

ESTUDIO DE LAS SERIES DE VEGETACIÓN DE LA CUENCA DE PAMPLONA Y VALDIZARBE (NAVARRA, COMARCA AGRARIA III): INTERÉS DE SU CARTOGRAFÍA Y APLICACIÓN

Javier PERALTA¹, José Miguel OLANO², Ana VICENTE³ & Miguel DONÉZAR³

ABSTRACT

Study of the vegetation series of Cuenca de Pamplona-Valdizarbe (Navarre-Spain): interest of their mapping and application

The vegetation series and subseries of 77,817 ha of Central Navarre are studied to be used as mapping units of a vegetation series map at scale 1:25,000. The series and subseries are indicators of the land environmental features and may be useful to complete the available climatic data. Eight vegetation series, two geoseries and two vegetation complexes have been described. Climatophilous series include 28 subseries defined by the different plant communities that form each one. While vegetation series show clearly climatic patterns when studied at small scales, at detailed scales the vegetation patterns show also the effects of landforms, lithology, soils and history. This study is part of a project that is intended to assess land suitability for different uses and to work out land evaluation models in Navarre based upon the recognized mapping units.

Key words: Climate-vegetation relationships, Phytosociology, Mapping

RESUMEN

Se estudian las series y subseries de vegetación de 77.817 ha del centro de Navarra, para su cartografía a escala 1:25.000. Las series y subseries son indicadoras de las características ecológicas del territorio y complementan la información climática disponible. Se han descrito ocho series de vegetación, dos geoseries y dos complejos de vegetación. Las series climatófilas comprenden 28 facitaciones, reconocidas mediante las comunidades vegetales que las integran. La distinción de las facitaciones no sólo está asociada a factores climáticos, sino también a factores geomorfológicos, litológicos, edáficos e históricos. Estos últimos factores permiten reconocer patrones complejos a escalas de detalle, superpuestos a los que reflejan los factores climáticos, evidentes a escalas más reducidas. El estudio se enmarca en

¹ Departamento de Ciencias del Medio Natural, Universidad Pública de Navarra. E-31006 Pamplona.

² Departamento. de Ciencias Agroforestales, Escuela de Ingenierías Agrarias. Los Pajaritos. E-42003 Soria.

³ Servicio de Estructuras Agrarias, Gobierno de Navarra. C/Monasterio de Urdax 28. E-31011 Pamplona.

un proyecto que pretende definir la potencialidad del territorio para diferentes usos y elaborar modelos de evaluación de tierras en Navarra utilizando las unidades cartográficas reconocidas.

Palabras clave: Relación clima-vegetación, Fitosociología, Cartografía

1. Introducción

El estudio de las series de vegetación de la Cuenca de Pamplona y Valdizarbe y su cartografía forman parte de un proyecto del Departamento de Agricultura del Gobierno de Navarra para cartografiar la totalidad del territorio de Navarra (1.029.200 ha). El objetivo del proyecto es describir y cartografiar las series de vegetación a escala 1:25.000 y su empleo posterior en la elaboración de modelos de evaluación de tierras en el ámbito agroforestal, como un elemento integrador de información de las características del territorio, principalmente de carácter climático (PERALTA *et al.* 1997a, 1997b). Este proyecto de cartografía de series de vegetación se inició en 1995; en la actualidad ya se han cartografiado 484.780 ha (PERALTA 1996-1997, PERALTA & OLANO 2000), habiéndose concluido el trabajo de campo de 364.084 ha.

El concepto de serie de vegetación (RIVAS-MARTÍNEZ 1987) pretende definir territorios homogéneos tomando como base la vegetación potencial y serial. Estos territorios se caracterizan por tener unas condiciones homogéneas de los factores ecológicos que determinan la vegetación, de índole climática, geológica, geomorfológica, histórica, etc. De este modo, el estudio y la cartografía de series de vegetación se convierte en una interesante herramienta para la caracterización fitoclimática del territorio y la evaluación de tierras (BAILEY 1996, DUMÉ 1996, KÜCHLER & ZONNEVELD 1988, LOIDI 1991, MONTOYA 1989).

2. Descripción del área de estudio

El área se sitúa en el centro de Navarra y comprende la Cuenca de Pamplona y Valdizarbe. Se extiende por 77.817 ha pertenecientes a la cuenca del río Arga, tributario del Ebro (Figura 1). El intervalo altitudinal es de 935 m, entre los 330 m del Arga en el sur y los 1.265 m de la Sierra de Andia; casi toda la zona se sitúa entre 400 y 600 m de altitud.

La Cuenca de Pamplona es una depresión de relieves suaves en la que predominan los sustratos margosos acompañados de depósitos fluviales. Los suelos en general son arcillosos y profundos, y en las zonas más deprimidas presentan rasgos de hidromorfía. Esta depresión está rodeada por relieves montañosos de 800 a 1.250 m de altitud. Su límite occidental lo marcan las Sierras de Andia y Sarbil, constituidas por calcarenitas y calizas; hacia el norte, los relieves calizos, areniscosos y flyschoides de los Valles de Gulina, Juslapeña y Egüés y hacia el este las areniscas

