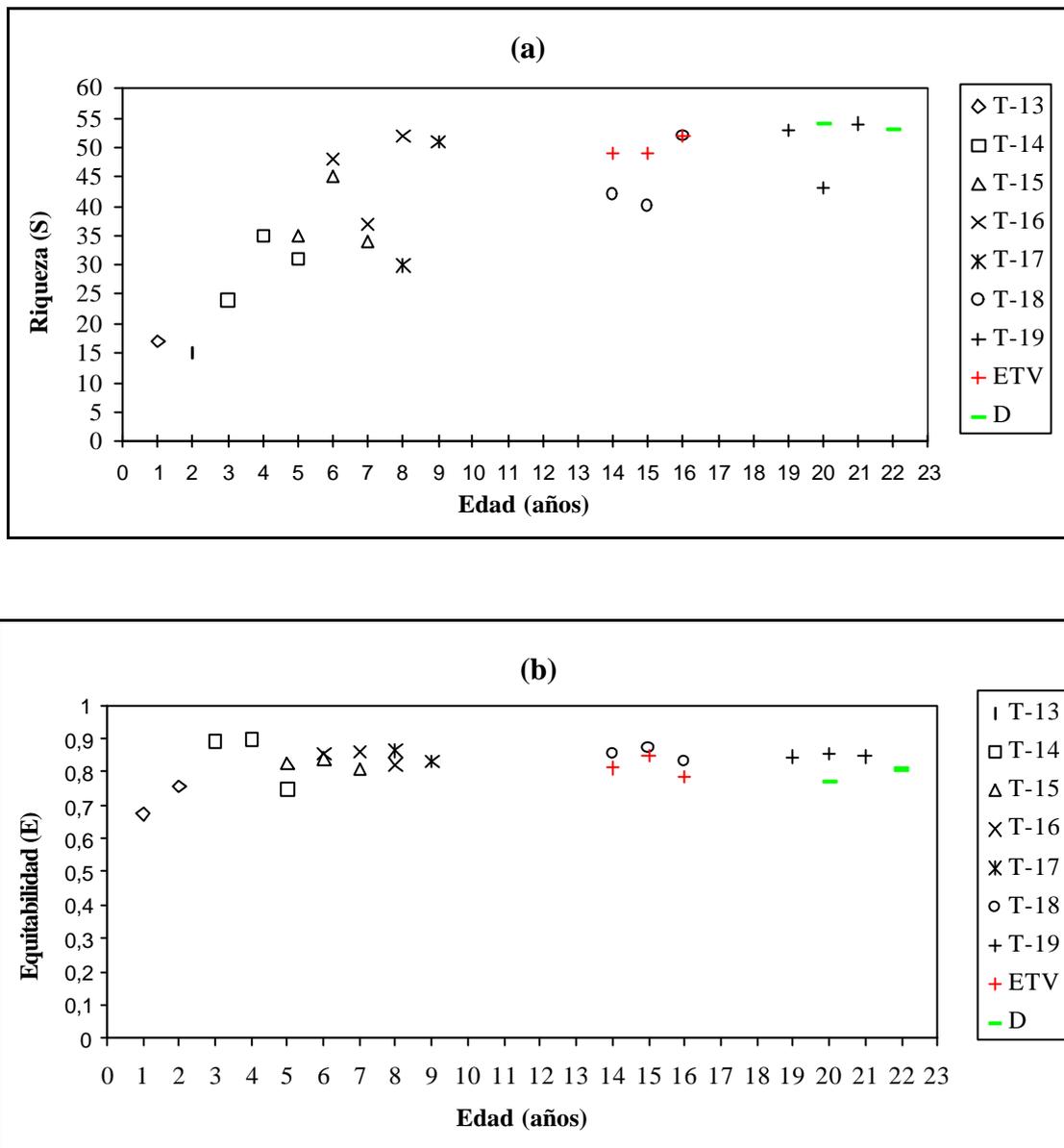
La estabilización de los valores de diversidad en la orientación sur a partir de los seis años, se explica en parte por el cambio de pendiente de las muestras, que pasa de ser de 17°, en los puntos 21, 22 y 23, a ser de 37° en los siguientes (puntos 24, 25 y 26). Esto indica, que existe cierta influencia de la pendiente sobre la diversidad, aumentando ésta cuando aquella disminuye. Por otro lado, los puntos de muestreo 25 y 26 se encuentran bastante aislados físicamente dentro de Mina Fe, lo que condiciona su riqueza específica (Figura 47.a) que es menor de lo que cabría esperar en condiciones de mayor apertura. Estos menores valores de riqueza específica no son muy inferiores a los de edades anteriores y no vienen acompañados de un descenso de la equitabilidad (Figura 47.b), por lo que los valores de  $H'$  correspondientes o se mantienen o descienden muy levemente.

En la orientación norte (Figura 46) todas las muestras son de 37°, excepto las del punto 15, por lo que el aumento de la diversidad no se ve tan ralentizado en las fases más avanzadas de la sucesión como ocurre en la orientación sur.

Salvo por estas consideraciones, en el caso del ripado la tendencia en ambas orientaciones es bastante similar. Se parte de un valor de  $H'$  similar en ambas orientaciones ( $H' = 2,8$  en la norte y  $H' = 2,5$  en la sur) pero el incremento que experimenta el segundo año es más brusco en la orientación sur que en la norte ( $H' = 3$  en la norte y  $H' = 4$  en la sur), debido, fundamentalmente, al importante incremento de la riqueza específica el segundo año en la orientación sur (Figura 47.a). Para el resto de las edades los valores de  $H'$  son bastante similares en ambas orientaciones, excepto en los años tercero y quinto, en los que  $H'$  es mayor en la orientación sur que en la norte, al tener las muestras de esas edades menor pendiente en la orientación sur. También para las edades más avanzadas hay diferencias norte-sur en los valores de  $H'$ , siendo mayores, en este caso, en la orientación norte, posiblemente, por presentar en ésta menor pendiente, lo que favorece una mayor riqueza específica (Figura 46.a).

El incremento de  $H'$  el segundo año en la orientación sur se debe, en parte a la introducción de semillas por siembra a voleo, que tuvo lugar, sólo en la orientación sur, en la primavera de 1995, y en parte a las características propias de este punto de muestreo, igual que ocurría sobre arcosas. El punto de muestreo 20 se halla en el talud sur de la NE, justo al lado del punto 7, éste sobre arcosas. Es un talud de grandes dimensiones y fuerte pendiente, con vegetación herbácea y matorral de escoba blanca sólo al pie del mismo, es decir, presenta mayor dificultad para la colonización natural, como el punto 7. Esto explica la baja riqueza específica registrada el primer año ( $S = 9$ ) y

las importantes diferencias entre la riqueza específica de los dos primeros años, pues la colonización, dificultada el primer año por el alejamiento físico, se verá favorecida a media que transcurre el tiempo tras el abandono. Esto se traduce, en la orientación sur, en un incremento considerable de especies el segundo año en relación al primero (se triplica) (Figura 47.a). A su vez, este alto valor de riqueza específica del segundo año viene acompañado por un importante valor de equitabilidad ( $E = 0,82$ ), que apenas varía con los años (Figura 47.b), lo que se traduce en un incremento de la diversidad respecto al primer año.



**Figura 46.** Componentes de la diversidad para la Serie C (Norte), (a) riqueza y (b) equitabilidad.

En la orientación norte, sin embargo, la riqueza específica de los dos primeros años es similar ( $S = 17$  el primero y  $S = 15$  el segundo), lo que unido a un ligero aumento de la equitabilidad (pasa

de 0,67 el primer año a 0,76 el segundo) se traduce en un ligero aumento de  $H'$  (pasa de 2,8 el primer año a 3 el segundo).

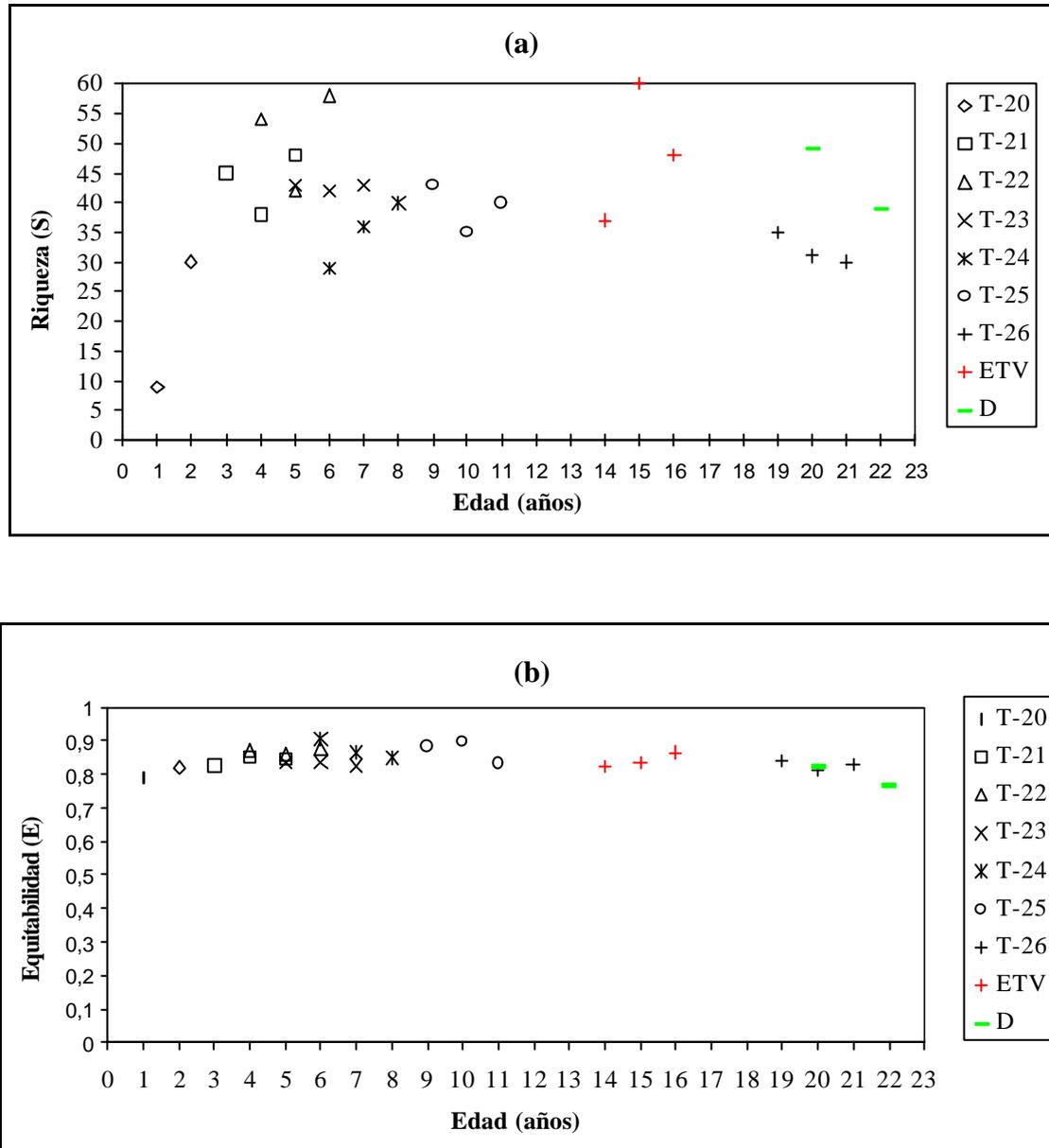


Figura 47. Componentes de la diversidad para la Serie D (Sur), (a) riqueza y (b) equitabilidad.

En el caso del ripado, los valores de  $H'$  del período 14-16 años prácticamente coinciden, en la orientación norte, con los encontrados en ETV, y se debe en mayor medida a la semejanza que existe entre los valores de equitabilidad de ETV y del período 14-16 años de la serie C. Para la orientación sur, no se dispone de información. A los 21 años se encuentran valores de diversidad

próximos a los alcanzados a los 16 años sobre arcosas, y en ambos casos próximos a los obtenidos en D, sobre todo para la orientación norte.

#### 4.2.3.- Estéril (Series E y F).

Para las series sobre estéril de mina (Series E y F), las secuencias de los valores de H' se ven bastante interrumpidas por la falta de muestras de algunas edades, sobre todo de las iniciales e intermedias, por lo que no se puede conocer con exactitud cuál es la tendencia de la diversidad sobre este sustrato.

En la orientación norte (Figura 48.a) la diversidad desciende del primer al quinto año, tanto por el descenso de la riqueza (Figura 49.a) como de la equitabilidad (Figura 49.b), para mantener a partir de los catorce años una tendencia ascendente hasta los veintiuno, a pesar de los descensos locales a los quince y veinte años, coincidiendo con las muestras tomadas el segundo año de muestreo, en las que disminuye tanto la riqueza como la equitabilidad.

En la orientación sur (Figura 48.b) la diversidad desciende del segundo al cuarto año, fundamentalmente por el descenso de la riqueza (Figura 50.a) para mantener a partir de éste una tendencia sólo ligeramente ascendente hasta los veintiún años, aunque con descensos locales a los diez, catorce y veinte años, coincidiendo con las muestras tomadas el segundo año de muestreo, en las que disminuye fundamentalmente la riqueza (Figura 50.a).

A continuación se comparan las secuencias E y F, dentro de los intervalos de edad de los que disponemos de información para ambas orientaciones.

Durante los cinco primeros años los valores de diversidad encontrados son más altos en la orientación sur que en la norte, pero esta diferencia no se debe exclusivamente a la orientación, sino también a la pendiente (ver página 151) y a la distancia de la vegetación “natural” próxima. El punto 28 de orientación norte y el 32 de orientación sur se localizan sobre estéril de gran tamaño, pero difieren en la distancia a la que se encuentra la vegetación “natural” más próxima (menor en 32 que en 28) y en la pendiente; el primero, con una pendiente de 37°, presenta los tres años de muestreo valores de diversidad menores que el segundo, cuya pendiente es de 17°. A su vez, dentro de la serie de estéril sur (Serie F), el tercer año de la sucesión hay diferencias considerables entre los

valores de diversidad de los dos puntos muestreados, siendo la diversidad menor en el punto 31, de mayor pendiente, que en el 32; esto se debe a que el primero presenta menor riqueza específica (Figura 50.a). Por tanto, la pendiente ejerce una influencia clara sobre los valores de diversidad, fundamentalmente, a través de la componente riqueza.

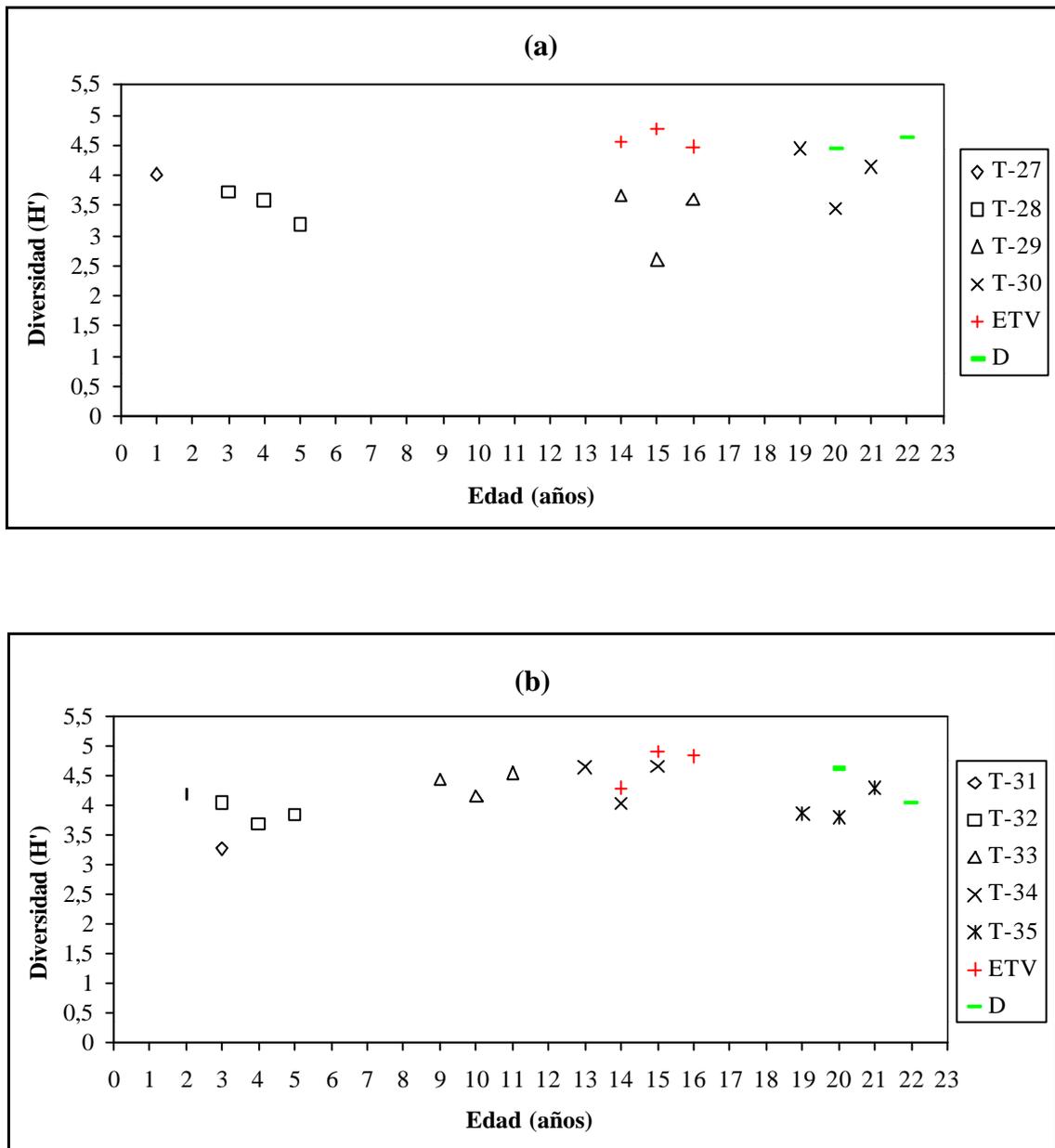
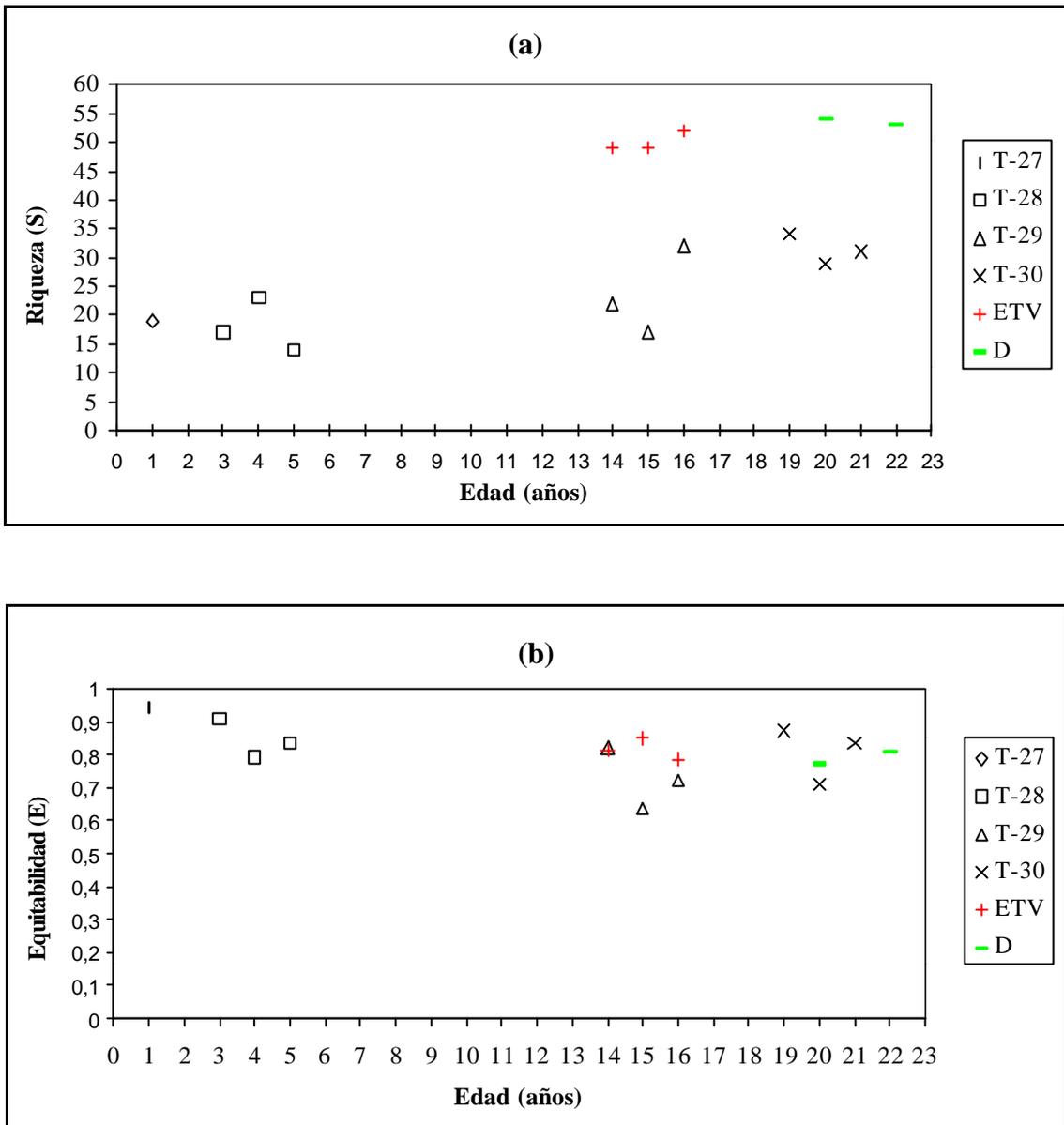


Figura 48. La diversidad durante la sucesión sobre estéril (a) Serie E (Norte) y (b) Serie F (Sur).



**Figura 49.** Componentes de la diversidad para la Serie E (Norte), (a) riqueza y (b) equitabilidad.

A los 14 y 15 años todavía siguen siendo mayores los valores de diversidad en la orientación sur respecto de la norte, tratándose en ambas orientaciones de estéril disgregado sobre fuerte pendiente (37°).

Para las edades más avanzadas de las que se dispone de información (19, 20 y 21 años, tras el abandono), los valores de diversidad, aunque ligeramente más altos en la orientación sur que en la norte, están más próximos entre sí que en edades más jóvenes, a excepción hecha de la muestra de

19 años. Tal vez porque con el tiempo se reducen las diferencias debidas a la orientación, pero tal vez de deba a otro factor de variación; material más disgregado en el sur, que puede favorecer el asentamiento y desarrollo de las plantas más que si el material es más grueso, como sucede en el norte.

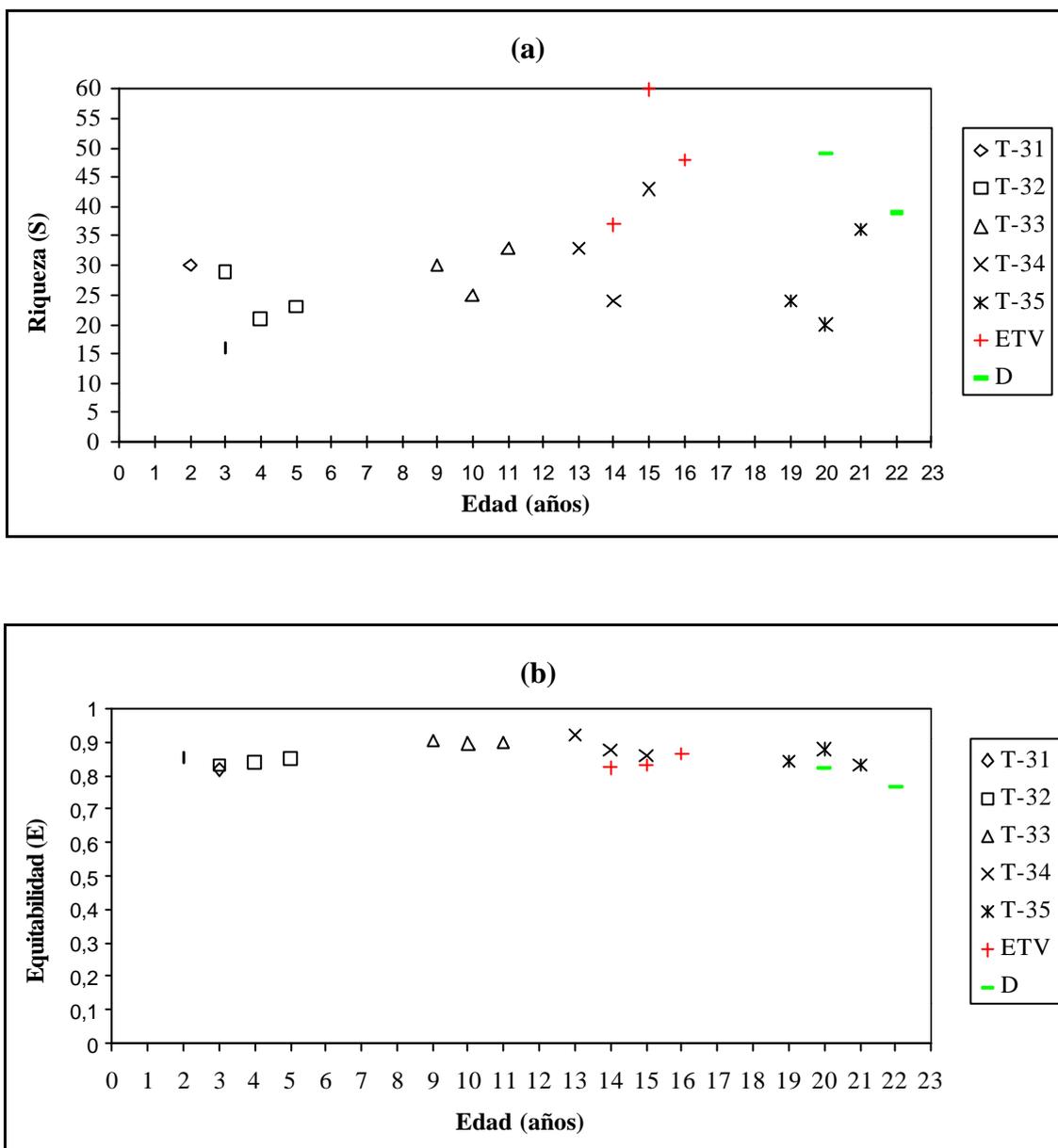


Figura 50. Componentes de la diversidad para la Serie F (Sur), (a) riqueza y (b) equitabilidad.

Mientras que, en la orientación norte, los valores de diversidad del período 14-16 años son bastante diferentes de los de ETV, debido en mayor medida a las diferencias de riqueza (Figura 49), en la orientación sur, están más próximos, debido fundamentalmente a la mayor semejanza de

los valores de equitabilidad. Los valores de diversidad correspondientes a las edades más avanzadas de las series sobre estéril son también más bajos que los correspondientes a la dehesa de referencia, sobre todo en la orientación sur.

#### 4.2.4.- Heterogeneidad espacial.

En las figuras 51 (Arcosas: Serie A = Norte y Serie B = Sur), 52 (Ripado: Serie C = Norte y Serie D = Sur) y 53 (Estéril: Serie E = Norte y Serie F = Sur) aparecen representados los valores de heterogeneidad (Het.) relativos a las series establecidas.

Los valores de heterogeneidad espacial, calculados mediante el índice de Margalef, son en general, bastante altos, si se comparan con los obtenidos en ETV y D, que oscilan entre 0,75 y 1,25 en la orientación norte, y entre 0,6 y 1,75 en la sur.

**Sobre arcosas** (Figura 51), los valores de heterogeneidad oscilan entre 0,75 y 2,25, en ambas orientaciones. Los mayores valores de heterogeneidad se alcanzan, en ambas orientaciones el primer año de las series. El segundo año en la orientación sur se alcanza el segundo más alto valor de heterogeneidad en esa orientación (Het.  $\approx$  1,75), mientras en la norte el descenso es mayor ese segundo año (Het.  $\approx$  1,3), alcanzándose el segundo más alto valor de heterogeneidad a los 5 años (Het.  $\approx$  2). A partir de los 5 años, los valores de heterogeneidad varían bastante de unos años a otros, dentro del intervalo (0,75-1,75) en la orientación norte y del intervalo (1-1,75) en la sur.

Los valores de heterogeneidad espacial durante los cinco primeros años de las series se corresponden bastante bien con la tendencia seguida por los valores de diversidad (Figura 42), por lo que se puede decir, que existe una correspondencia bastante buena entre mayor valor de diversidad a mayor valor de heterogeneidad. Esta correspondencia explica bastante bien por qué en medios nuevos, como es el caso de las escombreras de mina, y en los que las condiciones pueden considerarse severas (en cuanto a características de los sustratos de recubrimiento, ausencia de banco de semillas y suelo estructurados, distancia a zonas próximas de vegetación, etc.) se alcanzan valores tan altos de diversidad, incluso en las edades iniciales de la sucesión.

Es interesante destacar que los valores de heterogeneidad correspondientes al período de 14 a 16 años son similares, sobre todo en la orientación norte, a los encontrados en ETV. Sin

embargo, los valores de heterogeneidad encontrados en la edad más avanzada de las series (16 años), son similares a los encontrados el primer año de muestreo en D. También ocurre lo mismo el tercer año en el norte, pero no en el sur, en el que la heterogeneidad de la dehesa ha disminuido considerablemente respecto al primer año de muestreo; existe una gran variabilidad en D.

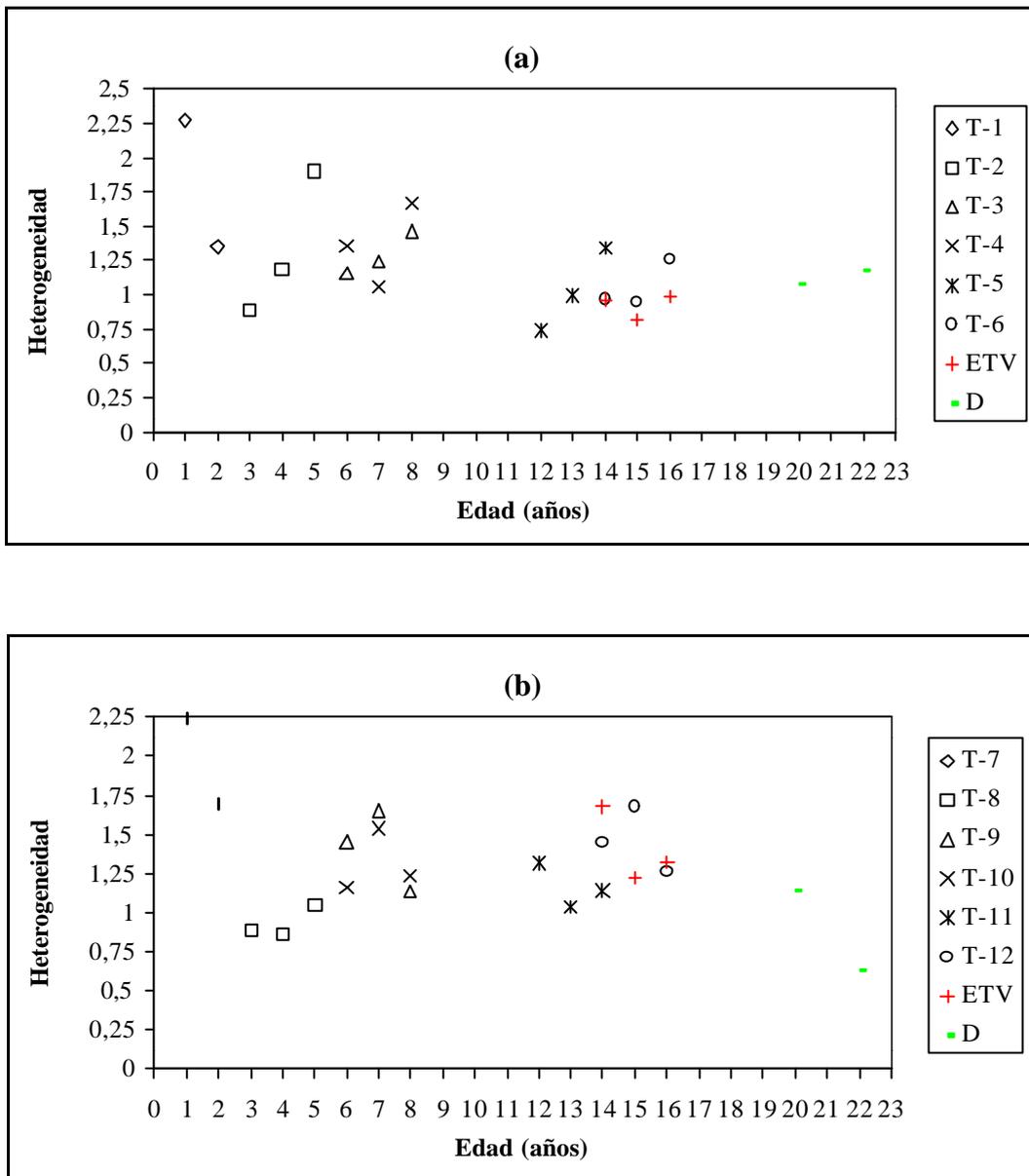


Figura 51. Valores de heterogeneidad sobre arcosas (a) Serie A (Norte) y (b) Serie B (Sur).

**Sobre ripado** (Figura 52), los valores de heterogeneidad oscilan entre 0,88 y 2, en la orientación norte, y entre 1 y 2 en la sur. En este caso el valor de heterogeneidad alcanzado el primer año, en ambas orientaciones (Het.  $\approx 1,25$ ), es bastante inferior al obtenido sobre arcosas. El segundo año en la orientación sur se incrementa notablemente (Het.  $\approx 2$ ), coincidiendo con un importante aumento de diversidad (Figura 45). En la orientación norte, sin embargo, el mayor valor de heterogeneidad (Het.  $\approx 2$ ) se alcanza a los 4 años, coincidiendo con el incremento del valor de diversidad, edad a partir de la cual la diversidad descende, hasta los 5 años, para seguir a partir de ahí una tendencia ascendente.

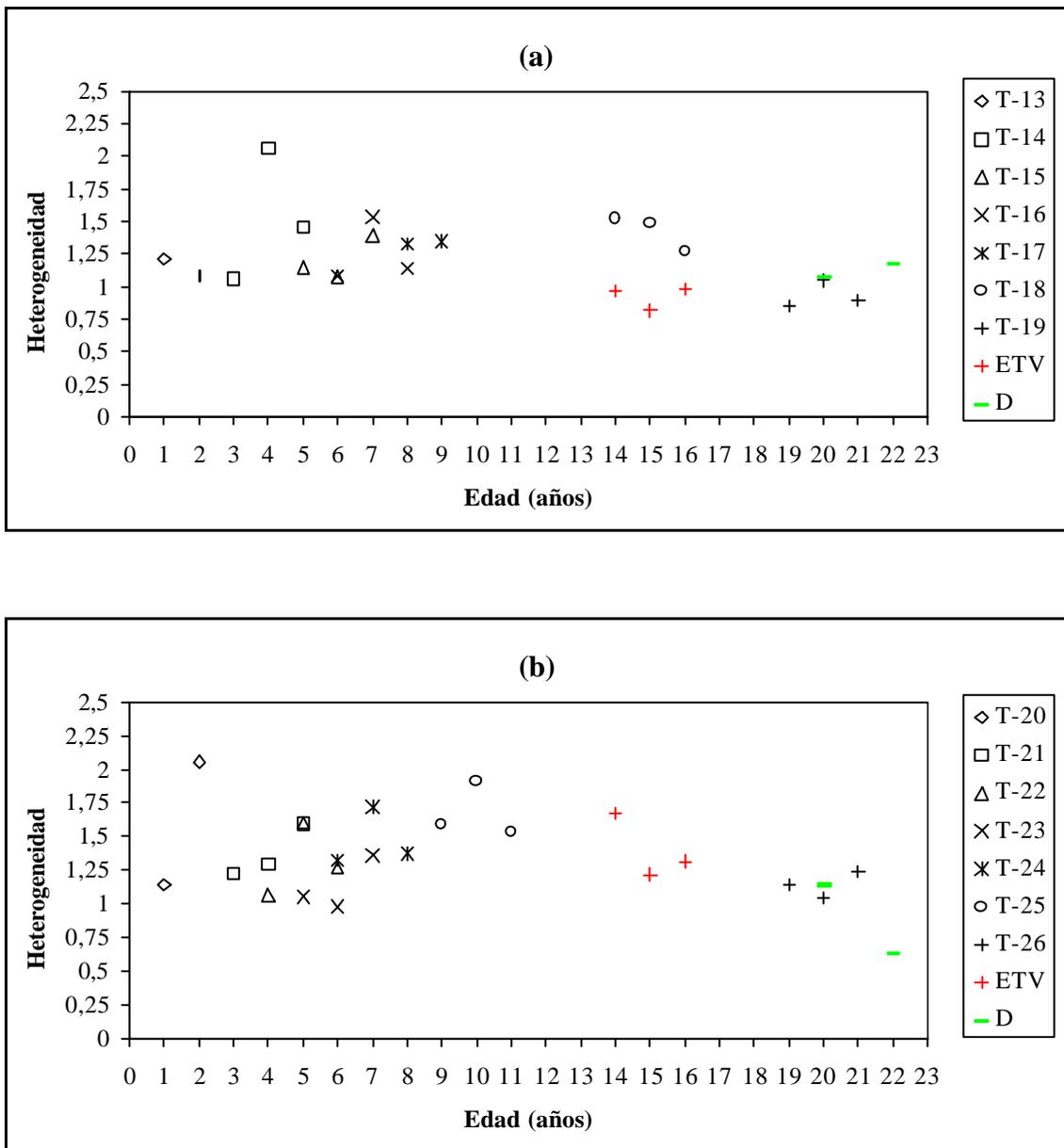


Figura 52. Valores de heterogeneidad sobre ripado (a) Serie C (Norte) y (b) Serie D (Sur).

Sobre ripado la correspondencia de que a mayor valor de heterogeneidad mayor diversidad no está tan clara como sobre arcosas (por ejemplo, a los 3 años en la orientación sur), pero sí se da, en general, en las edades en las que cambia la tendencia de los valores de H'.

En cuanto a los valores de heterogeneidad del período 14-16 años, están más alejados de los correspondientes a ETV que en arcosas, por lo menos en la orientación norte; para la orientación sur se carece de información. Esto indica que el ripado es más heterogéneo que las arcosas a estas edades. Los de las edades más avanzadas de las series también están más próximos a los encontrados en D el primer año de muestreo, igual que en el caso de las arcosas. Pero no se debe olvidar que las series sobre arcosas sólo llegan a los 16 años y sobre ripado alcanzan los 21.

**Sobre estéril** (Figura 53), los valores de heterogeneidad oscilan entre 0,75 y 2,35 en la orientación norte, y entre 1,25 y 2,5 en la sur. Es decir, los valores de heterogeneidad son, en general, más altos en la orientación sur que en la norte, como sucedía con los valores de H' (Figura 48).

En el caso del estéril es más difícil establecer una correspondencia entre mayor valor de diversidad a mayor valor de heterogeneidad, puesto que la secuencia temporal se ve bastante interrumpida, sobre todo en la orientación norte, y existen diferencias importantes en el tamaño del material estéril vertido y en la pendiente de algunos puntos de muestreo. En los primeros cinco años se observa, en ambas orientaciones, que al mayor valor de heterogeneidad correspondiente al primer año de la serie (1 año de edad en la orientación norte y 2 años en la sur) va asociado a la mayor diversidad, aunque el quinto año también se consigue un valor de heterogeneidad similar.

Los valores de heterogeneidad del período 14-16 años son similares a los de ETV, sobre todo en la orientación norte; en ambas orientaciones se trata de estéril disgregado. Respecto a la dehesa de referencia los valores obtenidos para las edades más avanzadas también están más próximos, en la orientación norte que en la sur; en ambas orientaciones se trata de estéril disgregado.

En general, los valores de heterogeneidad sobre estéril son más altos que sobre los otros dos sustratos para cada orientación y edad. Esto ayuda a entender por qué sobre un sustrato tan desfavorable para el asentamiento de la vegetación los valores de diversidad son tan altos en algunos casos.

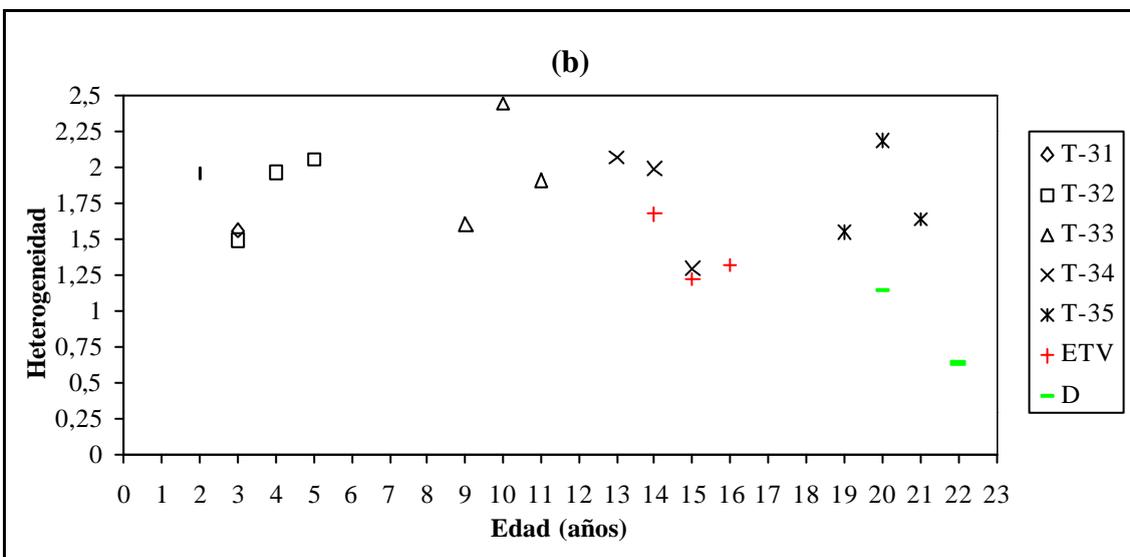
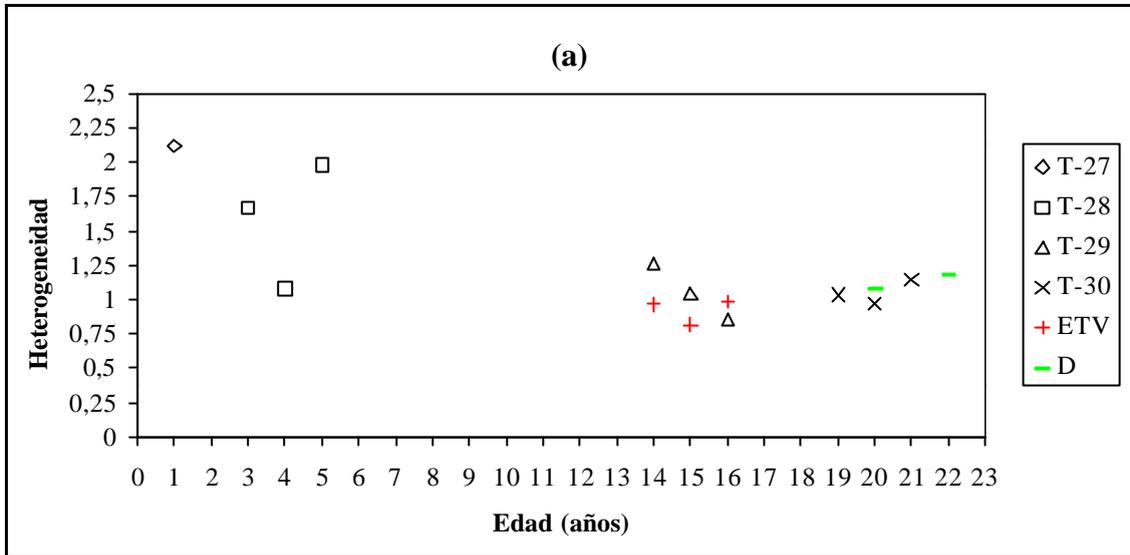


Figura 53. Valores de heterogeneidad sobre estéril (a) Serie E (Norte) y (b) Serie F (Sur).

### 4.3.- DISCUSIÓN.

Los valores de diversidad, comparando edades similares para cada serie, no son idénticos. Existe un entrelazamiento de los planos espacial y temporal, dejando entrever que la estructura de una comunidad depende sólo en parte de un proceso intrínseco. La diversidad, como resultado de la topografía (Puerto *et al.*, 1984) y otras influencias tales como la presión de los herbívoros (Drury y Nisbet, 1973), oscila dentro de una edad determinada y dichas oscilaciones alcanzan márgenes más destacados allí donde las posibilidades de diferenciación se multiplican (Puerto *et al.*, 1984).

En el caso de las Series A y B (sobre arcosas, norte y sur respectivamente), la topografía entre pares de puntos de la misma edad no experimenta variaciones, pero sí existe una diferencia de orientación que puede constituir una influencia adicional y que puede explicar las diferencias en los valores de diversidad. No obstante, salvo por el segundo año de la serie, las tendencias son similares en ambas orientaciones.

Si comparamos los valores de diversidad encontrados sobre arcosas a los encontrados sobre ripado, se observa que, en general, estos últimos son más bajos para todas las edades y fundamentalmente en los dos primeros años. Por eso es lógica la tendencia sobre ripado, en ambas orientaciones, al aumento de diversidad a partir del primer año, mientras que sobre arcosas al partir de valores tan altos de diversidad, en ambas orientaciones, se produce un descenso, por lo menos hasta los tres años, para volver a recuperar la tendencia ascendente a partir de esta edad.

Dejando a un lado las series E y F (Estéril), por estar incompletas, sobre todo en los primeros años, un aspecto de interés lo constituye la caída de los índices de diversidad a distinta edad, según el sustrato de recubrimiento de los taludes. En las series de arcosas (A y B), la tendencia general es a partir de altos valores de diversidad el primer año y a descender hasta los tres años, edad a partir de la cual la diversidad tiende a aumentar a medida que transcurre el tiempo. En las series sobre ripado (C y D), se parte de valores inferiores a los obtenidos sobre arcosas y, tras un aumento de la  $H'$  hasta los cuatro años, en ambas orientaciones, hay un descenso a los cinco años para mantener, a partir de esa edad una tendencia ascendente. Los descensos de la diversidad que tienen lugar en

las edades iniciales no parece que sean debidos, en nuestro caso, a la producción, por parte de las especies más representadas, de sustancias químicas inhibidoras de las especies asociadas, como supone Bazzaz (1975) en un estudio en medios no intervenidos y topografía similar. De ser ese nuestro caso, tras el descenso de  $H'$  (a distinta edad según el sustrato) debería encontrarse un período más o menos largo en el que los valores de diversidad continuaran siendo bajos (tal como los cuatro-diez años que da Bazzaz). Sin embargo, la recuperación es casi inmediata, por lo que parece lógico suponer que, en nuestro estudio la recuperación rápida de los valores de diversidad tras el descenso está ligado más bien a la propia capacidad de crecimiento de las especies, es decir, a su capacidad para la colonización intensiva dentro de unas determinadas condiciones (Puerto *et al.*, 1984).

Un aspecto que llama la atención es el hecho de encontrar valores de diversidad tan altos sobre los tres sustratos, sobre todo en las edades más tempranas de la sucesión, cuando parecía lógico pensar que las condiciones rigurosas en general (incluyendo los ambientes nuevos), mantienen la diversidad baja tanto porque pocas especies pueden resistirlas como por favorecer el fuerte desarrollo de algunas de ellas, particularmente adaptadas (Puerto *et al.*, 1982). No obstante, en nuestro caso no ocurre exactamente esto. Los altos valores de diversidad registrados no siempre son debidos a altos valores de riqueza específica, sino también, y de forma muy importante sobre estéril, a los altos valores de equitabilidad asociados. De hecho, el número de especies que aparece sobre estéril es, en general, menor que el se encuentra sobre arcosas o ripado, para todas las edades. Parece lógico que así sea, puesto que es el sustrato de recubrimiento menos favorable para el asentamiento de la vegetación. También en los primeros años de ripado el número de especies presentes es bajo, sobre todo en la orientación sur.

No obstante, al tratarse de “ambientes nuevos”, no existe una limitación de espacio, por lo menos en un principio, y las especies que logran llegar y establecerse no compiten entre sí, sino que coexisten, estando todas ellas bien representadas y no existiendo, por tanto, efecto de dominancia. Esta realidad se pone de manifiesto en los elevados valores de equitabilidad encontrados, incluso en los primeros años de la sucesión. De hecho, la mayor riqueza de especies en zonas relativamente pobres ha sido relacionada con la menor dominancia de especies de gran amplitud competitiva (Grime, 1979).

Por lo tanto, en la interpretación de la diversidad, no sólo hay que tener en cuenta las características del ambiente, sino también las de las especies (Puerto *et al.*, 1982). Así, Whittaker (1965) ya había apuntado que dada una característica ambiental de tipo severo, hay que contar con las particularidades adaptativas de las especies presentes en el área frente a ella, pues puede ocurrir que ninguna especie presente ventajas de este tipo como para constituirse en claramente dominante sobre las demás, y la diversidad será alta. Es decir, las características ambientales inciden sobre la diversidad principalmente a través del componente riqueza, limitando qué especies pueden estar de las presentes en la zona, y las que sí están cuantifican la segunda componente (uniformidad o equitabilidad) con sus respectivos valores de importancia.

En concreto en el área de estudio, la propia localización de los puntos de muestreo, en cuanto a la distancia que los separa de manchas de vegetación próximas, es una característica del ambiente que determina cuáles van a ser las primeras especies colonizadoras de los taludes, no porque sean necesariamente las más capacitadas para excluir a las otras especies de la zona a largo plazo, sino porque han sido las primeras en llegar; de hecho, suele suceder que las especies que son buenas colonizadoras suelen ser malas competidoras y viceversa. En nuestro estudio, no se debe olvidar tampoco que en los taludes más jóvenes sobre arcosas y ripado se añadieron semillas en la orientación sur, por lo que aparte de las especies pioneras propiamente dichas, también encontraremos otras que sin serlo de forma natural aparecen desde el principio. Una vez que estas especies pioneras han llegado al nuevo talud y se han establecido, gozan de una ventaja competitiva frente a otras especies que se establezcan posteriormente y para las que ese medio también sea “apropiado”. Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los sustratos de recubrimiento de los taludes, que hace de éstos un “pequeño mundo” en mosaico, tanto las especies pioneras como las que se incorporen más tarde pueden coexistir, aunque en lagunas de espacio distintas, incluso si unas especies excluirían siempre a las otras en caso de que compitieran en términos de igualdad (Harper, 1961). Por consiguiente, es erróneo suponer que el resultado de la competencia está siempre determinado por las capacidades competitivas inherentes de las especies en cuestión. Incluso un competidor “inferior” puede excluir a su competidor superior si dispone de suficiente ventaja inicial. Y esto puede fomentar la coexistencia cuando se produce una colonización repetida en un medio nuevo y heterogéneo (Begon *et al.*, 1988), permitiendo que intervengan numerosas especies y/o que se encuentren en general bien representadas, lo que se traduce en altos valores de diversidad ( $H'$ ), incluso en los primeros años de la sucesión. Los estudios de la diversidad y de su

variabilidad en las comunidades vegetales han señalado hasta ahora que los medios más heterogéneos tienen mayor riqueza de especies (Grubb, 1977; Grime, 1985), en base a la multiplicación de la oferta de medios para la supervivencia.

En cuanto a la comparación de los valores de  $H'$  encontrados en ETV y los encontrados a los 14, 15 y 16 años en las distintas series, se observa que dichos valores están muy próximos a los obtenidos sobre arcosas (Series A y B) y sobre ripado (Serie C, puesto que la D carece de valores de  $H'$  de 14 a 16 años de edad), mientras que sobre estéril se ve una clara diferencia, para los valores del período 14-16 años, entre las series E y F (de orientaciones norte y sur, respectivamente) debido no sólo a la orientación sino más bien al tamaño del estéril acumulado que es mayor en la orientación norte. Es decir, en la orientación norte el mayor grosor del estéril aleja considerablemente los valores de  $H'$  del período de 14 a 16 años de la serie de los de ETV, mientras que la proximidad es mayor en la orientación sur, en la que el estéril está bastante más disgregado.

Si se consideran los valores de  $H'$  de D como sistema de referencia de los valores de  $H'$  a los que tenderían estas series, se observa que los valores de  $H'$  correspondientes a las edades más avanzadas de las que se dispone de información en las series, están próximos a los de la D. Esto indica que la tendencia al incremento de la diversidad a lo largo de la sucesión, por lo menos hasta una edad avanzada, ha alcanzado prácticamente a los 20 años sobre ripado y en torno a los 15 sobre arcosas el valor más alto de  $H'$ , y a partir de estas edades el valor de diversidad tenderá, posiblemente, a estabilizarse, fluctuando según el año de muestreo.

En cuanto al sustrato estéril es arriesgado hacer alguna consideración de este tipo puesto que las fluctuaciones interanuales de los valores de  $H'$  son todavía importantes, incluso en las edades más avanzadas de las que se dispone de información (sobre todo en la orientación norte). Parece lógico que exista esta gran variabilidad interanual sobre un sustrato tan heterogéneo, como se ha visto en otros estudios (Puerto *et al.*, 1982), que sufre constantes cambios sobre todo en cuanto a la disgregación de los fragmentos más gruesos, lo que contribuirá a facilitar con el tiempo el asentamiento de la vegetación que llegue.

La alta heterogeneidad espacial que se da sobre los tres sustratos de recubrimiento de los taludes en relación con la encontrada en ETV y D, posiblemente esté ocasionada por cambios en la

capacidad de retención de agua del suelo (Chocarro *et al.*, 1994). Puesto que el resto de los factores (precipitación, temperatura, etc.) son comunes, los cambios en la capacidad de retención de agua del suelo pueden deberse al removimiento que han sufrido los sustratos, que pueden producir variaciones en cuanto a distribución de arcillas (Pardo *et al.*, 1993), o bien simplemente por las características del proceso de vertido, que se realiza sobre material estéril de gran tamaño, pudiendo existir pérdidas de agua más fácilmente en aquellas zonas donde la capa de sustrato vertido sea más fina. Además, este tipo de sustratos tienen un microrelieve muy particular, pequeños rellanos que facilitarán la mayor acumulación de partículas finas (mejor retención de agua, nutrientes, etc.), frente a microzonas con mayor pendiente. En consecuencia las especies se distribuyen heterogéneamente, prefieren las depresiones a las cimas de los surcos y crestas; observación hecha también por Cruz Pardilla (1993).

## **5.- DOMINANCIA.**

### **5.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.**

Las primeras plantas que aparecen en el proceso de sucesión han recibido muchos nombres, como los de oportunistas (aprovechan las oportunidades que les ofrecen los terrenos vacíos), cinetófilas (tienen gran facilidad de dispersión rápida) o pródigas (producen muchas semillas, ya que el encuentro al azar de un terreno favorable lo requiere). Pero lo más corriente es que se denominen pioneras, porque son las que colonizan en primer lugar los suelos perturbados (Pineda *et al.*, 1987). Además de las características citadas, cabe añadir que son poco exigentes en relación con los requerimientos edáficos, por lo que germinan con rapidez en condiciones de alteración del sustrato. Estas especies herbáceas van siendo sustituidas paulatinamente por otras, configurando distintas comunidades.

Hasta cierto punto, el gradiente de la sucesión es una consecuencia necesaria de la colonización gradual de un área por parte de especies de las comunidades circundantes que se encuentran en fases más tardías de la sucesión; es decir, normalmente las etapas tardías están más saturadas de especies. Sin embargo, esto es sólo una parte de la historia, ya que la sucesión es

esencialmente un proceso de sustitución de especies y no de mera adición de especies. Por lo tanto, a lo largo de la sucesión se producirá un efecto de cascada (Begon *et al.*, 1988). Se asiste a un proceso temporal de acomodación, que influye tanto en la presencia o ausencia de determinadas especies como en sus valores relativos, por lo que las dominantes en una determinada fase pueden quedar numéricamente muy reducidas, e incluso desaparecer, en otras.

El proceso de sustitución de especies suele responder a tres variantes (Connell y Slatyer, 1977): facilitación, indiferencia o tolerancia e inhibición.

El rasgo esencial de la sucesión con facilitación, en contraposición a los modelos de tolerancia o inhibición, estriba en que la comunidad en desarrollo impone unos cambios en el ambiente abiótico. Es decir, las especies precedentes modifican el medio de tal forma que se vuelve más favorable para otras especies. Los ejemplos más evidentes se encuentran en las sucesiones primarias.

El modelo de tolerancia o indiferencia tiene lugar cuando una especie sustituye a otra simplemente por el acúmulo de posibilidades que se le presentan con el tiempo, por ejemplo, especies que tardan más en germinar, que en principio cuentan con menos semillas o que éstas tardan más en llegar al lugar de referencia. La sucesiones en campos abandonados constituyen ejemplos de ello.

El modelo de inhibición sugiere que las especies tardías se acumulan gradualmente al sustituir a los individuos precoces que van muriendo. Pero la causa de la muerte no es, como en el caso de la facilitación o la tolerancia, la competencia por los recursos, sino perturbaciones muy locales provocadas por condiciones físicas extremas. Si bien este fenómeno es raro en las dehesas salmantinas (Puerto *et al.*, 1984; Puerto, 1997b), se ha documentado en algunas sucesiones post-cultivo con el establecimiento de maleza productora de sustancias alelopáticas, lo que dificulta el establecimiento de otras especies (Bazzaz, 1975).

Debido al elevado número de especies que aparecen a lo largo del proceso de la sucesión, con objeto de simplificar su estudio, se suele centrar el interés en las especies dominantes. De hecho una de las características más sobresalientes en el curso de la sucesión es la presencia de determinadas especies que llegan a dominar sobre las demás en intervalos más o menos amplios, y son precisamente estas especies las que en gran parte permiten definir una serie de comunidades discretas en unas coordenadas de espacio y tiempo. Sin embargo, cuando las coordenadas se

reducen sólo al eje temporal, se producen algunas alteraciones que impiden la coincidencia completa (Puerto *et al.*, 1984).

A continuación se recogen los resultados del índice de dominancia de Berger-Parker, así como del número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura total, para cada una de las edades de las distintas series. Además, se presentan para cada serie y para el conjunto de las series, las especies dominantes en una serie de intervalos de edad definidos. Como información complementaria se recogen también las especies dominantes en la Dehesa de referencia (D) y en la Escombrara de Tierra Vegetal (ETV).

## 5.2.- RESULTADOS.

### 5.2.1.- ÍNDICE DE BERGER-PARKER Y NÚMERO DE ESPECIES DOMINANTES.

Como se observa en la tabla 31, para las series establecidas, los valores de dominancia relativa son, en general, bajos, mientras que el número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura total es alto, por lo que, en general, no hay un efecto importante de dominancia, excepto en casos puntuales. Destacan, por ejemplo, los altos valores de dominancia relativa encontrados el primer año de las series sobre ripado (Series C y D), acompañados de un bajo número de especies dominantes, a los que correspondían bajos valores de diversidad ( $H'$ ) (Figura 45). Por su parte, en las series sobre arcosas (Series A y B) el primer año los valores de dominancia relativa son bajos y alto el número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura, por lo que les correspondían valores de diversidad considerablemente más altos (Figura 42) que en el caso del ripado.

Teniendo en cuenta que la relación entre dominancia relativa y diversidad es inversa (a mayor dominancia menor diversidad), si se sigue la secuencia de valores de dominancia en las distintas series se observa la correspondencia inversa que mantienen con los valores de diversidad asociados.

Es interesante destacar el hecho de que el mayor valor de dominancia relativa se alcanza sobre estéril norte a los 15 años de edad ( $D = 0,50$ ), aunque también a los 20 años ( $D = 0,43$ ) y a los 16 ( $D = 0,37$ ) se alcanzan altos valores de dominancia. Después de estéril norte es sobre ripado

donde se alcanzan los siguientes más altos valores de dominancia, ocupando las arcosas el último lugar y siendo en ellas donde se dan, en general, los mayores valores de diversidad (Figuras 42, 45 y 48).

**Tabla 31.** Valores del índice de dominancia de Berger-Parker (D) y número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura para cada una de las edades de las distintas series.

Edad	Serie A		Serie B		Serie C		Serie D		Serie E		Serie F	
	D	Nº	D	Nº	D	Nº	D	Nº	D	Nº	D	Nº
1	0,16	13	0,12	11	0,38	3	0,39	3	0,12	10		
2	0,27	8	0,12	14	0,22	4	0,19	8			0,12	9
3	0,25	5	0,25	5	0,15	9	0,23	13	0,16	7	0,24	7
4	0,14	13	0,26	8	0,10	13	0,11	13	0,20	6	0,19	7
5	0,14	12	0,16	8	0,27	9	0,13	13	0,24	5	0,22	8
6	0,20	11	0,22	8	0,13	13	0,14	14				
7	0,11	16	0,16	10	0,16	11	0,16	12				
8	0,10	15	0,20	9	0,17	12	0,12	11				
9							0,10	15			0,11	12
10							0,10	13			0,10	10
11							0,19	12			0,09	12
12	0,09	12	0,11	14								
13	0,16	11	0,27	10							0,08	14
14	0,11	14	0,12	14	0,15	13			0,29	7	0,20	9
15	0,22	8	0,10	15	0,12	13			0,50	3	0,10	12
16	0,18	9	0,08	16	0,11	13			0,37	6		
19					0,11	14	0,15	10	0,12	11	0,18	8
20					0,17	13	0,19	8	0,43	7	0,16	8
21					0,12	15	0,21	9	0,15	9	0,22	11
<b>ETV</b>			(Norte) D = 0,10		Nº = 12		(Sur) D = 0,19		Nº = 13			
<b>Dehesa</b>			(Norte) D = 0,18		Nº = 11		(Sur) D = 0,19		Nº = 11			

El número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura en ETV es menor al encontrado en las edades más avanzadas de las series, excepto en el caso de las series B y C, mientras que la dominancia relativa es más o menos similar. En la dehesa de referencia la dominancia relativa no se aleja mucho de la que corresponde a las edades más avanzadas de las series, salvo en las series B y C en las que la dominancia relativa es bastante menor respecto a la dehesa de referencia. En cuanto al número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura en la dehesa de referencia, es similar a la de las edades más avanzadas de las series, salvo en las series B (Arcosas Sur) y C (Ripado Norte) en las que es mayor respecto a la dehesa.

### 5.2.2.- ESPECIES DOMINANTES.

Teniendo en cuenta las tres especies más abundantes en cada muestra, el número de presencias de cada una de ellas en el conjunto de los cuadrados correspondientes a cada edad (en años) se traduce en un tanto por ciento que mide la certidumbre de dominancia (Puerto *et al.*, 1984). Los resultados que alcanzan o superan el nivel del 20 %, para cada una de las seis series establecidas, para el conjunto de las series y para ETV y D se exponen a continuación.

#### *Serie A.*

<b>1 año:</b>	88 %	<i>Conyza sp.</i>
	50 %	<i>Campanula lusitanica</i>
	38 %	<i>Rumex acetosella</i>
<b>2 años:</b>	88 %	<i>Lactuca sp.</i>
	75 %	<i>Papaver rhoeas</i>
<b>3 años:</b>	100 %	<i>Spergularia rubra</i>
	88 %	<i>Trifolium arvense</i>
	63 %	<i>Corrigiola litoralis</i>
<b>4 años:</b>	100 %	<i>Vulpia ciliata</i>
	88 %	<i>Andryala integrifolia, Trifolium arvense</i>
<b>5 años:</b>	75 %	<i>Vulpia bromoides, Lotus subbiflorus</i>
	38 %	<i>Trifolium glomeratum</i>
<b>6 años:</b>	63 %	<i>Vulpia ciliata, Vicia sativa</i>
	50 %	<i>Lolium rigidum, Jasione montana, Trifolium arvense</i>
	25 %	<i>Galium aparine</i>
<b>7 años:</b>	88 %	<i>Vulpia myuros, Eryngium tenue, Micropyrum tenellum</i>
	44 %	<i>Rumex acetosella</i>
	38 %	<i>Daucus carota, Sanguisorba minor</i>
<b>8 años:</b>	75 %	<i>Lathyrus angulatus</i>
	56 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	44 %	<i>Dactylis glomerata, Jasione montana</i>
	38 %	<i>Daucus carota</i>
	31 %	<i>Cytisus multiflorus</i>
	25 %	<i>Vicia lutea</i>

<b>12 años:</b>	100 %	<i>Leontodon taraxacoides, Trifolium retusum, Vulpia myuros</i>
<b>13 años:</b>	100 %	<i>Lathyrus angulatus, Leontodon taraxacoides, Bromus rubens</i>
<b>14 años:</b>	81 %	<i>Chondrila juncea</i>
	63 %	<i>Bromus tectorum, Trifolium campestre</i>
	44 %	<i>Bromus madritensis</i>
	38 %	<i>Bromus rubens</i>
<b>15 años:</b>	100 %	<i>Trifolium arvense, Bromus rubens, Andryala integrifolia</i>
<b>16 años:</b>	100 %	<i>Bromus rubens, Bromus rigidus, Trifolium arvense</i>

### **Serie B.**

<b>1 año:</b>	50 %	<i>Chenopodium album</i>
	38 %	<i>Vicia sativa, Leontodon taraxacoides</i>
<b>2 años:</b>	50 %	<i>Anthemis arvensis, Ornithopus perpusillus, Hordeum vulgare</i>
<b>3 años:</b>	100 %	<i>Spergularia rubra, Trifolium arvense</i>
	88 %	<i>Logfia minima</i>
<b>4 años:</b>	100 %	<i>Vulpia ciliata, Spergularia rubra</i>
	63 %	<i>Chamaemelum nobile</i>
<b>5 años:</b>	100 %	<i>Vulpia bromoides, Trifolium glomeratum, Spergularia rubra</i>
<b>6 años:</b>	81 %	<i>Rumex acetosella, Tolpis barbata</i>
	69 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	31 %	<i>Agrostis castellana</i>
<b>7 años:</b>	75 %	<i>Rumex acetosella</i>
	50 %	<i>Tolpis barbata, Anthemis arvensis</i>
	44 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	38 %	<i>Agrostis castellana, Cytisus multiflorus</i>
<b>8 años:</b>	94 %	<i>Tolpis barbata</i>
	81 %	<i>Rumex acetosella</i>
	75 %	<i>Chamaemelum nobile</i>
	50 %	<i>Agrostis castellana, Logfia minima</i>
<b>12 años:</b>	100 %	<i>Bromus rubens</i>
	88 %	<i>Trifolium arvense</i>
	63 %	<i>Trifolium retusum</i>
<b>13 años:</b>	100 %	<i>Pulicaria paludosa, Bromus rubens</i>
	88 %	<i>Andryala integrifolia</i>

<b>14 años:</b>	75 %	<i>Bromus rubens</i>
	56 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	43 %	<i>Chamaemelum mixtum</i>
	25 %	<i>Jasione montana</i>
<b>15 años:</b>	100 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	88 %	<i>Bromus rubens, Sanguisorba minor</i>
	50 %	<i>Agrostis castellana</i>
<b>16 años:</b>	100 %	<i>Avena sterilis</i>
	88 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	75 %	<i>Sonchus oleraceus</i>

### Serie C.

<b>1 año:</b>	75 %	<i>Secale cereale</i>
	63 %	<i>Lupinus sp.</i>
	50 %	<i>Cynodon dactylon</i>
<b>2 años:</b>	88 %	<i>Avena sterilis, Lolium rigidum, Hordeum vulgare</i>
	62 %	<i>Lupinus sp.</i>
<b>3 años:</b>	100 %	<i>Hypochoeris radicata</i>
	75 %	<i>Logfia gallica, Verbascum pulverulentum</i>
<b>4 años:</b>	50 %	<i>Conyza sp.</i>
	25 %	<i>Anthyllis cornicina, Vicia lutea</i>
<b>5 años:</b>	93 %	<i>Andryala integrifolia, Trifolium arvense</i>
	50 %	<i>Vicia sativa</i>
	44 %	<i>Trifolium campestre</i>
	38 %	<i>Vulpia myuros</i>
<b>6 años:</b>	68 %	<i>Leontodon taraxacoides, Trifolium arvense</i>
	50 %	<i>Tolpis barbata, Galium aparine, Bromus rigidus</i>
	44 %	<i>Vicia sativa</i>
<b>7 años:</b>	81 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	62 %	<i>Trifolium arvense</i>
	50 %	<i>Vicia sativa</i>
	44 %	<i>Verbascum pulverulentum</i>
<b>8 años:</b>	68 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	63 %	<i>Tolpis barbata, Anthemis arvensis</i>
	50 %	<i>Andryala integrifolia, Anthyllis cornicina</i>
	44 %	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>

<b>9 años:</b>	100 %	<i>Trifolium arvense</i>
	63 %	<i>Trifolium glomeratum, Leontodon taraxacoides</i>
<b>14 años:</b>	100 %	<i>Holcus lanatus</i>
	88 %	<i>Vulpia ciliata</i>
	38 %	<i>Agrostis castellana</i>
<b>15 años:</b>	100 %	<i>Bromus rigidus</i>
	75 %	<i>Avena sterilis, Holcus lanatus</i>
<b>16 años:</b>	100 %	<i>Bromus rigidus</i>
	88 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	63 %	<i>Poa bulbosa</i>
<b>19 años:</b>	100 %	<i>Trifolium angustifolium, Andryala integrifolia</i>
	88 %	<i>Vulpia ciliata</i>
<b>20 años:</b>	100 %	<i>Bromus rubens, Vicia lutea</i>
	50 %	<i>Vulpia ciliata</i>
<b>21 años:</b>	100 %	<i>Trifolium angustifolium, Vicia sativa</i>
	75 %	<i>Trifolium campestre</i>

### **Serie D.**

<b>1 año:</b>	88 %	<i>Polygonum aviculare</i>
	38 %	<i>Secale cereale, Chenopodium album</i>
<b>2 años:</b>	50 %	<i>Fumaria reuteri, Hordeum vulgare</i>
	25 %	<i>Corrigiola litoralis</i>
<b>3 años:</b>	100 %	<i>Bromus rigidus, Vulpia ciliata</i>
	38 %	<i>Trifolium arvense</i>
<b>4 años:</b>	88 %	<i>Tolpis barbata</i>
	75 %	<i>Trifolium arvense</i>
	63 %	<i>Spergularia rubra</i>
	50 %	<i>Vulpia ciliata, Vulpia myuros</i>
	44 %	<i>Hypochoeris radicata</i>
<b>5 años:</b>	75 %	<i>Andryala integrifolia,</i>
	71 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	54 %	<i>Trifolium arvense</i>
	50 %	<i>Spergularia rubra</i>
	46 %	<i>Logfia gallica</i>
	42 %	<i>Anthyllis cornicina</i>
	21 %	<i>Trifolium cherleri</i>

<b>6 años:</b>	75 %	<i>Logfia gallica</i>
	63 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	58 %	<i>Trifolium glomeratum</i>
	46 %	<i>Andryala integrifolia, Anthyllis cornicina, Trifolium angustifolium</i>
	42 %	<i>Spergularia rubra</i>
	29 %	<i>Jasione montana</i>
<b>7 años:</b>	75 %	<i>Sonchus oleraceus</i>
	63 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	56 %	<i>Trifolium angustifolium, Anthyllis cornicina</i>
	31 %	<i>Polycarpon tetraphyllum</i>
<b>8 años:</b>	100 %	<i>Logfia gallica</i>
	75 %	<i>Filago pyramidata, Sonchus oleraceus</i>
<b>9 años:</b>	75 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	63 %	<i>Hypochoeris radicata</i>
	38 %	<i>Corrigiola litoralis</i>
<b>10 años:</b>	75 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	63 %	<i>Avena sterilis</i>
	25 %	<i>Cytisus multiflorus</i>
<b>11 años:</b>	100 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	63 %	<i>Holcus setiglumis</i>
	38 %	<i>Corrigiola litoralis</i>
<b>19 años:</b>	100 %	<i>Dactylis glomerata, Phagnalon saxatile</i>
	88 %	<i>Plantago afra</i>
<b>20 años:</b>	88 %	<i>Dactylis glomerata, Tolpis barbata</i>
	75 %	<i>Phagnalon saxatile</i>
<b>21 años:</b>	100 %	<i>Phagnalon saxatile</i>
	75 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	50 %	<i>Trifolium arvense</i>

### **Serie E.**

<b>1 año:</b>	38 %	<i>Andryala integrifolia</i>
<b>3 años:</b>	100 %	<i>Conyza sp.</i>
	75 %	<i>Filago pyramidata</i>
	63 %	<i>Andryala integrifolia</i>
<b>4 años:</b>	75 %	<i>Trifolium arvense, Vicia sativa</i>
	63 %	<i>Andryala integrifolia</i>

<b>5 años:</b>	63 %	<i>Holcus setiglumis</i>
	50 %	<i>Trifolium arvense</i>
	38 %	<i>Vicia sativa</i>
<b>14 años:</b>	100 %	<i>Holcus lanatus</i>
	88 %	<i>Poa bulbosa</i>
	75 %	<i>Trifolium arvense</i>
<b>15 años:</b>	100 %	<i>Poa bulbosa</i>
	63 %	<i>Holcus mollis</i>
	38 %	<i>Holcus setiglumis</i>
<b>16 años:</b>	100 %	<i>Poa bulbosa, Vulpia ciliata</i>
	63 %	<i>Trifolium arvense</i>
<b>19 años:</b>	100 %	<i>Bromus rigidus</i>
	88 %	<i>Avena sterilis</i>
	75 %	<i>Vulpia ciliata</i>
<b>20 años:</b>	100 %	<i>Bromus rubens</i>
	63 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
<b>21 años:</b>	88 %	<i>Leontodon taraxacoides, Vicia sativa</i>
	63 %	<i>Lathyrus angulatus</i>

### **Serie F.**

<b>2 año:</b>	63 %	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>
	50 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	38 %	<i>Lotus subbiflorus</i>
<b>3 años:</b>	56 %	<i>Conyza sp., Vulpia ciliata</i>
	50 %	<i>Trifolium arvense</i>
<b>4 años:</b>	88 %	<i>Silene inaperta</i>
	63 %	<i>Spergularia rubra</i>
<b>5 años:</b>	88 %	<i>Spergularia rubra</i>
	63 %	<i>Silene inaperta</i>
<b>9 años:</b>	88 %	<i>Conyza sp.</i>
	75 %	<i>Sonchus oleraceus</i>
	63 %	<i>Vulpia ciliata</i>
<b>10 años:</b>	63 %	<i>Conyza sp.</i>
	38 %	<i>Daucus carota</i>

<b>11 años:</b>	38 %	<i>Sonchus oleraceus</i> , <i>Andryala integrifolia</i>
	25 %	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>
<b>13 años:</b>	63 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	50 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	25 %	<i>Ruta montana</i>
<b>14 años:</b>	63 %	<i>Sonchus oleraceus</i>
	50 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	38 %	<i>Papaver rhoeas</i>
<b>15 años:</b>	100 %	<i>Chamaemelum nobile</i>
	75 %	<i>Vulpia ciliata</i>
	38 %	<i>Vicia sativa</i>
<b>19 años:</b>	88 %	<i>Leontodon taraxacoides</i> , <i>Avena sterilis</i>
	63 %	<i>Plantago afra</i>
<b>20 años:</b>	50 %	<i>Tolpis barbata</i>
	38 %	<i>Sonchus oleraceus</i>
<b>21 años:</b>	100 %	<i>Phagnalon saxatile</i>
	75 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	38 %	<i>Plantago afra</i>

**Para el conjunto de las series (A, B, C, D, E y F).**

<b>1 año:</b>	38 %	<i>Conyza</i> sp.
	28 %	<i>Secale cereale</i>
	25 %	<i>Cynodon dactylon</i>
<b>2 años:</b>	38 %	<i>Avena sterilis</i> , <i>Hordeum vulgare</i>
	35 %	<i>Lolium rigidum</i>
	20 %	<i>Lactuca</i> sp., <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Anthemis arvensis</i> , <i>Fumaria reuteri</i> , <i>Anarrhinum bellidifolium</i> , <i>Andryala integrifolia</i>
<b>3 años:</b>	55 %	<i>Spergularia rubra</i>
	54 %	<i>Vulpia ciliata</i>
	52 %	<i>Trifolium arvense</i>
	43 %	<i>Conyza</i> sp
	41 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	39 %	<i>Trifolium glomeratum</i>
	29 %	<i>Hypochoeris radicata</i> , <i>Logfia gallica</i>
	27 %	<i>Logfia minima</i>
	21 %	<i>Bromus rigidus</i>

<b>4 años:</b> 61 %	<i>Spergularia rubra</i>
	57 % <i>Andryala integrifolia</i> , <i>Trifolium arvense</i>
	55 % <i>Hypochoeris radicata</i>
	43 % <i>Vulpia ciliata</i>
	38 % <i>Tolpis barbata</i>
	36 % <i>Conyza</i> sp.
	27 % <i>Vulpia myuros</i>
<b>5 años:</b> 65 %	<i>Trifolium arvense</i>
	56 % <i>Andryala integrifolia</i>
	50 % <i>Spergularia rubra</i>
	40 % <i>Hypochoeris radicata</i>
	39 % <i>Trifolium glomeratum</i>
	38 % <i>Logfia gallica</i>
	36 % <i>Leontodon taraxacoides</i>
	33 % <i>Vulpia bromoides</i>
	29 % <i>Vulpia myuros</i>
<b>6 años:</b> 61 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	56 % <i>Leontodon taraxacoides</i>
	49 % <i>Logfia gallica</i> , <i>Tolpis barbata</i>
	47 % <i>Vulpia ciliata</i> , <i>Trifolium arvense</i>
	43 % <i>Rumex acetosella</i>
	39 % <i>Trifolium glomeratum</i>
	25 % <i>Lolium rigidum</i> , <i>Vicia sativa</i> , <i>Bromus rigidus</i>
	24 % <i>Jasione montana</i>
	21 % <i>Trifolium angustifolium</i> , <i>Spergularia rubra</i>
<b>7 años:</b> 63 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	36 % <i>Leontodon taraxacoides</i> , <i>Sonchus oleraceus</i>
	33 % <i>Rumex acetosella</i>
	31 % <i>Trifolium arvense</i> , <i>Tolpis barbata</i>
	27 % <i>Vulpia myurus</i> , <i>Agrostis castellana</i> , <i>Jasione montana</i>
	22 % <i>Daucus carota</i>
	20 % <i>Eryngium tenue</i>
<b>8 años:</b> 54 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	52 % <i>Tolpis barbata</i> , <i>Andryala integrifolia</i>
	45 % <i>Rumex acetosella</i>
	32 % <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Sonchus oleraceus</i>
	30 % <i>Logfia gallica</i> , <i>Filago pyramidata</i>
	29 % <i>Agrostis castellana</i>
	27 % <i>Lathyrus angulatus</i> , <i>Anthemis arvensis</i>
	25 % <i>Jasione montana</i>
	21 % <i>Chamaemelum nobile</i>
<b>9-11 años:</b>	54 % <i>Andryala integrifolia</i>
	52 % <i>Conyza</i> sp.
	46 % <i>Avena sterilis</i>

	45 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	41 %	<i>Vulpia ciliata</i> , <i>Sonchus oleraceus</i>
	23 %	<i>Hypochoeris radicata</i>
<b>12 años:</b>	100 %	<i>Bromus rubens</i>
	94 %	<i>Trifolium arvense</i>
	88 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	81 %	<i>Trifolium retusum</i>
	75 %	<i>Vulpia myuros</i>
<b>13 años:</b>	75 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	67 %	<i>Bromus rubens</i>
	58 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	46 %	<i>Lathyrus angulatus</i> , <i>Pulicaria paludosa</i>
	21 %	<i>Dactylis glomerata</i>
<b>14 años:</b>	55 %	<i>Leontodon taraxacoides</i> , <i>Vulpia ciliata</i>
	46 %	<i>Chondrila juncea</i>
	45 %	<i>Bromus tectorum</i>
	41 %	<i>Trifolium arvense</i>
	39 %	<i>Holcus lanatus</i>
	38 %	<i>Sonchus oleraceus</i> , <i>Bromus rubens</i>
	23 %	<i>Trifolium campestre</i> , <i>Agrostis castellana</i>
<b>15 años:</b>	60 %	<i>Bromus rubens</i>
	58 %	<i>Trifolium arvense</i>
	55 %	<i>Bromus rigidus</i>
	50 %	<i>Andryala integrifolia</i> , <i>Leontodon taraxacoides</i>
	43 %	<i>Avena sterilis</i>
	38 %	<i>Vulpia ciliata</i>
	30 %	<i>Agrostis castellana</i>
	28 %	<i>Chamaemelum nobile</i>
	23 %	<i>Sanguisorba minor</i> , <i>Poa bulbosa</i>
	20 %	<i>Holcus mollis</i> , <i>Holcus setiglumis</i>
<b>16 años:</b>	75 %	<i>Trifolium arvense</i> , <i>Leontodon taraxacoides</i>
	72 %	<i>Bromus rigidus</i>
	59 %	<i>Avena sterilis</i> , <i>Vulpia ciliata</i>
	41 %	<i>Bromus rubens</i> , <i>Poa bulbosa</i>
	38 %	<i>Sonchus oleraceus</i>
<b>19 años:</b>	88 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	78 %	<i>Avena sterilis</i>
	69 %	<i>Andryala integrifolia</i>
	59 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	53 %	<i>Vulpia ciliata</i> , <i>Bromus rigidus</i>
	38 %	<i>Plantago afra</i>
	34 %	<i>Phagnalon saxatile</i> , <i>Trifolium angustifolium</i>

<b>20 años:</b>	59 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	56 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	50 %	<i>Bromus rubens</i>
	34 %	<i>Tolpis barbata</i>
	28 %	<i>Sonchus oleraceus</i>
	25 %	<i>Vulpia ciliata, Vicia lutea, Phagnalon saxatile</i>
<b>21 años:</b>	81 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	56 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	53 %	<i>Vicia sativa</i>
	50 %	<i>Plantago afra</i>
	38 %	<i>Trifolium angustifolium</i>
	34 %	<i>Phagnalon saxatile, Trifolium arvense</i>
	31 %	<i>Lathyrus angulatus</i>

### ***Dehesa de referencia (D)***

<b>20-22 años</b> tras exclusión del ganado:	91 %	<i>Xolantha guttata</i>
	84 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	63 %	<i>Agrostis castellana</i>
	53 %	<i>Poa bulbosa</i>
	38 %	<i>Trifolium campestre</i>
	34 %	<i>Trifolium cherleri</i>
	28 %	<i>Herniaria glabra y Vulpia ciliata</i>

### ***Escombrera de Tierra Vegetal (ETV).***

<b>14 años:</b>	88 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	56 %	<i>Medicago polymorpha</i>
	44 %	<i>Trifolium campestre</i>
	38 %	<i>Tolpis barbata</i>
	25 %	<i>Periballia involucrata</i>
<b>15 años:</b>	100%	<i>Dactylis glomerata</i>
	94 %	<i>Galium aparine</i>
	88 %	<i>Leontodon taraxacoides</i>
	81 %	<i>Bromus rubens</i>
	50 %	<i>Trifolium campestre</i>

<b>16 años:</b>	100 %	<i>Dactylis glomerata</i>
	63 %	<i>Agrostis castellana</i>
	63 %	<i>Medicago polymorpha</i>
	50 %	<i>Lathyrus angulatus</i>
	25 %	<i>Ononis repens</i>

### 5.3.- DISCUSIÓN.

A la vista de los resultados, obtenidos por el momento, sobre la sucesión en los taludes de las escombreras de Mina Fe, posiblemente sean los modelos de facilitación e indiferencia los que primen frente al de inhibición, al igual que en la sucesión post-cultivo que tiene lugar en las zonas de dehesa (Puerto *et al.*, 1984; Puerto, 1997b).

En la sucesión cultivo-pastizal de zonas de dehesa, debido al pequeño tamaño de los cultivos y a la alternancia con amplias zonas de pasto maduro, es posible afirmar que todas o casi todas las especies que van a aparecer durante la sucesión se encuentran en cualquier momento en el banco de semillas del suelo, haciéndose presentes cuando la indiferencia o la facilitación lo permitan (Puerto, 1997b).

Sin embargo, en el caso de los taludes de escombrera de Mina Fe, la no existencia de un banco de semillas bien estructurado y completo, así como, en muchos casos, las grandes dimensiones de los taludes inducen a pensar que las especies que aparezcan en ellos serán, en gran parte, aquellas que se encuentren en las proximidades, por lo que la alternancia de manchas de vegetación en el entorno de la mina puede ser clave para favorecer la revegetación de estos taludes, al permitir una más rápida colonización de las especies. Una vez establecidas las primeras especies, la facilitación y la indiferencia, sobre todo sobre estéril, determinarán la secuencia de especies a lo largo de la sucesión, en estas zonas. En el caso de arcosas y ripado también intervienen las especies que puedan contener estos sustratos, así como las añadidas. Lo que ocurre es que facilitación y, sobre todo, la indiferencia son muy dependientes en sus respuestas a las condiciones externas, representadas por la prolongada actuación humana sobre el territorio y, por tanto, por la historia que ha seguido el sistema. Esto es decisivo para comprender la sucesión en estos ambientes nuevos, influenciados inevitablemente por su entorno más inmediato, en este caso la dehesa. Pero además, existen condiciones locales, particularidades de los distintos puntos de muestreo seleccionados, que

también van a condicionar el tipo de vegetación que se encuentre al final de la sucesión (Begon *et al.*, 1988).

Los valores de dominancia relativa y el número de especies que constituyen el 70% de la cobertura total, en los distintos sustratos, sugieren que las arcosas contienen desde el principio más semillas que los otros dos sustratos, además de las que vayan llegando con los años. El ripado parece contener menos semillas, siendo en su caso el aporte externo de zonas próximas muy importante. El estéril apenas contiene semillas, por lo que prácticamente todo el aporte es externo, a pesar de encontrarse en él mayor número de especies dominantes que sobre ripado.

### **Para el conjunto de las series.**

Los bajos valores de dominancia que, en general, se encuentran en las distintas series se corresponden con altos valores no sólo de riqueza de especies sino también de diversidad. La mayor riqueza de especies en zonas relativamente pobres ha sido relacionada con la menor dominancia de especies de gran aptitud competitiva (Grime 1979).

El hecho de que la dominancia relativa en la dehesa de referencia sea similar o incluso menor que en las edades más avanzadas de las series, puede ser debido a la exclusión del ganado desde hace 20-22 años (en el momento de los muestreos), por lo que se ha perdido en gran medida su efecto sobre la selección del pasto. De haber seguido sometida la dehesa de referencia a pastoreo, posiblemente se hubieran encontrado mayores valores del índice de dominancia relativa y menor número de especies dominantes, como se pone de manifiesto en la bibliografía (Puerto *et al.*, 1984; Tilyanova y Mironycheva-Tokavera, 1990).

Los resultados del apartado anterior ponen de manifiesto que la sucesión sigue un ritmo distinto según el sustrato y la orientación, factores que determinan, entre otros, qué especies y en qué momento cobran importancia en la secuencia. Por supuesto todo ello está condicionado también por las características de la vegetación más próxima y de los distintos puntos de muestreo.

Sin embargo, con objeto de encontrar algunas pautas comunes se sigue, a modo de hilo conductor, los resultados correspondientes al conjunto de las series, aunque haciendo referencia a las particularidades encontradas en ellas.

Está ampliamente admitido que la distribución espacial de las plantas refleja la distribución de los factores que condicionan su desarrollo (Goodall, 1970). Sin embargo, cuando se intentan detectar patrones de distribución a pequeña escala y de baja intensidad, resulta difícil diferenciar hasta qué punto son los factores medio-ambientales los que determinan la existencia de diferencias en la vegetación, o se debe al azar el que una especie (de entre todas las posibles) se haya instalado primero en un lugar (Greig Smith, 1983).

El primer año tras la clausura son distintas las especies que aparecen en cada sustrato y orientación, aunque, para el conjunto de las series, la más representada es la compuesta *Conyza* sp., seguida de la gramínea *Secale cereale*, que fue introducida mediante siembra a voleo, y de la gramínea perenne *Cynodon dactylon*. No obstante, puesto que no hay un efecto claro de dominancia ese primer año, excepto sobre ripado, conviene considerar prácticamente todas las especies presentes, puesto han sido las primeras capaces de establecerse de entre las que hayan podido llegar. Entre ellas destacan *Andryala integrifolia* (sobre estéril), *Polygonum aviculare*, *Lupinus* sp., *Chenopodium album*, *Rumex acetosella*, *Vicia sativa* y *Leontodon taraxacoides*.

El segundo año, las especies más representadas han cambiado totalmente y son más numerosas, aunque igual que ocurría el primer año ninguna destaca realmente sobre las demás, para el conjunto de las series. Las más representadas son las gramíneas *Avena sterilis* y *Hordeum vulgare*, esta última introducida también en la siembra a voleo, seguidas de *Lolium rigidum* y de numerosas especies pertenecientes a diversas familias, fundamentalmente compuestas (*Lactuca* sp., *Anthemis arvensis*, *Andryala integrifolia*) y también escrofularáceas (*Anarrhinum bellidifolium*) y papaveráceas (*Papaver rhoeas*, *Fumaria reuteri*).

Es importante destacar que de las especies más importantes el primer año, sólo *Lupinus* sp. y *Andryala integrifolia* siguen presentes el segundo año, aunque la primera haya perdido importancia y la segunda la haya ganado. Otras especies no muy representada son *Ornithopus perpusillus* (sobre arcosas) y *Corrigiola litoralis* y *Lotus subbiflorus* (sobre estéril).

Salvo por la presencia de *Andryala integrifolia*, las especies “dominantes” el segundo año también son distintas a las del tercero y sigue aumentando el número de especies más representadas. Esto indica que durante estos tres primeros años están llegando numerosas especies que posteriormente competirán por los recursos y el espacio, determinando en los años siguientes una sustitución más gradual de unas especies por otras. El cambio rápido y brusco de unas especies

dominantes por otras en los tres primeros años de la sucesión se da incluso cuando se analizan independientemente las secuencias sucesionales de las seis series definidas en un principio.

La especie más representada el tercer año de la sucesión es la cariofilácea *Spergularia rubra*, seguida muy de cerca de la gramínea *Vulpia ciliata* y de la leguminosa *Trifolium arvense*. Sin embargo, se han incorporado también numerosas compuestas que se irán haciendo más patentes con el paso de los años. Así como van cobrando importancia algunas compuestas que aparecen desde el principio (*Conyza* sp. y *Andryala integrifolia*), y la cariofilácea *Corrigiola litoralis* que había aparecido el segundo año.

*Spergularia rubra* se hace notable entre los tres y los seis años, haciéndose preponderante sobre arcosas sur a los 3, 4 y 5 años tras el abandono, y presentando proporciones importantes para esos mismos años en la orientación norte. Sobre ripado alcanza proporciones importantes a los 4, 5 y 6 años y sobre estéril a los 4-5 años. Es decir, se trata de una especie característica de las edades tempranas de la sucesión, fundamentalmente sobre arcosas.

*Vulpia ciliata* se encuentra, a veces con densidades elevadas, hacia los 3-4 años sobre ripado, y hacia los 4-6 años sobre arcosas, siendo no obstante sus valores muy variables, y conservando proporciones altas en edades más avanzadas de la sucesión (14-16 años y 19-20 años), fundamentalmente sobre ripado y estéril.

*Trifolium arvense* se hace notable el tercer año y su presencia cobra importancia hasta los 5 años, edad a la que se hace preponderante y a partir de ahí decae gradualmente, conservando sin embargo proporciones altas en edades más avanzadas de la sucesión, que incluso a los 12 y 16 años superan los valores alcanzados el quinto año. Es decir existe un gran desequilibrio de esta especie hacia las situaciones finales.

Cabe destacar el hecho de que las compuestas son muy numerosas y aparecen bien representadas, en casi todas las edades tras el abandono de las que se dispone de información. De entre ellas, *Andryala integrifolia* aparece ya el primer año, sobre estéril de mina, como única especie preponderante e incrementa su presencia sobre este sustrato el segundo año, permaneciendo hasta el cuarto con proporciones importantes, reaparece a los 11 años con proporciones similares y se hace preponderante a los 13. Sobre ripado esta especie aparece con

proporciones moderadas a los 5-6 años, dependiendo de la orientación, no haciéndose notable su presencia hasta los 6-8 años y preponderante a los 10-11, y conservando esta preponderancia en edades más avanzadas de la sucesión (19 años), fundamentalmente en la orientación norte, en zonas de fuerte pendiente e influencia de *Cytisus multiflorus*. Sobre arcosas la presencia de *Andryala integrifolia* se hace preponderante a los 4 años, fundamentalmente en la orientación norte, y a los 13 en la sur, conservando proporciones preponderantes también a los 15 años, fundamentalmente en la orientación norte. A la vista de los resultados, puede decirse que en el área de estudio *Andryala integrifolia* es una especie pionera (1-4 años) en los sustratos más desfavorecidos (estéril), y a medida que mejoran las condiciones de los mismos (arcosas y ripado) su presencia como preponderante se retrasa en el tiempo, haciéndose realmente importante entre los 10-15 años y conservando proporciones elevadas incluso en edades más avanzadas.

Entre los tres y los cinco años se hace notable, fundamentalmente sobre ripado, la presencia de otra compuesta *Hypochoeris radicata*, que también conserva proporciones apreciables a los 9 años. Sobre ripado se hace preponderante a los 3 años en la orientación norte y aparece a los 4 en la sur con proporciones importantes, aunque no se hace preponderante hasta los 5 años, volviendo a serlo de nuevo a los 9 años, en situaciones de fuerte pendiente.

*Conyza* sp. es una compuesta que aparece en edades tempranas de la sucesión alcanzando mayor importancia en la orientación norte que en la sur. Así el primer año tras el abandono es preponderante sobre arcosas norte, mientras que sobre estéril predomina a los 3 años y sobre ripado alcanza proporciones importantes a los 4. No obstante, conserva también proporciones preponderantes alrededor de los 9-10 años sobre estéril de gran tamaño y fuerte pendiente.

Otra compuesta de gran interés es *Leontodon taraxacoides*. Puede considerarse como buena indicadora de las zonas en las que la sucesión está más avanzada, ya que su importancia a distinta edad, según el sustrato y la orientación, se corresponde bastante bien con el gradiente de condiciones, de más a menos extremas, que se detecta en los dendrogramas globales ([apartado 3.1](#), Capítulo III). Esta especie, sobre el sustrato menos favorable que es el estéril, tarda bastantes años en hacerse notar, apareciendo con proporciones elevadas junto a otras especies a los 19 años tras el abandono y haciéndose preponderante a los 21 años, edad a partir de la cual ya no disponemos de información. Sobre un sustrato más favorable, como es el ripado, aparece a los 5-6 años, según la orientación (antes en la sur que en la norte), se mantiene hasta los 9 años como especie

preponderante en compañía de otras y vuelve a dominar en torno a los 16 años en zonas de fuerte pendiente y orientación norte. Sobre arcosas la presencia de esta especie es más variable viéndose favorecida su presencia en la orientación sur, en la que aparece el primer año tras el abandono con proporciones importantes que aumentan entre los 6-7 años y la hacen preponderante a los 14-16 años. En la orientación norte sobre arcosas, la especie no aparece con proporciones altas hasta los 8 años y se hace preponderante a los 12-13 años.

*Logfia gallica* es una compuesta cuya presencia se hace notable únicamente sobre ripado. A los tres años se hace preponderante en la orientación sur, mientras que en la norte no aparece con cierta importancia hasta los cinco, aunque se hace preponderante a los 6-8 años.

*Tolpis barbata* es una compuesta cuya presencia se hace notar ya a los 4 años, fundamentalmente sobre ripado, aunque se hace preponderante entre los 6-8 años en compañía de otras especies, y sólo mantiene proporciones altas en edades avanzadas de la sucesión (20 años) sobre el sustrato menos favorecido (estéril).

Otras especies asociadas al período 6-8 años tras el abandono son la poligonácea *Rumex acetosella* y la campanulácea *Jasione montana*. De ellas, la primera aparece ya el primer año tras el abandono con proporciones importantes sobre arcosas pero destaca su presencia en el período 6-8 años, en el que se hace preponderante sobre este sustrato. Tanto *Tolpis barbata*, como *Jasione montana* y *Rumex acetosella* aparecen asociadas a altas coberturas de *Cytisus multiflorus*, fundamentalmente sobre arcosas.

*Sonchus oleraceus* es una compuesta, de presencia muy variable, característica de la orientación sur. Su presencia se hace notable, en compañía de otras especies, sobre ripado y estéril entre los 7-9 años (apareciendo antes sobre ripado que sobre estéril), aunque sobre estéril mantiene proporciones importantes en las edades siguientes, por lo menos hasta los 20 años.

De las leguminosas cobran singular interés *Trifolium glomeratum* y *Trifolium angustifolium*, de las que la primera precede en el tiempo a la segunda por su importancia dentro de la secuencia. *Trifolium glomeratum* se hace notable a los 5-6 años, aunque también a los 9 mantiene proporciones importantes sobre ripado norte. No obstante, sobrepasados los 6 años, y sobre todo hacia las edades más avanzadas (19-21 años) se hace notable *Trifolium angustifolium*.

De entre las gramíneas, *Vulpia myuros* se encuentra, a veces con densidades elevadas, hacia los 12 años, siendo no obstante sus valores muy variables. La presencia de *Agrostis castellana* se hace notable en el intervalo 6-8 años, fundamentalmente sobre arcosas, mientras que sobre ripado no destaca hasta los 14-15, edades a las que también está presente con proporciones importantes sobre arcosas. Se trata, por tanto, de una especie de presencia muy variable según el sustrato (arcosas y ripado), que no destaca en los primeros veintiún años tras el abandono sobre estéril, y que presenta un gran desequilibrio hacia situaciones intermedias de la sucesión, en los otros dos sustratos. *Dactylis glomerata* comienza a hacerse notar en edades intermedias de la sucesión (8-13 años) aunque es característica de las etapas finales de las series (19-21 años), presentando no obstante una gran variabilidad. *Bromus rubens* se hace muy notable en el intervalo 12-16 años, en todos los sustratos, siendo preponderante en ese mismo período sobre arcosas, y conservando proporciones altas en edades más avanzadas de la sucesión, por lo menos sobre ripado y estéril, ya que de arcosas no se dispone de información a partir de los 16 años. Otra especie del género *Bromus* que cobra singular interés es *Bromus rigidus* que precede en el tiempo a *Bromus rubens*, aunque con proporciones bajas, haciéndose notable su presencia a los 15-16 años y preponderante a los 16, edad a la que *Bromus rubens* deja de serlo. *Bromus rigidus* también mantiene proporciones altas similares a las de *Bromus rubens* en edades más avanzadas de la sucesión. Es decir, *Bromus rigidus*, que aparece antes en la serie, tarda más en destacar entre las especies “dominantes”, lo que tiene lugar a los 15 años, haciéndose preponderante a los 16, e invirtiéndose a esta edad la importancia dentro de la secuencia de estas dos especies del mismo género.

Entre las demás especies, las más relevantes son *Anthemis arvensis*, *Lactuca* sp., *Fumaria reuteri* y *Anarrhinum bellidifolium* al principio de la sucesión, y *Phagnalon saxatile* y *Plantago afra* hacia el final (19-21 años), ligadas estas últimas a zonas de fuerte pendiente y trasiego de vehículos que levantan gran cantidad de polvo.

La presencia de otras especies, tales como *Avena sterilis*, *Vicia* sp. y *Lathyrus angulatus* varía mucho a lo largo de la secuencia. *Avena sterilis* se hace notable a los dos años del abandono, conservando proporciones importantes en edades intermedias 10-16 años, e incluso preponderantes en edades más avanzadas sobre estéril. Las especies del género *Vicia* se hacen notar algo más tarde en la secuencia (5-6 años) y también permanecen con proporciones altas en edades más avanzadas sobre los sustratos menos favorables. Por último, *Lathyrus angulatus* tarda

más en hacerse notar (está presente a los 7 años, aunque con proporciones importantes a los 13 ), pero también destaca sobre estéril en las edades más avanzadas de las que disponemos de información.

### **Comparación entre el conjunto de las series y ETV.**

Si comparamos, para el período 14-16 años, la composición florística dominante en ETV con la que corresponde al conjunto de las series sucesionales establecidas, apenas existe parecido. No obstante, se encuentra más parecido entre las especies de ETV y las que aparecen en el período 19-21 años para el conjunto de las series, como parece lógico si se tiene en cuenta que el ritmo de la sucesión es más rápido en ETV que en cualquiera de las series.

Así, *Dactylis glomerata* que aparece como dominante en ETV durante el período 14-16 años, aparece bastante bien representada en el período 19-21 años de la secuencia sucesional global. Algo parecido sucede con *Leontodon taraxacoides* y *Bromus rubens*.

Si bien son numerosos los factores que contribuyen a determinar composiciones florísticas distintas, quizás en este caso el más destacable sea la presencia o ausencia de un banco de semillas en el suelo, o mejor dicho, la mayor o menor presencia de semillas en el suelo. En ETV, aunque el banco haya sufrido importantes alteraciones, a causa del removimiento del suelo, existe. En cuanto a los tres sustratos de recubrimiento, como se ha dicho antes, parece que el contenido de semillas es mayor en arcosas que en ripado, mientras que en estéril prácticamente no las hay. Este hecho condiciona la velocidad con la que las especies van a aparecer y el tiempo que ha de transcurrir para que su presencia se haga patente. En definitiva, en ETV hay especies cuya presencia se hace notar antes que en cualquiera de los sustratos de recubrimiento de los taludes, y, dentro de ellos, también existen diferencias.

### **Comparación entre el conjunto de las series y D.**

Si comparamos la composición florística dominante de la dehesa de referencia con la que corresponde a las edades más avanzadas de las series, para el conjunto de las series, sólo se

encuentran como especies comunes: *Leontodon taraxacoides* y *Vulpia ciliata*, de las que la segunda tiene una distribución bastante irregular a lo largo de las series estudiadas. En este caso el escaso parecido se explica, además de por la existencia en D de un suelo estructurado con un importante banco de semillas que introduce un componente aleatorio a veces importante (Fox, 1979), por la diferente historia de D y de los taludes de escombrera.

En la dehesa de referencia, a pesar de haber transcurrido en el momento de los muestreos 20-22 años tras la exclusión del ganado, todavía se hacen notar algunas especies asociadas al pastoreo, como *Poa bulbosa* (Martín Azcárate y Peco, 1997). Por otra parte, la dominancia de *Xolantha guttata* aparece ligada a la pobreza de los pastizales de dehesa (Puerto *et al.*, 1984).

## 6.- CURVAS DE RANGO-ABUNDANCIA.

### 6.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.

El intento de describir la estructura compleja de una comunidad utilizando tan sólo un atributo, como por ejemplo la riqueza, la diversidad o la equitabilidad, puede ser criticado ya que con ello se pierde mucha información valiosa (Begon *et al.*, 1988). Una descripción más completa de la distribución de la abundancia de las especies en una comunidad tiene lugar mediante la utilización de los modelos de abundancia de especies, los cuales son defendidos con entusiasmo por muchos autores, entre los que se incluyen May (1975, 1981) y Southwood (1978), como proveedores de las únicas bases sólidas para el estudio de la diversidad de especies. Una distribución de abundancia de especies utiliza toda la información acumulada en la comunidad y es la descripción matemática más completa de los datos (Magurran, 1988; Wilson, 1991).

La representación gráfica del logaritmo del número de individuos (o de su importancia relativa) frente a la secuencia de especies ordenadas de más a menos representadas, va a traducirse en un conjunto de curvas de diferente configuración según se trate de una serie geométrica o logarítmica, o bien los datos sean asimilables a una distribución normal logarítmica o de MacArthur (modelo del palo quebrado).

Dichas curvas llamadas de rango-abundancia o de dominancia-diversidad, tienen un notable interés, tanto en lo que se refiere al estudio de variaciones espaciales (gradientes) como temporales (sucesión), al reflejar sus diferentes formas cambios en la estructura de la comunidad que pueden referirse a una o pocas variables dominantes. Los ejemplos son numerosos y han sido analizados ampliamente por Whittaker (1965, 1967, 1969, 1970, 1972), Whittaker y Niering (1975), Puerto *et al.* (1984), García *et al.* (1989) y García Pérez (1997).

No obstante, se debe plantear el problema de una manera amplia, ya que la gama que ofrece la Naturaleza puede ser ilimitada, y pretender el ajuste de las curvas a unos modelos matemáticos definidos es, posiblemente, una consideración demasiado simplista (Magurran, 1988; Puerto *et al.*, 1984).

El hecho de que las series logarítmicas obtenidas en las muestras correspondan a una realidad de las comunidades naturales se ha puesto repetidamente en duda (Whittaker, 1972). La insatisfacción con los modelos existentes ha incitado a los ecólogos a ampliar su campo de aplicación, sin conseguir por ello, simplificar el problema. Por el momento, parece mejor corroborar la opinión de Gray (1988) quien concluye que “es poco probable que la búsqueda de aún más modelos proporcione alguna perspectiva nueva de los factores que estructuran las comunidades biológicas”, y parece prudente utilizar los cuatro modelos convencionales, siempre que sea posible con el propósito de facilitar la unificación y comparación de las series de datos (Magurran, 1988).

De los cuatro modelos convencionales, el modelo del palo quebrado o de MacArthur no se ha detectado en el estudio de taxocenosis vegetales (Magurran, 1988). Por lo tanto, en las muestras extraídas de las mismas se observarán distribuciones que van entre geométrica y normal logarítmica, aproximándose más a la primera en condiciones desfavorables y a la segunda en las favorables (Margalef, 1974); también es posible encontrar geométricas en ambientes favorables, de alta diversidad, cuando se analiza separadamente cada estrato de vegetación o forma de vida (Whittaker y Woodwell, 1969; Reiners *et al.*, 1970; Whittaker, 1972).

La interpretación de las curvas de dominancia-diversidad plantea el problema de las distintas hipótesis que pueden sugerirse para una forma dada (Cohen, 1968; Whittaker, 1969, 1972). Esto supone una perspectiva menor de la organización de la comunidad de lo que podría esperarse en principio; no obstante, los resultados que ofrecen en problemas de medida de la diversidad, y las diferencias entre las situaciones vistas, les dan un indudable valor.

Whittaker (1969) ha resumido estas dificultades con las siguientes palabras: “Si pensamos en una curva de valores de importancia como en una frase acerca de la organización de la comunidad, las palabras aisladas (nuestras medidas de productividad, etc.) parece que no sean ambiguas. Pero la frase es en un lenguaje del que no estamos seguros de conocer la sintaxis, y es posible la existencia de diferentes ordenaciones gramaticales entre las palabras implicando significados distintos. Esperamos los resultados de más investigaciones sobre la sintaxis”.

## 6.2.- RESULTADOS.

En las Figuras 54, 55, 56, 57, 58 y 59 se representan las curvas de rango-abundancia correspondientes, en el orden citado, a las series A, B, C, D, E y F. Para su trazado, las especies se colocan en abscisas a intervalos regulares, mientras que su importancia relativa (cobertura de cada especie respecto a la cobertura total de cada muestra) se dispone en ordenadas, comenzando siempre por la especie que ocupa una mayor superficie hasta aquellas de coberturas menores.

Acompañando a cada una de las series, se han representado también las curvas de rango-abundancia correspondientes a la ETV (de 14 a 16 años) y a la dehesa de referencia (de 20 y 22 años tras la exclusión del ganado), que aparecen en colores rojo y verde respectivamente. Siguiendo los mismos pautas establecidas para los valores de  $H'$  de las seis series sucesionales, en aquellas series que presentan orientación norte (Series A, C y E) se recogen las curvas de rango-abundancia de ETV y D con orientación norte, y en aquellas que presentan orientación sur (Series B, D y F) se recogen las curvas de rango-abundancia de ETV y D con orientación sur.

Del análisis individual de cada serie resultan algunas particularidades que conviene destacar.

### 6.2.1.- Series A y B (arcosas, norte y sur respectivamente).

Las series A y B (Figura 54 y 55), sobre un sustrato de arcosas y orientaciones norte y sur respectivamente, presentan unas curvas de rango-abundancia para el primer año tras el abandono que no corresponden a un modelo geométrico propio de un ambiente riguroso, sino que su aspecto ligeramente sigmoideo es más propio de edades más avanzadas de la sucesión. Se deduce, por tanto, que las arcosas no son un sustrato con fuertes imposiciones ambientales de tipo físico-químico (aireación, capacidad de retención, etc.) para el asentamiento de las herbáceas, puesto que son numerosas las que aparecen el primer año en ambas orientaciones (aproximadamente 30). Además, la alta proporción de especies que ocupan la parte superior de la curva y la alta equitabilidad ( $E = 0,92$  en la orientación norte y  $E = 0,9$  en la sur), que se visualiza en una

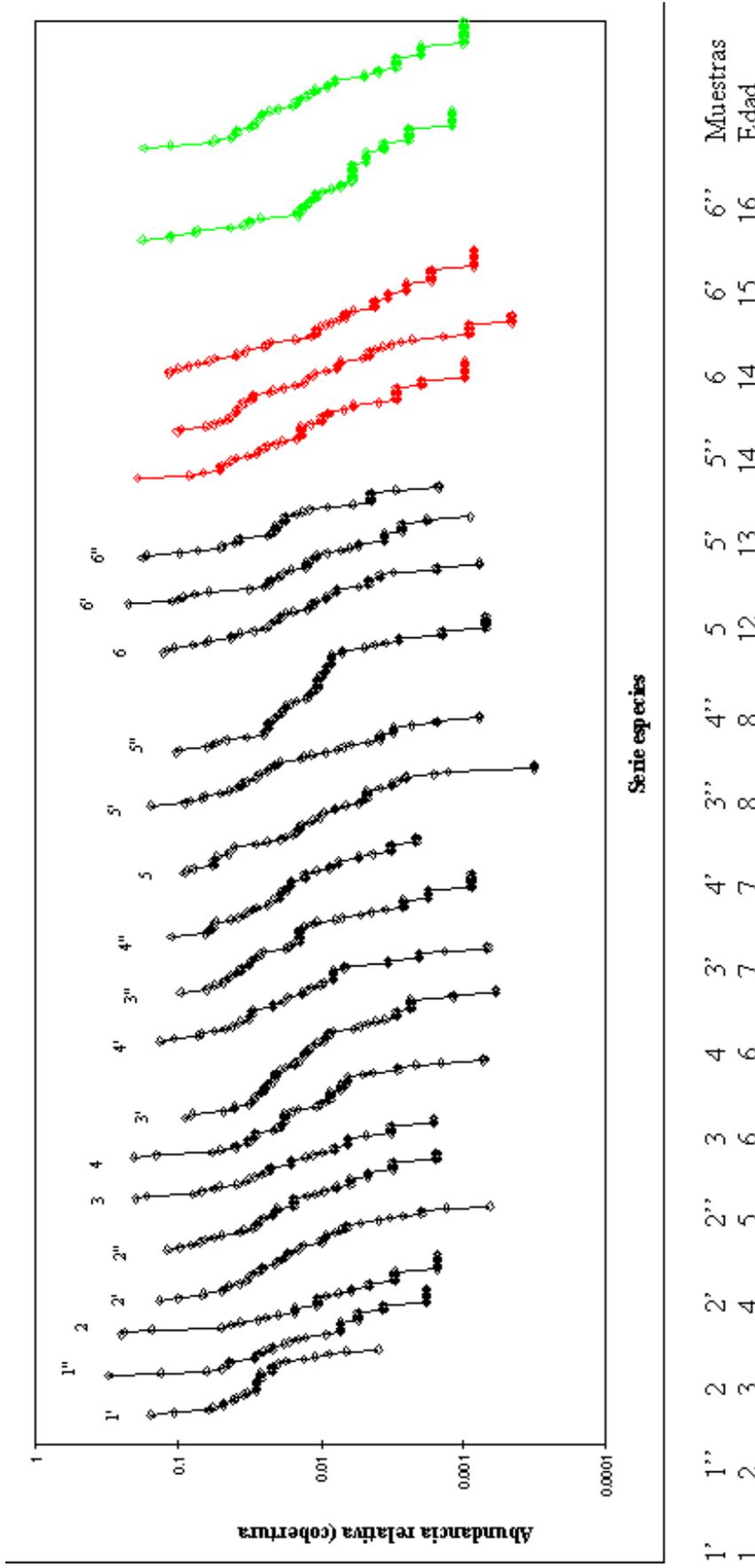
reducción de la verticalidad respecto al modelo geométrico teórico, se traducen en altos valores de diversidad en ambas orientaciones ( $H' \approx 4,4$ ), para el primer año tras el abandono.

El segundo año el aspecto de las curvas es distinto según la orientación. En la orientación norte, aunque aumenta la riqueza específica, se da un ligero efecto de dominancia (*Lactuca* sp.) que, unido a un incremento de la verticalidad de la parte superior de la curva y a la disminución del número de especies asociadas a ese tramo, se traduce en una disminución de la diversidad. En la orientación sur el incremento de la riqueza específica es considerablemente mayor que en la orientación norte y no existe efecto de dominancia, lo que unido a una menor verticalidad de la parte superior de la curva se traduce en un incremento de  $H'$ . Llegados a este punto conviene recordar que el mayor incremento de riqueza específica el segundo año en la orientación sur respecto de la norte, puede deberse en parte a la adición de semillas a voleo que tuvo lugar en la orientación sur, pero fundamentalmente a la colonización de las especies más próximas que ya han tenido tiempo para ocupar el talud sur.

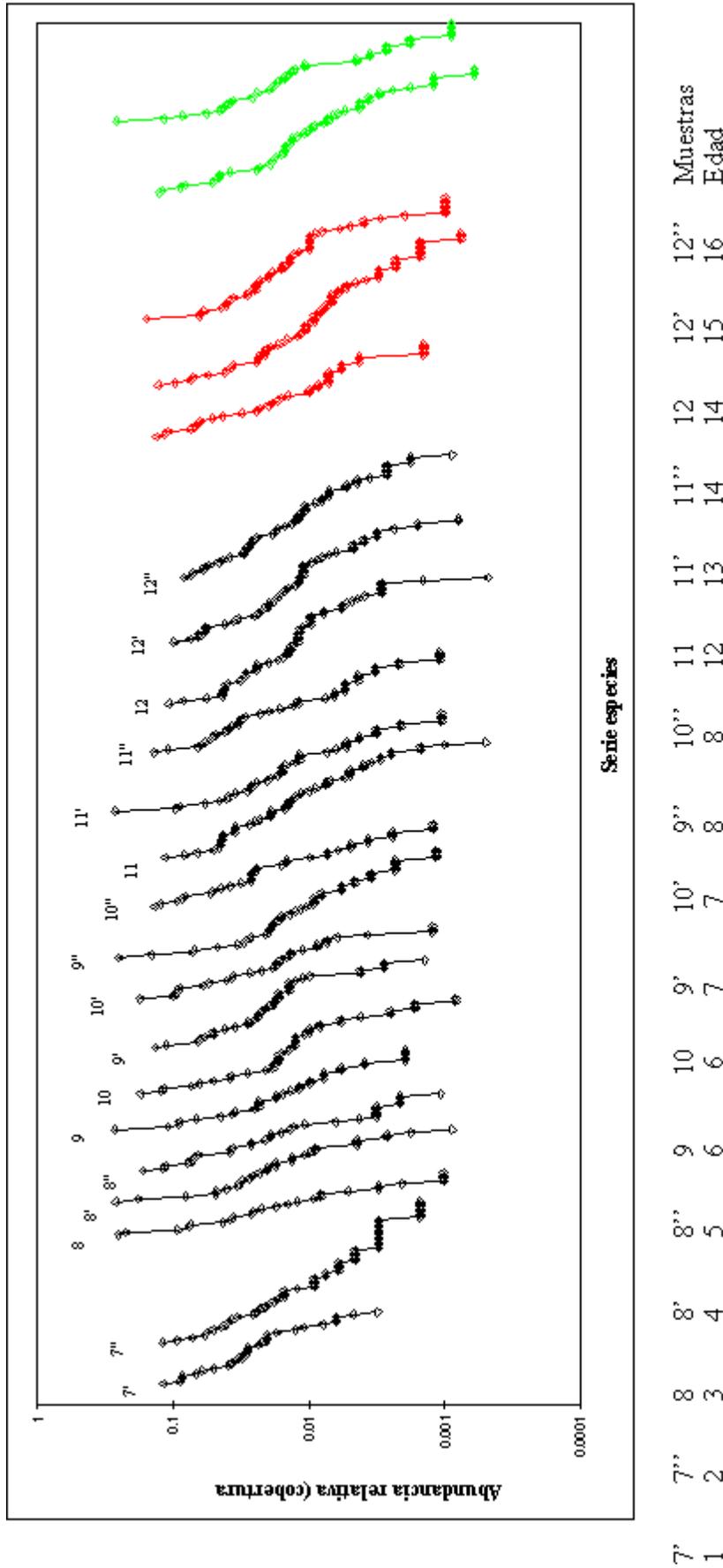
El tercer año la diversidad disminuye en ambas orientaciones, como se prevé dado el aspecto de las curvas geométricas asociadas, de fuerte verticalidad sobre todo en la orientación sur, y con menor número de especies en la parte media superior de las mismas. Además, la riqueza específica disminuye en ambas orientaciones.

En general, a partir del tercer año y hasta los trece las curvas de rango abundancia sobre arcosas presentan un aspecto cada vez más sigmoideo, con pendiente más atenuada a medida que pasan los años, siendo, en general, la verticalidad mayor en la orientación sur que en la norte. En consecuencia, los valores de diversidad mantienen una tendencia creciente, en ambas orientaciones, aunque con ligeros descensos puntuales: como a los 6 años en la orientación norte, a los 8 en la sur y a los 13 en ambas orientaciones. En estas edades las curvas asociadas presentan mayor verticalidad y menor número de especies en el tramo superior. De los catorce a los dieciséis años, las curvas de rango-abundancia mantienen la tendencia hacia un aspecto cada vez más sigmoideo en la orientación sur, mientras que en la norte esta tendencia parece haberse estancado o incluso retrocedido hacia situaciones de mayor verticalidad y, en consecuencia, mayor pendiente. Esto se traduce, en la orientación sur, en un incremento de los valores de  $H'$  de los catorce a los dieciséis años, mientras que en la norte experimentan un ligero descenso en los últimos años de la serie.

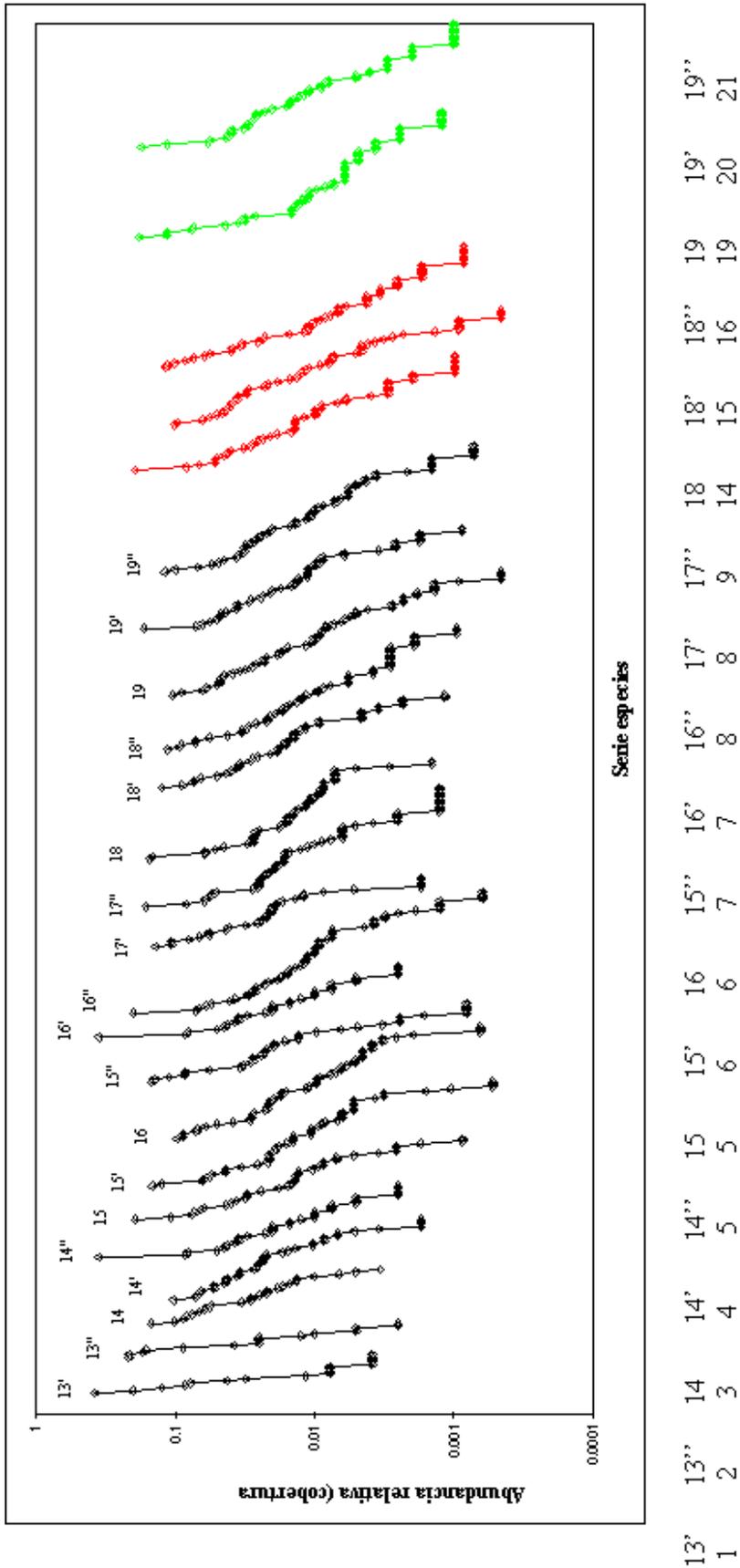
En la serie A (Figura 54), los mayores valores de  $H'$  se dan en las muestras 3' y 5'', de 7 y 11 años de edad respectivamente, como evidencia el aspecto de las curvas de rango-abundancia correspondientes, cuyo aspecto es más sigmoide. En la serie B (Figura 55), los máximos valores de diversidad se dan en las muestras 12, 12' y 12'', correspondientes a las edades más avanzadas de la serie.



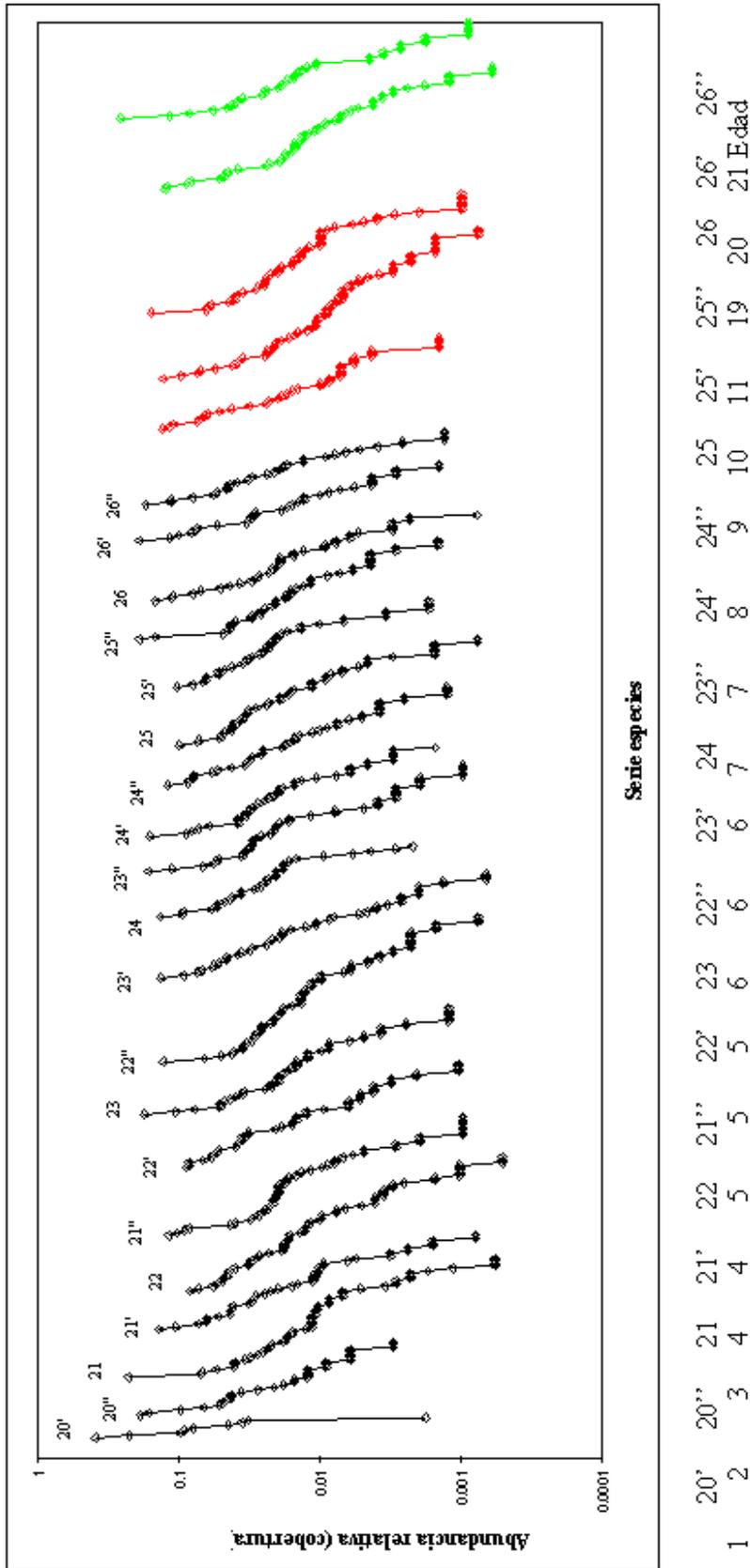
**Figura 54.** Curvas de rango-abundancia de la Serie A. (Arcosas Norte). En rojo: curvas de rango-abundancia de la Escombrera de Tierra Vegetal; en verde: las de la Dehesa de referencia.



**Figura 55.** Curvas de rango-abundancia de la Serie B (Arcosos Sur). En rojo: curvas de rango-abundancia de la Escobrería de Tierra Vegetal; en verde: las de la Dehesa de referencia



**Figura 56.** Curvas de rango-abundancia de la Serie C (Ripadp Norte). En rojo: curvas de rango-abundancia de la Escobrería de Tierra Vegetal; en verde: las de la Dehesa de referencia



**Figura 57.** Curvas de rango-abundancia de la Serie D (Ripado Sur). En rojo: aparecen las curvas de rango-abundancia de la Escombrera de Tierra Vegetal; en verde: las de la Dehesa de referencia.

### 6.2.2.- Series C y D (ripado, norte y sur respectivamente).

Las series C y D (Figuras 56 y 57), sobre ripado y orientaciones norte y sur respectivamente, presentan para el primer año tras el abandono curvas de rango-abundancia claramente geométricas, a diferencia de lo que ocurría sobre arcosas, aunque sigue sin darse un efecto claro de sobredominancia en ninguna de las edades. Comparativamente con las arcosas se puede afirmar, por tanto, que el ripado es un sustrato con mayores imposiciones ambientales de tipo físico-químico, que dificultan desde el principio el asentamiento de muchas especies. De hecho la riqueza específica de ese primer año es sensiblemente menor que para el primer año tras el abandono sobre arcosas (del orden de la mitad (17) en la orientación norte y de la tercera parte (9) en la sur). Todo ello se traduce en unos valores de diversidad ( $H'$ ) sensiblemente inferiores, en ambas orientaciones, a los detectados para esa misma edad sobre arcosas ( $H' \approx 2,5$ ).

El segundo año, el aspecto de las curvas es diferente según la orientación, igual que sucedía sobre arcosas. En la orientación norte la curva es claramente geométrica aunque con mayor número de especies en el tramo superior, lo que se traduce en un ligero incremento de  $H'$  a pesar de que la riqueza específica no aumente. En la orientación sur la curva presenta un aspecto más sigmoideo, todavía con fuerte pendiente en el tramo superior, pero el incremento de la riqueza específica permite un incremento de las especies en ese tramo, lo que se traduce en un aumento considerable del valor de  $H'$ .

En general, sobre ripado la  $H'$  aumenta con el paso del tiempo, desde el primer año hasta los 21, y hecha la salvedad del primer año en la orientación sur y de los dos primeros en la norte, cuyas curvas de rango-abundancia son claramente geométricas y propias de las condiciones más severas, para el resto de las edades la tendencia es a que las curvas sean cada vez más sigmoides a medida que avanza la sucesión, aunque con predominio de las logarítmicas. No obstante, se dan descensos puntuales de  $H'$  a los 5 y 7 años en la orientación norte (muestras 14'' y 16') y a los 19, 20 y 21 años en la sur (muestras 19, 19' y 19''), como evidencian las curvas de rango-abundancia asociadas. En las muestras 14'' y 16' las curvas son claramente geométricas, con fuerte verticalidad y con un ligero efecto de dominancia, debido a la mayor pendiente de estas muestras (37°) en relación a otras de la misma edad. Las muestras 19, 19' y 19'' llevan asociadas curvas de rango-abundancia de mayor verticalidad respecto a las de edades anteriores, lo que se traduce en unos

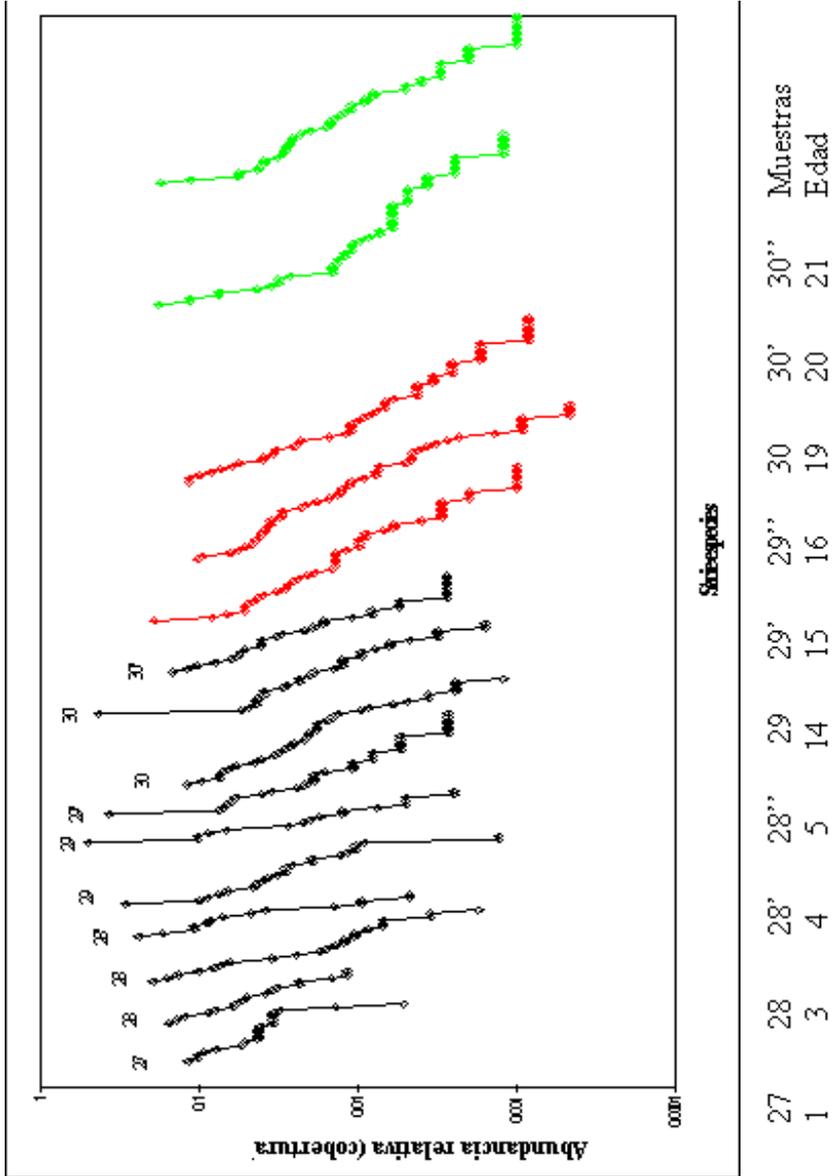
valores de  $H'$  ligeramente inferiores a los de años anteriores. La posible causa de esta estructura de la comunidad herbácea se debe a las condiciones más rigurosas del punto de muestreo 19, que corresponde a una zona de frecuente paso de vehículos y acumulación de polvo sobre la vegetación.

### **6.2.3.- Series E y F (estéril,norte y sur respectivamente).**

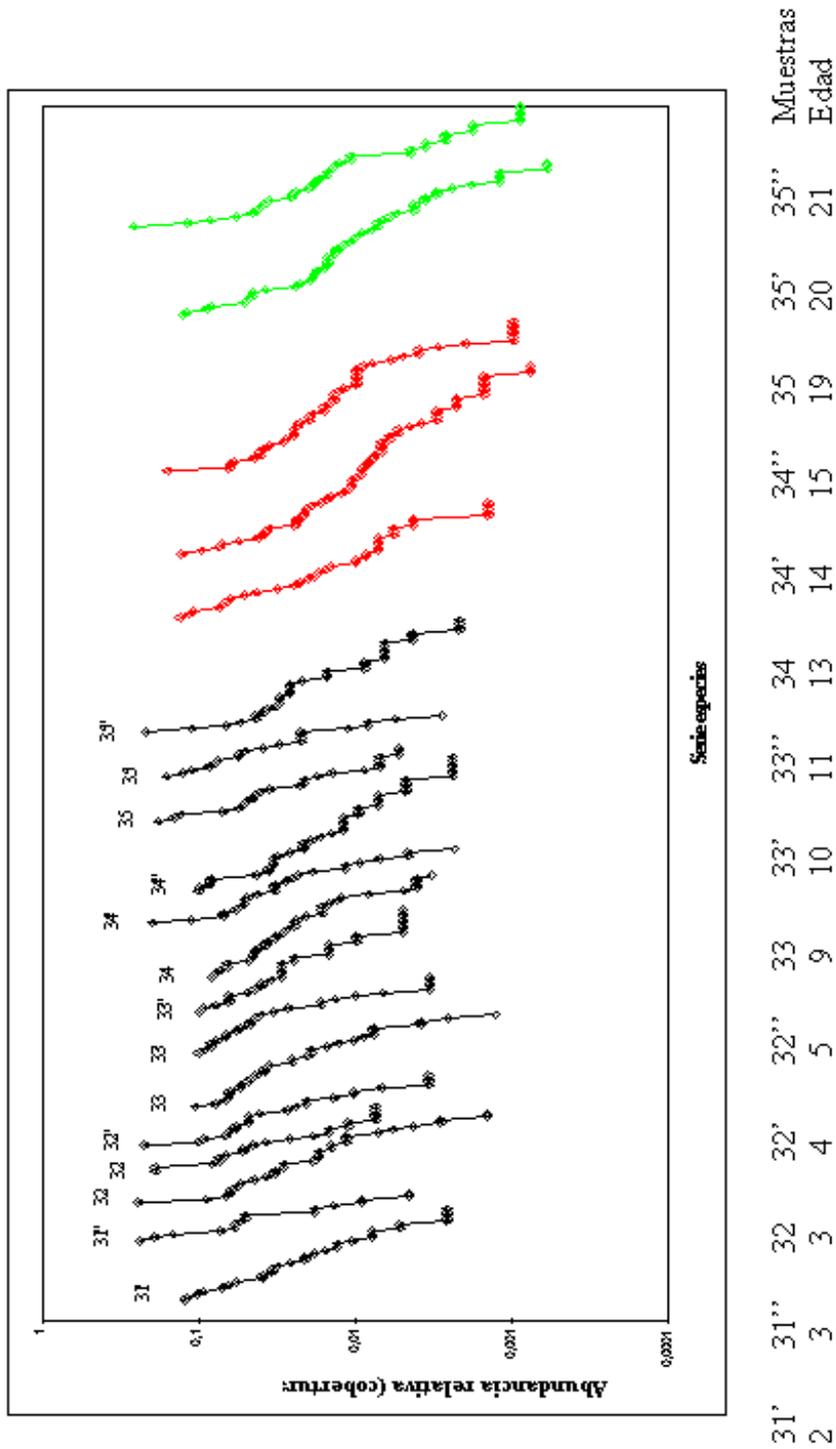
En las series E y F (Figuras 58 y 59), sobre estéril y orientación norte y sur respectivamente, hay un predominio de curvas geométricas, con cierta tendencia hacia las logarítmicas en las edades más avanzadas. En los dos primeros años aparecen curvas geométricas de suave pendiente y ausencia de dominancia asociadas a altos valores de  $H'$ . Para el resto de las edades los valores de riqueza son inferiores, en general, a los encontrados en los otros dos sustratos, aunque se traducen en altos valores de diversidad, debido a la alta equitabilidad que presentan. No obstante, las fluctuaciones de los valores de  $H'$  son mayores que sobre los otros dos sustratos, sobre todo en la orientación norte, lo que se pone de manifiesto en la diferente forma que presentan las curvas de rango-abundancia de uno año a otro.

Así, en la orientación norte merece destacarse las curvas correspondientes a los 15, 16 y 20 años, por presentar un ligero efecto de dominancia, por su acusada verticalidad en el tramo superior y por la concentración de la mayoría de las especies en los tramos medio e inferior de la curva, lo que se traduce en menores valores de  $H'$  asociados.

En la orientación sur, los puntos que presentan mayor diversidad son los de 13 y 15 años con unas curvas de pendiente muy atenuada y ausencia de dominancia. El valor más bajo de  $H'$  corresponde al punto 31', de tres años de edad, cuya curva de rango-abundancia es claramente geométrica y de fuerte verticalidad. Este menor valor de  $H'$  en comparación con la muestra 32, también de tres años de edad, se debe a la diferencia de pendiente ( $37^\circ$  en la primera y  $17^\circ$  en la segunda), lo que determina un menor valor de  $H'$  en la muestra de mayor pendiente.



**Figura 58.** Curvas de rango-abundancia de la Serie E (Estéril Norte). En rojo: curvas de rango-abundancia de la Escombrera de Tierra Vegetal; en verde: las de la Dehesa de referencia



**Figura 59.** Curvas de rango-abundancia (Serie F). En rojo: curvas de rango-abundancia de la Escombrera de Tierra Vegetal; en verde las de la Dehesa de referencia.

### 6.3- DISCUSIÓN.

Conviene destacar que la gran mayoría de las curvas quedan comprendidas entre los límites que van de la distribución geométrica a la normal logarítmica, con un predominio de los casos intermedios. Para las edades iniciales de la sucesión, a excepción de los dos primeros años sobre ripado, no se observan curvas marcadamente geométricas, como es lógico en vista de los valores de diversidad registrados. Por su parte para las edades más avanzadas de las series se observan, en general, curvas más sigmoideas. Entre ambos extremos hay una gradación de curvas desde la geométrica a la normal logarítmica, más o menos acusadas según el sustrato y la orientación y con interrupciones puntuales debidas a condiciones particulares de pendiente, aislamiento físico, etc.

Debido a la escasa bibliografía que existe sobre el aspecto de las curvas de rango abundancia a lo largo de la sucesión primaria, no es posible hacer comparaciones y concluir que, en conjunto, abarcan un muestrario representativo (dentro del intervalo de edad disponible) de los resultados que se ofrecen durante el desarrollo de la sucesión primaria en medios no intervenidos. En cualquier caso, el aspecto de las curvas se corresponde bastante bien con los valores de diversidad obtenidos para cada serie y con el razonamiento seguido para explicarlos.

Lo que si se pone claramente de manifiesto es que el proceso es distinto al que tiene lugar tras la colonización de una roca, de una duna o tras el abandono de un cultivo. Así, en el estudio de Bazzaz (1975) sobre la variación de la diversidad durante la sucesión secundaria de un campo abandonado en ausencia de pastoreo (medios no intervenidos), el incremento de  $H'$  va acompañado por el paso de una curva de rango-abundancia de tipo geométrico, con un elevado nivel de dominancia, a una distribución más homogénea (modelo normal logarítmico) de la cobertura del suelo entre las especies, y una dominancia menor. Puerto *et al.* (1984) en un estudio sobre la variación de la diversidad durante la sucesión cultivo-pastizal en presencia de pastoreo (medios intervenidos), observan un predominio de las curvas geométricas hasta los diez-doce años, y de las sigmoideas o levemente sigmoideas a partir de ahí. En la primera fase (hasta los 10-12 años), pendiente y dominancia se acentúan en el cultivo, año inicial de la sucesión y sobre los cuatro-cinco, coincidiendo con la caída de la diversidad, y están atenuadas en las restantes edades. En la segunda fase (más de 12 años), a menos antigüedad, la dominancia (y el efecto del pastoreo) es menor, y más claras las inflexiones (pendiente más pequeña de la mitad superior); según se progresa en edad

la dominancia se incrementa (por efecto del pastoreo) y las curvas no pasan de insinuar un carácter sigmoideo muy ligero

En nuestro estudio no se observa un efecto de sobredominancia, ni siquiera en los dos primeros años de la sucesión, y ni siquiera sobre el sustrato menos favorable (estéril), y tampoco, a excepción hecha de los dos primeros años sobre ripado, se encuentran curvas típicamente geométricas en las edades iniciales de la sucesión. Estos resultados indican que la sucesión que tiene lugar en las escombreras de mina Fe es un proceso diferente. Sobre arcosas y ripado, reúne peculiaridades mixtas de sucesión primaria y secundaria, mientras que sobre estéril podría considerarse sucesión primaria.

En cuanto a la comparación del aspecto de las curvas de rango-abundancia encontradas en ETV y las encontradas a los catorce, quince y dieciséis años en las distintas series sucesionales establecidas, se observa un gran parecido entre el aspecto de las curvas de ETV y las encontradas sobre arcosas (Series A y B) y sobre ripado (Serie C, puesto que la D carece de datos para esas edades), mientras que sobre estéril la semejanza es claramente menor.

Si se considera el aspecto de las curvas de rango-abundancia de la dehesa próxima como sistema de referencia de la estructura a la que tendería la comunidad a lo largo de la sucesión, se observa cierto parecido entre las curvas de rango-abundancia correspondientes a las edades más avanzadas de las series, por lo menos sobre arcosas y ripado, y las correspondientes a D. Esto concuerda con la hipótesis formulada anteriormente referente a que en torno a los veinte años sobre ripado y a los quince sobre arcosas se habría alcanzado ya el mayor valor de diversidad, dentro de la tendencia al incremento de  $H'$  por lo menos hasta una edad avanzada de la sucesión, y a partir de ese momento los valores de  $H'$  tenderían a estabilizarse en torno a un valor, tal vez algo menor, debido fundamentalmente a un ligero descenso de la equitabilidad, lo que se pone de manifiesto en las curvas de rango-abundancia correspondientes a D, de aspecto sigmoideo pero con menor número de especies en el tercio superior de las mismas.

## 7.- ANUALES / PERENNES DURANTE LA SUCESIÓN.

Otra faceta a considerar son las agrupaciones que pueden establecerse según las especies sean anuales, bienales o perennes. Debido a la poca variabilidad que presentan las especies bienales en la zona de estudio se distingue únicamente entre especies anuales y perennes, y dentro de estas últimas entre especies leñosas y herbáceas perennes. Para ello, las especies anuales/bienales y bienales se incluyen en el grupo de anuales y la bienales/perennes en el de las perennes.

Con objeto de conocer cómo cambia su proporción durante la sucesión se ha abordado su estudio bajo dos puntos de vista. En primer lugar, aprovechando las especies “dominantes” a las que ya se ha hecho referencia en el [apartado 5](#) del presente capítulo, se han agrupado según la dominancia por especies leñosas y herbáceas anuales y perennes. En segundo lugar se estudian los cambios de las especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en cada una de las series sucesionales establecidas previamente (Series A, B, C, D, E y F), considerando todas y cada una de las especies incluidas en los inventarios.

### 7.1.- CONSIDERANDO SÓLO LAS ESPECIES DOMINANTES.

Considerando todas las series en conjunto, se aprecia un descenso del número de anuales a medida que la sucesión progresa que, como es lógico, dada la poca variabilidad de las bienales, se traduce en un aumento del número de perennes con la edad.

A grandes rasgos, durante los cinco primeros años de la sucesión hay un dominio casi absoluto de las especies anuales, tanto cualitativamente (nº de especies) como cuantitativamente (% de presencia). Entre los 6-11 años las anuales siguen siendo muy numerosas pero el número de especies perennes aumenta y su presencia se hace notable alcanzando proporciones importantes, similares a las de algunas especies anuales. Sin embargo, es entre los 12-16 años cuando se reduce considerablemente el número de anuales dominantes y alguna de las perennes, que todavía son menos numerosas, destaca sobre las demás. A partir de los 19 años todas las perennes dominantes alcanzan proporciones muy altas, algunas más altas que las anuales presentes; no obstante, el

número de anuales sigue siendo elevado, lo que indica que existe una continua incorporación de especies anuales.

**Del análisis correspondiente a los sustratos considerados:** arcosas, ripado y estéril, se deducen algunas particularidades respecto a la tendencia general.

En el caso del **estéril** podemos diferenciar claramente cuatro intervalos de acuerdo con la información disponible. Durante los cinco primeros años hay un predominio absoluto de las especies anuales. Entre los nueve y once años la disminución de anuales se traduce en un aumento de bienales (Anuales-Bienales y Bienales-Perennes) para dar paso al dominio de las perennes a partir de los trece años. Entre los trece y los dieciséis años no sólo hay una disminución de especies anuales y un aumento de las perennes, sino que además las perennes aparecen mejor representadas. En el período 19-20 años vuelve a haber un incremento del número de anuales, aunque las perennes que aparecen son las mejor representadas.

En el caso del **ripado**, el dominio absoluto de las anuales se reduce a los dos primeros años. Entre los tres y los ocho años tras el abandono, las pocas especies perennes que aparecen lo hacen en proporciones importantes e incluso son las más representadas en algunos casos. Entre los nueve y los once años se reduce bastante el número de especies anuales y a partir de los catorce el número de especies perennes y anuales se iguala y, en general, aparecen mejor representadas las perennes. Las especies bienales en este caso varían poco.

Sobre **arcosas**, las especies perennes no comienzan a hacerse notar hasta los seis años. Entre los seis y los ocho años disminuye el número de especies anuales, aumenta el de perennes, y estas últimas comienzan a aparecer con proporciones importantes, destacando sobre las demás a partir de los doce años y hasta los dieciséis (edad a partir de la cual ya no disponemos de información), aunque seguidas muy de cerca de las anuales, en cuanto a cobertura.

**Comparando la dominancia de especies anuales y perennes de ETV** (de 14 a 16 años tras el abandono), **con la que tiene lugar en este mismo período para el conjunto de las series**, se observa que la tendencia en ETV está algo más adelantada en el tiempo. Así, para este período, el número de especies anuales dominantes disminuye en favor de las perennes y estas últimas se hacen dominantes no sólo cualitativamente sino también cuantitativamente, mientras que

para el conjunto de las series las anuales todavía predominan, tanto cualitativamente como cuantitativamente.

**Haciendo distinción por sustratos**, y a excepción del sustrato estéril en el que hay importantes fluctuaciones interanuales, el sustrato cuya situación se aproxima más a ETV, en cuanto a dominancia de especies anuales y perennes, es arcosas, seguido de ripado.

**Teniendo en cuenta la dominancia de anuales y perennes en la Dehesa de referencia**, se observa que veinte-veintidos años tras la exclusión del ganado el número de especies dominantes se reparte equitativamente entre anuales y perennes y aunque alguna de las anuales es la más dominante, en conjunto las perennes están mejor representadas. Esto nos sugiere que la tendencia de las series sucesionales establecidas es hacia una mayor presencia de las perennes (en número y cobertura) entre las especies dominantes, aunque las anuales sigan teniendo una importante representación, pues ésta es una característica de la zona de estudio.

## **7.2.- CONSIDERANDO TODAS LAS ESPECIES PRESENTES EN LOS INVENTARIOS.**

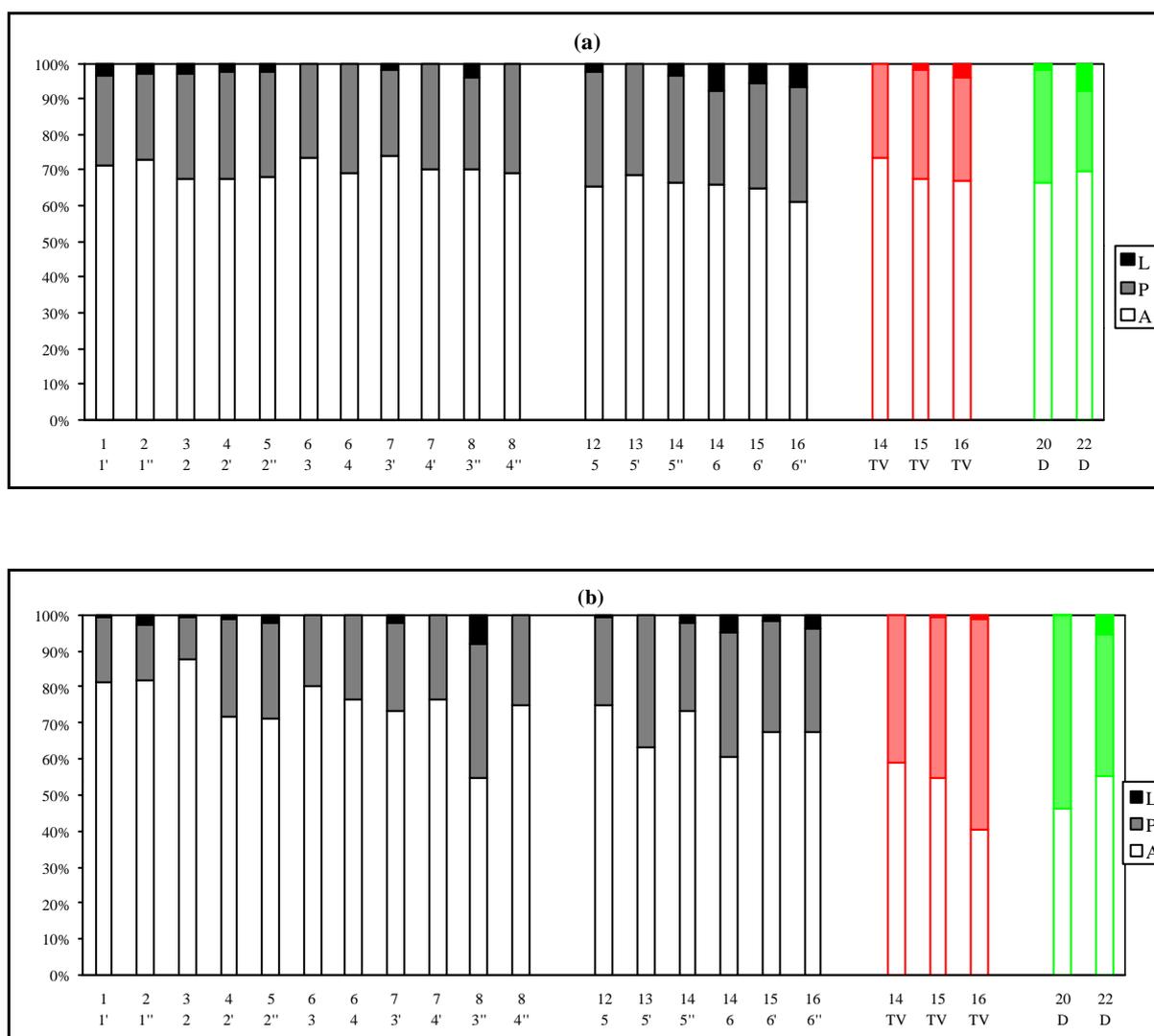
Acompañando a cada una de las series, aparecen recogidos los porcentajes de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, tanto de ETV (de catorce a dieciséis años tras el abandono) como de la Dehesa de referencia (de 20 y 22 años tras la exclusión del ganado), con distintos trazos de colores rojo y verde, respectivamente.

### **7.2.1.- Serie A (Arcosas Norte).**

En la Figura 60.a se observa como el porcentaje del número de especies anuales y perennes (suma de herbáceas perennes y leñosas) mantienen una relación 70/30 por lo menos hasta los ocho años, mientras que de los doce a los dieciséis años la relación pasa a ser 65/35.

En cualquier caso, es patente el predominio de las especies anuales, en cuanto a número, respecto a las perennes, para todas las edades de las que se dispone de información, como también lo es en ETV y D. Las leñosas parecen ser más numerosas de los catorce a los dieciséis años.

Desde el punto de vista cuantitativo (Figura 60.b), las especies anuales siguen siendo más importantes, aunque se observa una ligera tendencia a disminuir su porcentaje de cobertura con la edad, incrementándose por su parte el de especies perennes, fundamentalmente a costa de las herbáceas perennes y no tanto de las leñosas. El porcentaje de cobertura de anuales y el de perennes mantienen una relación 80/20 durante los tres primeros años, pasa a ser de 75/25 de los cuatro a los ocho años y de 65/35 de los doce a los dieciséis, edades a las que todavía la relación % cobertura A/P es mayor que la que se da en ETV y en D.



**Figura 60.** Porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en la Serie A (Arcosas Norte).  
 a) En función del número de especies.  
 b) En función del porcentaje de cobertura relativa.

Si bien, en cuanto a número de especies anuales no existen importantes fluctuaciones interanuales, dentro de las muestras tomadas en el mismo punto, desde el punto de vista cuantitativo

(% de cobertura de anuales) las fluctuaciones son algo mayores, pero a partir de los seis años y dependiendo del punto de muestreo. Así en el punto 4 apenas hay fluctuaciones interanuales entre las muestras, mientras que en el punto 3 sí las hay, y ambos comprenden muestras de seis a ocho años de edad. Este resultado parece indicar que sobre arcosas norte, las condiciones meteorológicas de los distintos años de muestreo no afectan apenas al porcentaje del número de especies anuales, sino más bien a su porcentaje de cobertura, pero a partir de cierta edad y según las características del punto de muestreo.

### 7.2.2.- Serie B (Arcosas Sur).

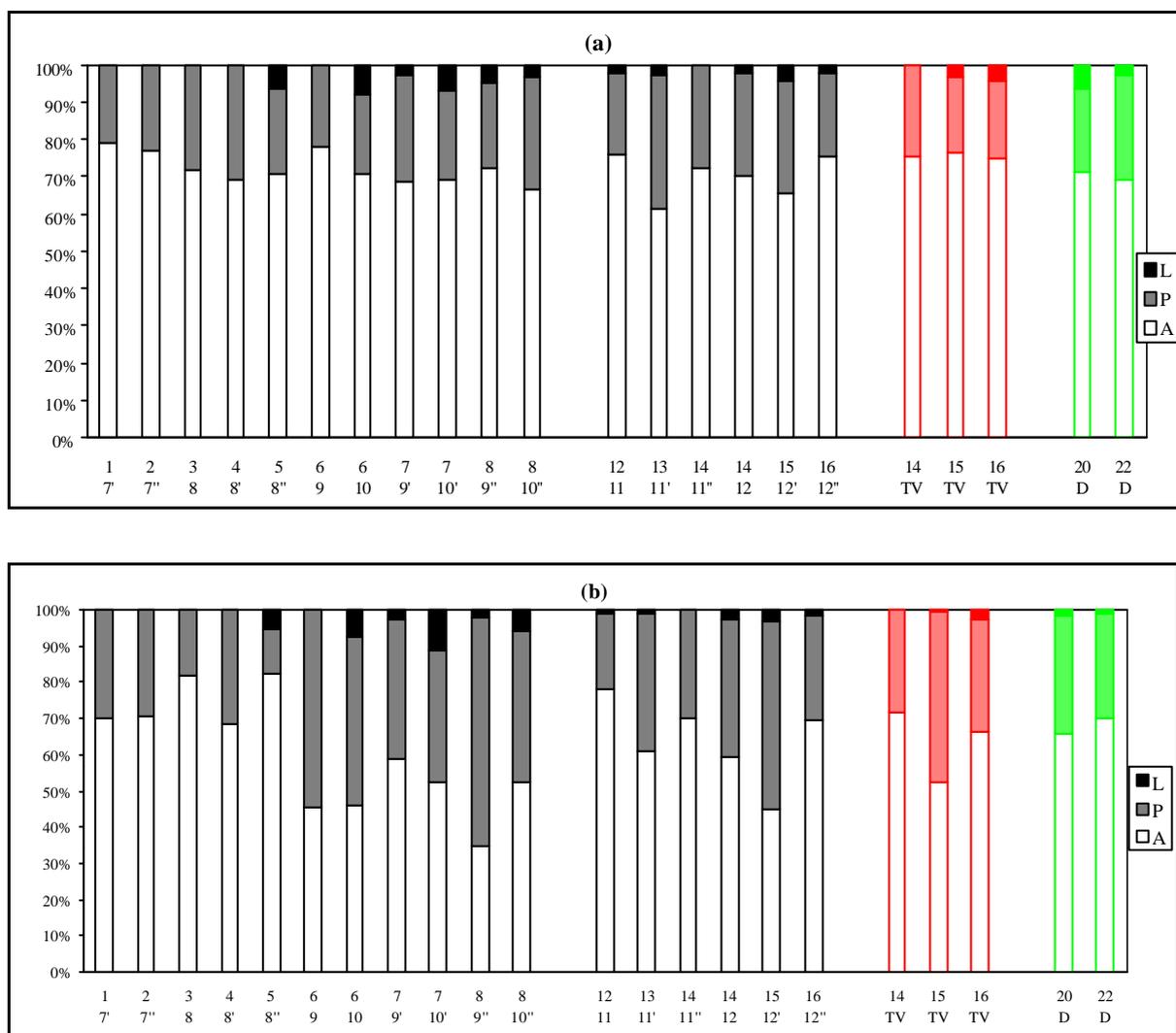
En la Figura 61.a se observa que el porcentaje de especies anuales y el de perennes (suma de herbáceas perennes y leñosas) mantienen una relación 70/30 prácticamente en todas las edades de la serie, como sucede también en ETV y D; las leñosas son más numerosas de los cinco a los ocho años.

Desde el punto de vista cuantitativo (Figura 61.b) existe una tendencia, bastante más marcada que la que se observaba en la orientación norte, a disminuir el porcentaje de cobertura de anuales durante los ocho primeros años. Del primer al quinto año la relación entre el porcentaje de cobertura de anuales y perennes es de 70/30, aunque de forma puntual se alcanza la relación 80/20. Sin embargo, la relación disminuye bruscamente, de forma que de los seis a los ocho años prácticamente se igualan los porcentajes de cobertura de anuales y perennes, e incluso el porcentaje de cobertura de perennes llega a ser mayor en algunos puntos; también de los seis a los ocho años experimenta un aumento el porcentaje de cobertura de leñosas. De los doce a los dieciséis años la relación % cobertura anuales/perennes aumenta respecto al período 5-8 años pero, en general, es menor que la del período 1-5 años, aunque con fuertes fluctuaciones de unos años a otros, como también se dan en la orientación sur de ETV.

La mayor importancia de las especies perennes en el intervalo 6-8 años, respecto a edades más avanzadas de la sucesión, se puede explicar por la mayor degradación del “suelo” en estas zonas de fuerte pendiente, que ha permitido además el desarrollo de leñosas. Estas condiciones de mayor estrés hídrico provocan una disminución de la cobertura de anuales y, en consecuencia,

aumenta la cobertura relativa de perennes, entre las que las leñosas alcanzan valores de cobertura más altos que en edades anteriores, y que para el mismo intervalo en la orientación norte.

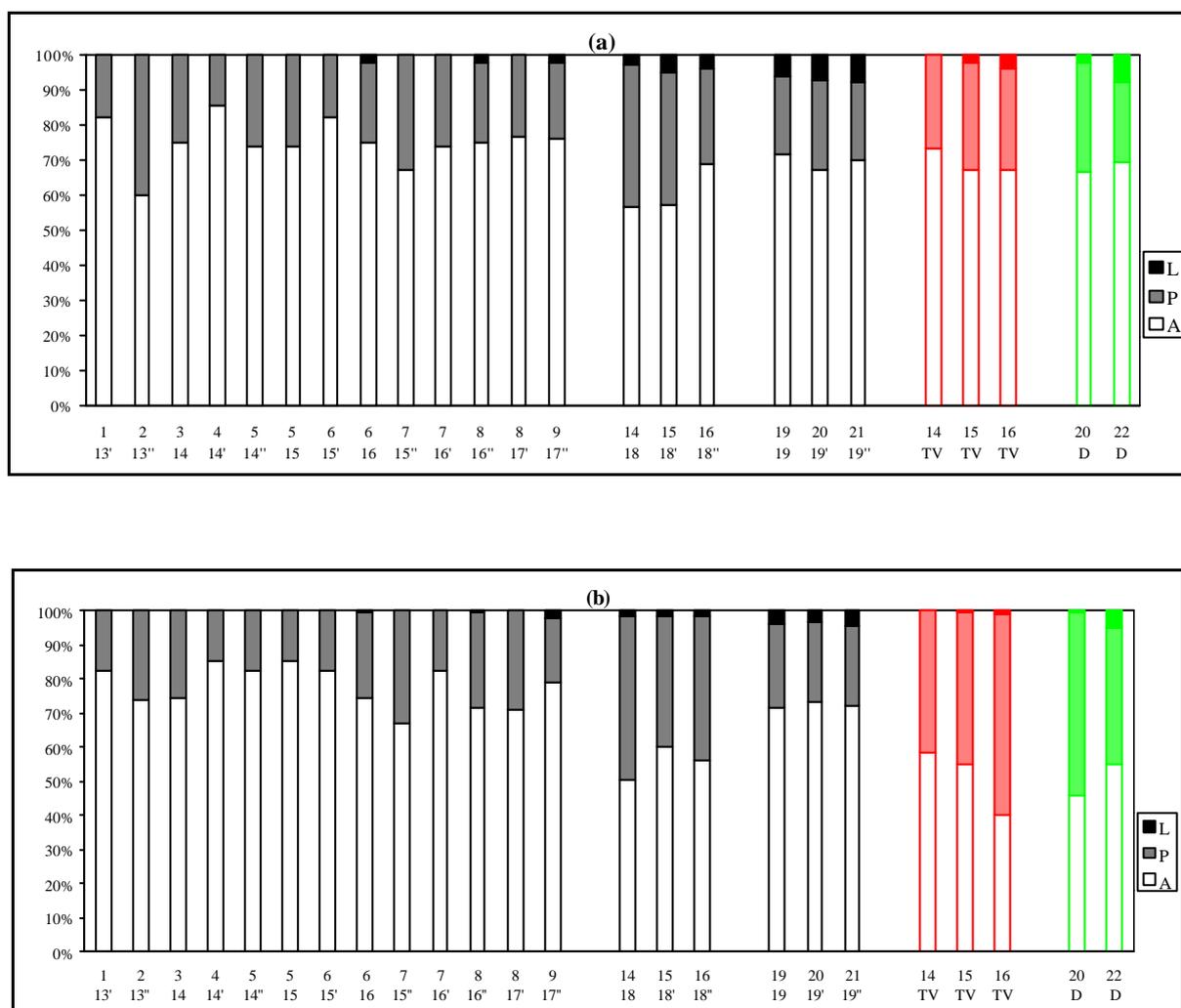
A diferencia de lo que ocurre en la orientación norte, en la sur sí se aprecian ligeras fluctuaciones interanuales en el porcentaje del número de especies anuales, dentro de cada punto de muestreo, y parece que los años primero y tercero son más favorables que el segundo para la proliferación de pterófitos. Desde el punto de vista cuantitativo también se aprecian mayores fluctuaciones interanuales, entre muestras del mismo punto, que en la orientación norte, y desde edades más tempranas (tres años de edad). También en esta caso los años de muestreo primero y tercero son los que más favorecen el incremento en cobertura relativa de los pterófitos.



**Figura 61.** Porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en la Serie B (Arcosas Sur).  
a) En función del número de especies.  
b) En función del porcentaje de cobertura relativa.

### 7.2.3.- Serie C (Ripado Norte).

En la Figura 62.a se observa como el porcentaje del número de especies anuales y el de perennes (suma de herbáceas perennes y leñosas) mantienen una relación 75/25 hasta los nueve años de edad, disminuye de los catorce a los quince años, pasando a ser 60/40, y de los dieciséis a los veintiún años aumenta un poco (70/30), aunque se mantiene por debajo de la encontrada durante los nueve primeros años. Es decir, hay una ligera tendencia a disminuir el porcentaje de especies anuales y a aumentar el de perennes (tanto herbáceas perennes como leñosas) a lo largo de la serie, aunque a los 14-15 años esa tendencia se hace más brusca. En cualquier caso, las especies anuales son más numerosas que las perennes para todas las edades, como sucede en ETV y D.



**Figura 62.** Porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en la Serie C (Ripado Norte).  
a) En función del número de especies.

b) En función del porcentaje de cobertura relativa.

Desde el punto de vista cuantitativo (Figura 62.b) sucede algo parecido. Del primer al noveno año la relación % cobertura anuales/perennes es de 75/25, disminuye bruscamente de los catorce a los dieciséis años (55/45) haciéndose prácticamente iguales ambos porcentajes de cobertura y vuelve a aumentar de los diecinueve a los veintiuno (70/30), aunque se mantiene por debajo de la relación encontrada en los nueve primeros años. No obstante, en este caso, la relación % de cobertura A/P de las edades avanzadas de la serie, es mayor que la que se encuentra en ETV y D, si bien la del período 14-16 años está más próxima.

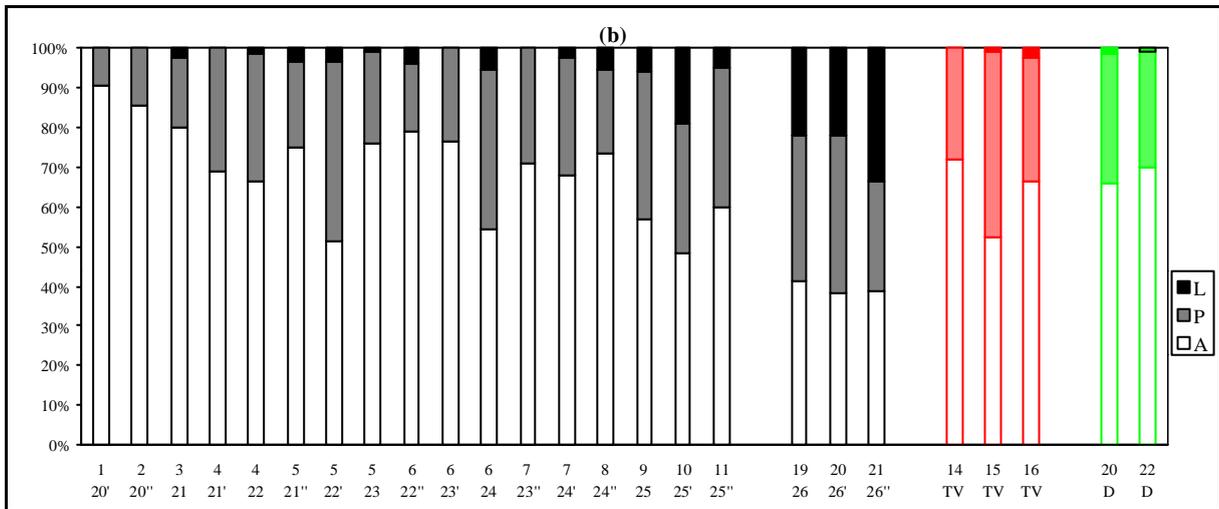
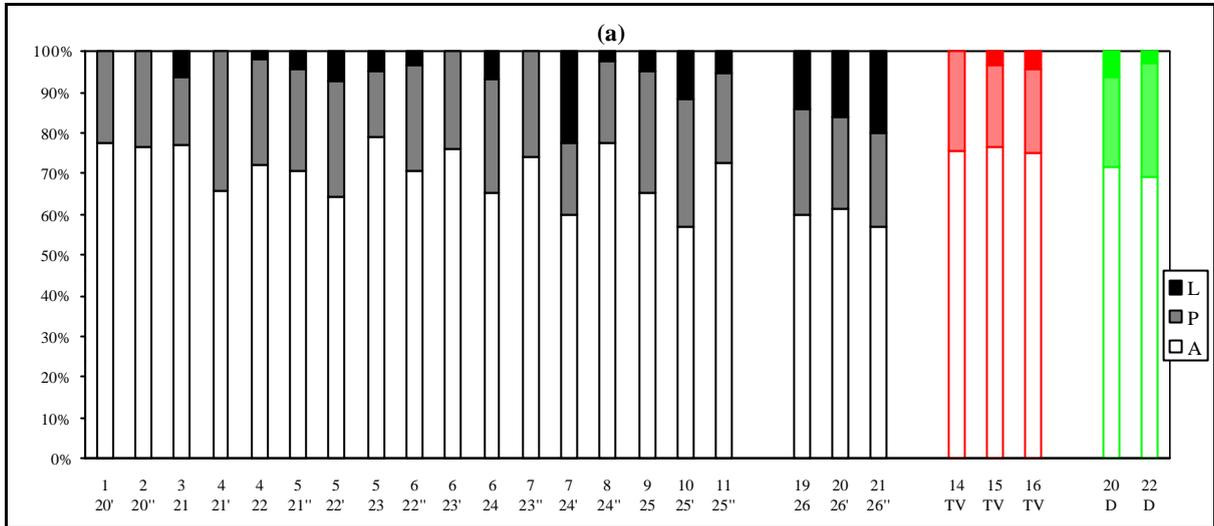
En la serie C (sobre ripado norte) existen ligeras fluctuaciones interanuales, dentro del mismo punto de muestreo, en la proporción de anuales, tanto en función del número de especies como de su porcentaje de cobertura, como también se ponen de manifiesto en D y, sobre todo, en ETV. Aunque parece que sobre ripado norte el segundo año de muestreo es más favorable para la proliferación de pterófitos, el dato puede resultar algo engañoso, pues se trata de valores relativos.

#### **7.2.4.- Serie D (Ripado Sur).**

En la Figura 63.a se observa como la relación entre el porcentaje de especies anuales y perennes (suma de herbáceas perennes y leñosas) disminuye ligeramente a lo largo de la serie. Los tres primeros años la relación es aproximadamente 80/20, del cuarto al octavo año es de 75/25, del noveno al décimo primero la relación es 65/40 y del décimo noveno al vigésimo primero 60/40. El incremento de especies perennes a lo largo de la serie recibe un importante aporte de especies leñosas en las edades más avanzadas de la sucesión (19-21 años). La relación entre especies anuales y perennes, para las edades más avanzadas de las series, es algo menor que la que se da en ETV y D. Es decir, hay más especies perennes en ripado sur que en ETV ó D, debido en gran medida a las leñosas.

Desde el punto de vista cuantitativo (Figura 63.b), existe una tendencia muy marcada a que el porcentaje de cobertura de anuales disminuya rápidamente hasta los cuatro años, se mantenga hasta los ocho para volver a descender a partir de los nueve y hasta los veintiún años. Por eso, de los nueve a los once años el porcentaje de cobertura de anuales y perennes prácticamente se iguala, y de los diecinueve a los veintiún las perennes ocupan mayor porcentaje de cobertura que las anuales (Relación A/P = 40/60). También desde el punto de vista cuantitativo la relación entre anuales y

perennes, para las edades más avanzadas de la serie, es menor que la que se da en ETV y D, aproximándose más la relación A/P de ETV y D a la del período 9-11 años de la serie D. Las especies leñosas presentan una clara tendencia a aumentar su cobertura con la edad haciéndose su contribución más importante a partir de los 8 años y destacando entre los diecinueve y los veintiuno.



**Figura 63.** Porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en la Serie D (Ripado Sur).

a) En función del número de especies.

b) En función del porcentaje de cobertura relativa.

En la serie D (sobre ripado sur) existen fluctuaciones interanuales, dentro del mismo punto de muestreo, tanto en la proporción de especies anuales como en su porcentaje de cobertura, aunque son mayores en el segundo caso, como también se ponen de manifiesto en ETV.

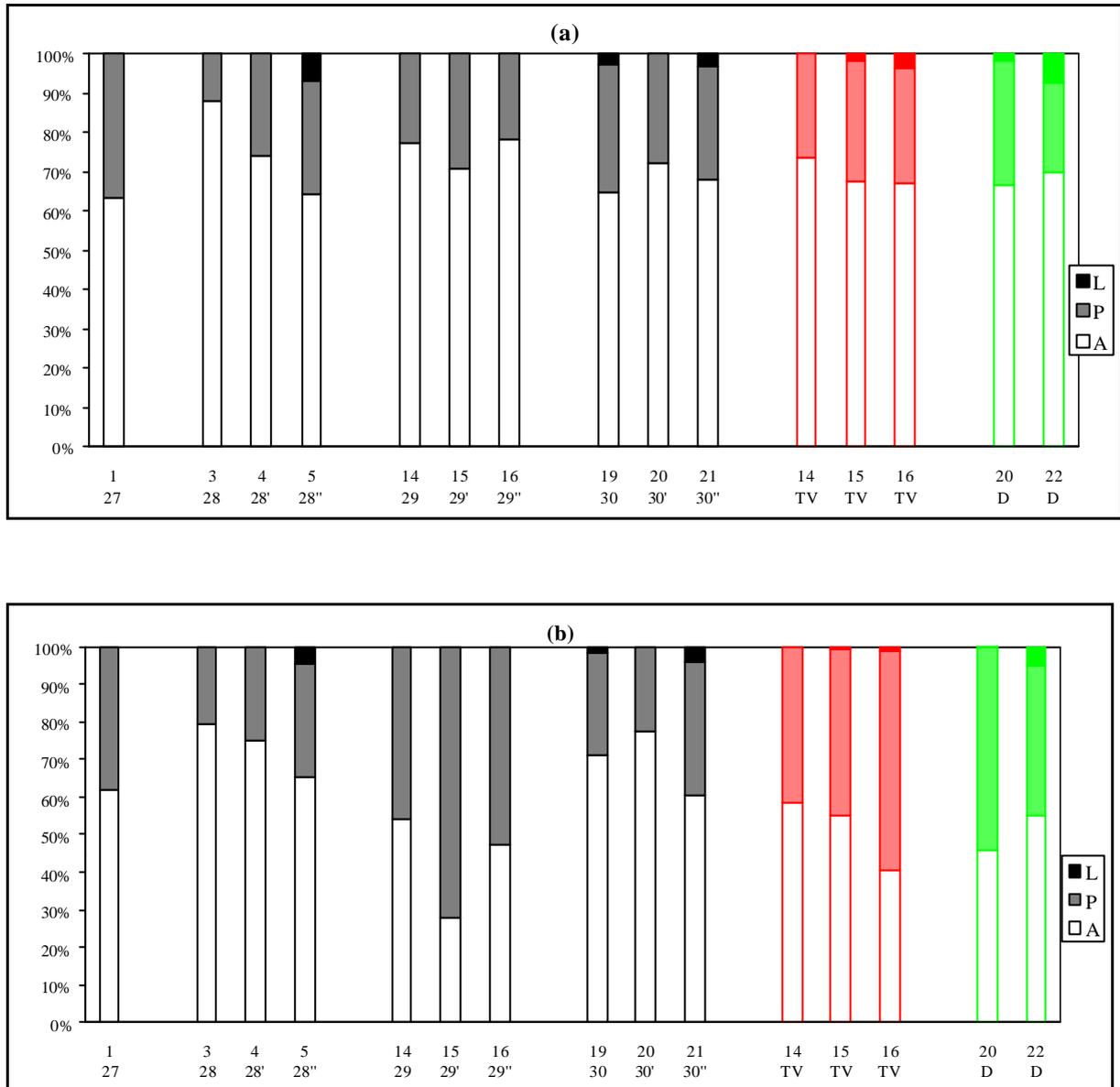
### **7.2.5.- Serie E (Estéril Norte).**

En la Figura 64.a se observa que el porcentaje del número de especies anuales es siempre mayor que el de perennes (suma de herbáceas perennes y leñosas), oscilando, en general, entre el 63% y el 78%, aunque también se alcanza a los tres años un porcentaje de especies anuales cercano al 90%. Las especies leñosas no contribuyen apenas al porcentaje de especies perennes. La proporción de especies anuales del período 19-21 años es bastante similar a la encontrada en ETV y D.

Desde el punto de vista cuantitativo (Figura 64.b) no parece haber una tendencia clara a que el porcentaje de cobertura de anuales disminuya con el tiempo y aumente el de perennes, aunque se pone de manifiesto que de los catorce a los dieciséis años las especies perennes ocupan igual o mayor cobertura que las anuales, fundamentalmente debido a herbáceas perennes y no a especies leñosas. Para el resto de las edades el porcentaje de especies anuales sigue siendo mayor que el de perennes. El porcentaje de cobertura de anuales del período 19-21 años es mayor al encontrado en ETV y D.

Posiblemente, las importantes lagunas temporales que caracterizan a la serie E, y el mayor efecto del factor pendiente y del tamaño del material de partida, dificultan la observación de alguna tendencia clara sobre los cambios cualitativos y cuantitativos de las especies anuales y perennes a lo largo de la sucesión.

En cuanto a las fluctuaciones interanuales, dentro del mismo punto de muestreo, son más marcadas para el porcentaje de cobertura de anuales que para el porcentaje de especies anuales.



**Figura 64.** Porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en la Serie E (Estéril Norte).

a) En función del número de especies.

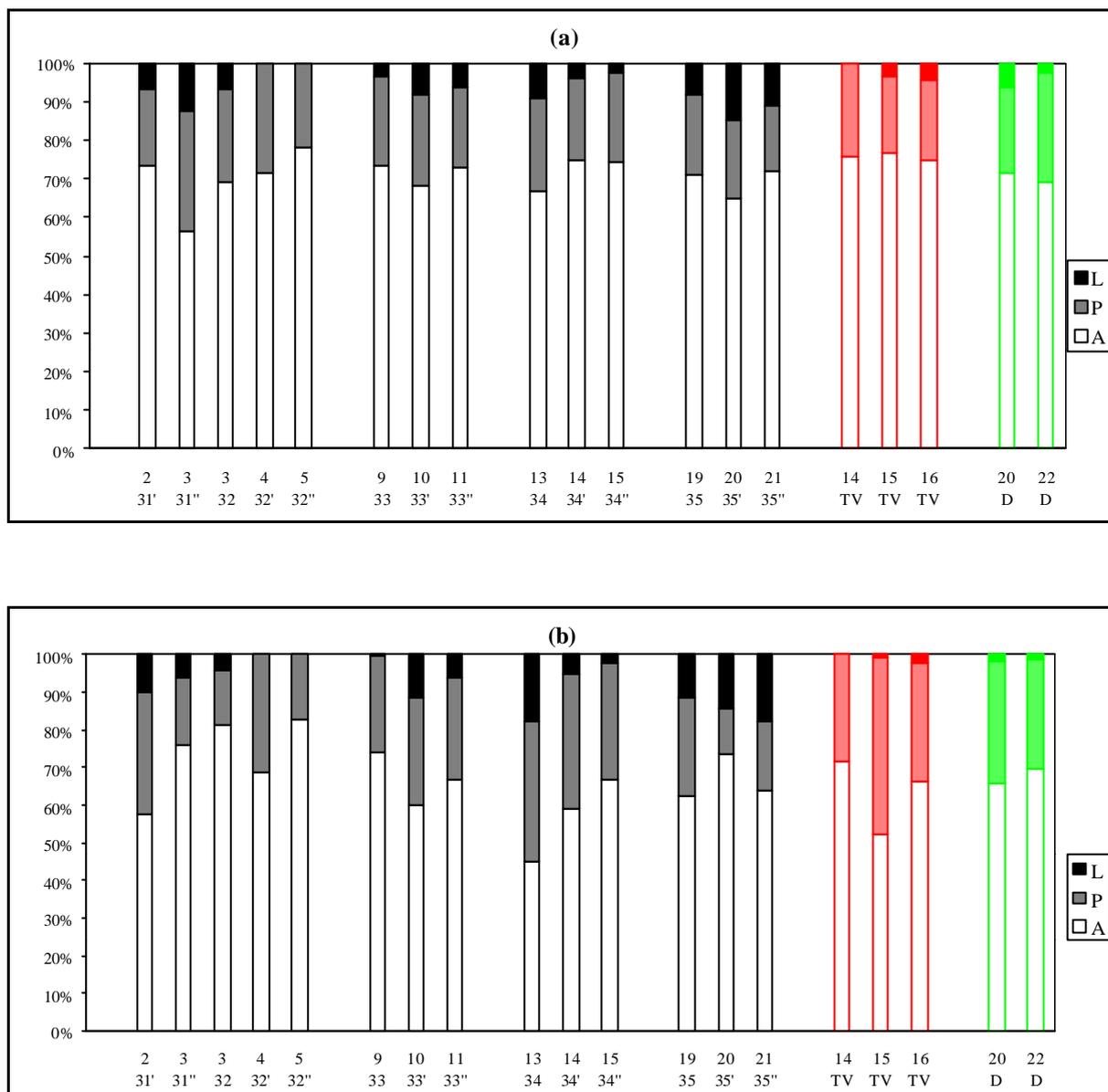
b) En función del porcentaje de cobertura relativa.

### 7.2.6.- Serie F (Estéril Sur).

En la Figura 65.a se observa que, en general, el porcentaje de especies anuales oscila en torno al 70% para todas las edades disponibles. No se observa una tendencia clara a que las especies anuales disminuyan en número con el paso de los años, pero parece que las leñosas son más numerosas que en la orientación norte, prácticamente para todas las edades. La proporción del número de especies anuales del período 19-21 años es bastante similar a la encontrada en ETV y D.

Cuantitativamente (Figura 65.b) el porcentaje de cobertura de anuales es superior al de perennes para todas las edades. No obstante, parece que el porcentaje de cobertura de anuales disminuye hasta los trece años para volver a aumentar de ahí hasta los veintiún años, aunque manteniéndose ligeramente por debajo de los porcentajes encontrados en los primeros años de la serie. Por su parte, el porcentaje de cobertura de perennes aumenta suavemente llegando a los trece años a superar al de anuales, gracias en parte a la contribución de las leñosas. Si bien el porcentaje de cobertura de leñosas fluctúa bastante con los años, es más importante, en general, para todas las edades que en la orientación norte (Serie E) y sobre todo en las edades más avanzadas. En las edades más avanzadas de la serie se alcanzan porcentajes de cobertura de anuales parecidos a los alcanzados en ETV y D.

En cuanto a las fluctuaciones interanuales, dentro del mismo punto de muestreo, son más marcadas para el porcentaje de cobertura de anuales que para el porcentaje de especies anuales.



**Figura 65.** Porcentaje de especies leñosas y herbáceas anuales y perennes, en la Serie F (Estéril Sur).

a) En función del número de especies.

b) En función del porcentaje de cobertura relativa.

### 7.2.7.- Discusión.

Como tendencia general, las especies anuales son más numerosas que las perennes en todas las series, del mismo modo que sucede en ETV y en la dehesa de referencia. No obstante, la relación número de especies anuales/perennes fluctúa de unos años a otros, siendo esas fluctuaciones más marcadas sobre estéril y ripado que sobre arcosas.

Los cambios que experimenta el número de especies anuales de unos años a otros, se debe fundamentalmente a las fuertes fluctuaciones meteorológicas, con alternancia de años de gran sequía frente a otros más húmedos, que favorecen la proliferación de pterófitos (Debussche *et al.*, 1996), como ya se ha puesto de manifiesto en la dehesa de referencia y en ETV. En concreto en el área de estudio, son los años primero y tercero los que favorecen la proliferación de pterófitos al darse en ellos mejores condiciones de pluviometría (mayor precipitación anual y mejor distribución de la misma) que en los años que les preceden (Tabla 7, página 76).

Conviene recordar que en este caso la pluviometría se cuenta desde junio del año anterior a mayo del año siguiente, pues los muestreos se realizaron en primavera, y es precisamente el período transcurrido de muestreo a muestreo el que determina los cambios de la comunidad herbácea respecto al muestreo anterior.

En cuanto al descenso del número de especies anuales, a lo largo de la sucesión, en favor de especies perennes, se aprecia más claramente esta tendencia sobre ripado. Sobre arcosas la tendencia, si existe, es muy suave, mientras que sobre estéril no se aprecia con claridad, debido a las importantes fluctuaciones interanuales.

Puerto *et al.* (1984), en la sucesión cultivo-pastizal en dehesas salmantinas, encuentran un decrecimiento del número de anuales a medida que la sucesión progresa, pero a grandes rasgos, y se refiere a intervalos temporales amplios (0-5 años, 6-17 años y más de 17 años), puesto que a menor escala las fluctuaciones interanuales pueden estar enmascarando esta tendencia. No obstante, las especies anuales siguen siendo muy numerosas y siguen estando bien representadas en los pastizales seminaturales de dehesas (Puerto *et al.*, 1983 a y b; González Hidalgo, 1993-94).

Estos resultados contrastan con los encontrados por Titlyanova y Mironycheva-Tokavera (1990) en un estudio de sucesión secundaria sobre escombros de carbón en Nazarovo (Rusia). Estos autores encuentran un claro descenso del porcentaje de especies anuales y bienales, junto a un claro incremento del porcentaje de especies perennes, tan sólo cinco años después del abandono. Lógicamente las condiciones climáticas de ambas zonas (Mina Fe y Nazarovo) son distintas, y por eso los cambios que experimentan anuales, bienales y perennes a lo largo de la sucesión también. De modo que mientras que en la dehesa de referencia de Mina Fe las anuales siguen siendo importantes tanto cualitativa como cuantitativamente, en el “Meadow” de referencia en Nazarovo las perennes son dominantes, tanto cualitativa como cuantitativamente. En definitiva, la

sucesión en los taludes de las escombreras de Mina Fe sigue una tendencia, en cuanto a los cambios que experimentan anuales y perennes, acorde con las características de la comunidad herbácea de la dehesa de referencia.

Cuantitativamente, y a excepción hecha del sustrato estéril, las especies anuales van perdiendo importancia (% de cobertura), a medida que avanza la sucesión, en favor de especies perennes, entre las que las leñosas son especialmente importantes en las edades más avanzadas sobre ripado y estéril sur.

El hecho de haber encontrado las mayores proporciones de leñosas (nº de especies y cobertura) en estéril y ripado sur, es un hecho que merece ser comentado. Este resultado no es contradictorio con el orden establecido entre las series, en cuanto al ritmo de la sucesión, ya que no se puede generalizar, al comparar dos procesos sucesionales, que es más rápido aquel en el que aparecen antes las leñosas. Tal vez esta generalización se pueda aplicar a las herbáceas perennes, pero no a las leñosas. Además, las leñosas también son importantes en zonas de edades intermedias, de los tres sustratos, que presentan mayor degradación del terreno. Por tanto, la mayor presencia de leñosas está más bien relacionada con las peores condiciones del sustrato (más pobre, más inestable, con mayor estrés hídrico), en las que las leñosas son más competitivas que las herbáceas.

Guerrero y Montserrat (1997) han observado que las especies leñosas, capaces de resistir mayores carencias de agua y nutrientes, presentan un fuerte aumento relativo en las zonas más erosionadas. Las plantas con reproducción vegetativa tienden a aumentar con el grado de erosión, especialmente si dicha reproducción les permite extenderse en el espacio considerablemente. De hecho, la expansión clonal parece ser ventajosa en los ambientes más extremos y permite a estas especies extenderse en el espacio considerablemente frente a las especies que se reproducen por semilla (Guerrero y Montserrat, 1997).

En resumen, se puede decir que la importancia de las especies anuales disminuye durante la sucesión, no tanto por verse disminuido su número cuanto por verse reducido el porcentaje de cobertura que ocupan, en favor de especies perennes. Las leñosas van cobrando importancia tanto en número como en cobertura, sobre todo en las edades más avanzadas disponibles, sobre ripado y estéril sur. De forma puntual, en zonas más degradadas (de los tres sustratos) se alcanzan, para

algunas edades intermedias, porcentajes de especies perennes y porcentajes de cobertura de las mismas más altos que los detectados en edades más avanzadas.

Desde el punto de vista cualitativo, la relación % sp anuales / % sp perennes en ETV (14-16 años) oscila en torno a 70/30, y es, en general, algo mayor que para el mismo período de las series. Respecto a las leñosas son, en general, menos numerosas en ETV (14-16 años) que en el mismo período de las series.

En la dehesa de referencia, el porcentaje de especies anuales y el de perennes mantienen también una relación en torno a 70/30, siendo, en general, esta relación algo mayor (para las series de dieciséis años) o igual (para las series de veintiún años) que la correspondiente a las edades más avanzadas de las series.

Desde el punto de vista cuantitativo, tanto en ETV como en D hay un predominio de anuales en la orientación sur, mientras que en la norte ambos grupos de especies (anuales y perennes) están equitativamente representados. En general, la cobertura relativa de anuales es, en el norte, menor en D que en las edades más avanzadas de las series, y en el sur, mayor.

Estos resultados no contradicen la tendencia encontrada en las series hacia un mayor predominio de las perennes, sobre todo desde el punto de vista cuantitativo, sin que por ello las anuales dejen de ser importantes. Como reflejan los resultados encontrados, tanto en ETV como en D, el predominio de las especies anuales se prolonga cualitativamente durante todo el proceso de la sucesión (De Pablo *et al.*, 1982), no sólo al principio (Debussche *et al.*, 1996), aunque cuantitativamente las perennes vayan cobrando importancia en edades avanzadas de la sucesión, o incluso en edades menos avanzadas, debido a alguna característica de los puntos de muestreo que favorezca el asentamiento de leñosas.