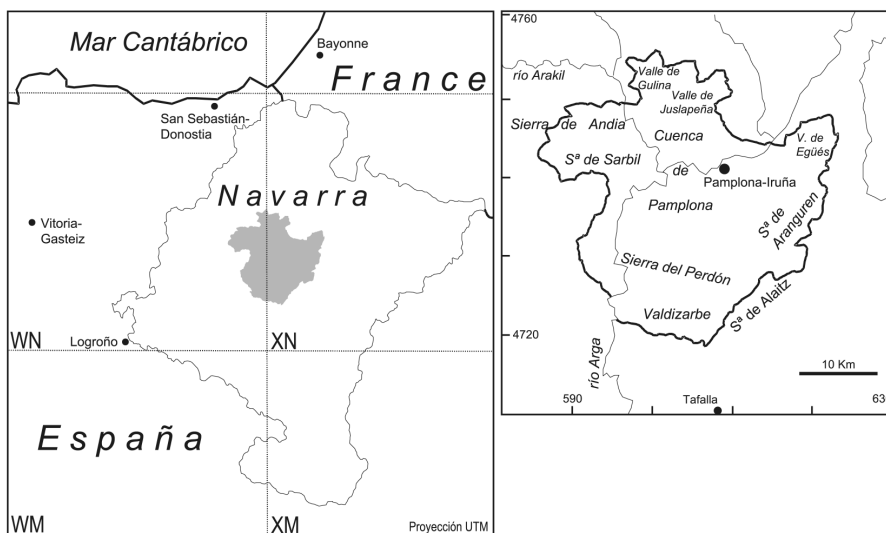


Figura 1. Localización del área de estudio.
Location of the study area.

de la Sierra de Aranguren. El límite sur de la Cuenca lo forman las calizas de Alaitz y los conglomerados y areniscas de la Sierra del Perdón, alineaciones que dibujan el límite entre las regiones Eurosiberiana y Mediterránea en este tramo del Valle del Ebro. En estas Sierras alternan los suelos más o menos profundos, sobre todo en las laderas y en zonas llanas, con los litosuelos de las crestas. Al sur de la Sierra del Perdón el relieve vuelve a suavizarse en Valdizarbe, donde predominan los materiales arcillo-limosos que en general dan lugar a suelos profundos; en el extremo sur del territorio, en las Nequeas, afloran los yesos. Entre la Cuenca de Pamplona y Valdizarbe el río Arga abre un desfiladero en la Sierra del Perdón, donde se refugian especies termófilas como *Viburnum tinus* y *Pistacia lentiscus* y por el que penetran numerosos elementos mediterráneos hacia el norte.

La mayor parte del territorio pertenece a la región Eurosiberiana: provincia Cántabro-Atlántica, sector Cántabro-Euskaldún, subsector Navarro-Alavés; la región Mediterránea (provincia Aragonesa) está representada por los sectores Castellano-Cantábrico (subsector Estellés) y Riojano (LOIDI *et al.* 1997a).

En la caracterización bioclimática seguimos la clasificación de RIVAS-MARTÍNEZ (1987), para lo que se han utilizado datos procedentes del Estudio Agroclimático de Navarra (ANÓNIMO 2001). La mayor parte del área eurosiberiana pertenece al piso colino (horizonte submontano) y por encima de unos 600 m da paso al piso montano, que comprende casi todas las sierras; a partir de unos 1.000 m se reconoce el horizonte altimontano, sobre todo en Andia. En el área mediterránea se distinguen los pisos supramediterráneo y mesomediterráneo: el primero por encima de 600-700 m

de altitud en Alaitz y el Perdón, y a menor altitud en Sarbil. El piso mesomediterráneo se extiende por el piedemonte meridional del Perdón y Valdizarbe y se interna por el valle del Arga hasta el sur de la Cuenca de Pamplona. Por su precipitación, la zona presenta desde ombroclima subhúmedo a hiperhúmedo en la región Eurosiberiana y de seco superior a subhúmedo en la Mediterránea. La Cuenca de Pamplona tiene ombroclima subhúmedo-húmedo y húmedo las sierras que la circundan; las zonas más altas de Andia son hiperhúmedas. El piedemonte de la Sierra del Perdón y Valdizarbe tienen ombrotipo seco y al ascender en altitud hacia el norte se pasa al subhúmedo.

La vegetación natural está bien representada en la zona, especialmente en los terrenos montañosos. Los bosques son muy variados: carrascales, robledales de *Quercus humilis* y quejigales, hayedos y más puntualmente robledales de *Q. robur*. Son comunes los matorrales y pastos, mediterráneos, como coscojares, aliagares y tomillares, pastizales de *Brachypodium retusum*, o eurosiberianos, como espinares, bujedos o pastizales de *Bromus erectus*. En las Sierras existen repoblaciones forestales, sobre todo de pino laricio (*Pinus nigra* ssp. pl.) y pino carrasco (*P. halepensis*), y plantaciones de chopos en las riberas de los ríos. Los aprovechamientos ganaderos extensivos de vacuno y ovino son importantes en las Sierras de Andia y Sarbil. Algo menos del 50% de la superficie de la Comarca se encuentra cultivada, dedicada casi exclusivamente a cultivos herbáceos de secano (ANÓNIMO 1999). Entre los cultivos leñosos predomina el viñedo, casi todo al sur de la Sierra del Perdón, además de cerezos, almendros y algo de olivar.

3. Métodos

3.1. Estudio de la vegetación

El estudio de la vegetación se ha realizado de acuerdo con el método fitosociológico (WESTHOFF & VAN DER MAAREL 1973) y se ha centrado en las principales comunidades vegetales: bosques, matorrales y pastos. Los inventarios realizados se codifican en una base de datos (MS-ACCESS 2.0) y se clasifican utilizando el método de comparación tabular (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974), apoyado con el empleo de técnicas multivariantes de ordenación y clasificación, con los programas TWINSPAN (HILL 1994) y CANOCO (TER BRAAK & SMILAUER 1997). Las comunidades reconocidas se han comparado con las descritas en la sintaxonomía regional (ASEGUINOLAZA *et al.* 1989, LOIDI *et al.* 1997a, RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* 1991) y se han asignado a los sintaxones correspondientes describiéndose variantes locales cuando ha sido necesario (PERALTA & OLANO 2000).

Una vez clasificadas las comunidades vegetales, se ha estudiado su distribución espacial utilizándose el sistema de información geográfica MIRAMON (PONS 2000), así como sus relaciones dinámicas para definir las series y subseries (faciaciones) de vegetación presentes en el territorio, tomando como referencia básica los estudios de RIVAS-MARTÍNEZ (1987) y LOIDI & BÁSCONES (1995). En el estudio se ha excluido

el estudio pormenorizado de las geoseries y series edafohigrófilas, respecto a las que se han seguido los criterios de BIURRUN (1999) y LOIDI & BÁSCONES (1995). Cada subserie se ha definido por sus especies y comunidades vegetales indicadoras, asociadas a una distribución biogeográfica, tipo climático, geomorfología o edafología particular. El bioclima se ha determinado con los datos meteorológicos disponibles (ANÓNIMO 2001) y con los tipos definidos para las series por varios autores (RIVAS-MARTÍNEZ 1987, LOIDI & BÁSCONES 1995, LOIDI *et al.* 1997b).

3.2. Cartografía

La base de las unidades cartográficas son las series y subseries de vegetación definidas, así como los complejos de vegetación de roquedos y gleras, que pueden formar unidades cartográficas simples o agruparse en unidades complejas. La cartografía de estas unidades se realiza mediante delineación sobre ortofoto a escala 1:25.000, con apoyo de fotointerpretación sobre pares estereoscópicos a escala 1:20.000. El resultado se digitaliza, incluyendo la posición de los inventarios, y se integra en un sistema de información geográfica, a partir del que se generan los mapas a escala 1:25.000 y un mapa de síntesis a escala 1:100.000. Estos mapas no se incluyen en la presente publicación dado que por su escala son de grandes dimensiones.

4. Resultados

Para caracterizar las comunidades vegetales que integran las series de vegetación se han realizado 249 inventarios en el trabajo de campo, en los que se han encontrado 545 especies y subespecies (PERALTA & OLANO 2000). Los inventarios pertenecen a 51 sintaxa, (variantes, subasociaciones o unidades superiores; Tablas 1 y 2) para cuya nomenclatura y encuadre sintaxonómico se han seguido los esquemas de LOIDI *et al.* (1997a) y RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* (1991). En los casos en los que no se ha podido asignar una comunidad a alguna asociación, se ha adscrito a la alianza correspondiente; esta situación se ha producido especialmente en relación con los pastizales, de los que se han descrito en este trabajo una serie de variantes que hemos preferido no incluir en asociaciones concretas dado el estado actual incompleto de su sintaxonomía en Navarra.

El estudio del patrón de distribución y la dinámica de los citados sintaxa ha permitido reconocer ocho series y dos geoseries de las 34 descritas por LOIDI & BÁSCONES (1995) en Navarra, a las que se han añadido dos complejos de vegetación. Tras el análisis de las etapas que integran cada serie climatófila y su relación con particularidades biogeográficas, climáticas, litológicas o edáficas del territorio, se han definido 28 faciaciones. Cada faciación se distingue por una combinación particular de comunidades vegetales (Tablas 1 y 2), con frecuencia etapas de sustitución (matorrales o pastizales). En la Tabla 3 figuran las faciaciones de las series climatófilas junto con su ámbito bioclimático, intervalo altitudinal y superficie.

Tabla 1. Comunidades vegetales (sintaxa) que caracterizan las faciaciones de las series euro-siberianas; • sintaxa comunes en la faciación; + sintaxa ocasionales. Las abreviaturas de las faciaciones son las utilizadas en el texto.

Types of plant communities (syntaxa) that characterize the Eurosiberian subseries; • common syntaxa in the subseries; + occasional syntaxa. Abbreviations for subseries are those used throughout the text.