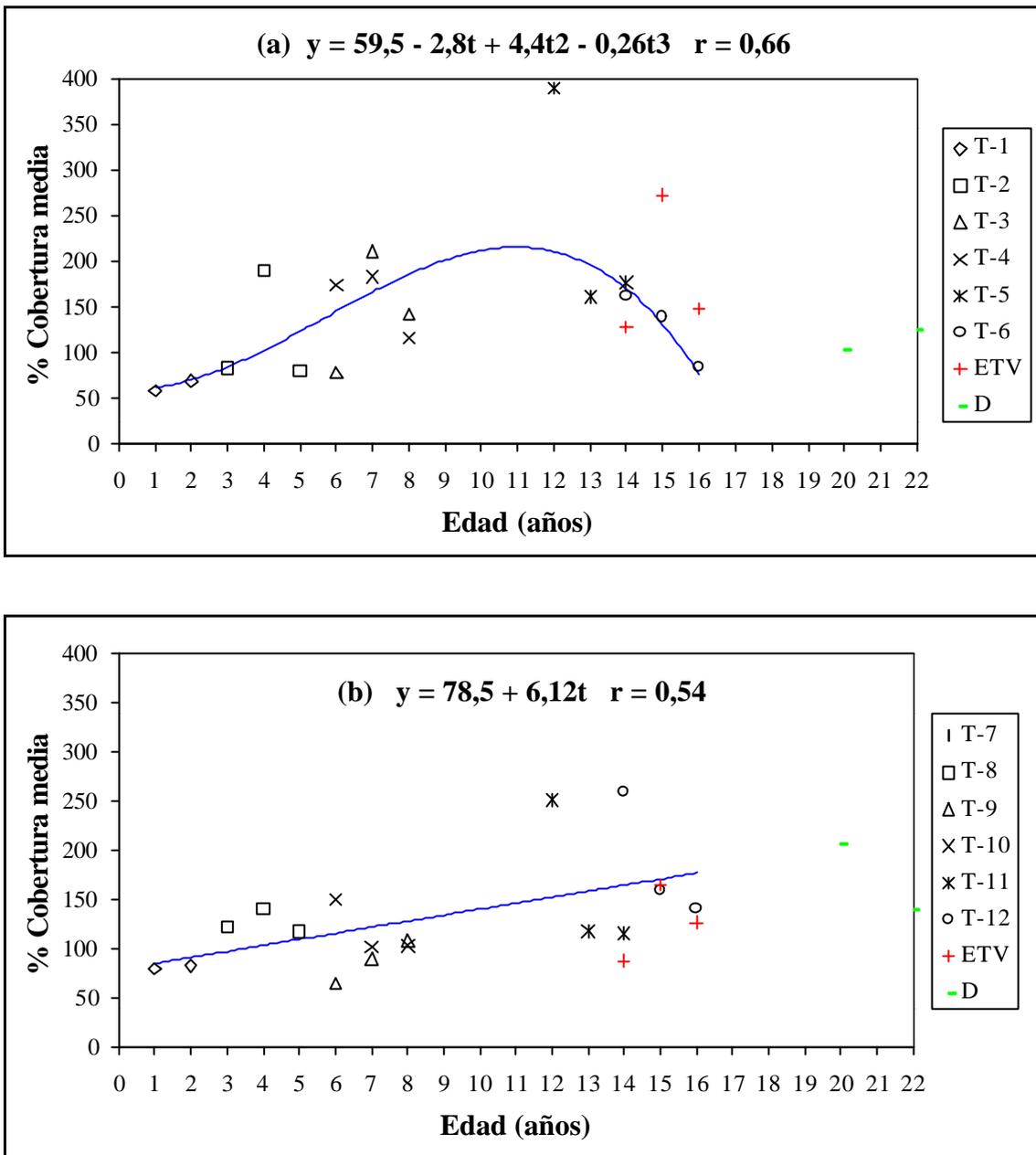
En cualquier caso, el predominio cuantitativo de las perennes, cuando se produce, no es tan notable como el de las anuales, y se debe en gran medida a las leñosas. De hecho, en puntos con predominio cuantitativo de perennes la relación entre el porcentaje de cobertura anuales y perennes oscila en torno a 40/60, mientras que hay zonas de predominio cuantitativo de anuales cuya relación llega a ser 90/10, lo que pone de manifiesto una vez más la importancia de las especies anuales, tanto cualitativa como cuantitativamente, en el área de estudio.

## 8.- COBERTURA HERBÁCEA DURANTE LA SUCESIÓN.

En las **figuras 66-68** se representan los porcentajes medios de cobertura de los distintos puntos de muestreo para las seis series sucesionales establecidas, así como la expresión de mejor ajuste, el coeficiente de correlación ( $r$ ) y el error estándar ( $S$ ). Acompañando a cada serie aparecen los porcentajes medios de cobertura de la escombrera de tierra vegetal (en rojo) y de la dehesa de referencia (en verde), correspondientes a la orientación norte o sur según el caso.

### **Arcosas.**

A lo largo de la sucesión sobre arcosas (Figura 66), se observa, en ambas orientaciones, una tendencia creciente de los valores de cobertura, por lo menos hasta los 12 años. A partir de esta edad se aprecia un descenso en la orientación norte, mientras que en la sur más bien parece una estabilización. El incremento de los valores de cobertura con el paso del tiempo es algo más rápido en la orientación norte que en la sur, aunque a los 14 años el valor medio de cobertura alcanzado es similar en ambas orientaciones, y está muy próximo al alcanzado en la escombrera de tierra vegetal (ETV) para esa edad. Para los dos años siguientes, los valores de cobertura sobre arcosas están más próximos a los de ETV en la orientación sur que en la norte. En cuanto a los valores de cobertura de la dehesa de referencia están muy próximos, en ambas orientaciones, a los alcanzados al final de las series. Sin embargo, el mejor ajuste a la nube de puntos corresponde en cada serie a un modelo distinto. En el caso de la Serie A (Arcosas norte), el mejor ajuste corresponde a una polinomial de tercer grado (**Figura 67.a**) cuya ecuación es:  $y = 59,5 - 2,8t + 4,4t^2 - 0,26t^3$ , siendo el coeficiente de correlación  $r = 0,66$  y el error estándar  $S = 65,95$ . En el caso de la Serie B (Arcosas sur), el mejor ajuste es el lineal (**Figura 67.b**), cuya ecuación:  $y = 78,5 + 6,12t$ , siendo  $r = 0,54$  y  $S = 46,8$ . No obstante, ambos modelos tienden a aproximarse a los valores de cobertura de la dehesa de referencia, aunque parece que el ritmo es más rápido en la orientación norte que en la sur.



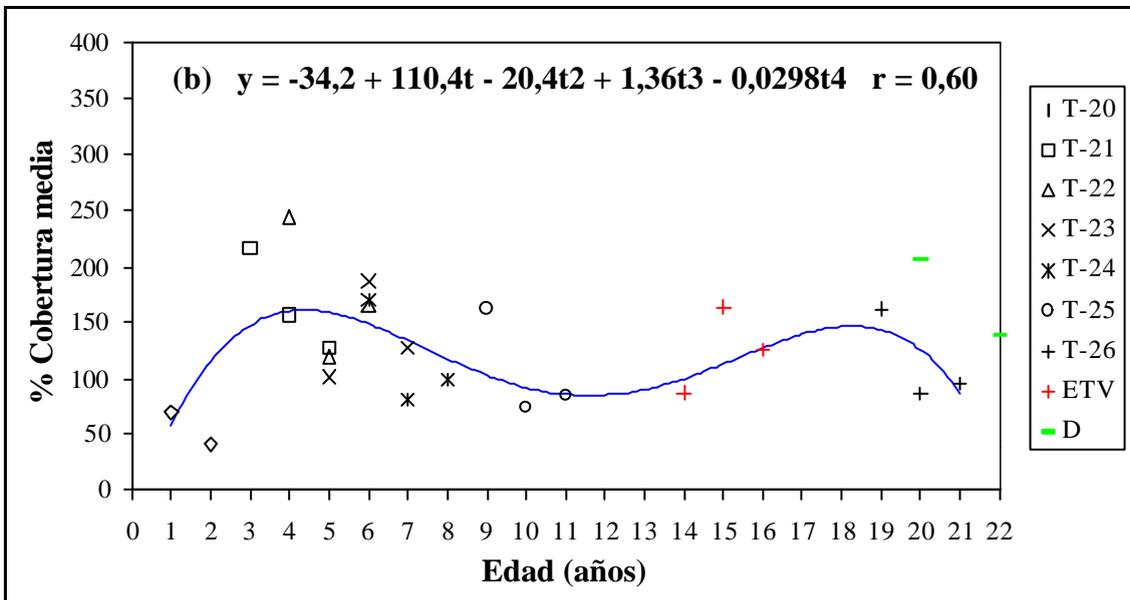
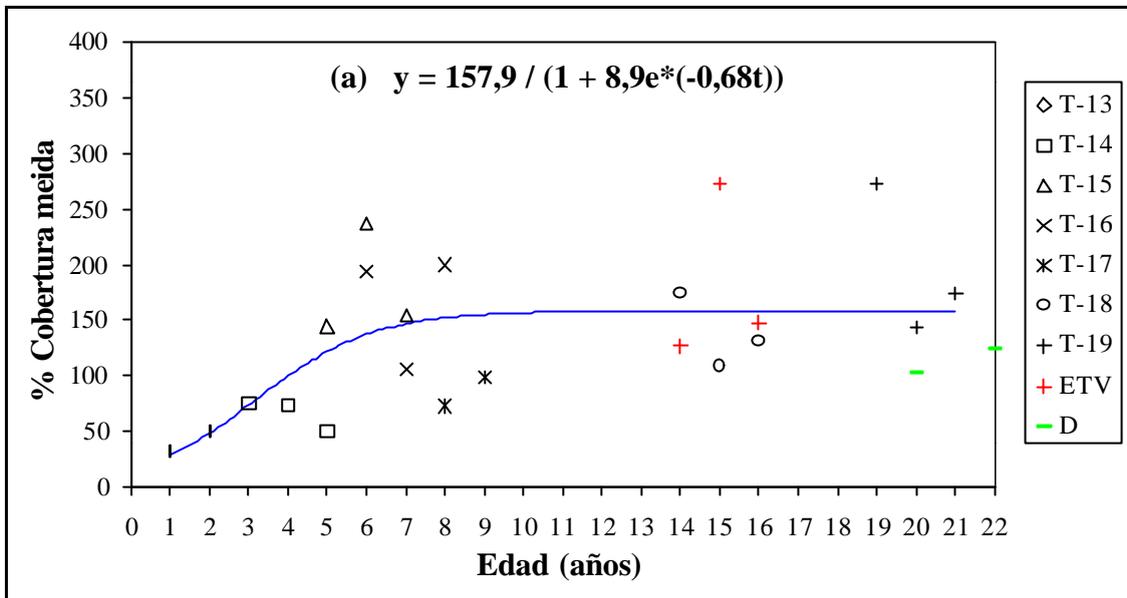
**Figura 66.** Valores medios de cobertura a lo largo de la sucesión sobre arcosas, (a) Serie A (Norte) y (b) Serie B (Sur). Expresión de mejor ajuste y coeficiente de correlación. ETV y D como sistema de referencia.

### Ripado.

A lo largo de la sucesión sobre ripado (Figura 67), también se observa diferente tendencia según la orientación. En el caso de la orientación norte (Serie C), el mejor ajuste a la nube de puntos corresponde al modelo sigmoide, cuya ecuación es:  $y = 157,9 / (1 + 8,9e^{-0,68t})$ , siendo  $r =$

0,61 y  $S = 55,88$  (Figura 67.a). Para la orientación sur (Serie D), el modelo que mejor se ajusta a la nube de puntos es el polinomial de cuarto grado, cuya expresión es:

$y = -34,2 + 110,4t - 20,4t^2 + 1,36t^3 - 0,0298t^4$ , siendo  $r = 0,60$  y  $S = 47,95$  (Figura 67.b).



**Figura 67.** Valores medios de cobertura (en porcentaje) a lo largo de la sucesión sobre ripado, (a) Serie C (Norte) y (b) Serie D (Sur). Expresión de mejor ajuste y coeficiente de correlación. ETV y D como sistema de referencia.

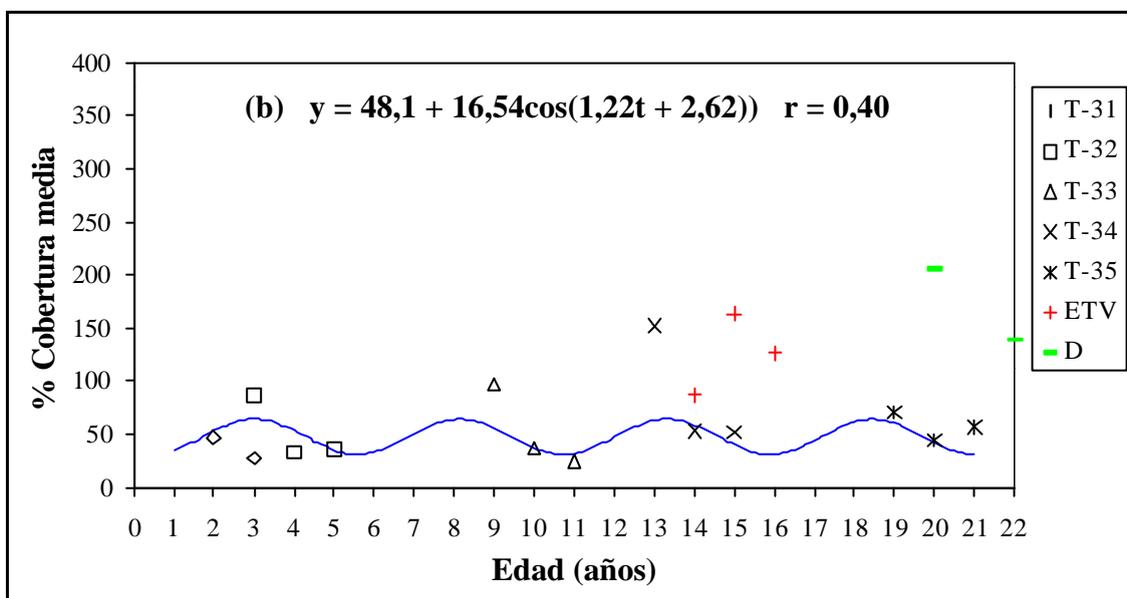
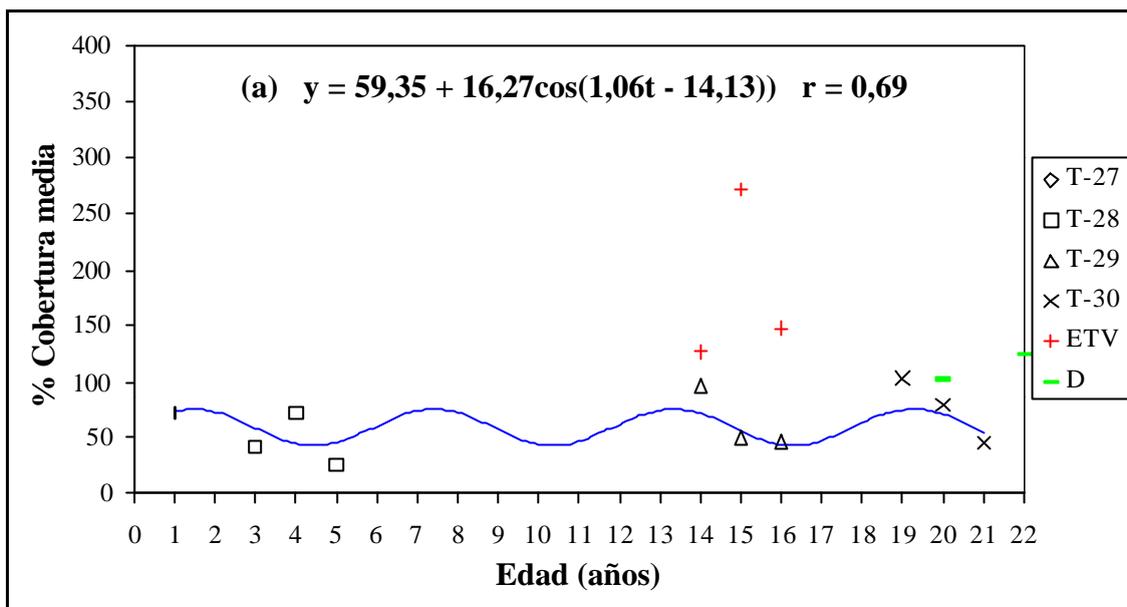
En relación a los valores de cobertura de ETV, se observa gran proximidad entre ellos y los correspondientes a los 14 y 16 años de la Serie C (ripado norte), existiendo mayor diferencia a los 15 años, coincidiendo con el segundo año de muestreo. Los valores de cobertura de la dehesa de referencia están bastante próximos a los de las edades más avanzadas de las series, sobre todo en la orientación norte, y ambos modelos tienden a aproximarse a los valores de cobertura de la dehesa de referencia.

Si se compara con arcosas, se observa que, en la orientación norte, el incremento de la cobertura sobre ripado es inicialmente más lento que sobre arcosas, pero también se estabiliza, y lo hace antes (7-8 años en ripado, 9-10 años en arcosas). En la orientación sur, la cobertura es mucho más variable sobre ripado que sobre arcosas, no se ha estabilizado y, aunque los valores de cobertura de ETV y D están dentro de la tendencia descrita por el modelo, el proceso es más lento.

## **Estéril.**

A lo largo de la sucesión sobre estéril (Figura 68), no se aprecia una tendencia en cuanto a los cambios que la cobertura experimenta con el paso del tiempo. Debido a las peculiaridades de este sustrato, los valores de cobertura herbácea de las edades más avanzadas de las series no son muy diferentes de los encontrados al principio de la sucesión. Esta realidad, junto al hecho de que las series sobre estéril presentan mayores lagunas temporales, dificulta el establecimiento de un buen ajuste a esta nube de puntos. En ambos casos, Series E y F, el mejor ajuste corresponde a un modelo sinusoidal ( $r = 0,69$  en la orientación norte y  $r = 0,40$  en la sur), lo que pone de manifiesto las importantes lagunas temporales de las series y a las importantes fluctuaciones que se detectan en los porcentajes de cobertura media según el año de muestreo.

También se observa en este caso mayor diferencia entre los valores de cobertura de la escombrera de tierra vegetal y los correspondientes al período 14-16 años en ambas series. Los valores de cobertura de las edades más avanzadas disponibles también están menos próximos a los de la dehesa de referencia, sobre todo para la orientación sur, que en el caso de arcosas o ripado.



**Figura 68.** Valores medios de cobertura (en porcentaje) a lo largo de la sucesión sobre estéril, (a) Serie E (Norte) y (b) Serie F (Sur). Expresión de mejor ajuste y coeficiente de correlación. ETV y D como sistema de referencia.

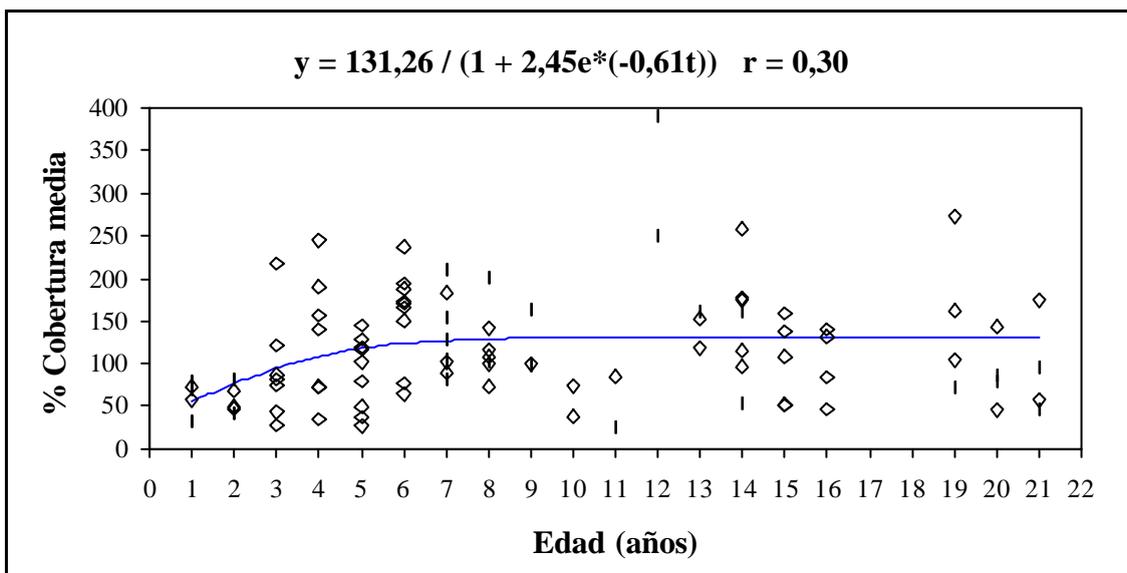
Estos resultados ponen de manifiesto que tanto el sustrato de recubrimiento de los taludes como la orientación establecen diferencias en cuanto a los cambios que la cobertura experimenta durante la sucesión. Además, también influyen otros factores como la pendiente u otras particularidades de los puntos de muestreo que dificultan el establecimiento de una tendencia global. No obstante, en base a los modelos ajustados a las distintas series, se pueden ordenar éstas según

el ritmo de cambio de la cobertura con el tiempo. En primer lugar, arcosas norte (Serie A), en la que se llega a la fase de descenso; en segundo lugar, ripado norte (Serie C) en la que se llega a la fase de estabilización; en tercer lugar, arcosas sur (Serie B), en la que la cobertura tiende a estabilizarse, aunque todavía no haya alcanzado esa fase; en cuarto lugar, ripado sur (Serie D), en la que ni siquiera se tiende a la fase de estabilización; en quinto lugar, estéril norte y sur (Series E y F), en las que la cobertura no parece seguir ninguna tendencia.

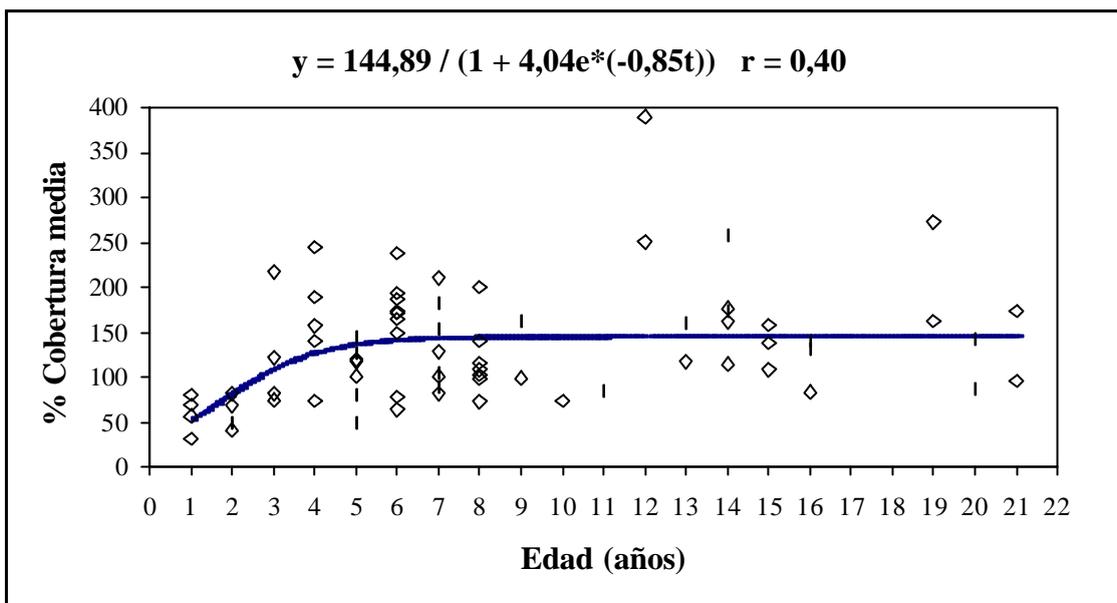
### Para el conjunto de los datos.

No obstante, si se realiza el mejor ajuste para el conjunto de los datos de cobertura (Figura 69), se observa que corresponde al modelo logístico o sigmoide ( $r = 0,30$  y  $S = 62,22$ ), cuya expresión es:  $y = 131,26 / (1 + 2,45e^{-0,61t})$ . Si se excluyen del total los valores correspondientes a estéril (Figura 70), el ajuste logístico es algo mejor ( $r = 0,40$  y  $S = 58,27$ ) y su expresión es:  $y = 144,89 / (1 + 4,04e^{-0,85t})$ .

De acuerdo con este modelo el porcentaje de cobertura aumentaría lentamente durante los dos primeros años, para seguir una fase de incremento exponencial hasta los 5 años aproximadamente. A partir de esa edad el incremento de la cobertura se hace más lento y se estabiliza en torno a los 7-8 años.



**Figura 69.** Valores medios de cobertura a lo largo de la sucesión, para el conjunto de las series, y expresión de mejor ajuste.



**Figura 70.** Valores medios de cobertura a lo largo de la sucesión, para el conjunto de los datos excepto los correspondientes a estéril, y expresión de mejor ajuste.

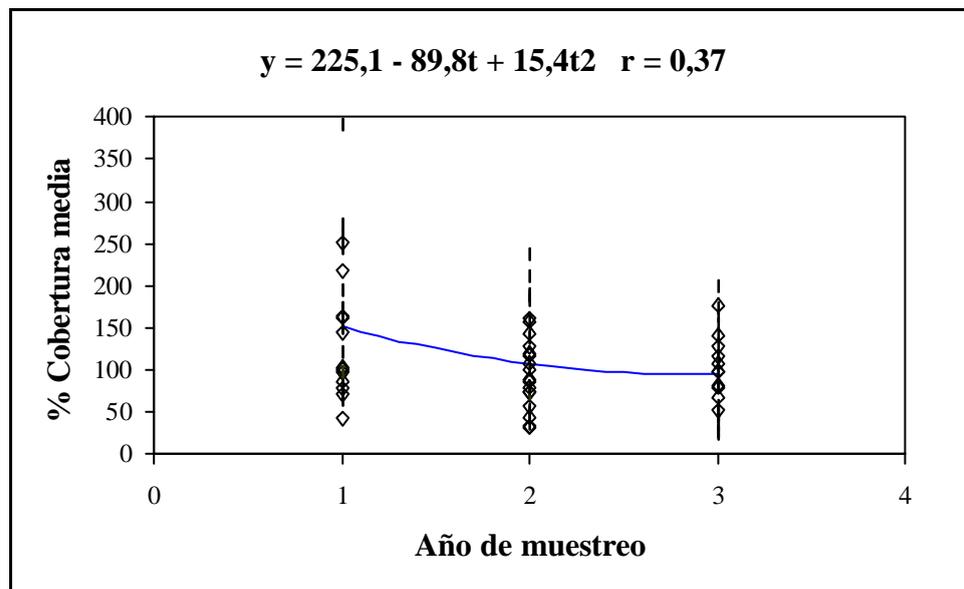
Posiblemente, si dispusiéramos de secuencias más largas, la tendencia general no seguiría el modelo sigmoide, sino el polinomial de segundo grado como en la Serie A (arcosas norte). Es decir, transcurrido más tiempo es probable que se observe, en todos los sustratos y orientaciones, el descenso de cobertura que tiene lugar al final de la Serie A. No obstante, el intervalo de tiempo necesario para observar esto sería distinto según el sustrato y la orientación, pues es evidente que el ritmo sucesional no es el mismo en todos los casos.

### Porcentaje de cobertura según el año de muestreo.

En cuanto a las variaciones del porcentaje de cobertura herbácea según al año de muestreo, se observa, en general, en todas las series un descenso de la cobertura el segundo año de muestreo. El segundo año fue el menos lluvioso de todos (Tabla 7; página 76), por lo que en principio es comprensible que los porcentajes de cobertura alcanzados sean más bajos. Para comprobar si realmente hay un efecto del año de muestreo sobre el porcentaje de cobertura herbácea se ha

buscado el mejor ajuste para el total de los datos, así como para cada sustrato, orientación y serie. En todos los casos el mejor ajuste ha sido el polinomial de segundo grado (Tabla 32).

Para el conjunto de los datos (Figura 71) se observa un descenso de la cobertura el segundo año de muestreo, al igual que cuando se agrupan los datos según la orientación y el sustrato. También al analizar cada serie independientemente se observa en todas ellas, excepto en las series A (Arcosas norte) y E (Estéril norte), este descenso de cobertura el segundo año de muestreo. Sin embargo, el coeficiente de correlación varía bastante indicando que la meteorología de los años de muestreo influye más en la orientación sur que en la norte, más sobre estéril que sobre ripado, y en ripado más que en arcosas. Es decir, las peores condiciones meteorológicas se dejan sentir con mayor intensidad en las zonas que reúnen las peores condiciones, por lo que el mayor coeficiente de correlación se da sobre estéril sur y el menor sobre arcosas norte (Serie A), en la que además se aprecia un ligero aumento de cobertura el segundo año. En la serie E (Estéril norte), en la que también se aprecia un incremento de cobertura el segundo, el resultado no es concluyente ya que se dispone de muy pocos datos.



**Figura 71.** Relación entre la cobertura media (en porcentaje) y el año de muestreo. Expresión de mejor ajuste, para el conjunto de los datos.

Por otro lado, y de forma general en todas las series, parece que en el segundo año descende la cobertura en edades comprendidas entre los 9 y los 21 años, mientras que en las

edades anteriores ese segundo año la cobertura aumenta, aunque sea ligeramente. Para comprobar si esto es realmente así se ha realizado, para el conjunto de los datos, el mejor ajuste para los siguientes grupos de edad: de 3 a 5 años, de 6 a 8 años, de 14 a 16 años y de 19 a 21 años (Tabla 33).

**Tabla 32.** Ecuación de mejor ajuste, coeficiente de correlación (r) y error estándar (S).

	<b>r</b>	<b>S</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Aspecto</b>
<b>Serie A</b>	0,36	79,4	$y = 171,1 + 18,3t - 12,8t^2$	convexo
<b>Serie B</b>	0,50	49,9	$y = 274,8 - 131t + 25,4t^2$	cóncavo
<b>Serie C</b>	0,39	65,0	$y = 307,5 - 172,8t + 37t^2$	cóncavo
<b>Serie D</b>	0,62	44,1	$y = 276,1 - 120,3t + 20,5t^2$	cóncavo
<b>Serie E</b>	0,69	20,6	$y = 74,7 + 12,3t - 8t^2$	convexo
<b>Serie F</b>	0,83	20,9	$y = 185,1 - 43,4t + 5,3t^2$	cóncavo
<b>TOTAL</b>	0,37	60,7	$y = 225,1 - 89,8t + 15,4t^2$	cóncavo
<b>Norte</b>	0,25	71,0	$y = 185,1 - 43,4t + 5,3t^2$	cóncavo
<b>Sur</b>	0,51	50,5	$y = 261,1 - 131,4t + 24,4t^2$	cóncavo
<b>Arcosas</b>	0,36	64,4	$y = 222,9 - 56,4t + 6,3t^2$	cóncavo
<b>Ripado</b>	0,48	53,4	$y = 292,5 - 147t + 28,9 t^2$	cóncavo
<b>Estéril</b>	0,73	21,7	$y = 153,6 - 75,7t + 12,6t^2$	cóncavo

**Tabla 33.** Ecuación de mejor ajuste, coeficiente de correlación (r) y error estándar (S).

<b>Grupos</b>	<b>r</b>	<b>S</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Aspecto</b>
<b>3-5 años</b>	0,31	55,1	$y = 52,7 + 74,1t - 22,4t^2$	convexo
<b>6-8 años</b>	0,32	56,0	$y = 154,3 + 27,6t - 11,6t^2$	convexo
<b>14-16 años</b>	0,56	53,6	$y = 277,3 - 127,6t + 22,9t^2$	cóncavo
<b>19-21 años</b>	0,46	65,3	$y = 283,8 - 165,5t + 34t^2$	cóncavo

Los resultados de la tabla 33 sugieren que la distinta meteorología de los años de muestreo influye en el porcentaje de cobertura herbácea de manera diferente en función de la edad de la zona

en cuestión. Así, en edades relativamente jóvenes (1-9 años), un año poco lluvioso, como fue el segundo año de muestreo, no implica un descenso de cobertura, posiblemente debido a que en condiciones de suficiente espacio (valores de cobertura relativamente bajos) la competencia por un recurso tan limitado como el agua no es tan marcada como cuando la cobertura es más alta. En edades más avanzadas ( más de 9 años), donde el espacio comienza a ser limitado (mayor porcentaje de cobertura) la mayor competencia por el agua puede traducirse en un descenso del porcentaje de cobertura herbácea.

### **Relación entre la cobertura y la riqueza específica a lo largo de la sucesión.**

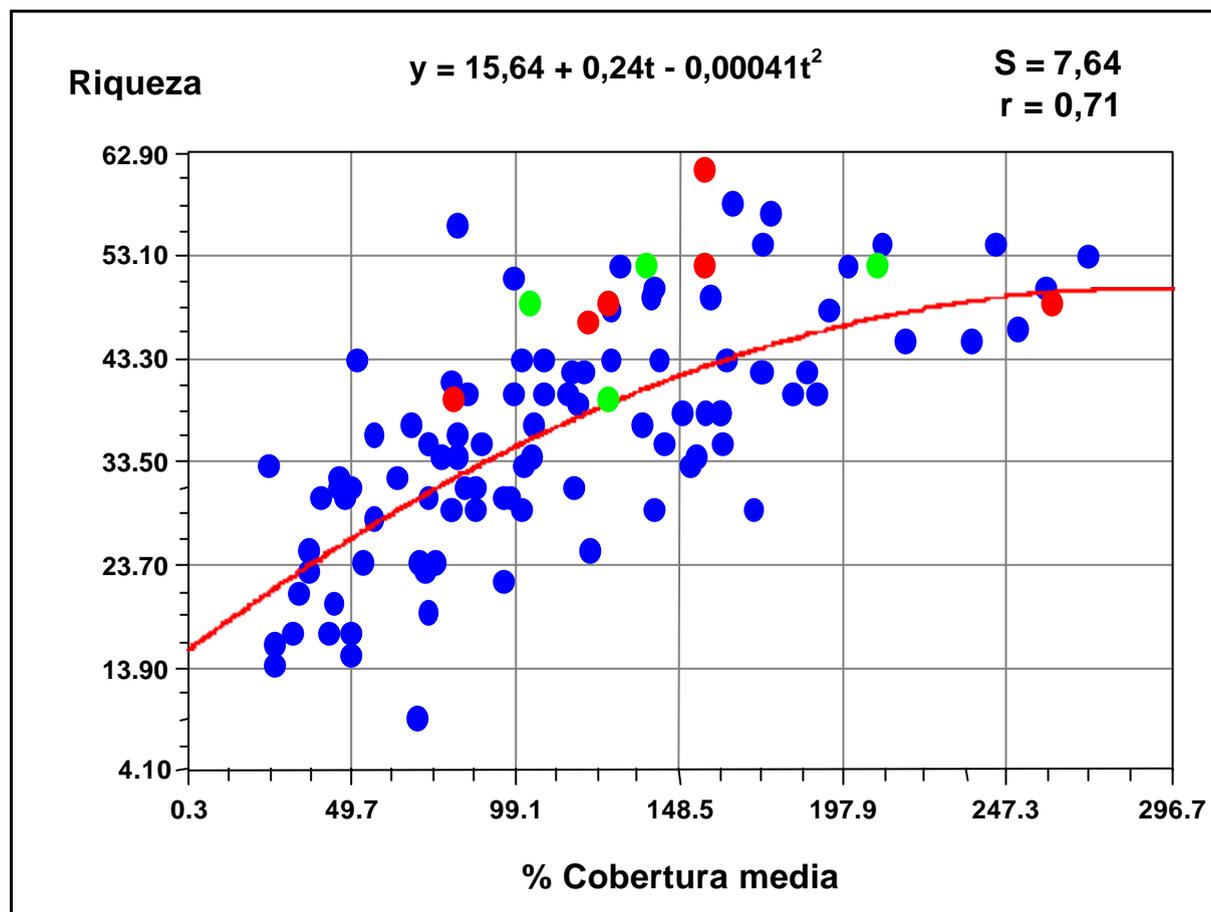
Para el conjunto de los datos (Tabla 34; Figura 72), el modelo que mejor explica la relación entre los valores de cobertura y de riqueza específica es el polinomial de segundo grado, cuya expresión es:  $y = 15,64 + 0,24t - 0,00041t^2$ , siendo  $r = 0,71$  y  $S = 7,6$ . Es decir, existe una correlación positiva y significativa entre la cobertura y la riqueza de especies, aunque el mejor ajuste no es una recta sino una polinomial de segundo grado. Esto indica que la riqueza específica aumenta a medida que aumenta la cobertura, pero a distinto ritmo según la edad. Al principio, la riqueza aumenta más rápidamente que la cobertura, en edades intermedias ambas aumentan a un ritmo más parecido, y en las edades más avanzadas disponibles, aunque la cobertura siga aumentando lentamente la riqueza de especies parece haberse estabilizado.

Si se realiza la correlación entre los valores de cobertura y los de riqueza, para cada orientación, se observan algunas diferencias (Tabla 34). Mientras que en la orientación norte el mejor ajuste corresponde al modelo polinomial de segundo grado ( $r = 0,80$ ), en la orientación sur es mejor el modelo lineal ( $r = 0,61$ ), lo que indica que en la orientación sur, tanto la riqueza como la cobertura continúan aumentando al mismo ritmo para el intervalo de edad con el que se está trabajando (máximo 21 años). Es decir, tanto el establecimiento de las especies como su desarrollo es más lento en la orientación sur; en definitiva el ritmo de la sucesión está más ralentizado en la orientación sur respecto de la norte.

Agrupando los datos según el sustrato (Tabla 34), también se observan diferencias. Sobre arcosas el mejor ajuste corresponde al polinomial de segundo grado ( $r = 0,54$ ), sobre ripado al

potencial ( $r = 0,70$ ) y sobre estéril al modelo lineal ( $r = 0,33$ ). Esto indica que también el sustrato influye en la relación que existe entre la cobertura y la riqueza específica. En los tres sustratos la correlación es positiva y significativa, siendo mayor sobre ripado que sobre arcosas y estéril, aunque sólo en el caso del estéril la correlación es lineal. Por tanto, el ritmo de la sucesión es distinto según el sustrato. Sobre arcosas la cobertura y la riqueza se estabilizan antes, mientras que sobre ripado aunque la cobertura se vaya estabilizando (en torno a umbrales inferiores a los de arcosas) la riqueza sigue aumentando. Por último, sobre estéril, dadas sus especiales características, tanto la cobertura como la riqueza siguen aumentando para el período de tiempo considerado (máximo 21 años) y, por tanto, la correlación es lineal.

Teniendo en cuenta que tanto la orientación como el tipo de sustrato determinan correlaciones distintas, la conjugación de ambos factores también, como muestra la tabla 34.



**Figura 72.** Relación entre la cobertura media (en porcentaje) y la riqueza específica. Expresión de mejor ajuste, para el conjunto de los datos. En rojo, valores de ETV y en verde, valores de la dehesa.

**Tabla 34.** Ecuación de mejor ajuste, coeficiente de correlación (r) y error estándar (S).

	r	S	Ecuación	Modelo
<b>Serie A</b>	0,68	6,04	$y = 0,2164 + 0,19t - 0,00034t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Serie B</b>	0,43	8,51	$y = 29,96 + 0,065t$	Lineal
<b>Serie C</b>	0,81	7,38	$y = 5,41 + 0,41t - 0,00096t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Serie D</b>	0,57	8,72	$y = 22,78 + 0,12t$	Lineal
<b>Serie E</b>	0,43	6,90	$y = 14,33 + 0,15t$	Lineal
<b>Serie F</b>	0,32	7,06	$y = 22,4 + 0,09t$	Lineal
<b>TOTAL</b>	0,72	7,60	$y = 15 + 0,25t - 0,00044t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Norte</b>	0,80	7,02	$y = 9,20 + 0,32t - 0,0006t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Sur</b>	0,61	8,15	$y = 21,92 + 0,12t$	Lineal
<b>Arcosas</b>	0,54	7,30	$y = 27,4 + 0,096t - 2,71 \cdot 10^{-5} t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Ripado</b>	0,70	7,89	$y = 4,34t^{0,46}$	Potencial
<b>Estéril</b>	0,33	7,05	$y = 20,4 + 0,093t$	Lineal

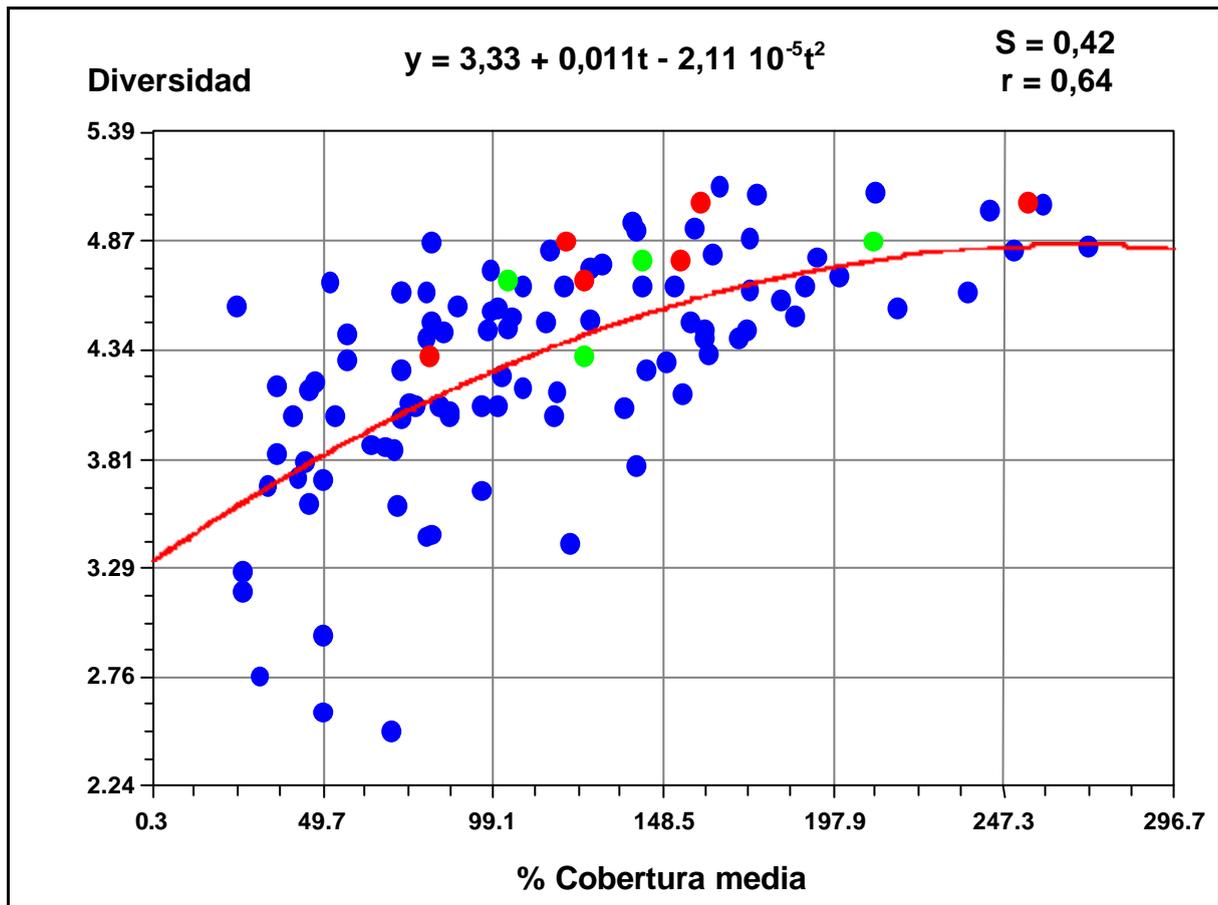
### Relación entre cobertura y diversidad a lo largo de la sucesión.

Para el conjunto de los datos (Tabla 35; Figura 73), el modelo que mejor explica la relación entre los valores de cobertura y de diversidad es el polinomial de segundo grado, cuya expresión es:  $y = 3,33 + 0,011t - 2,11 \cdot 10^{-5} t^2$ , siendo  $r = 0,64$  y  $S = 0,42$ . Se observa, por tanto, una relación similar a la que se encontraba para la riqueza, sólo que en este caso el coeficiente de correlación es algo más bajo.

Si se calcula la correlación entre los valores de cobertura y los de diversidad, para cada orientación (Tabla 35), los modelos que mejor se ajustan son los mismos que en el caso de la riqueza. En la orientación norte el mejor ajuste corresponde al modelo polinomial de segundo grado y en la orientación sur al modelo lineal.

En cuanto al mejor ajuste para cada sustrato (Tabla 35), existe diferencia en el caso del ripado. El polinomial de segundo grado sigue siendo el mejor ajuste para arcosas ( $r = 0,51$ ) y el

lineal para estéril ( $r = 0,36$ ), pero para ripado ahora es el hiperbólico ( $r = 0,73$ ). También en este caso la correlación es mayor sobre ripado que sobre arcosas o estéril. Sin embargo, conviene hacer alguna puntualización. Así, la polinomial de segundo grado correspondiente al sustrato arcosas tiene un aspecto más convexo, lo que indica que la diversidad comienza a disminuir en las edades más avanzadas disponibles, aunque la cobertura siga aumentando ligeramente. Es decir, existe un reajuste de los valores de diversidad que, tras una tendencia ascendente a lo largo de la sucesión, experimente un descenso para ajustarse al máximo valor que puede asumir la comunidad herbácea hacia la que tiende, tomando como sistema de referencia la dehesa próxima. Este comportamiento de la diversidad a lo largo de la sucesión se ve también influenciado por el sustrato y la orientación, por lo que sobre ripado el mejor ajuste es ahora el hiperbólico y no el potencial como en el caso de la riqueza, mientras que sobre estéril sigue siendo el lineal. También en la orientación sur el mejor ajuste sigue siendo el lineal.



**Figura 73.** Relación entre la cobertura media (en porcentaje) y la diversidad durante la sucesión. Expresión de mejor ajuste, para el conjunto de los datos. En rojo, valores de ETV y en verde, valores de la dehesa.

Puesto que la orientación y el sustrato determinan relaciones distintas entre la cobertura y la diversidad, los modelos que mejor se ajustan a cada serie son distintos (Tabla 35).

**Tabla 35.** Ecuación de mejor ajuste, coeficiente de correlación (r) y error estándar (S).

	<b>r</b>	<b>S</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Modelo</b>
<b>Serie A</b>	0,61	0,37	$y = 3,61 + 0,008t - 1,3 \cdot 10^{-5} t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Serie B</b>	0,46	0,43	$y = 3,9 + 0,0033t$	Lineal
<b>Serie C</b>	0,88	0,29	$y = 5,2 - (79,8/t)$	Hiperbólico
<b>Serie D</b>	0,53	0,46	$y = 2,2 t^{0,14}$	Potencial
<b>Serie E</b>	0,46	0,48	$y = 3,1 + 0,009t$	Lineal
<b>Serie F</b>	0,48	0,36	$y = 3,8 + 0,006t$	Lineal
<b>TOTAL</b>	0,64	0,42	$y = 3,32 + 0,01t - 2,07 \cdot 10^{-5} t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Norte</b>	0,74	0,40	$y = 2,73 + 0,018t - 3,9 \cdot 10^{-5} t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Sur</b>	0,53	0,41	$y = 3,8 + 0,005t$	Lineal
<b>Arcosas</b>	0,51	0,40	$y = 3,76 + 0,006t - 6,37 \cdot 10^{-6} t^2$	Polinomial 2º grado
<b>Ripado</b>	0,73	0,39	$y = 5,06 - (69,97/t)$	Hiperbólico
<b>Estéril</b>	0,36	0,47	$y = 3,6 + 0,0051t$	Lineal

## 9.- RESULTADOS DEL HJ-BILOT.

### 9.1.- HJ-BILOT GLOBAL

El objetivo que se pretende con el HJ-Biplot es, en primer lugar, comprobar la influencia de los factores de variación considerados (sustrato, orientación, edad y pendiente) en la composición específica de los puntos de muestreo seleccionados y, en segundo lugar, identificar de una manera rápida y visual las principales especies características de esos puntos.

Para ello, se ha construido una matriz  $X_{154 \times 35}$  (ANEXO II), con los valores medios de cobertura de las 154 especies (filas) presentes en los 35 grupos (columnas) establecidos.

El hecho de diferenciar 35 grupos, cada uno de los cuales engloba uno o más puntos de muestreo, responde a la necesidad de reducir el gran número de puntos de muestreo de partida (97 en total).

La distribución de estos 97 puntos en 35 grupos se ha llevado a cabo en vista de los resultados obtenidos en el análisis de afinidad global. Se han agrupado, por tanto, las muestras tomadas en el mismo punto de muestreo, al existir entre ellas una mayor afinidad, y, en algunos, casos se han agrupado también muestras de varios puntos entre las que la afinidad era importante debido a compartir sustrato, orientación y edad.

En la tabla 36 se presenta la información correspondiente a las muestras que han quedado incluidas en cada grupo, la denominación con la que aparecen en la matriz  $X_{154 \times 35}$  y sus características de edad, orientación, sustrato y pendiente.

En la tabla 37 aparecen ordenados estos grupos siguiendo su presencia temporal para cada sustrato y orientación. Esto facilitará su localización en las representaciones HJ-Biplot de los distintos planos factoriales y ayudará a interpretar la variabilidad que explican los diferentes ejes.

**Tabla 36.** Distribución de las muestras dentro de los 35 grupos incluidos en el HJ-Biplot Global.

GRUPO	MUESTRAS	EDAD	ORIENT.	SUSTRATO	PEND.
1	1'	1	N	A	37°
2	1''	2	N	A	37°
3	2-2'-2''	3-5	N	A	17°
4	3-3'-3''-4-4'-4''	6-8	N	A	37°
5	5-5'	12-13	N	A	17°
6	5''-6	14	N	A	17°
7	6'-6''	15-16	N	A	17°
8	7'	1	S	A	37°
9	7''	2	S	A	37°
10	8-8'-8''	3-5	S	A	17°
11	9-9'-9''-1'-10'-10''	6-8	S	A	37°
12	11-11'	12-13	S	A	17°
13	11''-12	14	S	A	17°-37°
14	12'-12''	15-16	S	A	37°
15	13'	1	N	R	37°
16	13''	2	N	R	37°
17	14-14'-14''-15	3-5	N	R	37°-17°
18	15'-15''-16-16'-16''-17'-17''	6-9	N	R	37°-17°
19	18-18'-18''	14-16	N	R	37°
20	19-19'-19''	19-21	N	R	37°
21	20'	1	S	R	37°
22	20''	2	S	R	37°
23	21-21'-21''-22-22'-23	3-5	S	R	17°
24	23'-23''-24-24'-24''	6-8	S	R	17°-37°
25	25-25'-25''	9-11	S	R	37°
26	26-26'-26''	19-21	S	R	37°
27	27	1	N	E	37°
28	28-28'-28''	3-5	N	E	37°
29	29-29'-29''	14-16	N	E	37°
30	30-30'-30''	19-21	N	E	37°
31	31'	2	S	E	37°
32	31''-32-32'-32''	3-5	S	E	17°-37°
33	33-33'-33''	9-11	S	E	37°
34	34-34'-34''	13-15	S	E	37°
35	35-35'-35''	19-21	S	E	37°

**Tabla 37.** Ordenación de los 35 grupos incluidos en el HJ-Biplot Global siguiendo su secuencia temporal, para cada sustrato y orientación.

EDAD	ARCOSAS		RIPADO		ESTERIL	
	N	S	N	S	N	S
<b>1</b>	1	8	15	21	27	
<b>2</b>	2	9	16	22		31
<b>3-5</b>	3	10	17	23	28	32
<b>6-8/9</b>	4	11	18	24		
<b>9-11</b>				25		33
<b>12-13</b>	5	12				
<b>14</b>	6	13				
<b>15-16</b>	7	14	19		29	34
<b>19-21</b>			20	26	30	35

La matriz  $X_{154 \times 35}$  fue sometida a un análisis HJ-Biplot. La absorción de inercia del eje I es del 10,9 %, la del eje II del 8,0 % y la del eje III del 7,8 %. Un total del 26,7 % de inercia absorbida por los tres primeros ejes. Son necesarios trece ejes para absorber el 70 % y treinta y cuatro para absorber el 100 %.

En las tablas 38 y 39 se recogen las contribuciones del factor al elemento, correspondientes a los tres primeros ejes, para las columnas (grupos) y filas (especies), respectivamente.

El elevado número de ejes necesario para explicar el 100 %, e incluso el 70 %, de la variabilidad observada, pone de manifiesto una vez más la naturaleza multifactorial del proceso natural de revegetación de las escombreras de Mina Fe, que ya se había observado en el Análisis de Afinidad Global (cualitativo y semicuantitativo; Figuras 19 y 20). Por otro lado, la baja variabilidad explicada por los tres primeros ejes (inercia acumulada del 26,7 %) indica que realmente ninguno de los factores que influyen en la composición florística de una zona determina por sí solo, de forma destacada respecto a los demás, dicha composición de especies. Más bien de la combinación de los distintos factores de variación se derivan composiciones florísticas más o menos distintas, dando lugar a solapamientos entre zonas, lo que dificulta enormemente una asignación clara de éstas a uno u otro eje factorial, en función de un único factor de variación. De

ahí la dificultad para la identificación de los grupos característicos de cada uno de los ejes factoriales, pues hay algunos (grupos 3, 7, 9, 17, 25, 26, 27, 29, 30, 34 y 35) que no están asociados a ninguno de los tres primeros ejes. Ahora bien, puesto que el objetivo del HJ-Biplot es simplificar el proceso de interpretación, si consideramos más ejes esta herramienta pierde su carácter sintético y se complica el proceso de análisis. Por ello, se analizan únicamente los tres primeros ejes, y se intentará extraer de ellos la máxima información posible.

**Tabla 38.** Contribuciones relativas de los tres primeros ejes a los 35 grupos establecidos.

GRUPOS	CRF <sub>I</sub> E	CRF <sub>II</sub> E	CRF <sub>III</sub> E
1	37	135	9
2	155	38	3
3	2	82	3
4	<b>216</b>	<b>415</b>	6
5	<b>167</b>	<b>203</b>	2
6	128	62	98
7	0	67	81
8	130	5	10
9	54	0	4
10	12	98	55
11	6	2	150
12	90	<b>246</b>	97
13	166	152	165
14	141	34	88
15	<b>310</b>	1	23
16	<b>249</b>	2	4
17	20	1	2
18	103	11	80
19	41	<b>200</b>	<b>112</b>
20	159	75	9
21	<b>224</b>	0	22
22	<b>381</b>	1	2
23	<b>178</b>	3	<b>369</b>
24	44	49	<b>231</b>
25	11	8	49
26	29	43	89
27	94	15	5
28	142	10	15
29	69	23	51
30	10	56	23
31	112	17	9
32	<b>208</b>	2	1
33	<b>186</b>	8	0
34	60	4	17
35	75	0	71

Los grupos característicos del eje I son: 15, 16, 21, 22, 32, 33, aunque también los grupos: 2, 6, 8, 14, 18, 20, 28 y 31 tienen una contribución importante del eje I.

Los grupos característicos del eje II son: 1 y 12, ya que los grupos 4 y 5 son de plano I-II, al tener importantes contribuciones de ambos ejes, y el grupo 19 de plano II-III.

Los grupos característicos del eje III son: 11, 24 y 23, aunque este último también tiene una importante contribución de eje I.

El grupo 13 recibe contribuciones más o menos similares de los tres primeros ejes.

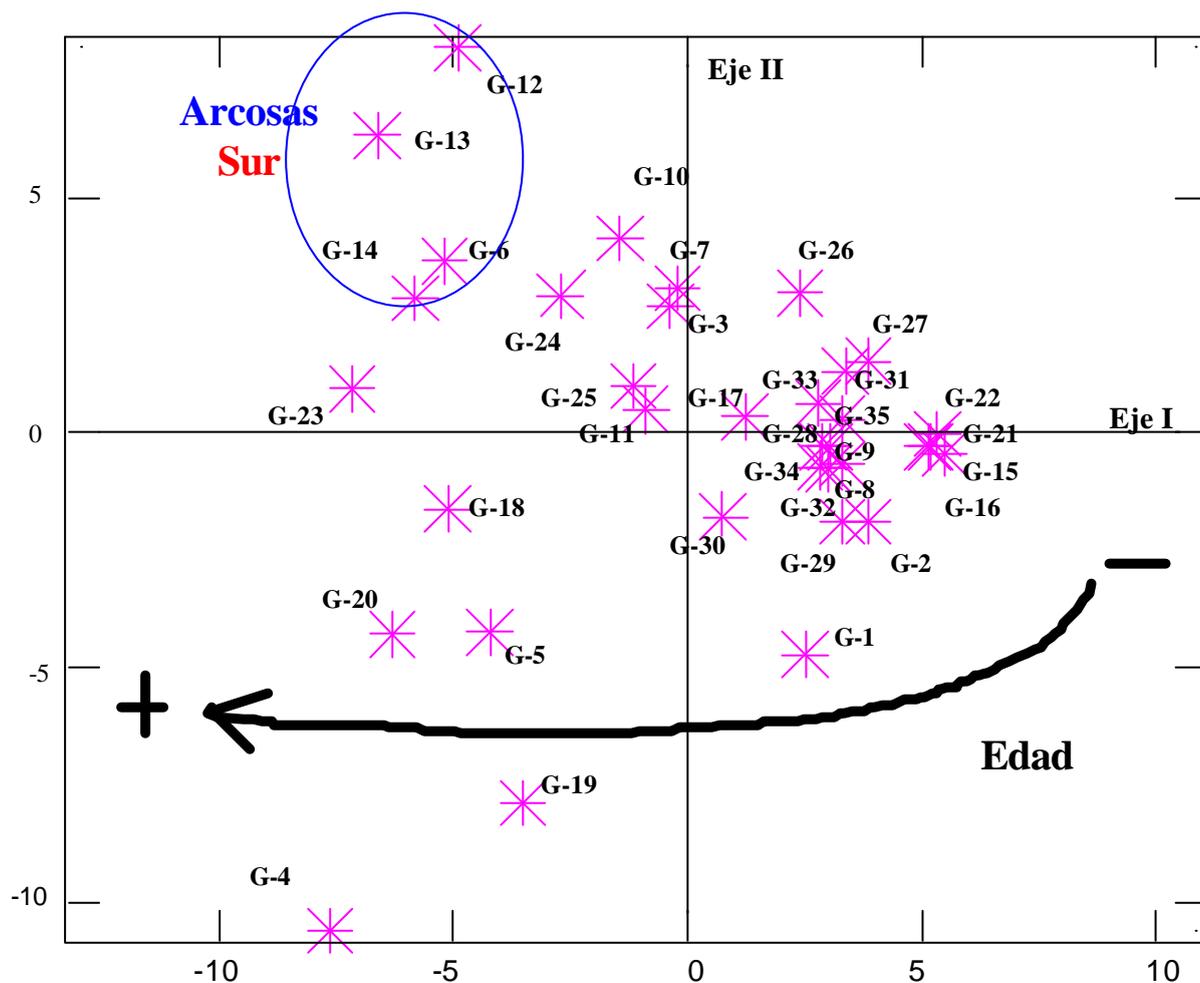
**Tabla 39.** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes especies.

ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
1	142	7	<b>429</b>	78	10	32	0
2	<b>474</b>	3	60	79	<b>244</b>	<b>150</b>	61
3	48	78	0	80	59	<b>164</b>	19
4	<b>106</b>	<b>275</b>	1	81	<b>489</b>	67	2
5	45	22	56	82	29	6	2
6	<b>344</b>	<b>171</b>	2	83	30	0	12
7	173	50	4	84	196	4	149
8	<b>138</b>	23	<b>219</b>	85	131	<b>313</b>	155
9	200	96	76	86	23	19	139
10	127	<b>270</b>	3	87	58	10	4
11	45	28	47	88	<b>306</b>	0	87
12	18	86	1	89	0	22	28
13	42	54	2	90	8	5	33
14	41	106	43	91	0	24	0
15	27	7	<b>250</b>	92	101	0	9
16	76	97	10	93	72	4	104
17	39	33	39	94	122	<b>382</b>	0
18	<b>374</b>	53	7	95	29	12	98
19	<b>258</b>	<b>301</b>	29	96	<b>208</b>	8	<b>224</b>
20	140	178	141	97	0	0	11
21	<b>333</b>	2	<b>231</b>	98	54	69	0
22	23	<b>337</b>	82	99	19	9	20
23	82	48	135	100	81	7	7
24	<b>222</b>	6	54	101	38	90	40
25	<b>333</b>	85	<b>244</b>	102	17	24	74
26	15	9	145	103	28	16	72
27	121	8	38	104	81	<b>227</b>	75
28	117	<b>260</b>	169	105	1	48	44
29	215	178	137	106	129	36	<b>320</b>
30	<b>289</b>	<b>341</b>	17	107	6	21	28
31	81	19	66	108	14	25	111
32	12	7	156	109	52	0	6
33	8	1	161	110	70	194	102
34	193	156	156	111	121	<b>271</b>	148
35	44	7	0	112	23	83	43
36	115	1	135	113	25	26	84
37	69	50	9	114	102	2	0

ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
38	27	39	203	115	77	55	141
39	3	17	61	116	12	0	12
40	16	246	7	117	1	152	34
41	14	4	37	118	66	99	93
42	0	41	5	119	528	7	44
43	102	9	164	120	81	60	120
44	75	105	46	121	210	169	118
45	0	15	26	122	103	0	12
46	71	0	9	123	5	28	13
47	289	115	292	124	1	21	107
48	51	4	66	125	22	199	15
49	2	0	156	126	86	6	489
50	348	86	82	127	97	5	8
51	85	308	23	128	0	160	6
52	185	58	128	129	74	17	32
53	172	92	23	130	8	45	125
54	54	147	27	131	316	43	166
55	33	28	47	132	29	0	8
56	152	194	193	133	5	34	6
57	143	31	66	134	49	62	356
58	44	94	130	135	4	0	50
59	0	106	77	136	139	8	42
60	118	16	1	137	176	149	6
61	262	227	11	138	88	11	42
62	96	2	30	139	269	1	19
63	96	107	60	140	142	6	459
64	235	288	75	141	50	107	42
65	155	7	195	142	308	164	30
66	2	50	31	143	135	195	154
67	2	70	12	144	215	149	26
68	65	79	36	145	39	178	14
69	18	5	42	146	57	8	12
70	78	80	214	147	163	371	5
71	6	26	64	148	165	206	1
72	139	243	9	149	103	338	0
73	128	0	307	150	6	95	51
74	120	1	0	151	76	74	50
75	56	82	21	152	310	4	20
76	244	23	242	153	348	66	16
77	231	79	1	154	203	168	116

En la Figura 74 aparece la representación HJ-Biplot en el primer plano factorial (ejes I y II), correspondiente únicamente a las columnas, es decir, a los 35 grupos establecidos. Las especies asociadas a cada uno de ellos no aparecen para facilitar la observación de las tendencias que pueda haber. Se observa como el eje I discrimina, de forma general, los grupos de edad más jóvenes (que se encuentran en la parte derecha del gráfico factorial) de aquellos cuya edad es más avanzada sobre arcosas y ripado (parte izquierda del gráfico factorial). La proximidad de los grupos de edad

avanzada sobre estéril, a los de edad más joven es sólo aparente, dada la baja calidad con la que aparecen representados en el plano I-II. Por tanto, haciendo la salvedad de los grupos de edad más avanzada sobre estéril, el eje I permite establecer un gradiente de edad que de derecha a izquierda agrupa las zonas en: jóvenes, de edad intermedia y más viejas, dentro de la amplitud de las series sucesionales con las que se ha trabajado, que como máximo llega a los veintiún años.



**Figura 74.** Análisis HJ-Biplot Global (sólo grupos). Ejes I y II.

Este resultado no se contradice con el obtenido en el Análisis de Afinidad Global, en el que se ponía de manifiesto un gradiente, de fuera a dentro del dendrograma, de condiciones más a menos extremas. En el HJ-Biplot, posiblemente debido a la agrupación que se ha hecho de las muestras, se

simplifica bastante el complejo entramado que reflejaban los dendrogramas, pero en cualquier caso el gradiente de edad que se sigue a grandes rasgos a lo largo del eje I no es rígido; se siguen apreciando diferencias en el ritmo que sigue la sucesión según el sustrato, la orientación y la pendiente.

La mayor similitud entre las zonas sobre estéril (jóvenes y viejas) y las zonas más jóvenes sobre arcosas y ripado ya se había puesto de manifiesto en el Análisis de Afinidad Global tanto cualitativo (Figura 19) como semicuantitativo (Figura 20). Por ello, y aunque los grupos 29, 30, 34 y 35, sobre el material estéril de mayor edad disponible, no están bien representados en el plano factorial I-II del HJ-Biplot, sí se puede afirmar, en base al Análisis de Afinidad Global (Figuras 19 y 20) que la sucesión sobre estéril de mina es un mundo aparte.

Debido a la propia naturaleza de este sustrato, que no lo hace apto para el asentamiento de la vegetación, el ritmo de la sucesión es muy lento, por lo que incluso las edades más avanzadas sobre estéril quedan todavía próximas, en cuanto a composición específica se refiere, a las edades jóvenes de otros sustratos más favorables para el asentamiento de la vegetación (arcosas y ripado). A su vez, dentro del sustrato estéril, el ritmo de la sucesión se ve fuertemente influenciado por el grado de disgregación del material de partida, propiciando situaciones de mayor afinidad, en cuanto a composición específica, por ejemplo entre zonas jóvenes sobre estéril disgregado y zonas viejas sobre estéril de mayor tamaño.

Si se centra la atención en el eje II (Figura 74) se observa que, dentro de las edades más avanzadas, está separando arcosas sur (grupos: 12, 13 y 14) en la parte superior izquierda del gráfico, del resto (arcosas norte y ripado norte y sur) en la parte inferior izquierda del gráfico.

El eje III, por su parte, separa ripado sur (grupos: 23 y 24), de arcosas y ripado norte (Figura 75; plano factorial II-III).

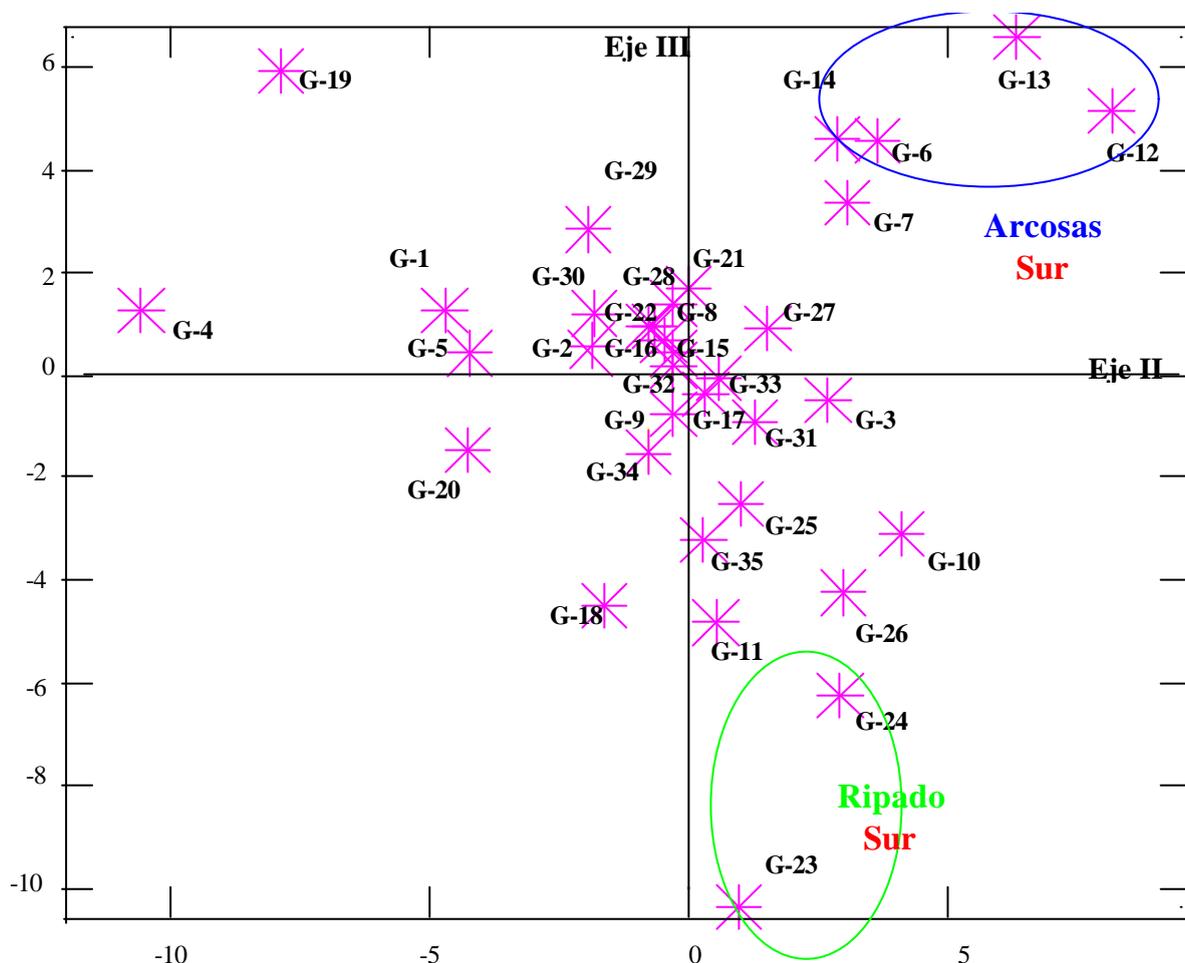


Figura 75. Análisis Biplot Global (sólo grupos). Ejes II y III.

Una vez explicada la variabilidad absorbida por cada uno de los tres primeros ejes, se pasa a identificar las especies asociadas a los mismos. Para ello, nos servimos de las figura 76 y 77, en las que aparecen representadas las 154 especies presentes en los inventarios, y de la tabla 39, en la que se recogen las contribuciones de los tres primeros ejes a las especies, que indican si esas especies están bien representadas en el plano factorial correspondiente. Si bien en el HJ-Biplot las

especies aparecen identificadas mediante números, en el [anexo II](#) se recoge a qué especies corresponde cada número.

En la figura 76 (plano factorial I-II) se observa que las especies asociadas al extremo derecho del eje I y, por tanto, características de las edades iniciales de la sucesión (dos primeros años) son: *Secale cereale* (nº 122), *Lupinus* sp, (nº 92), *Reseda luteola* (nº 114), *Hordeum vulgare* (nº 74) y *Fumaria reuteri* (nº 60). En el extremo izquierdo las especies que aparecen bien representadas pueden considerarse como características de las edades más avanzadas de las series, y son: *Sanguisorba minor* (nº 119), *Leontodon taraxacoides* (nº 81), *Agrostis castellana* (nº 2), *Bromus hordeaceus* (nº 18), *Vulpia myuros* (nº 153), *Daucus carota* (nº 50), *Vulpia ciliata* (nº 152), *Chondrila juncea* (nº 47), *Carlina corymbosa* (nº 25), *Bromus tectorum* (nº 21), *Taeniatherum caput-medusae* (nº 131), *Cerastium glomeratum* (nº 30) y *Galium aparine* (nº 61).

Para las edades intermedias es más difícil establecer las especies características, porque muchas de ellas reciben una baja contribución del eje I, debido posiblemente a que son otros factores como el sustrato, la orientación, la pendiente, etc., los que además de la edad determinan su preponderancia en una u otra zona.

La bajísima inercia absorbida por los dos primeros ejes (inercia acumulada tan sólo del 19%) sugiere que son numerosos los factores que contribuyen a determinar la composición específica de una zona. Dentro de ellos, el tiempo transcurrido tras la clausura parece ser el más influyente (variabilidad explicada por el eje I), seguido de la orientación (variabilidad explicada por el eje II) aunque en este caso sólo se aprecia su influencia sobre arcosas y ripado. No obstante, otros aspectos como el aislamiento físico, es decir, la mayor o menor distancia de los taludes a zonas con vegetación, así como la composición de estas zonas, la mayor o menor proximidad entre los taludes, su pendiente, el sustrato de recubrimiento o incluso la meteorología de los años de muestreo, se convierten en factores que influyen, bien introduciendo diferencias o bien diluyéndolas, dando como resultado unos niveles de afinidad entre los distintos puntos de muestreo que no se corresponden con una tendencia única y global. Por ello, se hace necesario recurrir a todos los elementos de variación implicados para explicar los parecidos o diferencias que existen entre los distintos puntos, en cuanto a composición específica se refiere; este complicado entramado ya se había puesto de manifiesto en los análisis de afinidad globales ([Figuras 19 y 20](#)).



En cuanto a las especies asociadas a arcosas sur, a partir de los dos primeros años de edad, aparecen situadas en el extremo superior del eje II (Figura 76; plano factorial I-II) y son: *Plantago coronopus* (nº 104), *Pulicaria paludosa* (nº 111), *Centaureum erythraea* (nº 28), *Polypogon maritimus* (nº 110), *Lavandula stoechas* (nº 80), *Trifolium tomentosum* (nº 145) y *Gaudinia fragilis* (nº 64), *Logfia gallica* (nº 85). Las especies *Andryala integrifolia* (nº 6) y *Trifolium glomeratum* (nº 142) son de plano I-II por lo que son características de las edades más avanzadas sobre arcosas sur.

Las especies asociadas a ripado sur, a partir de los dos primeros años de edad, aparecen representadas en el extremo inferior del eje III (Figura 77; plano factorial II-III) y son: *Silene gallica* (nº 126), *Trifolium cherleri* (nº 140), *Aegilops triuncialis* (nº 1), *Tolpis barbata* (nº 134), *Plantago lanceolata* (nº 106), *Hordeum murinum* (nº 73), *Biserrula pelecinus* (nº 15), *Hypochoeris radicata* (nº 76), *Ornithopus compressus* (nº 96) y *Anthyllis cornicina* (nº 8).

Una vez extraída la máxima información que nos aporta el análisis de la variabilidad absorbida por los tres primeros ejes del HJ-Biplot Global, y con objeto de profundizar más en la identificación de las especies asociadas a las diferentes edades de la sucesión, en función del sustrato y de la orientación, se realizan a continuación los HJ-Biplots parciales, uno para cada uno de los sustratos de recubrimiento considerados (arcosas, ripado y ausencia de recubrimiento sobre el material estéril).



**9.2.- ANÁLISIS HJ-BILOT PARA ARCOSAS.**

En este caso la matriz analizada (**ANEXO III**) tiene 114 especies (filas) y 14 grupos (columnas). El número de especies se ha reducido al eliminar de la matriz original las especies que no estaban presentes sobre arcosas, o que sólo aparecían en uno de los catorce grupos establecidos.

La absorción de inercia del eje I es del 18,4 %, la del eje II del 16,1 % y la del eje III del 11,8 %. Un total del 46,3 % de inercia absorbida por los tres primeros ejes. En este caso se necesitarían seis ejes para absorber el 72,7 % de la inercia y trece para absorber el 100 %.

En las tablas 40 y 41 aparecen las contribuciones del factor al elemento ( $CRF_{\alpha Ei}$ ) para las especies y para los grupos, respectivamente, correspondientes a los tres primeros ejes.

En este caso, puesto que la inercia absorbida por los tres primeros ejes es considerablemente mayor a la del HJ-Biplot Global, es más fácil asignar los distintos grupos a los diferentes ejes según el factor de variación que más contribuya a explicar su composición florística.

**Tabla 40.** Contribuciones relativas de los tres primeros ejes a los 14 grupos de arcosas.

<b>GRUPOS</b>	<b>CRF<sub>I</sub>E</b>	<b>CRF<sub>II</sub>E</b>	<b>CRF<sub>III</sub>E</b>
<b>1</b>	55	170	28
<b>2</b>	54	<b>249</b>	12
<b>3</b>	75	104	22
<b>4</b>	<b>812</b>	<b>144</b>	11
<b>5</b>	<b>625</b>	48	26
<b>6</b>	19	84	<b>309</b>
<b>7</b>	97	3	57
<b>8</b>	1	109	59
<b>9</b>	6	<b>216</b>	59
<b>10</b>	55	174	21
<b>11</b>	4	51	166
<b>12</b>	<b>186</b>	<b>6</b>	<b>379</b>
<b>13</b>	<b>119</b>	<b>354</b>	23
<b>14</b>	<b>123</b>	<b>315</b>	<b>283</b>

**Tabla 41.** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes especies sobre arcosas.

ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
<b>1</b>	52	534	<b>167</b>	<b>58</b>	258	157	209
<b>2</b>	<b>71</b>	36	6	<b>59</b>	<b>200</b>	<b>474</b>	47
<b>3</b>	563	29	1	<b>60</b>	190	<b>438</b>	50
<b>4</b>	<b>103</b>	<b>276</b>	451	<b>61</b>	<b>2</b>	72	120
<b>5</b>	157	281	411	<b>62</b>	257	169	181
<b>6</b>	<b>207</b>	<b>27</b>	34	<b>63</b>	308	11	46
<b>7</b>	78	19	92	<b>64</b>	1	36	85
<b>8</b>	<b>45</b>	23	<b>147</b>	<b>65</b>	33	<b>105</b>	32
<b>9</b>	71	107	39	<b>66</b>	88	83	8
<b>1</b>	39	<b>279</b>	333	<b>67</b>	5	10	135
<b>11</b>	87	34	76	<b>68</b>	<b>52</b>	185	8
<b>12</b>	599	214	0	<b>69</b>	894	29	1
<b>13</b>	11	35	224	<b>70</b>	5	47	68
<b>14</b>	331	168	157	<b>71</b>	17	213	62
<b>15</b>	231	147	<b>70</b>	<b>72</b>	10	41	61
<b>16</b>	222	86	210	<b>73</b>	131	138	19
<b>17</b>	0	325	348	<b>74</b>	200	<b>64</b>	111
<b>18</b>	<b>173</b>	22	9	<b>75</b>	694	193	37
<b>19</b>	<b>67</b>	<b>184</b>	225	<b>76</b>	<b>139</b>	16	<b>296</b>
<b>20</b>	3	610	149	<b>77</b>	8	17	121
<b>21</b>	<b>133</b>	687	<b>1</b>	<b>78</b>	30	91	130
<b>22</b>	15	<b>29</b>	442	<b>79</b>	21	86	44
<b>23</b>	11	374	211	<b>80</b>	25	195	2
<b>24</b>	<b>660</b>	187	95	<b>81</b>	176	98	204
<b>25</b>	<b>126</b>	693	<b>2</b>	<b>82</b>	607	49	7
<b>26</b>	44	128	1	<b>83</b>	99	61	244
<b>27</b>	78	184	218	<b>84</b>	206	<b>43</b>	59
<b>28</b>	25	<b>43</b>	3	<b>85</b>	798	97	18
<b>29</b>	69	43	44	<b>86</b>	147	475	<b>119</b>
<b>30</b>	<b>26</b>	<b>73</b>	131	<b>87</b>	1	768	37
<b>31</b>	410	3	18	<b>88</b>	128	251	54
<b>32</b>	70	78	105	<b>89</b>	227	350	39
<b>33</b>	23	81	12	<b>90</b>	306	235	46
<b>34</b>	126	51	0	<b>91</b>	65	<b>36</b>	451
<b>35</b>	77	95	40	<b>92</b>	2	28	122
<b>36</b>	26	158	180	<b>93</b>	27	140	24
<b>37</b>	94	554	99	<b>94</b>	179	24	7
<b>38</b>	194	2	<b>2</b>	<b>95</b>	46	247	357
<b>39</b>	347	219	250	<b>96</b>	16	182	19
<b>40</b>	833	<b>65</b>	3	<b>97</b>	409	516	5
<b>41</b>	21	650	10	<b>98</b>	126	254	23
<b>42</b>	170	50	28	<b>99</b>	<b>21</b>	7	183
<b>43</b>	144	142	416	<b>100</b>	151	8	467
<b>44</b>	46	282	353	<b>101</b>	123	39	350
<b>45</b>	36	69	76	<b>102</b>	14	130	272
<b>46</b>	113	133	15	<b>103</b>	86	127	96
<b>47</b>	<b>203</b>	52	<b>18</b>	<b>104</b>	180	3	189
<b>48</b>	732	177	2	<b>105</b>	95	75	571
<b>49</b>	57	132	421	<b>106</b>	128	4	<b>336</b>
<b>50</b>	192	270	100	<b>107</b>	132	90	4

ESPECIE	CRF <sub>1E</sub>	CRF <sub>2E</sub>	CRF <sub>3E</sub>	ESPECIE	CRF <sub>1E</sub>	CRF <sub>2E</sub>	CRF <sub>3E</sub>
51	121	546	229	108	759	136	21
52	199	255	0	109	736	71	23
53	1	155	184	110	567	21	2
54	626	222	1	111	29	43	59
55	10	1	108	112	9	0	51
56	549	272	7	113	345	100	157
57	61	72	1	114	676	65	1

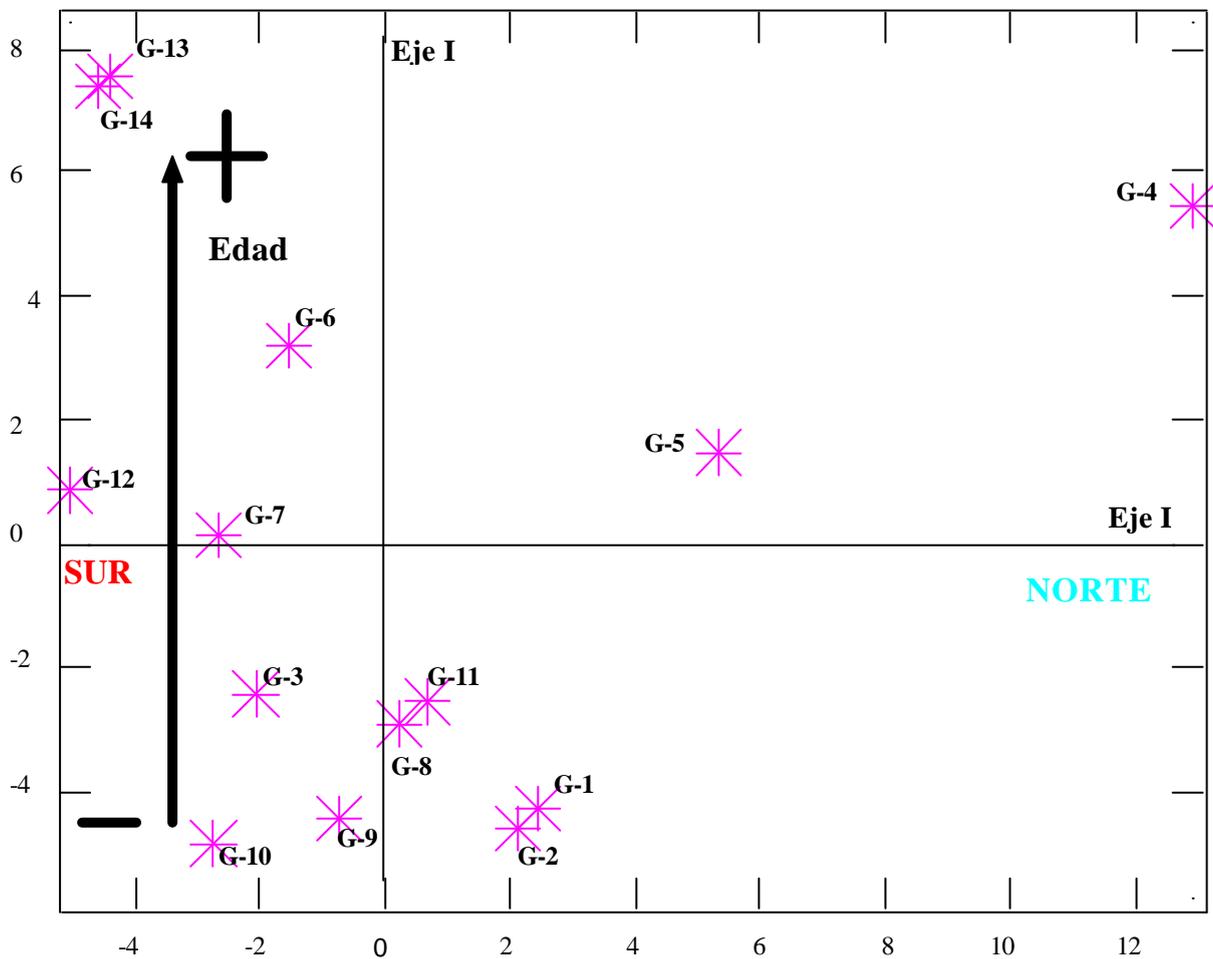
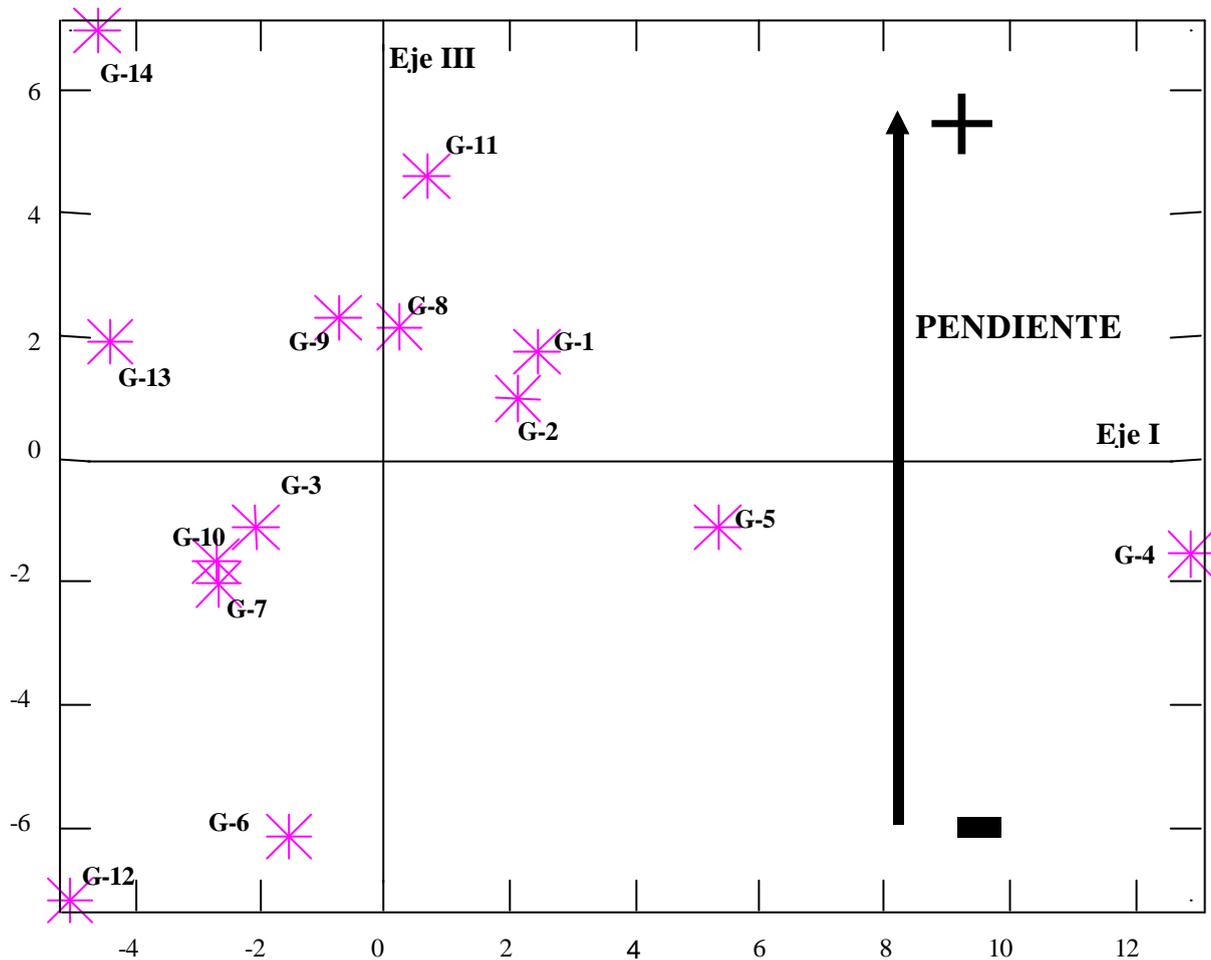


Figura 78. Análisis HJ-Biplot sobre arcosas (sólo grupos). Ejes I y II.

En la figura 78 aparece la representación HJ- Biplot en el primer plano factorial (ejes I y II), pero únicamente para los grupos (columnas). Se observa como el eje I separa, en general, hacia la derecha las zonas de orientación norte y hacia la izquierda las zonas de orientación sur. El eje II, por su parte, separa hacia arriba las zonas de edad más avanzada (de 6 a 16 años) y hacia abajo las zonas más jóvenes (de 1 a 5 años de edad). No obstante, conviene hacer algunas puntualizaciones, puesto que las zonas de 3 a 5 años de orientaciones norte y sur (grupos 3 y 10) aparecen muy próximos en el plano factorial I-II (Figura 78), igual que sucedía en los dendrogramas cualitativo y cuantitativo (Figuras 21 y 22), debido a la gran proximidad física que existe entre ambas orientaciones en la BFC. En el caso de los taludes norte y sur de la BII (de 12 a 14 años), también muy próximos físicamente, las composiciones florísticas son menos parecidas (grupos 5 y 12), pero sobre todo desde el punto de vista cuantitativo, como también muestran los dendrogramas correspondientes (Figura 21 y 22).

A grandes rasgos, se puede decir, por tanto, que sobre un sustrato de arcosas la orientación es el primer factor de variación a tener en cuenta, seguido de la edad, siempre y cuando no se den situaciones de gran proximidad física entre ambas orientaciones, en cuyo caso el efecto de la orientación no se aprecia tan claramente, sobre todo en edades tempranas de la sucesión, y pasa a ser el segundo factor de variación tras la edad.

En cuanto al eje III, discrimina, en función de la pendiente, hacia arriba los grupos de 37° y hacia abajo los de 17° (Figura 79; plano factorial I-III). Este resultado también se corresponde muy bien con el obtenido en los dendrogramas correspondientes al sustrato arcosas (Figuras 23, 24, 25 y 26). La pendiente, por tanto, sería el tercer factor de variación a tener en cuenta a la hora de explicar diferencias en la composición florística entre zonas recubiertas de arcosas.

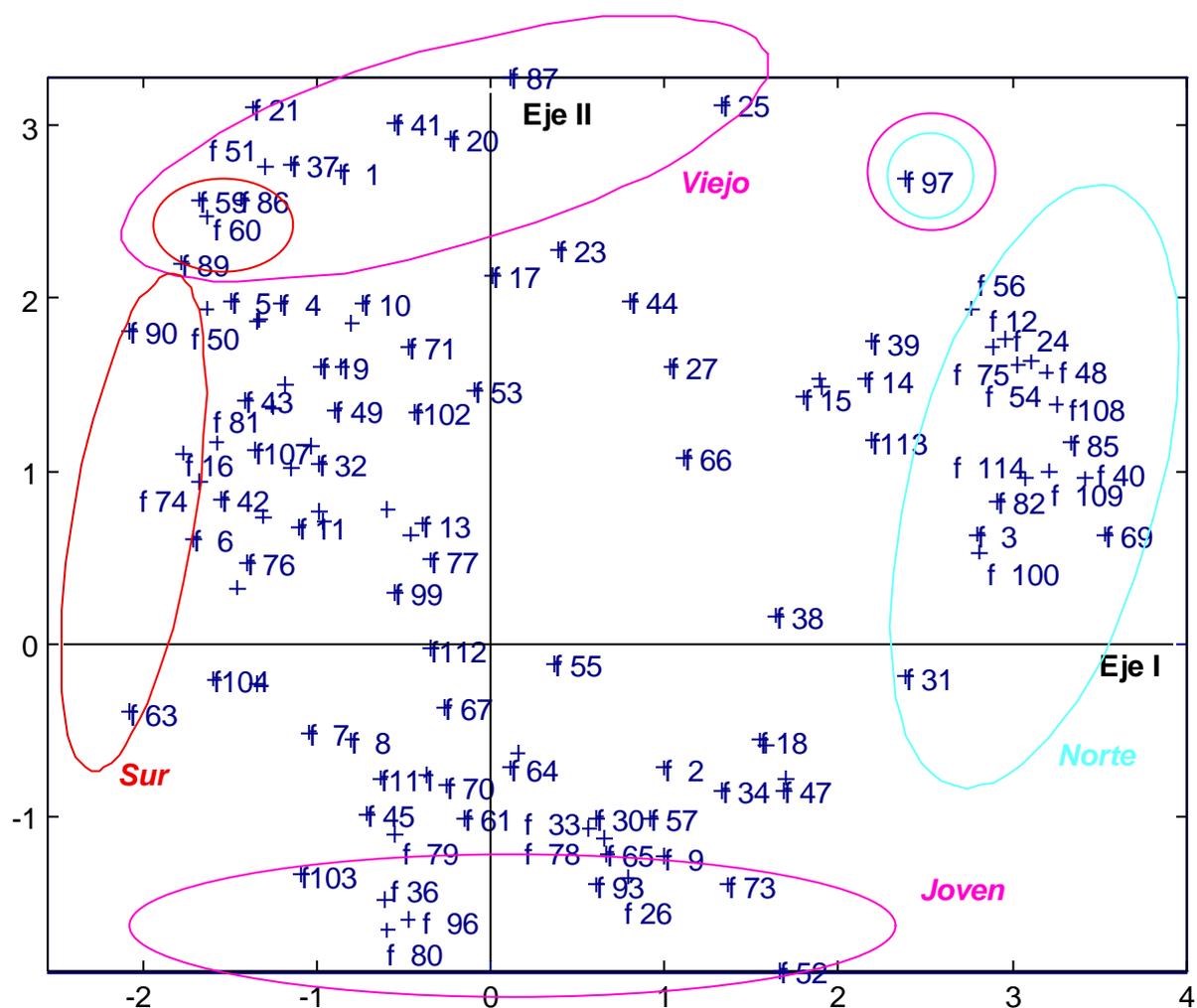


**Figura 79.** Análisis HJ-Biplot sobre arcosas (sólo grupos). Ejes I y III.

Una vez explicada la variabilidad absorbida por cada uno de los tres primeros ejes, se pasa a identificar las especies asociadas a los mismos. En el [anexo II](#) se recogen las especies correspondientes a cada número, con los que aparecen identificadas en el HJ-Biplot.