Comunidades vegetales	CsFsBr	CsFsCc	CsFsKv	CsFsSx	EpFsBr1	EpFsBr2	EpFsKv1	EpFsKv2	ClQr	RosQhBr1	RosQhBr2	RosQhFh1	RosQhFh2	RosQhKv1	RosQhKv2	RosQhUm
<i>Carici sylvaticae-Fagetum sylvaticae</i> subass. <i>fagetosum sylvaticae</i> subass. <i>isopyretosum thalictroidis</i> var. con <i>Geranium robertianum</i>		•	•	•												
<i>Epipactido helleborines-Fagetum</i> subass. <i>fagetosum sylvaticae</i> subass. <i>caricetosum flacca</i>						•	•	•								
<i>Crataego laevigatae-Quercetum roboris</i> subass. <i>quercetosum roboris</i>									•							
<i>Roso arvensis-Quercetum humilis</i> subass. <i>quercetosum humilis</i> subass. <i>quercetosum humilis</i> var. con <i>Buxus sempervirens</i> subass. <i>coronilletosum emeri</i> var. con <i>Ulmus campestris</i>										•		•		•		
Espinares (<i>Prunetalia spinosae</i>)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bujedos (<i>Amelanchiero ovalis-Buxenion sempervirentis</i>)						•	•				•			•		
Matorrales de <i>Erica vagans</i> (<i>Calluno-Ulicetea</i>)			•													
<i>Teucro pyrenaici-Genistetum occidentalis</i> subass. <i>genistetosum occidentalis</i> subass. <i>genistetosum scorpii</i>				•	•	•				•	•	•	•	•	•	•
<i>Thymelaeo ruizii-Aphyllanthesum monspeliensis</i>										•	•			•	•	•
Prados mesófilos (<i>Cynosurion cristati</i>)	•	•	+						•							
Prados acidófilos (<i>Violion caninae</i>)	+	•														
Pastizales de suelos húmedos compactados (<i>Lolio perennis-Plantaginion majoris</i>)			+					•								•
Pastizales mesoxerófilos (<i>Bromion erecti</i>) var. típica con <i>Bromus erectus</i> var. de suelos someros con <i>Koeleria vallesiana</i> var. xerófila con <i>Brachypodium retusum</i> var. de suelos arcillosos con <i>Carex flacca</i>	•	+	+		•	•	+	+		•	•			•	•	•
Pastizales de <i>Festuca hystrix</i> (<i>Plantagini discoloris-Thymion mastigophori</i>)				+									•	•		
<i>Aquilegio pyrenaici-Seslerietum coeruleae</i>				+												
Pastizales de <i>Helictotrichon cantabricum</i> (<i>Genistion occidentalis</i>)					•	•	•	•		•	•					
Juncales (<i>Molinietalia caeruleae</i>)									+							
Fenales (<i>Brachypodium phoenicoidis</i>)										•	•					

En los siguientes apartados se enumeran las series de vegetación en la Comarca y se exponen los criterios seguidos en la separación de las faciaciones reconocidas. El concepto de las series estudiadas se ajusta al expuesto por RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* (1991), LOIDI & BASCONES (1995) y LOIDI *et al.* (1997b) y una descripción extensa de las faciaciones se proporciona en PERALTA & OLANO (2000). Tras la denomina-

Tabla 2. Comunidades vegetales (syntaxa) que caracterizan las faciaciones de las series mediterráneas; • syntaxa comunes en la faciación; + syntaxa ocasionales. Las abreviaturas de las faciaciones son las utilizadas en el texto.

Types of plant communities (syntaxa) that characterize the Mediterranean subseries; • common syntaxa in the subseries; + occasional syntaxa. Abbreviations for subseries are those used throughout the text.

Comunidades vegetales	SpQf	SpQfBs	SpQfQc1	SpQfQc2	SpQfVt	SpQrt	SpQrtAu	SpQrtFh	SpQrtQc	SpQrtVt	QrtOtr	QrtRhc
<i>Spiraeo obovatae-Quercetum fagineae</i> subass. <i>quercetosum fagineae</i>	•											
subass. <i>quercetosum fagineae</i> var. con boj		•										
subass. <i>quercetosum cocciferae</i>			•	•								
var. con <i>Viburnum tinus</i>					•							
<i>Spiraeo obovatae-Quercetum rotundifoliae</i> subass. <i>quercetosum humilis</i>						•	+					
subass. <i>quercetosum rotundifoliae</i>								•				
var. con <i>Erica scoparia</i>								•				
subass. <i>quercetosum cocciferae</i>									•			
subass. <i>arbutetosum unedonis</i>										•		
<i>Quercetum rotundifoliae</i> subass. <i>quercetosum rotundifoliae</i>											•	
var. con <i>Rhamnus x colmeiroi</i>												•
Espinares (<i>Prunetalia spinosae</i>)	•	•	•	•	•	•	•				•	
Bujedos (<i>Amelanchiero ovalis-Buxenion sempervirentis</i>)		•	•			•	•	•	•			
<i>Spiraeo obovatae-Quercetum cocciferae</i> subass. <i>quercetosum cocciferae</i>			•	•					•			
subass. <i>rhamnetosum colmeiroi</i>				+					•			•
var. con <i>Pistacia lentiscus</i>					•					•		
<i>Erico scopario-vagantis</i>								•			•	
<i>Arctostaphylo crassifoliae-Genistetum occidentalis</i>	•	•	•	•		•	•	•	•			
<i>Festuco hystericis-Genistetum eliasseñenii</i>												
<i>Thymelaeo ruizii-Aphyllanthesetum monspeliensis</i>	•	•	•	•		•	•	+	+			
<i>Salvio lavandulifoliae-Ononidetum fruticosae</i>												•
subass. <i>ononidetosum fruticosae</i>												•
var. meso-supramediterránea	+	+	•	•					•			•
<i>Helianthemo thibaudii-Gypsophiletum hispanicae</i>												•
subass. <i>helianthemetosum rotundifolii</i>												•
<i>Salsolo vemiculatae-Artemisietum herba-albae</i>												• +
Pastizales mesoxerófilos (<i>Bromion erecti</i>) var. típica con <i>Bromus erectus</i>	•	•	+	+		•	•		+			
var. xerófila con <i>Brachypodium retusum</i>			•	•		+	+	+	•	•		
var. de suelos someros con <i>Koeleria vallesiana</i>						•	•		•			
var. acidófila con <i>Avenula sulcata</i>							+					
Pastizales de <i>Festuca hystrix</i> (<i>Plantagini discoloris-Thymion mastigophori</i>)								•				
Pastizales de <i>Helictotrichon cantabricum</i> (<i>Genistion occidentalis</i>)	•	•										
Fenales (<i>Brachypodium phoenicoidis</i>)	•	•	•	•								
<i>Ruto angustifolii-Brachypodietum retusi</i>												• •

ción de cada faciación aparece entre corchetes la abreviatura utilizada para identificarla en las Tablas 1 y 2. Los topónimos empleados en la descripción del área de distribución de las series son los que aparecen en la Figura 1.

4.1. Serie de los hayedos basófilos y ombrófilos, cántabro-euskaldunes (*Carici sylvaticae-Fageto sylvaticae* S.)

En el ámbito de esta serie se han definido cuatro faciaciones; tres de ellas se distinguen por los pastos de sustitución y la restante por las particulares características

Tabla 3. Características de las series de vegetación climatófilas. T (termotipo): am altimontano, c colino, m montano, mm mesomediterráneo, sm supramediterráneo. O (ombrotipo): h húmedo, hh hiperhúmedo, s seco, sh subhúmedo, ss seco superior. m altitud en metros. ha superficie en hectáreas. Tipos climáticos: RIVAS-MARTÍNEZ (1987).

Features of the climatophilous vegetation series. T (thermotype): am highmontane, c colline, m montane, mm mesomediterranean, sm supramediterranean. O (ombrotype): h humid, hh hyperhumid, s dry, sh subhumid, ss upper-dry. m altitude in metres. ha area in hectares. Climatic types: RIVAS-MARTÍNEZ (1987).

Sigmatum	Faciación	T	O	m	ha
<i>Carici sylvaticae-Fageto sylvaticae</i>	con pastizales mesoxerófilos: CsFsBr	m	h-hh	750-1200	954
	con prados mesófilos y acidófilos: CsFsCc	m	h-hh	1100-1200	231
	con pastos petranos: CsFsKv	m	h-hh	900-1100	24
	de afloramientos rocosos: CsFsSx	m (am)	h-hh	1150-1265	55
<i>Epipactido helleborines-Fageto sylvaticae</i>	con pastizales mesoxerófilos: EpFsBr1	m	h-sh	650-1150	1.146
	con boj y pastizales mesoxerófilos: EpFsBr2	m	h-sh	650-900	204
	con pastos petranos: EpFsKv1	m	h-sh	800-1200	347
	con boj y pastos petranos: EpFsKv2	m	h-sh	800-1150	551
<i>Crataego laevigatae-Querceto roboris</i>	faciación navarro-alavesa típica: ClQr	c	h-sh	400-600	136
<i>Roso arvensis-Querceto humilis</i>	con tomillares y aliagares submediterráneos: RosQhBr1	c-m	h-sh	400-1000	16.036
	con tomillares y aliagares submediterráneos con boj: RosQhBr2	c-m	h-sh	500-1000	5.239
	con pastos parameros: RosQhFh1	m	h-sh	850-1125	391
	con boj y pastos parameros: RosQhFh2	m	h-sh	800-1000	76
	con pastos petranos: RosQhKv1	m-c	h-sh	600-1125	790
	con boj y pastos petranos: RosQhKv2	m-c	h-sh	600-1100	1.517
de suelos arcillosos profundos con olmos y fresnos: RosQhUm	c (m)	h-sh	400-800	12.935	
<i>Spiraeo obovatae-Querceto fagineae</i>	supramediterránea: SpQf	sm	sh	450-1000	3.607
	con boj: SpQfBs	sm	sh	550-925	391
	con <i>Quercus coccifera</i> : SpQfQc1	mm-sm	sh	350-800	1.993
	con <i>Q. coccifera</i> y boj: SpQfQc2	mm-sm	sh	350-800	651
	termófila de enclaves abrigados con <i>Viburnum tinus</i> : SpQfVt	mm-sm	sh	350-450	87
<i>Spiraeo obovatae-Querceto rotundifoliae</i>	supramediterránea: SpQrt	sm	sh	400-1100	5.929
	silicícola con <i>Arbutus unedo</i> : SpQrtAu	sm	sh	400-950	199
	con pastos parameros: SpQrtFh	sm	sh	800-1200	572
	con <i>Quercus coccifera</i> : SpQrtQc	mm-sm	sh-s	450-900	4.650
	termófila de enclaves abrigados con <i>Viburnum tinus</i> : SpQrtVt	mm-sm	sh-s	400-450	40
<i>Querceto rotundifoliae</i>	sobre yesos con <i>Ononis tridentata</i> : QrtOtr	mm	s	350-500	1.011
	con <i>Rhamnus x colmeiroi</i> : QrtRhc	mm	ss	350-700	6.277

geomorfológicas del biotopo que ocupa, reflejado en las etapas seriales. En el caso de las tres primeras, la distribución de los distintos tipos de pasto está relacionada con la profundidad del suelo, su saturación en bases y su capacidad de retención hídrica; las características del suelo dependen a su vez del relieve, cuyo efecto se manifiesta a distintas escalas. Por ello, en las unidades cartográficas de las tres facitaciones, pueden encontrarse todos los tipos de pastizal, pero varía la proporción de cada uno de ellos en función de los tipos de suelo dominantes. Esta serie se distribuye por las áreas de mayor altitud y precipitación de la Comarca, en la Sierra de Andia y valle de Gulina; en sus localidades meridionales forma mosaico con la serie del *Epipactido-Fageto S.*, más xerófila. Las facitaciones reconocidas son las siguientes:

– faciación con pastizales mesoxerófilos con *Bromus erectus* [CsFsBr]: se caracteriza por la dominancia de la variante típica de los pastizales mesoxerófilos

(*Bromion erecti*), que alternan con su variante de suelos someros (pastos petranos) y con prados mesófilos (*Cynosurion cristati*).