En la figura 80 (plano factorial I-II) se recogen en el extremo derecho del eje I las especies asociadas a la orientación norte sobre arcosas: *Micropyrum tenellum* (nº 69), *Daucus durieua* (nº 40), *Rumex induratus* (nº 85), *Veronica arvensis* (nº 108), *Galium aparine* (nº 48), *Vicia lutea* (nº 109), *Holcus setiglumis* (nº 54), *Petrorhagia nanteuilli* (nº 75), *Xolantha guttata* (nº 114), *Briza maxima* (nº 12), *Quercus ilex* subsp. *ballota* (nº 82), *Alyssum granatense* (nº 3), *Jasione*

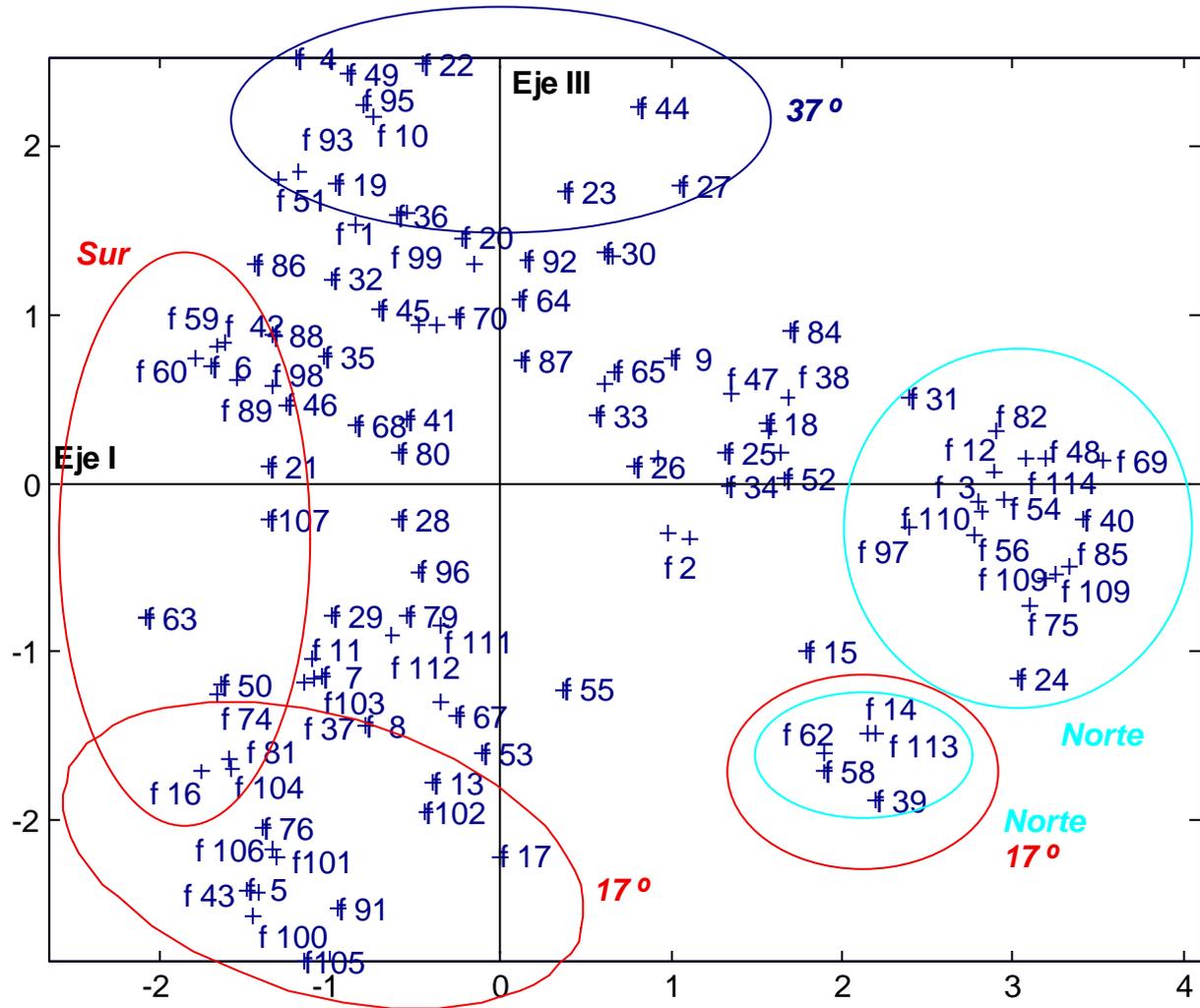
*montana* (nº 56), *Crucianella angustifolia* (nº 31) y *Cerastium glomeratum* (nº 24), *Vicia sativa* (nº 110). En el extremo izquierdo del eje I (Figura 80) se localizan las especies más características de la orientación sur: *Logfia gallica* (nº 63), *Senecio jacobaea* (nº 90), *Anthemis arvensis* (nº 6) y *Gaudinia fragilis* (nº 50).



**Figura 80.** Análisis HJ-Biplot sobre arcosas (sólo especies). Ejes I y II.

Por su parte, en el extremo superior del eje II (Figura 80) aparecen las especies más representativas de las edades más avanzadas de la sucesión sobre arcosas: *Sanguisorba minor* (nº 87), *Carlina corymbosa* (nº 21), *Convolvulus arvensis* (nº 25), *Digitalis thapsi* (nº 41), *Carduus tenuiflorus* (nº 20), *Chondrila juncea* (nº 37), *Agrostis castellana* (nº 1) y *Leontodon taraxacoides* (nº 60). En el extremo inferior del eje II aparecen las especies propias de las edades más jóvenes sobre arcosas: *Polycarpon tetraphyllum* (nº 80), *Spergularia rubra* (nº 96), *Silene*

*inaperta* (n° 93), *Trifolium gemellun* (n° 103), *Conyza* sp. (n° 26) y *Herniaria glabra* (n° 52). La especie *Taeniatherum caput-medusae* (n° 97) se considera de plano I-II, por lo que aparece asociada a zonas viejas sobre arcosas y orientación norte. También las especies *Lavandula stoechas* (n° 59) y *Rumex pulcher* (n° 86) se consideran de plano I-II, pero asociadas a zonas viejas sobre arcosas y orientación sur.



**Figura 81.** Análisis HJ-Biplot sobre arcosas (sólo especies). Ejes I y III.

En la figura 81 (plano factorial I-III), se ve claramente la discriminación que el eje III establece entre zonas de 37° y 17° de pendiente, así como la diferencia entre ambas orientaciones que establece el eje I. Asociadas a una pendiente de 37°, aparecen en el extremo superior del eje III las especies: *Centaurea paniculata* (n° 22), *Galium parisiense* (n° 49), *Raphanus*

*raphanistrum* (n° 83), *Carduus carpetanus* (n° 19), *Anarrhinum bellidifolium* (n° 4), *Coronilla repanda* (n° 27), *Avena sterilis* (n° 10), *Eryngium tenue* (n° 44) y *Sonchus oleraceus* (n° 95). En el extremo inferior del eje III aparecen las especies asociadas a pendientes de 17°: *Trifolium retusum* (n° 105), *Trifolium angustifolium* (n° 100), *Senecio lividus* (n° 91), *Eryngium campestre* (n° 43), *Trifolium arvense* (n° 101), *Trifolium striatum* (n° 106), *Plantago coronopus* (n° 76), *Trifolium campestre* (N° 102), *Bromus madritensis* (n° 13). Pero además, en el extremo inferior derecho de la **figura 8** se agrupan algunas especies de plano I-III, asociadas a zonas sobre arcosas de orientación norte y 17° de pendiente: *Lathyrus angulatus* (n° 58) y *Vulpia myuros* (n° 113), *Bromus horderaceus* (n° 14), *Daucus carota* (n° 39) y *Linum bienne* (n° 62). En el extremo inferior izquierdo de la figura 8 aparecen especies de plano I-III, asociadas a zonas sobre arcosas de 17° de pendiente y orientación sur: *Bromus rubens* (n° 16), *Pulicaria paludosa* (n° 81), *Trifolium glomeratum* (n° 104) y *Periballia involucrata* (n° 74)

En la figura 82 (plano factorial II-III), se ve también claramente como el eje III separa hacia arriba las especies asociadas a 37° de pendiente y hacia abajo las características de zonas de 17° de pendiente. Las especies *Geranium molle* (n° 51) y *Centranthus calcitrapae* (n° 23) son de plano II-III y aparecen asociadas a zonas viejas sobre arcosas y 37° de pendiente. Por su parte *Andryala integrifolia* (n° 5) y *Bromus tectorum* (n° 17) son también de plano II-III, pero asociadas a zonas viejas sobre arcosas y 17° de pendiente.

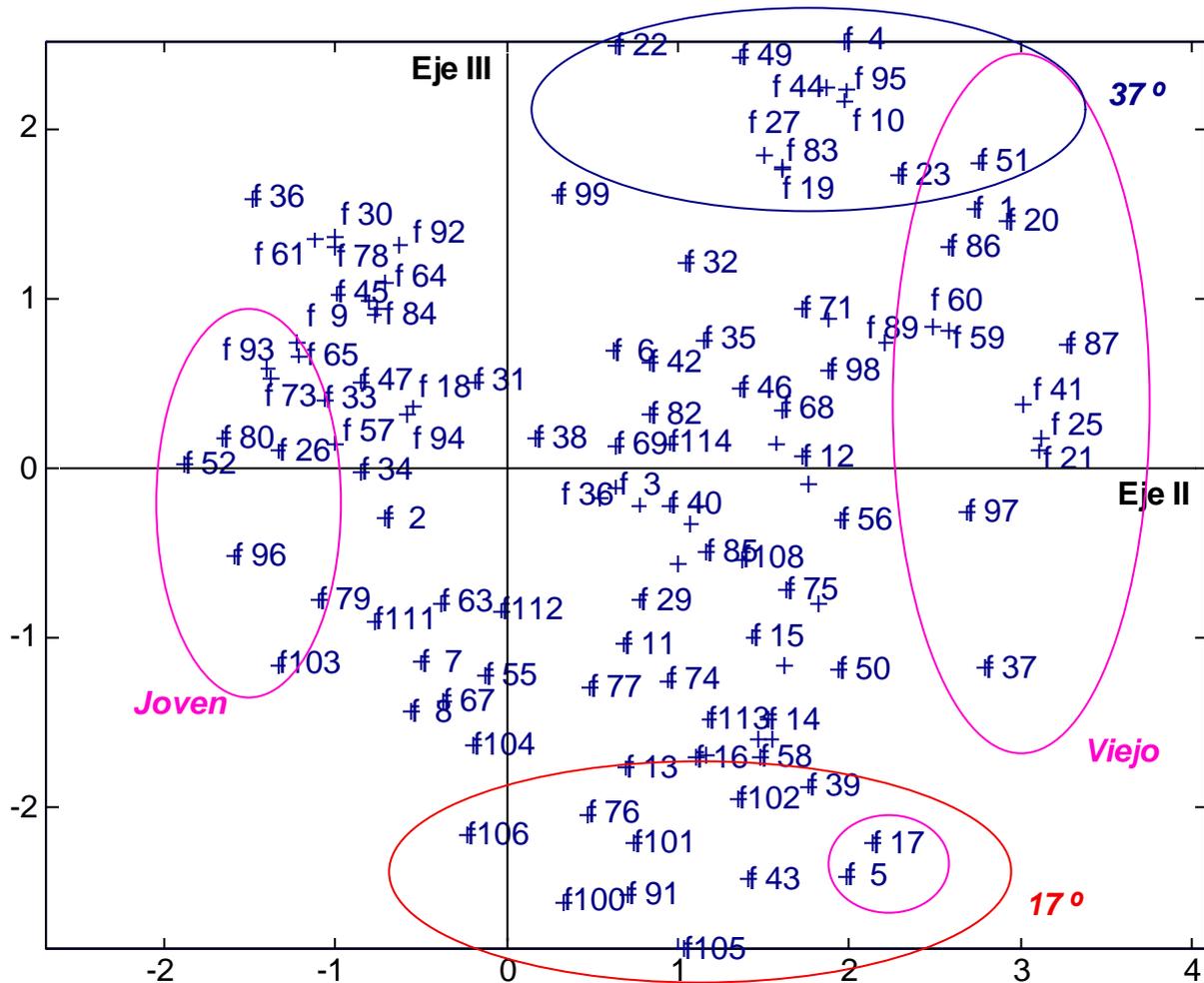


Figura 82. Análisis HJ-Biplot sobre arcosas (sólo especies). Ejes II y III.

### 9.3.- ANÁLISIS HJ-BIPLLOT PARA RIPADO.

La matriz analizada (ANEXO III) consta de 104 especies (filas) y 12 grupos (columnas), tras haber eliminado de la matriz original aquellas especies que no parecen sobre ripado, o que sólo lo hacen en uno de los doce grupos establecidos.

La inercia absorbida por el eje I es del 23,9 %, la del eje II es del 17,0 % y la del eje III del 13,7 %. Un total de 54,6 % de variabilidad explicada por los tres primeros ejes. Son necesarios cinco ejes para explicar el 74,4 % y once para explicar el 100 %.

En las tablas 42 y 43 aparecen las contribuciones de los tres primeros ejes a las especies y los grupos, respectivamente.

**Tabla 42.** Contribuciones relativas de los tres primeros ejes a los 12 grupos de ripado.

GRUPOS	CRF <sub>I</sub> E	CRF <sub>II</sub> E	CRF <sub>III</sub> E
<b>15</b>	<b>686</b>	1	2
<b>16</b>	<b>477</b>	2	1
<b>17</b>	24	25	11
<b>18</b>	128	14	111
<b>19</b>	0	<b>559</b>	<b>280</b>
<b>20</b>	<b>315</b>	<b>285</b>	<b>333</b>
<b>21</b>	<b>544</b>	1	1
<b>22</b>	<b>452</b>	23	13
<b>23</b>	<b>363</b>	173	167
<b>24</b>	<b>281</b>	<b>229</b>	0
<b>25</b>	9	51	148
<b>26</b>	17	63	84

**Tabla 43.** Contribuciones relativas del factor al elemento para las especies sobre ripado.

ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
<b>1</b>	<b>461</b>	<b>245</b>	197	<b>53</b>	114	156	<b>640</b>
<b>2</b>	<b>262</b>	<b>340</b>	<b>248</b>	<b>54</b>	<b>322</b>	<b>273</b>	51
<b>3</b>	189	<b>326</b>	<b>350</b>	<b>65</b>	<b>275</b>	71	43
<b>4</b>	<b>771</b>	89	0	<b>56</b>	<b>234</b>	148	77
<b>5</b>	502	0	83	<b>57</b>	<b>312</b>	<b>495</b>	138
<b>6</b>	115	5	115	<b>58</b>	<b>697</b>	32	45
<b>7</b>	<b>646</b>	68	2	<b>59</b>	11	70	24
<b>8</b>	<b>319</b>	113	<b>268</b>	<b>60</b>	<b>437</b>	<b>381</b>	4
<b>9</b>	99	7	5	<b>61</b>	115	204	3
<b>10</b>	0	<b>416</b>	0	<b>62</b>	72	32	3
<b>11</b>	<b>471</b>	99	116	<b>63</b>	<b>387</b>	<b>294</b>	137
<b>12</b>	<b>244</b>	160	182	<b>64</b>	<b>328</b>	2	2
<b>13</b>	213	174	<b>459</b>	<b>65</b>	109	0	126
<b>14</b>	<b>245</b>	35	<b>361</b>	<b>66</b>	0	57	39
<b>15</b>	231	<b>606</b>	133	<b>67</b>	<b>500</b>	68	2
<b>16</b>	<b>408</b>	149	<b>299</b>	<b>68</b>	<b>396</b>	46	<b>208</b>
<b>17</b>	46	<b>379</b>	<b>387</b>	<b>69</b>	<b>757</b>	46	6
<b>18</b>	2	<b>574</b>	<b>200</b>	<b>70</b>	0	66	32
<b>19</b>	62	3	135	<b>71</b>	<b>686</b>	4	36
<b>20</b>	79	65	19	<b>72</b>	11	<b>610</b>	217

ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
21	8	61	20	73	137	0	0
22	502	23	171	74	359	340	78
23	118	773	1	75	1	306	305
24	240	674	9	76	196	3	1
25	143	79	24	77	321	35	37
26	71	256	10	78	0	387	262
27	300	2	455	79	475	231	204
28	5	21	77	80	146	12	9
29	11	431	398	81	19	387	494
30	2	5	65	82	398	243	189
31	260	165	515	83	34	164	0
32	61	33	194	84	286	47	31
33	444	264	188	85	263	410	117
34	270	4	370	86	459	4	240
35	1	193	43	87	17	1	301
36	23	49	33	88	313	242	31
37	250	275	87	89	446	125	265
38	64	8	134	90	331	50	80
39	414	151	0	91	463	251	150
40	4	334	269	92	489	216	96
41	145	7	93	93	219	17	23
42	24	76	118	94	779	38	22
43	81	241	57	95	750	5	4
44	77	265	52	96	11	73	3
45	196	9	6	97	34	2	105
46	170	41	0	98	8	186	323
47	422	264	98	99	145	111	48
48	0	58	76	100	289	420	94
49	584	196	0	101	3	271	249
50	1	71	118	102	412	358	92
51	1	452	337	103	574	187	20
52	217	184	502	104	270	28	421

Puesto que la inercia absorbida por los tres primeros ejes es más alta que en el caso de arcosas, será más fácil asignar los distintos grupos a uno u otro eje factorial en función del factor de variación que más contribuya a explicar su composición florística.

En la figura 83 aparece la representación HJ-Biplot correspondiente al primer plano factorial (ejes I y II), únicamente para los grupos. Se observa que el eje I discrimina, hacia la derecha, las zonas de menor edad (grupos 15, 16, 21 y 22) y, hacia la izquierda, las zonas de edad más avanzada (grupos 18, 19, 20, 23 y 23). Los grupos 17, 25 y 26 no están bien representados en el primer plano factorial.

Haciendo la salvedad de los grupos que están mal representados en el plano I-II, y dejando a un lado los puntos correspondientes a los dos primeros años de la sucesión (grupos 15, 16, 21 y

22), el eje II separa hacia arriba los grupos con orientación norte y hacia abajo los grupos con orientación sur.

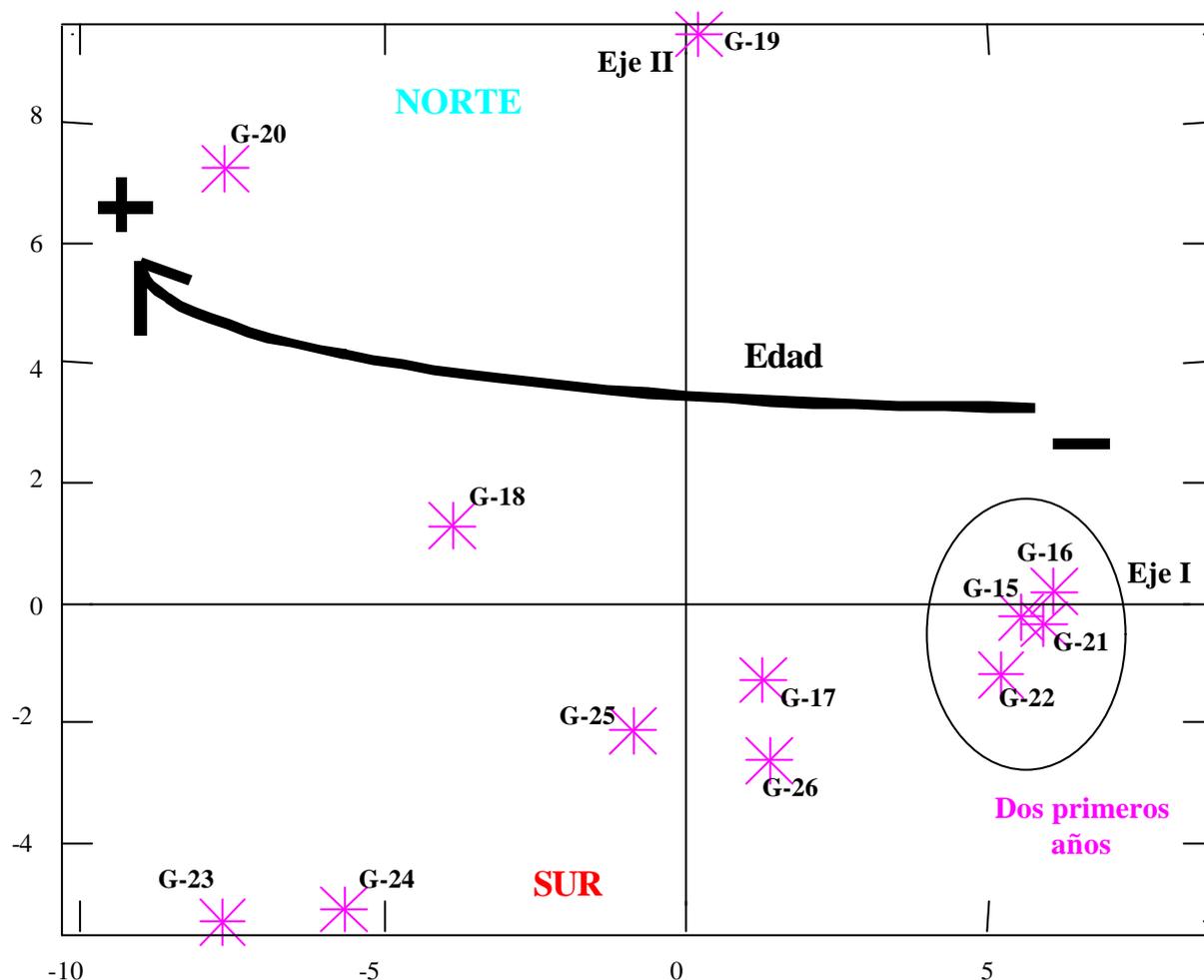


Figura 83. Análisis HJ-Biplot sobre ripado (sólo grupos). Ejes I y II.

Teniendo en cuenta además que prácticamente todas las muestras de la orientación norte son de 37°, y dejando a un lado los grupos de los dos primeros años de la sucesión, el eje III Figura 84) separa dentro de la orientación sur el grupo constituido por muestras de 17° (grupo 23) de aquellos cuyas muestras son de 37° (grupos 25 y 26). El grupo 24 constituido por muestras de 17° y 37° de pendiente ocupa una posición intermedia en el gradiente definido por el eje III.

Estos resultados concuerdan bastante bien con los obtenidos en los análisis de afinidad correspondientes (cualitativo y cuantitativo). En ambos dendrogramas (Figuras 27 y 28), aunque

más claramente en el cuantitativo (Figura 28), se observa la separación que existe entre las muestras de los dos primeros años de las series y el resto; situación que se mantiene cuando se analizan por separado las dos orientaciones (Figura 29, 30, 31 y 32). Para el resto de las edades se observa una agrupación de las muestras según la orientación, no tan clara como en el caso de arcosas, pero sí lo suficientemente evidente como para pensar en la orientación como el segundo factor de variación a tener en cuenta después de la edad. Por último, y más claramente en el caso de la orientación sur (Figura 31 y 32), ya que en la norte prácticamente todas las muestras son de 37°, las muestras, excluidas las de los dos primeros años, se agrupan según su pendiente.

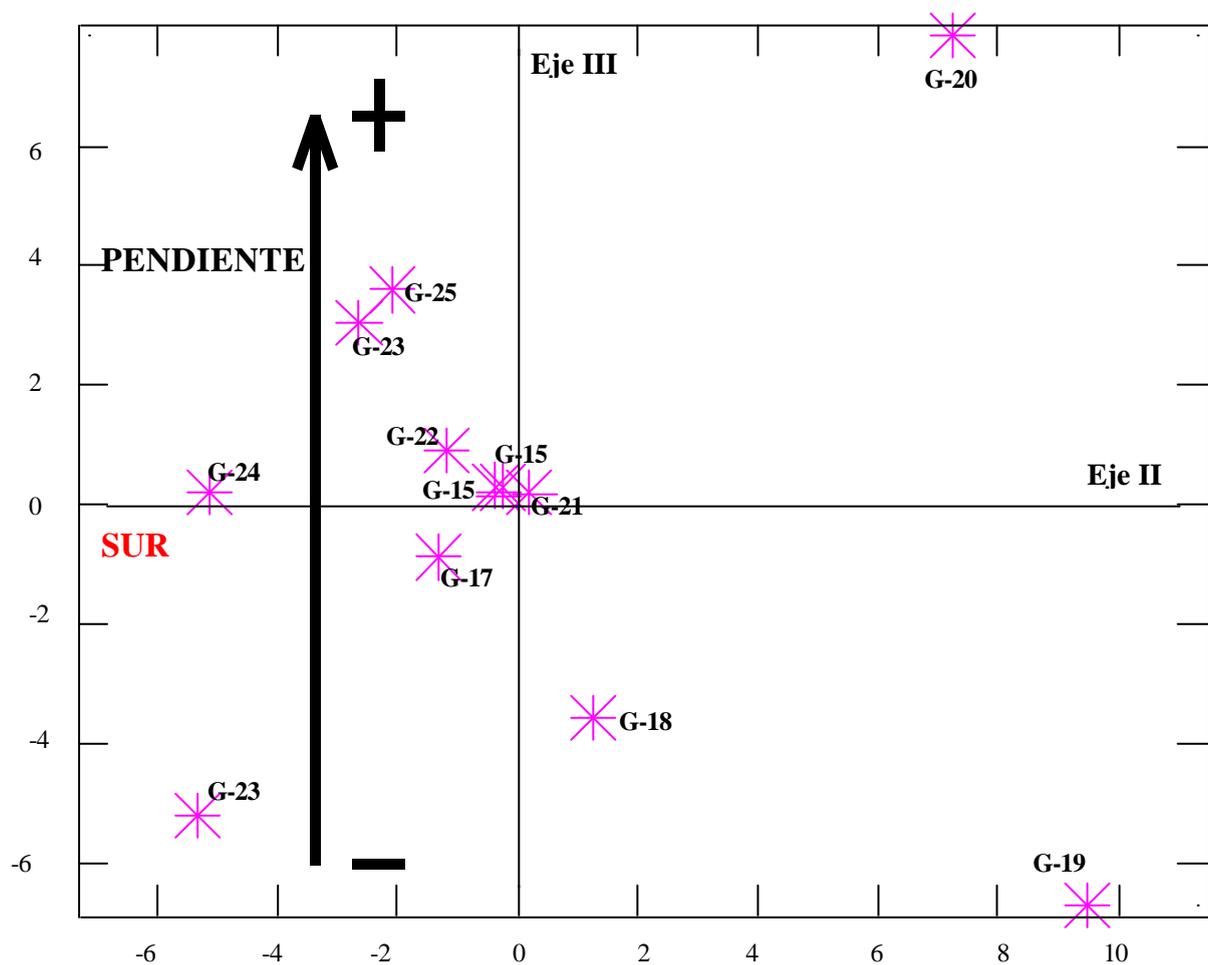


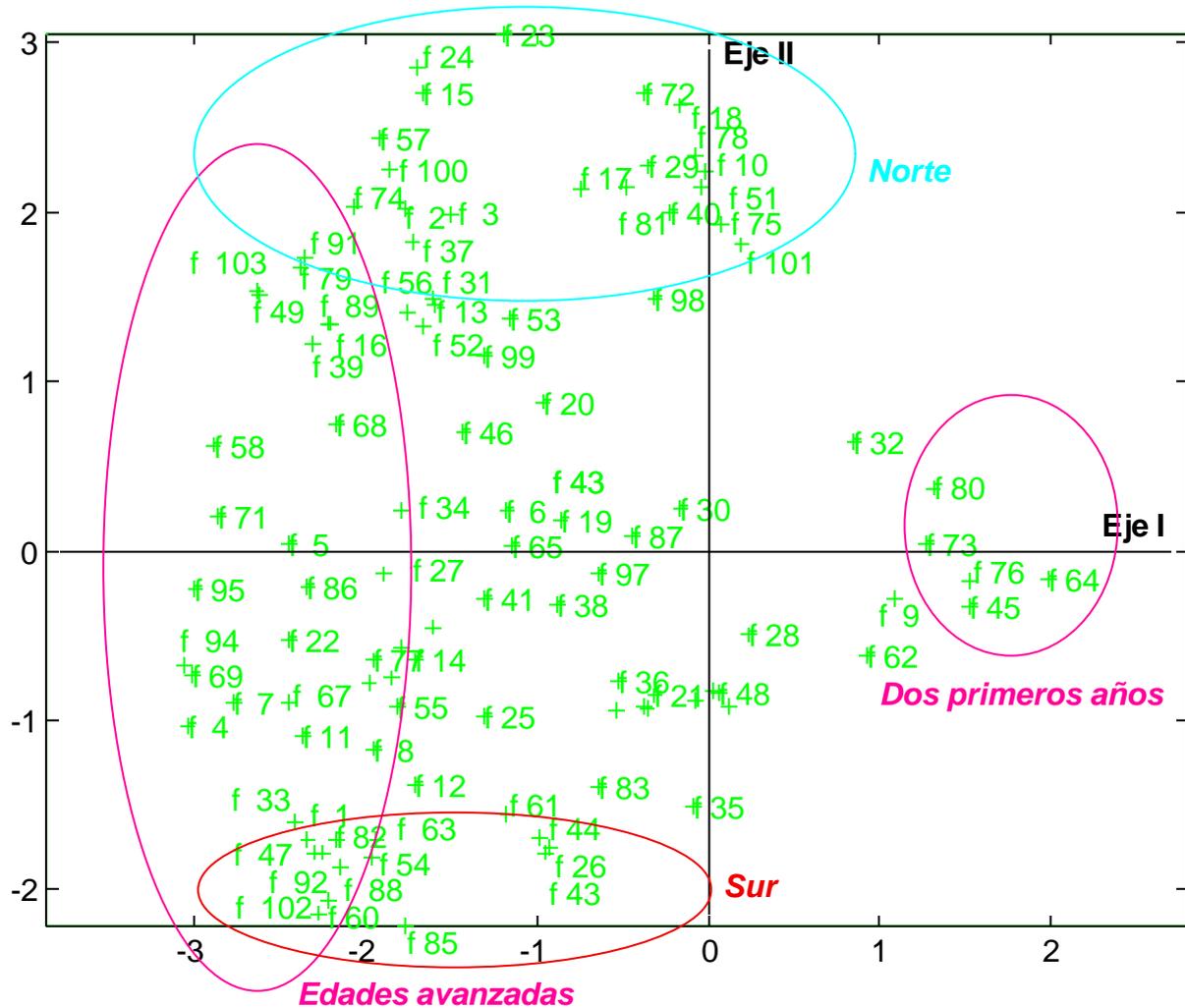
Figura 84. Análisis HJ-Biplot sobre ripado (sólo grupos). Ejes II y III.

A continuación se presentan las especies asociadas a las distintas combinaciones de los factores de variación considerados. En el [anexo IV](#) aparecen los nombres de las especies correspondientes a los distintos números utilizados en las figuras.

En la figura 85 (plano factorial I-II), el eje I discrimina hacia la derecha las especies asociadas a los dos primeros años de la sucesión: *Lupinus* sp. (nº64), *Fumaria reuteri* (nº 45), *Polygonum aviculare* (nº 73), *Reseda luteola* (nº 76) y *Senecio lividus* (nº 80); la primera de las cuales fue introducida por siembra a voleo. Hacia la izquierda del eje I aparecen las especies asociadas a edades más avanzadas sobre ripado: *Trifolium glomeratum* (nº 94), *Anarrhinum bellidifolium* (nº 4), *Petrorhagia nanteuilli* (nº 69), *Trifolium striatum* (nº 95), *Plantago lanceolata* (nº 71), *Leontodon taraxacoides* (nº 58), *Anthyllis cornicina* (nº 7), *Vulpia ciliata* (nº 103), *Herniaria glabra* (nº 49), *Centaurea paniculata* (nº 22), *Andryla integriflora* (nº 5), *Ornithopus compressus* (nº 67), *Daucus carota* (nº 39), *Bellardia trixago* (nº 11), *Ornithopus perpusillus* (nº 68), *Bromus rubens* (nº 16), *Cynosurus echinatus* (nº 33), *Aegilops triuncialis* (nº 1), *Silene gallica* (nº 82) y *Lolium rigidum* (nº 63); de las cuales las cuatro últimas especies, junto con *Vulpia myuros* (nº 104) y *Bromus hordeaceus* (nº 14), aparecen asociadas a 17º de pendiente (Figura 86, parte inferior izquierda del plano II-III).

Por su parte, el eje II separa, dentro de las edades más avanzadas, hacia la parte superior (Figura 85) las especies características de la orientación norte: *Centranthus calcitrapae* (nº 23), *Cerastium glomeratum* (nº 24), *Bromus rigidus* (nº 15), *Poa bulbosa* (nº 72), *Lathyrus angulatus* (nº 57), *Vicia sativa* (nº 100), *Avena sterilis* (nº 10), *Agrostis castellana* (nº 2), *Sanguisorba minor* (nº 79) y *Trifolium campestre* (Nº 91), *Chondrila juncea* (nº 37), *Aira caryophyllea* (nº 3), *Quercus ilex* subsp. *ballota* (nº 74), *Campanula lusitanica* (nº 18), *Viola arvensis* (nº 101), *Raphanus raphanistrum* (Nº 75), *Holcus lanatus* (nº 51), *Daucus durieua* (nº 40), *Sherardia arvensis* (nº 81), *Bromus tectorum* (nº 17) y *Rumex induratus* (nº 78); de las cuales las ocho últimas especies, junto *Hypericum perforatum* (nº 53), *Veronica arvensis* (nº 98), *Crepis capillaris* (nº 29), *Agrostis castellana* (nº 2) y *Poa bulbosa* (nº 71), aparecen asociadas a 17º de pendiente (Figura 86, parte inferior derecha). Hacia la parte inferior del eje II se encuentran las especies más representativas de la orientación sur: *Spergularia rubra* (nº 85), *Evax carpetana* (nº 43), *Filago pyramidata* (nº 44), *Conyza* sp. (nº 26), *Logfia minima* (nº 61).

Las especies *Sanguisorba minor* (n° 79) y *Taeniatherum caput-medusae* (n° 91) y aparecen asociadas a zonas sobre ripado de orientación norte y edad avanzada. Las especies *Logfia gallica* (n° 60), *Vulpia bromoides* (n° 102), *Tolpis barbata* (n° 88), *Trifolium cherleri* (n° 92), *Hypochoeris radicata* (n° 54) y *Gaudinia fragilis* (n° 47), también son de plano I-II, pero aparecen asociadas a zonas sobre ripado de orientación sur y edad avanzada.



**Figura 85.** Análisis HJ-Biplot sobre ripado (sólo especies). Ejes I y II.

En la parte superior del eje III (Figura 86; plano factorial II-III) aparecen las especies asociadas a la mayor pendiente, independientemente de la orientación: *Coronilla repanda* (n° 27),

*Holcus setiglumis* (n° 52), *Crucianella angustifolia* (n° 31), *Briza maxina* (n° 13), *Cytisus multiflorus* (n° 34), *Thymus mastichina* (n° 87), *Aira caryophyllea* (n° 3), *Bromus rubens* (n° 16), *Trifolium angustifolium* (n° 89) y *Ornithopus perpusillus* (n° 68).

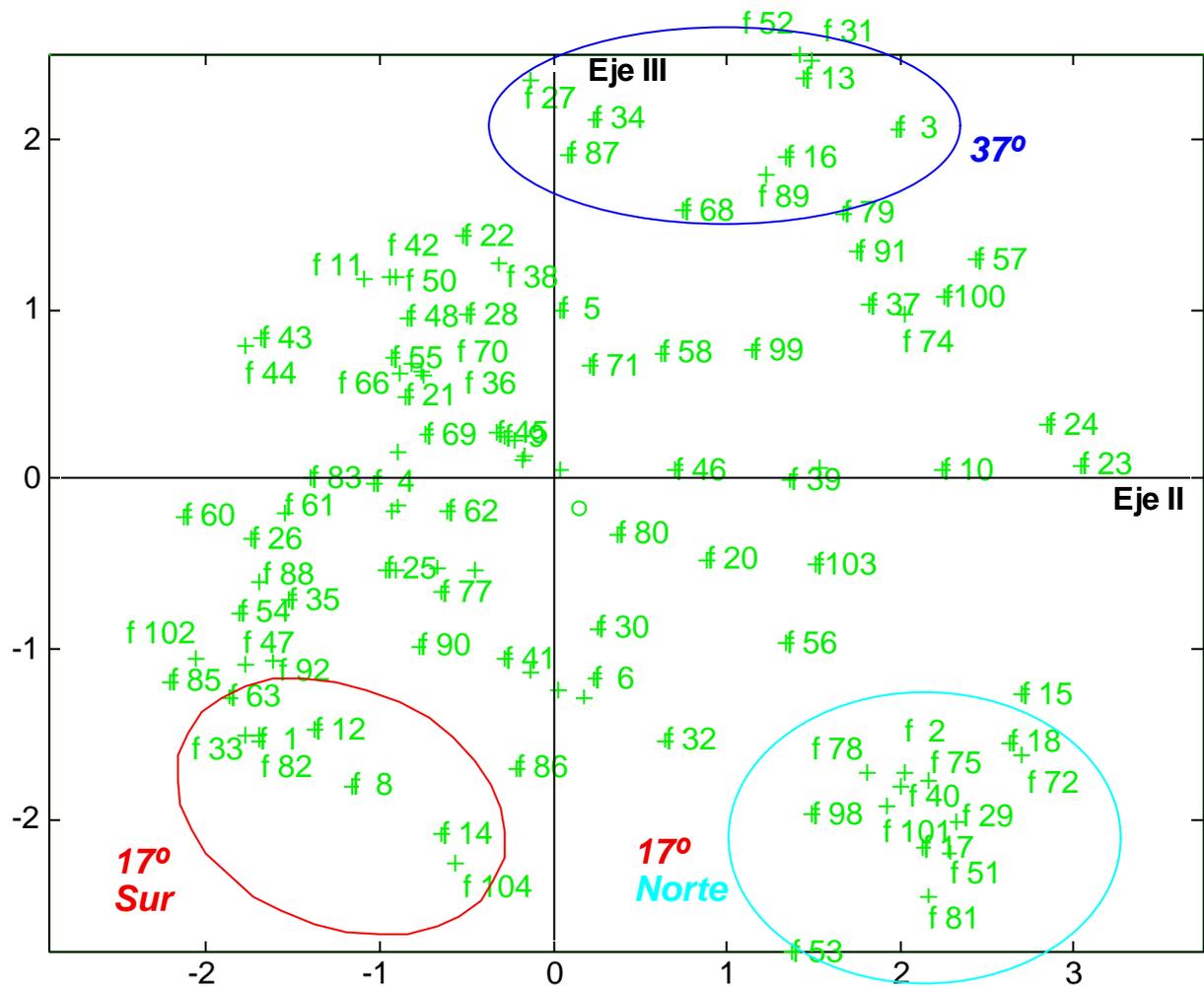
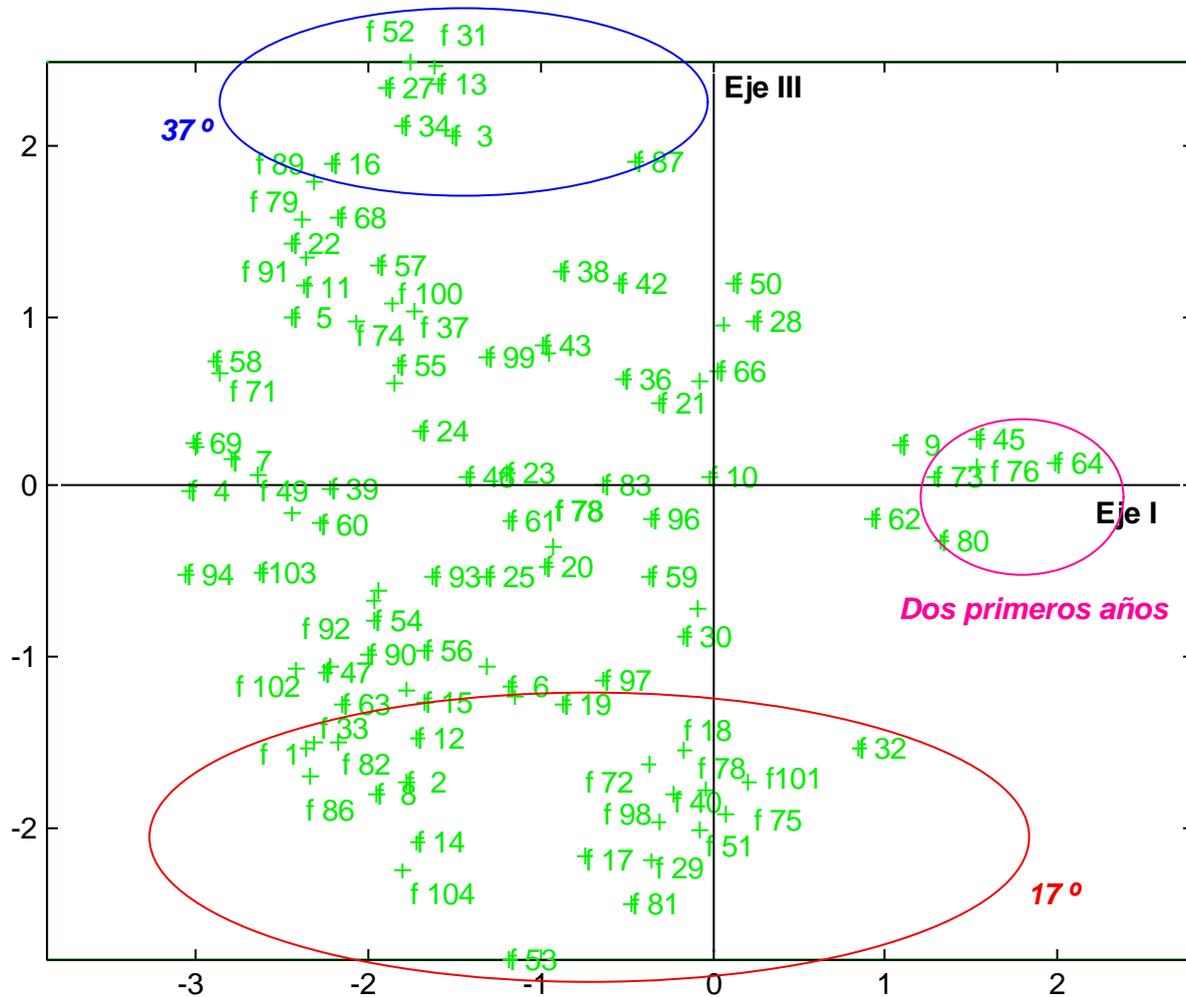


Figura 86. Análisis HJ-Biplot sobre ripado (sólo especies). Ejes II y III.

En la figura 87 (plano I-III), el eje III discrimina las especies en función de la pendiente e independientemente de la orientación, cuya separación viene dada por el eje II (plano factorial I-II).



**Figura 87.** Análisis HJ-Biplot sobre ripado (sólo especies). Ejes I y III.

#### 9.4.- ANÁLISIS HJ-BILOT PARA ESTÉRIL.

La matriz analizada ([ANEXO IV](#)) consta de 67 filas (especies) y 9 columnas (grupos), tras haber eliminado de la matriz original aquellas especies que no aparecen sobre estéril o que sólo aparecen en uno de los nueve grupos establecidos.

La inercia absorbida por los tres primeros ejes es de 20,9%, 19,0% y 14,2%, respectivamente. Una absorción de inercia acumulada del 54,1%. Con cinco ejes ya se explica el 76,8% de la variabilidad y con ocho el 100%.

En las tablas 44 y 45 aparecen las contribuciones de los tres primeros ejes a las especies y a los grupos, respectivamente. Puesto que sobre estéril la inercia absorbida por los tres primeros ejes es tan alta como sobre ripado, también en este caso será más fácil que sobre arcosas asignar los distintos grupos a uno u otro eje factorial, en función del factor de variación que más contribuya a explicar su composición florística.

**Tabla 44.** Contribuciones relativas de los tres primeros ejes a los 9 grupos de estéril.

GRUPOS	CRF <sub>I</sub> E	CRF <sub>II</sub> E	CRF <sub>III</sub> E
<b>27</b>	<b>693</b>	10	178
<b>28</b>	86	74	23
<b>29</b>	71	<b>382</b>	34
<b>30</b>	<b>451</b>	112	<b>230</b>
<b>31</b>	25	0	<b>502</b>
<b>32</b>	0	62	107
<b>33</b>	34	7	6
<b>34</b>	107	<b>753</b>	15
<b>35</b>	42	110	108

**Tabla 45.** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes especies sobre estéril.

ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
<b>1</b>	0	93	529	<b>35</b>	<b>595</b>	8	<b>218</b>
<b>2</b>	<b>417</b>	<b>156</b>	1	<b>36</b>	<b>688</b>	17	240
<b>3</b>	0	23	40	<b>37</b>	<b>113</b>	205	40
<b>4</b>	42	<b>413</b>	<b>318</b>	<b>38</b>	19	2	<b>464</b>
<b>5</b>	<b>420</b>	0	<b>368</b>	<b>39</b>	23	87	42
<b>6</b>	<b>612</b>	11	198	<b>40</b>	0	32	10
<b>7</b>	<b>430</b>	<b>287</b>	88	<b>41</b>	0	<b>722</b>	75
<b>8</b>	<b>374</b>	54	<b>229</b>	<b>42</b>	<b>393</b>	<b>258</b>	87
<b>9</b>	<b>325</b>	<b>250</b>	25	<b>43</b>	<b>266</b>	<b>267</b>	24
<b>1</b>	36	34	14	<b>44</b>	<b>214</b>	1	<b>238</b>
<b>11</b>	5	<b>282</b>	4	<b>45</b>	<b>318</b>	0	<b>413</b>
<b>12</b>	<b>413</b>	3	<b>229</b>	<b>46</b>	72	<b>658</b>	18
<b>13</b>	<b>757</b>	0	33	<b>47</b>	1	97	205
<b>14</b>	<b>482</b>	7	<b>185</b>	<b>48</b>	120	3	70
<b>15</b>	99	<b>767</b>	7	<b>49</b>	<b>587</b>	7	<b>208</b>
<b>16</b>	<b>272</b>	3	<b>291</b>	<b>50</b>	197	<b>745</b>	2
<b>17</b>	<b>383</b>	<b>503</b>	16	<b>51</b>	<b>219</b>	<b>465</b>	46
<b>18</b>	10	61	74	<b>52</b>	23	60	76

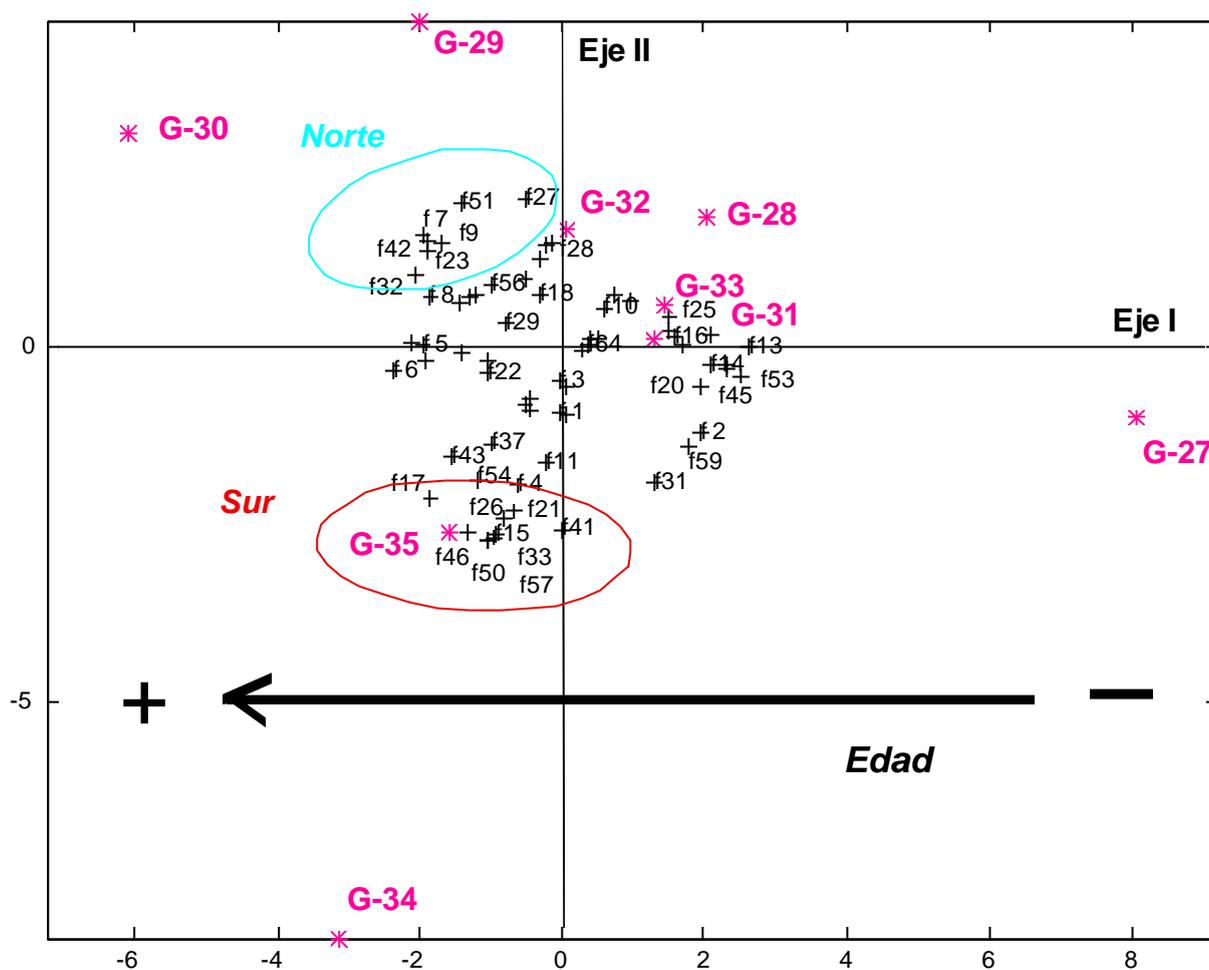
ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	ESPECIE	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
<b>19</b>	30	73	44	<b>53</b>	<b>483</b>	5	54
<b>20</b>	<b>426</b>	32	83	<b>54</b>	152	<b>387</b>	95
<b>21</b>	123	<b>816</b>	0	<b>55</b>	254	25	1
<b>22</b>	122	14	17	<b>56</b>	114	87	164
<b>23</b>	<b>397</b>	<b>209</b>	187	<b>57</b>	50	<b>600</b>	<b>195</b>
<b>24</b>	10	0	<b>439</b>	<b>58</b>	29	1	<b>381</b>
<b>25</b>	<b>246</b>	5	<b>375</b>	<b>59</b>	<b>352</b>	<b>213</b>	<b>224</b>
<b>26</b>	122	<b>811</b>	1	<b>60</b>	191	55	43
<b>27</b>	32	<b>489</b>	16	<b>61</b>	10	53	<b>384</b>
<b>28</b>	2	<b>244</b>	66	<b>62</b>	10	<b>176</b>	<b>269</b>
<b>29</b>	70	14	77	<b>63</b>	29	106	116
<b>30</b>	62	59	16	<b>64</b>	15	0	<b>445</b>
<b>31</b>	<b>187</b>	<b>408</b>	<b>223</b>	<b>65</b>	161	64	44
<b>32</b>	<b>481</b>	119	50	<b>66</b>	<b>233</b>	45	25
<b>33</b>	105	<b>803</b>	2	<b>67</b>	6	231	120
<b>34</b>	<b>493</b>	1	<b>211</b>				

En la figura 88 (plano factorial I-II) aparecen representados tanto los grupos como las especies, ya que la matriz es de menores dimensiones que en el caso de los sustratos anteriores. Se observa que a lo largo del eje I se establece un gradiente, de derecha a izquierda, de menos a más edad, a pesar de que algunos grupos como el 28, 31, 32 y 33 no estén bien representados en el plano factorial I-II. Este resultado concuerda con el obtenido en el dendrograma cuantitativo correspondiente (Figura 34) en el que aparecen separados dos grandes grupos, de 1 a 11 años de edad el primero, y de 13 a 21 años el segundo. No obstante, conviene recordar que este gradiente de edad se correspondía además con un gradiente en el tamaño del material estéril almacenado, que es más grueso en el primer grupo que en el segundo.

El eje II (Figura 88) separa, dentro de las zonas de mayor edad (parte izquierda del plano I-II), hacia arriba los grupos de orientación norte (grupos 29 y 30), y hacia abajo los de orientación sur (grupos 34 y 35).

El eje III (Figura 89) separa, dentro de los grupos de menor edad (parte derecha del plano factorial I-III), el grupo de orientación sur (grupo 31) en la parte superior, del grupo de orientación norte (grupo 27) en la parte inferior.

Estos resultados (de los ejes II y III) también se ponen de manifiesto en la Figura 34 (dendrograma cuantitativo) en la que se observa que, tras la edad-disgregación, es la orientación el factor que más influye en la composición florística de las zonas sobre estéril, siendo más marcadas las diferencias para las edades más avanzadas que en los dos primeros años de la sucesión.



**Figura 88.** Análisis Biplot para estéril (grupos y especies). Ejes I y II.

En cuanto a las especies asociadas a los distintos grupos, en la Figura 88 aparecen en la parte superior izquierda las especies más representativas de zonas de orientación norte y edad avanzada: *Senecio lividus* (nº 51), *Bromus rigidus* (nº 7), *Bromus tectorum* (nº 9), *Periballia involucrata* (nº 42), *Geranium molle* (nº 23), *Bromus rubens* (nº 8), *Lathyrus angulatus* (nº 32) y *Holcus lanatus* (nº 27). En la parte inferior izquierda se agrupan las especies características de zonas de orientación sur y edad avanzada: *Sanguisorba minor* (nº 50), *Teesdalia coronopifolia* (nº 57), *Reseda luteola* (nº 46), *Lavandula stoechas* (nº 33), *Cytisus multiflorus* (nº 15), *Hirschfeldia incana* (nº 26), *Fumaria reuteri* (nº 21), *Dactylis glomerata* (nº 17) y *Sonchus oleraceus* (nº 54).

En la figura 89, aparecen, en la parte inferior derecha, las especies más importantes en el grupo 27 (orientación norte y 1 año de edad): *Linaria saxatile* (nº 35), *Logfia gallica* (nº 36), *Rumex pulcher* (nº 49), *Raphanus raphanistrum* (nº 45), *Tolpis barbata* (nº 59), *Crepis capillaris* (nº 14), *Chondrila juncea* (nº 16) y *Herniaria glabra* (nº 25). En la parte superior derecha se recogen las especies características del grupo 31 (orientación sur y 2 años de edad): *Helichrysum stoechas* (nº 24), *Anarrhinum bellidifolium* (nº 1), *Trifolium striatum* (nº 64), *Lotus subbiflorus* (nº 38), *Thymus mastichina* (nº 58) y *Trifolium arvense* (nº 61).

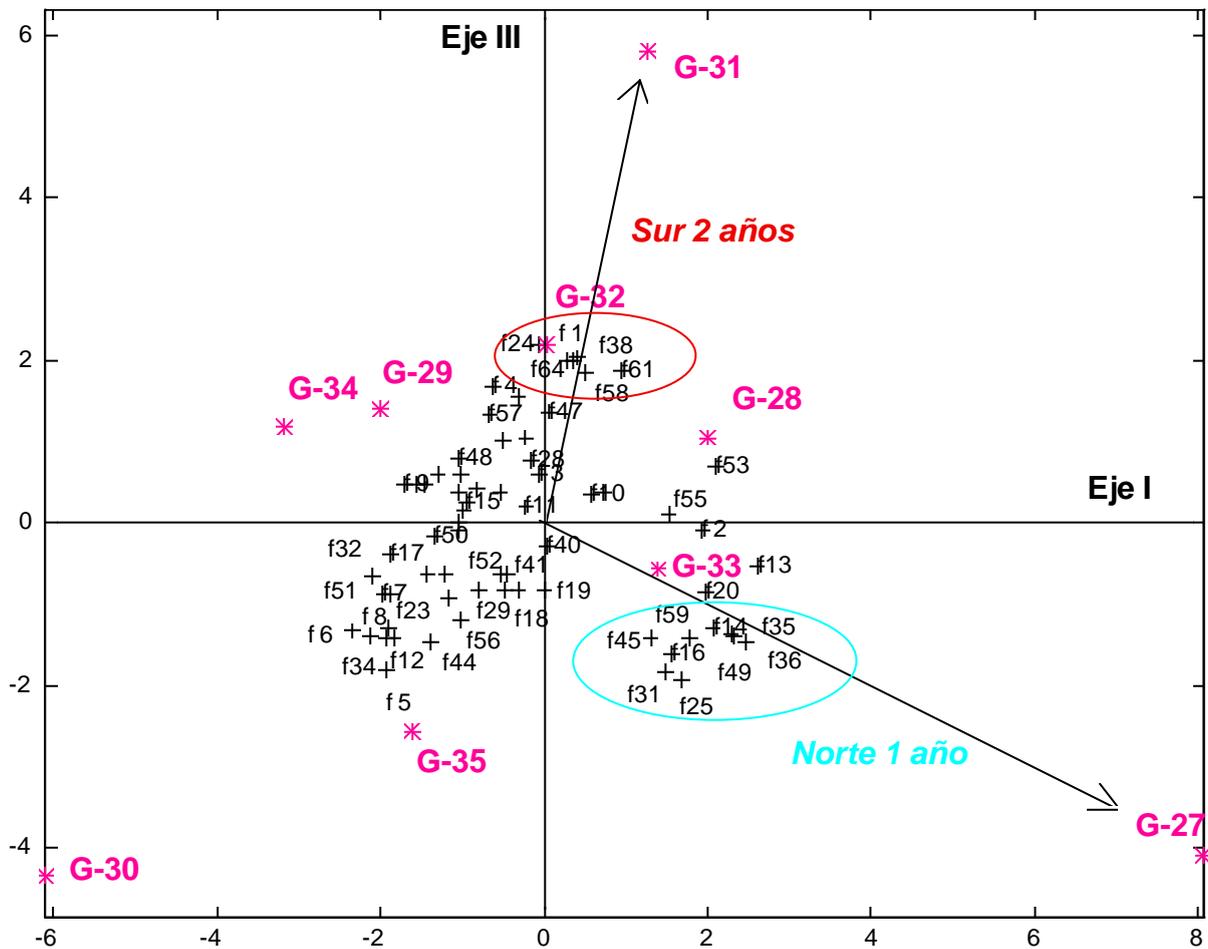


Figura 89. Análisis Biplot para estéril (grupos y especies). Ejes I y III.

## 9.5.- CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES.

De acuerdo con toda la información recogida en los apartados 9.2, 9.3 y 9.4, se puede establecer, dentro de cada sustrato, una clasificación de las especies, en función del estadio sucesional en el que alcanzan mayor cobertura. Así se diferencian cuatro grupos:

- 1) Especies asociadas a las edades iniciales.
- 2) Especies asociadas a las edades intermedias.
- 3) Especies asociadas a las edades más avanzadas disponibles.
- 4) Especies indiferentes a la edad.

<b>ARCOSAS</b>
----------------

### 1) Especies asociadas a las edades iniciales.

Se trata de especies que cobran más importancia en los primeros años de la sucesión, aunque, en general, sigan estando presentes con menor cobertura en todas las edades disponibles. Las más destacadas son: *Conyza* sp , *Herniaria glabra*, *Polycarpon tetraphyllum*, *Silene inaperta*, *Spergularia rubra* y *Trifolium gemellum*.

### 2) Especies asociadas a las edades intermedias.

Se distinguen a su vez cuatro grupos, dentro de los cuales hay especies que pueden estar asociadas a otros factores (orientación y pendiente), por lo que para precisar aparece junto a cada uno de ellos la letra N (norte) o la S (sur), y/o 37° ó 17° de pendiente. Si no aparece ninguna notación acompañando a la especie es porque es indiferente a la orientación y la pendiente.

- a) Especies presentes en todas las edades, pero que alcanzan mayor cobertura en los estadios intermedios: *Holcus lanatus*, *Hypochoeris radicata*, *Crucianella angustifolia* (N), *Galium aparine* (N), *Holcus setiglumis* (N), *Jasione montana* (N), *Micropyrum tenellum*

(N), *Petrorhagia nanteuilli* (N), *Vicia lutea* (N), *Vicia sativa* (N), *Bromus rubens* (S-17°) y *Trifolium campestre* (17°),

- b) Especies que comienzan a hacerse notar a los 3-5 años y permanecen hasta el final, aunque alcanzan mayor cobertura en las edades intermedias: *Anthyllis cornicina*, *Anthyllis lotoides* y *Bellardia trixago*.
- c) Especies que sólo aparecen en las edades intermedias: *Briza maxima* (N), *Cerastium glomeratum* (N), *Quercus ilex* subsp. *ballota* (N) y *Xolantha guttata* (N).
- d) Especies que están presentes desde las edades intermedias a las finales, siendo más importantes en las intermedias: *Centaurea paniculata* (37°), *Trifolium angustifolium* (17°), *Trifolium retusum* (17°), *Trifolium striatum* (17°), *Senecio jacobaea* (S), *Pulicaria paludosa* (S-17°), *Bromus hordeaceus* (N-17°), *Vulpia myuros* (N-17°).

### 3) **Especies asociadas a las edades más avanzadas disponibles.**

Dentro de ellas se diferencian, por un lado, aquellas especies que sólo aparecen en las edades más avanzadas: *Carduus tenuiflorus*, *Carlina corymbosa*, *Convolvulus arvensis*, *Digitalis thapsi*, *Eryngium campestre*, *Geranium molle*, *Lavandula stoechas*, *Rumex pulcher*, *Sanguisorba minor* y *Taeniatherum caput-medusae*; por otro lado, aquellas que sí están presentes desde el principio pero que van cobrando importancia a lo largo de los años, siendo su cobertura mayor en las edades más avanzadas disponibles: *Andryala integrifolia*, *Agrostis castellana*, *Bromus tectorum*., *Centranthus calcitrapae*, *Chondrila juncea*, *Leontodon taraxacoides*.

Dentro de ellas, *Taeniatherum caput-medusae* se asocia además a la orientación norte, y *Lavandula stoechas* y *Rumex pulcher* a la sur; *Geranium molle* y *Centranthus calcitrapae* se asocian a una pendiente de 37°, y *Andryala integrifolia* y *Bromus tectorum* a una de 17°.

### 4) **Especies indiferentes a la edad.**

En este caso también hay algunas especies asociadas a una orientación y/o pendiente determinada, por lo que se especifica esta información al lado de cada especie.

Se trata de especies que aparecen en todas las edades con similares valores de importancia: *Bromus rigidus*, *Corrigiola litoralis*, *Crepis capillaris*, *Cynodon dactylon*, *Cytisus multiflorus*, *Chamaemelum mixtum*, *Linaria spartea*, *Logfia minima*, *Rumex acetosella*, *Tolpis barbata*, *Vulpia bromoides*, *Vulpia ciliata*, *Anarrhinum bellidifolium* (37°), *Avena sterilis* (37°), *Coronilla repanda* (37°), *Eryngium tenue* (37°), *Sonchus oleraceus* (37°), *Daucus carota* (N-17°), *Lathyrus angulatus* (N-17°), *Lactuca* (N), *Lolium perenne* (N), *Anthemis arvensis* (S), *Gaudinia fragilis* (S), *Logfia gallica* (S), *Trifolium glomeratum* (S-17°) y *Trifolium arvense* (17°).

## RIPADO

### 1) Especies asociadas a las edades iniciales (dos primeros años).

Se trata de especies que en su mayoría no se encuentran más allá de los dos primeros años: *Fumaria reuteri*, *Lupinus* sp., *Poligonum aviculare*, *Reseda luteola* y *Senecio lividus*. De ellas, *Lupinus* sp. es introducida, por lo que realmente no puede considerarse como característica de los estadios iniciales, pues de no haber sido introducida probablemente no se encontraría.

### 2) Especies asociadas a las edades intermedias.

En este caso sólo se distinguen dos grupos; dentro de cada uno se aporta información sobre la orientación o la pendiente a la que se encuentran asociadas algunas especies.

- a) Especies que sólo aparecen en las edades intermedias: *Trifolium campestre* (N), *Daucus durieua* (N-17°), *Raphanus raphanistrum* (N-17°), *Crepis capillaris* (17°), *Conyza* sp. (S), *Logfia minima* (S), *Briza maxima* (37°), *Crucianella angustifolia* (37°), *Bromus horderaceus* (17°) y *Vulpia myuros* (17°).
- b) Especies que están presentes desde las edades intermedias a las finales, siendo más importantes en las intermedias: *Bromus rigidus* (N), *Centranthus calcitrapae* (N), *Cerastium glomeratum* (N), *Lathyrus angulatus* (N), *Poa bulbosa* (N), *Quercus ilex* subsp. *ballota* (N), *Vicia sativa* (N), *Agrostis castellana* (N-17°), *Bromus tectorum* (N-

17°), *Rumex induratus* (N-17°), *Sherardia arvensis* (N-17°), *Hypericum perforatum* (17°), *Evax carpetana* (S), *Coronilla repanda* (37°), *Cytisus multiflorus* (37°), *Trifolium angustifolium* (37°).

### **3) Especies asociadas a las edades más avanzadas disponibles.**

Dentro de ellas se diferencian, por un lado, aquellas especies que sólo aparecen en las edades más avanzadas: *Bellardia trixago*, *Centaurea paniculata*, *Daucus carota*, *Herniaria glabra*, *Ornithopus compressus*, *Petrorhagia nanteuilli*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium striatum*, *Bromus rubens* (37°), *Aegilops triunciales* (17°), *Cynosurus echinatus* (17°), *Lolium rigidum* (17°), *Silene gallica* (17°), *Sanguisorba minor* (N), *Taeniatherum caput-medusae* (N), *Gaudinia fragilis* (S), *Hypochoeris radicata* (S) y *Trifolium cherleri* (S); por otro lado, aquellas que están presentes desde el principio pero que van cobrando importancia a lo largo de los años, siendo su cobertura mayor en las edades más avanzadas disponibles: *Anarrhinum bellidifolium*, *Andryala integrifolia*, *Anthyllis cornicina*, *Leontodon traxacoides*, *Trifolium glomeratum*, *Vulpia ciliata*, *Ornithopus perpusillis* (37°), *Logfia gallica* (S), *Tolpis barbata* (S) y *Vulpia bromoides* (S).

### **4) Especies indiferentes a la edad.**

Se trata de especies que aparecen en todas las edades con similares valores de importancia: *Avena sterilis* (N), *Campanula lusitanica* (N), *Chondrila juncea* (N), *Holcus lanatus* (N), *Aira caryophyllea* (N-37°), *Filago pyramidata* (S) y *Spegularia rubra* (S).

**ESTÉRIL**

### **1) Especies asociadas a las edades iniciales (dos primeros años).**

Se trata de especies que en su mayoría aparecen también más allá de los dos primeros años: *Crepis capillaris* (N), *Chondrila juncea* (N), *Herniaria glabra* (N), *Logfia gallica* (N),

*Rapahanus raphanistrum* (N), *Tolpis barbata* (N), *Anarrhinum bellidifolium* (S), *Helichrysum stoechas* (S), *Lotus subbiflorus* (S), *Thymus mastichina* (S) y *Trifolium arvense* (S).

No obstante, algunas especies sólo están presentes los dos primeros años: *Linaria saxatile* (N), *Rumex pulcher* (N) y *Trifolium striatum* (S).

## 2) Especies asociadas a las edades intermedias.

En este caso, se trata de especies que sólo aparecen en las edades intermedias de las series sobre estéril: *Holcus setiglumis* e *Hypochoeris radicata*,

## 3) Especies asociadas a las edades más avanzadas disponibles.

Dentro de ellas se diferencian, por un lado, aquellas que sólo aparecen en las edades más avanzadas: *Geranium molle* (N), *Periballia involucrata* (N), *Fumaria reuteri* (S), *Hirschfeldia incana* (S), *Lavandula stoechas* (S), *Sanguisorba minor* (S), *Sonchus oleraceus* (S), *Teesdalia coronopifolia* (S); por otro lado, aquellas que apareciendo a partir de los dos años permanecen hasta las edades más avanzadas en las que alcanzan mayores valores de cobertura: *Bromus rigidus* (N), *Bromus rubens* (N), *Bromus tectorum* (N), *Holcus lanatus* (N), *Lathyrus angulatus* (N), *Cytisus multiflorus* (S), *Dactylis glomerata* (S), *Reseda luteola* (S), *Senecio lividus* (N),

## 4) Especies indiferentes a la edad.

Se trata de especies que aparecen en todas las edades con similares valores de importancia: *Andryala integrifolia*, *Avena sterilis*, *Briza maxima*, *Conyza* sp., *Filago pyramidata*, *Leontodon traxacoides*, *Papaver rhoeas*, *Rumex acetosella*, *Spergularia rubra*, *Vicia sativa* (N), *Anthemis arvensis* (S), *Anthyllis cornicina* (S).

<b>GLOBAL</b>
---------------

Por último, en un intento de sintetizar toda la información aportada por los HJ-Biplot (Global y para cada sustrato), se establece una clasificación general de las especies en función del estadio sucesional en el que son importantes. En este caso, debido a la dificultad de identificar especies asociadas a los estadios intermedios, se distinguen únicamente tres grupos

- 1) Especies características de los estadios iniciales (2 primeros años)
- 2) Especies características de los estadios más avanzados disponibles.
- 3) Especies indiferentes a la edad.

**1) Especies características de los estadios iniciales (2 primeros años).**

Se incluyen en este grupo las especies que según el HJ-Biplot Global aparecían asociadas a las edades iniciales: *Lupinus* sp., *Secale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Fumaria reuteri* y *Reseda luteola*. De ellas, las tres primeras fueron introducidas por lo que no pueden considerarse como características de los estadios iniciales de la sucesión en Mina Fe. De no haber sido introducidas, probablemente no se hubieran encontrado. De hecho sobre estéril, donde no se practicó la siembra a voleo, no se encuentran estas especies; tampoco en la orientación norte de los taludes más jóvenes sobre arcosas y ripado.

También se incluyen en este grupo aquellas especies que según los HJ-Biplot correspondientes a cada sustrato se han asociado a los estadios iniciales, siempre y cuando estuvieran presentes en los tres sustratos, para tener seguridad de que hayan podido llegar y establecerse. Se trata de especies tales como: *Conyza* sp., *Logfia gallica*, *Silene inaperta*, *Spergularia rubra* y *Trifolium arvense*.

Otras especies también están asociadas a los primeros estadios de la sucesión pero son diferentes según el sustrato, como queda recogido en las clasificaciones realizadas para cada uno de ellos.

## 2) **Especies características de los estadíos más avanzados disponibles.**

Se incluyen en este grupo las especies que según el HJ-Biplot Global aparecían asociadas a las edades más avanzadas disponibles: *Agrostis castellana*, *Bromus hordeaceus*, *Bromus tectorum*, *Carlina corymbosa*, *Cerastium glomeratum*, *Chondrila juncea*, *Daucus carota*, *Galium aparine*, *Leontodon taraxacoides*, *Sanguisorba minor*, *Taeniatherum caput-medusae*, *Vulpia bromoides* y *Vulpia ciliata*.

Además, se incluyen aquellas especies que según los HJ-Biplots correspondientes a cada sustrato se han asociado a los estadíos finales, siempre y cuando estuvieran presentes en los tres sustratos, para tener seguridad de que hayan podido llegar y establecerse. Se trata de especies tales como: *Anarrhinum bellidifolium*, *Andryala integrifolia*, *Bromus rigidus*, *Bromus rubens*, *Centaurea paniculata*, *Centranthus calcitrapae*, *Cytisus multiflorus*, *Dactylis glomerata*, *Geranium molle*, *Herniaria glabra*, *Holcus lanatus*, *Hypochoeris radicata*, *Lathyrus angulatus*, *Lavandula stoechas*, *Lolium perenne*, *Ornithopus perpusillus*, *Periballia involucrata*, *sonchus oleraceus* y *Tolpis barbata*.

Es interesante destacar que algunas especies características de estadíos avanzados, como *Herniaria glabra* o *Tolpis barbata*, son ya importantes en los primeros años sobre el sustrato más favorable (arcosas). Otras como *Anarrhinum bellidifolium* y *Chondrila juncea*, asociadas también a los estadíos avanzados, son importantes desde el principio tanto en el sustrato más favorable (arcosas) como en el menos favorable (Estéril).

Debido al distinto ritmo que lleva la sucesión según el sustrato, existen diferencias entre ellos, en cuanto a las especies características de los estadíos avanzados. Así, numerosas especies asociadas a los estadíos más avanzados sobre estéril, son a su vez características de estadíos más jóvenes en los otros dos sustratos; por ejemplo: *Fumaria reuteri*, *Senecio lividus*, *Cytisus multiflorus*, *Dactylis glomerata*, etc.

## 3) **Especies indiferentes a la edad.**

Se trata de especies que aparecen en los tres sustratos en todas las edades: *Aira caryophyllea*, *Anthemis arvensis*, *Anthyllis cornicina*, *Avena sterilis*, *Briza maxima*, *Conyza* sp., *Cynodon dactylon*, *Filago pyramidata*, *Lactuca* sp., *Trifolium arvense*, *Trifolium glomeratum* y *Rumex actosella*.

## **CAPÍTULO IV: HIDROSIEMBRA.**

## 1.- CONSIDERACIONES PREVIAS.

Según Cifuentes (1997), el concepto más generalizado de restauración, entre los profesionales de este campo, “es el que hace referencia al conjunto de técnicas o métodos que tienen como objetivo la revegetación de suelos, degradados por las actividades humanas, para integrarlos en el paisaje y disminuir o estabilizar los procesos erosivos”. Frecuentemente se ha justificado su oportunidad con la posibilidad de alcanzar una rentabilidad económica con sus resultados, como cuando se propone la creación de un pastizal, el establecimiento de un cultivo de madera u otros usos.

Pero la restauración es algo más. Exige también, junto a las técnicas y métodos de revegetación, la aplicación de los conocimientos actuales de ecología, basados en la investigación de los sistemas naturales, para tratar de imitar de forma más precisa y meticulosa a la naturaleza.

Por tanto, es necesario hacer una distinción clara entre lo que se entiende por restauración propiamente dicha y rehabilitación o recuperación. El reacondicionamiento de los terrenos alterados por el hombre, puede tener como objetivo el restablecimiento, en la medida de lo posible, de las condiciones originales, en cuyo caso se denomina restauración propiamente dicha (Cifuentes, 1997). Si el objetivo es intentar conseguir un aprovechamiento nuevo y sustancialmente diferente al que correspondería a la situación primitiva, nos estaremos refiriendo a rehabilitación o recuperación (Cifuentes, 1997).

Desde el punto de vista ecológico, es interesante conocer cómo tiene lugar la recuperación natural de los terrenos afectados por las actividades humanas. Así, se estaría en condiciones de aportar información práctica a la hora de emprender un proyecto de restauración en una zona determinada. Sin embargo, la intervención del hombre a este nivel no siempre ha sido acertada, precisamente por carecer de esta información, en unos casos, o por hacer oídos sordos, en otros.

En el campo de la recuperación o rehabilitación se han adquirido también malos hábitos que nos obligan a reflexionar sobre la eficacia de las medidas adoptadas. De hecho, es frecuente que muchos de los posibles usos que se den al terreno afectado (uso urbano o industrial, recreativo

intensivo o extensivo, agrícola o ganadero, forestal, etc.) tengan también efectos ambientales negativos.

Por ello, todo proyecto de restauración, tanto de restauración propiamente dicha como de rehabilitación o recuperación, debe hacerse con base ecológica, es decir, debe sustentarse en el conocimiento del medio, adoptando soluciones que se ponen de manifiesto en el propio entorno del espacio a restaurar. Esta opinión es compartida por muchos, entre ellos Cifuentes (1997), quien además observa que “muchos de los gestores ambientales que se dedican a actividades relacionadas con la restauración han mirado con recelo, y en raras ocasiones han tenido en cuenta, las posibilidades de aplicación en sus actividades de las técnicas o conocimientos adquiridos por el desarrollo de la ecología, que en muchos casos les ayudarían en el logro de los objetivos que pretende la restauración”.

Descendiendo ahora al plano de la práctica, existen técnicas dirigidas a la mejora de las tierras degradadas. Entre ellas la hidrosiembra es una técnica de revegetación ampliamente utilizada en países del norte de Europa, sobre todo en taludes de carreteras, vías férreas y canteras cuyas dimensiones y topografía dificultan el acceso para llevar a cabo, en ellos, cualquier otra técnica de revegetación (ver “Jornadas sobre técnicas de tratamiento de taludes y revegetación aplicables a actividades humanas” Colegio Oficial de Biólogos-CEDEX, 1992). No obstante, cada vez se está extendiendo más a otros países y a otros tipos de actividades, porque cada vez existen más empresas dedicadas a esta técnica y puede ser contratada fácilmente en el mercado (ver “Jornada sobre restauración del Medio Natural en la Red de Carreteras del Estado” MOPTMA, 1995).

La técnica de hidrosiembra consiste en aplicar sobre los taludes, mediante la utilización de una manguera a presión, una mezcla de semillas, nutrientes químicos y orgánicos, microorganismos del suelo y sustancias aglutinadoras, suspendida en un medio acuoso.

Es de gran interés estudiar la eficacia de esta técnica en nuestra área de estudio, y bajo qué condiciones es adecuada. Este aspecto de estudio es fundamental si lo que se pretende es establecer una serie de pautas o prácticas que realmente sean exitosas en la consecución del objetivo final: la revegetación de estos espacios alterados por actividades humanas.

## 2.- CARACTERÍSTICAS DE LA HIDROSIEMBRA.

Dentro del proyecto de restitución del espacio afectado por la actividad extractiva llevado a cabo por ENUSA en Saelices, se ensayó la hidrosiembra como técnica a utilizar en la revegetación de las escombreras, fundamentalmente de sus taludes, debido a su menor accesibilidad.

La explotación minera de Saelices contrató la técnica de hidrosiembra con la firma BIOVERT. La primera aplicación en 1987 se llevó a cabo, con carácter experimental, sobre el talud de la primera tongada de Fe-3-1, de orientación noreste, 70 m de altura y 37° de pendiente, cubierto de material ripado, en una superficie de aproximadamente una hectárea. Esta técnica se repitió en 1989 sobre el talud de la primera tongada de Fe-3-1, en este caso en su orientación sur, cubierta de arcosas y aproximadamente de las mismas dimensiones que el anterior. Posteriormente en 1992 se volvió a aplicar sobre parte del talud de la Barrera Final de Confinamiento (BFC), cubierto de arcosas y de pendiente 17°, en sus dos orientaciones (norte y sur). La hidrosiembra ha presentado las mismas características todas las veces que se ha aplicado.

De acuerdo con la información proporcionada por E.N.U.S.A., los distintos componentes de la mezcla fueron proyectados, con ayuda de una manguera, a una presión de entre 5 y 10 atmósferas. La composición de la mezcla, según BIOVERT, era la siguiente:

<b>Fijador:</b>	Biovert stab	400 Kg/Ha	
<b>Complejo humifiable*:</b>	Biovert hum	450	“
<b>Fertilizante:</b>	N.P.K.:15.15.15.	300	“
<b>Abonos Nitrogenados:</b>	Liberación lenta	200	“
<b>Semillas:</b>	Mezcla seleccionada	200-275	“

(\*) se ha respetado la denominación utilizada por la empresa Biovert.

A continuación se presenta una descripción de Biovert stab, Biovert hum y de la mezcla de semillas utilizados en las hidrosiembras. Esta información ha sido facilitada por la empresa Biovert a ENUSA.

**Biovert stab:**

Es un abono natural de origen vegetal, no elaborado químicamente, obtenido a partir de vegetales seleccionados y finamente molidos. Es un polvo marrón biodegradable de granulometría  $\leq 0,05$  mm. Se utiliza en todo tipo de cultivos al aire libre y en invernadero, es hidropónico y, según sus productores, favorece la regeneración de los suelos por las siguientes cualidades:

- . Retiene la humedad en el suelo.
- . Protege contra la erosión.
- . Fija las semillas.
- . Participa en la fertilización.
- . Aumenta la función clorofílica, la resistencia a las enfermedades y plagas.
- . Desarrolla y mantiene la biomasa del suelo.

Además, siempre según las indicaciones comerciales, tiene pH=7, es rico en vitaminas, hormonas, encimas, aminoácidos y oligoelementos. Es un estimulante de la actividad de los organismos del suelo, de la germinación de las semillas y del enraizamiento de las plantas. El análisis mineral indica:

<b>N orgánico</b>	2 %	<b>Cu</b>	0,3 %
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,3 %	<b>Bo</b>	0,08 %
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,3 %	<b>Zn</b>	0,1 %
<b>Fe</b>	0,2 %	<b>Mn</b>	0,2 %
<b>Y</b>	0,1 %	<b>Mo</b>	0,02 %

**Biovert hum:**

Se trata, según las indicaciones comerciales, de un abono constituido por materias naturales del suelo, sometidas a un tratamiento de fermentación. Es particularmente rico en microorganismos y biomasa vegetal que a su vez constituye la base nutritiva de éstos aportando al suelo los elementos necesarios para la vida de los vegetales. Es un polvo oscuro de granulometría  $\leq 0,15$  mm, con pH=6-7. Como abono orgánico su utilización es universal en todo tipo de cultivos y también como

regenerador de suelos porque favorece la asimilación de los fertilizantes N.P.K. por las plantas. Su composición, según Biovert, es la siguiente:

<b>Nitrogeno orgánico</b>	2-3 %
<b>Anhídrido fosfórico</b>	1-2 %
<b>Potasa anhídrida</b>	1-2 %
<b>Población bacteriana</b>	5.000 millones/gramo.
<b>Ácidos húmicos totales</b>	9 %

### Mezcla de semillas:

Contiene, según Biovert, un porcentaje importante de gramíneas enraizantes, la mayor parte poco exigentes con respecto a la humedad edáfica, y leguminosas con el fin de enriquecer los suelos en nutrientes. No se dispone, sin embargo, de información sobre las proporciones en las que las distintas especies participan en la mezcla. La lista de especies utilizadas se presenta a continuación:

<i>Avena sativa</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Lupinus angustifolius</i>	<i>Lolium perenne</i>
<i>Lupinus arboreus</i>	<i>Poa pratensis</i>
<i>Lupinus bicolor</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Lupinus hispanicus</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
<i>Festuca ovina</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Retama monosperma</i>
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Lavandula pedunculata</i>
<i>Medicago sativa</i>	<i>Cytisus scoparius</i>
<i>Trifolium repens</i>	

Es preciso hacer dos puntualizaciones respecto a la nomenclatura. Si bien las especies *Festuca rubra* y *Festuca ovina*, introducidas en la mezcla de semillas, no se encuentran a los dos años de su aplicación, sí aparece *Festuca arundinacea* que, sin embargo, no se recoge en la lista proporcionada por Biovert. Esta especie necesariamente ha tenido que ser introducida en la mezcla

de semillas, pues no es autóctona y únicamente se ha encontrado en el área de estudio cuando se aplica hidrosiembra. En cuanto a las especies del género *Lupinus*, si bien en la lista aportada por Biovert se especifica la especie concreta, en nuestros muestreos no han sido diferenciadas, y se hace referencia en conjunto a todas las especies de ese género.

### 3.- LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

Debido al hecho de que eran pocos los lugares en los que se había aplicado la técnica de hidrosiembra en Mina Fe, se optó por seleccionarlos todos. Además, cuando ha sido posible se han seleccionado otros puntos con las mismas características que éstos, pero en los que no se hubiera aplicado la técnica de hidrosiembra, para poder hacer comparaciones entre ambas situaciones.

En la tabla 46 aparecen recogidos, a modo de resumen, todos los puntos de muestreo seleccionados, con indicación del lugar en el que han sido tomados. La información relativa a pendiente, dimensiones, etc. ya ha sido expuesta en el apartado “Selección de los puntos de muestreo”.

**Tabla 46.** Puntos de muestreo seleccionados.

EDAD HIDRO	EDAD CLAUSURA	ARCOSAS NORTE		ARCOSAS SUR		RIPADO NORTE	
		HIDRO	NO HIDRO	HIDRO	NO HIDRO	HIDRO	NO HIDRO
2	3	BFC	BFC	BFC	BFC		
3	4	BFC	BFC	BFC	BFC		
4	5	BFC	BFC	BFC	BFC		
5	5			Fe-3-1			
6	6			Fe-3-1			
7	7			Fe-3-1		Fe-3-1	
8	8					Fe-3-1	Fe-3-1
9	9					Fe-3-1	Fe-3-1

HIDRO = hidrosiembra.

A continuación aparece recogida la nomenclatura utilizada para referirnos a las diferentes combinaciones de año de muestreo (1 = 1994, 2 = 1995 y 3 = 1996), sustrato (A = arcosas y R = ripado), orientación (N-S), tratamiento (aplicación de hidrosiembra [H], no aplicación de hidrosiembra [N]) y edad (tiempo transcurrido tras la clausura):

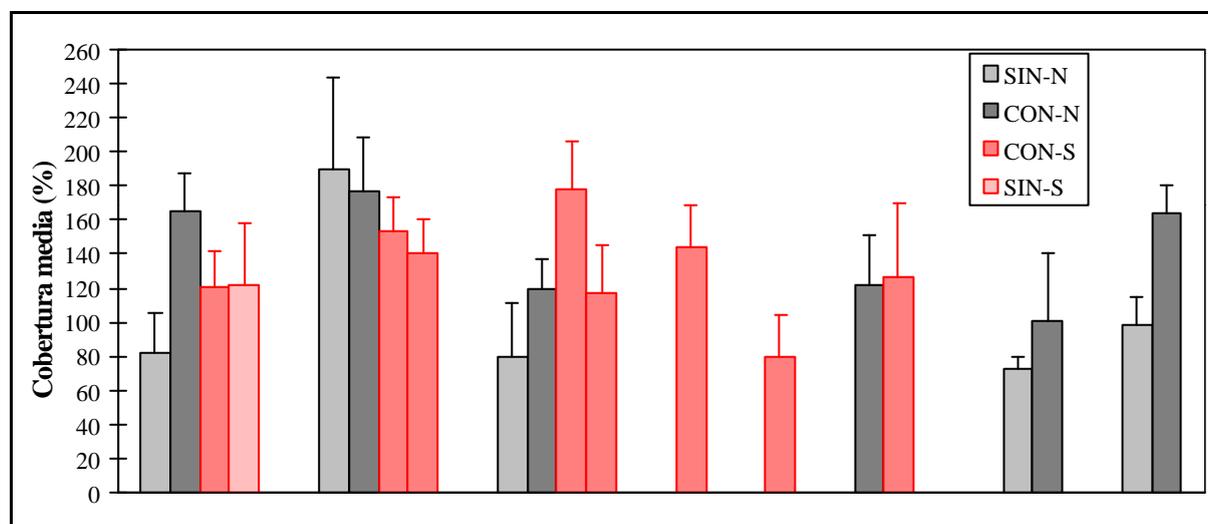
	<b>Año muestreo</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Orientación</b>	<b>Hidrosiembra</b>	<b>Edad</b>	<b>Identificación</b>	
<b>BFC</b>	1	<b>ARCOSAS</b>	<b>NORTE</b>	<b>SI</b>	3	<b>1ANH3</b>	
	2				4	<b>2ANH4</b>	
	3				5	<b>3ANH5</b>	
	1		<b>SUR</b>		3	<b>1ASH3</b>	
	2				4	<b>2ASH4</b>	
	3				5	<b>3ASH5</b>	
	1		<b>NORTE</b>	<b>NO</b>	3	<b>1ANN3</b>	
	2				4	<b>2ANN4</b>	
	3				5	<b>3ANN5</b>	
	1				<b>SUR</b>	3	<b>1ASN3</b>
	2					4	<b>2ASN4</b>
	3					5	<b>3ASN5</b>
<b>FE-3-1</b>	1	<b>SUR</b>	<b>SI</b>	5	<b>1ASH5</b>		
	2			6	<b>2ASH6</b>		
	3			7	<b>3ASH7</b>		
	1	<b>RIPADO</b>	<b>NORTE</b>	<b>SI</b>	7	<b>1RNH7</b>	
	2				8	<b>2RNH8</b>	
	3			<b>NO</b>	9	<b>3RNH9</b>	
	2				8	<b>2RNN8</b>	
3	9	<b>3RNN9</b>					

## 4.- RESULTADOS.

### 4.1.- COBERTURA TOTAL.

#### 4.1.1.- Cobertura de herbáceas.

En la figura 90 se han representado los valores medios de cobertura e intervalos de confianza obtenidos, para cada una de las edades y orientaciones, con y sin hidrosiembra. De los 2 a los 4 años tras la aplicación de hidrosiembra (datos correspondientes a la BFC) se dispone de datos de cobertura para ambas orientaciones y tratamientos. Esto permite analizar conjuntamente la influencia de los tres factores de estudio (tratamiento, edad y orientación), mediante un ANOVA de tres vías, y comprobar si las diferencias encontradas son estadísticamente significativas (Tabla 47). Por otro lado, se ha realizado un ANOVA de dos vías (tratamiento y edad), para comparar los valores de cobertura con y sin hidrosiembra de las edades más viejas disponibles (8 y 9 años), para la orientación norte. No se han considerado las de orientación sur al no disponer de réplicas no hidrosembradas. Los resultados se recogen en la tabla 48.



CL.	3	4	5	5	6	7	8	9
H.	2	3	4	5	6	7	8	9
A. M.	1°	2°	3°	1°	2°	1°-3°	2°	3°

**Figura 90.** Valores medios de cobertura e intervalo de confianza, para las distintas combinaciones de orientación (norte-sur), aplicación o no de hidrosiembra y edad (CL. = años transcurridos desde la clausura; H. = años transcurridos desde la aplicación de la hidrosiembra y A. M. = año de muestreo).

**Tabla 47.** Resultados del Análisis de la Varianza de tres factores (A- tratamiento, B- edad y C- orientación), correspondiente a la cobertura media de las zonas de la BFC.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	2	18900,51	10,46	0,000**
B	1	22387,04	12,39	0,001**
C	1	253,50	0,14	0,709
AxB	2	5752,01	3,18	0,046*
AxC	2	14463,09	8,00	0,001**
BxC	1	950,04	0,53	0,470
AxBxC	2	7683,01	4,25	0,017*
Error	84	1806,91		

$F_{11, 84 (0,05)} = 1,92$

$F_{11, 84 (0,01)} = 2,51$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

### Comparación entre las muestras

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
<b>EDAD</b>			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
<u>Norte</u>		<u>Norte</u>	
NH3-NH4	1,000	NN3-NN4	0,000**
NH3-NH5	0,600	NN3-NN5	1,000
NH4-NH5	0,239	NN4-NN5	0,000**
<u>Sur</u>		<u>Sur</u>	
SH3-SH4	0,932	SN3-SN4	0,999
SH3-SH5	0,242	SN3-SN5	1,000
SH4-SH5	0,989	SN4-SN5	0,994
<b>CON-SIN HIDROSIEMBRA</b>			
<u>Norte</u>		<u>Sur</u>	
NH3-NN3	0,010*	SH3-SN3	1,000
NH4-NN4	1,000	SH4-SN4	1,000
NH5-NN5	0,774	SH5-SN5	0,167
<b>NORTE-SUR</b>			
<u>Con Hidrosiembra</u>		<u>Sin Hidrosiembra</u>	
NH3-SH3	0,645	NN3-SN3	0,763
NH4-SH4	0,992	NN4-SN4	0,485
NH5-SH5	0,212	NN5-SN5	0,835

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

**Tabla 48.** Resultados del Análisis de la Varianza de dos factores (A- tratamiento y B- edad), correspondiente a la cobertura media de las zonas más viejas disponibles de orientación norte.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	253,50	15,42	0,001**
B	1	18900,51	14,04	0,001**
AxB	1	14463,09	2,34	0,137
Error	28	1806,91		

$$F_{3, 28 (0,05)} = 2,95$$

$$F_{3, 28 (0,01)} = 4,57$$

$F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

### Comparación entre las muestras

<u>EDAD</u>	<u>p-valor</u>	<u>CON-SIN HIDROSIEMBRA</u>	<u>p-valor</u>
NH8-NH9	0,005**	NH8-NN8	0,346
NN8-NN9	0,413	NH9-NN9	0,003**

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

Analizando los datos correspondientes a la BFC (de 2 a 4 años tras la aplicación de la hidrosiembra), se observa (Figura 90) que la cobertura media de la zona no hidrosembra experimenta un incremento el segundo año de muestreo, en ambas orientaciones, aunque sólo en la orientación norte se han encontrado diferencias altamente significativas entre el segundo año y los otros dos (Tabla 47). Los valores medios de cobertura son, en general, más altos en la orientación sur que en la norte, aunque no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas con la orientación. No obstante, el valor medio de cobertura más alto se detecta en el talud de orientación norte en el segundo año de muestreo, acompañado también de la mayor variabilidad ( $IC = \bar{x}_0 \pm 54,06$ ).

La cobertura media (BFC) de la zona hidrosembra (Figura 90) también experimenta un incremento el segundo año de muestreo, en ambas orientaciones desciende el tercer año en la orientación norte y sigue aumentando en la sur. Los valores medios de cobertura son, en general,

más altos en la orientación norte que en la sur, excepto el tercer año. Ninguna de estas diferencias tiene significación estadística.

De acuerdo con estos resultados, parece que la hidrosiembra reduce las diferencias de cobertura interanuales, respecto a la situación sin hidrosiembra, por lo menos entre los 2 y 4 años tras la aplicación (BFC). Además, la hidrosiembra reduce las diferencias de cobertura entre orientaciones.

Si se comparan ambos tratamientos (aplicación o no de hidrosiembra), dentro de la orientación norte (BFC) se observa (Figura 90) que la cobertura media es mayor con hidrosiembra que sin hidrosiembra (primer y tercer año) o por lo menos similar (segundo año), aunque sólo se han encontrado diferencias estadísticamente significativas el primer año de muestreo. Esto sugiere, que la aplicación de la hidrosiembra tiene un efecto positivo (aumento de cobertura) en la orientación norte, pero ese efecto parece disminuir relativamente pronto; a los 3 años de su aplicación ya no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Dentro de la orientación sur (Figura 90; color rojo) también parece que la aplicación de hidrosiembra tiene un efecto positivo sobre el incremento de la cobertura media de herbáceas, sobre todo el tercer año de muestreo, aunque en este caso no se hayan encontrado diferencias estadísticamente significativas para ninguno de ellos. El efecto inicial de la hidrosiembra es, por tanto, menos claro en la orientación sur que en la norte.

Para ver la tendencia con los años es interesante estudiar lo que pasa a los 8 y 9 años (edades más avanzadas de las que se dispone de datos con y sin hidrosiembra para la orientación norte). En este caso, también la cobertura media es mayor con hidrosiembra que sin ella, y se encuentran (Figura 90 y Tabla 48) diferencias estadísticamente significativas a los 9 años de su aplicación, por lo que el efecto positivo de la hidrosiembra parece durar más tiempo de lo que en un principio se había supuesto. Ahora bien, es importante destacar que los 8 y 9 años corresponden a un talud distinto a los 2-4 años, y el sustrato es diferente (ripado). En general, la cobertura sobre ripado es menor que sobre arcosas (apartado 8, capítulo III de resultados), porque tal vez el efecto positivo de la hidrosiembra puede dejarse notar durante más tiempo sobre el sustrato más pobre (ripado).

En la orientación sur la ausencia de significación estadística parece deberse a que sin hidrosiembra los valores medios de cobertura sobre arcosas son mayores en la orientación sur que en la norte, de forma que la aplicación de ésta no tiene un efecto tan marcado en la orientación sur. En esta orientación, la mayor diferencia de cobertura con-sin hidrosiembra, se obtiene el tercer año (acompañado de mayor variabilidad); no obstante, no puede interpretarse como que es entonces cuando la hidrosiembra comienza a tener mayor influencia en esta orientación, pues a los 5, 6 y 7 años tras su aplicación (datos correspondientes a Fe-3-1) no mantienen una tendencia ascendente con el tiempo, sino que fluctúan, en torno a los valores encontrados el primer y segundo año de muestreo en la BFC, posiblemente debido a cambios en las condiciones meteorológicas.

Por tanto, teniendo en cuenta que en ausencia de hidrosiembra la cobertura media es mayor, en general, en la orientación sur, mientras que con hidrosiembra la cobertura media es, en general, mayor en la norte, parece que para los años de estudio (BFC) la cobertura media se ha visto más favorecida por la hidrosiembra en la orientación norte.

Resumiendo, se puede afirmar que:

- 1- Las diferencias con-sin hidrosiembra son mayores en la orientación norte que en la sur (sólo significación estadística el primer año norte), lo que sugiere que para los años de estudio (BFC) la cobertura de herbáceas se ha visto más favorecida por la hidrosiembra en la orientación norte. No obstante, pasados los dos años tras su aplicación la hidrosiembra va perdiendo su efecto, por lo menos sobre arcosas. Sobre ripado (sustrato inicialmente más pobre), posiblemente el efecto positivo de la hidrosiembra dure más tiempo.
- 2- En la orientación norte, para las edades iniciales (2-4 años tras la hidrosiembra), las fluctuaciones interanuales en los valores de cobertura de herbáceas, que se detectan con significación estadística en ausencia de hidrosiembra, se reducen notablemente al aplicar ésta.