– faciación con prados mesófilos y acidófilos con *Danthonia decumbens* [CsFsCc]: se distribuye por las zonas donde los suelos son más profundos; los pastos que la caracterizan (*Cynosurion cristati*, *Violion caninae*) forman mosaico con los pastizales mesoxerófilos (*Bromion erecti*) en sus variantes menos xerófilas, y son frecuentes los brezales de *Erica vagans*.

– faciación con pastos petranos con *Koeleria vallesiana* [CsFsKv]: ocupa las áreas en las que los suelos son más someros, en ocasiones erosionados, y en ella los pastos dominantes son la variante de suelos someros de los pastizales mesoxerófilos (*Bromion erecti*), que en los suelos más incipientes dan paso a los pastos parameros de *Festuca hystrix* (*Plantagini discoloris-Thymion mastigophori*) y en los más profundos a la variante típica de los pastizales mesoxerófilos.

– faciación de afloramientos rocosos karstificados [CsFsSx]: su etapa madura es la variante de áreas karstificadas del *Carici-Fagetum* (OLANO 1995). Al haber roca aflorante son frecuentes las comunidades rupícolas y facies muy ralas de los pastos petranos en las que suelen introducirse especies de roquedo.

4.2. Serie de los hayedos basófilos y xerófilos, cántabro-euskaldunes y castellano-cantábricos (*Epipactido helleborines-Fageto sylvaticae* S.)

Esta serie es la que presenta una distribución más meridional entre las de los hayedos cantábricos y en la zona estudiada se interpone entre las series del *Carici-Fageto* S. y de los robledales de *Quercus humilis*. Se distribuye por el piso montano, con frecuencia en umbrías, desde las Sierra de Andia y Sarbil hasta las de Aranguren y de Alaitz. Se reconocen cuatro faciaciones en función de los pastizales de sustitución, relacionados con la profundidad del suelo sobre el que se desarrollan:

– faciaciones con pastizales mesoxerófilos con *Bromus erectus* [EpFsBr1, EpFsBr2]: se caracterizan por los pastizales mesoxerófilos (*Bromion erecti*), generalmente localizados en suelos relativamente profundos. La segunda faciación incorpora el boj (*Buxus sempervirens*) en sus distintas etapas.

– faciaciones con pastos petranos con *Koeleria vallesiana* [EpFsKv1, EpFsKv2]: se caracteriza por la presencia de la variante de suelos someros de los pastizales mesoxerófilos (*Bromion erecti*). Se localizan en las zonas altas de las sierras, generalmente sobre calizas o calcarenitas. Como en el grupo anterior, la segunda faciación incorpora boj en sus etapas.

4.3. Serie de los robledales de *Quercus robur* colino-montanos, húmedos, neutrófilos, navarro-alaveses (*Crataego laevigatae-Querceto roboris* S.) [CIQr]

La serie del roble pedunculado se encuentra en su límite de distribución meridional en esta zona de Navarra, donde se produce un tránsito gradual hacia la serie de los robledales de *Quercus humilis* en su faciación con olmos y fresnos, de modo que en la etapa madura *Q. humilis* puede alcanzar una alta cobertura. Hasta la Cuen-

ca de Pamplona llegan testimonios dispersos de la serie del *Q. robur* integrados en la citada faciación de los robledales pelosos o en las geoserias edafohigrófilas.

4.4. Serie de los robledales de *Quercus humilis* colino-montanos, subhúmedo-húmedos, navarro-alaveses y pirenaico occidentales (*Rosa arvensis-Querceto humilis* S.)

La serie de los robledales de *Quercus humilis* es la que ocupa una mayor extensión en la Comarca, aunque buena parte del territorio que le corresponde está ocupado por cultivos. En las zonas más altas y en algunas umbrías es reemplazada por las series de los hayedos y en los suelos más secos por la serie castellano-cantábrica de la carrasca. Se encuentra al norte de la Sierra del Perdón. En esta serie se han distinguido siete faciaciones:

– faciación de suelos arcillosos profundos con olmos y fresnos [RosQhUm]: propia de los relieves más suaves de la Cuenca de Pamplona y caracterizada por la participación de especies exigentes en humedad edáfica en la etapa madura (*Fraxinus excelsior*, *Ulmus minor*) y en las etapas de sustitución (espinares, pastos de *Lolium-Plantaginion majoris*).

– faciaciones con tomillares y aliagares submediterráneos [RosQhBr1, RosQhBr2]: se caracterizan por los tomillares y aliagares submediterráneos (*Thymelaeo-Aphyllanthesum monspelliensis*) y pastizales mesoxerófilos (*Bromion erecti*). Sustituyen a la faciación anterior en condiciones geomorfológicas que impliquen una menor capacidad de retención hídrica del suelo, como laderas con mayor pendiente. En la segunda faciación el boj se integra en las distintas etapas que la constituyen.

– faciaciones con pastos petranos con *Koeleria vallesiana* [RosQhKv1, RosQhKv2]: los pastizales petranos (*Bromion erecti*: variante de suelos someros) son la etapa que permite distinguir estas faciaciones, localizadas generalmente sobre materiales duros de las montañas de la Comarca. Como en el caso anterior, la segunda faciación incorpora boj a sus etapas.

– faciaciones con pastos parameros de *Festuca hystrix* [RosQhFh1, RosQhFh2]: se encuentran normalmente en relación con las anteriores, en los cresteríos de las montañas, donde el suelo es muy somero y aparecen los pastos de *Festuca hystrix* (*Plantagini discoloris-Thymion mastigophori*). En la segunda de estas faciaciones el boj participa en sus etapas seriales.

4.5. Serie de los quejigales castellano-cantábricos (*Spiraeo obovatae-Querceto fagineae* S.)

La serie del quejigo reemplaza gradualmente a la del roble peloso cuando disminuye la precipitación, como sucede en el tránsito de la región Eurosiberiana a la Mediterránea, en las laderas de la Sierra del Perdón; cuando la precipitación es aún menor o los suelos son esqueléticos es sustituida por las series de la carrasca. La serie castellano-cantábrica del quejigo presenta cinco faciaciones:

– faciasiones supramediterráneas [SpQf, SpQfBs]: la primera es la faciación típica; se ha diferenciado la segunda por la presencia del boj.

– faciasiones meso-supramediterráneas [SpQfQc1, SpQfQc2, SpQfVt]: todas se caracterizan por la presencia de *Quercus coccifera* que forma coscojares como matorral alto de sustitución; en la segunda es frecuente, además, la presencia de boj. La última se trata de una faciación termófila, puntual y propia de enclaves abrigados, caracterizada por la presencia de *Viburnum tinus* en la etapa madura, orlas y etapas de sustitución.

4.6. Serie de los carrascales meso-supramediterráneos y colino-montanos, subhúmedo-húmedos, castellano-cantábricos y navarro-alaveses (*Spiraeo obovatae-Querceto rotundifoliae* S.)

Esta serie domina buena parte de las solanas de las sierras que marcan el límite entre las regiones Eurosiberiana y Mediterránea (Perdón, Sarbil, Alaitz) mientras que hacia el sur, con una sequía estival más acusada, se refugia en umbrías. Se interna en la Cuenca de Pamplona y alcanza algunos enclaves más septentrionales, donde tiende a ocupar suelos esqueléticos y solanas. Esta serie presenta cuatro faciasiones, además de la supramediterránea típica [SpQrt]:

– faciasiones silicícolas [SpQrtAu, SpQrtVt]: propias de suelos arenosos, se caracterizan por la existencia en sus etapas de sustitución de brezales castellano-cantábricos con *Erica scoparia* (*Ericetum scopario-vagantis*); las dos faciasiones se distinguen en función de la participación de elementos termófilos y xerófilos en sus etapas seriales, raros en la faciación supramediterránea silicícola con *Arbutus unedo* y frecuentes en la faciación meso-supramediterránea termófila de enclaves abrigados con *Viburnum tinus*.

– faciación xero-termófila [SpQrtQc]: se localiza en la transición meso-supramediterránea y se caracteriza por la presencia de coscojares (*Spiraeo-Quercetum cocciferae*) como matorral alto de sustitución.

– faciación orófila [SpQrtFh]: se sitúa en crestones de algunas sierras y se distingue por la presencia de los pastos parameros de *Festuca hystrix* (*Plantagini discoloris-Thymion mastigophori*).

4.7. Serie de los carrascales mesomediterráneos, secos, riojanos y bardeneros (*Querceto rotundifoliae* S.)

La serie riojana y bardenera de la carrasca se restringe al piso mesomediterráneo, en el extremo meridional del territorio. Hacia el norte, al incrementarse la precipitación, da paso a la serie de los carrascales castellano-cantábricos. La serie presenta dos faciasiones:

– faciación con *Rhamnus x colmeiroi*: caracterizada frente a la faciación típica por la presencia de coscojares castellano-cantábricos (*Spiraeo-Quercetum cocciferae* subsp. *rhamnetosum colmeiroi*) como matorral alto de sustitución y tomillares (*Salvio-Ononidetum fruticosae*) en sus variantes meso-supramediterráneas.

– faciación gipsícola: se localiza en los afloramientos de yesos del extremo meridional de la Comarca, y se reconoce por los matorrales de *Ononis tridentata* (*Helianthemo thibaudii-Gypsophiletum hispanicae* subas. *helianthemetosum rotundifolii*).

4.8. Geoseries higrófilas riparias (*Populetales albae*, *Salicetalia purpureae*); faciaciones eurosiberianas y mediterráneas [G0]

En la zona, de acuerdo con Biurrun (1999), existen dos geoseries riparias de vegetación, cada una de ellas integrada por diversas series. La geoserie castellano-cantábrica y navarro-alavesa está integrada por las series del olmo (*Viburno lantanae-Ulmo minoris* S.), del aliso (*Humulo-Alno glutinosae* S.) y del sauce (*Salico neotrichae* S.) y se distribuye por la Cuenca de Pamplona y el norte de la Comarca. Hacia el sur es reemplazada por la geoserie riparia riojana, en la que participan la serie del olmo (*Viburno lantanae-Ulmo* S.), chopo (*Populo nigrae-Salico neotrichae* S.) y sauce (*Salico neotrichae* S.). En esta unidad cartográfica ha quedado incluido el complejo de vegetación de las balsas de Loza y Zuasti, formado por las distintas comunidades vegetales presentes en las citadas lagunas. De acuerdo con el criterio seguido por LOIDI & BÁSCONES (1995) se han cartografiado dentro de esta unidad las zonas en regadío, ya que las comunidades observables en áreas regadas indican la potencialidad de estas series de vegetación edafohigrófila.