- 3- En la orientación sur, para las edades iniciales, tanto sin hidrosiembra como con ella, las fluctuaciones interanuales son menores que en la orientación norte (no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas).
  
- 4- Si bien en la BFC no se han encontrado diferencias de cobertura con la orientación estadísticamente significativas en ausencia de hidrosiembra (mayor cobertura en la orientación sur que en la norte), la aplicación de ésta lejos de incrementarlas tiende a reducirlas con el paso del tiempo (ver 7 años), al tener un efecto mayor en la orientación norte que en la sur.

#### **4.1.2.- Cobertura de las especies de matorral.**

En la BFC, junto a las especies herbáceas se han encontrado también en los inventarios dos especies leñosas autóctonas: *Cytisus multiflorus* y *Lavandula stoechas*. De ellas la primera reviste especial interés porque ocupa mayores superficies y por el mayor tamaño de las plantas. Por ello, en el caso de *Cytisus multiflorus* se ha estimado de forma visual el porcentaje de cobertura en las distintas zonas, independientemente de que haya podido también quedar recogido en los inventarios (Tabla 49).

Se observa un claro predominio de *Cytisus multiflorus* en las zonas hidrosebradas respecto a las no hidrosebradas, en las que no se ha estimado visualmente el porcentaje de cobertura de esta especie, por no haberse detectado a simple vista una importancia mayor que la de cualquier otra especie herbácea presente.

En las zonas hidrosebradas se observa, además, diferencia entre los valores de cobertura de *Cytisus multiflorus* encontrados en la orientación norte y en la sur. Estos valores son mayores en la orientación norte. En ambas orientaciones, parece haber un aumento progresivo de cobertura de esta especie, de los 3 a los 5 años tras la clausura de la BFC.

*C. multiflorus* es una especie autóctona, no introducida con la hidrosiembra, que está presente tanto si se aplica ésta como si no, aunque en el primer caso alcance mayor cobertura. El hecho de que se haya visto favorecida por este tratamiento puede deberse al aporte de fertilizantes, agua, microorganismos del suelo, etc., que acompañan a la hidrosiembra.

A su vez, dentro de las zonas hidrosembradas, las diferencias en la cobertura de *C. multiflorus* con la orientación pueden deberse a que la escoba blanca está asociada al roble más que a la encina, y en zonas de ecotono, está presente en lugares con mayor humedad y menor evapotranspiración, como sucede en la orientación norte (Gómez Gutiérrez *et al.*, 1991). También puede influir la diferente distancia a plantas próximas de esta especie, que están más cerca de la BFC en la orientación norte que en la sur.

La importancia de la proximidad de plantas con semillas, en la colonización de escombreras de minas, se ha puesto de manifiesto en otros trabajos (Leisman, 1957; Harrington, 1982; Titlyanova y Mironycheva-Tokavera, 1990).

**Tabla 49.** Valores de cobertura de *Cytisus multiflorus* en las distintas zonas, estimados a partir de los inventarios y visualmente.

	Zonas	(%) Cober media respecto cober total real	(%) Cober media respecto cober total 100%	(%) Cobertura visual
BFC	1ANH3	4,5	2,7	50
	2ANH4	6,5	3,7	60
	3ANH5	3,1	2,6	70
	1ASH3	P	P	15
	2ASH4	3,5	2,3	20
	3ASH5	3,1	1,8	25
	1ANN3	0,4	0,5	P
	2ANN4	1,9	1,0	P
	3ANN5	1,8	2,2	P
	1ASN3	P	P	P
	2ASN4	P	P	P
	3ASN5	4,3	3,6	P
Fe-3-1	1ASH5	2,5	1,7	15
	2ASH6	3,5	4,4	25
	3ASH7	3,1	2,5	35
	1RNH7	P	P	5
	2RNH8	P	P	10
	3RNH9	0,25	0,15	20
	2RNN8	P	P	P
	3RNN9	P	P	P

P = presente.

Por otro lado, las plantas de *C. multiflorus* producen gran número de semillas (Pérez Fernández, 1992), que son dispersadas mediante dehiscencia explosiva (hasta 4 m) y por hormigas, lo que permite a una sola planta sembrar una amplia área alrededor (Moreno *et al.*, 1992). Esta especie se regenera también vegetativamente mediante la emisión de raíces laterales, mecanismo que favorece la colonización de nuevas áreas (Fernández Santos *et al.*, 1991 y 1995), como también se ha puesto de manifiesto para algunas especies herbáceas, como es el caso de *Poa pratensis* (Nyahoza *et al.*, 1973), y que da lugar a un complejo entramado subterráneo de gran interés para la sujeción del suelo (Fernández Santos, 1991). Además, al ser leguminosa contribuye al enriquecimiento del suelo en nitrógeno (Grande Martín, 1997).

Respecto a *Lavandula stoechas* se puede decir que en la BFC, sin alcanzar coberturas especialmente importantes, se hace notar fundamentalmente en la orientación sur, sin que se observen diferencias en función del tratamiento (aplicación o no de hidrosiembra).

A partir de los 5 años tras la aplicación de la hidrosiembra y sobre un sustrato de arcosas con orientación sur (1ASH5, 2ASH6 y 3ASH7, de Fe-3-1), también está presente *C. multiflorus*. En este caso su valor de cobertura no es mucho mayor al detectado en la orientación sur hidrosembada de la BFC, aunque su distribución es más irregular, localizándose fundamentalmente en la parte inferior del talud (al pie del cual existe una cuña de dehesa de encina con matorral de escoba blanca muy denso y encinas de porte arbustivo) y en el borde superior (junto a una berma tapizada de escoba blanca). Otro aspecto a destacar en esta zona, es la presencia de pequeños pies de *Quercus ilex*, localizados fundamentalmente en la parte inferior del talud.

En general, en la zona sobre ripado (1RNH7, 2RNH8, 3RNH9, 2RNN8 y 3RNN9, de Fe-3-1) la escoba blanca ocupa menores superficies que sobre arcosas, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, lo que parece indicar que existe una diferencia debida al sustrato. Aunque para ambos sustratos el análisis de suelos muestra una textura franco-arcillo-arenosa (página 41), las arcosas tienen una estructura de tipo granular y consistencia suelta que permite una mayor aireación del suelo, mientras que el ripado tiene una consistencia más dura compactada. La escoba blanca prefiere suelos bien aireados (Gómez Gutiérrez *et al.*, 1991).

Si comparamos ahora los porcentajes de cobertura de *C. multiflorus* encontrados sobre ripado hidrosechado (orientación norte), con los que se dan en la BFC (zona norte hidrosagrada), se observa que son mayores sobre arcosas que sobre ripado. A pesar de haber transcurrido sobre ripado más años desde que se aplicó la hidrosiembra, las propias características del sustrato, probablemente han hecho que el crecimiento y la expansión de esta especie se hayan visto sensiblemente limitados.

A su vez, dentro de ripado, la cobertura de escoba blanca es mayor si se aplica hidrosiembra debido, probablemente, a los aportes (no semillas) que introduce esta práctica. Aunque *C. multiflorus* aparezca asociado a suelos pobres (Martínez Roperó, 1988; Gómez Gutiérrez *et al.*, 1991), su expansión posiblemente esté ligada a la disponibilidad de nutrientes, que le permitan una mayor inversión en reproducción.

En las edades más avanzadas disponibles sobre ripado (7 años), tanto con hidrosiembra como si no, aparecen aparte de *C. multiflorus* y *Lavandula stoechas*, otras especies leñosas autóctonas como *Cistus salvifolius* y *Retama* sp., junto a plantas de *Spartium junceum* (alóctona); las especies de *Retama* y *Spartium junceum* fueron introducidas por hidrosiembra y plantación respectivamente. Estas leñosas aparecen tanto en las zonas hidrosagradas como no, sin que se aprecie diferencia de cobertura entre tratamientos.

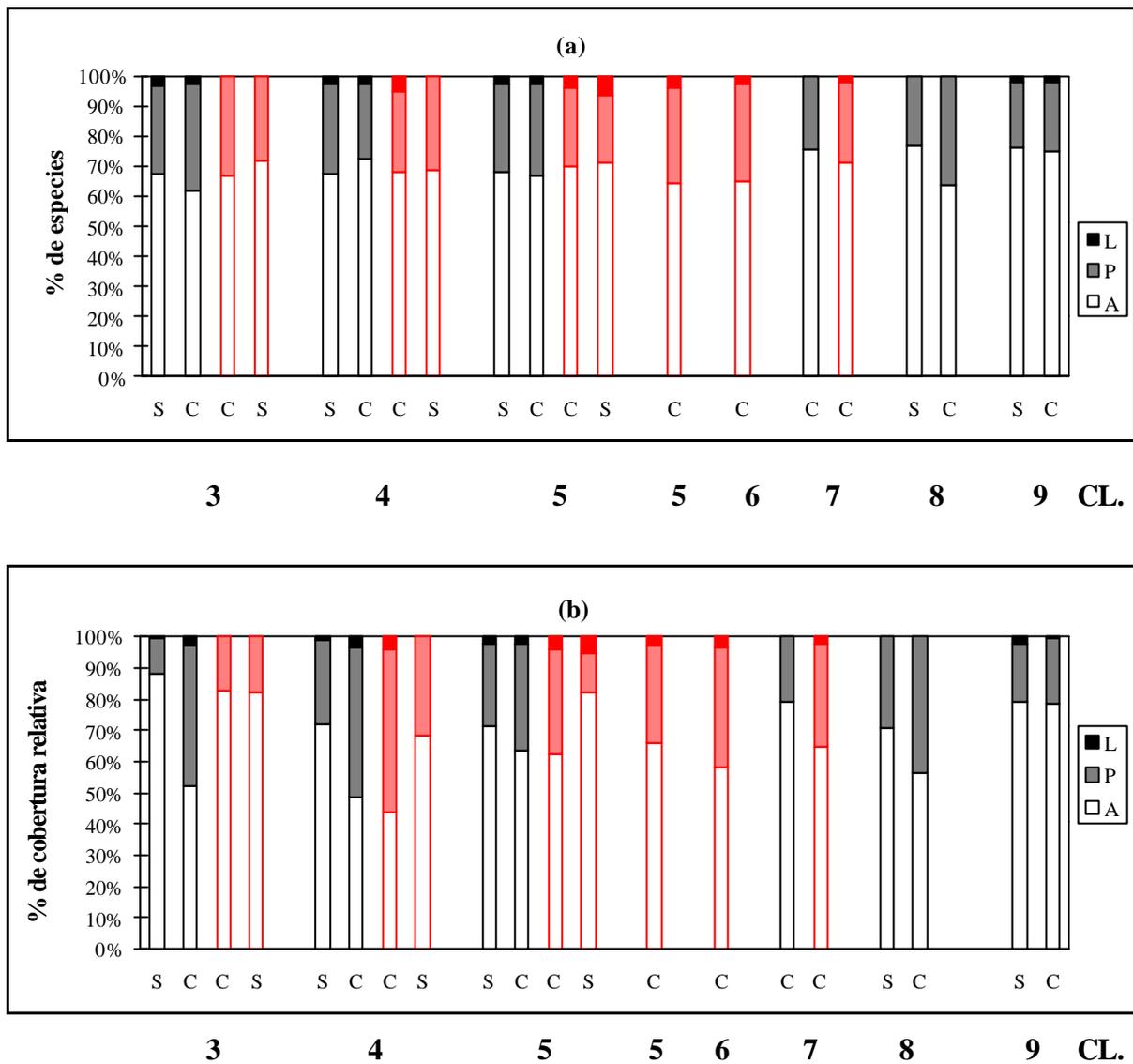
#### **4.2.- ANUALES / PERENNES.**

Si se establece la proporción de anuales y perennes (leñosas y herbáceas perennes), en cuanto a número de especies, se observa un claro predominio de las anuales, que representan aproximadamente entre el 62 y el 77% del total (Figura 91.a). Para la misma edad, no se aprecian apenas diferencias según el tratamiento y la orientación. De unos años a otros, tampoco se aprecian cambios en las proporciones. No se observa una tendencia descendente con el paso del tiempo del porcentaje de anuales; el intervalo de edad considerado es relativamente corto y, además, el predominio de las anuales es una característica del área de estudio, incluso en las edades más avanzadas de la sucesión disponibles,

Ahora bien, si se considera el porcentaje de cobertura relativa de anuales y perennes, se pone de manifiesto la diferencia entre zonas con y sin hidrosiembra (Figura 91.b). Las zonas con

hidrosiembra presentan, en general, menor proporción de cobertura de anuales y mayor proporción de cobertura de perennes (a excepción de 1ASH3) que las no hidrosebradas, observándose fluctuaciones según el año de muestreo. Con el paso del tiempo, teniendo en cuenta lo que se observa a los 9 años, parece que en la orientación norte con hidrosiembra la cobertura de perennes va disminuyendo; es decir, las diferencias iniciales se van diluyendo a medida que pasa el tiempo. A los siete años de edad, sin embargo, la zona hidrosebrada sur tiene mayor cobertura de perennes que la hidrosebrada norte, pero posiblemente sea debido a la diferencia de sustrato (arcosas en el sur y ripado en el norte) y a la diferente velocidad en el proceso sucesional según sustratos.

La base de la mezcla de semillas de la hidrosiembra la constituyen en su mayoría perennes enraizantes, pero como veremos más adelante no son las alóctonas las que prosperan, sino las autóctonas introducidas o no.

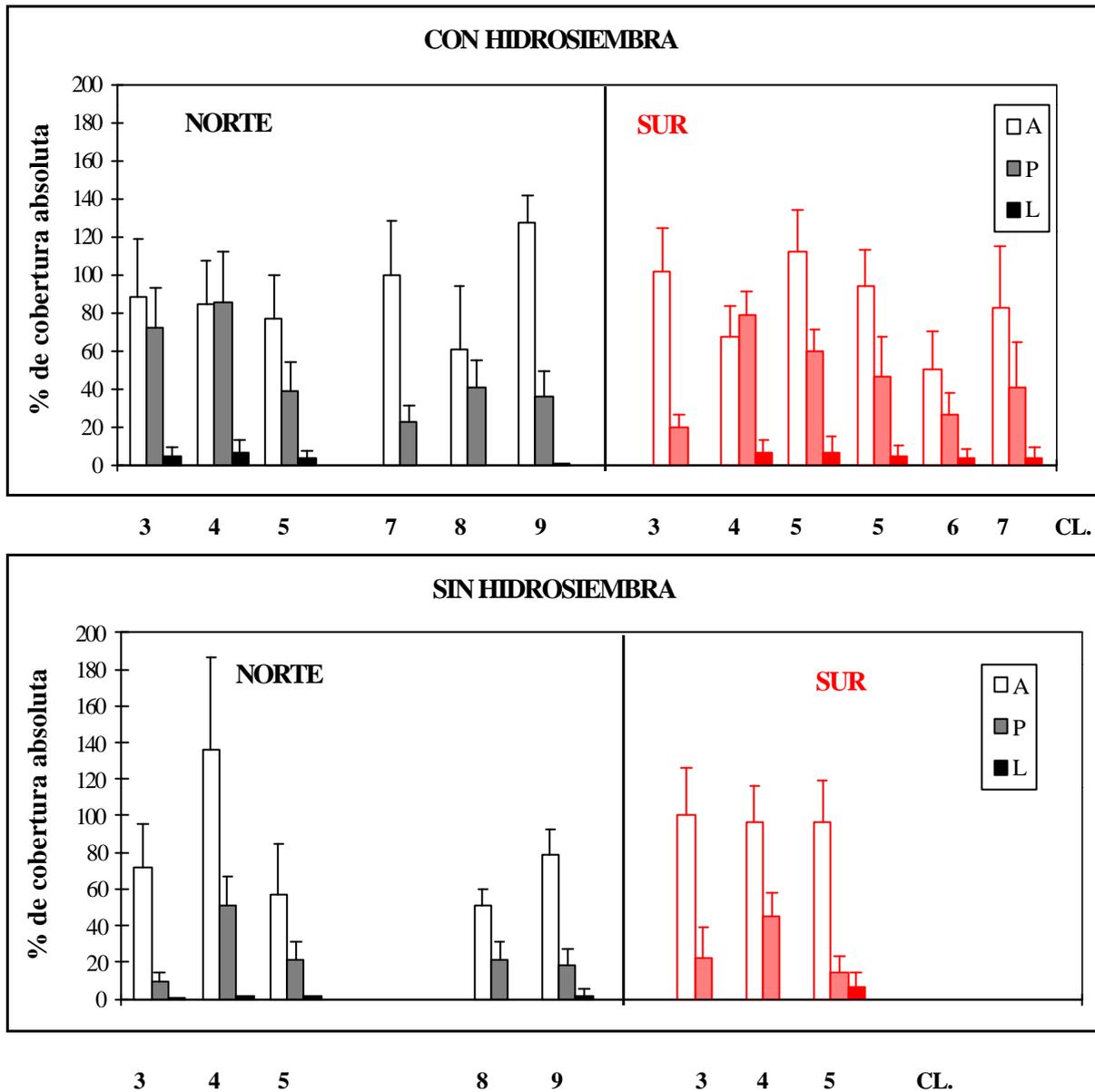


**Figura 91.** Proporción de anuales (A), herbáceas perennes (P) y leñosas (L). (Las zonas de orientación sur aparecen en color rojo; “S” = sin hidrosiembra, “C” = con hidrosiembra y CL. = edad clausura).

a- En función del número de especies.

b- En función del porcentaje de cobertura relativa.

Si nos fijamos en los porcentajes de cobertura absoluta de anuales y perennes (Figura 91.c), quizás se entiendan mejor los cambios que experimentan y su contribución a la cobertura total de las distintas zonas.



**Figura 91.** Proporción de anuales (A), herbáceas perennes (P) y leñosas (L). (Las zonas de orientación sur aparecen en color rojo; CL. = edad clausura).

c- En función del porcentaje de cobertura absoluta.

Del análisis conjunto de los datos de la BFC (de 3 a 5 años tras la clausura), se observan valores de cobertura de perennes mayores con hidrosiembra que sin ella, en ambas orientaciones, habiéndose encontrado estadísticamente significativas esas diferencias a los 3 y 4 años en la orientación norte, y a los 4 y 5 en la sur (Tabla 50). Respecto a las anuales, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en su porcentaje de cobertura con-sin hidrosiembra para ninguna orientación (Tabla 51).

**Tabla 50.** Resultados del ANOVA de tres factores (A- tratamiento, B- edad y C- orientación), correspondiente a la cobertura de perennes de las zonas de la BFC.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	28808,01	59,67	0,000**
B	2	12608,14	26,12	0,000**
C	1	981,76	2,03	0,158
AxB	2	168,14	0,35	0,707
AxC	1	1100,26	2,28	0,135
BxC	2	2221,14	4,60	0,013*
AxBxC	2	4892,51	10,13	0,000**
Error	84	482,79		

$F_{11, 84 (0,05)} = 1,92$

$F_{11, 84 (0,01)} = 2,51$   $F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

**Comparación entre las muestras**

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
<b>EDAD</b>			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
<u>Norte</u>		<u>Norte</u>	
NH3-NH4	0,951	NN3-NN4	0,008**
NH3-NH5	0,098	NN3-NN5	1,998
NH4-NH5	0,001**	NN4-NN5	0,215
<u>Sur</u>		<u>Sur</u>	
SH3-SH4	0,000**	SN3-SN4	0,660
SH3-SH5	0,003**	SN3-SN5	1,000
SH4-SH5	0,821	SN4-SN5	0,589
<b>CON-SIN HIDROSIEMBRA</b>			
<u>Norte</u>		<u>Sur</u>	
NH3-NN3	0,000**	SH3-SN3	1,000
NH4-NN4	0,031*	SH4-SN4	0,016*
NH5-NN5	0,844	SH5-SN5	0,005**
<b>NORTE-SUR</b>			
<u>Con hidrosiembra</u>		<u>Sin Hidrosiembra</u>	
NH3-SH3	0,000**	NN3-SN3	0,994
NH4-SH4	1,000	NN4-SN4	1,000
NH5-SH5	0,573	NN5-SN5	1,000

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

**Tabla 51.** Resultados del ANOVA de tres factores (A- tratamiento, B- edad y C- orientación), correspondiente a la cobertura de anuales de las zonas de la BFC.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	404,26	0,27	0,608
B	2	884,34	0,58	0,562
C	1	2233,01	1,46	0,230
AxB	2	7846,14	5,14	0,008**
AxC	1	5,51	0,004	0,952
BxC	2	9410,76	6,17	0,003**
AxBxC	2	752,51	0,49	0,612
Error	84	1525,76		

$F_{11, 84 (0,05)} = 1,92$

$F_{11, 84 (0,01)} = 2,51$   $F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

**Comparación entre las muestras**

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
<b>EDAD</b>			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
<u>Norte</u>		<u>Norte</u>	
NH3-NH4	1,000	NN3-NN4	0,061
NH3-NH5	1,000	NN3-NN5	1,000
NH4-NH5	1,000	NN4-NN5	0,006**
<u>Sur</u>		<u>Sur</u>	
SH3-SH4	0,844	SN3-SN4	1,000
SH3-SH5	1,000	SN3-SN5	1,000
SH4-SH5	0,487	SN4-SN5	1,000
<b>CON-SIN HIDROSIEMBRA</b>			
<u>Norte</u>		<u>Sur</u>	
NH3-NN3	0,999	SH3-SN3	1,000
NH4-NN4	0,287	SH4-SN4	0,946
NH5-NN5	0,996	SH5-SN5	0,998
<b>NORTE-SUR</b>			
<u>Con Hidrosiembra</u>		<u>Sin Hidrosiembra</u>	
NH3-SH3	1,000	NN3-SN3	0,953
NH4-SH4	0,999	NN4-SN4	0,660
NH5-SH5	0,818	NN5-SN5	0,677

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

Estos resultados indican que los mayores valores de cobertura media detectados, en general, en las zonas hidrosembradas respecto a las no hidrosembradas se deben fundamentalmente, en ambas orientaciones, al incremento de la cobertura de las especies perennes, aunque conviene recordar que sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la cobertura media de herbáceas con-sin hidrosiembra, el tercer año tras la clausura (primer año de muestreo) en la orientación norte (Figura 90).

En cuanto a las fluctuaciones interanuales, la cobertura de anuales varía poco de unos años a otros, no habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas excepto entre el cuarto y quinto año tras la clausura en la orientación norte no hidrosembrada (Tabla 51). La cobertura de perennes sí varía más de unos años a otros, sobre todo cuando se aplica hidrosiembra y en la orientación sur (Tabla 50). Con esta información se puede saber ahora que las fluctuaciones interanuales del porcentaje de cobertura media en la zona no hidrosembrada norte se deben fundamentalmente a variaciones de la cobertura de anuales, mientras que en la zona hidrosembrada sur se deben fundamentalmente a variaciones de la cobertura de perennes; en las zonas no hidrosembrada sur e hidrosembrada norte apenas hay fluctuaciones de cobertura con los años.

Analizando los porcentajes de cobertura de anuales y perennes de las zonas más viejas disponibles (sobre ripado norte), y comparando con-sin hidrosiembra (Tabla 52), se observa que, aunque las medias de perennes siguen siendo mayores con hidrosiembra, ya no se encuentran diferencias estadísticamente significativas, lo que corrobora la suposición hecha anteriormente de que con el paso del tiempo se diluye el efecto de la hidrosiembra sobre el incremento de la cobertura de perennes. Por su parte, en edades avanzadas de orientación norte, las anuales incrementan su porcentaje de cobertura, tanto en las zonas hidrosembradas como no hidrosembradas (se han encontrado diferencias estadísticamente significativas a los 9 años), posiblemente debido a que el año en que se tomaron esas muestras (tercer año de muestreo) fue bueno para la proliferación de pterófitos.

A estas edades, también se han reducido las variaciones interanuales en el valor de cobertura de perennes, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, mientras que el porcentaje de cobertura de anuales varía bastante entre los 8 y 9 años, con significación estadística entre las zonas hidrosembradas. Además, en todos los casos la cobertura de anuales es mayor que la de perennes,

habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas, tanto con hidrosiembra como sin ella, a los 9 años de edad.

En la secuencia sur hidrosembra (considerando todas las edades disponibles) se aprecia una pérdida de importancia de perennes (cobertura absoluta) a lo largo del tiempo, aunque no tan clara como en la serie norte hidrosembra, posiblemente debido a que corresponde a un intervalo de tiempo más corto. Esto indica una vez más que el efecto positivo de la hidrosiembra sobre la cobertura total se reduce a medida que transcurre el tiempo desde su aplicación, y se debe fundamentalmente a la disminución de la diferencia (hidrosiembra-no hidrosiembra) en la cobertura de perennes.

**Tabla 52.** Resultados del ANOVA de tres factores (A- Anuales/Perennes, B- tratamiento y C- edad), correspondiente a las zonas sobre ripado norte de Fe-3-1.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	39800,25	69,44	0,000**
B	1	8649,00	15,09	0,000**
C	1	7876,56	13,74	0,000**
AxB	1	552,25	0,96	0,331
AxC	1	9751,56	17,01	0,000**
BxC	1	1314,06	2,29	0,136
AxBxC	1	1914,06	3,34	0,073
Error	56	573,18		

$$F_{7, 56 (0,05)} = 2,17$$

$$F_{7, 56 (0,01)} = 2,95 \quad F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow \text{rechazo } H_0 \Rightarrow \text{Hay diferencias significativas.}$$

**Comparación entre las muestras**

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
EDAD			
<u>ANUALES</u>		<u>PERENNES</u>	
ANH8-ANH9	0,000**	PNH8-PNH9	1,000
ANN8-ANN9	0,342	PNN8-PNN9	1,000
CON-SIN HIDROSIEMBRA			
<u>ANUALES</u>		<u>PERENNES</u>	
ANH8-ANN8	0,994	PNH8-PNN8	0,744
ANH9-ANN9	0,003**	PNH9-PNN9	0,897
ANUALES-PERENNES			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
ANH8-PNH8	0,699	ANN8-PNN8	0,206
ANH9-PNH9	0,000**	ANN9-PNN9	0,000**

Test de Tuckey :(\*\*) p<0,01; (\*) p<0,05.

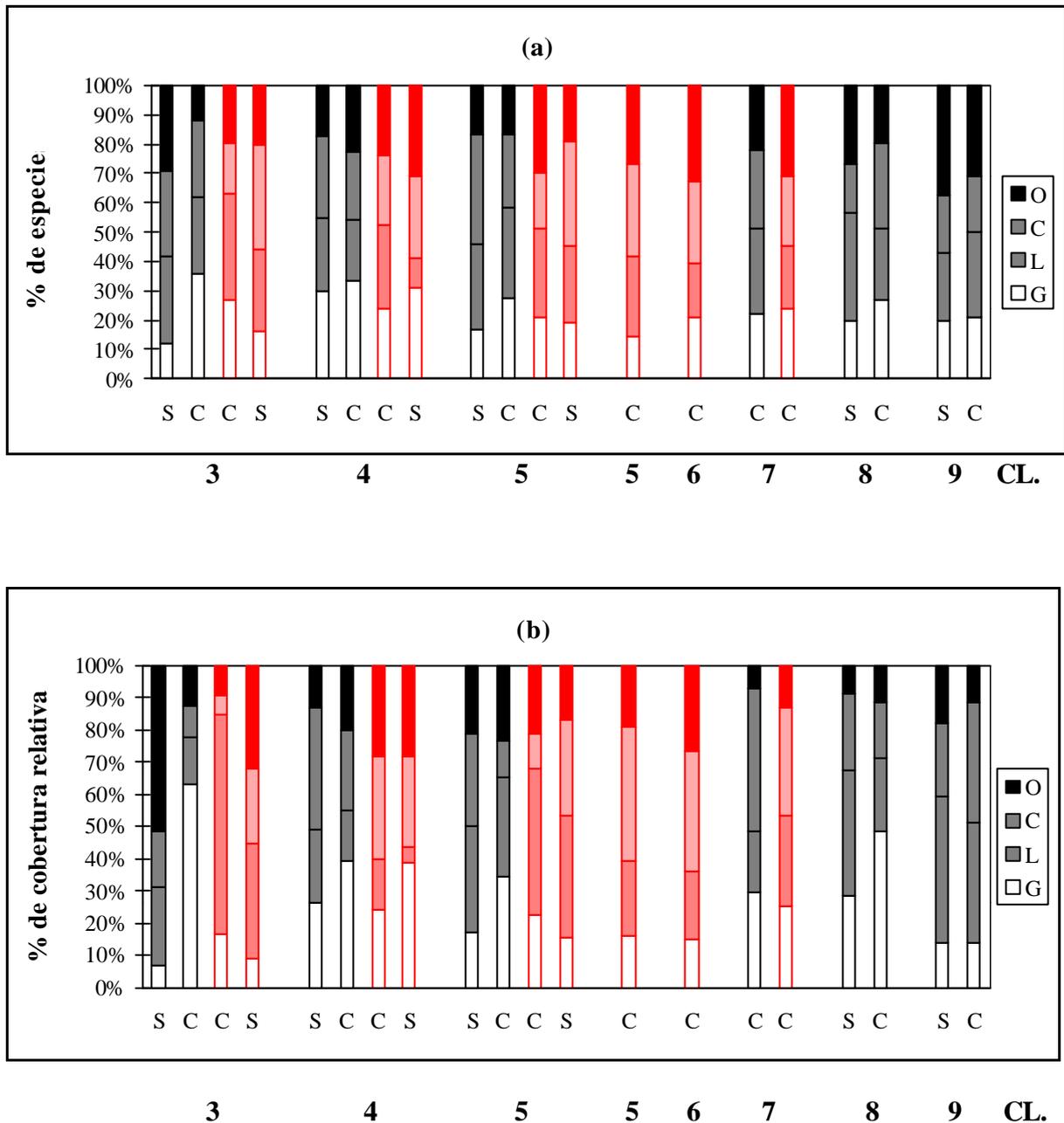
### 4.3.- GRUPOS TAXONÓMICOS.

En la figura 92.a se representan los valores del porcentaje de especies obtenidos, por grupos taxonómicos: *Gramineae*, *Leguminosae*, *Compositae* y “otras familias”, con objeto de ver si en las zonas hidrosebradas se aprecia un incremento de la proporción de especies leguminosas y gramíneas, ya que son estos grupos taxonómicos los mejor representados en la mezcla de semillas introducidas. La consideración también de compuestas y “otras familias” radica en la importancia que tienen estos grupos en la zona de estudio, tanto en la proporción de especies como en el porcentaje de cobertura.

Considerando los datos de la BFC (de 3 a 5 años de edad) se observa que gramíneas y leguminosas comprenden, en las zonas hidrosebradas, entre el 51 y el 64 % de las especies presentes, y en las zonas no hidrosebradas entre el 41 y el 55 %. Si bien no existe una gran diferencia (excepto a los 3 años de edad; primero de muestreo), en función de la aplicación o no de hidrosiembra, parece que estas familias están algo mejor representadas si se aplica ésta. Por separado, la proporción de gramíneas es mayor en las zonas hidrosebradas, sobre todo en la orientación norte, mientras que las leguminosas están más o menos igualmente representadas, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, en ambas orientaciones. En las zonas no hidrosebradas la proporción de leguminosas y gramíneas varía con las condiciones meteorológicas de los años de muestreo, aumentando las gramíneas, en ambas orientaciones, el segundo año (4 años de edad), mientras que las leguminosas disminuyen ese año (el segundo año de muestreo fue especialmente seco). A los 8-9 años de edad (orientación norte, ripado), casi no se aprecian diferencias con-sin hidrosiembra en la proporción de especies que representan en conjunto a ambas familias, y en las edades más viejas hidrosebradas sur, ambas familias aparecen representadas por menor proporción de especies (en torno al 40 %).

Otro aspecto que merece ser destacado es la importancia de las compuestas, representadas por el 17-37 % de las especies presentes, existiendo mayor diferencia entre la aplicación o no de hidrosiembra en la orientación sur que en la norte, y siendo, en general, más abundantes sin hidrosiembra, por lo menos de los 3 a los 5 años de edad; a los 8 y 9 años la proporción de compuestas se iguala o incluso es algo menor sin hidrosiembra que con ella.

En cuanto al grupo “otras”, aparece representado por el 12-37 % de las especies. Dentro de este grupo, las cariofiláceas, poligonáceas, plantagináceas y rosáceas son las familias mejor representadas.



**Figura 92.** Proporción de gramíneas (G), leguminosas (L), compuestas (C) y “otras” (O). (Las zonas de orientación sur aparecen en color rojo; “S” = sin hidrosiembra, “C” = con hidrosiembra y CL. = edad clausura).

a- En función del número de especies.

b- En función del porcentaje de cobertura relativa.

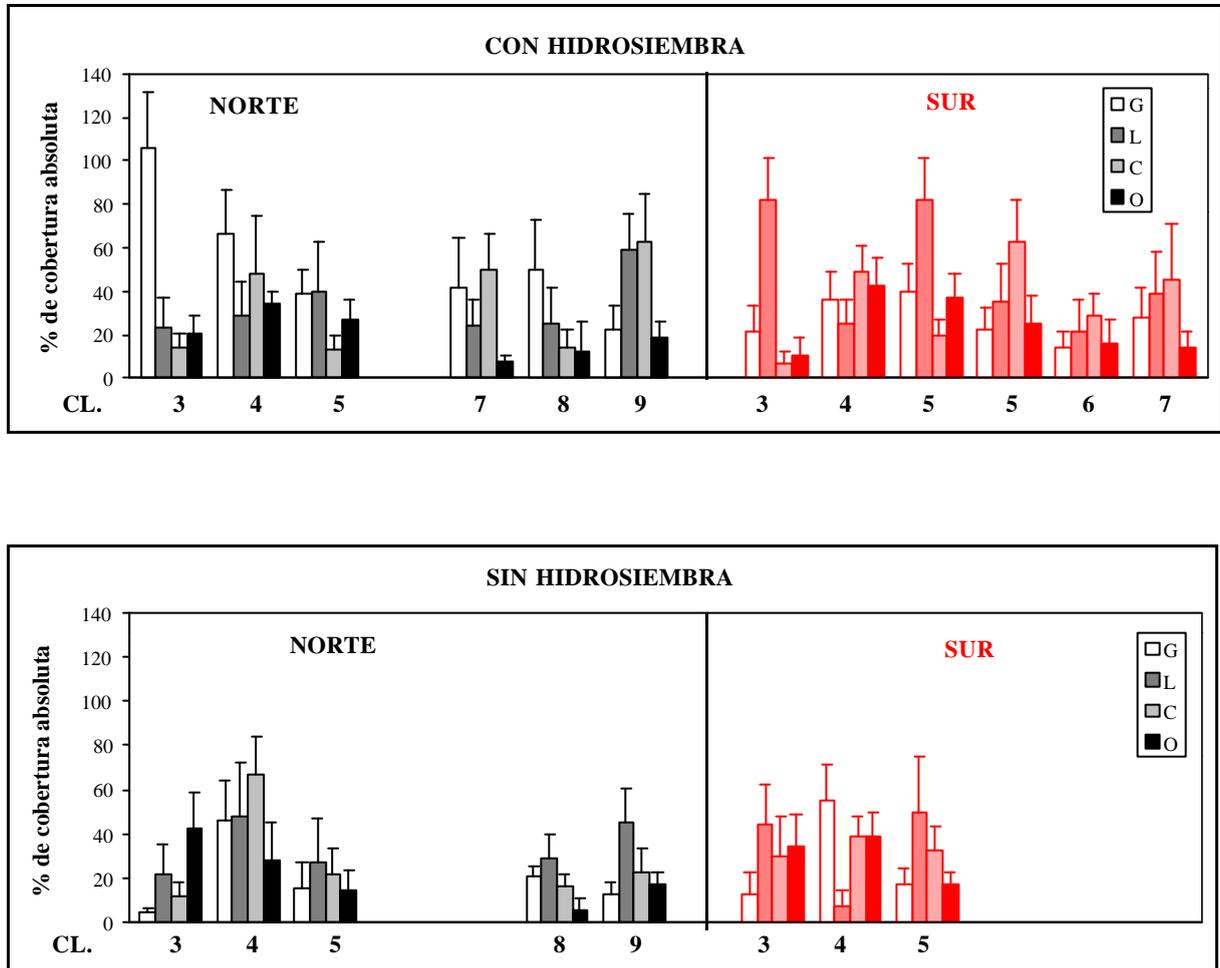
En la Figura 92.b aparecen recogidos los porcentajes de cobertura relativa de los distintos grupos taxonómicos establecidos. En este caso, se observa con mayor claridad el predominio, si se aplica hidrosiembra, del conjunto gramíneas y leguminosas respecto a los otros grupos taxonómicos, por lo menos de los 3 a los 5 años de edad (datos de la BFC), llegando incluso a constituir, a los 3 años de edad en las zonas hidrosembreadas norte y sur, el 79 % y el 85 % de la cobertura total, respectivamente. Por separado, la cobertura de gramíneas es mayor en las zonas hidrosembreadas norte y la de leguminosas en la orientación sur, sobre todo si se aplica hidrosiembra, viéndose fuertemente disminuido el porcentaje de cobertura de estas últimas en la zona sin hidrosiembra el segundo año de muestreo (4 años de edad), que fue especialmente seco. A los 9 años de edad (orientación norte, ripado), casi no se aprecian diferencias con-sin hidrosiembra en los porcentajes de cobertura que representan en conjunto ambas familias.

La cobertura relativa de compuestas es, en general, mayor sin hidrosiembra, excepto a los 8 y 9 años, cuando el porcentaje de cobertura de compuestas se iguala o incluso es algo menor sin hidrosiembra. El grupo “otras” aumenta, en ambas orientaciones, su porcentaje de cobertura de los 3 a los 5 años en las zonas hidrosembreadas, por el aumento de cobertura de especies de varias familias: cariofiláceas, poligonáceas, plantagináceas y rosáceas, fundamentalmente. En las zonas no hidrosembreadas, el porcentaje del grupo “otras” es importante, en ambas orientaciones, sobre todo el primer año de muestreo y fundamentalmente por la contribución de cariofiláceas; después disminuye.

En la figura 92.c se recogen los porcentajes de cobertura absoluta obtenidos para cada grupo taxonómico: G, L, C y O. Se observa, de forma bastante clara, el predominio de gramíneas en la zona norte hidrosembreada frente a la no hidrosembreada, aunque sólo a los tres años de edad la diferencia es estadísticamente significativa (Tablas 53 y 55). No obstante, a partir de los 3 años, en la zona hidrosembreada norte, el porcentaje de cobertura de gramíneas desciende con el paso del tiempo; se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los 3 y 4 años ( $p < 0,05$ ) y entre los 3 y 5 ( $p < 0,001$ ), pero no entre los 8 y 9 años (Tablas 53 y 55).

Por su parte, el porcentaje de cobertura de leguminosas aumenta ligeramente en la zona hidrosembreada norte, de los 3 a los 5 años, aunque no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (Tabla 54). Entre los 8 y 9 años, el incremento en el porcentaje de

cobertura de leguminosas es más marcado, habiéndose encontrado significación estadística (Tabla 55).



**Figura 92.** Proporción de gramíneas (G), leguminosas (L), compuestas (C) y “otras” (O). (Las zonas de orientación sur aparecen en color rojo; CL. = edad clausura).

c- En función del porcentaje de cobertura absoluta.

Debido al descenso de cobertura de gramíneas e incremento de leguminosas con el tiempo en la zona hidrosembrada norte, a los 5 años de edad, prácticamente se igualan sus porcentajes de cobertura, y a los 9 años la cobertura de leguminosas es significativamente mayor que la de gramíneas, al contrario de lo que sucedía a los 3 años.

No obstante, en ausencia de hidrosiembra, en la orientación norte, ambos grupos taxonómicos (sobre todo las gramíneas), están sujetos a mayores variaciones interanuales,

experimentando un importante incremento de cobertura a los 4 años (segundo año de muestreo), que es estadísticamente significativo en el caso de las gramíneas respecto al primer año, pero no para las leguminosas. En el caso de las leguminosas no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de cobertura con-sin hidrosiembra en la orientación norte.

En la zona hidrosembrada sur se observa el predominio de las leguminosas, por lo menos entre los 3 y 5 años de edad (datos de la BFC), aunque no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas respecto a la situación sin hidrosiembra (Tabla 54). Considerando los datos de orientación sur y aplicación de hidrosiembra de Fe-3-1 (de 5 a 7 años de edad), se observa como el predominio de las leguminosas respecto a las otras familias se va perdiendo con los años, igual que ocurría con las gramíneas en la orientación norte. Las leguminosas, en la orientación sur, experimentan un fuerte descenso de cobertura el segundo año de muestreo, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el segundo año y los otros dos, sólo si se aplica ésta. Por su parte las gramíneas, que parecen tener una ligera tendencia a incrementar su porcentaje de cobertura de los 3 a los 5 años, cuando se aplica hidrosiembra en la orientación sur (no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas con la edad), sin aplicación de ésta experimentan un incremento el segundo año estadísticamente significativo, coincidiendo con el descenso de leguminosas.

El segundo año de muestreo, considerado desde junio de 1994 a mayo de 1995, fue un año con una precipitación total de 230 mm (Tabla 7, página 76) y una distribución muy irregular de las precipitaciones, con lluvias otoñales escasas y tardías, un mes de noviembre no muy seco pero con heladas que continúan en diciembre y enero, y un amplio período de sequía, prácticamente desde marzo hasta los muestreos (Figura 8, página 75). Estas condiciones no favorecen a las leguminosas (Gómez Gutiérrez, 1992; Gómez Gutiérrez y Luis Calabuig, 1992; Puerto 1997a y b) y permite la expansión de las gramíneas cuyas semillas germinan con mayor facilidad en condiciones de déficit hídrico.

**Tabla 53.** Resultados del ANOVA de tres factores (A- tratamiento, B- edad y C- orientación), correspondiente a la cobertura de gramíneas de las zonas de la BFC.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	16328,17	37,54	0,000**
B	2	4232,26	9,73	0,000**
C	1	6016,67	13,83	0,000**
AxB	2	6059,14	13,93	0,000**
AxC	1	11704,17	26,91	0,000**
BxC	2	3259,89	7,50	0,001**
AxBxC	2	4314,39	9,92	0,000**
Error	84	434,94		

$F_{11, 84 (0,05)} = 1,92$

$F_{11, 84 (0,01)} = 2,51$   $F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

**Comparación entre las muestras**

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
<b>EDAD</b>			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
<u>Norte</u>		<u>Norte</u>	
NH3-NH4	0,011*	NN3-NN4	0,008**
NH3-NH5	0,000**	NN3-NN5	0,995
NH4-NH5	0,323	NN4-NN5	0,160
<u>Sur</u>		<u>Sur</u>	
SH3-SH4	0,965	SN3-SN4	0,006**
SH3-SH5	0,821	SN3-SN5	1,000
SH4-SH5	1,000	SN4-SN5	0,021*
<b>CON-SIN HIDROSIEMBRA</b>			
<u>Norte</u>		<u>Sur</u>	
NH3-NN3	0,000**	SH3-SN3	1,000
NH4-NN4	0,759	SH4-SN4	0,774
NH5-NN5	0,525	SH5-SN5	0,550
<b>NORTE-SUR</b>			
<u>Con Hidrosiembra</u>		<u>Sin hidrosiembra</u>	
NH3-SH3	0,000**	NN3-SN3	1,000
NH4-SH4	0,169	NN4-SN4	0,999
NH5-SH5	1,000	NN5-SN5	1,000

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

**Tabla 54.** Resultados del ANOVA de tres factores (A- tratamiento, B- edad y C- orientación), correspondiente a la cobertura de leguminosas de las zonas de la BFC.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	4523,76	6,67	0,012*
B	2	4133,79	6,09	0,003**
C	1	6650,01	9,81	0,002**
AxB	2	1242,04	1,83	0,167
AxC	1	5750,51	8,48	0,005**
BxC	2	9301,17	13,71	0,000**
AxBxC	2	210,17	0,31	0,734
Error	84	678,25		

$F_{11, 84 (0,05)} = 1,92$

$F_{11, 84 (0,01)} = 2,51$   $F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

**Comparación entre las muestras**

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
<b>EDAD</b>			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
<u>Norte</u>		<u>Norte</u>	
NH3-NH4	1,000	NN3-NN4	0,688
NH3-NH5	0,979	NN3-NN5	1,000
NH4-NH5	1,000	NN4-NN5	0,900
<u>Sur</u>		<u>Sur</u>	
SH3-SH4	0,002**	SN3-SN4	0,186
SH3-SH5	1,000	SN3-SN5	1,000
SH4-SH5	0,002**	SN4-SN5	0,065
<b>CON-SIN HIDROSIEMBRA</b>			
<u>Norte</u>		<u>Sur</u>	
NH3-NN3	1,000	SH3-SN3	0,160
NH4-NN4	0,945	SH4-SN4	0,964
NH5-NN5	0,998	SH5-SN5	0,387
<b>NORTE-SUR</b>			
<u>Con Hidrosiembra</u>		<u>Sin Hidrosiembra</u>	
NH3-SH3	0,001**	NN3-SN3	0,868
NH4-SH4	1,000	NN4-SN4	0,088
NH5-SH5	0,078	NN5-SN5	0,850

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

**Tabla 55.** Resultados del ANOVA de tres factores (A-Gramíneas/Leguminosas, B-tratamiento y C- edad), correspondiente a las zonas sobre ripado norte de Fe-3-1.

ANOVA				
Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Test F	p-valor
A	1	2902,52	7,30	0,009**
B	1	2340,14	5,88	0,019*
C	1	236,39	0,59	0,444
AxB	1	833,77	2,10	0,153
AxC	1	7503,89	18,86	0,000**
BxC	1	0,77	0,00	0,965
AxBxC	1	1323,14	3,33	0,074
Error	56	397,81		

$F_{7,56(0,05)} = 2,17$

$F_{7,56(0,01)} = 2,95$   $F_{exp} > F_{tabla} \Rightarrow$  rechazo  $H_0 \Rightarrow$  Hay diferencias significativas.

**Comparación entre las muestras**

<u>p-valor</u>		<u>p-valor</u>	
<b>EDAD</b>			
<u>GRAMÍNEAS</u>		<u>LEGUMINOSAS</u>	
GNH8-GNH9	0,138	LNH8-LNH9	0,023*
GNN8-GNN9	0,989	LNN8-LNN9	0,708
<b>CON-SIN HIDROSIEMBRA</b>			
<u>GRAMÍNEAS</u>		<u>LEGUMINOSAS</u>	
GNH8-GNN8	0,099	LNH8-LNN8	1,000
GNH9-GNN9	0,972	LNH9-LNN9	0,863
<b>GRAMÍNEAS-LEGUMINOSAS</b>			
<u>CON HIDROSIEMBRA</u>		<u>SIN HIDROSIEMBRA</u>	
GNH8-LNH8	0,236	GNN8-LNN8	0,992
GNH9-LNH9	0,011*	GNN9-LNN9	0,031*

Test de Tuckey :(\*\*)  $p < 0,01$ ; (\*)  $p < 0,05$ .

#### 4.4.- DIVERSIDAD Y SUS COMPONENTES.

Un total de 143 especies pertenecientes a 24 familias han sido encontradas en los inventarios a lo largo del estudio, de las cuales sólo 20 aparecen en todas las zonas:

<i>Cytisus multiflorus</i>	<i>Bromus tectorum</i>
<i>Leontodon taraxacoides</i>	<i>Hypochoeris radicata</i>
<i>Trifolium arvense</i>	<i>Tolpis barbata</i>
<i>Andryala integrifolia</i>	<i>Avena sterilis</i>
<i>Trifolium striatum</i>	<i>Crepis capillaris</i>
<i>Anthyllis lotooides</i>	<i>Ornithopus compressus</i>
<i>Trifolium glomeratum</i>	<i>Spergularia rubra</i>
<i>Rumex acetosella</i>	<i>Lolium perenne</i>
<i>Logfia gallica</i>	<i>Bromus rigidus</i>
<i>Anthemis arvensis</i>	<i>Vulpia ciliata,</i>

y de ellas sólo las 5 primeras aparecen, además, todos los años de muestreo. La única especie leñosa que aparece siempre es *Cytisus multiflorus*.

De las 19 especies introducidas con la hidrosiembra ([página 387](#)), pertenecientes fundamentalmente a las familias *Gramineae* y *Leguminosae* (sólo *Lavandula pedunculata* pertenece a otra familia: *Labiatae*), sólo 8 se han encontrado en los inventarios:

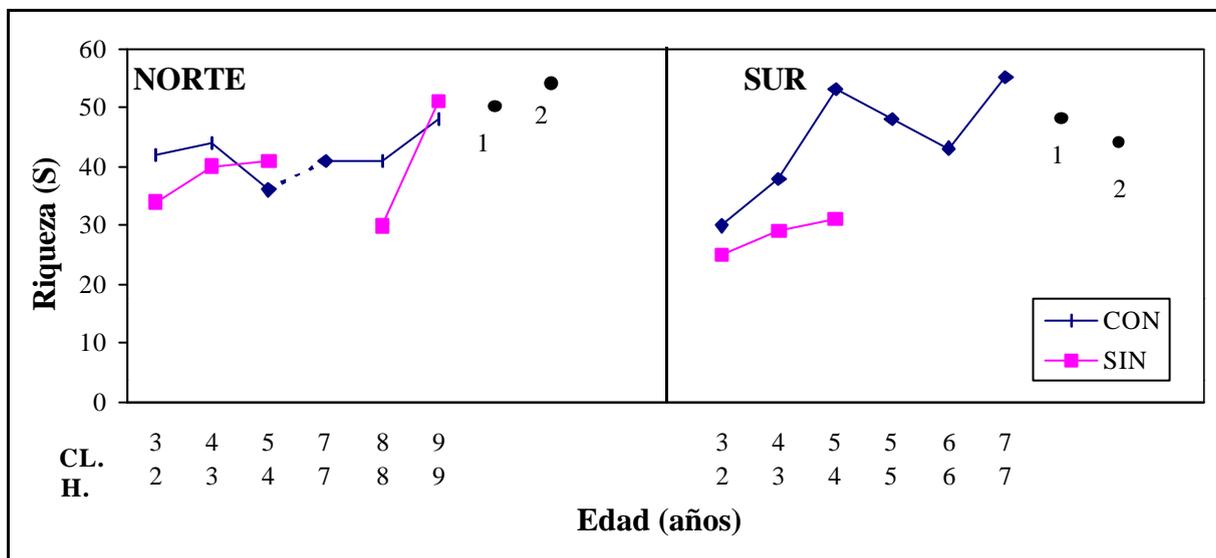
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Retama sp.</i>
<i>Lolium perenne</i>	<i>Lupinus sp.</i>
<i>Lolium rigidum</i>	<i>Festuca arundinacea</i>
<i>Trifolium repens</i>	<i>Medicago sativa,</i>

y de ellas las 5 primeras son también autóctonas. *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens* no se encuentran más allá de los 2-3 años tras la aplicación de la hidrosiembra y *Lupinus sp.* no

sobrepasa los 4 años tras su aplicación, mientras que *Retama* sp. se hace notar de los 7 años en adelante. *Lolium perenne*, *L. rigidum*, *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa* aparecen a lo largo de toda la secuencia temporal disponible, en ambas orientaciones (norte y sur) y sustratos (arcosas y ripado).

### Riqueza específica.

La riqueza específica oscila entre 25 y 55 especies por punto de muestreo, con un máximo (51-55) el tercer año de muestreo y un mínimo (25-30) el primer o segundo año (Figura 93).



**Figura 93.** Valores de riqueza específica (S) con y sin aplicación de hidrosiembra para ambas orientaciones (norte y sur). (1) Escombrera de Tierra Vegetal (ETV); (2) Dehesa de referencia (D). (CL. = años transcurridos desde la clausura; H. = años transcurridos desde la aplicación de la hidrosiembra).

En ambas orientaciones, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, se observa una tendencia a que el número de especies aumente con el paso del tiempo, aunque con descensos ocasionales. No obstante, parece que la riqueza específica es mayor, en general, si se aplica hidrosiembra, aunque a los 9 años el número de especies con y sin hidrosiembra es similar, en la orientación norte;

en la sur no disponemos de datos, pero teniendo en cuenta la tendencia de la “Serie B”, sobre arcosas sur (Figura 44, página 257), es probable que las diferencias con-sin hidrosiembra en la orientación sur también desaparezcan con los años. Por tanto, la hidrosiembra incrementa la riqueza en especies (por lo menos en los primeros años de la sucesión). Ahora bien, no tanto por la introducción de muchas especies alóctonas (prosperan muy pocas de las introducidas en la hidrosiembra) sino por la proliferación de especies autóctonas introducidas o no, debida, probablemente, a la mejora de las condiciones-recursos del sustrato (Nutrientes...) que implica la hidrosiembra.

En cuanto a las diferencias con la orientación, en edades tempranas de la sucesión (de 3 a 5 años) la riqueza es mayor en la orientación norte que en la sur, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, pero en edades más avanzadas, la riqueza es mayor en la orientación sur, por lo menos si se aplica hidrosiembra; no disponemos de datos de orientación sur para edades avanzadas sin hidrosiembra.

Haciendo la salvedad de la serie sur no hidrosemburada, que consta sólo de 3 a 5 años de edad, se observa que para las edades más avanzadas disponibles (9 en el norte y 7 en el sur) el número de especies encontrado, tanto si se aplica hidrosiembra como si no e independientemente de la orientación, es similar al encontrado en la escombrera de tierra vegetal (ETV) (14-16 años) y en la dehesa de referencia (D) (Tabla 56 y Figura 93).

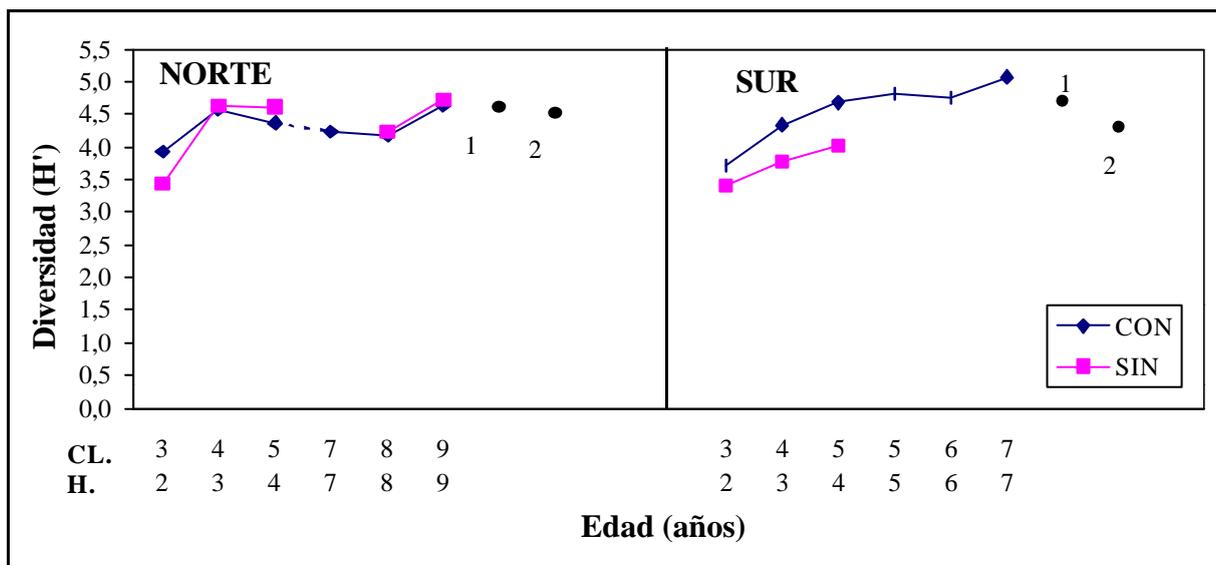
**Tabla 56.** Valores medios de riqueza, diversidad y equitabilidad para las orientaciones norte y sur de la escombrera de Tierra vegetal (ETV) y de la Dehesa de referencia (D), calculados con los datos disponibles de los diferentes años de muestreo.

	ETV		DEHESA	
	NORTE	SUR	NORTE	SUR
<b>Riqueza (S)</b>	50	48	54	44
<b>Diversidad (H')</b>	4,6	4,7	4,5	4,3
<b>Equitabilidad (E)</b>	0,82	0,84	0,79	0,79

### Diversidad

La diversidad ( $H'$ ) aumenta progresivamente en ambas orientaciones, tanto si se aplica hidrosiembra como si no (Figura 94), siendo los valores de  $H'$  correspondientes a las edades más avanzadas disponibles similares a los encontrados en ETV y algo superiores a los encontrados en D (Tabla 56). En la zona no hidrosemada sur, la diversidad es menor que en ETV y D pues corresponde a una edad todavía muy temprana de la sucesión.

Para comprobar si existen diferencias entre los valores de diversidad, en función de la aplicación o no de hidrosiembra, se ha utilizado como estadígrafo de contraste la  $t$  de Student (Tabla 57).



**Figura 94.** Valores de diversidad ( $H'$ ) con y sin aplicación de hidrosiembra para ambas orientaciones (norte y sur). (1) Escombrera de Tierra Vegetal (ETV); (2) Dehesa de referencia (D). (CL. = años transcurridos desde la clausura; H. = años transcurridos desde la aplicación de la hidrosiembra).

**Tabla 57.** Valores de la t de Student, grados de libertad y significación estadística para las distintas comparaciones por pares de los valores de diversidad.

		Comparaciones por pares	t <sub>exp</sub>	df	Significación
<b>CON-SIN HIDRO</b>	<b>Norte</b>	1ANH3-1ANN3	1,992	156	*
		2ANH4-2ANN4	0,448	631	N.S
		3ANH5-3ANN5	1,289	182	N.S
		2RNN8-2RNH8	0,284	173	N.S
		3RNN9-3RNH9	0,449	197	N.S
	<b>Sur</b>	1ASH3-1ASN3	1,621	242	N.S
		2ASH4-2ASN4	3,047	282	**
		3ASH5-3ASN5	3,709	278	***
	<b>NORTE-SUR</b>	<b>Con</b>	1ANH3-1ASH3	1,165	283
2ANH4-2ASH4			1,548	309	N.S
3ANH5-3ASH5			1,762	277	N.S
1RNH7-3ASH7			4,915	27	***
<b>Sin</b>		1ANN3-1ASN3	0,161	154	N.S
		2ANN4-2ASN4	5,165	250	***
		3ANN5-3ASN5	3,2217	177	**

(\*)  $t_{0,05 (n = \infty)} = 1,96$ , (\*\*)  $t_{0,01 (n = \infty)} = 2,576$  y (\*\*\*)  $t_{0,001 (n = \infty)} = 3,291$ .

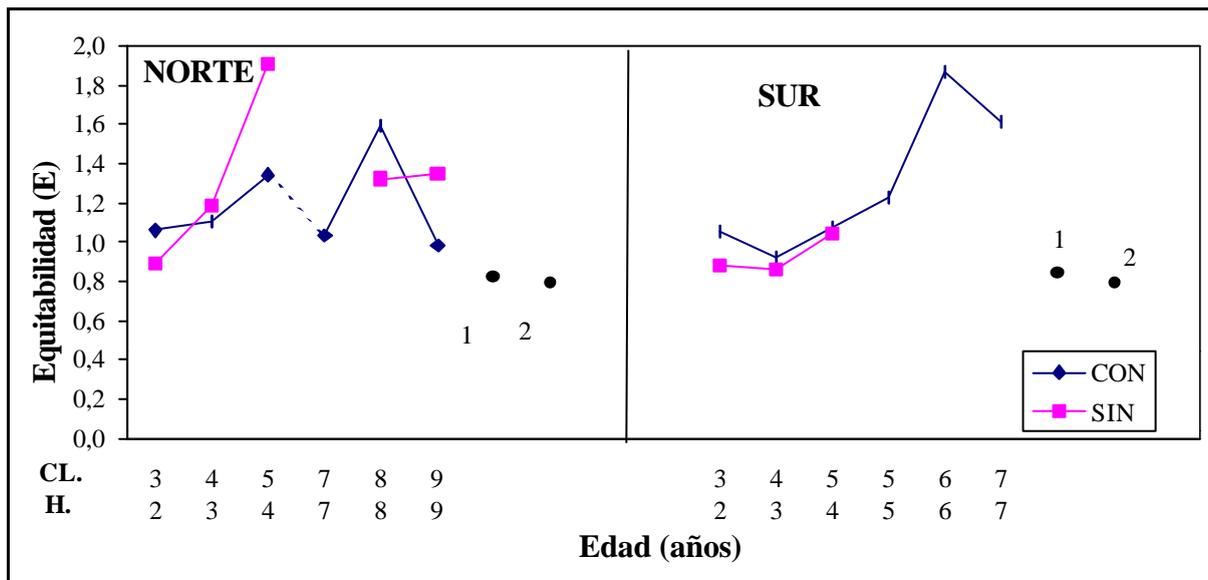
$t_{exp} > t_{teórico} \Rightarrow$  Rechazo  $H_0 \Rightarrow$  se han encontrado diferencias estadísticamente significativas.

En la orientación norte, a los 3 años de edad se detecta un menor valor de H' en ausencia de hidrosiembra (diferencia estadísticamente significativa,  $p < 0,05$ ), aunque a partir de esa edad los valores de diversidad son similares tanto si se aplica hidrosiembra como sino (no se encuentran diferencias estadísticamente significativas).

En la orientación sur, también a los 3 años de edad el valor de H' es menor si no se aplica hidrosiembra (no se encuentra que esa diferencia sea estadísticamente significativa), pero a diferencia de lo que ocurre en la orientación norte, en la sur la diversidad sigue siendo menor en ausencia de hidrosiembra, por lo menos hasta los 5 años de edad (se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la aplicación o no de hidrosiembra a los 4 y 5 años). Posiblemente, en edades más avanzadas de la sucesión los valores de diversidad encontrados en la orientación sur si se aplica hidrosiembra se aproximen a los detectados sin ella, tal y como sucede en la orientación norte. Esta suposición se hace sobre la base de los valores de H' encontrados en edades más avanzadas de la sucesión, en la "Serie B", arcasas sur (Figura 42.b, página 254).

Mientras que en ausencia de hidrosiembra existen diferencias significativas de H' con la orientación a los 4 y 5 años de edad, siendo H' mayor en la orientación norte, la aplicación de hidrosiembra reduce, en un principio, estas diferencias debidas a la orientación, aunque posteriormente vuelvan a ponerse de manifiesto (a los 7 años se vuelven a encontrar diferencias estadísticamente significativas con la orientación).

En la figura 95 se recogen los valores de uniformidad o equitabilidad para cada una de las muestras. En la orientación norte no se detecta una tendencia clara de los valores de equitabilidad con y sin hidrosiembra, aunque son, en general, más altos que los encontrados en ETV y D. En la orientación sur parece que la equitabilidad aumenta con los años, no observándose apenas diferencia entre tratamientos, excepto a los 3 años de edad; también son valores más altos que los encontrados en ETV y D.



**Figura 95.** Valores de equitabilidad (E) con y sin aplicación de hidrosiembra para ambas orientaciones (norte y sur). (1) Escombrera de Tierra Vegetal (ETV); (2) Dehesa de referencia (D). (CL. = años transcurridos desde la clausura; H. = años transcurridos desde la aplicación de la hidrosiembra).

#### 4.5.- DOMINANCIA.

Teniendo en cuenta que, en general, en todas las zonas es alto el número de especies necesarias para constituir el 70 % de la cobertura, no se puede decir que exista un efecto claro de dominancia, excepto a los 3 años, edad para la que el nº de especies dominantes oscila entre 5 y 8 (Tabla 58).

En ambas orientaciones, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, el número de especies dominantes se incrementa entre el tercer y cuarto año de edad, luego se estabiliza aunque con ligeras fluctuaciones. El índice de dominancia de Berger-Parker, alcanza valores muy bajos en todos los casos, como era de esperar teniendo en cuenta el alto número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura total. No obstante, se observa una tendencia a que el valor del índice de dominancia disminuya a medida que avanza la sucesión.

En conjunto, no parece que ni el número de especies que constituyen el 70 % de la cobertura ni el valor del índice de dominancia relativa tomen valores muy distintos según la orientación y la aplicación o no de hidrosiembra.

Las muestras con mayor dominancia (Tabla 58) presentan menor uniformidad (Figura 95), como es lógico ya que una mayor dominancia implica que las especies están menos equitativamente representadas. Las tendencias encontradas para dominancia y diversidad son inversas, como era de esperar, de forma que la disminución de la dominancia relativa a lo largo de la sucesión va asociada al incremento de la diversidad a lo largo de ésta, debido a su vez, tanto al incremento de la riqueza específica (Figura 93) como de la equitabilidad (Figura 95), aunque las tendencias encontradas para sus componentes por separado presenten más fluctuaciones.

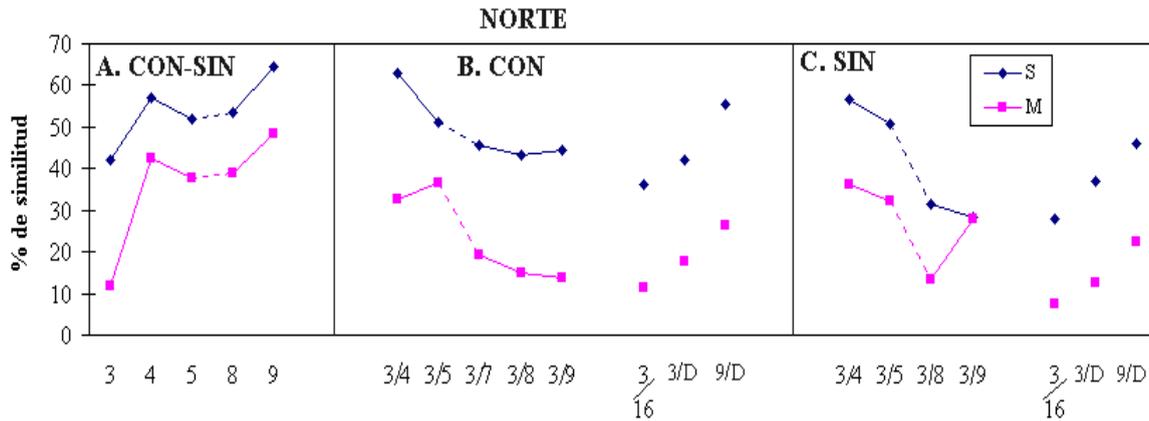
**Tabla 58.** Número de especies dominantes y valor del índice de dominancia (D) a lo largo de la sucesión, según la orientación (norte y sur) y el tratamientos (aplicación o no de hidrosiembra). Para la Escombrera de Tierra Vegetal (ETV) y la Dehesa de referencia se incluyen los valores medios correspondiente a los distintos años de muestreo.

		EDAD	Nº sp domin.	D		
<b>CON HIDRO</b>	<b>NORTE</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	0,28		
		<b>4</b>	12	0,12		
		<b>5</b>	10	0,16		
		<b>7</b>	9	0,19		
		<b>8</b>	10	0,22		
		<b>9</b>	12	0,10		
		<b>SUR</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	0,17	
	<b>4</b>		10	0,19		
	<b>5</b>		13	0,13		
	<b>5</b>		14	0,11		
	<b>6</b>		14	0,09		
	<b>7</b>		18	0,08		
	<b>SIN HIDRO</b>		<b>NORTE</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	0,25
		<b>4</b>		13	0,14	
<b>5</b>		12		0,12		
<b>8</b>		10		0,14		
<b>9</b>		14		0,16		
<b>SUR</b>		<b>3</b>	<b>5</b>	0,25		
		<b>4</b>	8	0,26		
		<b>5</b>	8	0,16		
		<b>ETV</b>	<b>NORTE</b>	<b>14-16</b>	12	0,10
		<b>SUR</b>		13	0,19	
<b>DEHESA</b>	<b>NORTE</b>	<b>20-22</b>	11	0,18		
	<b>SUR</b>		11	0,19		

#### 4.6.- PATRONES DE SIMILITUD.

A continuación se recogen los valores de similitud (cualitativa y cuantitativa) que se dan entre zonas con y sin hidrosiembra en la orientación norte (Figura 96), y en la sur (Figura 97), así como entre ambas orientaciones, tanto si se aplica hidrosiembra como si no (Figura 98). En las figura 96 y 97 se recogen, además, los valores de similitud entre el tercer año y los siguientes disponibles y también con la Escombrera de Tierra vegetal (ETV) y la Dehesa de referencia (D), así como la similitud entre el último año de cada secuencia de edad y D; aunque en ETV y D se muestreó varios años, en este caso se han utilizado solamente los datos correspondientes al tercer año de muestreo (1996), bien en la orientación norte bien en la sur, dependiendo de las comparaciones a realizar.

**En la orientación norte** (Figura 96A) la similitud florística cualitativa (S; en azul) entre zonas con-sin hidrosiembra es baja el tercer año (en torno al 40%) y aumenta mucho el cuarto, para descender suavemente el quinto, dentro de una tendencia creciente de similitud entre ambos tratamientos (aplicación o no de hidrosiembra). Los mayores valores de similitud se dan a los 4 y 9 años (57 y 64 % respectivamente) coincidiendo, en ambos casos, con el incremento de los valores de riqueza específica (que es máxima a los 9), y se deben, respectivamente, a la aparición el 4º año de 16 especies nuevas en la zona sin hidrosiembra y 14 nuevas en la zona con hidrosiembra, de las cuales 4 son comunes a ambos tratamientos (*Vulpia myurus*, *Bromus tectorum*, *Crepis vesicaria* y *Bromus mollis*), y de 9 especies nuevas comunes a ambos tratamientos a los 9 años (*Trifolium glomeratum*, *Trifolium campestre*, *Vulpia ciliata*, *Papaver rhoeas*, *Reseda luteola*, *Vulpia bromoides*, *Herniaria glabra*, *Bellardia trixago* y *Spergularia rubra*). El bajo valor de similitud encontrado el 3º año se debe probablemente a la influencia ejercida por la hidrosiembra, que puede estar condicionando cualitativamente la composición florística, aunque fundamentalmente a los 2 años de su aplicación (3 años de edad). Después, esta influencia se va perdiendo, como pone de manifiesto la tendencia ascendente de los valores de similitud, de forma que las composiciones florísticas con-sin hidrosiembra se van aproximando con el paso del tiempo.

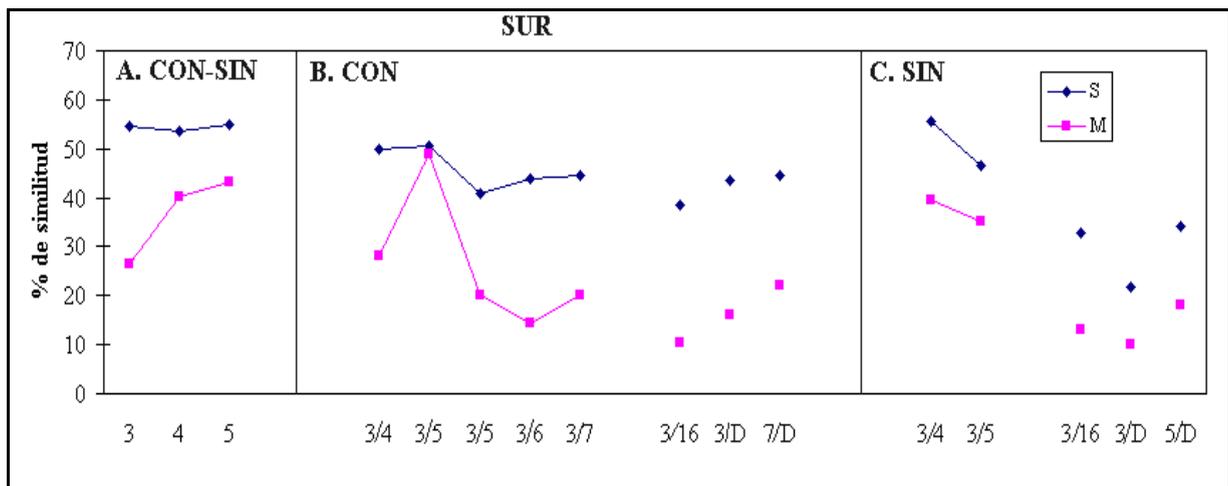


**Figura 96.** Patrones de similitud florística en la orientación norte, en base al índice cualitativo de Sorensen (S) y al semicuantitativo de Motyka (M). **A.** Similitud entre zonas con y sin hidrosiembra a los 3, 4, 5, 8 y 9 años de edad. **B.** Similitud, en caso de aplicar hidrosiembra, entre los años 3 y 4, 5, 7, 8, 9, 16 (ETV) y la dehesa de referencia (D), así como entre el 9º y D. **C.** Como en B pero sin aplicar hidrosiembra.

La mayor similitud florística entre el primer año de la serie y cada uno de los siguientes (Figura 96B y C) se da entre los años tercero y cuarto, tanto si se aplica hidrosiembra como si no. La similitud entre el tercer año y los siguientes va disminuyendo, siendo el descenso más regular cuando se aplica hidrosiembra, ya que sin ella la similitud experimenta un descenso brusco entre los años tercero y octavo. Cuando se aplica hidrosiembra el nivel de similitud entre los 3 y 9 años es del 44 %, mientras que sin ella es del 28 %. Entre los 3 y 16 años (ETV) el nivel de similitud es algo mayor con hidrosiembra que sin ella (en torno al 35 % y 30%, respectivamente). Entre los 3 años y la dehesa de referencia el nivel de similitud está en torno al 40 %, y existe un incremento del nivel de similitud muy marcado entre la dehesa y los estadíos más avanzados de las secuencias sucesionales disponibles (9/D).

El patrón de similitud cuantitativo (M; en fucsia) es prácticamente similar al de similitud cualitativa, como muestra la figura 96A-C, aunque los niveles de similitud son mucho menores debido, probablemente, a los cambios en el porcentaje de cobertura de las especies comunes más importantes. El incremento de la similitud entre la edad más avanzada de las secuencias (9 años) y la dehesa de referencia no es más marcado que en el caso de la similitud cualitativa, lo que refleja la ausencia de dominancia que se da a los 9 años de edad y que tampoco existe en la dehesa próxima. Así pues, en nuestro estudio el patrón seguido por ambos índices de similitud es prácticamente idéntico, aunque con valores inferiores para el cuantitativo.

En la orientación sur (Figura 97A) la similitud florística cualitativa (S; en azul) entre zonas con y sin hidrosiembra apenas fluctúa (en torno al 55 % todos los años), a diferencia de lo que sucedía en la orientación norte. Los pocos años disponibles para poder comparar con-sin hidrosiembra en esta orientación, impide saber si la similitud aumentaría a medida que avanza la sucesión (como sucedía en la orientación norte), es decir, a medida que se fuera perdiendo la influencia de la hidrosiembra sobre la composición florística, o bien si es que ya a los 3 años de edad se ha perdido dicha influencia y por eso el nivel de similitud entre la aplicación o no de hidrosiembra se mantiene. No obstante, teniendo en cuenta que los niveles de similitud alcanzados en la orientación sur son, en general, más altos que en la norte para los años comunes (de 3 a 5 años), probablemente la segunda hipótesis sea la más acertada. Además, el incremento de la similitud cuantitativa (M; en fucsia) es más gradual en la orientación sur y se parte de un valor de similitud considerablemente mayor respecto a la orientación norte.



**Figura 97.** Patrones de similitud florística en la orientación SUR, en base al índice cualitativo de Sorensen (S) y al semicuantitativo de Motyka (M). **A.** Similitud entre zonas con y sin hidrosiembra a los 3, 4 y 5 años de edad. **B.** Similitud, en caso de aplicar hidrosiembra, entre los años 3 y 4, 5, 5, 6, 7, 16 (ETV) y la dehesa de referencia (D), así como entre el 7º y D. **C.** Similitud, en caso de no aplicar hidrosiembra, entre los años 3 y 4, 5, 16 (ETV) y la dehesa de referencia (D), así como entre el 5º y D.

La mayor similitud florística cualitativa (S; en azul) entre el primer año de la serie y cada uno de los siguientes (Figura 97B y C) se da entre el tercero y el cuarto, tanto si se aplica hidrosiembra

como si no. La similitud entre el 3<sup>er</sup> año y los siguientes decrece, siendo el descenso al principio más brusco sin hidrosiembra que con ella. Cuando se aplica hidrosiembra, el nivel de similitud entre los 3 y 7 años es de aproximadamente un 45%. Entre los 3 y 16 años (ETV), el nivel de similitud es ligeramente mayor con hidrosiembra que sin ella (en torno al 38% y 35%, respectivamente). La similitud entre la dehesa de referencia y el estadio de la sucesión más avanzado experimenta un incremento, respecto a la similitud entre el estadio inicial y D, muy suave cuando se aplica hidrosiembra (7/D) y más brusco sin ella (5/D).

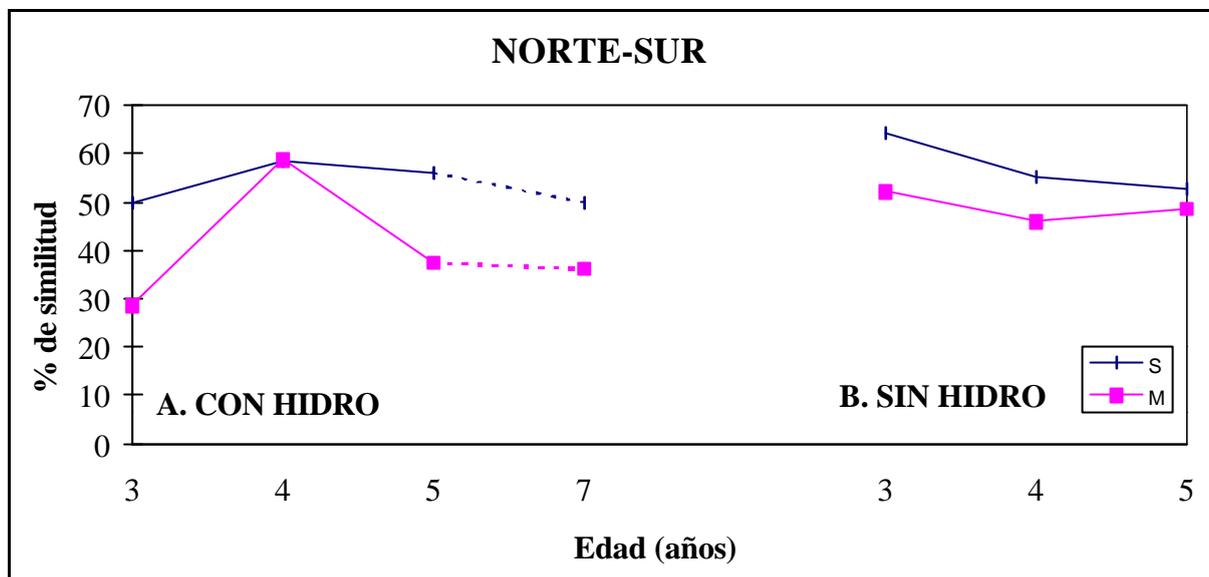
El patrón de similitud cuantitativa (M; en fucsia) es a grandes rasgos similar al de similitud cualitativa (Figura 97A-C), excepto el tercer año de edad, en el que se pone claramente de manifiesto que las diferencias con-sin hidrosiembra en la composición florística se deben fundamentalmente a diferencias cuantitativas; es decir, la hidrosiembra afecta a la cobertura de especies comunes a zonas con-sin hidrosiembra, por tanto autóctonas, pero prácticamente no introduce nuevas especies. Los niveles de similitud cuantitativa son, en general, más bajos, como también ocurría en la orientación norte. También en la orientación sur, el incremento de la similitud entre la edad más avanzada de las secuencias y la dehesa de referencia es similar con ambos índices (cualitativo y cuantitativo). No obstante, no se debe olvidar que sin hidrosiembra la edad más avanzada disponible son 5 años mientras que con hidrosiembra son 7.

**Entre ambas orientaciones** (Figura 98A y B) el nivel de similitud cualitativa (S; en azul) apenas fluctúa a lo largo de los años de estudio (de 3 a 5 años), tanto si se aplica hidrosiembra como si no, alcanzándose en ambos casos un nivel de similitud del 50 % a los 5 años.

El patrón de similitud cuantitativo (M; en fucsia) no difiere del cualitativo, salvo por el incremento que experimenta a los 4 si se aplica hidrosiembra; a esta edad se alcanzan valores similares de similitud cualitativa y cuantitativa. Además, los niveles de afinidad cuantitativa entre ambas orientaciones no son muy inferiores a los de similitud cualitativa, a diferencia de lo que ocurría al comparar los tratamientos.

Con ambos índices se observa que la similitud entre orientaciones es algo mayor sin hidrosiembra que con ella, sobre todo el tercer año de edad. Cuando se aplica hidrosiembra, las diferencias de composición florística que se dan ese tercer año entre ambas orientaciones son

fundamentalmente de tipo cuantitativo, es decir, por diferencias en la cobertura de las especies comunes.



**Figura 98.** Patrones de similitud florística entre ambas orientaciones (norte-sur), en base al índice cualitativo de Sorensen (S) y al semicuantitativo de Motyka (M). **A.** Similitud, cuando se aplica hidrosiembra, entre zonas norte-sur a los 3, 4, 5 y 7 años de edad. **B.** Como A pero sin aplicar hidrosiembra.

En resumen puede decirse que la aplicación de hidrosiembra introduce diferencias, en ambas orientaciones, en la composición florística de una zona, respecto a la no aplicación de ésta, fundamentalmente en los primeros años de la sucesión; estas diferencias son principalmente de tipo cuantitativo. Posteriormente, las diferencias en la composición florística con-sin hidrosiembra se diluyen como indica el incremento del nivel de similitud entre ambos tratamientos, con el paso del tiempo.

Por otro lado, parece que las diferencias (cualitativas y cuantitativas), entre la composición específica de ambas orientaciones, que la hidrosiembra pueda introducir respecto a la situación sin hidrosiembra, se reducen muy pronto, pues sólo se aprecia a los 3 años de edad (2 años tras la aplicación de hidrosiembra). Para el resto de los años disponibles las diferencias son menores.

## **4.7.- HJ-BILOT.**

### **4.7.1.- HJ-Biplot Global.**

Los resultados obtenidos en el apartado anterior (“Patrones de Similitud”) ponen de manifiesto que la influencia de la hidrosiembra sobre la composición florística de una zona se va perdiendo con el paso del tiempo, y va aumentando el nivel de similitud entre los estadíos más avanzados de la sucesión con hidrosiembra y la dehesa de referencia. Es decir, se sigue la misma tendencia que en el caso de no aplicar hidrosiembra. No obstante, sería muy interesante conocer las especies asociadas a las distintas fases de la sucesión con hidrosiembra, ver cómo cambian con el paso del tiempo e identificar las especies diferentes respecto a la no aplicación de hidrosiembra, así como los distintos valores de importancia de las especies comunes.

Para ello se ha realizado un análisis HJ-Biplot utilizando los valores de cobertura media de las 107 especies que aparecen en más de una de las 20 zonas consideradas. El hecho de haber eliminado 36 especies de las 154 de partida responde a las propias características del método, sensible a las especies raras. No obstante, antes de eliminarlas se ha analizado para cada una de ellas su valor de importancia en la única zona en la que estaban presentes, y en todos los casos era despreciable su cobertura (valor menor del 0,1 %).

La matriz analizada, de 107 filas y 20 columnas ( $X_{107 \times 20}$ ), se recoge en el [anexo VI](#). La absorción de inercia del eje I es del 12,1 %, la del eje II del 10,4 % y la del eje III del 9 %. Un total del 31,5 % de inercia absorbida por los tres primeros ejes. Son necesarios nueve ejes para absorber el 70 % y diecinueve para absorber el 100 %.

En las tablas 59 y 60 se recogen las contribuciones del factor al elemento, correspondientes a los tres primeros ejes, para las columnas (zonas) y filas (especies), respectivamente.

La baja inercia absorbida por los tres primeros ejes dificulta la identificación de las zonas características de cada uno de ellos, pues hay algunas como 1ASH3, 2ANN4, 2RNN8, 3RNN9, 2ASH6 y 1RNH7, que no están bien representadas respecto a ninguno de los tres primeros ejes, aunque, en general, tengan más contribución del eje I. Sin embargo, sólo se trabajará con los tres primeros porque, debido a la multitud de factores que determinan la composición florística de una

zona, interesa destacar aquellos que más influyen y para ello el número de ejes elegidos es más que suficiente.

**Tabla 59.** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes zonas.

	Zona	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
BFC	1ANH3	156	41	30
	2ANH4	234	572,	0
	3ANH5	7	143	34
	1ASH3	34	33	0
	2ASH4	44	5	2584
	3ASH5	46	6	572
	1ANN3	50	247	101
	2ANN4	54	45	3
	3ANN5	24	149	98
	1ASN3	94	306	68,20
	2ASN4	145	52	9
	3ASN5	32	102	22
	Fe-3-1	1ASH5	235	45
2ASH6		94	6	49
3ASH7		128	110	0
1RNH7		99	11	0
2RNH8		172	14	62
3RNH9		277	1	246
2RNN8		36	5	35
3RNN9		86	7	5

**Tabla 60.** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes especies.

Nº	Especies	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
1	<i>Aegilops triuncialis</i>	84	1	20
2	<i>Agrostis castellana</i>	110	20	200
3	<i>Aira caryophylla</i>	46	2	5
4	<i>Alyssum granatense</i>	35	2	9
5	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	216	2	21
6	<i>Andryala integrifolia</i>	167	179	25
7	<i>Anthemis arvensis</i>	334	14	176
8	<i>Anthyllis cornicina</i>	468	16	1
9	<i>Anthyllis lotoides</i>	275	89	247
10	<i>Arrhenatherum elatius</i>	51	1	4
11	<i>Avena sterilis</i>	23	111	17
12	<i>Bellardia trixago</i>	115	486	4
13	<i>Biserrula pelecinus</i>	32	8	609
14	<i>Briza maxima</i>	126	440	17
15	<i>Bromus madritensis</i>	65	4	57
16	<i>Bromus mollis</i>	52	21	1
17	<i>Bromus rigidus</i>	68	281	123
18	<i>Bromus rubens</i>	41	25	24
19	<i>Bromus tectorum</i>	13	502	8
20	<i>Carduus carpetanus</i>	51	209	63
21	<i>Carduus tenuiflorus</i>	284	88	27
22	<i>Carlina corymbosa</i>	33	108	4

Nº	Especies	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
23	<i>Centaurea ornata</i>	73	62	0
24	<i>Centaurea paniculata</i>	62	5	17
25	<i>Centranthus calcitrapae</i>	103	20	1
26	<i>Convolvulus arvensis</i>	40	1	37
27	<i>Conyza</i>	29	47	10
28	<i>Coronilla repanda</i>	189	10	124
29	<i>Corrigiola litoralis</i>	89	76	22
30	<i>Crepis capillaris</i>	21	20	13
31	<i>Crepis vesicaria</i>	152	<b>512</b>	0
32	<i>Crucianella angustifolia</i>	3	<b>486</b>	36
33	<i>Cynodon dactylon</i>	112	4	70
34	<i>Cytisus multiflorus</i>	144	<b>441</b>	19
35	<i>Chamaemelum mixtum</i>	126	317	87
36	<i>Chamaemelum nobile</i>	87	13	15
37	<i>Chondrila juncea</i>	9	74	40
38	<i>Dactylis glomerata</i>	6	<b>237</b>	35
39	<i>Daucus carota</i>	109	10	56
40	<i>Echium plantagineum</i>	118	14	<b>601</b>
41	<i>Eryngium campestre</i>	12	1	<b>488</b>
42	<i>Eryngium tenue</i>	27	105	5
43	<i>Evax carpetana</i>	69	124	20
44	<i>Festuca arundinacea</i>	213	208	3
45	<i>Filago pyramidata</i>	116	<b>267</b>	138
46	<i>Galium aparine</i>	<b>213</b>	40	58
47	<i>Galium parisiense</i>	151	6	12
48	<i>Gaudinia fragilis</i>	0	42	<b>234</b>
49	<i>Herniaria glabra</i>	0	0	0
50	<i>Hirschfeldia incana</i>	0	0	188
51	<i>Holcus setiglumis</i>	190	227	93
52	<i>Hordeum murinum</i>	173	48	31
53	<i>Hypochoeris radicata</i>	263	258	26,10
54	<i>Jasione montana</i>	65	4	34
55	<i>Lactuca</i>	17	3	39
56	<i>Lathyrus angulatus</i>	1	<b>207</b>	22
57	<i>Lavandula stoechas</i>	56	9	<b>567</b>
58	<i>Leontodon taraxacoides</i>	<b>277</b>	62	72
59	<i>Linaria saxatile</i>	176	22	29
60	<i>Linaria spartea</i>	26	<b>465</b>	0
61	<i>Linum bienne</i>	143	5	58
62	<i>Logfia gallica</i>	162	24	<b>316</b>
63	<i>Logfia minima</i>	66	186	0
64	<i>Lolium perenne</i>	60	38	6
65	<i>Lolium rigidum</i>	253	6	14
66	<i>Lotus subbiflorus</i>	33	118	27
67	<i>Lupinus</i> sp.	26	9	0
68	<i>Medicago sativa</i>	186	84	33
69	<i>Misopates orontium</i>	128	15	42
70	<i>Ornithopus compressus</i>	26	33	6
71	<i>Ornithopus perpusillus</i>	119	9	38
72	<i>Papaver hybridum</i>	<b>250</b>	8	169
73	<i>Papaver rhoeas</i>	196	0	213
74	<i>Petrorrhagia nanteuilli</i>	<b>353</b>	8	1
75	<i>Plantago coronopus</i>	182	128	39
76	<i>Plantago lagopus</i>	1	58	13

Nº	Especies	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E
77	<i>Plantago lanceolata</i>	17	4	100
78	<i>Poa bulbosa</i>	27	56	<b>498</b>
79	<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	30	2	116
80	<i>Raphanus raphanistrum</i>	161	<b>498</b>	1
81	<i>Reseda luteola</i>	146	0	<b>319</b>
82	<i>Rumex acetosella</i>	215	284	52
83	<i>Rumex induratus</i>	<b>438</b>	1	12
84	<i>Sanguisorba minor</i>	59	63	22
85	<i>Scirpus holoschoenus</i>	14	10	74
86	<i>Senecio gallicus</i>	191	<b>513</b>	0
87	<i>Sherardia arvensis</i>	62	5	6
88	<i>Silene gallica</i>	71	4	<b>596</b>
89	<i>Silene inaperta</i>	130	3	53
90	<i>Sonchus oleraceus</i>	<b>390</b>	69	86
91	<i>Spergularia rubra</i>	206	326	58
92	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	94	7	51
93	<i>Tolpis barbata</i>	<b>407</b>	43	47
94	<i>Trifolium angustifolium</i>	<b>540</b>	102	7
95	<i>Trifolium arvense</i>	59	332	39
96	<i>Trifolium campestre</i>	106	11	118
97	<i>Trifolium gemellum</i>	120	21	101
98	<i>Trifolium glomeratum</i>	0	128	<b>334</b>
99	<i>Trifolium retusum</i>	87	43	188
100	<i>Trifolium striatum</i>	46	35	<b>348</b>
101	<i>Trifolium tomentosum</i>	26	21	<b>391</b>
102	<i>Trisetum ovatum</i>	209	244	16
103	<i>Vicia benghalensis</i>	<b>230</b>	58	51
104	<i>Vicia sativa</i>	33	0	22
105	<i>Vulpia bromoides</i>	107	7	5
106	<i>Vulpia ciliata</i>	105	4	2
107	<i>Vulpia myuros</i>	192	<b>472</b>	0

En la figura 99 aparece la representación HJ-Biplot en el primer plano factorial (ejes I y II), correspondiente únicamente a las columnas, es decir, a las 20 zonas seleccionadas, cuya denominación se recoge en el “[apartado 3](#)” (página 390). En ellas se observa como el eje I separa hacia la derecha las zonas correspondientes a la BFC, de 3 a 5 años de edad (de 2 a 4 años tras la aplicación de la hidrosiembra) y hacia la izquierda las zonas correspondientes a Fe-3-1, de 5 a 9 años de edad (de 5 a 9 años tras la aplicación de la hidrosiembra). Es decir, de derecha a izquierda, el eje I determina un gradiente de edad, desde los estadíos más jóvenes de la sucesión hacia los más avanzados disponibles. Este resultado es de gran interés pues indica que la edad es el factor que más variabilidad explica (a pesar de la baja inercia absorbida), lo que corrobora los resultados obtenidos anteriormente en relación a la pérdida de influencia de la hidrosiembra sobre la composición específica de una zona con el paso del tiempo.

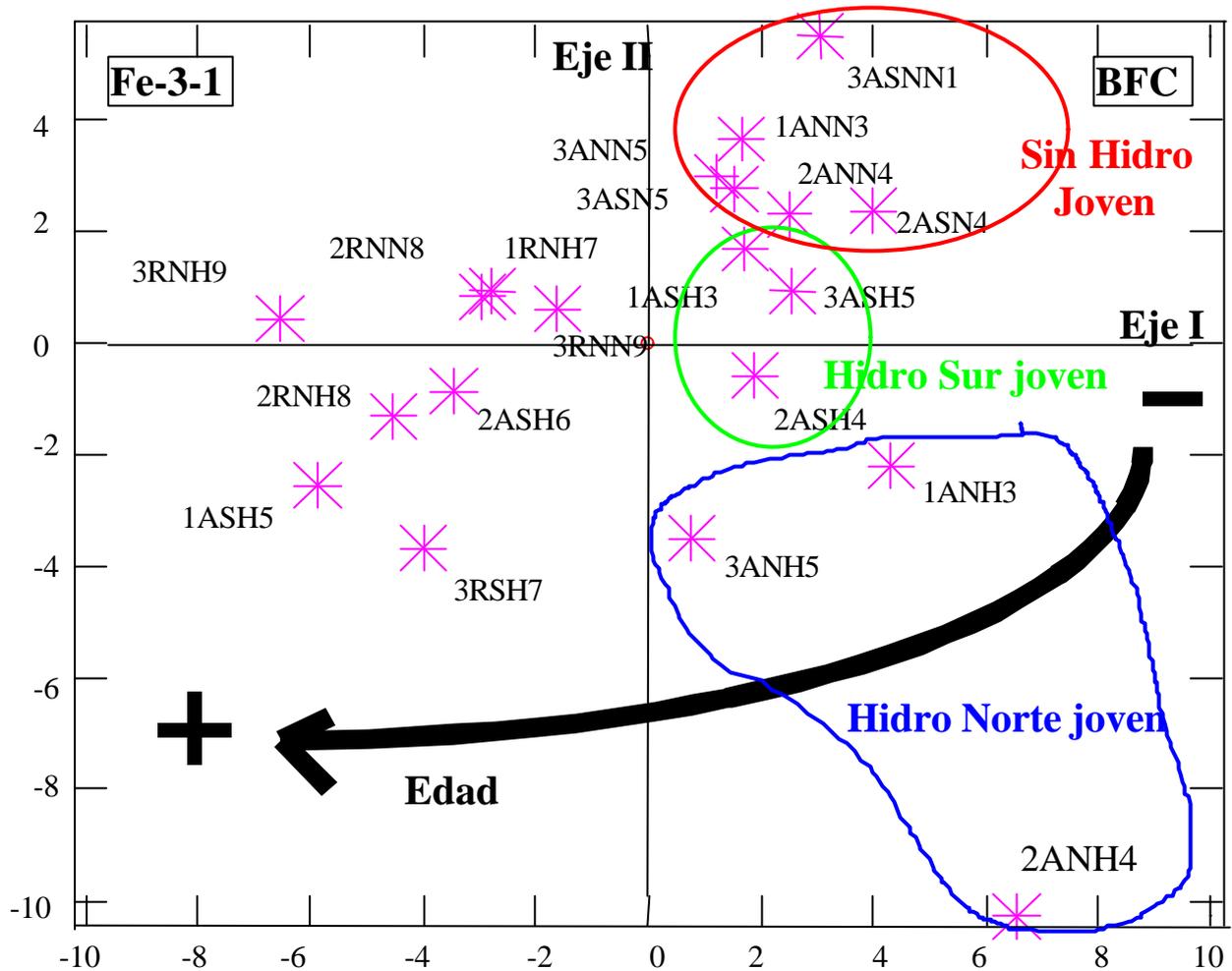
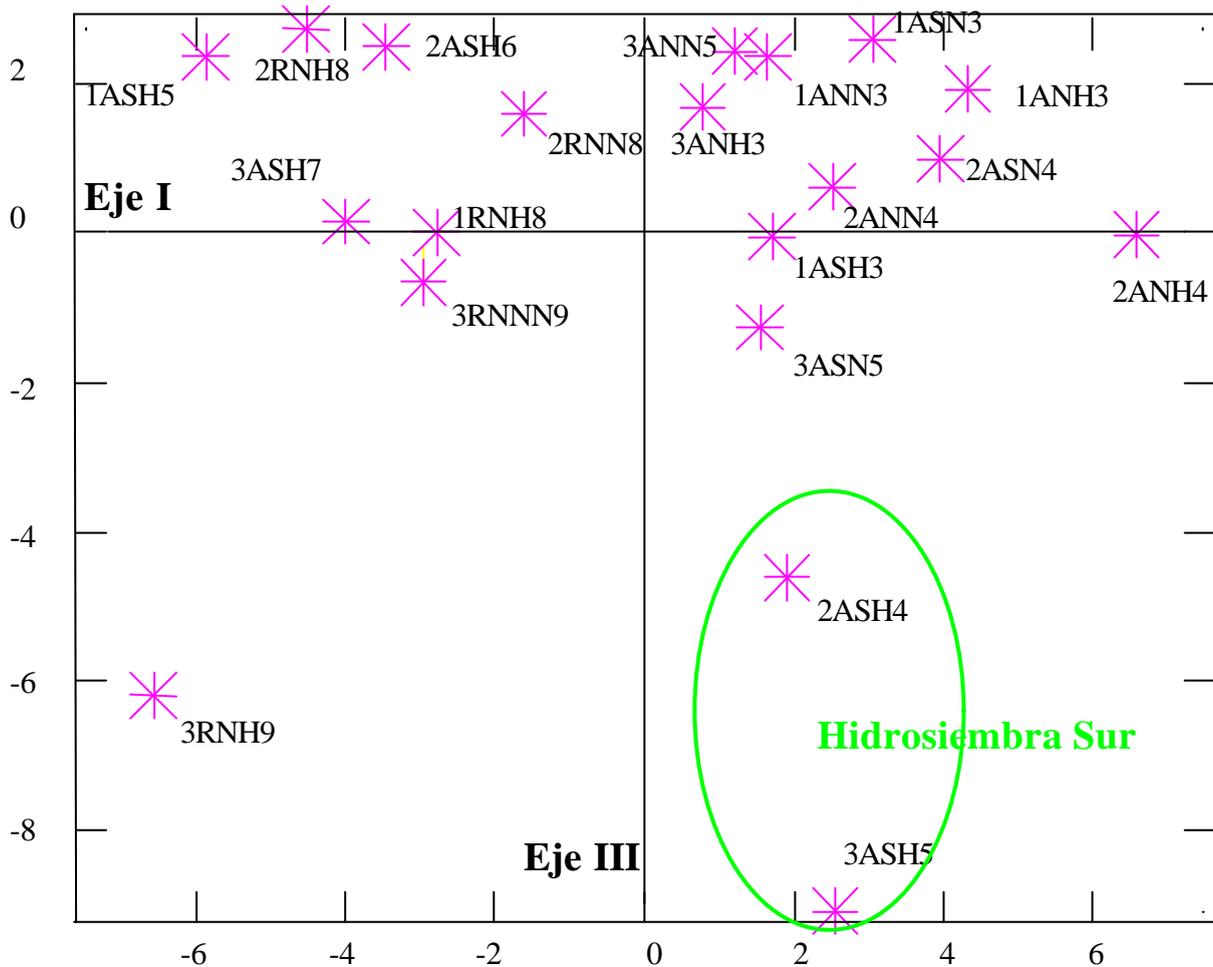


Figura 99. Análisis Biplot Global (sólo grupos). Ejes I y II.

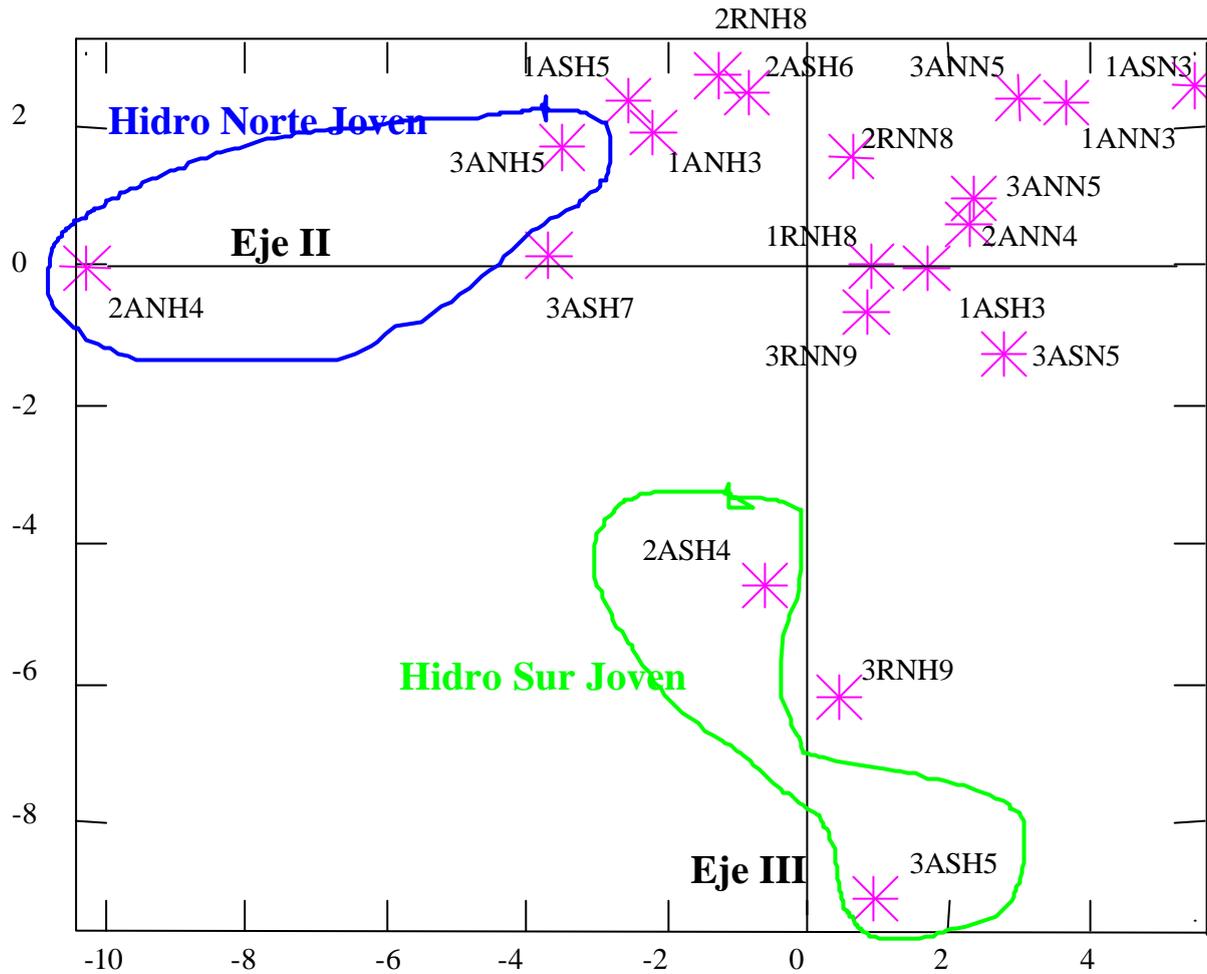
El eje II por su parte, separa, dentro de las zonas más jóvenes (BFC), las zonas hidrosembradas con orientación norte (parte inferior derecha del plano I-II) del resto, observándose un gradiente que va, de abajo a arriba (Figura 99), de las zonas jóvenes con hidrosiembra norte, a las no hidrosembradas jóvenes (norte y sur), pasando por las jóvenes hidrosembradas sur, que son separadas del resto por el eje III (parte inferior derecha del plano I-III; Figura 100).

Esto indica que después de la edad, la hidrosiembra es el factor que más variabilidad explica, aunque no por sí sólo, sino ligado a la orientación norte, en el caso del eje II, o a la sur, en el caso del eje III (Figura 101; plano factorial II-III). Es decir, el efecto de la hidrosiembra se nota más en los primeros años (3 años de edad) de la orientación norte, en cuanto a composición florística se refiere, que en la sur, por eso las zonas hidrosembradas sur aparecen más próximas a las no

hidrosembradas y no se separan de ellas hasta el eje III. Por otro lado, la proximidad norte-sur, en cuanto a composición florística, en las zonas no hidrosembradas es importante en los estadios más jóvenes de la sucesión, probablemente esto no sea así en las edades más avanzadas, como ponen de manifiesto los **Biplots** del Capítulo III.



**Figura 100.** Análisis Biplot Global (sólo grupos). Ejes I y III.



**Figura 101.** Análisis Biplot Global (sólo grupos). Ejes II y III.

En cuanto a las especies asociadas a la edad distinguimos dos grandes grupos. Por un lado, las especies características de los estadios más avanzados de la sucesión (parte izquierda del eje I; Figura 102):

*Trifolium angustifolium* (nº 94)

*Rumex induratus* (nº 83)

*Sonchus oleraceus* (nº 90)

*Anthemis arvensis* (nº 7)

*Carduus tenuiflorus* (nº 21)

*Vicia benghalensis* (nº 103)

*Anarrhinum bellidifolium*, (nº 5)

*Anthyllis cornicina* (nº 8)

*Tolpis barbata* (nº 93)

*Petrorhagia nanteuilli* (nº 74)

*Leontodon taraxacoides* (nº 58)

*Papaver hybridum* (nº 72)

*Galium aparine* (nº 46)

ninguna de las cuales fue introducida en la hidrosiembra. Además, *Rumex induratus*, *Carduus tenuiflorus*, *Vicia benghalensis*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Papaver hybridum* y *Galium aparine* no aparecen en las edades más tempranas de la sucesión; las dos últimas están escasamente representadas en las edades más avanzadas disponibles. El resto de las especies características de las edades más avanzadas disponibles también están presentes en las edades jóvenes (*Trifolium angustifolium*, *Sonchus oleraceus*, *Anthemis arvensis*, *Anthyllis cornicina*, *Tolpis barbata*, *Petrorhagia nanteuilli* y *Leontodon taraxacoides*), pero alcanzan mayores valores de cobertura en edades avanzadas.

Por otro lado, entre las especies de los estadíos jóvenes, las más características de las zonas hidrosebradas norte (parte inferior derecha figura 102; extremo izquierdo del eje II Figura 103) son:

<i>Festuca arundinaceae</i> (nº 44)	<i>Hypochoeris radicata</i> (nº 53)
<i>Rumex acetosella</i> (nº 82)	<i>Trisetum ovatum</i> (nº 102)
<i>Holcus setiglumis</i> (nº 51)	<i>Andryala integrifolia</i> (nº 6)
<i>Crepis vesicaria</i> (nº 31)	<i>Raphanus raphanistrum</i> (nº 80)
<i>Senecio gallicus</i> (nº 86)	<i>Bellardia trixago</i> (nº 12)
<i>Bromus tectorum</i> (nº 19)	<i>Crucianella angustifolia</i> (nº 32)
<i>Linaria spartea</i> (nº 69)	<i>Cytisus multiflorus</i> (nº 34)
<i>Briza maxima</i> (nº 14)	<i>Vulpia myurus</i> (nº 107)
<i>Filago pyramidata</i> (nº 45)	<i>Bromus rigidus</i> (nº 17)
<i>Lathyrus angulatus</i> (nº 56)	<i>Dactylis glomerata</i> (nº 38)

de las cuales sólo *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* fueron introducidas en la hidrosiembra; además la segunda de éstas es también autóctona. Por ello, mientras que *Festuca arundinacea* sólo se localiza en las zonas hidrosebradas, fundamentalmente en la orientación norte, *Dactylis glomerata* está presente en todas las zonas (jóvenes o viejas, con o sin hidrosiembra, de orientación norte o sur), aunque cuantitativamente destaca en las zonas jóvenes hidrosebradas con orientación norte. Del resto de las especies, *Crepis vesicaria*, *Senecio gallicus*, *Linaria spartea*, *Briza maxima*, *Trisetum ovatum*, *Raphanus raphanistrum* y *Vulpia*

*myrus*, son prácticamente exclusivas de las zonas jóvenes hidrosembradas con orientación norte; aunque aparecen con porcentajes de cobertura muy bajos, en ellas el efecto de la hidrosiembra (no semillas) es claro. Otras, como *Holcus setiglumis*, no aparecen en las zonas de mayor edad, y el resto (*Rumex acetosella*, *Crucianella angustifolia*, *Cytisus multiflorus* y *Bromus rigidus*) están presentes en todas las zonas, aunque son cuantitativamente más importantes sobre las zonas jóvenes hidrosembradas de orientación norte. Por tanto se pone de manifiesto el efecto positivo de la hidrosiembra (nutrientes, microorganismos del suelo, agua, etc.).

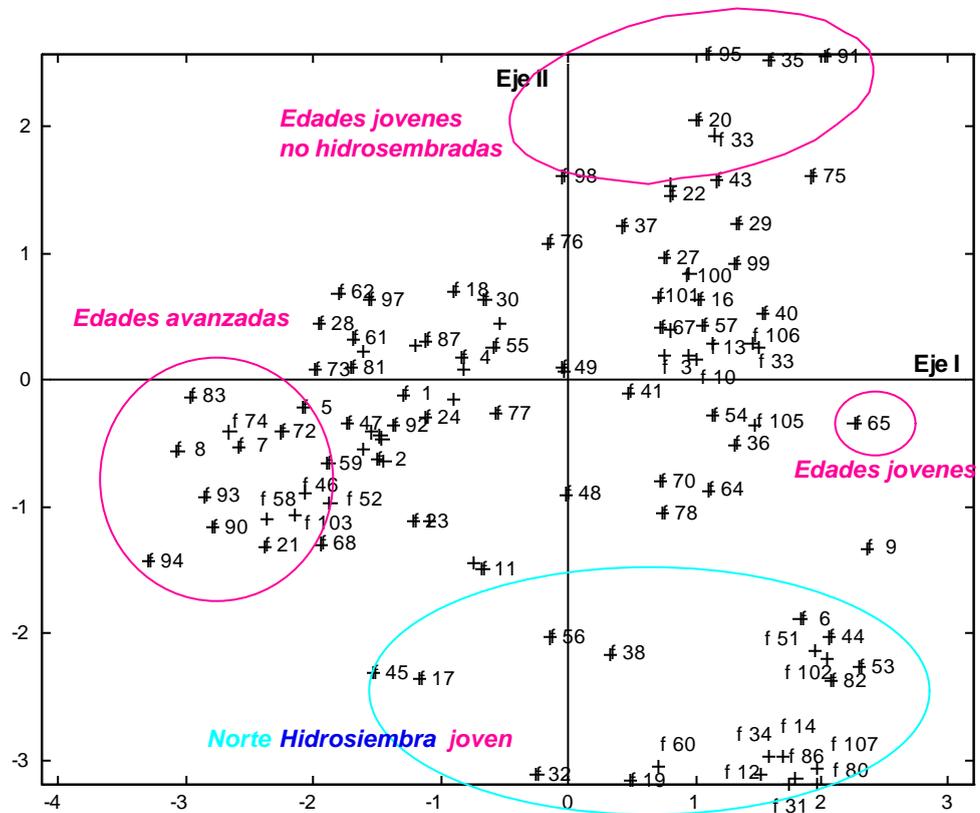


Figura 102. Análisis Biplot Global (sólo especies). Ejes I y II.

En la orientación sur, ninguna de las especies características de las zonas hidrosembradas (parte inferior del plano II-III; Figura 103) fue introducida en la hidrosiembra:

<i>Silene gallica</i> (n° 88)	<i>Biserrula pelecinus</i> (n° 13)
<i>Echium plantagineum</i> (n° 40)	<i>Lavandula stoechas</i> (n° 57)
<i>Poa bulbosa</i> (n° 78)	<i>Eryngium campestre</i> (n° 41)
<i>Trifolium tomentosum</i> (n° 101)	<i>Trifolium striatum</i> (n° 100)
<i>Logfia gallica</i> (n° 62)	<i>Anthyllis lotoides</i> (n° 9)
<i>Reseda luteola</i> (n° 81)	<i>Gaudinia fragilis</i> (n° 48)

Además, *Echium plantagineum*, *Poa bulbosa*, *Trifolium glomeratum*, *Anthyllis lotoides*, *Trifolium striatum* y *Logfia gallica* están presentes en todas las zonas aunque en las hidrosembradas jóvenes de orientación sur alcanzan mayores valores de cobertura. El resto de las especies son prácticamente exclusivas de estas zonas, aunque *Silene gallica*, *Trifolium tomentosum*, *Reseda luteola*, *Eryngium campestre* y *Gaudinia fragilis* aparecen escasamente representadas.



La única especie que aparece asociada a las edades más jóvenes, independientemente de la orientación y de la aplicación o no de hidrosiembra es *Lolium rigidum* (nº 65). Esta especie fue introducida en la hidrosiembra pero también es autóctona, por eso se encuentra en todas las zonas de los primeros estadios de la sucesión. La hidrosiembra no tiene un efecto aparente sobre ella.

A la vista de estos resultados parece apropiado concluir que las diferencias en la composición específica de las distintas zonas, son tanto de tipo cualitativo como cuantitativo, no siendo las especies alóctonas introducidas en la hidrosiembra las determinantes de estas diferencias. De esto se deduce que la aplicación de hidrosiembra introduce diferencias, en la composición específica de los primeros estadios de la sucesión, respecto a la no aplicación de hidrosiembra, debido no tanto a la introducción de nuevas especies (que prácticamente no se encuentra a los dos años de su aplicación, a excepción de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*, esta última también autóctona), sino más bien al cambio de las condiciones-recursos: mayor disponibilidad de agua inicialmente, sustrato más rico en nutrientes y en microorganismos edáficos, etc.; lo que ha favorecido a algunas de las especies autóctonas que habían logrado llegar a esas zonas, facilitando su establecimiento (germinación de semillas, supervivencia) y/o su desarrollo. Los aportes que conlleva la práctica de la hidrosiembra favorecen la competitividad de unas especies frente a otras y con ello un desarrollo desigual.

#### 4.7.2.- HJ-Biplot de la BFC.

Con objeto de identificar las especies y/o su valor de importancia responsables de las diferencias encontradas en las zonas más jóvenes, en función de la orientación, la aplicación o no de hidrosiembra y el año de muestreo, se ha realizado un nuevo HJ-Biplot únicamente con los datos de la BFC.

En este caso la matriz analizada tiene 81 especies (filas) y 12 zonas (columnas). El número de especies se ha reducido al eliminar 20 especies que sólo aparecían en las edades más avanzadas disponibles :

<i>Aegilops triuncialis</i>	<i>Carduus tenuiflorus</i>
<i>Centaurea ornata</i>	<i>Centranthus calcitrapae</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>Galium aparine</i>
<i>Galium parisiense</i>	<i>Hordeum murinum</i>
<i>Linaria saxatile</i>	<i>Linum bienne</i>
<i>Papaver hybridum</i>	<i>Papaver rhoeas</i>
<i>Sherardia arvensis</i>	<i>Silene inaperta</i>
<i>Vicia benghalensis</i>	<i>Vicia sativa</i>
<i>Rumex induratus</i>	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>
<i>Misopates oreontium</i>	<i>Alyssum granatense</i>

y 6 que sólo aparecían en una única zona, de las 12 zonas estudiadas:

<i>Centaurea paniculata</i>	<i>Crepis vesicaria</i>
<i>Hirschfeldia incana</i>	<i>Linaria spartea</i>
<i>Reseda luteola</i>	<i>Silene gallica</i>

La nueva matriz analizada ( $X_{81 \times 12}$ ) se recoge en el [anexo VII](#). En este caso, la absorción de inercia del eje I es del 17,6%, la del eje II del 14,9 % y la del eje III del 12,5 %. Entre los tres primeros ejes absorben el 45 % de la inercia total, con cinco ejes ya se absorbe el 65,4 % y con once el 100 %.

En las tablas 61 y 62 aparecen las contribuciones del factor al elemento ( $CRF_{\alpha E_i}$ ) para las especies y para los taludes, respectivamente, correspondientes a los ocho primeros ejes. El hecho de considerar ahora más de tres ejes responde al interés por identificar las especies características, no sólo de cada orientación y tratamiento, sino también de cada año de muestreo, y por ver cómo cambian a lo largo de los tres años de muestreo. Puesto que se trata de zonas todas ellas sobre arcosas y muestreadas los mismos años de muestreo se prescinde, en este caso, del primer número y primera letra utilizados en la nomenclatura hasta ahora.

**Tabla 61:** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes zonas.

Zona	CRF <sub>1E</sub>	CRF <sub>2E</sub>	CRF <sub>3E</sub>	CRF <sub>4E</sub>	CRF <sub>5E</sub>	CRF <sub>6E</sub>	CRF <sub>7E</sub>	CRF <sub>8E</sub>
NH3	57	166	190	1	297	134	140	14
NH4	497	216	37	37	7	99	29	72
NH5	176	44	6	236	386	130	1	5
SH3	3	28	252	202	1	419	1	25
SH4	140	186	59	114	2	8	1	185
SH5	104	738	1	1	1	14	22	67
NN3	365	22	5	2	46	3	2	29
NN4	137	1	616	107	111	1	7	1
NN5	194	26	28	51	1	1	142	43
SN3	342	13	48	50	33	1	44	241
SN4	62	19	18	418	143	6	80	80
SN5	37	28	37	82	42	108	541	1

**Tabla 62:** Contribuciones relativas del factor al elemento para las diferentes especies.

Especies	CRF <sub>1E</sub>	CRF <sub>2E</sub>	CRF <sub>3E</sub>	CRF <sub>4E</sub>	CRF <sub>5E</sub>	CRF <sub>6E</sub>	CRF <sub>7E</sub>	CRF <sub>8E</sub>
<i>Agrostis castellana</i>	30	45	278	456	59	81	9	15
<i>Aira caryophylla</i>	0	0	34	75	86	103	511	1
<i>Andryala integrifolia</i>	187	2	520	34	87	150	1	16
<i>Anthemis arvensis</i>	171	0	15	200	241	50	134	106
<i>Anthyllis cornicina</i>	172	8	234	71	18	0	20	48
<i>Anthyllis lotoides</i>	496	47	183	73	0	20	63	58
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2	1	339	158	80	198	49	64
<i>Avena sterilis</i>	122	7	88	65	420	108	5	120
<i>Bellardia trixago</i>	554	132	38	8	82	2	64	113
<i>Biserrula pelecinus</i>	100	774	11	5	2	8	39	27
<i>Briza maxima</i>	476	242	10	76	134	32	5	19

Especies	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	CRF <sub>4</sub> E	CRF <sub>5</sub> E	CRF <sub>6</sub> E	CRF <sub>7</sub> E	CRF <sub>8</sub> E
<i>Bromus madritensis</i>	11	40	53	352	33	16	45	387
<i>Bromus mollis</i>	72	0	609	116	89	8	18	7
<i>Bromus rigidus</i>	331	110	24	128	297	59	23	9
<i>Bromus rubens</i>	68	10	48	4	117	86	415	0
<i>Bromus tectorum</i>	531	119	62	21	48	137	60	9
<i>Carduus carpetanus</i>	254	13	33	27	49	0	47	353
<i>Carlina corymbosa</i>	109	5	9	12	5	0	46	9
<i>Convolvulus arvensis</i>	23	10	187	169	1	460	1	19
<i>Conyza</i>	145	2	514	148	140	0	0	3
<i>Coronilla repanda</i>	263	44	188	154	141	7	2	3
<i>Corrigola litoralis</i>	176	10	105	10	1	9	14	109
<i>Crepis capillaris</i>	54	6	651	70	177	0	7	10
<i>Crucianella angustifolia</i>	394	155	47	58	10	162	47	113
<i>Cynodon dactylon</i>	11	124	132	2	205	144	308	7
<i>Cytisus multiflorus</i>	614	22	14	9	145	78	107	9
<i>Chamaemelum mixtum</i>	526	26	18	35	0	34	8	81
<i>Chamaemelum nobile</i>	2	76	30	380	91	54	30	35
<i>Chondrila juncea</i>	290	4	105	6	17	0	29	207
<i>Dactylis glomerata</i>	275	365	1	29	204	41	69	6
<i>Echium plantagineum</i>	43	581	177	44	10	2	25	11
<i>Eryngium campestre</i>	146	691	11	28	3	3	30	1
<i>Eryngium tenue</i>	70	20	27	286	394	173	0	3
<i>Evax carpetana</i>	170	25	2	266	185	9	104	11
<i>Festuca arundinaceae</i>	228	188	79	4	326	46	107	7
<i>Filago pyramidata</i>	753	5	67	0	63	8	21	50
<i>Gaudinia fragilis</i>	195	463	5	19	76	51	121	4
<i>Herniaria glabra</i>	115	10	350	58	2	5	98	72
<i>Holcus setiglumis</i>	396	36	72	2	251	0	83	99
<i>Hypochoeris radicata</i>	253	71	297	65	98	2	128	0
<i>Jasione montana</i>	10	67	18	0	633	57	32	62
<i>Lactuca</i>	102	3	578	181	96	1	2	2
<i>Lathyrus angulatus</i>	224	185	30	149	23	301	54	15
<i>Lavandula stoechas</i>	102	726	2	70	15	32	17	2
<i>Leontodon taraxacoides</i>	46	0	344	196	18	81	1	18
<i>Logfia gallica</i>	2	168	1	304	1	91	194	27
<i>Logfia minima</i>	129	21	35	29	33	2	75	480
<i>Lolium perenne</i>	22	60	10	29	463	195	201	13
<i>Lolium rigidum</i>	46	4	17	515	16	87	86	102
<i>Lotus subbiflorus</i>	203	5	28	47	53	13	291	30
<i>Lupinus sp.</i>	0	14	177	155	0	526	0	45
<i>Medicago sativa</i>	184	275	0	111	156	145	19	58
<i>Ornithopus compressus</i>	54	5	208	102	37	497	5	0
<i>Ornithopus perpusillus</i>	63	19	21	338	3	395	0	70
<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	30	463	113	104	2	451	24	18
<i>Plantago coronopus</i>	133	47	36	407	28	24	116	2
<i>Plantago lagopus</i>	48	0	162	185	1	254	54	89
<i>Plantago lanceolata</i>	116	733	1	4	2	12	38	40
<i>Poa bulbosa</i>	330	379	31	111	0	9	31	37
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	1	176	5	201	73	1	136	1
<i>Rhaphanus raphanistrum</i>	301	203	48	121	0	166	20	93
<i>Rumex acetosella</i>	678	0	38	0	2	4	18	66
<i>Sanguisorba minor</i>	157	488	26	198	0	0	76	26
<i>Scirpus holoschoenus</i>	76	11	14	29	0	0	110	39
<i>Senecio gallicus</i>	373	203	29	43	17	135	37	147
<i>Sonchus oleraceus</i>	153	2	559	121	105	0	13	3
<i>Spergularia rubra</i>	483	23	6	298	58	13	29	70

Especies	CRF <sub>1</sub> E	CRF <sub>2</sub> E	CRF <sub>3</sub> E	CRF <sub>4</sub> E	CRF <sub>5</sub> E	CRF <sub>6</sub> E	CRF <sub>7</sub> E	CRF <sub>8</sub> E
<i>Taeniatherun caput-medusae</i>	30	117	155	0	305	166	195	27
<i>Tolpis barbata</i>	26	139	307	1	14	0	11	162
<i>Trifolium angustifolium</i>	122	8	1	279	420	127	0	7
<i>Trifolium arvense</i>	303	50	12	15	6	21	18	411
<i>Trifolium campestre</i>	191	487	1	43	72	96	23	40
<i>Trifolium gemellum</i>	3	171	58	20	38	63	473	6
<i>Trifolium glomeratum</i>	32	372	3	31	23	50	329	54
<i>Trifolium retusum</i>	5	327	295	122	124	4	57	24
<i>Trifolium striatum</i>	18	588	114	60	23	114	0	27
<i>Trifolium tomentosum</i>	49	491	0	120	29	54	154	23
<i>Trisetum ovatum</i>	224	277	66	6	307	28	79	4
<i>Vulpia bromoides</i>	36	47	352	59	231	160	27	55
<i>Vulpia ciliata</i>	13	20	446	192	4	51	81	50
<i>Vulpia myuros</i>	318	187	81	28	19	155	43	155

En la figura 104 aparece la representación HJ-Biplot en el primer plano factorial (Ejes I y II). Cada zona aparece representada por una estrella e identificada por dos letras y un número. La primera letra indica la orientación (rojo = Norte y verde = sur), la segunda letra hace referencia a la aplicación (H en azul) o no (N en fucsia) de hidrosiembra y el número final al año de muestreo (1 = 1994, 2 = 1995 y 3 = 1996). Cada una de las especies aparece representada, en este caso, mediante una cruz e identificada por las tres primeras letras que hacen referencia al género y por las tres primeras referentes a la especie (Ejemplo: *Henitaria glabra* = Hergla).

El talud característico del eje I es NN1. Los taludes NH2, NN3 y SN1 son elementos del eje I que reciben también cierta contribución de otros ejes, por lo que son más bien elementos de los planos I-II, I-VII y I-VIII, respectivamente.

El talud SH3 tiene una alta contribución del eje II, por lo que es un elemento característico de ese eje. SH2 es un elemento del plano II-VIII.

En la figura 104 vemos cómo el eje I discrimina, de forma general, por una parte aquellos taludes en los que se ha realizado hidrosiembra (que se encuentran en la parte derecha del gráfico factorial) de aquellos en los que no se ha realizado la hidrosiembra (parte izquierda del mismo).

Así mismo, el eje II está separando en general la orientación, pero de aquellos taludes sometidos a hidrosiembra: la orientación sur (en la parte superior del gráfico) de la orientación norte (parte inferior del mismo). Parece existir una homogeneidad en composición de especies de los taludes en los que no se ha realizado la hidrosiembra, si bien, la posición de los puntos que

representan a NN2, SN2 y SN3 es sólo aparente, ya que su calidad de representación en el plano I-II es muy baja. Las diferencias aparecen, respectivamente, con respecto a los ejes III, IV y VII.

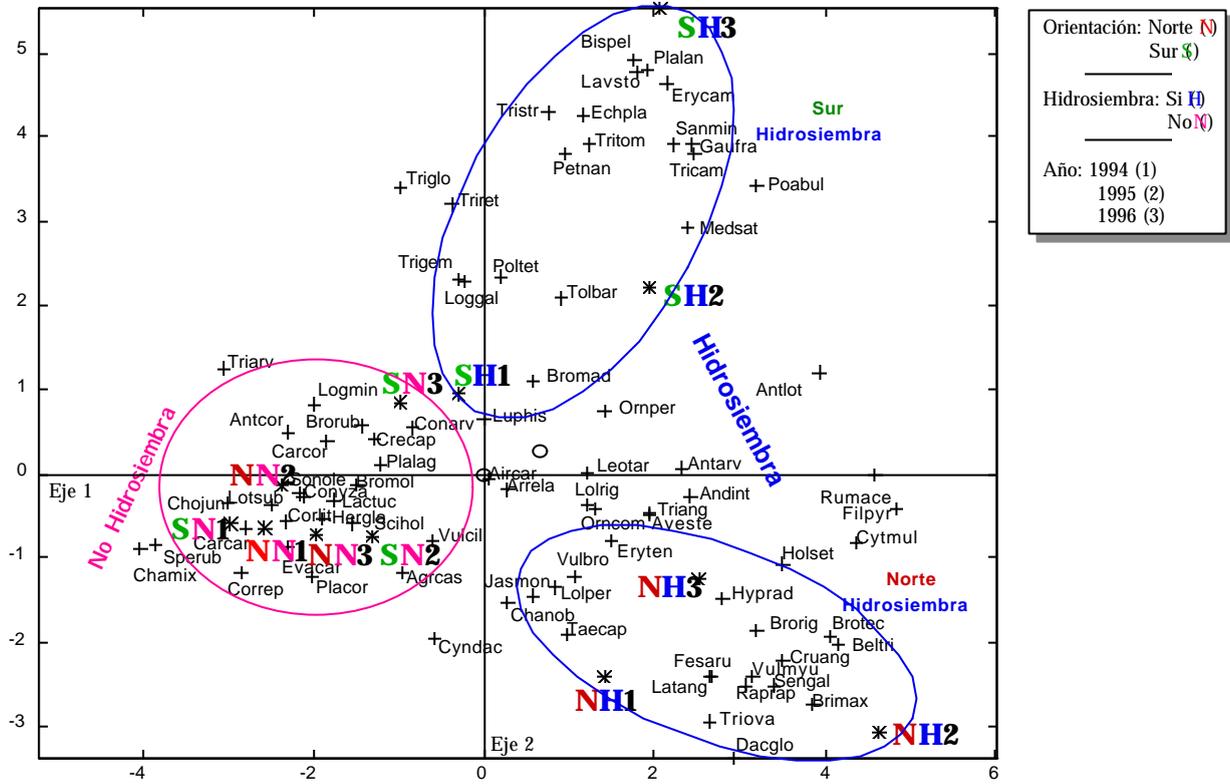


Figura 1: Representación HJ-Biplot de la matriz de cobertura de las especies en los taludes (Cada especie viene identificada por las tres primeras letras del nombre genérico y las tres primeras del específico)

Figura 104. Análisis Biplot BFC. Ejes I y II.

Así el eje III (Figura 105) es el que permite una diferenciación entre NN2 y NN1. NN3 es un elemento del plano I-VII, por lo que el eje VII nos ayuda a separar la composición de especies característica de NN2 de la de NN3, aunque esta última apenas tenga especies consideradas como propias; posiblemente porque permanecen las encontradas el año anterior y con valores importantes de cobertura. En cuanto a la orientación sur sin hidrosiembra, también se observan diferencias en la composición de especies de los tres años de muestreo. SN2 es un elemento de eje IV, SN1 del plano I-VIII y SN3 del eje VII.

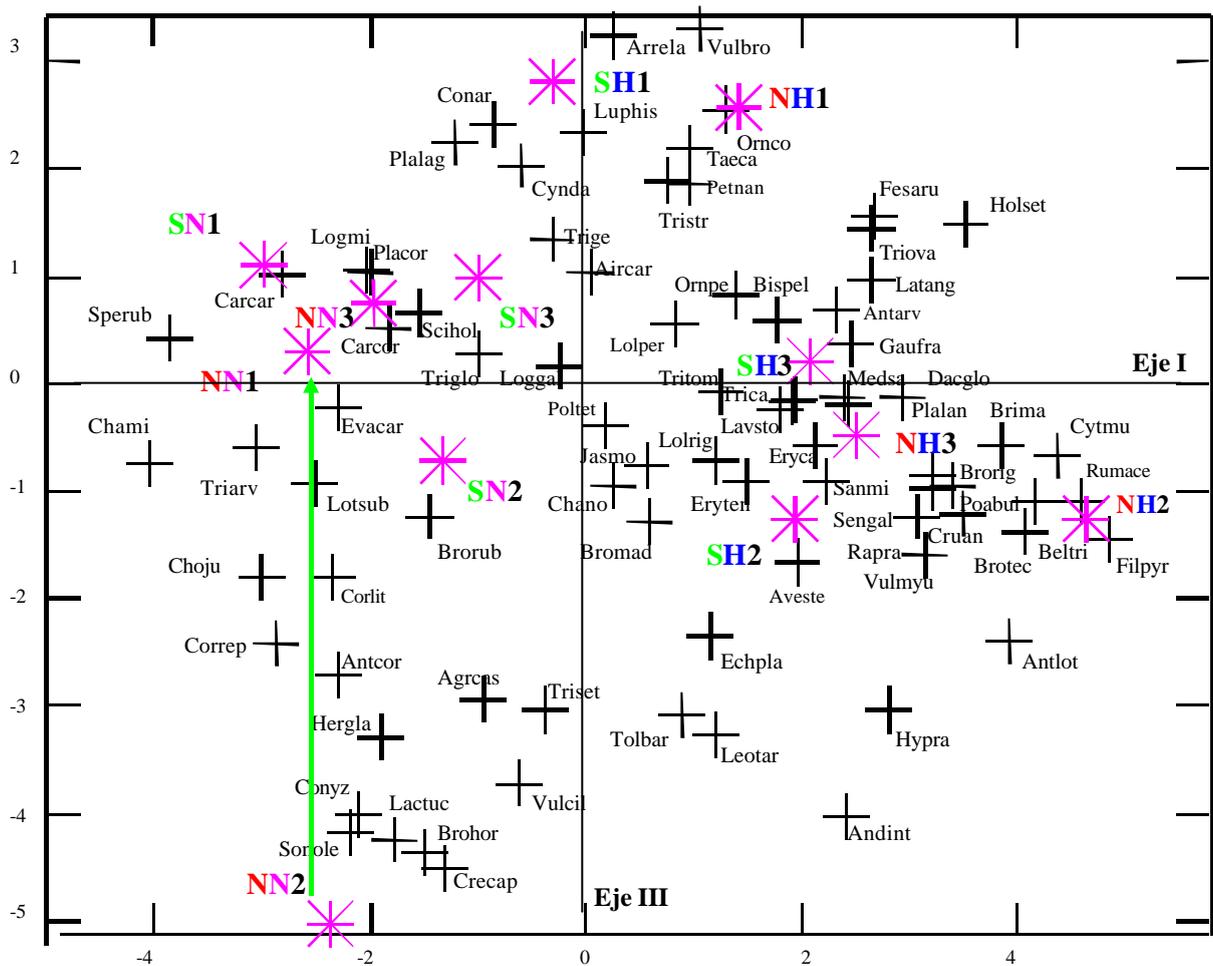
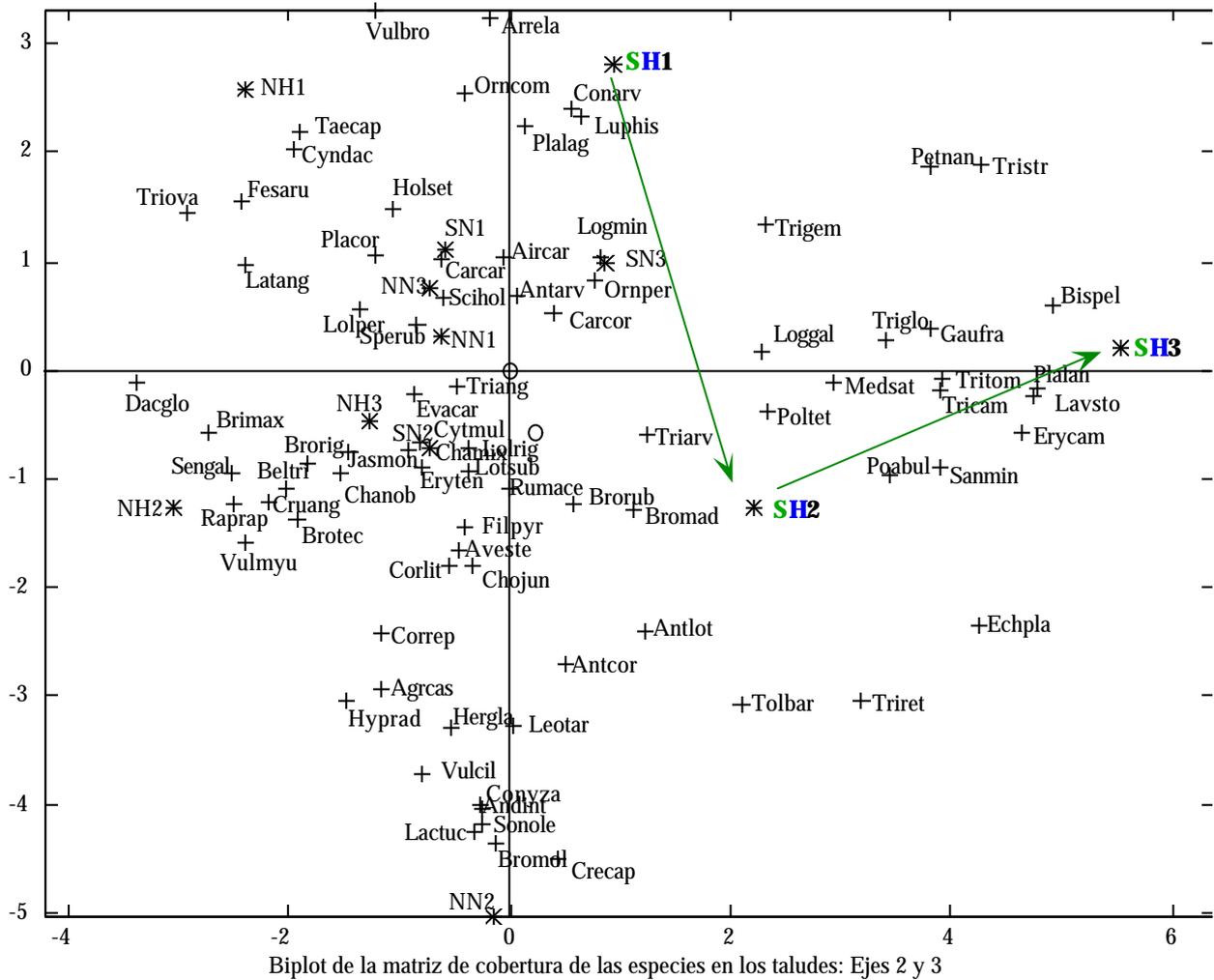


Figura 105. Análisis Biplot BFC. Ejes I y III.



**Figura 106.** Análisis Biplot BFC. Ejes II y III.

El eje V es el que separa NH1 del resto, mientras que NH2 es un elemento característico del plano I-II y NH3 del plano IV-V.

Así mismo, las hidrosiembras de orientación sur también se diferencian claramente. El eje VI es el que separa SH1 de SH3 que es un elemento característico del eje II (Figura 104). SH2, elemento del plano I-II, no presenta ninguna especie como propia, por lo que parece haber un reemplazamiento en la composición de especies, desde la encontrada en SH1 a la encontrada en SH3 pasando por una composición intermedia en SH2.

En la **tabla 19**, a modo de resumen queda recogida la información referente a los ejes y/o planos de los que son característicos las distintas zonas.

Por último nos queda identificar las especies características de cada zona. Esto se hace simplemente mirando en la **tabla 62**, para cada eje o plano característico de una zona, las especies que presentan contribuciones más altas. Estas especies serán las que presenten un mayor porcentaje de cobertura en esa zona, lo cual no quiere decir que no aparezcan también en otras, e incluso con importantes valores de cobertura.

**Tabla 63:** Ejes y/o planos de los que son característicos las distintas zonas.

Zona	Eje o plano del que es característica
NH1	Eje 5
NH2	Plano 1-2
NH3	Plano 5-4
SH1	Eje 6
SH2	Plano 2-8
SH3	Eje 2
NN1	Eje 1
NN2	Eje 3
NN3	Plano 1-7
SN1	Plano 1-8
SN2	Eje 4
SN3	Eje 7

A continuación se recogen las especies que presentan un mayor porcentaje de cobertura en las distintas zonas:

**NH1:** *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Trisetum ovatum*, *Lolium perenne*, *Taeniatherum caput-medusae*..

**NH2:** *Briza máxima*, *Raphanus raphanistrum*, *Senecio gallicus*, *Vulpia myurus*.

**NH3:** *Eryngium tenue*, *Trifolium angustifolium*..

**SH1:** *Convolvulus arvensis*, *Ornithopus compressus*, *Lupinus hispánicus*, *Ornithopus perpusillus*, *Plantago lagopus*.

**SH2:** ninguna.

**SH3:** *Biserrula pelecinus*, *Plantago lanceolata*, *Lavandula stoechas*, *Eryngium campestre*, *Echium plantagineum*, *Trifolium striatum*, *Trifolium tomentosun*, *Sanguisorba minor*, *Gaudinia frágilis*, *Trifolium campestre*, *Petrorhagia nanteuilli*, *Medicago sativa*.

**NN1:** *Coronilla repanda*, *Carlina corymbosa*, *Spergularia rubra*, *Chamaemelum mixtum*.

**NN2:** *Anthyllis cornicina*, *Conyza*, *Lactuca*, *Sonchus oleraceus*, *Crepis capillaris*, *Bromus mollis*, *Andryala integrifolia*, *Vulpia ciliata*, *Herniaria glabra*, *Leontodon taraxacoides*, *Tolpis barbata*.

**NN3:** *Lotus subbiflorus*, *Scirpus holoschoenus*.

**SN1:** *Cardus carpetanus*, *Chondrila juncea*, *Trifolium arvense*, *Corrigiola litoralis*.

**SN2:** *Logfia gallica*, *Plantago coronopus*, *Agrostis castellana*, *Chamaemelum nobile*, *Lolium rigidum*.

**SN3:** *Trifolium gemellum*, *Bromus rubens*, *Aira caryophyllea*.

Todas las especies características de NH1 son gramíneas. De ellas sólo *Festuca arundinaceae*, *Dactylis glomerata* y *Lolium perenne* proceden de la hidrosiembra y, todas son perennes. De estas tres especies, la primera se mantiene en NH2, aunque disminuye su porcentaje de cobertura, y desaparece en NH3. *Dactylis glomerata* y *Lolium perenne* que, a pesar de haber sido introducidas en la mezcla, también se encuentran de forma habitual en la zona, permanecen en NH2 y en NH3 con valores de cobertura inferiores a los encontrados en NH1 pero similares a los encontrados en las zonas no hidrosebradas. *Trisetum ovatum* y *Taeniatherum caput-medusae* son especies autóctonas y anuales cuyos valores de cobertura disminuyen a lo largo de los años de muestreo, desapareciendo el tercero.

Las especies características del segundo año, *Briza maxima* y *Senecio gallicus*, han ganado importancia a la vez que han aparecido otras como *Raphanus raphanistrum* y *Vulpia myurus*. El tercer año aparecen *Eryngium tenue* y *Trifolium angustifolium*, ambas especies son anuales autóctonas. La segunda cobra más importancia en estadíos más avanzados de la sucesión, como se ha visto en el Biplot anterior.

En resumen, podemos decir que, en la orientación norte, de las especies introducidas en la mezcla sólo algunas perennes han permanecido dos, tres y hasta cuatro años después de la aplicación de la hidrosiembra, y aquellas que han permanecido más tiempo además de introducidas son autóctonas. Se observa una sustitución, de un año a otro, de especies anuales entre las que se incorporan además de gramíneas, leguminosas, compuestas e incluso crucíferas. En general, las gramíneas son las más representadas en la orientación norte con hidrosiembra, sobre todo el primer año.

En la zona joven hidrosembra sur se observa una sustitución mucho más gradual de las especies, de forma que las características del primer año de muestreo (SH1), a excepción de *Convolvulus arvensis* y *Plantago lagopus* que no vuelven a aparecer, van disminuyendo su porcentaje de cobertura, mientras que las especies características del tercer año incrementan su porcentaje de cobertura a partir del primer año. Por eso el segundo año no tiene especies exclusivas, al reunir la mayoría de las características de los años anterior y posterior. El tercer año van cobrando importancia algunas especies perennes como *Sanguisorba minor*, *Plantago lanceolata* y *Lavandula stoechas*.

En cuanto a las especies introducidas en la hidrosiembra, *Lupinus* sp. sólo tiene una importancia notoria el primer año, mientras que *Medicago sativa* destaca el tercero.

Todas las especies que aparecen en NN1 aparecen también en NN2 y en NN3, aunque van a ser sustituidas en importancia (mayor porcentaje de cobertura) por otras especies. Todas las especies características de NN1 son anuales excepto *Carlina corymbosa*.

Las especies características de NN2 son numerosas y entre ellas ha aumentado en número de especies bienales y perennes. Algunas anuales como *Bromus mollis* y *Tolpis barbata* sólo aparecen en NN2, otras bienales o perennes que aparecen en NN2 se mantienen en NN3, o bien

aparecen en NN1 y se mantienen en NN3. Algunas perennes (*Andryala integrifolia*) aparecen en los tres años de muestreo e incluso algunas anuales (*Vulpia ciliata*).

Las especies características de NN3 son *Lotus subbiflorus* y *Scirpus holoschoenus*, la primera anual y la segunda perenne, ambas aparecen en NN1 pero van cobrando importancia a lo largo de los años de muestreo hasta ser más importantes en cobertura en NN3. La presencia de *Scirpus holoschoenus* indica mayor humedad por la proximidad de un pequeño canal de conducción de agua.

En definitiva, en la zona norte no hidrosemada, se observa una sustitución de unas especies por otras a lo largo de los tres años de muestreo. Sustitución que no es drástica sino paulatina, aumentando o disminuyendo los porcentajes de cobertura de las especies presentes en un principio. Además, en comparación con la composición de especies de la zona norte hidrosemada, aquí no son las gramíneas las especies más abundantes, hay más familias bien representadas.

Todas las especies características de SN1, a excepción de *Carduus carpetanus*, aparecen los dos años siguientes, aunque disminuye su porcentaje de cobertura (entre ellas hay alguna perenne como *Carduus carpetanus* y *Chondrila juncea*). Mientras tanto las especies características de SN2 incrementan su porcentaje de cobertura el segundo año de muestreo para descender de nuevo el tercero, a excepción de *Logfia gallica* que sigue aumentando (entre ellas hay alguna perenne como *Chamaemelum nobile*). El tercer año se incorporan nuevas especies todas ellas anuales.

Para ver si estas diferencias en la composición de especies entre las distintas zonas son estadísticamente significativas se ha llevado a cabo un Análisis de la Varianza (ANOVA) con las coordenadas de los taludes sobre los dos primeros ejes factoriales. Los resultados aparecen recogidos en las tablas 64 y 65.

**Tabla 64:** Resultados del ANOVA con las coordenadas del eje 1.

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
orientación	1	0,88	0,88	1,86	0,3058
hidrosiembra	1	50,03	50,03	105,66	0,0093 **
año	2	7,74	3,87	8,17	0,1091
orientación*hidro	1	3,52	3,52	7,43	0,1124
orientación*año	2	1,02	0,51	1,08	0,4814
hidrosiembra*año	2	1,75	0,88	1,85	0,3512
Residual	2	0,95	0,47		

**Tabla 65:** Resultados del ANOVA con las coordenadas del eje 2.

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
orientación	1	22,61	22,61	50,35	0,0193 *
hidrosiembra	1	1,29	1,29	2,86	0,2326
año	2	7,38	3,69	8,22	0,1085
orientación*hidro	1	17,18	17,18	38,27	0,0252*
orientación*año	2	3,31	1,66	3,69	0,2133
hidrosiembra*año	2	2,98	1,49	3,32	0,2315
Residual	2	0,90	0,45		

En cuanto al eje 1 (Tabla 64) sólo se aprecian diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha = 0,01$ ) respecto a la aplicación o no de hidrosiembra (p-valor=0,0093). En el eje 2 (Tabla 65) aparece una interacción entre la hidrosiembra y la orientación ( $\alpha = 0,05$ ), de modo que tras analizarla se observa que sólo aparecen diferencias estadísticamente significativas entre la orientación norte y sur en aquellos taludes en los que se ha realizado hidrosiembra.

En cuanto al año de muestreo, parece que el segundo se comporta de manera diferente al primero y tercero, sobre todo cuando no se aplica hidrosiembra, pero estas diferencias no se aprecian en los dos primeros ejes. Parece que el eje III separa NN2 de NN1 y NN3, y el eje IV separa SN2 de SN1 y SN3.

Esto indica que existe un cierto orden en la importancia de los factores que determinan la composición específica de una zona. Dejando a un lado la edad (que como ha indicado el HJ-Biplot

del apartado 4.7.1 es un factor más influyente que la hidrosiembra) y centrándose en las edades más jóvenes (BFC), la aplicación o no de hidrosiembra es el primer factor de variación a tener en cuenta, seguido de la orientación, aunque la influencia de ésta se encuentra ligada a la aplicación de hidrosiembra y casi exclusivamente al primer año de muestreo.

#### **4.8.- DENDROGRAMAS.**

Después del análisis HJ-Biplot, se realizó un análisis de afinidad basado en los índices cualitativo (Sorensen) y semicuantitativo (Motyka), que se representan en forma de dendrogramas, para ver si las agrupaciones de las zonas establecidas por el HJ-Biplot estaban próximas a las proporcionadas por los índices de afinidad.

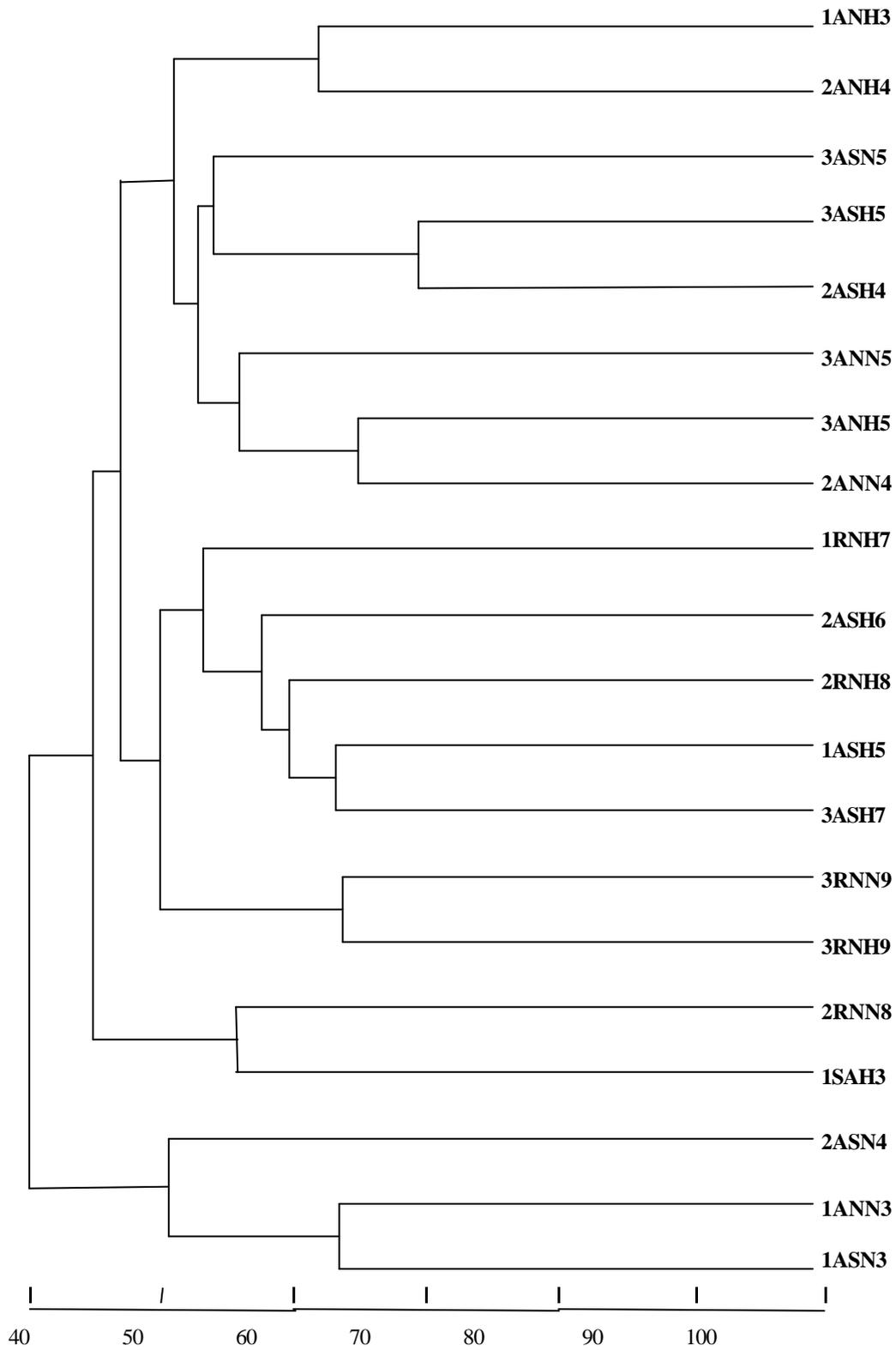
Para ello, se han realizado dendrogramas cualitativos y semicuantitativos para todas las zonas, para las doce correspondientes a la BFC y para las de edades más avanzadas.

##### **4.8.1.- Análisis de Afinidad Global.**

En las figura 107 y 108 se recogen, respectivamente, los dendrogramas correspondientes a los análisis de afinidad cualitativo y semicuantitativo, para los veinte puntos de muestreo seleccionados en un principio.

**En el análisis cualitativo (Figura 107)** se distinguen claramente tres grupos. El último en incorporarse al dendrograma, que mantiene con el resto una afinidad del 40 %, es el formado por las zonas no hidrosebradas más jóvenes (norte y sur) y la no hidrosebrada sur el segundo año. Posiblemente, esta separación del resto de las zonas, en el dendrograma, de debe a que se trata de las condiciones menos favorables: edades relativamente jóvenes y, en el caso de la orientación sur, con mayor estrés hídrico. Dejando a un lado las zonas 2RNN8, para cuya localización no se encuentra explicación aparente, el aislamiento de 1ASH3 se puede deber a que se trata de las peores condiciones tras el grupo de no hidrosiembra (1ASN3, 2ASN4, 1ANN3). El resto de las zonas aparecen repartidas en dos grupos. Por un lado, a un nivel de similitud del 50 %, se agrupan las muestras de mayor edad, sin distinción en función de la aplicación o no de hidrosiembra, el tipo

de sustrato o la orientación. Dentro de este grupo, las muestras más viejas (3RNH9 y 3RNN9) aparecen a su vez separadas del resto. Por otro lado, aparecen las zonas jóvenes, a un nivel de similitud próximo al 65 %, existiendo una separación entre las muestras más jóvenes (de 3 y 4 años de edad) y el resto, que a su vez, se encuentran agrupadas en función de la orientación y no del tratamiento.



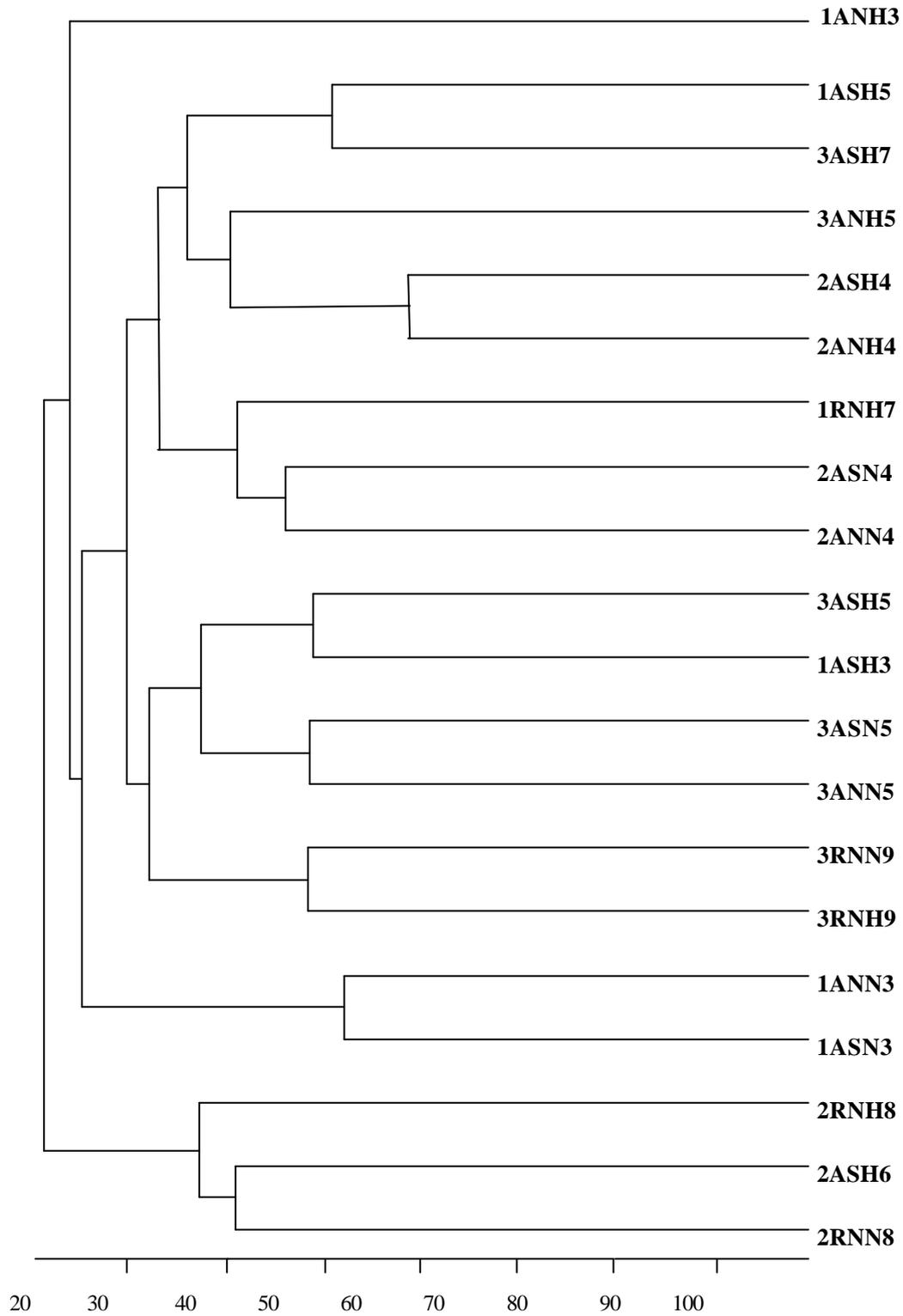
**Figura 107.** Similitud cualitativa (en porcentaje) entre todas las muestras.

En el análisis cuantitativo (**Figura 108**) se observa que algunas de las muestras de mayor edad (2RNH8, 2ASH6 y 2RNN8), entre las que el nivel de similitud es del 50 %, se separan del resto, y son las correspondientes al segundo año de muestreo, independientemente de la aplicación o no de hidrosiembra, del tipo de sustrato o de la orientación. La siguiente muestra en incorporarse es 1ANH3, es decir, lo más joven hidrosechado norte muestreado el primer año, seguida de las muestras 1ANN3 y 1ASN3, correspondientes a lo más joven no hidrosechado, muestreado también el primer año. Para la localización de la muestra 1ASH3 no se encuentra explicación. El resto de las muestras aparecen agrupadas en dos bloques, uno de ellos con predominio de muestras tomadas el segundo año de muestreo, y el otro con predominio de las muestreadas el tercer año.

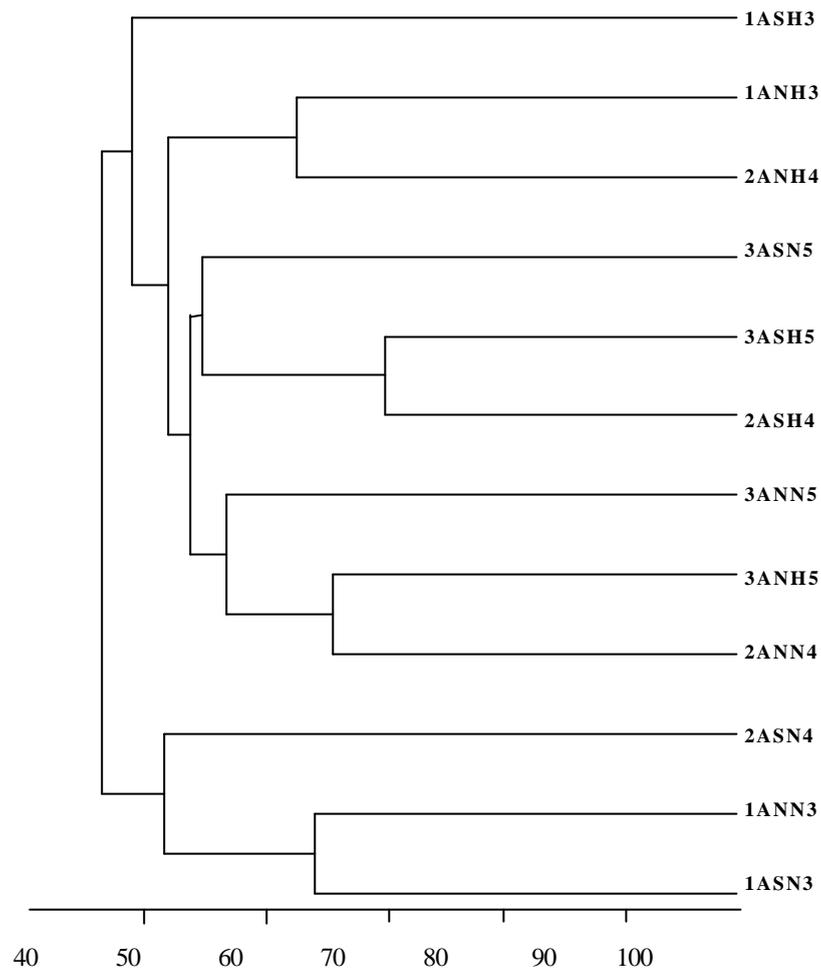
Estos resultados ponen de manifiesto la importancia que, desde un punto de vista cuantitativo, tiene la diferente meteorología de los años de muestreo, sobre la composición florística. Además, se observa la separación entre zonas con hidrosiembra y sin hidrosiembra, más claramente para los datos de la BFC, y sobre todo a los 3 años. A los 9 años, igual que ocurría en el análisis cualitativo, la afinidad con-sin hidrosiembra ha aumentado, lo que confirma una vez más la idea de que las diferencias que la hidrosiembra haya podido introducir, en un principio, en cuanto a composición específica, se diluyen con el paso del tiempo. También se observa que la afinidad norte-sur es algo menor en las zonas hidrosechadas que en las no hidrosechadas, excepto el segundo año de muestreo.

#### 4.8.2.- Análisis de Afinidad para la BFC.

En la **figura 109** se recoge el dendrograma correspondiente al **análisis cualitativo** de afinidad, únicamente con las 12 muestras de la BFC. Igual que se observaba en la **Figura 107**, ahora también son las muestras más jóvenes sin hidrosiembra las últimas en incorporarse al dendrograma, a un nivel de similitud ligeramente superior al 45 %, posiblemente por tratarse, como se ha indicado anteriormente, de las condiciones más extremas. Después, a un nivel de similitud del 50 %, se incorpora lo más joven hidrosechado sur (1ASH3), seguido de lo más joven hidrosechado norte (1ANH3 y 2ANH4), a un nivel de similitud del 53 %. El resto de las muestras aparecen agrupadas, a un nivel de similitud del 55%, en dos bloques, en función de la orientación, como sucedía en el análisis de afinidad global (**Figura 107**).

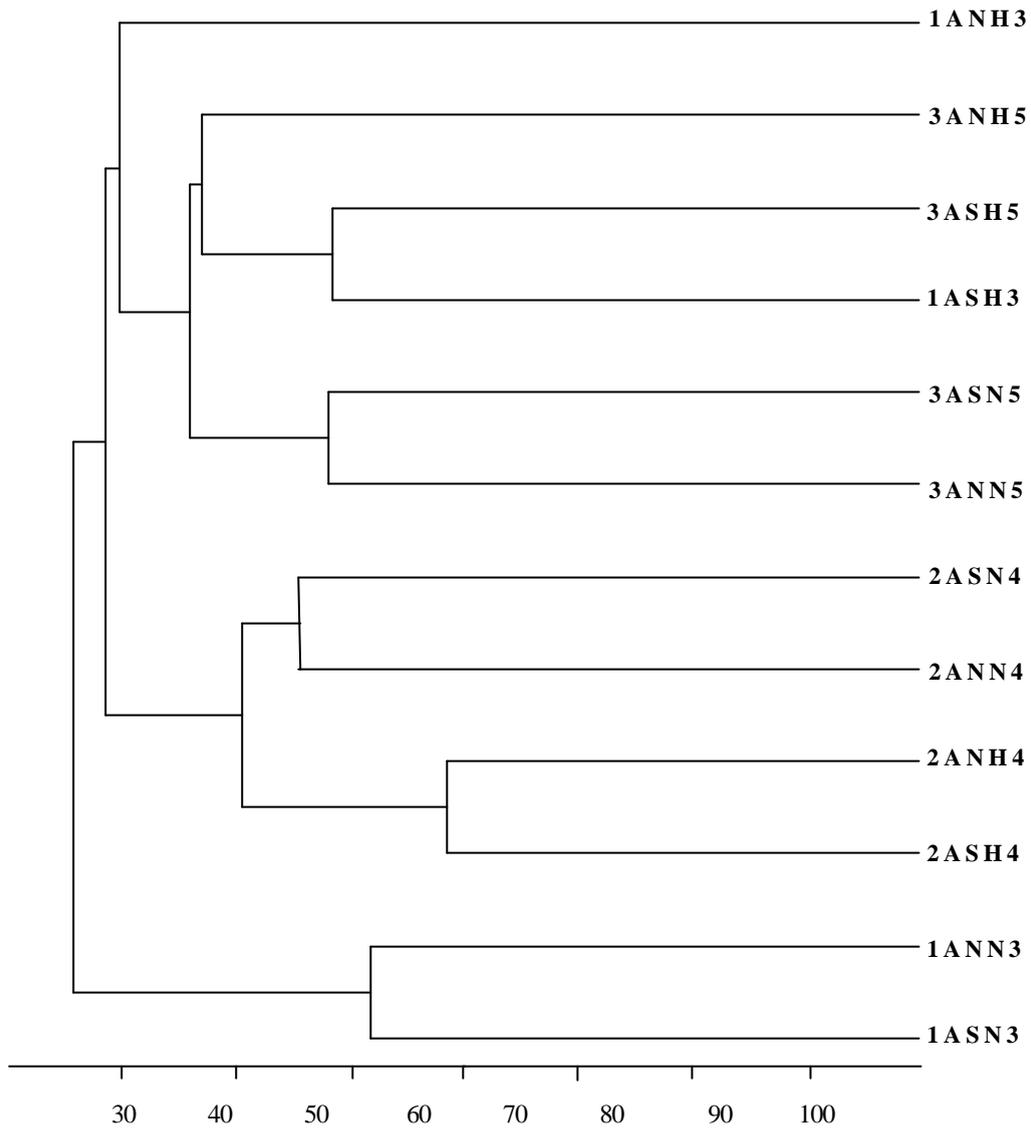


**Figura 108.** Similitud cuantitativa (en porcentaje) entre todas las muestras.



**Figura 109.** Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de la BFC.

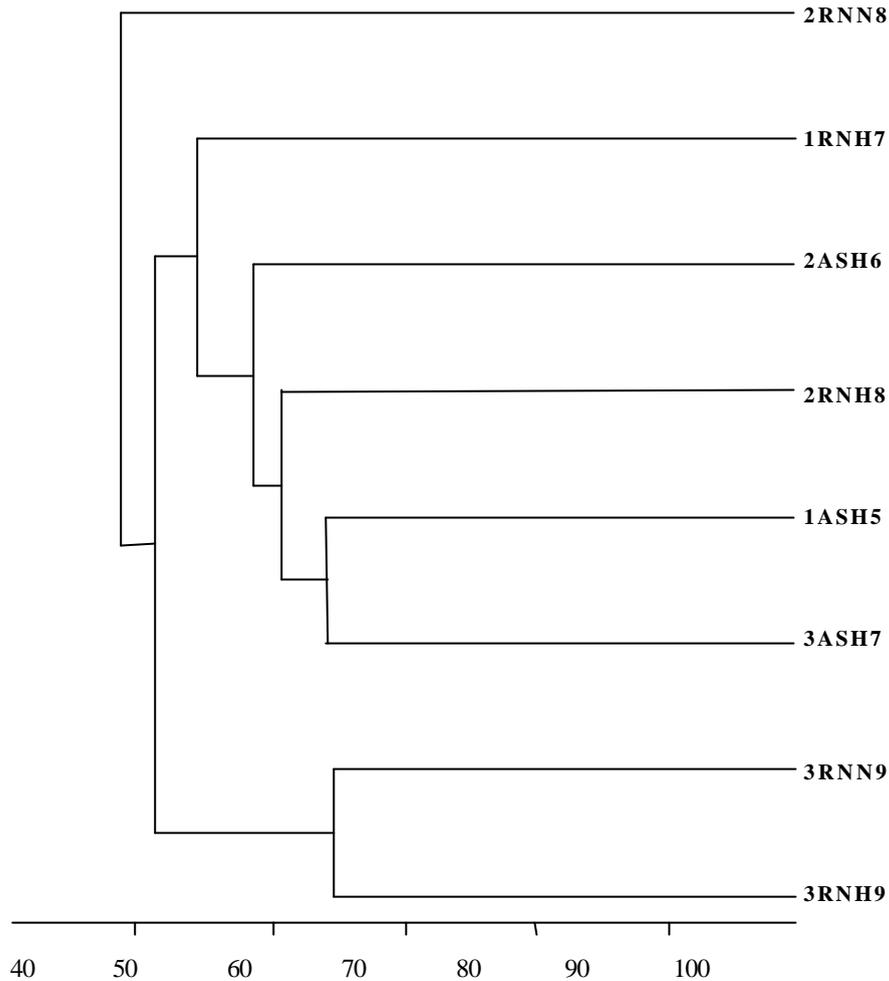
En el análisis de afinidad semicuantitativo (Figura 110) se pone de manifiesto de forma más evidente la influencia del año de muestreo. El primer año de muestreo las zonas no hidrosebradas, entre las que existe una afinidad en torno al 50 %, se encuentran muy alejadas del resto. El resto de las muestras aparecen distribuidas en dos grupos. Todas las zonas muestreadas el segundo año (4 años de edad) aparecen agrupadas en torno a un nivel de similitud del 40 %, y ordenadas según el tratamiento. Las muestras tomadas el tercer año (5 años de edad) aparecen agrupadas en torno a un nivel de similitud ligeramente inferior al 40 %, estando también ordenadas según el tratamiento, y siendo mayor la afinidad norte-sur sin hidrosiembra que con ella, a diferencia de lo que ocurría el segundo año de muestreo.



**Figura 110.** Similitud cuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de la BFC.

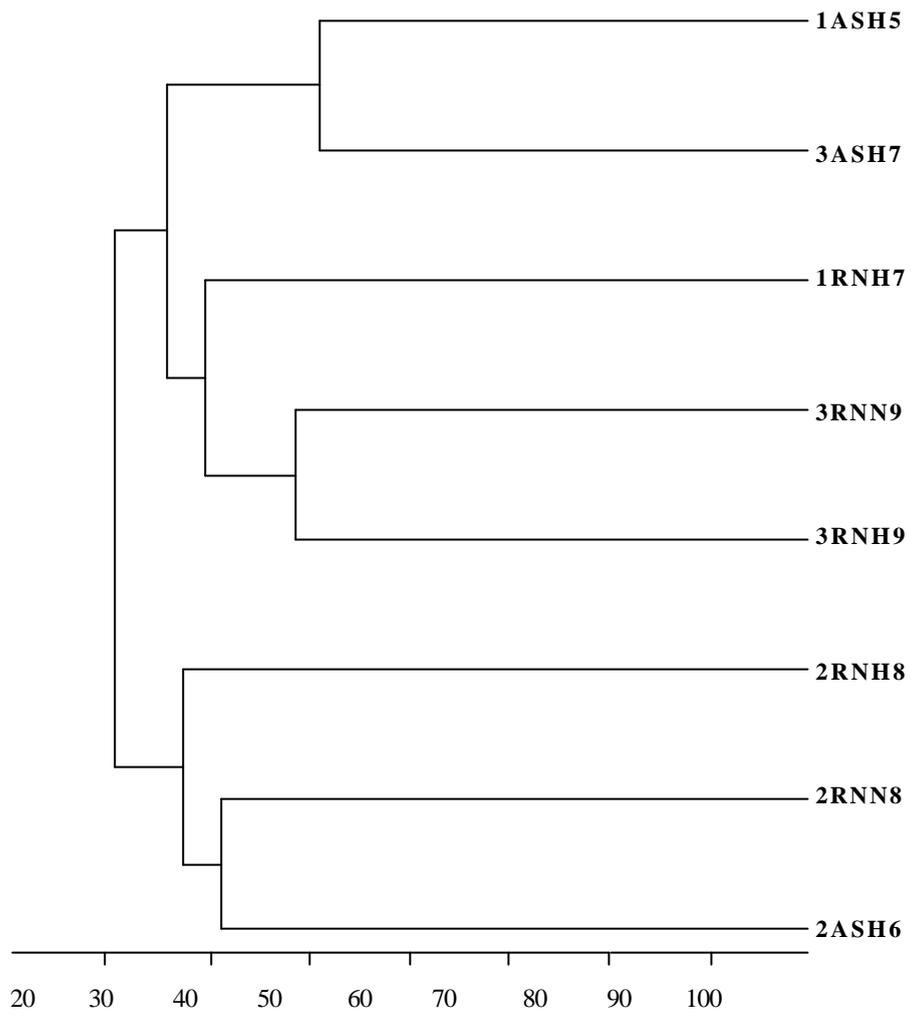
#### 4.8.3.- Análisis de Afinidad de Fe-3-1.

En el análisis de afinidad cualitativo correspondiente a las zonas más viejas (Figura 111) no se observa nada que merezca ser destacado y que no se haya visto ya en el en análisis de afinidad global cualitativo.



**Figura 111.** Similitud cualitativa (en porcentaje) entre las muestras de Fe-3-1.

No obstante, en el análisis cuantitativo (Figura 112), si bien la agrupación es igual que el análisis semicuantitativo global, permite ver más claramente la agrupación de las zonas según el año de muestreo. Las zonas muestreadas el segundo año aparecen por un lado y las muestreadas el primer o tercer año aparecen por otro. Parece ser, por tanto, que las diferentes condiciones meteorológicas de los años de muestreo introducen diferencias en la composición específica, fundamentalmente de tipo cuantitativo. Además en el grupo formado por las muestras de 1 y 3 años se observa también una agrupación de éstas según la orientación.



**Figura 112.** Similitud cuantitativa (en porcentaje) entre las muestras de Fe-3-1.

## 5.- DISCUSIÓN.

Como ya se ha puesto de manifiesto en el apartado “[Antecedentes de Investigación](#)” (página 18 y siguientes, de la presente memoria), uno de los primeros pasos a seguir al acometer la restauración de escombreras mineras es la selección de las especies más adecuadas; otro paso, también muy importante, es la elección del método para el establecimiento de las mismas. En la práctica, ambos aspectos están a su vez determinados por la naturaleza del sustrato minero a restaurar, por las peculiaridades climáticas de la zona, por la disponibilidad de semillas y/o plantas en el mercado y, también, por el objetivo que se pretenda con la restauración (restauración propiamente dicha o recuperación) y presupuesto económico destinado a tal fin.

Respecto a las especies más adecuadas, son preferidas las especies autóctonas a las alóctonas, porque es más probable que encajen en el funcionamiento global del ecosistema y que estén climáticamente adaptadas. Además, en ocasiones, algunas especies alóctonas se han convertido en verdaderas plagas al ser introducidas en determinadas circunstancias (BICRAM, 1987). Sin embargo, el hecho de que una determinada especie no se encuentre de forma natural en una zona no significa que no pueda establecerse y prosperar con éxito en ella. Así, Sagar y Harper (1960) (tomado de Begon *et al.*, 1988) sembraron tres especies del género *Plantago* en una zona en la que las tres especies estaban ausentes y las tres formaron poblaciones a partir de las semillas introducidas. La explicación que propusieron para la ausencia de dichas especies en ese hábitat era, sencillamente, que las semillas no se habían dispersado naturalmente hasta allí. No obstante, esto no significa que cualquier especie pueda establecerse y prosperar en cualquier lugar, una vez que consiga llegar a él, pues no todos los hábitats le son favorables.

Sin embargo, en nuestro estudio, la hidrosiembra no consiste simplemente en la adición de semillas, sino que intervienen también otros factores que van a influir en el éxito o fracaso de las especies introducidas (autóctonas o no). Estos factores son la adición de fertilizantes, microorganismos edáficos y agua en el momento de su aplicación. Las mejoras del sustrato probablemente favorezcan más a unas especies que a otras, y con ello se producirá un desarrollo desigual e independiente del aporte de semillas.

Así, *Cytisus multiflorus* es un claro ejemplo de especie autóctona no introducida en la hidrosiembra que experimenta una proliferación considerablemente mayor en las zonas

hidroseembradas frente a las no hidroseembradas, posiblemente, por las mejores condiciones del sustrato. Quizás, también haya podido influir la mayor proximidad de enclaves “naturales” con plantas grandes de *C. multiflorus* (productoras de semillas), en las zonas hidroseembradas de la BFC que en las no hidroseembradas. No obstante, *C. multiflorus*, está presente, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, y en las zonas hidroseembradas su distribución es por todo el talud, no únicamente en las zonas más bajas (a las que llegarían antes las semillas externas), lo que indica que posiblemente las semillas de *C. multiflorus* ya estaban en el sustrato de recubrimiento de la BFC (la cantera de arcosas está tapizada de esta especie). Aunque *C. multiflorus* también ocupa de forma importante la parte inferior del talud en zonas hidroseembradas, no implica necesariamente que provenga de zonas “naturales” próximas, puesto que debido a la pendiente en la parte inferior del talud se acumulan no sólo material arrastrado por lavado, sino posiblemente también mayor cantidad de los componentes que acompañan a las semillas en la hidrosiembra.

Por su parte, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *Lolium rigidum*, constituyen ejemplos de especies autóctonas introducidas que presentan mayor cobertura en las zonas hidroseembradas, tal vez por la introducción de más semillas (también están presentes de forma importante en ausencia de hidrosiembra), pero probablemente por las mejores condiciones del sustrato que conlleva la práctica de la hidrosiembra. Según Sagar y Harper (1960) (tomado de Begon *et al.*, 1988), la adición de semillas de una especie que forma ya parte de una comunidad, permitía que esta especie se estableciera con bastante rapidez, pero hasta el mismo nivel de densidad que presentaban las áreas que no habían recibido semillas adicionales.

Por otro lado, las especies *Festuca arundinacea*, *Lupinus* sp. y *Medicago sativa* son ejemplos de especies alóctonas, asociadas a la aplicación de hidrosiembra que, sin embargo, no prosperan más allá de los dos, tres o cuatro años, respectivamente, tras su aplicación. En general, la mayoría de las especies alóctonas introducidas ni siquiera se han encontrado en nuestros muestreos.

Tras los primeros muestreos llevados a cabo en la BFC en primavera de 1994, eran muy pocas las especies introducidas en la hidrosiembra que habían permanecido. Sin embargo, aparecían especies pertenecientes al mismo género pero con distinto nombre específico como: *Avena sterilis*, *Poa bulbosa*, *Agrostis castellana*, *Lavandula stoechas* y *Cytisus multiflorus*. Por ello, se planteó la posibilidad de que hubiera algún error en la nomenclatura utilizada para identificar a las especies de la mezcla.

Afortunadamente, dentro del Plan de Restauración y Revegetación que ENUSA lleva a cabo en Saelices, se recoge un informe referente a la composición florística que, tras la primavera siguiente a la hidrosiembra, presentaban las zonas tratadas en otoño de 1992. Dicha información aparece recogida en la tabla 66.

**Tabla 66.** Composición florística, tras la primavera, de las zonas hidrosembreadas en otoño de 1992.

ESPECIES	PRESENCIA (nº plantas/m <sup>2</sup> )
<b>De las inicialmente presentes en la mezcla:</b>	
<i>Avena sativa</i>	0,2
<i>Lupinus angustifolius</i>	0,5
<i>Lupinus hispanicus</i>	0,1
<i>Lupinus bicolor</i>	0,7
<i>Lupinus arboreus</i>	0,0
<i>Festuca ovina/Festuca rubra</i>	6,2
<i>Agrostis</i> sp.	75,3
<i>Medicago sativa</i>	2,5
<i>Trifolium repens</i>	1,4
<i>Lolium rigidum</i>	1,0
<i>Lolium perenne</i>	0,2
<i>Poa pratensis</i>	22,8
<i>Dactylis glomerata</i>	5,6
<i>Lotus corniculatus</i>	0,0
<i>Retama</i> sp.	0,1
<i>Cytisus scoparius</i>	0,2
<b>Otras especies presentes :</b>	
<i>Ornithopus compressus</i>	0,3
<i>Erodium</i> sp.	1,9
<i>Cirsium arvense</i>	0,8
<i>Eryngium campestree</i>	0,3
<i>Bromus</i> sp.	0,4
<i>Onobrychis sativa</i>	0,3
<i>Senecio jacobaea</i>	0,08
<i>Vicia</i> sp.	0,3
<i>Rumex</i> sp.	0,5
Tréboles anuales	1,6
Gramíneas efímeras anuales	16,0
Boragináceas	0,2
<i>Hirschfeldia incana</i>	1,1
otras	9,0

Datos proporcionados por E.N.U.S.A.

Comparando esta información se llegó a la conclusión de que sencillamente algunas de las especies introducidas no prosperaron más allá de la primavera siguiente a la hidrosiembra y, por ese motivo, no se han encontrado en nuestros muestreos, cuando habían transcurrido ya dos ó más años desde su aplicación.

Teniendo en cuenta el bajísimo número de especies alóctonas encontradas en los muestreos, y el poco tiempo que han logrado permanecer con valores de cobertura relativamente importantes, se deduce que la mezcla de semillas de la hidrosiembra no ha sido la más adecuada a las características del área de estudio.

En cuanto a la aplicación de la técnica de hidrosiembra, puede estar justificada si se considera que, desde un punto de vista teórico, con su aplicación se pretende no tanto la introducción de especies nuevas como el hecho de que el desarrollo de éstas limite el problema de la erosión, desde los primeros estadios de la sucesión, facilitando el crecimiento posterior de las especies autóctonas (presentes bien en el propio banco de semillas del suelo, si existe, bien en las zonas próximas), gracias a los aportes de materia orgánica y al enriquecimiento en nitrógeno de los suelos. No obstante, debido a su alto coste económico, sería muy interesante, de cara al futuro, estudiar si es posible alcanzar ese objetivo a través de otras técnicas de menor coste económico, como la siembra y/o plantación manual (Fernández Abascal *et al.*, 1997; Fernández Bayon *et al.*, 1987; Ibañez *et al.*, 1993-94) con adición de enmiendas orgánicas (Ibañez *et al.*, 1993-94), fertilizantes (Fernández Bayon *et al.*, 1987) u otros componentes, en caso de que fuera necesario. Si eso fuera posible, su aplicación quizás debería limitarse, sobre todo en caso de bajo presupuesto, a zonas que por sus peculiaridades (difícil acceso, grandes dimensiones, elevada pendiente) impidan la utilización de cualquier otra técnica de revegetación.

Otro aspecto a considerar es si este tipo de prácticas interfieren en la recuperación natural y, en consecuencia, si alteran la composición florística a la que tiende la comunidad. Existen opiniones distintas al respecto determinadas, probablemente, por el tipo de ensayo llevado a cabo.

Fernández Abascal *et al.* (1997), en su ensayo de siembra de herbáceas en la recuperación post-fuego de un brezal, apuntan a que las especies por ellos ensayadas (variedades comerciales de especies presentes en la zona) cumplen su función de proteger el suelo con su rápido recubrimiento inicial y al mismo tiempo no interfieren en la recuperación natural, ni probablemente alterarán la

composición florística final del ecosistema, aunque consideran preciso prolongar el estudio hasta que se recupere la estructura anterior al incendio, para afirmar esto último con seguridad.

Ibañez *et al.* (1993-94), en un estudio de regeneración de suelos en cultivos abandonados mediante el uso de lodos y cubiertas vegetales, observan que la regeneración espontánea se ve ligeramente alterada por los lodos.

En nuestro estudio, los resultados obtenidos permiten concluir que aunque la hidrosiembra introduzca, en los primeros años tras su aplicación, diferencias en la composición específica, posteriormente este efecto se diluye, como pone de manifiesto el aumento de similitud (cualitativa y cuantitativa) entre tratamientos con el paso del tiempo. Además, la similitud florística (cualitativa y cuantitativa) entre los 9 años (edad máxima disponible) y la dehesa de referencia es, en ambas orientaciones, algo mayor con hidrosiembra que sin ella. Por ello, parece que hidrosiembra, lejos de interferir en la recuperación natural, acelera el proceso de sucesión hacia la comunidad de referencia. En consecuencia no parece que vaya afectar a más largo plazo a la composición florística de la comunidad.

Teniendo en cuenta que la mezcla de semillas introducidas en la hidrosiembra la constituyen, fundamentalmente, especies perennes enraizantes pertenecientes, casi exclusivamente, a las familias *Gramineae* y *Leguminosae*, parece lógico que, en un principio, la hidrosiembra introduzca diferencias en la composición florística, respecto a zonas no hidrosembadas. Sin embargo, las diferencias en cuanto a anuales/perennes y gramíneas/leguminosas con y sin hidrosiembra no se deben tanto a la proporción de especies pertenecientes a los distintos grupos, ya que son muy pocas las especies alóctonas que logran prosperar, sino a los porcentajes de cobertura que representan las autóctonas; esto se debe posiblemente, a las mejoras del sustrato que conlleva la práctica de la hidrosiembra, tal vez más que al aporte de semillas de especies autóctonas.

Así, apenas hay diferencia en la proporción de especies perennes con y sin hidrosiembra, mientras que debido, posiblemente, a la mejora de las condiciones del sustrato con hidrosiembra, las especies perennes presentes sean más competitivas frente a las anuales en las zonas con hidrosiembra, manifestándose en mayores porcentajes de cobertura relativa de perennes, en general, en las zonas hidrosembadas, por lo menos de los tres a los cinco años de edad (de 2 a 4 años tras su aplicación); el efecto inicial desaparece con los años, ya que para las edades más

avanzadas disponibles (máximo 9 años) no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la cobertura de perennes con y sin hidrosiembra.

El mayor predominio de perennes en las zonas hidrosembradas se debe fundamentalmente a especies autóctonas (también presentes en las zonas no hidrosembradas), algunas de las cuales (*Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Lolium rigidum*) además han sido introducidas en la hidrosiembra. Sólo a los 3 años de edad (2 años tras la hidrosiembra) se encuentra alguna perenne alóctona, como es el caso de *Festuca arundinacea*, en el norte, por lo que a esa edad la cobertura de perennes es todavía mayor en la zona norte hidrosembrada. A partir de los 3 años, la cobertura de perennes sigue una tendencia descendente, primero por la desaparición de las pocas perennes alóctonas que han resistido, y después, porque la mejora de las condiciones-recursos que conlleva la hidrosiembra se va perdiendo, por lo que el incremento de cobertura de las especies perennes autóctonas, en las zonas hidrosembradas se estabiliza. Como además, en las zonas no hidrosembradas aumenta con el paso del tiempo la cobertura de perennes, se reducen las diferencias de cobertura con-sin hidrosiembra, no encontrándose significación estadística a los 9 años de edad.

En el caso del conjunto gramíneas-leguminosas, tampoco se aprecia una gran diferencia (excepto a los tres años de edad), en el porcentaje de número de especies, en función de la aplicación o no de hidrosiembra, aunque sí se observa con mayor claridad el predominio del conjunto gramíneas-leguminosas, en cuanto a porcentaje de cobertura, cuando se aplica hidrosiembra, pero sólo en las edades más jóvenes. Así, en cuanto a cobertura destacan gramíneas en las zonas hidrosembradas norte, sobre todo a los 3 años de edad (significación estadística). Sobre las leguminosas el efecto de la hidrosiembra es menos claro (menor significación), aunque parece que su cobertura es mayor con hidrosiembra que sin hidrosiembra, sobre todo en la orientación sur. Además, las leguminosas se ven fuertemente afectadas por el año de muestreo; el segundo fue más seco y provocó un descenso de la cobertura de leguminosas en la orientación sur (mayor déficit hídrico), mayor sin hidrosiembra que con ella. El efecto de la hidrosiembra sobre los grupos taxonómicos *Gramineae* y *Leguminosae* se diluye con el paso del tiempo.

La aplicación de hidrosiembra contribuye, en ambas orientaciones, a incrementar, en un principio, la diversidad respecto a la situación sin hidrosiembra, aunque posteriormente estas diferencias se diluyen. Este incremento de la diversidad se debe en gran parte a la componente

riqueza, pero no por la introducción de especies con la hidrosiembra, sino por la proliferación de especies autóctonas debida a las mejores condiciones-recursos que conlleva la aplicación de ésta. Por otro lado, la aplicación de hidrosiembra reduce, en un principio, las diferencias en los valores de diversidad debidas a la orientación, mientras que en edades más avanzadas, al diluirse el efecto de la hidrosiembra, vuelven a aparecer estas diferencias, como sucede si no se aplica hidrosiembra.

La tendencia ascendente de la diversidad con el tiempo, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, se corresponde, en ambas orientaciones, con una tendencia decreciente de los valores de dominancia relativa. El menor número de especies que constituyen el 70% de la cobertura total se alcanza en todos los casos (con y sin hidrosiembra, orientación norte y sur) a los 3 años de edad (2 años tras la aplicación de la hidrosiembra); para el resto de las edades los valores de dominancia relativa y el número de especies que constituyen el 70% de la cobertura total se aproximan bastante a los de la Escombrera de tierra vegetal y la dehesa de referencia, excepto en la zona sur no hidrosemburada que consta de una serie temporal muy corta.

El hecho de que en el análisis HJ-Biplot, para la totalidad de las zonas seleccionadas (Figura 99), sea la edad el factor de variación que mayor variabilidad explica, corrobora una vez más la pérdida de influencia de la hidrosiembra, con el paso del tiempo, sobre la composición específica de una zona. Si bien no de forma tan patente, este resultado también se pone de manifiesto en el análisis de afinidad global (cualitativo y cuantitativo); a los 9 años el nivel de similitud entre tratamientos ha aumentado considerablemente respecto a las edades anteriores. Además, el análisis de afinidad cuantitativo pone de manifiesto la influencia de la meteorología de los años de muestreo sobre la composición florística. Después de la edad, la hidrosiembra es el factor que más variabilidad explica, dentro de los estadíos más jóvenes, como muestran los dendrogramas correspondientes. Dentro de las zonas hidrosembradas se encuentran a su vez diferencias con la orientación aunque prácticamente sólo a los 3 años de edad. Las diferencias con la orientación en zonas no hidrosembradas son menores. En las edades más avanzadas disponibles, cuando ya se ha perdido el efecto de la hidrosiembra, es la orientación el factor que más variabilidad explica.

En base a los resultados obtenidos, a continuación se propone una clasificación de las especies desde dos puntos de vista: según el estadio sucesional en el que cobran importancia, y según sean recomendables o no para formar parte de la mezcla de semillas de la hidrosiembra.

**La Primera Clasificación** se basa en la capacidad de las especies de plantas para establecerse en los taludes de escombreras, en distintos estadios de la sucesión, siempre que hayan conseguido llegar. Para ello se distinguen fundamentalmente tres categorías:

- 1) Especies características de los estadios iniciales (ruderales).
- 2) Especies características de los estadios más avanzados (tolerantes al estrés y competitivas).
- 3) Especies indiferentes a la edad (generalistas).

#### **1) Especies características de los estadios iniciales:**

Dentro de esta categoría se hace, a su vez, una distinción entre:

- a) especies más competitivas en los sustratos más pobres (las más ruderales).
- b) especies menos competitivas en los sustratos más pobres.
- c) especies indiferentes a la hidrosiembra.

- a) Las especies colonizadoras iniciales más competitivas en los sustratos más pobres serán aquellas que cobren importancia en ausencia de hidrosiembra, pero que también estén presentes cuando se aplica ésta, para tener seguridad de que hayan podido llegar en ambas circunstancias. Se trata de especies tales como: *Aira caryophylla*, *Bromus hordeaceus*, *Corrigiola litoralis*, *Chamaemelum mixtum*, *Chondrila juncea*, *Lactuca* sp., *Plantago coronopus*, *Spergularia rubra*, *Trifolium arvense*, *Trifolium glomeratum* y *Vulpia ciliata*.

Si a su vez se hace distinción según la orientación, considerando que en la orientación sur las especies han de soportar mayor estrés hídrico y, por ello, se trata de

condiciones más extremas que las encontradas en la orientación norte, las especies más representativas serían: *Aira caryophyllea*, *Chondrila juncea*, *Plantago coronopus* y *Trifolium arvense*.

- b) Las especies colonizadoras iniciales menos competitivas en los sustratos más pobres serán aquellas que cobren importancia cuando se aplique hidrosiembra, pero que también estén presentes en ausencia de ésta, para tener seguridad de que hayan podido llegar en ambas circunstancias. Se trata de especies tales como: *Andryala integrifolia*, *Anthyllis lotoides*, *Bellardia trixago*, *Bromus rigidus*, *Bromus tectorum*, *Cynodon dactylon*, *Cytisus multiflorus*, ***Dactylis glomerata***, *Echium plantagineum*, *Filago pyramidata*, *Holcus setiglumis*, *Hypochoeris radicata*, *Lavandula stoechas*, *Logfia gallica*, ***Lolium perenne***, *Lupinus* sp., *Poa bulbosa*, *Rumex acetosella*, *Trifolium striatum* y *Vulpia myuros*.

Sólo de las que aparecen en negrita se han añadido semillas en la hidrosiembra, y de ellas sólo *Lupinus* sp. es alóctona. Esto indica que las especies que se han visto favorecidas por la hidrosiembra no son las alóctonas, sino especies autóctonas (fundamentalmente no introducidas) cuyas semillas han podido dispersarse de forma natural hasta allí, o ya estaban presentes en el sustrato de recubrimiento de los taludes.

Si a su vez se hace distinción según la orientación, la orientación norte, donde las especies están sometidas a menor estrés hídrico, representa, en este caso, las condiciones menos desfavorables. Las especies más representativas serían: *Andryala integrifolia*, *Bellardia trixago*, *Bromus rigidus*, *Bromus tectorum*, *Cynodon dactylon*, *Cytisus multiflorus*, *Dactylis glomerata*, *Filago pyramidata*, *Holcus setiglumis*, *Hypochoeris radicata*, *Lolium perenne* y *Rumex acetosella*.

- c) Las especies colonizadoras iniciales indiferentes a la hidrosiembra, e independientemente de la orientación, serán aquellas que estén presentes en ambas orientaciones y tratamientos, en las edades iniciales, con valores de importancia similares. La única especie característica sería *Lolium rigidum*. Si se hace distinción entre orientaciones, la

especie *Bromus madritensis* podría considerarse como colonizadora de los estadios iniciales indiferente al tratamiento pero asociada a la orientación sur.

Dentro de las especies colonizadoras de los estadios iniciales, *Conyza* sp., *Carduus carpetanus* y *Lotus subbiflorus* no pueden incluirse con seguridad en el apartado a) puesto que aunque son exclusivas de los primeros estadios de la sucesión cuando no se aplica hidrosiembra, no están presentes en ausencia de ésta, por lo que no se sabe si es que no han llegado a las zonas hidrosembreadas, o si habiendo llegado no han logrado establecerse y prosperar.

Lo mismo sucede con las especies: *Arrhenaterum elatius*, *Briza maxima*, *Crepis vesicaria*, *Crucianella angustifolia*, *Festuca arundinacea*, *Lathyrus angulatus*, *Linaria spartea*, *Senecio gallicus* y *Trisetum ovatum*, características de zonas hidrosembreadas y orientación norte, y con las especies: *Biserrula pelecinus*, *Eryngium campestre*, *Gaudinia fragilis*, *Reseda luteola*, *Silene gallica* y *Trifolium tomentosum*, características de zonas hidrosembreadas sur, que no pueden incluirse en el apartado b) porque no se han encontrado en las zonas no hidrosembreadas, no pudiendo saber si es que realmente no han llegado o si, sencillamente no han logrado establecerse.

De estas especies sólo *Festuca arundinacea* ha sido introducida en la mezcla de semillas de la hidrosiembra.

## 2) Especies colonizadoras de los estadios más avanzados:

En este caso, teniendo en cuenta que en el HJ-Biplot global se pone de manifiesto la pérdida de influencia de la hidrosiembra, con el paso del tiempo, sobre la composición específica de una zona, no tiene sentido hacer distinción entre a), b) y c) como se ha realizado en el apartado 1). Se puede decir, por tanto, que las especies que se incluyen en apartado 2) son indiferentes al tratamiento y a la orientación, aunque eso sí, asociadas a los estadios más avanzados disponibles de la sucesión (máximo 9 años). No obstante, conviene distinguir entre aquellas especies que se asocian a las edades más viejas porque no estaban presentes en las más jóvenes: *Aegilops triuncialis*, *Alyssum granatense*, *Centaurea ornata*, *Centranthus calcitrapae*, *Daucus carota*, *Galium aparine*, *Galium parisiense*, *Hordeum murinum*, *Linaria saxatile*, *Linum bienne*, *Misopates orontium*, *Papaver hybridum*, *Papaver rhoeas*, *Sherardia arvensis*, *Silene inaperta*,

*Vicia sativa*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Carduus tenuiflorus*, *Rumex induratus* y *Vicia benghalensis*, de las cuales las 4 últimas están cuantitativamente bien representadas, y aquellas que son características de las edades avanzadas porque, aun estando presentes en las edades más jóvenes, es ahora cuando cobran importancia: *Anthemis arvensis*, *Anthyllis cornicina*, , *Leontodon taraxacoides*, *Medicago stiva*, *Petrorrhagia nanteuilli*, *Sonchus oleraceus*, *Taeniatherum caput-medusae*, *Tolpis barbata* y *Trifolium angustifolium*.

### 3) Especies indiferentes a la edad, para el intervalo de 3 a 9 años:

*Avena sterilis*, *Crepis capillaris*, *Ornithopus compressus*, *Ornithopus perpusillus* y *Vulpia bromoides*.

**La Segunda Clasificación** tiene por objeto determinar el listado de especies más adecuadas para utilizar en futuras prácticas de revegetación, de zonas con características similares a las estudiadas dentro de Mina Fe. Para ello, se distinguen básicamente tres categorías:

- 1) Especies no recomendables.
- 2) Especies recomendables para estadíos iniciales.
- 3) Especies recomendables para estadíos más avanzados.

#### 1) Especies no recomendables:

Se consideran especies no recomendables aquellas que se introdujeron en la hidrosiembra (ver [lista de especies](#) página 387) y no aparecen en los muestreos, pues esto indica que no han logrado resistir más allá del primer año tras la siembra. Se trata de especies como: *Agrostis stolonifera*, *Avena sativa*, *Cytisus scoparius*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Lavandula pedunculata*, *Lotus corniculatus* y *Poa pratensis*. Tampoco sería recomendable *Trifolium*

*repens* pues, aunque se encuentra en los muestreos el primer año, apenas contribuye a la cobertura total.

## 2) Especies recomendables para estadíos iniciales:

Se consideran especies recomendables para los estadíos iniciales de la sucesión aquellas especies introducidas en la hidrosiembra, que alcanzan, en ambas orientaciones, mayores valores de cobertura en las edades iniciales, más las que sin haber sido introducidas en la mezcla de semillas alcanzan importantes valores de cobertura, en esas edades, en ambas orientaciones y tratamientos. Se trata de especies tales como: *Andryala integrifolia*, *Anthyllis lotoides*, *Bromus rigidus*, *Bromus tectorum*, *Cynodon dactylon*, *Cytisus multiflorus*, *Chamaemelum mixtum*, *Dactylis glomerata*, *Hypochoeris radicata*, *Lolium perenne*, *Lolium rigidum*, *Plantago coronopus*, *Rumex acetosella*, *Spergularia rubra*, *Trifolium arvense*, *Trifolium glomeratum*, *Trifolium striatum*, *Vulpia ciliata* y *Vulpia bromoides*.

Además existen otras especies, como *Festuca arundinacea* y *Vulpia myuros*, que aparecen asociadas a los estadíos iniciales pero en la orientación norte, y otras, como *Lupinus* sp., *Echium plantagineum* y *Lavandula stoechas*, que aparecen asociados a los estadíos iniciales en la orientación sur.

## 3) Especies recomendables para estadíos más avanzados:

Se consideran especies recomendables para los estadíos más avanzados disponibles de la sucesión (máximo 9 años), aquellas introducidas en la hidrosiembra que alcanzan importantes valores de cobertura en esas edades, en ambas orientaciones, más aquellas no introducidas que alcanzan importantes valores de cobertura en ambas orientaciones y tratamientos. Se trata de especies tales como: *Agrostis castellana*, *Anarrhinum bellidifloium*, *Anthemis arvensis*, *Anthyllis cornicina*, *Carduus tenuiflorus*, *Leontodon taraxacoides*, *Medicago sativa*, *Petrorrhagia nanteuilli*, *Poa bulbosa*, *Retama monosperma*, *Retama sphaerocarpa*, *Rumex induratus*, *Sonchus oleraceus*, *Taeniatherum caput-medusae*, *Tolpis barbata*, *Trifolium angustifolium* y *Vicia benghalensis*.

Las especies *Avena sterilis*, *Cytisus multiflorus*, *Dactylis glomerata*, *Ornithopus compressus*, *Ornithopus perpusillus* y *Vulpia bromoides*, realmente se podrían considerar como recomendables en estadios tempranos y “avanzados” de la sucesión, pues alcanzan valores de cobertura relativa importantes desde el principio y los mantienen o incrementan con el paso del tiempo.

## **RESUMEN DE RESULTADOS**

## CAPÍTULO I

Un tamaño muestral de 8 cuadrados (de 0,25 m<sup>2</sup> de superficie) es suficiente para recoger entre el 80% y el 96% de las especies presentes en los distintos puntos de muestreo. Sólo sobre estéril joven norte se recoge un porcentaje de especies algo inferior (76%), mientras que en las edades más avanzadas de las series sobre estéril (19-21 años) se recoge el 100% de las especies presentes.

## CAPÍTULO II

En la dehesa de referencia (D) se han identificado un total de 98 especies pertenecientes a 25 familias; la familia *Leguminosae* (20 especies) es la más representada, seguida de *Gramineae* (18 especies), *Compositae* (14 especies) y *Caryophyllaceae* (8 especies); estas familias son las más representadas habitualmente en la dehesa salmantina. En la escombrera de tierra vegetal (ETV) se han encontrado 10 especies más que en D (108 en total) repartidas en 23 familias; en este caso la más representada es la familia *Compositae* (24 especies), seguida de *Gramineae* (20 especies), *Leguminosae* (16 especies y *Caryophyllaceae* (6 especies). Ambas zonas (D y ETV) comparten 67 especies.

Las comunidades herbáceas de ETV y D presentan grandes semejanzas. Se caracterizan por:

- Un claro predominio de especies anuales, en cuanto a número de especies, y en porcentaje de cobertura relativa sobre todo en la orientación sur, ya que en el norte predominan las perennes. En valores absolutos, la cobertura de anuales es mayor que la de perennes en el sur, de forma más marcada en años cuyas condiciones meteorológicas favorezcan la proliferación de pterófitos (años primero y tercero), mientras que en el norte la cobertura de ambos grupos es bastante similar, y apenas varía con los años.
- El grupo “otras familias” es el más representado, en cuanto a número de especies, en ambas zonas, y apenas varía con la orientación o el año de muestreo, como también sucede con compuestas y leguminosas. La proporción de gramíneas, sin embargo, es mayor en la orientación

norte. En cobertura relativa el grupo “otras” sigue siendo el mejor representado en D, mientras que en ETV son las gramíneas. En ambas zonas la cobertura relativa de gramíneas es mayor en la orientación norte y la de compuestas en la sur. Las leguminosas presentan mayor variabilidad según la orientación y el año de muestreo. En valores absolutos, la cobertura de gramíneas es mayor en el norte que en el sur, en ambas zonas; en ETV además la cobertura de leguminosas es también mayor en el norte que en el sur. En D la cobertura de “otras”, compuestas y leguminosas es mayor en la orientación sur que en la norte, mientras que en ETV no se observan diferencias con la orientación en el caso de compuestas y “otras”.

- La cobertura total es algo más alta en ETV que en D, aunque no se detectan claras diferencias según la orientación, ya que sólo se obtiene significación para algunos años y no coincide ni el año en que se detecta, ni en la orientación con mayor cobertura.
- Entre las especies leñosas presentes en D (*Cytisus multiflorus*, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Halimium umbellatum*, *Cistus salvifolius*, *Thymus mastichina*, *Retama sphaerocarpa* y *Lavandula stoechas*) y en ETV (*Cytisus multiflorus*, *Thymus mastichina*, *Rubus ulmifolius*, *Retama sphaerocarpa*, *Phagnalon saxatile*, *Lavandula stoechas*, *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Helychrisum stoechas*), las que alcanzan mayores porcentajes de cobertura son *Cytisus multiflorus* y *Quercus ilex* subsp. *ballota* (porte arbustivo). Ambas especies presentan en D mayor porcentaje de cobertura en la ladera norte que en la sur y ésta ha aumentado del primer al tercer año de muestreo, en ambas orientaciones. En ETV ambas leñosas están presentes y su presencia aumenta con los años, aunque no constituyen porcentajes de cobertura importantes como para ser estimados visualmente. No obstante, de cara al futuro se prevé un incremento de la cobertura de ambas leñosas, sobre todo de *Cytisus multiflorus* en la orientación norte, por ser esta especie muy abundante en la zona inferior de la ladera norte de ETV.
- La ausencia de dominancia se corresponde con altos valores de diversidad, en ambas zonas, sin que se aprecien diferencias con la orientación, a pesar de que la riqueza específica sea mayor en

la orientación norte que en la sur. Los mayores valores de diversidad aparecen asociados a los mayores valores de heterogeneidad espacial, que es algo mayor en D que en ETV.

- La composición florística varía mucho, dentro de cada zona, en función de la orientación y el año de muestreo, como indican las especies que constituyen el 70% de la cobertura total. Entre ambas zonas las diferencias son importantes, tanto si se consideran las especies que constituyen el 70% de la cobertura total, como el conjunto de ellas. En este último caso, las diferencias oscilan entre el 32-38% según la orientación y el año de muestreo.

### CAPÍTULO III

#### *Análisis de Afinidad*

Dada la gran heterogeneidad que existe dentro de cada escombrera, tanto por la topografía, orientación, sustrato de recubrimiento, como por la edad de los distintos vertidos, no se observa, en general, en los dendrogramas globales (cualitativo y semicuantitativo) una agrupación de las muestras en función de la escombrera a la que pertenecen. Si en algún caso concreto sucede esto, no es tanto por pertenecer a la misma escombrera sino, fundamentalmente, por la menor distancia física entre los puntos de muestreo, aunque también puedan darse otras circunstancias, como igual edad, sustrato y pendiente, o igual edad, pendiente y orientación. Es decir los mayores valores de similitud se dan entre muestras provenientes de un mismo asentamiento. No obstante, se dan algunos casos en los que también se alcanzan valores de similitud importantes entre muestras de puntos distintos, porque comparten muchas características y se encuentran próximos físicamente dentro de Mina Fe. En tercer lugar, no se observa una secuencia sucesional única e independiente del sustrato y de la orientación, sino varias, como resultado de la combinación de estos factores de variación. Se pone de manifiesto la naturaleza multifactorial del proceso de revegetación natural que ya ha sido puesto de manifiesto por distintos autores (Glen-Lewin, 1980; Gibson *et al.*, 1985).

En base a esta naturaleza multifactorial, los dendrogramas globales (cualitativo y semicuantitativo) permiten establecer una secuencia general de condiciones más a menos extremas. Así, cuanto más jóvenes son las zonas, sobre todo los dos primeros años, más severas son las

condiciones. Pero no es lo mismo un sustrato que otro, ni una orientación que otra, ni una pendiente que otra. Parece que el ripado presenta características más severas que las arcosas, y el estéril más aún que el ripado. La orientación sur presenta unas condiciones más extremas que la norte, en cuanto a disponibilidad hídrica para las plantas, y una pendiente de 37° más extremas que la de 17°. Esta secuencia se ve alterada en algunos casos por peculiaridades de los distintos puntos de muestreo, al tratarse de un muestreo sincrónico.

Los resultados obtenidos en los análisis de afinidad globales apoyan la agrupación -realizada *a priori* en base a la bibliografía- de los puntos de muestreo en 6 series sucesionales, considerando como factores de variación el sustrato (arcosas, ripado y estéril) y la orientación (norte y sur). En resumen, y siempre bajo el imperativo de las diferencias estructurales de edad entre conjuntos de muestras de cada serie, se puede generalizar sobre la facilidad de ordenación que se encuentra al contrastar este procedimiento de clasificación en una escala de tiempo, partiendo de la fiabilidad de los resultados ofrecidos por el dendrograma respecto a los coeficientes más elevados en la matriz de afinidad original.

En general para todas las series, se observa que las similitudes más altas tienden a presentarse hacia las edades más avanzadas, sobre todo entre muestras provenientes de un mismo asentamiento, siendo inferiores en las intermedias y sobre todo al principio de la sucesión (dos primeros años). Se detecta, por tanto, un relevo de las especies bastante brusco al principio (primeros dos años), y más atenuado a medida que ésta transcurre. Con todo, las peculiaridades recogidas en algunas muestras, basadas en las diferentes pendientes (17° y 37°), en la entrada local de arbustos (fundamentalmente *Cytisus multiflorus*), en los riegos asociados a las plantaciones de pinos, en la distancia respecto a la vegetación más próxima o en la separación física entre puntos, pueden proporcionar márgenes considerables de disimilitud para un mismo grupo de edad (dentro de cada serie y entre series), fundamentalmente en las fases intermedias y finales. Por otro lado, la introducción de semillas por siembra a voleo acentúa las diferencias entre orientaciones y/o entre años, sobre todo en las edades más tempranas de la sucesión

Dentro de la tendencia ascendente de los niveles de similitud (cualitativa y cuantitativa) a medida que avanza la sucesión, y siendo éstos mayores entre muestras provenientes de un mismo

asentamiento, existen diferencias según el sustrato. Así, sobre arcosas es mucho más clara esta tendencia, en ambas orientaciones, tanto en el análisis de afinidad cualitativo como cuantitativo. Sobre ripado, sin embargo, esta tendencia se ve más claramente en el análisis de afinidad cuantitativo que en el cualitativo, para ambas orientaciones. En el caso del estéril, la tendencia es mucho menos marcada que en los otros dos sustratos, tanto en el análisis cualitativo como cuantitativo, posiblemente debido a las peculiaridades propias del sustrato, junto a la mayor interrupción temporal de las series y menor homogeneidad de las muestras, en cuanto a pendiente y, sobre todo, grado de disgregación del material.

La diferente composición florística de tipo cualitativo debida simplemente a la localización de los puntos de muestreo (resto de características comunes) no se corresponde con grandes diferencias de tipo cuantitativo, pues las especies comunes se encuentran representadas por valores de importancia similares en ambos casos.

Considerando únicamente arcosas y ripado, dada la mayor interrupción temporal de las series sobre estéril, sobre todo en los primeros años, y su mayor heterogeneidad, se observa que para los dos primeros años de edad se detecta una menor afinidad (cualitativa y cuantitativa) entre sustratos (arcosas y ripado) que entre orientaciones (norte y sur) dentro del mismo sustrato. Además, las diferencias cualitativas con la orientación son menores sobre arcosas que sobre ripado, sobre todo el primer año, mientras que cuantitativamente son mayores sobre ripado que sobre arcosas, sobre todo el segundo año.

Tanto sobre arcosas como sobre ripado, la afinidad (cualitativa y cuantitativa) que existe entre las muestras de los dos primeros años tras el abandono es mayor en la orientación norte que en la sur, dentro de la pauta general de que son niveles de similitud muy bajos, sobre todo sobre ripado y en la orientación sur. En la orientación sur, la afinidad es menor debido, posiblemente, como ya se ha explicado, a las dimensiones del talud sur de la Nueva Escombrera (parte cubierto de arcosas y parte de ripado) y a su relativamente importante distancia respecto a zonas con vegetación, situadas éstas al pie del talud, que retrasan la llegada y establecimiento de las especies.

La afinidad (cualitativa y cuantitativa) que las muestras de los dos primeros años de la sucesión mantienen con el resto es, en general, baja, lo que indica que existen amplias variaciones entre los dos primeros años de la sucesión y el resto. No obstante, parece ser algo mayor sobre

arcosas que sobre ripado, en ambas orientaciones, aunque dentro de arcosas es algo mayor en la orientación sur que en la norte, mientras que dentro de ripado es mayor en la norte que en la sur.

La diferente composición específica que existe entre las muestras de los dos primeros años de la sucesión y el resto se ve acentuada, en la orientación sur, y sobre todo sobre ripado, por la adición de semillas, al final de la primavera de 1995, únicamente en el talud sur de la Nueva Escombrera (NE). Estas semillas apenas habían germinado cuando se muestreó ese talud en primavera de 1995, pero sí se hizo patente su presencia al año siguiente, en cuanto a cobertura. Las semillas introducidas correspondían fundamentalmente a dos especies de gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Secale cereale*) y a la leguminosa *Lupinus* sp., por lo que desde un punto de vista cualitativo no iban a incrementar sensiblemente las diferencias de composición específica que existen entre los dos primeros años tras la sucesión, pero sí desde el punto de vista cuantitativo y, además, contribuye a incrementar las diferencias entre los dos primeros años de la sucesión y el resto, puesto que estas especies no aparecen de forma habitual a partir del segundo año. En cualquier caso, en edades tempranas de la sucesión los cambios en la composición específica de los taludes son más bruscos sobre ripado que sobre arcosas, como indican los menores valores de los índices de similitud detectados sobre este sustrato. En edades más avanzadas de la sucesión los valores de similitud entre muestras de estos dos sustratos están más próximos.

### ***Patrones de Similitud***

En general, en todas las series se observa una tendencia a que disminuya la afinidad (cualitativa y cuantitativa) entre la muestra más joven de cada serie y el resto, a medida que avanza la edad, siendo el descenso más brusco en la orientación norte que la sur, sobre todo en los primeros años. En la serie F (estéril sur) esta tendencia no está tan clara, debido, en parte, a la menor homogeneidad de las características de los puntos que constituyen la serie, que puede estar enmascarando los resultados, y, en parte, a las condiciones tan severas de sustrato y orientación que posiblemente hacen que se necesite más tiempo para apreciar esa pérdida de afinidad entre la edad más joven y la más avanzada disponible.

El nivel de similitud florística entre ambas orientaciones aumenta a medida que avanza la sucesión. Esta tendencia se ve de forma más clara sobre arcosas, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, alcanzándose mayores valores de afinidad norte-sur entre puntos de muestreo situados a menor distancia dentro de Mina Fe. En el caso del ripado, si bien la tendencia

es clara desde el punto de vista cualitativo, es inversa desde el punto de vista cuantitativo, lo que sugiere que, aunque las especies se puedan parecer más, entre ambas orientaciones, a medida que avanza la sucesión (posiblemente, porque ha habido más tiempo para que más especies se instalen), no sucede lo mismo con sus valores de importancia, que se van distanciando, posiblemente debido a la diferente capacidad competitiva de las especies en unas condiciones u otras. Sobre material estéril, la tendencia ascendente del nivel de similitud florística entre ambas orientaciones a medida que pasa el tiempo es muy poco pronunciada y presenta fuertes fluctuaciones en las edades más avanzadas, coincidiendo con las zonas donde el estéril está más disgregado.

En todas las series, se detecta un incremento de afinidad cualitativa y cuantitativa entre la edad más avanzada de cada serie y la dehesa de referencia, lo que indica que la composición florística de estas zonas está cambiando de forma que cada vez se parece más a la vegetación de su entorno más inmediato. No obstante, el ritmo de cambio varía según el sustrato y la orientación. El nivel de similitud entre la edad más avanzada de las series y D es, en general, mayor en la orientación norte que en la sur, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. En cuanto al sustrato, existe también una gradación, que va de arcosas a estéril pasando por ripado. Aunque en las series de arcosas la edad más avanzada es de 16 años, en vista de la tendencia es previsible que a los 21 años el nivel de similitud respecto a D supere al de ripado, de ahí el orden establecido.

Estos resultados sugieren que el sustrato “arcosas” es el más recomendable para el recubrimiento de los taludes, si lo que se pretende es que la comunidad herbácea de la zona restaurada se parezca más a la dehesa de referencia al cabo de un determinado período de tiempo, lo más corto posible. Parece lógico que el estéril sea el sustrato menos favorable, dadas sus peculiares características, y por eso se tardaría mucho más tiempo en alcanzar niveles de similitud, respecto a D, similares a los de los otros sustratos.

Es interesante destacar como en la orientación sur sobre estéril (condiciones que se podrían considerar como las más extremas) el nivel de similitud cuantitativa entre la edad más avanzada y D ( $21/D$ ) disminuye respecto al que existía entre la edad más joven y D ( $2/D$ ). Esto indica lo poco que han cambiado los valores de importancia de las especies comunes desde la edad más joven a la más avanzada de la serie, detectándose por tanto, porcentajes de similitud muy próximos entre  $2/D$  y  $21/D$ . Posiblemente, esta bajo valor entre la edad más avanzada de la serie F y la dehesa de

referencia se deba a las especiales características del punto de muestreo correspondiente (punto 35), cuya composición florística quizás no se la más representativa de una edad (21 años) tan avanzada de la sucesión.

Por último, debe considerarse también que el incremento en el nivel cuantitativo de similitud florística entre la edad más avanzada de cada serie y D no es más brusco que el del cualitativo, lo que refleja la ausencia de dominancia en esas edades; situación que se mantiene en la dehesa de referencia.

### ***Diversidad y sus componentes.***

Los valores de diversidad difieren entre series para una misma edad, posiblemente, debido a diferencias de orientación y/o sustrato. Dentro de una misma serie la pendiente también introduce diferencias en los valores de diversidad para una misma edad. En general los valores de diversidad encontrados sobre arcosas son más altos que los encontrados sobre ripado, para una misma edad. Sin embargo, sobre estéril se encuentran valores de diversidad tan altos como los encontrados sobre arcosas, incluso desde los primeros años, debido no tanto a una alta riqueza de especies como a una alta equitabilidad, y asociados a los mayores valores de heterogeneidad espacial.

Los valores de diversidad son algo inferiores en la orientación sur que en la norte, en el caso del sustrato arcosas, debido sobre todo a la mayor riqueza específica. Sobre ripado y estéril parece, sin embargo, que los valores de diversidad son más altos en la orientación sur, aunque no tanto por una alta riqueza de especies como por una alta equitabilidad. También para una misma edad, sustrato y orientación se observa que la diversidad aumenta al disminuir la pendiente, debido fundamentalmente a la componente riqueza.

La tendencia general de los valores de diversidad sobre arcosas, en ambas orientaciones, se parte de altos valores el primer año y a descender hasta los tres años, edad a partir de la cual la diversidad tiende a aumentar a medida que transcurre el tiempo. Sobre ripado se parte de valores inferiores a los obtenidos sobre arcosas, y tras un aumento de la diversidad hasta los cuatro años, en ambas orientaciones, hay un descenso a los cinco años para mantener a partir de ese momento una tendencia suavemente ascendente. Sobre estéril es arriesgado definir una tendencia de los valores de diversidad a lo largo de la sucesión, debido a la mayor interrupción de las series. No

obstante, parece que ésta desciende hasta los 4-5 años para seguir, a partir de esa edad, una tendencia sólo ligeramente ascendente.

Los valores de diversidad del período 14-16 años de las series sobre arcosas y ripado se aproximan bastante a los de la escombrera de tierra vegetal, mientras que sobre estéril la diferencia es mayor, debido fundamentalmente al componente riqueza, existiendo además importantes diferencias entre ambas series (Series E y F), no tanto debidas a la orientación como al tamaño del material vertido, que es mayor en la orientación norte, lo que determina para esta orientación valores de diversidad más bajos para el período 14-16 años respecto a ETV, sobre todo por la menor riqueza asociada.

Tomando los valores de diversidad de la dehesa próxima como referencia de hacia qué valores tiende la diversidad de las series establecidas, se considera que están muy próximos a los de las edades más avanzadas de las series. Por tanto, dentro de la tendencia ascendente de los valores de diversidad a lo largo de la sucesión en medios no intervenidos, por lo menos hasta una edad avanzada, parece que a los 20 años sobre ripado y en torno a los 15 sobre arcosas se han alcanzado ya valores de diversidad cercanos a los de la comunidad herbácea a la que tienden estas series. Sobre estéril, los valores de diversidad de las edades más avanzadas disponibles todavía son inferiores a los encontrados en la dehesa de referencia, debido fundamentalmente a la menor riqueza específica que presentan estas zonas.

### ***Dominancia***

Se encuentra una relación inversa entre la dominancia relativa (índice de Berger-Parker) y la diversidad para las distintas series establecidas, no pudiéndose considerar, excepto en casos puntuales, un claro efecto de dominancia, debido a los altos valores de equitabilidad registrados. Además, la dominancia relativa de la escombrera de tierra vegetal y de la dehesa de referencia es, en general, similar o algo menor que la encontrada en las edades más avanzadas de las series.

Se pone de manifiesto, en las distintas series, que a lo largo de la sucesión tiene lugar una sustitución paulatina de unas especies por otras, siendo esta sustitución más brusca en los estadíos iniciales. No obstante, la sucesión sigue un ritmo distinto según el sustrato y la orientación, factores que determinan, entre otros, qué especies y en qué momento cobran importancia en la sucesión. Por su puesto, todo ello está condicionado también por las características de los distintos puntos de

muestreo y de la vegetación más próxima. En consecuencia, se encuentran distintas secuencias de especies para las diferentes series establecidas, así como importantes diferencias entre las “especies dominantes” del período 14-16 años de las series y de la escombrera de tierra vegetal o entre las “especies dominantes” de las edades más avanzadas de las series y la dehesa de referencia.

### *Curvas de rango-abundancia.*

Para las edades iniciales de la sucesión, a excepción de los dos primeros años sobre ripado, no se observan curvas marcadamente geométricas, como es lógico en vista de los valores de diversidad registrados. Por su parte para las edades más avanzadas de las series se observan, en general, curvas más sigmoideas. Entre ambos extremos hay una gradación de curvas desde la geométrica a la normal logarítmica, más o menos acusadas según el sustrato y la orientación y con interrupciones puntuales debidas a condiciones particulares de pendiente, aislamiento físico, influencia de la escoba blanca, etc.

La estructura de la comunidad herbácea de las series sobre arcosas y ripado tiende a parecerse a la escombrera de tierra vegetal y a la de la dehesa de referencia, como muestra el gran parecido que existe entre las curvas de rango-abundancia de la escombrera de tierra vegetal y las encontradas en el período 14-16 años de las series, y entre las curvas de rango-abundancia de la dehesa de referencia y las edades más avanzadas de las series. En el caso del estéril, todavía no ha transcurrido suficiente tiempo para que la comunidad herbácea se parezca, tanto como en el caso de los otros dos sustratos, a la de la escombrera de tierra vegetal o la dehesa de referencia.

### *Anuales/Perennes*

La importancia de las especies anuales disminuye durante la sucesión, no tanto por verse disminuido su número cuanto por verse reducido el porcentaje de cobertura que ocupan, en favor de especies perennes. Las leñosas van cobrando importancia tanto en número como en cobertura en las edades más avanzadas de la sucesión sobre ripado y estéril sur. No obstante, de forma puntual y debido, entre otras causas, a la mayor degradación del suelo, se alcanzan, para algunas edades intermedias (en los tres sustratos), porcentajes de especies perennes y porcentajes de cobertura de las mismas más altos que los detectados en edades más avanzadas de la sucesión. Es decir, en las zonas más desfavorecidas (sustrato más inestable, más pobre, con mayor pendiente) las leñosas son más competitivas que las herbáceas.

A pesar de todo, las anuales siguen siendo importantes, tanto en número como en cobertura, en las edades más avanzadas de las series, como también lo son en la escombrera de tierra vegetal y en la dehesa de referencia. Se confirma la postura de Madon y Médail (1997) quienes opinan que la presencia de numerosas especies anuales no es sólo una característica de ambientes nuevos, según la clasificación de Grime (1977), sino que en zonas de clima mediterráneo está asociada, además, a la aridez climática, según propone Raunkiaer (1934)

### ***Cobertura***

El sustrato de recubrimiento de los taludes y la orientación introducen diferencias en cuanto a los cambios que la cobertura experimenta durante la sucesión, y, en consecuencia, la expresión de mejor ajuste para los valores de cobertura de cada serie es diferente. En base a los modelos ajustados a las distintas series, se pueden ordenar éstas según el ritmo de cambio de la cobertura con el tiempo. En primer lugar, arcosas norte (Serie A), en la que se llega a la fase de descenso; en segundo lugar, ripado norte (Serie C) en la que se llega a la fase de estabilización; en tercer lugar, arcosas sur (Serie B), en la que la cobertura tiende a estabilizarse, aunque todavía no haya alcanzado esa fase; en cuarto lugar, ripado sur (Serie D), en la que ni siquiera se tiende a la fase de estabilización; en quinto lugar, estéril norte y sur (Series E y F), en las que la cobertura no parece seguir ninguna tendencia.

Para el conjunto de los datos, sin embargo, es el modelo logístico o sigmoide el que mejor describe la tendencia ( $r = 0,30$ ;  $S = 62,22$ ;  $y = 131,26 / (1 + 2,45e^{-0,61t})$ ), y se ve mejorado al eliminar del conjunto los datos correspondientes a estéril ( $r = 0,40$ ;  $S = 58,27$ ;  $y = 144,89 / (1 + 4,04e^{-0,85t})$ ).

Dentro de la tendencia descrita para los cambios en la cobertura a lo largo de la sucesión, se observa cierta influencia de las condiciones meteorológicas del año de muestreo, tanto para el conjunto de los datos, como cuando se agrupan según la orientación o el sustrato y prácticamente en todas las series, a excepción de las series A y E. La expresión de mejor ajuste corresponde en todos los casos a la polinomial de segundo grado, pero, sin embargo, el coeficiente de correlación varía bastante indicando que la meteorología de los años de muestreo influye más en la orientación sur que en la norte, más sobre estéril que sobre ripado, y sobre éste más que sobre arcosas. Es decir, las peores condiciones meteorológicas se dejan sentir con mayor intensidad en las zonas que

reúnan las perores condiciones, por lo que el mayor coeficiente de correlación se da sobre estéril sur y el menor sobre arcosas norte; serie A en la que además se aprecia un ligero aumento de cobertura el segundo año.

La influencia de la diferente meteorología de los años de muestreo sobre el porcentaje de cobertura herbácea depende, además, de la edad de la zona en cuestión. Se ha encontrado una correlación positiva muy suave para los ocho primeros años de las series, mientras que de los 14 a los 21 años la correlación es negativa y más alta. En todos los casos el mejor ajuste es una polinomial de segundo grado.

Para el conjunto de los datos, existe una correlación positiva entre el porcentaje de cobertura herbácea y la riqueza específica, siendo el mejor ajuste el polinomial de segundo grado. No obstante, el modelo de mejor ajuste varía si se agrupan los datos según la orientación (polinomial de segundo grado para la norte y lineal para la sur) o el sustrato (polinomial de segundo grado para arcosas, potencial para ripado y lineal para estéril), lo que indica, una vez más, el diferente ritmo de la sucesión según el sustrato y la orientación.

También existe una correlación positiva entre la cobertura herbácea y la diversidad a lo largo de la sucesión. La polinomial de segundo grado, es también, en este caso, el modelo de mejor ajuste para el conjunto de los datos, para la orientación norte y para el sustrato arcosas. Esto indica que existe un reajuste de los valores de diversidad que, tras una tendencia ascendente a lo largo de la sucesión, se estabilizan en torno al máximo valor que puede asumir la comunidad herbácea hacia la que tiende, tomando como sistema de referencia la dehesa próxima. Este comportamiento de la diversidad a lo largo de la sucesión se ve también influenciado por el sustrato y la orientación, por lo que sobre ripado el mejor ajuste es ahora el hiperbólico y no el potencial como en el caso de la riqueza, mientras que sobre estéril sigue siendo el lineal. También en la orientación sur el mejor ajuste sigue siendo el lineal.

#### ***Análisis HJ-Biplot.***

El análisis HJ-Biplot corrobora la influencia del sustrato, orientación, edad y pendiente sobre la composición específica de los distintos puntos de muestreo, y permite identificar las especies

características de las diferentes condiciones. En general, los resultados del análisis HJ-Biplot son similares a los obtenidos en los dendrogramas, sobre todo de tipo cuantitativo, aunque hay algunos aspectos que merecen ser destacados.

En primer lugar, el análisis HJ-Biplot global establece un gradiente de edad de forma más clara que el análisis de afinidad global, debido a la simplificación que supone la agrupación de las muestras. Dentro de este gradiente de edad las muestras sobre arcosas o ripado sur de edades avanzadas presentan las composiciones florísticas más distintas del resto, ya que quedan asociadas a los ejes II y III, respectivamente.

En segundo lugar, se ven de forma más clara que sobre los dendrogramas el orden de los factores que influyen en la composición florística de los diferentes sustratos. Para arcosas, la orientación es el primer factor de variación, seguido de la edad y la pendiente, aunque en las edades más jóvenes las diferencias debidas a la orientación son menores que en las edades más avanzadas y todavía menos si ambas orientaciones están muy próximas físicamente dentro de mina Fe. Para ripado, el primer factor de variación es la edad, seguida de la orientación y la pendiente, pero en este caso las diferencias encontradas con la orientación, para los dos primeros años, son todavía menores que sobre arcosas, por lo que las diferencias con la orientación se limitan prácticamente al esto de los años, así como las diferencias de pendiente se dan casi exclusivamente dentro de la orientación sur, al ser prácticamente todas las muestras de la orientación norte de 37° de pendiente. Para estéril, también es la edad el primer factor de variación, pero no por sí sola sino ligada al tamaño inicial del material vertido, que es más grueso en los grupos de menor edad. Tras la edad, la orientación introduce diferencias, primero entre los grupos de mayor edad, y sólo a nivel del eje III separa el grupo más joven de orientación norte del más joven de orientación sur.

Los HJ-Biplots han permitido realizar una clasificación de las especies de acuerdo con su capacidad colonizadora, es decir, de acuerdo con el momento de la sucesión en el que son realmente importantes ([ver página 342 y siguientes](#)).

**CAPÍTULO IV*****Cobertura herbácea.***

La aplicación de hidrosiembra tiene un efecto positivo sobre la cobertura herbácea, que es mayor cuando se aplica ésta. Las diferencias de cobertura con-sin hidrosiembra son mayores en la orientación norte que en la sur (sólo significación estadística en la orientación norte a los 3 y 9 años), lo que sugiere que, en un principio, la cobertura media se ha visto más favorecida por la hidrosiembra en la orientación norte. No obstante, pasados los dos años tras su aplicación (3 años de edad) la hidrosiembra va perdiendo su efecto, por lo menos sobre arcosas (se pierde la significación estadística a partir de los 3 años norte). Sobre ripado (sustrato inicialmente más pobre), posiblemente el efecto positivo de la hidrosiembra dure más tiempo (a los 9 años se encuentra significación estadística). La pérdida, con los años, del efecto positivo de la hidrosiembra sobre la cobertura herbácea se debe a la disminución de la diferencia (hidro-no hidro) en la cobertura de perennes. A los 4 años han desaparecido las perennes autóctonas, y después la cobertura de las perennes autóctonas introducidas se estabiliza, a la vez que aumenta la cobertura de autóctonas no introducidas, tanto si se aplica hidrosiembra como si no.

Al tener la hidrosiembra un efecto mayor en la orientación norte que en la sur, la aplicación de ésta lejos de incrementar las diferencias de cobertura debidas a la orientación, tiende a reducirlas.

La aplicación de hidrosiembra también reduce las diferencias interanuales de la cobertura herbácea, sobre todo en la orientación norte, donde son más marcadas en ausencia de hidrosiembra. En la orientación norte, para las edades iniciales (2-4 años tras la hidrosiembra), las fluctuaciones interanuales en los valores de cobertura media, que se detectan con significación estadística en ausencia de hidrosiembra, se reducen notablemente al aplicar ésta. En la orientación sur, para las edades iniciales, tanto sin hidrosiembra como con ella, las fluctuaciones interanuales son menores que en la orientación norte (no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas).

***Cobertura de las especies de matorral.***

Tanto en la BFC como en Fe-3-1, se observa un claro predominio de *Cytisus multiflorus* en las zonas hidrosebradas respecto a las no hidrosebradas. Esta leñosa subarbórea constituye un

claro ejemplo de especie autóctona no introducida en la mezcla de semillas de la hidrosiembra que se ha visto favorecida por las mejores condiciones-recursos que conlleva esta práctica. Además, en las zonas hidrosembreadas se observa mayor cobertura de *C. multiflorus* en la orientación norte que en la sur, por lo menos de los 3 a los 5 años de edad. En ambas orientaciones parece haber un aumento progresivo de la cobertura de esta especie de los 3 a los 5 años. La cobertura de esta especie parece también verse afectada por el sustrato, siendo mayor sobre arcosas que sobre ripado.

Para el resto de las leñosas presentes (*Lavandula stoechas*, *Retama sp.*, *Cistus salviifolius* y *Spartium junceum*), no se detectan diferencias de cobertura en función del tratamiento, aunque en el caso de *Lavandula stoechas* sí se aprecia efecto de la orientación; su cobertura es mayor en el sur.

#### ***Anuales/Perennes y Gramíneas-Leguminosas.***

Las mejoras del sustrato que conlleva la aplicación de la hidrosiembra posiblemente favorezcan más a unas especies que a otras, y con ello se producirá un desarrollo desigual. Pero no tanto de las especies alóctonas introducidas, que, en su mayoría, no logran prosperar más allá de la primavera siguiente a su introducción, sino de especies autóctonas, introducidas (*Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *Lolium rigidum*) o no (*Cytisus multiflorus*). Este desarrollo desigual de las especies introduce, en un principio, diferencias en los porcentajes de cobertura de anuales y perennes y del conjunto gramíneas-leguminosas, entre zonas son y sin hidrosiembra. Sin embargo, no se encuentran diferencias en el porcentaje de especies perennes con-sin hidrosiembra, y prácticamente sólo a los tres años en el caso del conjunto gramíneas-leguminosas, ya que muy pocas de las especies introducidas (mayoritariamente gramíneas y leguminosas perennes) logran prosperar. Si bien en un principio en las zonas hidrosembreadas es mayor el porcentaje de cobertura de especies perennes y del conjunto gramíneas-leguminosas, esta influencia se diluye relativamente pronto. En el caso de la cobertura de perennes, a partir de los 4 años en el norte y de los 5 en el sur, ya no se encuentran diferencias estadísticamente significativas con-sin hidrosiembra. En el caso de las gramíneas (mayor cobertura con hidrosiembra que sin hidrosiembra, sobre todo en el norte), ya no se encuentra significación estadística a partir de los 3 años. Las leguminosas presentan mayor cobertura con hidrosiembra que sin hidrosiembra, fundamentalmente en la orientación sur, no encontrándose en este caso significación estadística.

### ***Diversidad-Dominancia***

La hidrosiembra incrementa la riqueza específica, por lo menos en los primeros años de la sucesión, no tanto por la introducción de muchas especies alóctonas, sino por la proliferación de especies autóctonas (introducidas o no), debido a la mejora de las condiciones-recursos que implica la hidrosiembra. También parece que la riqueza es mayor en el norte que en el sur, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, por lo menos en un principio. Estos efectos desaparecen con los años, de forma que a los 9 años en el norte y a los 7 en el sur, se alcanzan valores de riqueza similares entre tratamientos y entre orientaciones, y respecto a ETV y D.

La aplicación de hidrosiembra contribuye, en ambas orientaciones, a incrementar, en un principio, la diversidad respecto a la situación sin hidrosiembra (significación estadística a los 3 años en el norte), aunque posteriormente estas diferencias se diluyen. Este incremento de la diversidad se debe en gran parte a la componente riqueza, pero no por la introducción de especies alóctonas con la hidrosiembra, sino por la proliferación de especies autóctonas, como ya se ha dicho. Por otro lado, la aplicación de hidrosiembra reduce, en un principio, las diferencias en los valores de diversidad debidas a la orientación. Si a los 4 y 5 años en ausencia de hidrosiembra los valores de diversidad son significativamente más altos en el norte que en el sur, con la aplicación de hidrosiembra ya no se encuentra significación estadística. Sin embargo, en edades más avanzadas, al diluirse el efecto de la hidrosiembra, vuelven a aparecer las diferencias en los valores de diversidad debidas a la orientación (significación estadística a los 7 años), como sucede si no se aplica hidrosiembra.

La tendencia ascendente de la diversidad con el tiempo, tanto si se aplica hidrosiembra como si no, se corresponde, en ambas orientaciones, con una tendencia decreciente de los valores de dominancia relativa. El menor número de especies que constituyen el 70% de la cobertura total se alcanza en todos los casos (con y sin hidrosiembra, orientación norte y sur) a los 3 años de edad (2 años tras la aplicación de la hidrosiembra), y para el resto de las edades los valores de dominancia relativa y el número de especies que constituyen el 70% de la cobertura total se aproximan bastante a los de la Escombrera de tierra vegetal y la dehesa de referencia, excepto en la zona sur no hidrosembrada que consta de una serie temporal muy corta.

### ***Patrones de similitud***

La hidrosiembra introduce en los primeros años, diferencias en la composición florística, respecto a la situación sin ella. Así, a los 3 años se alcanzan, entre tratamientos, valores de similitud muy bajos. Las diferencias son fundamentalmente de tipo cuantitativo en la orientación sur, mientras que en la norte son tanto cuantitativas como cualitativas. Después el efecto de la hidrosiembra se diluye, como pone de manifiesto el aumento de similitud (cualitativa y cuantitativa) entre tratamientos con el paso del tiempo, y el incremento del nivel de similitud (cualitativa y cuantitativa) entre los estadíos más avanzados disponibles de la sucesión con hidrosiembra y la dehesa de referencia. Por tanto, se puede concluir que la aplicación de hidrosiembra no ha interferido en la recuperación natural, y posiblemente no afecte a largo plazo a la composición florística de la comunidad resultante.

La aplicación de hidrosiembra introduce, en un principio, diferencia en la composición florística entre orientaciones, por lo que la afinidad norte-sur es mayor sin hidrosiembra que con ella. En las zonas hidroseembradas la menor similitud norte-sur se da a los 3 años y se debe fundamentalmente a diferencias de tipo cuantitativo.

### ***Análisis HJ-Biplot y Dendrogramas.***

El hecho de que en el análisis HJ-Biplot, para la totalidad de las zonas seleccionadas (Figura 99), sea la edad el factor de variación que mayor variabilidad explica, corrobora una vez más la pérdida de influencia de la hidrosiembra, con el paso del tiempo, sobre la composición específica de una zona. Si bien no de forma tan patente, este resultado también se pone de manifiesto en el análisis de afinidad global (cualitativo y cuantitativo); a los 9 años el nivel de similitud entre tratamientos ha aumentado considerablemente respecto a las edades anteriores. Además, el análisis de afinidad cuantitativo pone de manifiesto la influencia de la meteorología de los años de muestreo sobre la composición florística. Después de la edad, la hidrosiembra es el factor que más variabilidad explica, dentro de las edades más jóvenes, como muestran los dendrogramas correspondientes. Dentro de las zonas hidroseembradas se encuentran a su vez diferencias con la orientación aunque prácticamente sólo a los 3 años de edad. Las diferencias con la orientación en zonas no hidroseembradas son menores. En las edades más avanzadas disponibles, cuando ya se ha perdido el efecto de la hidrosiembra, es la orientación el factor que más variabilidad explica.

En base a la información proporcionada por los HJ-Biplot, se ha realizado una doble clasificación de las especies. En primer lugar se agrupan según el estadio sucesional en el que aparecen mejor representadas. En segundo lugar, según sean recomendables o no para formar parte de la mezcla de semillas de futuros proyectos de revegetación.

## **CONCLUSIONES**

***Respecto a la unidad de muestreo.***

1.- Para el estudio de la comunidad herbácea de los taludes de Mina Fe, es suficiente un *tamaño muestral* de 8 cuadrados (de 0,5 m de lado), igual que para zonas próximas de dehesa.

***Respecto a la vegetación circundante.***

2.- Las comunidades herbáceas de la Dehesa de referencia y de la Escombrera de tierra vegetal, hacia las que tiende la sucesión en los taludes, comparten bastantes características:

- a) dominio de especies anuales en número de especies y alta contribución de éstas a la cobertura total, que llega incluso a superar a la de perennes en el sur.
- b) dominio el grupo “otras familias” en número de especies, mayor cobertura de gramíneas en el norte y de “otras” y compuestas en el sur. La cobertura de leguminosas varía más con la orientación y el año de muestreo, siendo especialmente bueno el tercero.
- c) la cobertura herbácea total no parece verse afectada claramente por la orientación. Las dos leñosas subarbóreas más abundantes en ambas zonas son *Cytisus multiflorus* y *Quercus ilex* subsp. *ballota*.
- d) la composición florística varía de un año a otro y según la orientación.
- e) ausencia de dominancia. Ésta se corresponde con altos valores de diversidad, debidos sobre todo a la componente riqueza, asociados a altos valores de heterogeneidad espacial.

***Respecto al proceso sucesional***

3.- El *proceso de sucesión natural* en las escombreras de Mina Fe es de naturaleza multifactorial. Por ello, no se puede considerar como único factor de variación la edad, sino que es conveniente establecer distintas secuencias sucesionales, en función del sustrato y la orientación y, si fuera posible, de la pendiente y de la distancia a zonas con vegetación “natural”, pues proporcionan, fundamentalmente en las fases intermedias y finales, márgenes considerables de disimilitud para un mismo grupo de edad, tanto dentro de cada serie, como entre series. No obstante, para el conjunto de los datos, los dendrogramas permiten ordenar las muestras siguiendo una secuencia de condiciones, de más a menos extremas.

4.- En general, para las 6 series sucesionales establecidas, existe una tendencia ascendente de la similitud florística (cualitativa y cuantitativa) a medida que avanza la sucesión, siendo mayor entre

muestras provenientes de un mismo asentamiento, y existiendo un nivel de afinidad muy bajo entre los dos primeros años y el resto. Tiene lugar, por tanto, un relevo de las especies, bastante brusco al principio (dos primeros años) y más suave a medida que la sucesión transcurre, tendiendo a la composición florística de la dehesa de referencia, con distinto ritmo según el sustrato y la orientación: más lento en estéril que en ripado, y en éste más que en arcosas, y más lento en el sur que en el norte. También se da, en general, una tendencia ascendente de *la similitud florística entre orientaciones a lo largo de la sucesión*.

**5.-** En cuanto a los valores de *diversidad*:

- a) aumentan a lo largo de la *sucesión*, aunque con descensos puntuales según el sustrato, y tienden a aproximarse a los encontrados en ETV y D, más en el caso de arcosas y ripado que en estéril.
- b) *para una misma edad*, difieren según el sustrato, la orientación, la pendiente y el tamaño inicial del material estéril (más altos en arcosas que en ripado, en el norte que en el sur, para una pendiente de 17° que de 37° y cuanto más disgregado esté inicialmente el estéril).

**6.-** A lo largo de la sucesión la relación entre *dominancia relativa* y diversidad es inversa, como también se observa en las curvas de rango-abundancia, no apreciándose, excepto en casos puntuales, un efecto claro de dominancia (ausencia, en general, de curvas claramente geométricas), debido a los altos valores de equitabilidad registrados. La dominancia relativa de las edades más avanzadas de las series es, en general, similar o algo menor que la encontrada en ETV y en D; mayor diferencia se da entre sus especies dominantes. El sustrato y la orientación determinan, entre otros factores, qué especies y en qué momento cobran importancia en la sucesión.

**7.-** Las *especies anuales* siguen siendo importantes (en número y en cobertura) en las edades más avanzadas de las series, como también lo son en ETV y D. No obstante, su importancia durante la sucesión ha disminuido en favor de las perennes, no tanto por verse reducido su número cuanto por verse reducido el porcentaje de cobertura que ocupan. Dentro de las perennes, las leñosas cobran importancia, tanto en número como en cobertura, en las edades más avanzadas de las series sobre ripado y estéril sur y, de forma puntual, en zonas muy degradadas de edades intermedias (de los 3 sustratos), asociadas a condiciones de mayor degradación del sustrato, donde son más competitivas que las herbáceas.

**8.- La cobertura media herbácea**

- a) cambia *durante la sucesión* a distinto ritmo según el sustrato y la orientación. Es más rápida en arcosas norte (se llega a la fase de descenso), seguida de ripado norte (se alcanza la fase de estabilización), arcosas sur (casi se alcanza la fase de estabilización), ripado sur (todavía no se ha estabilizado) y estéril norte y sur (no se observa ninguna tendencia).
- b) se ve influenciada por la diferente *meteorología de los años de muestreo*. El segundo es el menos favorable, sobre todo para las edades avanzadas (14-21 años).
- c) mantiene una *correlación positiva con la riqueza y la diversidad*, según una polinomial de segundo grado, en ambos casos.

**9.-** El *Análisis HJ-Biplot*, permite comprobar la influencia de los factores de estudio en la composición florística de los distintos puntos de muestreo, que ya se había puesto de manifiesto en los dendrogramas, así como identificar las especies asociadas a los diferentes estadios sucesionales, para cada sustrato y para el conjunto de los datos.

***Respecto a la hidrosiembra.***

**10.-** Esta técnica tiene, al principio (2-3 años tras su aplicación), un *efecto positivo sobre* la mayoría de los aspectos estudiados: mayor cobertura media herbácea, mayor cobertura de *Cytisus multiflorus*, mayor cobertura de perennes, mayor nº de especies y cobertura del conjunto gramíneas-leguminosas, mayor diversidad y diferencias en la composición florística respecto a la situación sin hidrosiembra.

**11.-** *La influencia positiva* que la hidrosiembra ejerce, en un principio, sobre los diversos aspectos estudiados, *no se debe* tanto a la introducción de especies nuevas (la mayoría de las especies alóctonas introducidas no prosperan más allá de la primavera siguiente a su aplicación) como, posiblemente, a las *mejoras del sustrato* que conlleva su aplicación, y que favorecen más a unas especies autóctonas (introducidas o no) que a otras, y con ello un desarrollo desigual. Por tanto, la mezcla de semillas empleada en esta hidrosiembra no es adecuada a las características del área de estudio. El análisis HJ-Biplot nos ha permitido identificar las especies más recomendables para futuros proyectos de revegetación en la zona.

**12.-** Las diferencias con-sin hidrosiembra iniciales, desaparecen relativamente pronto. En consecuencia, *la hidrosiembra no interfiere sensiblemente en la revegetación natural* de la zona, por lo que no es probable que a largo plazo afecte a la composición florística de la comunidad resultante. En todo caso parece haber acelerando ligeramente el proceso natural de sucesión, respecto a la situación sin hidrosiembra.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Adams, J.E. y McCune, E.D. (1979). Application of the generalized jack-knife to Shannon's measure of information used as an index of diversity. En: Ecological Diversity in Theory and Practice, 117-131. (J.F. Grassle, G.P. Patil, W. Smith y C. Taille, eds.), International Co-operative Publishing House, Fairland, MD.
- Akman, Y. y Dağet, Ph. (1971). Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. Bull. Soc. Lang. Géogr., 5: 269-300.
- Albadalejo, J.; Stocking, M.; Dáiz, E. y Castillo, V. (1994). Land rehabilitation by urban refuse amendments in a semi-arid environment: effect on soil chemical properties. Soil Technology, 7: 249-260.
- Alonso, H.; Puerto, A. y Gómez, J.M. (1979). Variaciones de la intensidad de influencia del arbolado en la composición de comunidades de pastizal. Pastos, 9: 34-47.
- Amorena, A. (1992). Aplicación agrícola de lodos de la depuradora de Arazauri. Navarra Agraria, 69: 5-16.
- Anderson, D. W. (1977). Early stages of soil formation on glacial till mine spoils in a semi-arid climate. Geoderma, 19: 11-19.
- Andrés Pastor, P. y Paloma, M. (1993). Recuperación de la cubierta vegetal en los terrenos afectados por la construcción de la autopista de Garraf (Barcelona). En: IV Jornadas de la Asociación Española de Ecología Terrestre: Ecología y Gestión Ambiental, pp. 68. Universidad de Alicante.
- Arranz González, J. C. e Hidalgo Castro, M<sup>a</sup>. N. (1992). Observaciones sobre la colonización vegetal en taludes excavados de carretera en la Comunidad Autónoma de Madrid. Boletín Geológico y Minero, (103-5): 921-934.
- Arribas, A. (1962). Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Las pizarras uraníferas de la provincia de Salamanca. Est. Geol., 18: 155-172.
- Arribas, A. (1963). Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Valdemascasño, Salamanca. Bol. IGME, 70: 25-45.
- Arribas, A. (1970). Las pizarras uraníferas de la provincia de Salamanca. Stud. Geol., 1: 1:7-45.
- Arribas, A. (1975). Caracteres geológicos de los yacimientos españoles de uranio. Stud. Geol., 9: 1:7-63.
- Arribas, A. (1980). Los yacimientos de tungsteno y metales asociados en la zona de Morille (provincia de Salamanca). En "Yacimientos de tungsteno y metales asociados en Europa Occidental". Bol. Geol. y Min., T. XCI-II: 143-168.

- Arribas, A.; Martín Izard, A. y Montes, J. (1983). Las mineralizaciones de uranio de la zona de Alameda de Gardón y su posición en el contexto Geotectónico y Metalogénico de las pizarras del oeste de la provincia de Salamanca. Studia Geológica Salmanticensia, XVIII: 201-224.
- Arribas, A.; Martín Izard, A. y Montes, J. (1984). Distribución geoquímica del uranio en los metasedimentos del CEG al Oeste de la provincia de Salamanca. En: VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia, Barcelona, vol. 1: 353-358.
- Asthan, D.W. (1976). Phosphorus in forest ecosystems at Beteneak Victoria. Journal of Ecology, 64: 171-186.
- Auclair, A. y Goff, F. G., 1971. Diversity relations of upland forests in the western Great Lakes area. Amer. Nat., 105: 499-528.
- Bagnouls, F. y Gaussen, H. (1957). Les Climats biologiques et leur classification. Ann. Géogr. 66 (355): 193-220.
- Baker, H.G. (1989). Some aspects of the natural history of seed banks. En: Ecology of soil seed bank, 9-21. (M.A. Leck, V.T. Parker, y R.L. Simpson, eds.). Academic Press, Inc.
- Barrera, I; Galindo, P. y Gómez Gutiérrez, J.M. (1988). Influencia de factores climáticos y antropozoógenos en la biomasa aérea de ecosistemas de pastizal. Studia Oecológica, V: 65-75.
- Bautista, J.; Irretagoyema, A.; García, T. y Rittercima, E. (1994). Aprovechamiento agrario de lodos procedentes de empresas agroalimentarias. Departamento de Agricultura y Pesca. Vitoria. Sustraj, 32: 51-53.
- Bazzaz, F.A. (1975). Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. Ecology, 56: 485-488.
- Begon, M.; Harper, H. y Townsend, C.R. (1988). Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Omega, Barcelona.
- Bell, K.L. y Bliss, L.C. (1973). Alpine disturbance studies: Olympic National Park, U.S.A. Biological Conservation, 5: 25-32.
- Berger, W.H. y Parker, F.L. (1970). Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments. Science, 168: 1345-1347.
- Bhappu, R.; Johnson, P.; Brierly, J. y Reynolds (1969). Theoretical and practical studies on dump leaching. AIME Trans., 244: 307-320.
- BICRAM (1987). Mining Projects in Developing Countries. Beijer Onstitute centre for Resource Assessment and Management, Beijer Institute, Stockholm.

- Bideriego, M. (1993). Aplicación agronómica de lodos residuales. CIT-INIA. En: Curso sobre tratamiento de residuos urbanos. CCMA (CSIC). Madrid-España.
- Bifani, P. (1992). Desarrollo Sostenible, Población y Pobreza: algunas reflexiones conceptuales (versión resumida de la Conferencia citada en el Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental. Guadalajara (México). Noviembre de 1992). En: Curso sobre Estudios de Impacto Ambiental. Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja, 1-44.
- Blake, M.E. (1987). Stomatal conductance and Water relations of shrubs growing at the chaparral-desert ecotone in California and Arizona. En: Plant response to stress, 223-245 (J.D. Tenhunen *et al.*, Eds.).
- Borrajó Sebastián, J. (1993). Las Consideraciones Medio-Ambientales en la Planificación y Construcción de Carreteras Estatales. En: Actas del II Simposio Nacional sobre Carreteras y Medio Ambiente, 39-56.
- Boyce, M.S. (1984). Restitution of r- and K- selection as a model of density-dependent natural selection. Ann. Rev. Ecol. Syst., 15: 427-447.
- Bradshaw, A.D. (1984). Ecological principles and land reclamation practice. Landscape Planning, 11: 35-48.
- Bradshaw, A.D. y Chadwick, M.J. (1980). The Restoration of Land. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bradshaw, A.D. y Chadwick, M.J. (1988). Restauració de terres. Ecologia y restauratió de les terres malmeses y degradades. Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. Barcelona.
- Bradshaw, A.D.; Marrs, R.H.; Roberts, R.D. y Skeffington, R.A. (1982). The creation of nitrogen cycles in derelict land. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 296: 557-561.
- Brown, R.W. y Johnston, R.S. (1980). An assessment of revegetation techniques and species for alpine disturbances. En: Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop n° 9. Golden, Colorado, February 26-27, 1980. (Jackson, C.L. y M.A. Schuster, eds.). Colorado Water Resources Research Institute, Fort Collins, Colorado. Information Series n° 42 pp. 126-127.
- Brown, R.W.; Johnston, R.S.; Richardson, B.Z. y Farmer, E.E. (1976). Rehabilitation of alpine disturbances: Beartooth Plateau, Montana. En: Proceedings: High altitude revegetation workshop n° 2. Colorado State University, April 5-6, 1976. (Zuck, R.H. y L.F. Brown, eds.). Colorado Water Resources Research Institute, Fort Collins, Colorado. Information Series n° 21, pp. 58-73.
- Calvo Galán, L.; Luis Calabuig, E. y Tárrega García Mares, M.R. (1990). Sucesión secundaria en un brezal montano del Puerto de San Isidro (León) tras quema, corta y arranque experimentales. Botánica pirenaico-cantábrica, 367-374. Jaca y Huesca.

- Campos Ortiz, P. (1993). Aspectos jurídicos del Procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental. En: Curso sobre Estudios de Impacto Ambiental, 1-33. Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja.
- Cano, A.; Loureiro, J.; Pérez, M. y Moltalvo, J. (1997). Protección y estabilización ecológica de taludes de carreteras del suroeste de Galicia. En: Actas de las V Jornadas de la A.E.E.T. Córdoba, pp. 180.
- Carrington Da Costa, J. (1959). Noticia sobre una carta geológica de Bucaco de Nery Delgado. Com. Ser. Geol. Port. 23 p.
- Carrocera, B. A. (1994). El Transporte del Mañana. Ecosistemas. (9-10): 90-93.
- Castroviejo, S.; Lainz, M.; López, G.; Montserrat, P.; Muñoz, F.; Paiva, J. y Villar, L. (eds.), 1986-1993. Flora Iberica. Vols. 1-4. C.S.I.C. Madrid.
- Cifuentes Vega, P. (1997). Análisis de la restauración ambiental, Capítulo 4, 59-67. En: Avances en evaluación de impacto ambiental y ecoauditoría (M. Peinado Lorca e I.M. Sobrini Sagaseta de Húrdoz, Eds.). Editorial Trotta. Serie Medio Ambiente.
- Clements, F.E. (1916). Plant succession: Analysis of the development of vegetation. Carnegie Institute of Washington Publications, N° 242. Washington D.C.
- Cohen, J.E. (1968). Alternative derivations of a species abundance relation. Amer. Nat., 102: 165-172.
- Colegio Oficial de Biólogos y CEDEX, (1992). Jornadas sobre técnicas de tratamiento de taludes y revegetación aplicables a áreas afectadas por actividades humanas. 21 y 22 de mayo. Madrid.
- Conesa Fdez-Vítora, V. (1995). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Mundí-Prensa. pp. 21-50.
- Connell, J.H. y Slatyer, R.O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organisation. American Naturalist, 111: 1119-1144.
- Cope, F. (1961). The Agronomic Value of Power Station Waste Ash. PhD. Thesis, University of Leeds.
- Corona, E.P.; García, L.; García, A.; Vázquez de Aldana, B.R. y García, B. (1991). Producción de pastizales en zonas semiáridas según un gradiente topográfico. Pastos, vol. extraor.: 304-309.
- Correia, O.; Catarino, F.; Tenhunen, J.D. y Lange, O.L. (1987). Regulation of water use by four species of *Cytisus* in the scrub vegetation of the Serra da Arrábida, Portugal. En: Plant response to stress, 247-258 (J.D. Tenhunen *et al.*, eds.).

- Cottonnec, M.M. (1971). Comparaison des deux versants du Vallon de la Côte Blanche (Fôret de Beynes. Yvelines). Bull. Assoc. Geogr. Franc., 387: 169-173.
- Crocker, R.L. y Dickson, B.A. (1957). Soil development on the recessional moraines of the Herbert and Mendenhall glaciers, southeastern Alaska. Journal of Ecology, 45: 169-185.
- Crocker, R. y Major, J. (1955). Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. Journal of Ecology, 443: 427-448.
- Cruz Pardilla, M. (1993). Estudio ecogenético de poblaciones vegetales en medios alterados: minería de carbón. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- Chambers, J.C.; Brown, R.W. y Johnston, R.S. (1984). Examination of plant successional stages in disturbed alpine ecosystems: A method of selecting revegetation species. In: Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop n° 6. Fort Collins, Colorado, March 5-6, 1984. (T.A. Colbert y R.L. Cuanty, eds.). Water Resources Research Institute, Fort Collins, Colorado. Information Series n° 53, pp. 215-225.
- Chambers, J.C.; McMahon, J.A. y Brown, R.W. (1988). Seedling establishment in disturbed alpine ecosystems: Implications for revegetation. In: Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop n° 8. Fort Collings, Colorado. March 3-4, 1988. (W.R. Keammerer y L.F. Brown, eds.). Colorado State University, Colorado Water Resources Research Institute, Fort Collings, colorado. Information Series n° 59, pp. 173-192.
- Chocarro, C.; Goded, M. L. y Fillat, F. (1993-94). Heterogeneidad espacial en una comunidad pratense pirenaica detectada a través de la composición florística. Stvdia Oecologica, X-XI: 137-144.
- Daget, P. (1980). Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (Cas des thérophytes). En: Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives, 89-114 (R. Barbault, P. Blandin y J.A. Meyer, Eds.). Maloine, Paris.
- Dagnelie, P. (1960). Contribution a l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serp. Carte Phytogéogr., ser. B, 5: 7-71 y 93-195.
- Dajet, Ph. (1968). Quelques remarques sur le degré de continentalité des climats de la région holarctique. CNRS-CEPE. Montpellier, 12 p.
- Dajet, Ph. (1977). Le bioclimat méditerranéen: Caractères généraux, modes de caractérisation. Vegetatio, 34 (1): 1-20.
- Dargie, T.C.D. (1987). An ordination analysis of vegetation patterns on topoclimate gradients in south-east Spain. Journal of Biogeography, 14 (3): 197-211.

- Debussche, M.; Escarré, J.; Lepar, J.; Houssard, C. y Lavorel, S. (1996). Changes in Mediterranean plant succession: old fields revisited. Journal of Vegetation Science, 7: 519-526.
- De Pablo, C.L.; Peco, B.; Galiano, E.F.; Nicolás, J.P. y Pineda, F.D. (1982). Space-time variability in Mediterranean pastures analysed with diversity parameters. Vegetatio, 50: 113-125.
- Díaz, E.; Roldán, A.; Lax, J. y Albadalejo, J. (1994). Formation of stable aggregates in degraded soil by amendment with urban refuse and peat. Geoderma, 63: 277-288.
- Díez, C.; Luis Calabuig, E. y Tárrega, R. (1990). Influencia del arbolado en dehesas de roble (*Quercus pyrenaica*) bajo pastoreo en la provincia de León. En: Actas de la XXX Reunión Científica de la S.E.E.P., 45-52 (edita Pastos).
- Díez, C.; Luis Calabuig, E. y Tárrega, R. (1993-94). Análisis comparativo de la diversidad del estrato herbáceo en función de la distancia al árbol en dehesas de roble. Studia Oecologica, X-XI: 145-154.
- Directiva del Consejo (85/337/CEE), de 27 de junio de 1985, relativa a evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (L 127), de 5-7-1985.
- Dorronsoro Fernández, C.F. (1992). Suelos. Tercera parte: el medio físico-químico. En: El libro de las dehesas salmantinas, . 487-542. (Coord. J.M. Gómez Gutiérrez), Junta de Castilla y León (Consejería de Medio Ambiente y O.T.).
- Douguedroit, A. (1974). Le rôle de l'humidité des sols dans l'opposition de la vegetation entre adrets et ubacs. Bull. Ass. Géog. Fran., 415: 133-140.
- Down, C.G. (1975). Soil development of colliery waste tips in relation to age. III. Chemical factors. Journal of Applied Ecology, 12: 635-639.
- Dumas, B. y Hotyat, M. (1987). Formes d'écoulement, dynamique du couvert végétal et processus d'érosion sur des glacis en course d'élaboration dans le sud-est de l'Espagne. En: Processus et mesure de l'érosion, 87-98 (CNRS, ed.).
- Drury, W.H. y Nisbet, I.T.C. (1973). Succession. J. Arnold Arboret., 54: 331-369.
- Elias, C.O. (1982). The effect of low phosphorus on mine grass cultivars for derelict land reclamation. Journal of Applied Ecology, 19: 239-248.
- Elwell, H.A. y Stocking, M.A. (1976). Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia. Geoderma, 15: 61-70.

- Ellery, K.S. y Walker, B.H. (1986). Growth characteristics of selected plant species on asbestos tailing from Msauli Mine, eastern Transvaal. South African Journal of Botany, 52: 201-206.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Fac. Sc. de Montpellier, 7: 3-43.
- Emberger, L. (1971). Travaux de botanique et d'écologie. Masson. Paris, 520 p.
- Espigares, T y Peco, B. (1993). Mediterranean pasture dynamics: the role of germination. Journal of Vegetation Science, 4: 189-194.
- Estevan Bolea, M<sup>a</sup>. T. (1980). Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. CIFCA. Pp. 1-100.
- Estevan Bolea, M<sup>a</sup>. T. (1995). Prólogo 2<sup>a</sup> Edición. En: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Conesa Fdez-Vítora, V). Mundi-Prensa. Pp. 7-15.
- Eterevskaja, L.V. y Ugarova, V.A. (1979). Processes of soil formation in technogenic steppe landscapes. En: Soil formation in technogenic landscapes, 140-156. (S.S. Trofimov, ed.) Nauka, Novosibirsk.
- Eterevskaja, L.V.; Lehcier, L.V.; Michnovskaja, A.D. y Lapta, E. I. (1985). Soil formation on loess in technogenic landscapes. En: Technogenic ecosystems-organization and function, 107-135. (A.A. Titlyanova, ed.). Nauka, Novosibirsk.
- Faulkner, H. (1990). Vegetation cover density variations and infiltration patterns on piped alkali sodic soils: implications for the modelling of overland flow in a semiarid area. In: Vegetation and Erosion, 317-344 (J.B. Thornes, ed.)
- Felícisimo, A.M. y Cepedall, G. (1990). Estimación de la radiación solar incidente sobre superficies con pendiente y orientación variables. Studia Oecologica, 5: 267-284.
- Felipo, M.T.; Garau, M.A.; Pascual, M.D. y Cardús, J. (1982). Reutilización de aguas y lodos residuales procedentes de depuradoras municipales a través del suelo. II Parte: Lodo residual. Anales de Edafología y Agrobiología, 41: 2055-2068.
- Fernández, C.; Tárrega, R.; Fernández, M. y Luis, E. (1990). Structure of a spatial limit community of *Juniperus Thurifera*. Silva Carelica 15: 183-190.
- Fernández Abascal, I.; Tárrega, R. y Luis Calabiug, E. (1997). Influencia de la siembra de herbáceas en la recuperación post-fuego de un brezal. En: Actas de las V Jornadas de la A.E.E.T. Córdoba, pp. 77.
- Fernández Bayón, G.M.; Tárrega, R y Pérez de la Vega, M. (1997). Estabilización de los estériles de minas de carbón con herbáceas comerciales (*Festuca rubra* y *Lotus corniculatus*) en el Bierzo Alto. En: Actas de las V Jornadas de la A.E.E.T. Córdoba, pp. 81.

- Fernández García, F. (1995). Manual de climatología aplicada. Clima, Medio Ambiente y Planificación. Colección: Espacios y Sociedades. Serie Mayor, nº 2. Editorial Síntesis. Madrid.
- Fernández-Gómez, M. J. (1990). Contribuciones al Análisis Multivariante Directo del Gradiente basadas en los Métodos Biplot. Tesina de Licenciatura. Universidad de Salamanca.
- Fernández Polo, S.A. (1965). Génesis de los yacimientos uraníferos en metasedimentos de Salamanca (España). En: Col. Luxo-Hisp. Francés de Miner. Uranif. Metasedim. J.E.N. Madrid.
- Fernández Santos, B. (1991). Estudio Autoecológico de *Cytisus balansae* (Boiss.) Ball y *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet. Regeneración. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- Fernández Santos, B.; Gómez Gutiérrez, J.M. y Moreno Marcos, G. (1991). Influencia de la topografía en la estructura de las poblaciones de *Cytisus multiflorus*. Studia Oecologica, VIII: 83-95.
- Fernández Santos, B.; Gómez Gutiérrez, J.M. y Tárrega García Mares, R. (1992). Efectos de la quema, corte, arranque, abandono o pastoreo del matorral de escoba blanca (*Cytisus multiflorus*) sobre la producción y estructura de la comunidad herbácea. Pastos, XXII (2): 131-146.
- Fernández Santos, B.; Moreno Marcos, G. y Gómez Gutiérrez, J.M. (1995). Regeneration of *Cytisus multiflorus* after fire, cutting and pulling out in the N-W of Spain. En: Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems, 627-641. (D. Bellan, G. Bonin y C. Emig, eds.) Technique et Documentation. Lavoisier, Intercept Ltd.
- Fernández Santos, B.; Gómez Gutiérrez, J.M. y Pérez Fernández, M.A. (1994). Biomass production by a material leguminous shrub, *Cytisus multiflorus*, following various treatments: cutting back, pulling out, burning and abandonment of field as compared to grazing, in NW Spain. En: Biomass for energy and industry, 674-680. 7<sup>th</sup> E.C. Conference (D.O. Hall, G. Grassi y H. Scheer, eds.). Ponte Press.
- Fernández Santos, B.; Gómez Gutiérrez, J.M.; Grande Martín, G. y Tárrega García Mares, M.R. (1996). Efectos del matorral sobre las herbáceas en la Comarca de Sanabria. En: Actas de la XXXVI R.C. SEEP. Logroño (La Rioja). pp. 107-111.
- Fitter, A.H. (1982). Influence of soil heterogeneity in the coexistence of grassland species. Journal of Ecology, 70: 139-148.
- Fox, J.F. (1979). Intermediate-disturbance hypothesis. Science, 204: 1344-1345.
- Frontier, S. y Pichod-Viale, D. (1991). Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution. Masson, Paris.

- Fuentes Bodelón, F. (1993). Marco jurídico e institucional de la normativa ambiental aplicada a las actividades extractivas en la Comunidad Europea, Nacional y CC.AA. En: I Congreso nacional de restauración de espacios afectados por actividades extractivas (ponencia nº12), 222-241.
- Gabriel, K. R. (1971). The Biplot display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 58: 453-467.
- Gabriel, K.R. y Odoroff, Ch.L. (1986). Use of 3D Biplots for diagnosing models to fit higher dimensional data. En Statistical Image Proceeding ang Graphs (E. Wegman y D. De Priest, eds.). Dekker, New York.
- Galindo Villardón, M.P. (1984). Exposición intuitiva de métodos estadísticos (Fundamentos y aplicaciones a Biología, Medicina y otras ciencias). Universidad de Salamanca. Facultad de Biología. Departamento de Ecología. Gráficas Varona.
- Galindo, M. P. (1985). Contribuciones a la Respresentación simultánea de Datos Multidimensionales. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- Galindo, M. P. (1986). Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot. Questiio. 10 (1): 13-23.
- Galindo, M. P.; Barrera, I.; Fernández, M.J. y Martín, A. (En prensa). Estudio Comparativo de ordenación de comunidades ecológicas basado en técnicas factoriales. Mediterranea.
- Galindo, M.P. y Cuadras, C.M. (1986). Una extensión del método Biplot y su relación con otras técnicas. Publicaciones de Bioestadística y Biomatemática. Universidad de Barcelona nº 17.
- Gallart, F. y Llorens, P. (1996). Los efectos hidrológicos de la recuperación del bosque en áreas de montaña. En: Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales, 73-78 (T. lasanta y J.M. García Ruiz, eds.). Instituto de Estudios Riojanos y Sociedad española de Geomorfología.
- García Camarero, J., Ingelmo, F. y Sanchís, A. M. (1994). Estudio catenal de la vegetación espontánea y de los suelos, en una microcuenca con cultivos abandonados E: 1/500, Pedralba (Valencia). Stvudia Oecologica, (X-XI), 69-76.
- García Camarero, J., Ingelmo, F. y Sanchís, A. M. (1997). Efecto protector de una cubierta arbustiva y una capa de compost de R.S.U., frente a la erosión hídrica de un suelo degradado en ambiente mesomediterráneo seco en Pedralba (Valencia). En: Actas de las V Jornadas de la AEET, pp. 182. Córdoba.
- García Pérez, J. (1997). Comparación de la estructura de pastos montanos mediante la aplicación del modelo de rango-abundancia de Zipf-Pareto-Mandelbrot. En: Actas de la XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P. pp. 125-128.

- García Pérez, J. y Sebastià, M.T. (1996). Componente estacional de la diversidad vegetal de una toposecuencia en pstizales pirenaicos. En: Actas de la XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P. pp. 73-80.
- García Puelles, E. (1918). Estudio industrial de los yacimientos de wolframio y estaño de la provincia de Salamanca. Bol. Oficial Min. y Met., 11:33-63.
- García Rodríguez, J.A. (1992). Comunidades Vegetales. Aspectos descriptivos y generales. En: La Dehesa, 209-239 (Coord. J.M. Gómez Gutiérrez).
- García Rodríguez, J. A.; Puerto, A.; Matías, M. D. y Saldaña, J. A. (1989). Diversidad y Dominancia en las Comunidades de Matorral de la Sierra de Béjar. Stvdia Botanica, 8: 35-49.
- García Ruiz, J.M.; Lasanta, T. y Sobrón, I. (1988). Problemas de evolución geomorfológica en campos abandonados: el valle del Jubera (Sistema Ibérico). Zubía, 6: 99-104.
- García Ruiz, J.M.; Ruiz Flaño, P.; Lasanta, T.; Montserrat, G.; Martínez Pica, J.P. y Pardini, G. (1991). Erosion in abandoned fields, what is the problem? En: Soil Erosion studies in Spain, 97-108 (M. Sala, J.L. Rubio y J.M. García ruiz, eds.). Geofoma Ediciones. Logroño.
- Gartside, D.W. y McNeilly, T. (1974). The potential for evolution of heavy metal tolerance in plants. II. Copper tolerance in normal population of different plants species. Heredity, 32: 335-348.
- Gastó, J. (1987). Pastizales españoles de la región mediterránea: descripción, observación y comentarios. Informe Sabático española. Pontifica universidad católica de Chile, 154 pp.
- Gibson, D.J. (1982). The natural revegetation of lead-cinz mine spoils in northeastern Oklahoma. Southwestern Naturalist, 27: 425-436.
- Gibson, D.J.; Johnson, F.L. y Risser, P.G. (1985). Revegetation of unreclames coal strip mines in Oklahoma. II. Plant Communities. Reclamation and Revegetation Research, 4: 31-47.
- Glen-Lewin, D.C. (1980). The individualistic nature of plant community development. Vegetatio, 43: 141-146.
- Goldblatt, P. (1978). Analysis of the flora of southern Africa: its characteristics, relationships and origins. Ann. Missouri Bot. Garden, 65: 369-436.
- Gómez Amelia, D. y Schnabel, S. (1996). Hidrología y erosión en ambientes de pastoreo extensivo. En: Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales, 137-154. (T. Lasanta y J.M. García Ruiz, eds.) Instituto de Estudios riojanos.
- Gómez Gutiérrez, J.M. (1978). Utilización. En: Estudio Integrado y Multidisciplinario de la Dehesa Salmantina. 1 (2), 205-243. Publ. I.O.A.T.O. Salamanca-Jaca.

- Gómez Gutiérrez, J.M.; Luis, E. y Puerto, A. (1978). El sistema de vaguada como unidad de estudio de los pastizales. Pastos, 8: 219-236.
- Gómez Gutiérrez, J.M. (1992). (Coordinador): El libro de las dehesas salmantinas. Junta de Castilla y León (Consejería de Medio Ambiente y O.T.).
- Gómez Gutiérrez, J.M.; Galindo, P.; Martínez, V. y Pérez Fernandez, M. (1991). Efectos restrictivos de la fertilidad del suelo sobre la distribución de *Cytisus multiflorus* (L'Her) Sweet. Suelo y Planta, I: 335-350.
- Gómez Gutiérrez, J.M. y Luis Calabiug, E. (1992). Producción primaria aérea. En: El libro de las dehesas salmantinas, 247-270. (Coord. J.M. Gómez Gutiérrez). Junta de Castilla y León (Consejería de Medio Ambiente y O.T.).
- Gómez Gutiérrez, J.M.; Luis Calabiug, E.; Montalvo Hernández, I. y García Criado, L. (1980). Producción de pastizales en la zona de dehesas de Salamanca y su relación con otros factores ecológicos. Studia Oecológica, I (1): 157-179.
- González Bernáldez, F.; Morey, M. y Velasco, F. (1969). Influences of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layer at the El Pardo forest (Madrid). Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), 67: 265-284.
- González Bernáldez, F.; Morey, M. y Velasco, F. (1975). Efectos de la encina sobre el pasto. Excma. Diputación Provincial de Badajoz.
- González Hidalgo, J.C. (1993-94). Relaciones hídricas suelo/planta afectadas por la exposición de ladera. Studia Oecológica, X-XI: 89-100.
- González Rebollar, J.L. (1989). Organization and dynamics of vegetational landscape: its response to hypothetical changes of the phytoclimatic conditions. En: European Conference on Landscape Ecological impacts of Climatic Changes.
- Goodall, D.W. (1970). Statistical Plant Ecology. Annual Review of Ecology and Systematics, 1: 99-124.
- Goodman, A.E.; Khalid, A.M. y Ralph, R.J. (1981). Microbial ecology of Rum Jungle I: environmental study of sulphidic overburden dumps, experimental heap leach piles and tailings dam area. Report AAEC/E531. Australian Atomic Energy Commission, Sutherland, New South Wales, Australia.
- Grande Martín, G. (1997). Efectos de la competencia de *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet sobre la comunidad herbácea. Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca.
- Gray, J.S. (1988). Species abundance patterns. En: Organisation of Communities: Past and Present. Blackwell, Oxford.

- Greig Smith, P. (1983). Quantitative plant-ecology. Studies in Ecology 9. Univ. Of California Press. Berkeley and Los Angeles.
- Grime, J.P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plant and its relevance to ecological and evolutionary theory. Am. Nat., 111: 1169-1194.
- Grime, J.P. (1979). Plant strategies and vegetation processes. Jhon Willey and Sons. Chischester. England.
- Grime, J.P. (1985). Towards a functional description of vegetation. En: The population structure of vegetation. (J. White, ed.). Dr. W. Junk Pubs. Dordrecht.
- Grime, J.P. (1987). Dominant and subordinate components of plant communities: implications for succession, stability and diversity. En: Colonization, succession and stability: 26<sup>th</sup> Symposium of the British Ecological Society, 413-428. (A.J. Gray, M.J.Crawley y P.J. Edwards, eds.). Blackwell, Oxford.
- Grime, J.P. (1988). The C-S-R model of primary plant strategies-origins, implications and tests. En: Plant evolutionary biology, 371-393 (L.D. Gottlieb y S.K. Jain, eds.). Chapman and Hall, London.
- Grubb, P.J. (1977). The maintenance of species-richness in plant communities. The importance of the regeneration niche. Biol. Rev., 52: 107-145.
- Grubb, P.J. (1987). Some generalizing ideas about colonization and succession in green plants and fungi. En: Colonization, succession and stability: 26<sup>th</sup> Symposium of the British Ecological Society, 81-102 (A.J. Gray, M.J.Crawley y P.J. Edwards, eds.). Blackwell, Oxford.
- Guerrero Campo, J. y Montserrat Martí, G. (1997). Importancia de los atributos y tipos morfológicos de las plantas para su supervivencia ante los procesos erosivos. En: Actas de las V Jornadas de la Asociación Española de Ecología Terrestre. Córdoba, pp. 89.
- Guerrero Campo, J.; Alberto, F.; Hodgson, J.; Maestreo, M.; García Ruiz y J.M. Montserrat Martí, G. (1997). Estructura de la vegetación y características funcionales de las plantas de las colinas de yesos de la depresión central del Ebro. Relación con los factores topográficos y los procesos erosivos. En: Actas de las V Jornadas de la Asociación Española de Ecología Terrestre. Córdoba, pp. 273.
- Harper, J.L. (1961). Approaches to the study of plant competition. En: Mechanisms in Biological Competition, 1-39 (F.L. Milthorpe, ed.). Symposium N° 15, Society for Experimental Biology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Harper, J.L. (1977). Population Biology of Plant. Academic Press, London.
- Harrington, T.E. (1982). A comparison of forest vegetation on orphan strip mines and adjacent sites in eastern Oklahoma. M.S. Thesis, University of Oklahoma.

- Harrison, A.P. (1978). Microbial sucesion and mineral leaching in an artifical coal spoil. Appl. Environ. Microbiol., 36: 861-869.
- Heltshe, J.F. y Bitz, D.W. (1979). Comparing diversity measures in sampled communities. En Ecological Diversity in Theory and Practice, 133-144. (J.F. Grassle, G.P. Patil, W. Smith y C. Taille, eds.). International Co-operative Publishing House, Fairland, MD.
- Hernández Pacheco, E. (1905). Distribución de la wolframita en España. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. T., VI: 215-324.
- Hill, J.R.C. (1977). Factors that limit plant growth on copper-, gold- and nickel-mining wastes in Rhodesia. Transactions of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 86: A135-145.
- Hill, J.R.C. y Nothard, W.F. (1973). The Rhodesian approach to vegetating slimes dams. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 74: 197-208.
- Hillier, S.H. (1990). Gaps, seed banks and plant species diversity in calcareous grasslands. En: Calcareous grasslands. Ecology and management, 57-66. (S.H. Hillier, D.W.H. Walton y D.A. Wells, eds.). Bluntisham, Huntingdon.
- Hodgson, D.R. y Buckley, G.P. (1973). A practical approach towards the establishment of trees and shrubs on pulverized fuel ash. En: The Ecology of Resource Degradation and Renewal, 305-329 (M.J. Chadwick y G.T. Goodman, eds.). Symposium 15 of the British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hodgson, D.R. y Townsend, W.N. (1973). The amelioration and revegetation of pulverized fuel ash. En: Ecology and Reclamation of Devasted Land II, 247-271 (R.J. Hutnik y G. Davis, eds.). Gordon and Breach, New York.
- Hurlbert, S.H. (1971). The nonconcept of species diversity. A critique and alternative parameters. Ecology, 52: 577-586.
- Hutcheson, K. (1970). A test for comparing diversities based on the Shannon formula. J. Theor. Biol., 29: 151-154.
- Ibañez Grannell, A.; Ingelmo, F.; García Camarero, J. y Sanchís, A. (1993-1994). Regeneración de suelos en cultivos abandonados mediante el uso de lodos y cubiertas vegetales. Studia Oecologica, X-XI: 101-107.
- I.G.T.M.E. (1989). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Serie: Ingeniería Geoambiental.
- Imenson, A.C. y Emmer, I.M. (1992). Implications of climatic change on land degradation in the Mediterranean. En: Climatic Change and The Mediterranean. (L. Jeftic, J.D. Milliman y G. Sestini, eds.) E. Arnold.

- Ingelmo Sánchez, F.; García Camarero, J.; Canet Castelló, R.; Pomares García, F y Ibáñez Granell, M.A. (1997). Restauración vegetal en suelos degradados: aplicación a un vertedero utilizando lodos de depuradora y compost de R.S.U. como enmiendas orgánicas. En: Actas de las V Jornadas de la AEET, pp. 183. Córdoba.
- Jaccard, P. (1902). Lois de distribution florale dans la zone alpine. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 38: 69-130.
- Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 44: 223-70.
- Jefferies, R.A.; Bradshaw, A.D. y Putwain, P.D. (1981). Growth, nitrogen accumulation and nitrogen transfer by legume species established on mine spoils. Journal of Applied Ecology, 18: 945-956.
- Jiménez, E. y Arribas, A. (1979). Esquema geomorfológico de la provincia de Salamanca. En: Estudio Integrado y Multidisciplinario de la Dehesa Salmantina, 1 (3): 53-64.. Publ. I.O.A.T.O. Salamanca.
- Johnson, F.L.; Gibson, D.J. y Risser, P.J. (1982). Revegetation of unreclaimed coal strip-mines in Oklahoma. Journal of Applied Ecology, 19: 453-463.
- Johnson, P.L.Y. y Billings, W.D. (1962). The alpine vegetation of the Beartooth Plateau in relation to cryopedogenic processes and patterns. Ecological Monographs, 32: 102-139.
- Junta de Castilla y León; Consejería de Economía y Hacienda (1990). La Energía en Castilla y León.
- Kadmon, R.; Yair, A. y Danin, A. (1989). Relationship between soil properties, soil moisture and vegetation along loess-covered hillslopes, Northern Negev, Israel. Catena Supp., 14: 43-67.
- Kandrashin, E.R. (1979). Productivity of vegetation on coal mine spoils of Kuzbass. En: Soil Formation in technogenic landscapes, 163-172. (S.S. Trofimov, ed.). Nauka, Novosibirsk.
- Keplin, B. y Broll, G. (1995). Effects of the management practice "mulching" on soil biological conditions of urban and grassland ecosystems. En: Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems, 786-787 (D. Bellan, G. Bonin y C. Emig, eds.). Technique et Documentation, Lavoisier, Intercept Ltd.
- Kirkby, M.J.; Atkinson, K. y Lockwood, J. (1990). Aspect, vegetation cover and erosion in semi-arid hillslope. En: Vegetation and Erosion, 25-89 (J.B. Thornes, ed.).
- Kirkby, M.J. y Neale, R.H. (1987). A soil erosion model incorporating seasonal factors. En: II International Geomorphology, 189-210. (V. Gardiner, Ed.). John Wiley and Sons Ltd.

- Kirkby, M.J.; Baird, A.J.; Diamond, S.M.; Lockwood, J.G.; McMahon, M.D.; Mitchell, P.L.; Shao, J.; Sheehy, J.E.; Thornes, J.B. y Woodward, F.I. (1996). The Medalus slope catena model: A physically based process model for hydrology, ecology and land degradation interactions. En: Mediterranean Desertification and Land Use. (J. Brandt y J.B. Thornes, eds.) John Wiley and Sons Ltd.
- Klevenskaja, I.L.; Taranov, S.A.; Trofimov, S.S. y Fatkulín, F.A. (1985). Slope processes as soil formation factor in technogenic ecosystems. En: Technogenic ecosystems-organization and function, 23-38. (A.A. Titlyanova, ed.). Nauka, Novosibirsk.
- Koepfen, W. (1918). Une nouvelle classification générale des climats. Rev. Gen. Sc., 30: 550-554.
- Krumbiegel, A. (1997). Are annuals simply only therophytes? A survey about the diversity of growth forms among annual species. En: Scripta Botanica Belgica, 15:100 (E. Smets, L.P. Ronse Decraene y E. Roccrecht, eds.). 13<sup>th</sup> Symp. Morph., Anat. And Syst., Progr. And Abstr.
- La Roca, N.; Cabrelles, J.L.; Dupre, M.; Fumanal, M.P.; Quiles, X.; Torregrosa, A. y Vinals, M.J. (1988). Arroyada superficial y rosión. Estación experimental de Requena, Valencia. Cuat. y Geom., 2 (1-4): 43-55.
- Lax, A.; Díaz, E.; Castillo, V. y Albadalejo, J. (1994). Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment. Arid Soil research and rehabilitation, 8: 9-17.
- Le Houreou, H.N. (1959). Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Univ. Alger, Inst. Rech. Sahariennes.
- Le Houreou, H.N. (1971). L'Écologie végétale dans la région Méditerranéenne. Inst. Agron. Médit., Bari.
- Leisman, G.A. (1957). A vegetation and soil chronosequence on the Mesabi iron range spoil banks, Minnesota. Ecological Monographs, 27: 221-245.
- Ley 4/89 de 27 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna silvestres. B.O.E. nº 74 de 28 de marzo de 1989.
- Ley 8/1994 de 24 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Ambientales de Castilla y León. B.O.C. y L. nº 125, de 29 de junio de 1994.
- Loucks, O. L., 1970. Evolution of diversity, efficiency, and community stability. Amer. Zool., 10: 17-25.
- Llorente, J.M. (1993). Dificultades para la gestión y aprovechamiento integral en las dehesas salmantinas. Salamanca Revista Provincial de Estudios, 31-32: 207-222.

- Lloyd, M y Ghelardi, R.J. (1964). A table for calculating the “equitability” component of species diversity. J. Anim. Ecol., 33: 217-225.
- Luis Calabuig, E. (1992). Bioclima. En: El libro de las Dehesas Salmantinas, 543-594. (Coord. J.M. Gómez Gutiérrez). Junta de Castilla y León (Consejería de Medio Ambiente y O.T.).
- MacArthur, R.H. y MacArthur, J.M. (1961). On birds species diversity. Ecology, 42: 594-598.
- MacIntosh, R.P. (1967). The continuum concept of vegetation. Bot. Review, 33:130-187.
- Madon, O. y Médail, F. (1997). The ecological significance of annuals on a Mediterranean grassland (Mt Ventoux, France). Plant Ecology, 129: 189-199.
- Magurran, A. E. (1988). Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm. London.
- Marañón, T. (1986). Plant species richness and canopy effect in the savanna-like “dehesa” of S.W. Spain. Ecol. Medit, 12: 131-141.
- Margalef, R. (1958). Information Theory in Ecology. General Systems, 3: 36-71.
- Margalef, R., 1968. Perspectives in ecological theory. Univ. Chicago Press., Chicago.
- Margalef, R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Trans. Connect. Acad. Arts Sci., 44: 211-235.
- Margalef, R. (1977). Ecología. Omega, Barcelona.
- Marrs, R.V.; Roberts, R.D. y Bradshaw, A.D. (1980). Ecosystem development on reclaimed china clay wastes. I. Assessment of vegetation and capture of nutrients. Journal of Applied Ecology, 17: 709-717.
- Martín Azcárate, F. y Peco, B. (1997). Dinámica de un pastizal mediterráneo del centro peninsular durante 16 años: fluctuaciones climáticas e incidencia de un cambio de uso. En: Actas de las V Jornadas de la AEET, p. 87. Córdoba.
- Martín Izard, A. y Arribas, A. (1984). Relaciones entre la estratigrafía y las mineralizaciones uraníferas del Complejo Esquisto Grauváquico en el oeste de la provincia de Salamanca. En: I Congreso Español de Geología, Tomo II: 577-587.
- Martín Izard, A. (1989). El Origen de los yacimientos de uranio en las pizarras del Complejo Esquisto Grauváquico. Ediciones de la Diputación de Salamanca. Serie Ciencias 4.
- Martínez Roperó, V. (1988). Estudio de factores condicionantes de la distribución de *Cytisus multiflorus* (L’Her) Sweet en España. Tesina de Licenciatura. Universidad de Salamanca.

- Martone, E., (1927). Traité de géographie physique. I. Notions générales, Hydrographie, A. Colin, Paris.
- May, R.M. (1975). Patterns of species abundance and diversity. En: Ecology and Evolution of Communities, 81-120. (M.L. Cody y J.M. Diamond, eds.), Harvard University Press, Cambridge, MA.
- May, R.M. (1981). Patterns in multi-species communities. En: Theoretical Ecology: Principles and Applications, 197-227. (R.M. May, ed.), Blackwell, Oxford.
- Milchunas, D.G.; Lauenroth, W.K.; Chapman, P.L. y Kazempour, K. (1989). Effect of grazing, topography and precipitation on the structure of a semiarid grassland. Vegetatio, 80: 11-23.
- Miller, G.R. (1979). Quantity and quality of the annual production of shoots and flowers by *Calluna vulgaris* in North-east Scotland. Journal of Ecology, 67 (1): 109-129.
- Monk, C. D., 1967. Tree species diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to north central Florida. Amer. Nat., (101), 173-187.
- Montoya, J.M. (1980). Efectos del arbolado de las dehesas sobre los factores ecológicos que actúan a nivel del sotobosque. En: Actas de la XX Reunión científica de la S.E.E.P. Badajoz.
- Montserrat, P. (1980). Los factores que aceleran el encespedado acelerador. Pastos, 10: 5-8.
- MOPTMA, (1995). Jornada sobre restauración del medio natural en la red de carreteras del Estado. 13 de junio Madrid. Dirección General de Carreteras y Dirección General de Política Ambiental.
- Moreno Marcos, G. (1992). Dispersión y banco de semillas en *Cytisus multiflorus*, efecto de la tala, quema y arranque. Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca. Salamanca.
- Moreno, G.; Gómez Gutiérrez, J.M. y Fernández Santos, B. (1992). Primary dispersal of *Cytisus multiflorus* seeds. Pirineos, 140: 75-88.
- Morin, K.A.; Cherry, J.A.; Lim, T.P. y Vivyurka, A.J. (1982). Contaminant migration in a sand aquifer near an inactive uranium tailings impoundment, Elliot Lake, Ontario. Can. Geotech. J., 19: 49-62.
- Motyka, J.; Dobrzanski, B. y Zawadski, S. (1950). Wstepne badania nad lakami polundnlowowschodnej Lubeiszczyzny. Ann. Univ. M. Curie-Jklodowska. Sec. E. 5 13: 367-447.
- Naplekova, N.N.; Trofimov, S.S.; Kandrashin, E.R. y Fatkulin, F.A. (1985). Micro-organism of technogenic ecosystems in Siberia. En: Technogenic ecosystems-organization and function, 38-69. (A.A. Titlyanova, ed.). Nauka, Novosibirsk.

- Navarro Andrés, F. y Valle Gutiérrez, C.J. (1987). Capítulo 3: Castilla y León. En: La Vegetación de España., 149. (M. Peinado Lorca y S. Rivas Martínez, eds.). Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá de Henares.
- Navas, A. (1996). La restauración de tierras marginales mediante lodos de depuradora. En: Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales, 155-172 (T. lasanta y J.M. García Ruiz, eds.). Instituto de Estudios Riojanos y Sociedad española de Geomorfología.
- Naveh, Z. y Whittaker, R.H. (1979). Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other mediterranean areas. Vegetatio, 41: 171-190.
- Nicholson, S.A. y Monk, C.D. (1974). Plant species diversity in old-field succession on the Georgia Piedmont. Ecology, 55: 1075-1085.
- Nicolau Ybarra, J. M. y Ruiz Pérez, M. (1986). La minería de carbón a cielo abierto y sus repercusiones ambientales en El Bajo Aragón. Información Ambiental. 10: I-XII.
- Norland, M.R. y Veith, D.L. (1992). Soil characterization and soil amendement use on coal surface mine lands: an annotated bibliography. USDI Bureau of mines: IC-9285.
- Nyahoza, F.; Marshall, C. y Sagar, C.R. (1973). The interrelationship between tillers and rhizomes of *Poa pratensis* L.. An autoradiographic study. Weed Res., 13: 304-309.
- Odum, E. P., 1969. The strategy of ecosystem development. Science, 164: 262-270.
- Oke, T.R. (1987). Boundary layer climates. Methuen, Londres.
- Oliver Moscardó. S. y Luis Calabuig, E. (1979). Factores termoplumiométricos. En: Estudio Integrado y Multidisciplinario de la Dehesa Salmantina. 1 (3), 101-155. Publ. I.O.A.T.O. Salamanca.
- Olson, J.S. (1958). Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan sand dunes. Bot. Gaz., 119: 125-170.
- Orden de 13 de junio de 1984, sobre normas para la elaboración e los planes de explotación y resturación del espacio afectado por las explotaciones de carbón a cielo abierto y el aprovechamiento racional de estos recursos energéticos. B.O.E. nº 143 de 15 de junio de 1984
- Pardo, F.; Chocarro, C. y Fillat, F. (1993). Ciclo de producción en prados de siega altoaragoneses e influencia de la precipitación. En: Actas de la XXIII Reunión Científica de la S.E.E.P., 371-378. Edit. Excma Diputación Provincial de Ciudad Real. Ciudad real.
- Parker, K.C. (1991). Topography, substrate and vegetation patterns in the northern Sonora Desert. Journal of Biogeography, 95: 423-452.

- Passera, C.B. (1995). Repoblación de áreas marginales con forrajeras nativas. En: Asistencia Técnica para el estudio de las Directrices de ordenación y mejora del Uso Ganadero en el Parque Natural de Sierra de Castril (Granada), 34-36 C.M.A./Junta de Andalucía (expte: 40/93/P/00).
- Pérez Corona, M.E. (1993). Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicación de la tecnología NIRS en estudios ecológicos. Universidad Complutense. Madrid.
- Pérez Corona, M.E.; Vázquez de Aldana, B.R.; García Ciudad, A. y García Criado, B. (1996). Variación de la riqueza específica y producción aérea de biomasa en pastizales semiáridos. En: Actas de la XXXVI R.C. de la S.E.E.P., 149-153. Logroño.
- Pérez Fernández, M.A. (1992). Algunos caracteres de la reproducción sexual de *Cytisus multiflorus* (L'Her) Sweet. Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca.
- Peterson, C.H. (1976). Measurement of community pattern by indices of local segregation and species diversity. Journal of Ecology, 64: 157-171.
- Pielou, E. C. (1966a). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. J. Theor. Biol., (10), 370-383.
- Pielou, E. C. (1966b). The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol., 13: 131-44.
- Pielou, E. C. (1969). An introduction to Mathematical Ecology. J. Willey. New York.
- Pielou, E. C. (1975). Ecological Diversity. J. Wiley, New York.
- Piha, M.I.; Vallack, H.W.; Reeler, B.M. and Michael, N. (1995a). A low input approach to vegetation establishment on mine and coal ash wastes in semi-arid regions. I. Tin mine tailing in Zimbabwe. Journal of Applied Ecology 32: 372-381.
- Piha, M.I.; Vallack, H.W.; Michael, N. y Reeler, B.M. (1995b). A low input approach to vegetation establishment on mine and coal ash wastes in semi-arid regions. II. Lagooned pulverized fuel ash in Zimbabwe. Journal of Applied Ecology 32: 382-390.
- Pineda, F.D.; Casado, M.A.; Peco, B.; Olmeda, C. y Levassor, C. (1987). Temporal changes in therophytic communities across the boundary of disturbed-intact ecosystems. Vegetatio, 71: 333-339.
- Polo, A.; Gumuzzio, J. y Díaz-Burgos, A. (1995). Utilización agrícola de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales: aplicaciones en el territorio de la comunidad de Madrid. Canal de Isabel II, Centro de Ciencias medioambientales (CSIC), Dpto. De Química Agrícola, Geografía y Geoquímica de la universidad Autónoma de Madrid.

- Puerto, A. (1997a). La Dehesa. Investigación y Ciencia. Octubre: 66-73.
- Puerto, A. (1997b). La Dehesa Salmantina. Aspectos Ecológicos. Salamanca Revista Provincial de Estudios. 38: 331-355.
- Puerto, A.; Alonso, H. y Gómez, J.M. (1977). Mosaicos de heterogeneidad ocasionados por el arbolado en comunidades de pastizal. Anuario del Centro de Edafología y Biología Aplicada del C.S.I.C. IV: 161-168.
- Puerto, A.; García, J.A.; Matías, M.D.; Saldaña, A. y Pérez, C. (1989). Organización del espacio inducida por el arbolado. Regularidades estructurales. Options Méditerranéennes. Série Séminaires, 3: 35-39.
- Puerto, A. y Rico, M. (1992). Spatial variability on slopes of Mediterranean grassland: structural discontinuities in strongly contrasting topographic gradients. Vegetatio, 98: 23-31.
- Puerto, A.; Rico, M. y Alonso, H. (1981). Los pastizales semiáridos: un difícil equilibrio entre explotación y sucesión. An. Edafol. Agrobiol. 39: 1333-1350.
- Puerto, A.; Rico, M. y Gómez, J.M.. (1983a). Evolución de algunas variables edáficas en relación con la sucesión secundaria. An. Edafol. Agrobiol., 42: 1341-1352.
- Puerto, A.; Rico, M. y Gómez, J.M. (1983b). Pautas repetitivas en los pastizales salmantinos: la vaguada como unidad sitética y paisajística. Rev. Salamanca, 7: 119-144.
- Puerto A.; Torres, M.D. y Rico, M. (1983c). Diferenciación de comunidades en función de la orientación y del efecto del redileo. Stvdia Oecologica, 4: 125-136.
- Puerto Martín, A.; Rico Rodríguez, M.; García Rodríguez, J.A.; García González, R. y García Criado, B. (1984). La Diversidad II: tendencias encontradas para tres series de la sucesión cultivo-pastizal en la zona de dehesas de la provincia de Salamanca. Salamanca Revista Provincial de Estudios, nº 14 (oct-dic): 219-242.
- Puerto Martín, A.; Rico Rodríguez, M.; García Rodríguez, J.A. y Gómez Gutiérrez, J.M. (1982). La Diversidad I: Formulación de un concepto de profundas raíces ecológicas. Salamanca Revista Provincial de Estudios, 14: 199-217.
- Puerto Martín, A.; Rico, M. y Gómez Gutiérrez, J.M. (1985). Comparación de la producción primaria aérea neta de dos unidades de explotación (Dehesas) en relación con la topografía, litología y régimen climático. An. Edafol. Agrobiol., XLV (3-4): 529-547.
- Raunkiaer, C. (1934). The life form of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, Oxford.
- Real Decreto 2994/82 de 15 de octubre, sobre restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas. B.O.E. nº 274, de 15 de noviembre de 1982.

- Real Decreto 1116/84 de 9 de mayo, sobre restauración del espacio natural afectado por las explotaciones de carbón a cielo abierto y el aprovechamiento racional de estos recursos energéticos. B.O.E. nº 141 de 13 de junio de 19984.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación del impacto ambiental. B.O.E. nº 15, de 30 de junio de 1986.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución del real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio de evaluación de impacto ambiental. B.O.E. nº 239 de 5 de octubre 1988.
- Reiners, W. A.; Worley, I. A. y Lawrence, D. B. (1970). Plant diversity in a chronosequence at Glacier bay, Alaska. Ecology, 55: 55-59.
- Rico, E. (1992). Flora vascular de la dehesa salmantina. En: El libro de las dehesas salmantinas, 597-624. (Coord. J.M. Gómez Gutiérrez). Junta de Castilla y León (Consejería de Medio Ambiente y O.T.).
- Rivas Martínez, S.; Diaz, T.; Prieto, F.; Loidi, J. y Penas, A. (1984). La vegetación de la alta montaña cantábrica. Los Picos de Europa. Ediciones Leonesas. León.
- Rivas Martínez, S. (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España, pp. 19-20 y hoja nº 12 del mapa correspondiente a la provincia de Salamanca. I.C.O.N.A. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Rivero, J.M. y Puerto, A. (1996). Influencia de la altitud sobre la distribución en pastos de especies del género *Trifolium* L. En: Actas de la XXXVI R.C. de la S.E.E.P., 145-148. Logroño.
- Roberts, R.D.; Marrs, R.H. and Bradshaw, A.D. (1980). Ecosystem development on reclaimed china clay wastes. II. Nutrient compartmentation and nitrogen mineralization. Journal of Applied Ecology, 17: 719-725.
- Roberts, R.D.; Marrs, R.H.; Skeffington, R.A. y Bradshaw, A.D. (1981). Ecosystem development on naturally-colonized china clay wastes. I. Vegetation changes and overall accumulation of organic matter and nutrients. Journal of Ecology, 69: 153-161.
- Robertson, G.P.; Huston, M.A.; Evans, F.C. y Tiedje, J.M (1988). Spatial variability in a successional plant community: patterns of nitrogen availability. Ecology, 69: 1517-1524.
- Roldán, A.; Querejeta, Y.; Albadalejo, J. y Castillo, V. (1996). Growth response of *Pinus halepensis* to inoculation with *Pisolithus arhizus* in a terraced rangeland amended with urban refuse. Plant and Soil, 179: 35-43.
- Ruiz Flaño, P. (1993). Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo. Geoforma Ediciones. Logroño.

- Ruiz Flaño, P.; García Ruiz, J.M. y Ortigosa, L. (1992). Geomorphological evolution of abandoned fields. A case study in the Central Pyrenees. Catena, 19 (3-4): 301-308.
- Ruiz Flaño, P.; Lasanta, T.; García Ruiz, J.M. y Ortigosa, L. (1991). The diversity of sediment yield from abandoned fields of the Central Spanish Pyrenees. IAHS Publ., 203: 102-110.
- Ryser, P. (1993). Influences of neighbouring plants on seedling establishment in limestone grassland. Journal of Vegetation Science, 4: 195-202.
- Sanchez AVECILLA, C. (1983). El complejo sedimentario pelítico-grauváquico. Libro Jubilar. J.M. Ríos. Geología de España. Tomo I, 91-99. IGME. Madrid.
- Sauvage, Ch. (1961). Recherches botaniques sur le suberaires marocaines. Trav. Inst. Sc. Cherifien. Bot. 21: 1-462, Rabat.
- Sebastià, M.T. (1992). The effect of physiographical factors on subalpine grassland structure. En: 6<sup>th</sup> European Ecological Congress. Marseille.
- Schippers, A.; Hallmann, R.; Wentzien, S. y Sand, W. (1995). Microbial Diversity in Uranium Mine Waste Heaps. Applied and Environmental Microbiology, 61(8): 2930-2935.
- Schuster, W.S. y Hutnik, R.J. (1987). Community development on 35-year-old planted minespoil banks in Pennsylvania. Reclamation and revegetation research, 6: 109-120.
- Shafy, M.I. y Yarranton, G.A. (1973). Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post-fire) succession. Ecology, 54: 897-903.
- Shannon, C. E. y Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.
- Shtina, E.A. (1985). Soil algae as pioneers of overgrowing technogenic substrates and indicators of the state of derelict land. Gen. Biol. Zh. 4: 435-444.
- Sims, H.P.; Powter, C.B. y Campbell, J.A. (1984). Amentments to enhance adverse rooting zone properties. En: Land surface reclamation: a review of the international literature. Alberta Land Conversation and Reclamation Council Report RRTAC 84-, I:373-603.
- Smith, R.A.H. y Bradshaw, A.D. (1979). The use of metal toletant plant populations for the reclamation of metalliferous wastes. Journal of Applied Ecology, 16: 595-612.
- Sneath, P.H.A. y Sokal, R.R. (1973). Numerical taxonomy (Freeman, San Francisco).
- Snyder, T.D. y Caruccio, F.T. (1988). The partitioning of flow components of acidic seeps from surface coal mines and the identification of acid-producing horizons within the backfill. En: Mine drainage and surface mine reclamation. Report 1C9183. Bureau of Mines, U.S., 59-66. (D.S. Brown y D.P. Hodel, eds.). Department of the interior, Whashington, D.C.

- Sokal, R.R. y Michener, C.D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. Univ. Kansas Sci. Bull., 38: 1409-1438.
- Sorensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude un plant sociology based on similarity os species content ans its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biol. Skr., 5: 1-34.
- Southwood, T.R.E. (1978). Ecological Methods. Chapman and Hall, London.
- Spurr, S.H. y Barnes, B.V. (1980). Forest Ecology. JW & Son, New York.
- Sterling, A.; Peco, B.; Casado, M.A.; Galiano, E.F. y Pineda, F.D. (1984). Influence of microtopography on floristic variation in the ecological succession in grassland. Oikos, 42: 334-342.
- Street, H.E. y Goodman, G.T. (1967). Techniques of revegetation in the Lower Swansea Valley. En: The Lower Swansea Valley Project (K.J. Hilton, ed.). Longmans Green, London.
- Stroo, H.F. y Jencks, E.M. (1982). Enzyme activity and respiration in minesoils. Soil Sci. Soc. Am. J., 46: 548-553.
- Sutton, P y Dick, W.A. (1987). Reclamation of acidic mined lands in humic areas. Adv. Agron, 41: 377-405.
- Symeonidis, L.; MacNeilly, T. y Bradshaw, A.D. (1985). Different tolerance ofthree cultivars of *Agrostis capillaris* L. to cadmium, copper, lead, nickel and zinc. New Phytol., 101: 309-315.
- Tagawa, H. (1964). A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, south-west Japan. I Dynamics of vegetation. Mem. Fac. Sci. Kyusbu Univ., ser. E (Biol.), 3: 165-228.
- Tansley, A.G. (1939). The British Islands and their Vegetation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tárrega García Mares, R. y Luis Calabuig, E. (1988-89). Influencia de la Sabina (*Juniperus thurifera*) sobre el estrato herbáceo en función de la orientación. Anales de Biología, 15: 179-189 (Biología Ambiental, 4). Secretariado de Publicaciones. Universidad de Murcia.
- Tárrega, R.; Luis Calabuig, E. y Alonso, I. (1997). Space-time heteogeneity in the recovery after experimental burning and cutting in a *Cistus laurifolius* shrubland. Plant Ecology, 129: 179-187.
- Tate, R.L. (1985). Micro-organism, ecosystem disturbance and soil-formation processes. En: Soil reclamation process: Microbiological analysis and applications, 1-33. (R.L. Tate, D.A. Klein, eds.). Marcel Dekker, New York.

- TENEO (1993). Boletín Informativo de la Empresa Nacional del Uranio, Año 1, N° 2 (julio de 1993), pp. 4.
- TENEO (1995). Boletín Informativo de la Empresa Nacional del Uranio, Año 3, N° 11 (noviembre de 1995), pp. 1 y 3.
- Thornes, J.B. (1990). The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation: Spatial outcomes. En: Vegetation and Erosion. (J.B. Thornes, ed.) John Wiley and Sons Ltd.
- Titlyanova, A.A. y Nironycheva-Tokareva, N.P. (1990). Vegetation succession and biological turnover on coal-mining spoils. Journal of Vegetation Science, 1: 643-652.
- Townsend, W.N. y Gillham, E.W.F. (1975). Pulverized fuel ash as a medium for plant growth. En: The Ecology of Resource Degradation and Renewal (M.J. Chadwick y G.T. Goodman, eds.), pp. 287-304. Symposium 15 of the British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Townsend, W.N. y Hodgson, D.R. (1973). Edaphological problems associated with deposits of pulverized fuel ash. Ecology and Reclamation of Devasted Land, 45-56 (R.J. Hutnik y G. Davis, eds.). Gordon and Breach, New York.
- Traba, J.; Ortega, M.; Levassor, C. y Peco, B. (1996). Cambios en la composición florística del banco de semillas por abandono del uso ganadero. En: Actas de la XXXVI R.C. de la S.E.E.P., 129-134. Logroño.
- Trewartha, C. (1954). An introduction climate. McGraw-Hill, N.Y. 102 p.
- Tutin, G.T.; Heywood, V.H.; Burges, N.A.; Moore, D.M.; Valentine, D.H.; Walters, S.M. and Webb, D.A. (eds.), 1968-1980. Flora Europaea. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Vázquez de Aldana, B.R.; García Ciudad, A.; Corona, E.P. y García Criado, B. (1993). Elemental content in grassland of semiarid zones: effect of topographical position and botanical composition. Comn. Soil. Sci. Plant Anal., 24: 1975-1989.
- Walter, H. y Lieth, H. (1960). Klimadiagramm-Weltatlas. Gustav Fischer, Jena.
- Whittaker, R.H. (1953). A consideration of climax theory: The climax as a population and pattern. Ecological Monographs, 23: 41-78.
- Whittaker, R.H. (1965). Dominance and diversity in land plant communities. Science, 147: 250-260.
- Whittaker, R.H. (1967). Gradient analysis of vegetation. Biol. Rev., 42: 207-264.
- Whittaker, R.H. (1969). Evolution of diversity in plant communities. Brookhaven Symp. Biol., 22: 178-196.

- Whittaker, R. H. (1970). Communities and ecosystems (MacMillan, London).
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 21 (2/3): 213-251.
- Whittaker, R. H. (1980). El diseño y la estabilidad de las comunidades vegetales. En: Conceptos unificadores de ecología, 174-189. (W.H. Van Dobben & R.H. Lowe-McConnell, eds.). Blume:
- Whittaker, R. H. y Marks, P.L. (1975). Methods os assessing terrestrial productivity. In: Primary productivity of the Biosphere, 55-118 (H. Lieth y R.H. Whittaker, Eds.).
- Whittaker, R. H. y Niering, W. A., 1975. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. V. Biomass, production, and diversity along the elevation gradiente. Ecology, 56: 771-790.
- Whittaker, R. H. y Woodwell, G. M. (1969). Structure, production and diversity of the oak-pine forest at Brookhaven, New York. Journal of Ecology, 57: 155-174.
- Wicherek, S. (1988). Les relations entr le couvert végétal et l'érosion en climat tempéré de plaines. Ex: Cessières (Aisne, France). Z. Geomorph., 32: 339-350.
- Wilson, J.B. (1991). Methods for fitting dominance/diversity curves. Journal of Vegetation Science, 2: 35-46.
- Williams, W.T. y Dale, M.B. (1965). Fundamental problems in numerical taxonomy. Advance Bot. Res., 2: 35-68.
- Willians, P.A. (1981). Aspects of the ecology of broom (*Cytisus scoparius*) in Canterbury, New Zeland. N. Z. J. Bot. 19: 31-34.
- Willians, W.T.; Lambert, J.M. y Lance, G.N. (1966). Multivariate methods in plant ecology. V Similarity analyses and information-analysis. Journal of Ecology, 54: 427-445.
- Wischmeyer, W.H. (1960). Coppring management factor evaluation for a universal sillloss equation. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 24: 322-326.
- Yair, A. y Berkowicz, S.M. (1989). Climate and non-climate controls of aridity: the case of the northern Negev of Israel. Catena Supp., 14: 145-158.
- Zahl, S. (1977). Jack-knifing an index of diversity, 58: 907-913.

# **ANEXOS**

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL
<i>Boraginaceae</i>	<i>Anchusa azurea</i> Miller	P
	<i>Echium plantagineum</i> L.	A/B
	<i>Myosotis ramosissima</i> Rochel	A
<i>Campanulaceae</i>	<i>Campanula lusitanica</i> L.	A
	<i>Campanula rapunculus</i> L.	B
	<i>Jasione montana</i> L.	A/B
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	A
	<i>Corrigiola litoralis</i> L.	A
	<i>Herniaria glabra</i> L.	P
	<i>Moenchia erecta</i> (L.) P. Gaertner, B. Meyer & Scherb.	A
	<i>Paronychia argentea</i> Lam.	P
	<i>Petrorhagia nanteuilli</i> (Burnat) P.W. Ball & Heywood	A
	<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.)	A
	<i>Sagina apetala</i> Ard.	A
	<i>Silene gallica</i> L.	A
	<i>Silene inaperta</i> L.	A
	<i>Silene portensis</i> L.	A
	<i>Silene scabriflora</i> Brot.	A
	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	P
	<i>Spergula arvensis</i> L.	A
	<i>Spergularia rubra</i> (L.) J. Presl & K. Presl	A/B/P
<i>Cistaceae</i>	<i>Cistus salviifolius</i> L.	L
	<i>Halimium umbellatum</i> (L.) Spach	L
	<i>Helianthemum aegyptiacum</i> (L.) Mill.	A
	<i>Xolantha guttata</i> (L.) Raf.	A
<i>Compositae</i>	<i>Andryala integrifolia</i> L.	A/B/P
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	A/B
	<i>Arnoseris minima</i> (L.) Schweigger & Koerte	A
	<i>Carduus carpetanus</i> Boiss. & Reut.	P
	<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis	A/B
	<i>Carlina corymbosa</i> L.	P
	<i>Centaurea melitensis</i> L.	A/B
	<i>Centaurea ornata</i> Willd.	P
	<i>Centaurea paniculata</i> L.	B
	<i>Cichorium intybus</i> L.	P
	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	P
	<i>Cnicus benedictus</i> L.	A
	<i>Conyza</i> sp.	
	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	A/B
	<i>Crepis foetida</i> L.	A
<i>Crepis vesicaria</i> L.	A/B/P	

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL
<i>Compositae</i>	<i>Crupina vulgaris</i> Cass.	A
	<i>Cynosurus echinatus</i> L.	A
	<i>Chamaemelum mixtum</i> (L.) All.	A
	<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.	P
	<i>Chondrila juncea</i> L.	B/P
	<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	A
	<i>Evax carpetana</i> Lange. (*)	A
	<i>Filago pyramidata</i> L.	A
	<i>Hedypnois cretica</i> (L.) Dum. Courset	A
	<i>Helichrysum stoechas</i> L.	L
	<i>Hispidella hispanica</i> Bardanes exLam. (*)	A
	<i>Hypochoeris radicata</i> L.	P
	<i>Lactuca</i> sp.	A/B
	<i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat.	A/P
	<i>Logfia gallica</i> (L.) Cosson & Germ.	A
	<i>Logfia minima</i> (Sm.) Dumort.	A
	<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.	L
	<i>Picris echioides</i> L.	A/B
	<i>Pulicaria paludosa</i> Link (*)	A
	<i>Reichardia intermedia</i> (Schultz Bip.) Cout.	A
	<i>Senecio gallicus</i> Chaix	A
	<i>Senecio jacobaea</i> L.	B/P
	<i>Senecio lividus</i> L.	A
<i>Senecio sylvaticus</i> L.	A	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	A/B	
<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertner	A	
<i>Tragopogon</i> sp.		
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	P
<i>Cruciferae</i>	<i>Alyssum granatense</i> Boiss. & Reut.	A
	<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr. & Foss.	A (o perennizante)
	<i>Lepidium heterophyllum</i> Benth.	P
	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	A
	<i>Teesdalia coronopifolia</i> (J.P. Bergeret) Thell	A
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex divisa</i> Hudson	P
	<i>Scirpus holoschoenus</i> L.	P
	<i>Scirpus</i> sp.	A
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Chenopodium album</i> L.	A
<i>Dipsacaceae</i>	<i>Pterocephalus diandrus</i> (Lag.) Lag.	A
	<i>Scabiosa atropurpurea</i> L.	

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia falcata</i> L.	A
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>ballota</i> (Desf.) Samp.	L
<i>Gencianaceae</i>	<i>Centaurium erythraea</i> Rafin.	B
<i>Geraniaceae</i>	<i>Erodium botrys</i> (Cav.) Bertol	A/B
	<i>Erodium ciconium</i> (L.) L'Hér.	A/B
	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	A
	<i>Geranium molle</i> L.	A/B
	<i>Geranium robertianum</i> L.	A/B
<i>Gramineae</i>	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	A
	<i>Agrostis castellana</i> Boiss. & Reut.	P
	<i>Aira caryophyllea</i> L.	A
	<i>Anthoxantum aristatum</i> Boiss.	A
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Beauv. ex C. Presl.	P
	<i>Avena sterilis</i> L.	A
	<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) Beauv.	A
	<i>Briza maxima</i> L.	A
	<i>Bromus madritensis</i> L.	A
	<i>Bromus horderaceus</i> L.	A
	<i>Bromus rigidus</i> Roth	A
	<i>Bromus rubens</i> L.	A
	<i>Bromus tectorum</i> L.	A
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	P
	<i>Cynosurus echinatus</i> L.	A
	<i>Dactylis glomerata</i> L.	P
	<i>Festuca arundinacea</i> Schreber	P
	<i>Gastridium ventricosum</i> (Govan) Schinz & Thell.	A
	<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) Beauv.	A
	<i>Holcus lanatus</i> L.	P
	<i>Holcus mollis</i> L.	P
	<i>Holcus setiglumis</i> Boiss. & Reut.	A
	<i>Hordeum distichon</i> L.	A
	<i>Hordeum murinum</i> L.	A
	<i>Hordeum vulgare</i> L.	A
	<i>Lolium perenne</i> L.	P
	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	A
	<i>Lophochloa cristata</i> (L.) Hyl.	A
	<i>Micropyrum tenellum</i> (L.) Link	A
	<i>Periballia involucrata</i> (Cav.) Janka	A
<i>Phleum pratense</i> L.	P	
<i>Poa bulbosa</i> L.	P	

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL
	<i>Polypogon maritimus</i> Willd.	A
	<i>Secale cereale</i> L.	A
	<i>Taeniatherum caput-medusae</i> (L.) Nevski	A
	<i>Trisetum ovatum</i> (Cav.) Pers.	A
<i>Gramineae</i>	<i>Vulpia bromoides</i> (L.) S.F. Gray	A
	<i>Vulpia ciliata</i> Dumort.	A
	<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C. Gmelin	A
<i>Guttiferae</i>	<i>Hypericum humifusum</i> L.	P
	<i>Hypericum perforatum</i> L.	P
<i>Labiatae</i>	<i>Lavandula stoechas</i> L.	L
	<i>Marrubium Vulgare</i> L.	P
	<i>Mentha rotundifolia</i> (L.) Hudson	P
	<i>Stachys arvensis</i> (L.) L.	A
	<i>Thymus mastichina</i> L.	L
<i>Leguminosae</i>	<i>Anthyllis cornicina</i> L.	A
	<i>Anthyllis lotoides</i> L.	A
	<i>Biserrula pelecinus</i> L.	A
	<i>Coronilla repanda</i> (Poiret) Guss. subsp. <i>dura</i> (Cav.) Coutinho	A
	<i>Cytisus multiflorus</i> (L'Hér.) Sweet.	L
	<i>Lathyrus angulatus</i> L.	A
	<i>Lotus angustissimus</i> L.	A
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	P
	<i>Lotus subbiflorus</i> Lag.	A
	<i>Lupinus</i> sp.	A
	<i>Medicago polymorpha</i> L.	A
	<i>Medicago sativa</i> L.	P
	<i>Ononis repens</i> L.	
	<i>Ornithopus compressus</i> L.	A
	<i>Ornithopus perpusillus</i> L.	A
	<i>Ornithopus pinnatus</i> (Miller) Druce	A
	<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	L
	<i>Trifolium angustifolium</i> L.	A
	<i>Trifolium arvense</i> L.	A
	<i>Trifolium bocconeii</i> Savi	A
	<i>Trifolium campestre</i> Schreber	A
	<i>Trifolium cherleri</i> L.	A
	<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	A
	<i>Trifolium gemellum</i> Pourret ex Willd.	A
	<i>Trifolium glomeratum</i> L.	A
	<i>Trifolium pratense</i> L.	

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL
	<i>Trifolium repens</i> L.	P
	<i>Trifolium retusum</i> L.	A
	<i>Trifolium striatum</i> L.	A
	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	A
	<i>Trifolium tomentosum</i> L.	A
	<i>Vicia benghalensis</i> L.	A/P (corta vida)
<i>Leguminosae</i>	<i>Vicia lutea</i> L.	A
	<i>Vicia sativa</i> L.	A
<i>Liliaceae</i>	<i>Allium</i> sp.	P
	<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	P
<i>Linaceae</i>	<i>Linum bienne</i> Miller	B/P
<i>Papaveraceae</i>	<i>Fumaria reuteri</i> Boiss.	A
	<i>Papaver hybridum</i> L.	A
	<i>Papaver rhoeas</i> L.	A
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago afra</i> L.	A
	<i>Plantago coronopus</i> L.	A/B/P
	<i>Plantago lagopus</i> L.	A
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	P
<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Armeria</i> sp.	P
<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum aviculare</i> L.	A
	<i>Rumex acetosella</i> L. subsp. <i>angiocarpus</i> (Murb.) Murb.	P
	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	A
	<i>Rumex crispus</i> L.	P
	<i>Rumex induratus</i> Boiss. & Reuter.	L
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	P
	<i>Rumex pulcher</i> L.	P
<i>Primulaceae</i>	<i>Anagallis arvensis</i> L.	A
	<i>Anagallis monelli</i> L.	P
	<i>Asterolinum linum-stellatum</i> (L.) Duby.	A
<i>Resedaceae</i>	<i>Reseda luteola</i> L.	A/B
	<i>Reseda virgata</i> Boiss. & Reut	P
<i>Rosaceae</i>	<i>Aphanes cornucopioides</i> Lag.	A
	<i>Aphanes microcarpa</i> (Boiss. & Reut.) Roth	A

FAMILIA	ESPECIES	CICLO VITAL
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	L
	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	P
<i>Rubiaceae</i>	<i>Crucianella angustifolia</i> L.	A
	<i>Galium aparine</i> L.	A
	<i>Galium parisiense</i> L.	A
	<i>Sherardia arvensis</i> L.	A
<i>Rutaceae</i>	<i>Ruta montana</i> (L.) L.	P
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Anarrhinum bellidifolium</i> (L.) Willd.	B/P
	<i>Bellardia trixago</i> (L.) All.	A
	<i>Digitalis thapsi</i> L.	B/P
	<i>Linaria saxatilis</i> (L.) Chaz.	P
	<i>Linaria sparteae</i> (L.) Willd.	A
	<i>Misopates orontium</i> (L.) Rafin.	A
	<i>Parentuceliia viscosa</i> (L.) Caruel	A
	<i>Verbascum pulverulentum</i> Vill.	B
	<i>Veronica arvensis</i> L.	A
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum nigrum</i> L.	A
<i>Umbelliferae</i>	<i>Daucus carota</i> L.	A/B
	<i>Daucus durieua</i> Lange	A
	<i>Eryngium campestre</i> L.	P
	<i>Eryngium tenue</i> Lam.	A
	<i>Torilis arvensis</i> (Hudson) Link	A
<i>Valerianaceae</i>	<i>Centranthus calcitrapae</i> (L.) Dufresne	A
	<i>Valerianella coronata</i> (L.) D.C.	A
	<i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterrade	A
<i>Verbenaceae</i>	<i>Verbena supina</i> L.	A
<i>Violaceae</i>	<i>Viola arvensis</i> Murray	A

A = anual, B = bienal, A/B = anual-bienal, B/P = bienal-perenne, P = perenne y L = leñosa.

(\*) Endemismo.

Nº	ESPECIES / GRUPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
1	<i>Agriopsis truncatis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
2	<i>Agrostis castellana</i>	0,0	0,0	1,8	2,8	2,3	5,1	3,8	1,9	1,8	0,0	5,9	0,3	6,6	7,8	0,0	0,0	0,6	2,3	9,0	3,5	0,1	0,0	3,6	3,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
3	<i>Aira carpophylla</i>	0,5	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
4	<i>Alyssum granatense</i>	0,0	0,0	0,0	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
5	<i>Anarrinum bellidifolium</i>	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	1,3	0,0	1,3	4,4	0,0	1,6	0,9	0,5	1,8	0,0	0,0	2,9	1,8	1,4	1,1	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,9	0,4	0,7	2,8	0,0	
6	<i>Andryala integrifolia</i>	1,5	0,5	5,7	3,8	4,7	10,4	7,8	0,0	0,0	4,5	4,2	10,7	9,3	3,5	0,0	0,0	4,3	8,1	3,4	7,8	0,0	0,4	3,6	6,6	10,5	6,2	8,5	6,2	0,4	2,2	4,9	1,4	2,8	5,8	0,7			
7	<i>Anthemis arvensis</i>	2,8	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,8	1,8	4,0	4,4	3,6	2,7	0,0	0,0	0,1	8,3	0,5	0,3	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,3	0,7	0,0	
8	<i>Anthyllis cornicna</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	4,1	0,0	0,1	3,8	0,0	0,3	0,0	0,0	2,5	1,6	0,0	5,5	0,0	0,3	6,1	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	0,0	1,7	0,0	
9	<i>Anthyllis lotoides</i>	0,0	0,0	2,5	0,5	1,5	0,0	0,6	0,0	0,3	2,0	1,2	2,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,3	2,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	0,0	0,0	
10	<i>Aphanes cornucopioides</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	<i>Aphanes microcarpa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
12	<i>Asterobon linum-stellatum</i>	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	<i>Avena sterilis</i>	0,0	0,0	0,6	1,9	1,3	0,4	0,0	0,0	2,1	1,6	1,6	0,3	1,8	10,4	2,5	10,8	0,0	5,7	7,9	8,9	5,5	2,1	3,2	1,6	3,5	0,9	0,0	0,0	1,3	5,2	0,0	0,3	2,3	1,2	5,0	0,0	0,0	
14	<i>Ballardia triago</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	1,6	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,6	0,4	0,5	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
15	<i>Biserrula peltatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	<i>Bryza maxima</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	6,8	0,0	0,1	0,1	4,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	3,7	0,0	0,6	0,6	2,0	0,8	0,0	0,0	
17	<i>Bromus madritensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	<i>Bromus hordeaceus</i>	0,0	0,0	1,1	1,9	1,5	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	<i>Bromus rigidus</i>	1,6	0,9	0,0	6,2	3,1	1,6	7,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,9	1,4	0,9	0,0	0,0	6,9	12,4	7,5	0,0	0,0	3,8	0,6	0,7	0,3	0,0	1,8	3,5	5,7	0,0	1,2	0,1	0,8	0,2	0,0	0,0		
20	<i>Bromus rubens</i>	0,0	0,3	0,2	0,9	0,5	1,8	15,1	0,5	0,0	0,6	0,3	29,9	7,8	7,1	0,0	0,0	0,7	0,1	8,1	0,0	0,0	1,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	11,5	0,1	0,3	0,0	1,1	0,0	0,0		
21	<i>Bromus tectorum</i>	0,0	0,0	0,8	2,6	1,7	6,1	1,4	1,4	0,1	0,4	0,8	2,6	1,8	1,4	0,0	0,0	0,4	4,2	0,5	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0	0,4	0,8	0,1	0,4	0,0	0,0		
22	<i>Campanula lusitanica</i>	6,1	0,5	0,0	1,8	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	6,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
23	<i>Carduus carpatanus</i>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
24	<i>Carduus tenuiflorus</i>	0,0	0,0	0,0	1,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	4,2	2,2	0,0	0,0	1,5	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5	
25	<i>Cardina corymbosa</i>	0,0	0,0	1,0	1,2	1,1	2,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,9	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,3	0,0	0,1	1,2	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
26	<i>Centaurea melitensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	
27	<i>Centaurea paniculata</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	1,6	0,0	1,1	3,2	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,6	1,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
28	<i>Centaureum erythraea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
29	<i>Centranthus calcitrapae</i>	2,4	0,0	0,0	1,5	0,7	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	2,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	3,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	2,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,6	0,0		
30	<i>Cerastium glomeratum</i>	0,0	0,0	0,0	2,7	1,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
31	<i>Cirsium arvense</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
32	<i>Cistus salvifolius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,5	1,8	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	
33	<i>Chicuz benedictus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	
34	<i>Convolvulus arvensis</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
35	<i>Conyza sp.</i>	8,9	3,3	5,6	0,7	3,1	0,3	0,6	0,5	0,0	0,1	0,1	0,8	0,3	0,3	0,0	0,0	2,8	0,4	0,0	0,0	0,9	1,0	2,3	0,9	0,1	6,8	4,5	0,0	0,0	1,5	1,9	5,1	1,0	0,0	0,0	0,0		
36	<i>Coronilla repanda</i>	0,0	0,0	0,3	0,6	0,5	0,1	0,2	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	3,0	0,0	0,2	2,4	3,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
37	<i>Corrigiola litoralis</i>	0,0	0,0	9,8	1,6	5,7	0,0	0,0	1,6	0,0	0,6	3,8	5,6	3,9	3,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	4,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	
38	<i>Crepis capillaris</i>	0,0	5,0	2,3	0,2	1,2	3,1	0,6	2,3	0,4	0,1	0,0	2,6	5,8	0,2	0,0	0,2	1,4	3,0	0,0	0,0	0,0																	



Nº	ESPECIES / GRUPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
87	<i>Lolium perenne</i>	1.5	1.1	1.5	0.8	1.2	0.0	0.0	6.9	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.6	0.0	0.6	0.1	0.0	0.0	1.8	1.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	0.0	0.4		
88	<i>Lolium rigidum</i>	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.4	0.0	0.0	0.3	1.4	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1		
89	<i>Lolium augustissimus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
90	<i>Lolium corniculatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
91	<i>Lolium subglobosus</i>	0.0	0.0	4.1	0.0	2.0	2.3	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.1	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
92	<i>Lolium sp.</i>	0.0	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	6.5	10.6	0.0	0.3	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
93	<i>Medicago polymorpha</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
94	<i>Medicago sativa</i>	1.1	0.6	0.0	3.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
95	<i>Medicago sativa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1		
96	<i>Medicago sativa</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	
97	<i>Ornithopus perpusillus</i>	0.0	0.0	0.6	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	7.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.8	0.6	0.0	2.0	0.0	0.4	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.1	0.5	
98	<i>Ornithopus perpusillus</i>	3.3	9.1	0.0	1.8	0.9	0.0	0.0	2.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	4.3	0.0	
99	<i>Parthenocissus vitacea</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
100	<i>Perennial ryegrass</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
101	<i>Perennial ryegrass</i>	0.0	0.1	0.0	1.4	0.7	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.8	0.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.5	1.4	0.0	2.3	
102	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	
103	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
104	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	9.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
106	<i>Phacelia sordida</i>	1.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.2	0.0	2.5	0.0	0.5	2.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
107	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	4.5	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
108	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
109	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
111	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	11.1	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
112	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.6	0.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
113	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
115	<i>Phacelia sordida</i>	4.0	3.0	3.0	5.3	4.2	2.9	0.0	1.8	0.3	2.1	13.4	0.0	0.0	0.4	0.0	1.9	0.0	2.4	2.3	1.2	0.0	0.6	3.8	3.3	5.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	1.9	0.2	2.5	1.5	
116	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
117	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.1	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
119	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.4	4.2	2.3	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.4	1.6	2.6	7.3	0.0	0.0	0.0	2.1	1.0	6.0	0.0	0.0	0.6	1.9	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
120	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
122	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
123	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
124	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.4	0.3	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	1.0	0.0	0.0	0.4	
125	<i>Phacelia sordida</i>	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	1.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
126	<i>Phacelia sordida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	2.5	1.0	0.3										

Nº	ESPECIES / GRUPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
130	<i>Spergularia rupestris</i>	1.0	1.5	10.9	0.3	5.6	0.0	0.0	0.0	4.6	19.3	0.3	0.6	0.4	0.1	0.1	1.3	2.6	0.7	0.4	0.0	0.0	1.9	7.0	5.0	2.2	0.0	3.1	3.0	0.0	0.2	0.1	5.6	2.0	0.5	
131	<i>Trichocereus caryocarpus</i>	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	2.0	2.5	0.7	0.0	0.0	4.2	1.5	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.1	0.7	0.0	
132	<i>Peucedanum carolinianum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
133	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
134	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.1	1.6	0.0	0.0	0.8	1.3	1.1	1.0	0.3	0.1	0.8	0.3	3.3	2.1	0.0	3.0	7.2	0.0	1.0	0.0	0.0	8.2	4.0	3.0	8.5	7.5	0.5	0.3	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	2.5
135	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
136	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.9	0.0	0.4	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.9	0.1	17.8	0.0	0.6	3.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	1.6	1.5	0.0	0.4
137	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	12.3	3.2	7.7	8.5	19.6	0.0	0.5	6.9	0.6	12.4	3.7	5.0	0.0	0.0	7.5	6.9	0.9	3.5	0.0	0.1	9.6	1.2	0.0	5.3	2.5	6.4	4.5	0.0	4.5	2.5	0.1	2.3	
138	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
139	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
140	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
141	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.6	2.2	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
142	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	6.3	0.4	3.4	4.7	0.1	0.0	2.8	9.8	0.4	5.8	2.3	3.0	0.3	0.0	1.1	3.2	0.3	3.5	0.0	0.3	5.1	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
143	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	1.3	0.4	0.9	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
144	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	2.4	0.4	1.4	1.4	0.1	0.3	0.0	3.8	0.4	4.6	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	1.5	0.1	2.3	0.0	0.0	1.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
145	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
146	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
147	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
148	<i>Trichocereus carolinianus</i>	1.3	1.0	0.0	2.6	1.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	2.5	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
149	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	2.0	0.0	8.2	4.1	0.8	0.8	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	2.3	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	5.6	1.0	5.5	0.4	0.2	0.1	1.7	
150	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
151	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.1	3.2	0.3	1.7	2.1	0.0	0.0	0.0	7.1	0.1	0.0	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.8	1.1	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
152	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.5	9.9	4.6	7.2	7.4	1.6	5.4	0.4	18.6	0.3	0.0	6.9	2.8	0.0	0.3	0.1	3.0	10.8	13.4	0.0	0.0	12.9	3.3	2.6	0.9	0.0	0.2	3.7	3.2	0.6	5.7	3.2	3.0	
153	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.6	5.9	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.5	1.3	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
154	<i>Trichocereus carolinianus</i>	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Nº	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	<i>Agrostis castellana</i>	0,0	0,0	1,8	2,8	2,3	5,1	3,8	1,9	1,8	0,0	5,9	0,3	6,6	7,8
2	<i>Aira caryophylla</i>	0,5	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0
3	<i>Alyssum granatense</i>	0,0	0,0	0,0	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	1,3	0,0	1,3	4,4
5	<i>Andryala integrifolia</i>	1,5	0,5	5,7	3,8	4,7	10,4	7,8	0,0	0,0	4,5	4,2	10,7	9,3	3,5
6	<i>Anthemis arvensis</i>	2,8	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,8	1,8	4,0	4,4	3,6	2,7
7	<i>Anthyllis cornicina</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	4,1	0,0	0,1	3,8	0,0	0,3
8	<i>Anthyllis lotoides</i>	0,0	0,0	2,5	0,5	1,5	0,0	0,6	0,0	0,3	2,0	1,2	2,3	0,4	0,3
9	<i>Asterolinon linum-stellatum</i>	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	<i>Avena sterilis</i>	0,0	0,0	0,6	1,9	1,3	0,4	0,0	0,0	2,1	1,6	1,6	0,3	1,8	10,4
11	<i>Bellardia trixago</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	1,6	0,1
12	<i>Briza maxima</i>	0,0	0,0	0,0	1,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0
13	<i>Bromus madritensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
14	<i>Bromus horderaceus</i>	0,0	0,0	1,1	1,9	1,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,8	0,6	0,0
15	<i>Bromus rigidus</i>	1,6	0,9	0,0	6,2	3,1	1,6	7,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,9	1,4	0,9
16	<i>Bromus rubens</i>	0,0	0,3	0,2	0,9	0,5	1,8	15,1	0,5	0,0	0,6	0,3	29,9	7,8	7,1
17	<i>Bromus tectorum</i>	0,0	0,0	0,8	2,6	1,7	6,1	1,4	1,4	0,1	0,4	0,8	2,6	1,8	1,4
18	<i>Campanula lusitanica</i>	6,1	0,5	0,0	1,8	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
19	<i>Carduus carpetanus</i>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
20	<i>Carduus tenuiflorus</i>	0,0	0,0	0,0	1,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	4,2	2,2
21	<i>Carlina corymbosa</i>	0,0	0,0	1,0	1,2	1,1	2,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,9	4,8
22	<i>Centaurea paniculata</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	1,6	0,0	1,1	3,2	0,0	0,0	3,7
23	<i>Centranthus calcitrapae</i>	2,4	0,0	0,0	1,5	0,7	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	2,0	2,8
24	<i>Cerastium glomeratum</i>	0,0	0,0	0,0	2,7	1,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	<i>Convolvulus arvensis</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,5
26	<i>Conyza SP.</i>	8,9	3,3	5,6	0,7	3,1	0,3	0,6	0,5	0,0	0,1	0,1	0,8	0,3	0,3
27	<i>Coronilla repanda</i>	0,0	0,0	0,3	0,6	0,5	0,1	0,2	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,9
28	<i>Corrigiola litoralis</i>	0,0	0,0	9,8	1,6	5,7	0,0	0,0	1,6	0,0	0,6	3,8	5,6	3,9	3,4
29	<i>Crepis capillaris</i>	0,0	5,0	2,3	0,2	1,2	3,1	0,6	2,3	0,4	0,1	0,0	2,6	5,8	0,2
30	<i>Crepis vesicaria</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
31	<i>Crucianella angustifolia</i>	1,6	0,5	0,0	2,2	1,1	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
32	<i>Cynodon dactylon</i>	0,0	0,0	1,7	0,5	1,1	0,0	0,0	4,0	3,0	1,3	0,2	0,0	7,4	1,3
33	<i>Cynosurus echinatus</i>	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	<i>Cytisus multiflorus</i>	0,4	1,9	1,3	2,2	1,8	0,8	0,0	0,0	0,0	2,1	4,8	1,4	0,0	0,0
35	<i>Chamaemelum mixtum</i>	0,0	0,0	3,5	0,8	2,2	0,0	0,0	3,1	3,3	4,1	0,7	0,0	13,9	0,9
36	<i>Chamaemelum nobile</i>	0,0	3,4	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	9,9	5,7	5,0	0,0	0,8	3,3
37	<i>Chondrila juncea</i>	0,0	0,0	0,8	3,9	2,3	13,4	8,4	0,0	1,6	0,2	0,5	4,8	8,4	7,9
38	<i>Dactylis glomerata</i>	0,0	0,0	0,6	2,0	1,3	0,8	0,0	2,5	0,0	0,0	2,8	0,9	0,3	0,0
39	<i>Daucus carota</i>	2,3	0,4	0,0	4,8	2,4	2,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,8	0,7	0,8
40	<i>Daucus durieua</i>	0,0	0,3	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
41	<i>Digitalis thapsi</i>	0,0	0,0	0,4	0,6	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,9
42	<i>Echium plantagineum</i>	0,0	0,0	1,2	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	2,3	0,4	0,0	1,0	1,9
43	<i>Eryngium campestre</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,9	0,0
44	<i>Eryngium tenue</i>	2,8	0,3	0,2	3,3	1,7	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,8	0,0	1,9	5,8
45	<i>Evax carpetana</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	1,0	0,0	0,4	0,1
46	<i>Filago pyramidata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,9	0,1	0,0	0,3	0,2	2,1	0,0
47	<i>Fumaria reuteri</i>	0,0	2,0	0,0	1,1	0,6	0,0	0,0	2,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nº	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
48	<i>Galium aparine</i>	1,5	1,5	0,0	5,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,3	1,1
49	<i>Galium parisiense</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2
50	<i>Gaudinia fragilis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,5	0,6	0,0	0,0	0,0	1,8	3,4	0,0
51	<i>Geranium molle</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4
52	<i>Herniaria glabra</i>	0,6	1,3	0,5	0,8	0,7	0,8	0,0	0,0	1,3	0,9	0,8	0,0	0,0	0,0
53	<i>Holcus lanatus</i>	1,9	0,0	0,0	2,5	1,2	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	3,6	0,0
54	<i>Holcus setiglumis</i>	0,0	0,4	0,1	4,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	1,4	0,3
55	<i>Hypochoeris radicata</i>	0,0	0,4	3,8	3,1	3,4	4,1	2,1	0,0	0,3	7,1	2,3	0,1	0,7	1,1
56	<i>Jasione montana</i>	0,0	3,0	0,2	6,7	3,4	2,2	0,3	0,0	0,0	0,8	0,4	0,0	1,9	1,9
57	<i>Lactuca sp.</i>	0,0	21,0	1,9	2,7	2,3	0,4	0,4	1,6	0,0	0,0	0,1	0,5	0,1	0,1
58	<i>Lathyrus angulatus</i>	1,6	0,0	0,0	6,7	3,3	8,7	0,0	0,5	1,3	0,0	0,1	0,9	0,3	0,6
59	<i>Lavandula stoechas</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	3,8	2,4
60	<i>Leontodon taraxacoides</i>	0,0	0,4	3,5	3,3	3,4	4,9	1,1	6,9	1,0	3,4	7,1	7,9	11,1	10,9
61	<i>Linaria spartea</i>	1,6	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	2,8	4,8	0,0	0,1	0,0	1,6	0,2
62	<i>Linum bienne</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
63	<i>Logfia gallica</i>	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	1,4	1,6	0,0	3,6	6,4	2,5	5,6	1,8	2,5
64	<i>Logfia minima</i>	0,8	0,0	0,8	0,0	0,4	0,8	0,0	0,4	0,0	0,0	3,2	0,1	0,0	0,3
65	<i>Lolium perenne</i>	1,5	1,1	1,5	0,8	1,2	0,0	0,0	6,9	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
66	<i>Lolium rigidum</i>	0,0	0,0	0,0	1,1	0,6	0,4	0,0	0,0	0,3	1,4	0,0	0,0	0,5	0,5
67	<i>Lotus subbiflorus</i>	0,0	0,0	4,1	0,0	2,0	2,3	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
68	<i>Lupinus sp.</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
69	<i>Micropyrum tenellum</i>	1,1	0,6	0,0	3,5	1,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,1	0,0	0,1	0,0
70	<i>Misopates orontium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
71	<i>Ornithopus compressus</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	1,6	0,0
72	<i>Ornithopus perpusillus</i>	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0	7,6	0,0	0,4	0,0	0,0	1,4
73	<i>Papaver rhoeas</i>	3,3	9,1	0,0	1,8	0,9	0,0	0,0	2,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
74	<i>Periballia involucrata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,4
75	<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	0,0	0,1	0,0	1,4	0,7	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0
76	<i>Plantago coronopus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	9,3	1,7	0,0
77	<i>Plantago lagopus</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
78	<i>Plantago lanceolata</i>	1,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
79	<i>Poa bulbosa</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,4	0,0	0,0
80	<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
81	<i>Pulicaria paludosa</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	11,1	6,3	0,0
82	<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
83	<i>Raphanus raphanistrum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,3
84	<i>Rumex acetosella</i>	4,0	3,0	3,0	5,3	4,2	2,9	0,0	1,8	0,3	2,1	13,4	0,0	0,0	0,4
85	<i>Rumex induratus</i>	0,0	0,1	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
86	<i>Rumex pulcher</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	1,9
87	<i>Sanguisorba minor</i>	0,0	0,0	0,4	4,2	2,3	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6	2,6	7,3
88	<i>Scabiosa atropurpurea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3
89	<i>Scirpus holoschoenus</i>	0,0	0,0	0,7	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	1,9
90	<i>Senecio jacobaea</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,2	0,9
91	<i>Senecio lividus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	0,0	0,0
92	<i>Silene gallica</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
93	<i>Silene inaperta</i>	0,0	1,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
94	<i>Silene scabriflora</i>	2,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nº	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
95	<i>Sonchus oleraceus</i>	0,0	0,0	0,6	1,2	0,9	0,7	0,8	4,9	1,3	0,0	1,2	0,1	3,5	5,3
96	<i>Spergularia rubra</i>	1,0	1,5	10,9	0,3	5,6	0,0	0,0	0,0	4,6	19,3	0,3	0,6	0,4	0,1
97	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	0,0	0,0	0,0	1,1	0,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,4
98	<i>Thymus mastichina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
99	<i>Tolpis barbata</i>	0,0	0,1	1,6	0,0	0,8	1,3	1,1	1,0	0,3	0,1	9,8	0,3	3,3	2,1
100	<i>Trifolium angustifolium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,9	0,0	0,4	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0
101	<i>Trifolium arvense</i>	0,0	0,0	12,3	3,2	7,7	8,5	19,6	0,0	0,5	6,9	0,6	12,4	3,7	5,0
102	<i>Trifolium campestre</i>	0,0	0,0	0,0	1,4	0,7	11,7	2,1	0,0	0,8	0,0	0,3	1,6	1,8	0,8
103	<i>Trifolium gemellum</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,6	2,2	0,1	0,9	0,0	0,0
104	<i>Trifolium glomeratum</i>	0,0	0,0	6,3	0,4	3,4	4,7	0,1	0,0	2,8	9,8	0,4	5,8	2,3	3,0
105	<i>Trifolium retusum</i>	0,0	0,0	1,3	0,4	0,9	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	1,9	0,0
106	<i>Trifolium striatum</i>	0,0	0,0	2,4	0,4	1,4	1,4	0,1	0,3	0,0	3,8	0,4	4,6	0,0	1,1
107	<i>Verbascum pulverulentum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,7	1,9	0,0
108	<i>Veronica arvensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
109	<i>Vicia lutea</i>	1,3	1,0	0,0	2,6	1,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
110	<i>Vicia sativa</i>	0,0	2,0	0,0	8,2	4,1	0,8	0,8	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
111	<i>Vulpia bromoides</i>	0,0	0,1	3,2	0,3	1,7	2,1	0,0	0,0	0,0	7,1	0,1	0,0	0,3	0,8
112	<i>Vulpia ciliata</i>	0,0	0,5	9,9	4,6	7,2	7,4	1,6	5,4	0,4	18,6	0,3	0,0	6,9	2,8
113	<i>Vulpia myuros</i>	0,0	0,0	0,6	5,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	4,4	0,0	0,0
114	<i>Xolantha guttata</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0

Nº	ESPECIES	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	<i>Aegilops triuncialis</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,0	0,0
2	<i>Agrostis castellana</i>	0,0	0,0	0,6	2,3	9,0	3,5	0,1	0,0	3,6	3,3	0,5	0,0
3	<i>Aira caryophylla</i>	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	0,0	0,0	1,6	0,9	0,5	1,8	0,0	0,0	2,9	1,8	1,4	1,1
5	<i>Andryala integrifolia</i>	0,0	0,0	4,3	8,1	3,4	7,8	0,0	0,4	3,6	6,6	10,5	6,2
6	<i>Anthemis arvensis</i>	0,0	0,0	0,1	8,3	0,5	0,3	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0
7	<i>Anthyllis cornicina</i>	0,0	0,0	2,5	1,6	0,0	5,5	0,0	0,3	6,1	8,6	0,0	0,0
8	<i>Anthyllis lotoides</i>	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,3	2,0	0,4	0,1	0,0
9	<i>Asterolinon linum-stellatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10	<i>Avena sterilis</i>	2,5	10,8	0,0	5,7	7,9	8,9	5,5	2,1	3,2	1,6	3,5	0,9
11	<i>Bellardia trixago</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,6	0,4	0,5	0,7
12	<i>Biserrula pelecinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1
13	<i>Briza maxima</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	6,8	0,0	0,0	0,1	0,1	4,3	0,1
14	<i>Bromus horderaceus</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
15	<i>Bromus rigidus</i>	0,0	0,0	0,0	6,9	12,4	7,5	0,0	0,0	3,8	0,6	0,7	0,3
16	<i>Bromus rubens</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	8,1	0,0	0,0	1,1	2,2	0,0	0,0
17	<i>Bromus tectorum</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	4,2	0,5	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
18	<i>Campanula lusitanica</i>	0,1	0,0	0,2	0,0	6,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	<i>Carduus tenuiflorus</i>	0,0	0,0	1,5	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0
20	<i>Carlina corymbosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,3	0,0	0,0	0,1	1,2	0,8	0,8
21	<i>Centaurea melitensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,1
22	<i>Centaurea paniculata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,6	1,7	1,0	0,0
23	<i>Centranthus calcitrapae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	3,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
24	<i>Cerastium glomeratum</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	<i>Cistus salviifolius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,5	1,8	0,0	1,0
26	<i>Conyza sp.</i>	0,0	0,0	2,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	2,3	0,9	0,1
27	<i>Coronilla repanda</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	3,0	0,0	0,0	0,2	2,4	3,3	1,9
28	<i>Corrigiola litoralis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	10,1	0,0
29	<i>Crepis capillaris</i>	0,0	0,0	0,2	1,4	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0
30	<i>Crepis vesicaria</i>	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	<i>Crucianella angustifolia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0
32	<i>Cynodon dactylon</i>	4,0	0,6	0,0	1,1	4,0	0,4	6,5	0,0	3,7	0,2	0,0	0,9
33	<i>Cynosurus echinatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0
34	<i>Cytisus multiflorus</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	4,5	0,0	0,0	1,9	0,4	5,0	1,7
35	<i>Chamaemelum mixtum</i>	1,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,0	0,0	0,0
36	<i>Chamaemelum nobile</i>	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	1,9	0,0
37	<i>Chondrila juncea</i>	0,0	0,0	0,6	0,8	1,2	1,8	0,0	0,0	0,1	0,4	1,9	0,0
38	<i>Dactylis glomerata</i>	0,0	0,5	0,5	2,3	1,7	6,6	0,0	1,8	2,2	5,5	0,4	17,1
39	<i>Daucus carota</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	0,7	1,1	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0

Nº	ESPECIES	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
40	<i>Daucus durieua</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,4
41	<i>Echium plantagineum</i>	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,1
42	<i>Eryngium tenue</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,2	0,6	0,0
43	<i>Evax carpetana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,5	0,3
44	<i>Filago pyramidata</i>	0,1	0,0	0,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	4,3	2,3	4,0
45	<i>Fumaria reuteri</i>	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	7,8	0,0	0,4	0,0	0,0
46	<i>Galium aparine</i>	0,0	0,0	0,0	6,7	0,5	2,3	0,0	0,0	0,4	0,0	3,5	0,0
47	<i>Gaudinia fragilis</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	1,2	0,2	0,0
48	<i>Helichrysum stoechas</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	4,3
49	<i>Herniaria glabra</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	2,1	0,0	0,0	1,5	0,4	0,0	0,0
50	<i>Hirschfeldia incana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,3
51	<i>Holcus lanatus</i>	1,4	0,0	0,0	0,9	12,5	0,5	0,0	0,5	1,3	0,1	0,2	0,0
52	<i>Holcus setiglumis</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,1	0,0	1,8	0,0
53	<i>Hypericum perforatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,8	1,8	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
54	<i>Hypochoeris radicata</i>	0,0	0,0	2,5	0,3	1,0	0,5	0,0	0,0	9,0	3,0	5,3	2,1
55	<i>Jasione montana</i>	0,0	0,0	2,9	0,7	0,0	1,9	0,0	0,0	0,5	4,9	1,5	0,0
56	<i>Lactuca sp.</i>	0,0	0,0	0,0	2,3	1,0	0,9	0,0	0,5	0,3	0,7	0,0	0,2
57	<i>Lathyrus angulatus</i>	0,0	0,0	0,0	1,1	1,6	4,9	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0
58	<i>Leontodon taraxacoides</i>	0,0	1,3	1,4	6,7	5,1	9,8	0,0	0,0	6,2	5,9	5,8	7,9
59	<i>Linaria spartea</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
60	<i>Logfia gallica</i>	0,0	0,0	2,7	2,9	0,0	1,0	0,0	0,4	4,3	7,1	2,6	3,3
61	<i>Logfia minima</i>	0,0	0,0	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,0	0,0	0,3
62	<i>Lolium perenne</i>	0,3	8,6	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0	1,8	1,4	2,0	0,0	0,0
63	<i>Lolium rigidum</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,9	0,0	0,0
64	<i>Lupinus sp.</i>	6,5	10,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
65	<i>Medicago polymorpha</i>	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0
66	<i>Misopates orontium</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	1,4
67	<i>Ornithopus compressus</i>	0,0	0,0	1,3	0,4	0,0	1,5	0,0	0,0	3,1	0,5	1,4	0,0
68	<i>Ornithopus perpusillus</i>	0,0	0,0	0,8	0,6	0,0	2,0	0,0	0,4	0,2	1,2	0,0	0,0
69	<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,6	0,0	0,0	0,8	0,3	0,4	0,2
70	<i>Plantago lagopus</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	1,0
71	<i>Plantago lanceolata</i>	0,0	0,0	0,8	1,2	0,0	2,5	0,0	0,5	2,0	0,7	0,3	0,3
72	<i>Poa bulbosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,6	4,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
73	<i>Polygonum aviculare</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
74	<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,6	0,0	0,0	0,4	0,5	0,0	0,5
75	<i>Raphanus raphanistrum</i>	0,0	0,0	1,2	0,3	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
76	<i>Reseda luteola</i>	0,0	4,4	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,1	0,0
77	<i>Rumex acetosella</i>	0,0	1,9	0,0	2,4	2,3	1,2	0,0	0,6	3,8	3,3	5,1	0,0
78	<i>Rumex induratus</i>	0,0	0,0	0,0	1,1	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5

Nº	ESPECIES	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
79	<i>Sanguisorba minor</i>	0,0	0,0	0,0	2,1	1,0	6,0	0,0	0,0	0,6	1,9	0,3	0,8
80	<i>Senecio lividus</i>	0,0	0,3	0,0	0,4	0,3	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
81	<i>Sherardia arvensis</i>	0,0	0,0	0,3	0,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
82	<i>Silene gallica</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	2,5	1,0	0,3	0,0
83	<i>Silene inaperta</i>	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	0,9	0,8	0,1
84	<i>Sonchus oleraceus</i>	0,0	0,0	1,8	3,6	1,1	2,3	0,0	1,1	0,1	7,4	3,3	2,0
85	<i>Spergularia rubra</i>	0,1	1,3	2,6	0,7	0,4	0,0	0,0	1,9	7,0	5,0	2,2	0,0
86	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	0,0	0,0	0,0	2,0	2,5	0,7	0,0	0,0	4,2	1,5	2,7	0,0
87	<i>Thymus mastichina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,7
88	<i>Tolpis barbata</i>	0,0	0,0	3,0	7,2	0,0	1,0	0,0	0,0	8,2	4,0	3,0	8,5
89	<i>Trifolium angustifolium</i>	0,0	0,0	0,5	1,9	0,1	17,8	0,0	0,6	3,8	4,7	0,0	0,0
90	<i>Trifolium arvense</i>	0,0	0,0	7,5	6,9	0,9	3,5	0,0	0,1	9,6	1,2	0,0	5,3
91	<i>Trifolium campestre</i>	0,1	0,0	0,5	1,4	1,8	9,3	0,0	0,0	2,6	1,4	0,0	0,5
92	<i>Trifolium cherleri</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0	0,0	2,5	1,1	0,0	0,5
93	<i>Trifolium gemellum</i>	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
94	<i>Trifolium glomeratum</i>	0,3	0,0	1,1	3,2	0,3	3,5	0,0	0,3	5,1	4,2	0,0	0,0
95	<i>Trifolium striatum</i>	0,0	0,0	1,1	1,5	0,1	2,3	0,0	0,0	1,7	2,4	0,0	0,0
96	<i>Trifolium tomentosum</i>	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
97	<i>Verbascum pulverulentum</i>	0,0	0,0	4,6	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
98	<i>Veronica arvensis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
99	<i>Vicia lutea</i>	0,0	0,0	3,2	2,5	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	<i>Vicia sativa</i>	0,0	0,0	0,0	6,3	2,3	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
101	<i>Viola arvensis</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
102	<i>Vulpia bromoides</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,1	0,5	0,2
103	<i>Vulpia ciliata</i>	0,0	0,3	0,1	3,0	10,8	13,4	0,0	0,0	12,9	3,3	2,6	0,9
104	<i>Vulpia myuros</i>	0,0	0,0	0,3	1,5	1,3	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0

Nº	ESPECIES	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	0,0	1,1	0,0	0,5	5,9	0,4	0,7	2,8	0,0
2	<i>Andryala integrifolia</i>	8,5	6,2	0,4	2,2	4,9	1,4	2,8	5,8	0,7
3	<i>Anthemis arvensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,3	0,7	0,0
4	<i>Anthyllis cornicina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	0,0	1,7	0,0
5	<i>Avena sterilis</i>	0,0	0,0	1,3	5,2	0,0	0,3	2,3	1,2	5,0
6	<i>Briza maxima</i>	0,0	0,0	0,5	3,7	0,0	0,6	0,6	2,0	0,8
7	<i>Bromus rigidus</i>	0,0	1,8	3,5	5,7	0,0	1,2	0,1	0,8	0,2
8	<i>Bromus rubens</i>	0,0	0,0	0,1	11,5	0,1	0,3	0,0	1,1	0,0
9	<i>Bromus tectorum</i>	0,0	0,0	1,5	1,0	0,4	0,8	0,1	0,4	0,0
10	<i>Campanula lusitanica</i>	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	<i>Carduus tenuiflorus</i>	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5
12	<i>Centranthus calcitrapae</i>	0,0	0,9	0,0	2,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,6
13	<i>Conyza sp.</i>	6,8	4,5	0,0	0,0	1,5	1,9	5,1	1,0	0,0
14	<i>Crepis capillaris</i>	5,6	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1
15	<i>Cytisus multiflorus</i>	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,8
16	<i>Chondrila juncea</i>	2,5	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0
17	<i>Dactylis glomerata</i>	0,0	0,9	0,1	4,2	1,3	0,0	0,0	7,5	3,0
18	<i>Daucus carota</i>	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
19	<i>Echium plantagineum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	1,3
20	<i>Filago pyramidata</i>	2,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,0	0,3
21	<i>Fumaria reuteri</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,0
22	<i>Galium aparine</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,3	0,2	0,0
23	<i>Geranium molle</i>	0,0	0,0	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	<i>Helichrysum stoechas</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,3	0,0	0,0	0,4
25	<i>Herniaria glabra</i>	2,5	0,0	0,0	1,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
26	<i>Hirschfeldia incana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,3	2,4
27	<i>Holcus lanatus</i>	0,0	2,7	2,8	1,5	0,0	2,2	2,0	0,2	0,0
28	<i>Holcus setiglumis</i>	0,0	2,1	2,7	0,0	0,0	0,4	0,1	0,2	0,0
29	<i>Hypochoeris radicata</i>	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0	0,7	1,6	0,2	0,8
30	<i>Jasione montana</i>	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,9	2,0	0,0	0,0
31	<i>Lactuca sp.</i>	3,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,3	0,3	2,2	0,8
32	<i>Lathyrus angulatus</i>	0,0	0,4	1,8	3,6	0,8	0,0	0,0	0,9	0,0
33	<i>Lavandula stoechas</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,3	0,6
34	<i>Leontodon taraxacoides</i>	0,4	0,0	2,7	6,0	1,6	0,7	1,2	1,8	5,9
35	<i>Linaria saxatile</i>	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
36	<i>Logfia gallica</i>	3,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,1	1,1	0,3	0,3
37	<i>Lolium perenne</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0

Nº	ESPECIES	27	28	29	30	31	32	33	34	35
38	<i>Lotus subbiflorus</i>	0,0	0,8	0,0	0,1	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0
39	<i>Misopates orontium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	2,3
40	<i>Ornithopus perpusillus</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	2,1	0,5	0,5
41	<i>Papaver rhoeas</i>	2,5	0,0	0,0	0,8	0,0	0,4	0,0	4,3	1,1
42	<i>Periballia involucrata</i>	0,0	0,0	1,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
43	<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	0,5	1,4	0,0	2,3	0,0
44	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0	0,0	2,1
45	<i>Raphanus raphanistrum</i>	1,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
46	<i>Reseda luteola</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,7	0,0
47	<i>Rumex acetosella</i>	0,0	0,4	0,0	0,2	1,9	0,2	2,5	1,5	0,0
48	<i>Rumex induratus</i>	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,6	0,0	2,2	0,0
49	<i>Rumex pulcher</i>	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
50	<i>Sanguisorba minor</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2
51	<i>Senecio lividus</i>	0,0	0,5	1,1	1,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
52	<i>Silene gallica</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,1
53	<i>Silene inaperta</i>	4,0	0,0	0,0	0,0	3,9	3,2	3,1	0,0	0,0
54	<i>Sonchus oleraceus</i>	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	3,2	3,3	3,5
55	<i>Spergularia rubra</i>	3,1	3,0	0,0	0,2	0,1	5,6	2,0	0,5	0,1
56	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0
57	<i>Teesdalia coronopifolia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0
58	<i>Thymus mastichina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,8	0,0	0,0
59	<i>Tolpis barbata</i>	7,5	0,5	0,3	0,1	1,0	0,0	0,0	2,5	3,8
60	<i>Trifolium angustifolium</i>	0,0	0,0	0,1	2,0	1,6	1,5	0,0	0,4	0,0
61	<i>Trifolium arvense</i>	2,5	6,4	4,5	0,0	4,5	2,5	0,1	2,3	0,0
62	<i>Trifolium campestre</i>	0,0	0,0	1,6	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
63	<i>Trifolium glomeratum</i>	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	1,1	0,0	0,2	0,0
64	<i>Trifolium striatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
65	<i>Vicia sativa</i>	0,0	5,6	1,0	5,5	0,4	0,2	0,1	1,7	0,2
66	<i>Vulpia ciliata</i>	0,0	0,2	3,7	3,2	0,6	5,7	3,2	3,0	0,3
67	<i>Vulpia myuros</i>	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0

	1ANH3	2ANH4	3ANH5	1ASH3	2ASH4	3ASH5	1ANN3	2ANN4	3ANN5	1ASN3	2ASN4	3ASN5	1ASH5	2ASH6	3ASH7	1RNH7	2RNH8	3RNH9	2RNN8	3RNN9
<i>Aegilops triuncialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,63	0	0	0	0	0	0,88
<i>Agrostis castellana</i>	0	0	2,75	0	0	0	0,875	2,63	1,75	0	0	0	2,5	1,5	0,88	0	3,75	0	0	0
<i>Aira caryophylla</i>	0,125	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alyssum granatense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	1,63	0,63
<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,25	0	0	1,75	0,25	0	1,75
<i>Andryala integrifolia</i>	3,125	14,38	2,13	3,875	12	4,75	2	12,88	2,13	0,14	6,75	2,25	8,5	2,63	2,5	5,88	0,75	0,38	0	1,63
<i>Anthemis arvensis</i>	2,625	2	0	0	3,5	0,63	0	0	1,25	0	0,38	3,13	4,63	2,5	5,38	8,88	0,13	16,5	1,63	2,38
<i>Anthyllis cornicina</i>	0	0	0	0	0	0,25	0,875	0,75	0	0	0	0	1,25	7,5	5,63	0	9,75	9,13	7,75	0,25
<i>Anthyllis lotoides</i>	4	6,5	6,88	2,5	3,63	8,13	0,75	6	0,75	1,75	2,5	1,5	0	0	0,75	1,5	0,13	3,13	4,13	2,5
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avena sterilis</i>	0	0,5	12,13	0	4,75	0,25	0	1,88	0	0	3,25	0	4,13	2	4,25	0,13	1,5	0,63	4,88	1,25
<i>Bellardia trixago</i>	0	2,38	1,63	0	0	0,38	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0,13	0	0,63
<i>Biserrula pelecinus</i>	0	0	0	1,5	1,38	4,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
<i>Briza maxima</i>	0,125	0,38	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus madritensis</i>	0	0	0	0	1,88	0	0	0	0	0	1,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus hordeaceus</i>	0	0,13	0,25	0,375	0,25	0	0	3,25	0	0	0,38	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0
<i>Bromus rigidus</i>	0,125	3	6,38	0	0	0,25	0	0,13	0	0	0	0,38	2,38	4,5	0,63	0	5,5	0	1,88	1,13
<i>Bromus rubens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0	0	0	1,25	0	0	0,25	0	0,13	0,5	0	2,38
<i>Bromus tectorum</i>	0	6,25	3,63	2	1,75	0,63	0	1	1,25	0	0,63	0,25	0	0,38	5,75	2,38	0,38	1,63	0,88	0
<i>Carduus carpetanus</i>	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	1,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carduus tenuiflorus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,38	0,25	1,25	0,5	0	0	0	0
<i>Carlina corymbosa</i>	0	0	0	0	0,38	0,38	1,25	0	1,63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centaurea ornata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,63	0	0	0	0	0,13
<i>Centaurea paniculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,25	0	5	2	0	0	0	0	0
<i>Centranthus calcitrapae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0,13
<i>Convolvulus arvensis</i>	0	0	0	0,375	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	2,75	0	0	0	0	0	0
<i>Conyza sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	12,75	4	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0
<i>Coronilla repanda</i>	0,125	0	0	0	0	0	0,25	0,38	0,25	0	0	0	0	0	0	0,75	0	3,5	1,5	0
<i>Corrigiola litoralis</i>	0	3,25	0	0	0	2,25	19,625	9,5	0,38	3,25	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crepis capillaris</i>	0,25	0,25	0	0	1,75	0,38	0,13	6,25	0,5	0,13	0	0,25	0,75	0	0	6	1,5	2	0	0,63
<i>Crepis vesicaria</i>	0	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0
<i>Crucianella angustifolia</i>	0	1,13	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0,88	0,25	0	0	0,63	0	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	17,25	0	0,38	0,625	0	1	0	2,75	2,25	9,25	2,5	0	2,25	1	2,75	0,5	0	0	0	0
<i>Cytisus multiflorus</i>	4,5	6,5	3,13	0	3,5	3,13	0,38	1,88	1,75	0	0	4,25	2,5	3,5	3,13	0	0	0,25	0	0
<i>Chamaemelum mixtum</i>	0,875	0	0,75	0	0	0	0,88	5,25	4,5	9,13	3,63	4,5	1,63	0	0	0,63	0	0	0	0
<i>Chamaemelum nobile</i>	0	4,63	0	0	0	0	0	0	1	0	11,38	0	0,38	0	0	0	2,75	0	0	2,13

	1ANH3	2ANH4	3ANH5	1ASH3	2ASH4	3ASH5	1ANN3	2ANNA4	3ANN5	1ASN3	2ASN4	3ASN5	1ASH5	2ASH6	3ASH7	1RNH7	2RNH8	3RNH9	2RNN8	3RNN9
<i>Chondrila juncea</i>	0	0	0	0,25	0	0	0	2,5	0	3,13	0	0,38	0,25	0	1,88	0	0,38	0	0	0
<i>Dactylis glomerata</i>	4,875	3,5	1,75	0,25	0	0	0	1,75	0	0	0	0	0	1,88	0,13	0,25	2,25	2	4,13	1,5
<i>Daucus carota</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	1,25	0	0	0
<i>Echium plantagineum</i>	0	1,25	0,25	0,38	2,63	6,75	0,25	3,25	0	0,13	2,88	1,63	0	0	0	0	0	1,88	0,38	0
<i>Eryngium campestre</i>	0	0	0	0	1,88	2,25	0	0	0	0	0	0	0,75	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eryngium tenue</i>	0	0	2	0	0	0,13	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Evax carpetana</i>	0	0	0	0	0	0	1,25	0	0	0,38	1,88	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
<i>Festuca arundinacea</i>	11	5,5	0	0	0	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Filago pyramidata</i>	0	1,75	1,13	0	0,75	0,75	0	0	0,13	0	0	0	0,5	0,38	2,88	0	0,13	2,25	0	2,25
<i>Galium aparine</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,38	0	0	0
<i>Galium parisiense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	1,25	0,25	0	0
<i>Gaudinia fragilis</i>	0,25	0	0	0	0,38	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,38	0	0,25	0	0	0
<i>Herniaria glabra</i>	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	1,88	0	0	0	2	0	0	0,5	0	0,13
<i>Hirschfeldia incana</i>	0	0	0	0	0	2,13	0	0	0	0	0	0	0	1,63	0	0	0	0	0	0
<i>Holcus setiglumis</i>	3	2,63	0	0,63	0	1,75	0,25	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	1,25	0	0
<i>Hordeum murinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,88	0	1,5	0	0	0	0	0
<i>Hypochoeris radicata</i>	4,375	13,38	4,13	1,375	5,88	2,88	0	8,88	2,38	0	5,63	8,5	4,38	0,25	3,75	0	0	2,75	1,75	0
<i>Jasione montana</i>	0	0,13	1,75	0	0	0	0,5	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lactuca sp.</i>	0	0	0,5	0	0	0	0	4,88	0,88	0	0	0	2,75	0,13	0,25	1,63	0,63	0	0	0
<i>Lathyrus angulatus</i>	7,375	1,63	9,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	9,25	0,25	0,38	0	0	5,38
<i>Lavandula stoechas</i>	0	0	0	0	3,13	3,63	0	0	0	0	0	1,88	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leontodon taraxacoides</i>	1,125	8,38	0,88	1	13,38	1,13	3	7,13	0,5	4,63	4,38	2,5	11,88	7,5	11	11	2,88	16,75	10	6,13
<i>Linaria saxatile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0,13	0	0	0	0
<i>Linaria sparteae</i>	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0,13
<i>Linum bienne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0	0,38	0	0
<i>Logfia gallica</i>	0,375	0,14	0,13	0	2,25	3,5	0,13	0,38	0,25	0	4,63	8,25	3,25	0	2,38	6,63	0,25	11,88	0	6
<i>Logfia minima</i>	0	0	0	0	0	3,63	2,25	0	0	11,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lolium perenne</i>	10,625	0,5	0,63	0	0,5	1,63	0	4	0,63	0	0	0,38	1,75	0	2,5	0	0,25	0,13	0	0,63
<i>Lolium rigidum</i>	0,75	1,75	0	0,50	3,5	0	0,13	0	0	1,5	2,88	0	0,13	0	0	0,5	0	0	0	0
<i>Lotus subbiflorus</i>	0	0	0	0	0	0	0,875	3,63	7,75	0	0	3,13	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lupinus sp.</i>	0	1,5	0,5	20,25	2	0	0	0	1,63	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Medicago sativa</i>	0	0	3,13	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1,25	0	5,63	1,63	5,88	1,63	0	0
<i>Misopates orontium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,75	0,13	0	0	0	0	0,13
<i>Ornithopus compressus</i>	2,5	3,88	0	9,625	0	0,75	0,13	0	0	0,63	0	0	2,25	1,5	0	3,63	0	0	1,25	0
<i>Ornithopus perpusillus</i>	0,25	1,25	1,88	5	1,5	0,75	0	1,25	0,63	0	0	0	0	4,25	0,5	0	2,25	5,38	3,13	0,75
<i>Papaver hybridum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0,25	0	0

	1ANH3	2ANH4	3ANH5	1ASH3	2ASH4	3ASH5	1ANN3	2ANN4	3ANN5	1ASN3	2ASN4	3ASN5	1ASH5	2ASH6	3ASH7	1RNH7	2RNH8	3RNH9	2RNN8	3RNN9
<i>Papaver rhoeas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	3,88	0	0,13
<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	0	0	0	0,125	0	0,13	0	0	0	0	0	0	4,88	0,38	0,38	3,25	0	1,25	0,13	2,75
<i>Plantago coronopus</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,25	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago lagopus</i>	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,25
<i>Plantago lanceolata</i>	0	0	0	0	0,75	2,25	0	0	0	0	0	0	0,38	3	0,38	0	0	0	0	0,13
<i>Poa bulbosa</i>	0,75	12	0	0	12,38	24,5	0	0,5	0	0	6,88	0	0	0	0	0	12,88	7,88	1,5	2,5
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,63	0	0	0	0,38	0	0	0	0	0
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0	0	0,25	0,5	0	0	0	0	0
<i>Reseda luteola</i>	0	0	0	0	1,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,88	0	3,66	0	0,13
<i>Rumex acetosella</i>	13	21,63	20,13	8,125	30,13	9,88	0,25	5,75	3	2,75	3,88	0,38	10,38	0,63	0,63	1,25	0,75	0	1,38	0
<i>Rumex induratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,13	0	0	0	2,75	3,13	2,25	2
<i>Sanguisorba minor</i>	0,5	0	1,5	1,5	1,75	2,38	0	1,25	0	0	0	0	0,5	2,13	3	0,13	3,13	0	0,13	0
<i>Scirpus holoschoenus</i>	0	0	0	0	0	0	0,125	0	2	0	0	0	0	2,38	0	0	0	0	0	0
<i>Senecio gallicus</i>	0,125	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sherardia arvensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0	0,13	0	0
<i>Silene gallica</i>	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0	0
<i>Silene inaperta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0	0	2,38	0	5,63
<i>Sonchus oleraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0,375	1,38	0	0	0	0	6,25	1,38	4	2,25	4,13	0	0	0,13
<i>Spergularia rubra</i>	5,625	0,88	0	0	0,38	3,38	20,5	6,38	5,75	27,13	25,38	13,25	2,88	0	0,25	0	0	0,13	0	0,63
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	9,125	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0,25	0	0	0,75	0	12,5	22,63	2,13	7,75	0,38
<i>Tolpis barbata</i>	0	0	1,63	0,125	9,38	1,5	0	4,88	0	0,38	0	0,13	15,75	5,25	8,25	5,88	0,63	10,13	1,38	1,63
<i>Trifolium angustifolium</i>	0	0	2,5	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	3,88	0,25	3	1,25	2	4	0,13	0
<i>Trifolium arvense</i>	0,75	5	6,13	13	4,25	14	12,625	18,88	5,25	31	4,75	9,13	1,25	0,25	0,13	7,75	0,63	13,63	3	16,13
<i>Trifolium campestre</i>	0	0	1,25	0	0,5	2,5	0	0	0,13	0	0	0	3	0	0	0,88	0	0,5	0	2,5
<i>Trifolium gemellum</i>	0	0	0	0,75	0	1,63	0	0	0,38	0	0	4,38	1,25	0	0,5	0,25	2	2,25	0	5
<i>Trifolium glomeratum</i>	0,125	0,75	4,63	7,375	1,5	15	4,13	8,38	6,5	4,38	0,13	19,38	3,88	0	3,25	1,38	0	12,25	1	8,25
<i>Trifolium retusum</i>	0,125	0	0	1	0,75	3,13	0	3,88	0,13	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trifolium striatum</i>	2,375	2,25	0,88	20,75	5,88	22	1,63	3,38	2,25	5,25	0	7,63	2	0,38	4,5	4,25	2	3,25	0,88	1,88
<i>Trifolium tomentosum</i>	0	0	0	0	0,5	0,38	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,25
<i>Trisetum ovatum</i>	0,875	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vicia benghalensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,63	3,63	2,5	0	0	0	0	0
<i>Vicia sativa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,88	0	0	0,5	0,13	0	5,75	0
<i>Vulpia bromoides</i>	46,25	0	10,88	15,125	0	6,13	0	0	9,5	0	0	14,13	0	0	4,75	0	0	1,63	0	1,63
<i>Vulpia ciliata</i>	0	14,13	0	0	10,5	2,25	3,5	25,88	0,38	2,13	37,25	0	0	0	0,63	23,63	0	4,75	0	0,25
<i>Vulpia myuros</i>	0	15	0	0	0	0	0	1,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies	NH1	NH2	NH3	SH1	SH2	SH3	NN1	NN2	NN3	SN1	SN2	SN3
<i>Agrostis castellana</i>	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,9	2,6	1,8	0,0	0,0	0,0
<i>Aira caryophylla</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>Andryala integrifolia</i>	3,1	14,4	2,1	3,9	12,0	4,8	2,0	12,9	2,1	0,1	6,8	2,3
<i>Anthemis arvensis</i>	2,6	2,0	0,0	0,0	3,5	0,6	0,0	0,0	1,3	0,0	0,4	3,1
<i>Anthyllis cornicina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Anthyllis lotoides</i>	4,0	6,5	6,9	2,5	3,6	8,1	0,8	6,0	0,8	1,8	2,5	1,5
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Avena sterilis</i>	0,0	0,5	12,1	0,0	4,8	0,3	0,0	1,88	0,0	0,0	3,3	0,0
<i>Bellardia trixago</i>	0,0	2,4	1,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>Biserrula pelecinus</i>	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Briza maxima</i>	0,1	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Bromus madritensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0
<i>Bromus hordeaceus</i>	0,0	0,1	0,3	0,4	0,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,4	0,0
<i>Bromus rigidus</i>	0,1	3,0	6,4	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Bromus rubens</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,3
<i>Bromus tectorum</i>	0,0	6,3	3,6	2,0	1,8	0,6	0,0	1,0	1,3	0,0	0,6	0,3
<i>Carduus carpetanus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
<i>Carlina corymbosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	1,3	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0
<i>Convolvulus arvensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Conyza sp.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	4,0	0,0	0,0	0,3
<i>Coronilla repanda</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0
<i>Corrigiola litoralis</i>	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	2,3	19,6	9,5	0,4	3,3	1,3	0,0
<i>Crepis capillaris</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	1,8	0,4	0,1	6,3	0,5	0,1	0,0	0,3
<i>Crucianella angustifolia</i>	0,0	1,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cynodon dactylon</i>	17,3	0,0	0,4	0,6	0,0	1,0	0,0	2,8	2,3	9,3	2,5	0,0
<i>Cytisus multiflorus</i>	4,5	6,5	3,1	0,0	3,5	3,1	0,4	1,9	1,8	0,0	0,0	4,3
<i>Chamaemelum mixtum</i>	0,9	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,9	5,3	4,5	9,1	3,6	4,5
<i>Chamaemelum nobile</i>	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	11,4	0,0
<i>Chondrila juncea</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	3,1	0,0	0,4
<i>Dactylis glomerata</i>	4,9	3,5	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Echium plantagineum</i>	0,0	1,3	0,3	0,4	2,6	6,8	0,3	3,3	0,0	0,1	2,9	1,6
<i>Eryngium campestre</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Eryngium tenue</i>	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Evax carpetana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,4	1,9	0,0
<i>Festuca arundinaceae</i>	11,0	5,5	0,0	0,0	0,0	1,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Filago pyramidata</i>	0,0	1,8	1,1	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
<i>Gaudinia fragilis</i>	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Herniaria glabra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,9	0,0
<i>Holcus setiglumis</i>	3,0	2,6	0,0	0,6	0,0	1,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Hypochoeris radicata</i>	4,4	13,4	4,1	1,4	5,9	2,9	0,0	8,9	2,4	0,0	5,6	8,5
<i>Jasione montana</i>	0,0	0,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0
<i>Lactuca sp.</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,9	0,0	0,0	0,0
<i>Lathyrus angulatus</i>	7,4	1,6	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lavandula stoechas</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9
<i>Leontodon taraxacoides</i>	1,1	8,4	0,9	1,0	13,4	1,1	3,0	7,1	0,5	4,6	4,4	2,5
<i>Logfia gallica</i>	0,4	0,1	0,1	0,0	2,3	3,5	0,1	0,4	0,3	0,0	4,6	8,3
<i>Logfia minima</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	2,3	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0
<i>Lolium perenne</i>	10,6	0,5	0,6	0,0	0,5	1,6	0,0	4,0	0,6	0,0	0,0	0,4
<i>Lolium rigidum</i>	0,8	1,8	0,0	0,5	3,5	0,0	0,1	0,0	0,0	1,5	2,9	0,0
<i>Lotus subbiflorus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,6	7,8	0,0	0,0	3,1
<i>Lupinus sp.</i>	0,0	1,5	0,5	20,3	2,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,0	0,0	0,0

Species	NH1	NH2	NH3	SH1	SH2	SH3	NN1	NN2	NN3	SN1	SN2	SN3
<i>Medicago sativa</i>	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ornithopus compressus</i>	2,5	3,9	0,0	9,6	0,0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
<i>Ornithopus perpusillus</i>	0,3	1,3	1,9	5,0	1,5	0,8	0,0	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0
<i>Petrorhagia nanteuilli</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Plantago coronopus</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,3	0,4
<i>Plantago lagopus</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
<i>Plantago lanceolata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Poa bulbosa</i>	0,8	12,0	0,0	0,0	12,4	24,5	0,0	0,5	0,0	0,0	6,9	0,0
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
<i>Rhaphanus raphanistrum</i>	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
<i>Rumex acetosella</i>	13,0	21,6	20,1	8,1	30,1	9,9	0,3	5,8	3,0	2,8	3,9	0,4
<i>Sanguisorba minor</i>	0,5	0,0	1,5	1,5	1,8	2,4	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scirpus holoschoenus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
<i>Senecio gallicus</i>	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sonchus oleraceus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spergularia rubra</i>	5,6	0,9	0,0	0,0	0,4	3,4	20,5	6,4	5,8	27,1	25,4	13,3
<i>Taeniatherun caput-medusae.</i>	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0
<i>Tolpis barbata</i>	0,0	0,0	1,6	0,1	9,4	1,5	0,0	4,9	0,0	0,4	0,0	0,1
<i>Trifolium angustifolium</i>	0,0	0,0	2,5	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trifolium arvense</i>	0,8	5,0	6,1	13,0	4,3	14,0	12,6	18,9	5,3	31,0	4,8	9,1
<i>Trifolium campestre</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,5	2,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
<i>Trifolium gemellum</i>	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	1,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	4,4
<i>Trifolium glomeratum</i>	0,1	0,8	4,6	7,4	1,5	15,0	4,1	8,4	6,5	4,4	0,1	19,4
<i>Trifolium retusum</i>	0,1	0,0	0,0	1,0	0,8	3,1	0,0	3,9	0,1	0,3	0,0	0,0
<i>Trifolium striatum</i>	2,4	2,3	0,9	20,8	5,9	22,0	1,6	3,4	2,3	5,3	0,0	7,6
<i>Trifolium tomentosum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
<i>Trisetum ovatum</i>	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Vulpia bromoides</i>	46,3	0,0	10,9	15,1	0,0	6,1	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	14,1
<i>Vulpia ciliata</i>	0,0	14,1	0,0	0,0	10,5	2,3	3,5	25,9	0,4	2,1	37,3	0,0
<i>Vulpia myuros</i>	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0

VÍTOR, 50



Ediciones Universidad  
**Salamanca**

ISBN 84-7800-928-0



9 788478 009282