4.9. Serie halohigrófila aragonesa de saladares (*Agrostio stoloniferae-Tamariceto canariensis* S.); faciación bardenera y somontano-aragonesa mesohalina [Tm]

La serie de los tarayales halófilos presenta una distribución condicionada por dos factores, suelos con nivel freático elevado y agua con alto contenido en sales. Se encuentra en su límite septentrional de distribución en este sector del Valle del Ebro, localizada en el arroyo de las Nequeas y sus tributarios, donde se concentran sales procedentes de los afloramientos de yesos.

4.10. Complejo de vegetación de roquedos y gleras (*Asplenietea trichomanis* y *Thlaspietea rotundifolii*) [CR]

En esta unidad se integran los afloramientos rocosos y las gleras, localizados en las grandes sierras del territorio. Estos complejos se caracterizan por comunidades rupícolas (*Drabo-Saxifragetum trifurcatae*, *Asplenio fontani-Saxifragetum losae*), comunidades de gleras (*Linario odoratissimae-Rumicetum scutati*) o matorrales de *Genista eliasseennenii* (*Festuco hystricis-Genistetum eliasseennenii*) de crestas y espolones. Además, pueden ser frecuentes los pastos parameros de *Festuca hystrix* (*Plantagini-Thymion mastigophori*), pastizales calcícolas de alta montaña (*Aquilegio pyrenaici-Seslerietum coeruleae*) y pastos petranos. También se pueden encontrar sabinares de *Juniperus phoenicea* (*Buxo-Juniperetum phoeniceae*), bujedos, enebrales de *Juniperus communis* y matorrales de *Genista occidentalis* (*Teucro pyrenaici-Genistetum occidentalis*), que constituyen comunidades permanentes.

5. Discusión

El principal factor que origina la aparición de diversas series de vegetación es el climático, como se aprecia en la distribución de las series en el conjunto de Navarra, con un gradiente norte sur debido a la disminución de precipitaciones y el aumento de la sequía estival, y otro de oeste a este relacionado con el incremento de la continentalidad (LOIDI & BÁSCONES 1995). Al trabajar a una escala más detallada, como la empleada en este estudio, cobra una gran importancia la geomorfología, que al condicionar el régimen térmico y el balance hídrico y de nutrientes, modula el efecto global del clima (SWANSON *et al.* 1988) y determina un patrón más complejo.

Las etapas seriales, al ser más sensibles a cambios ligeros en las condiciones del terreno (OLANO & PERALTA 2001) que las comunidades climáticas, reflejan de una manera más directa las características geomorfológicas del territorio. Por ello, resultan de gran interés para expresar la variabilidad interna de las series de vegetación al permitir diferenciar faciaciones, como muestra la descripción de éstas.

Este interés se pone de manifiesto especialmente en el caso de la serie de los hayedos del *Carici sylvaticae-Fagetum*, donde el patrón de distribución en relación con las características del suelo y geomorfológicas, ya reconocible en la etapa climática (OLANO 1995, OLANO *et al.* 1998a, 1998b), se acentúa cuando es sustituida por los diferentes tipos de pastizal, cuya abundancia relativa está relacionada con el desarrollo edáfico en las tres primeras faciaciones. En la faciación restante está relacionado ese patrón con las características geomorfológicas de un terreno rocoso karstificado.

En la serie de los hayedos del *Epipactido helleborines-Fagetum*, localizados en áreas con menor precipitación, y en la de los robledales de *Quercus humilis*, el desarrollo del suelo sigue siendo importante en la definición de las faciaciones, pero a este factor se añade el gradiente de continentalidad decreciente de este a oeste, en el tránsito de la zona cantábrica a la prepirenaica (LOIDI & BÁSCONES 1995, LOIDI & HERRERA 1990). El enrarecimiento del boj hacia el occidente de Navarra parece estar relacionado con esta disminución de la continentalidad, por lo que en la Comarca se ciñe a posiciones con condiciones de cierta termicidad y xericidad, como exposiciones sur o zonas con suelos someros, lo que permite definir distintas faciaciones basándose en su presencia o ausencia, además de en estas series, en la del quejigo.

Otro factor importante para delimitar faciaciones es la presencia de elementos transicionales entre diferentes series de vegetación. En estos casos suele darse una combinación de los factores ambientales característicos de unidades fitogeográficas diferentes, como ocurre en las faciaciones con coscoja (*Quercus coccifera*) de las series castellano-cantábricas localizadas en la transición meso-supramediterránea, donde la influencia cantábrica permite la persistencia de la mayoría de las etapas de sustitución características. También se observa esta situación en la faciación con *Rhamnus x colmeiroi* de los carrascales riojanos, que bajo un ombrotipo seco superior incorpora algunas de las comunidades y elementos de las series castellano-cantábricas adyacentes.

El sustrato es el aspecto determinante de la distinción de las dos faciaciones silicícolas de la serie de los carrascales castellano-cantábricos, así como de la faciación gipsícola de los riojanos y bardeneros, que propicia el desarrollo de suelos de textura arenosa y pH ligeramente ácido en las primeras y suelos con alto contenido en yeso en la segunda.

Por último, algunas faciaciones, por su particular ubicación y características muestran un carácter relicto, reflejo de las sucesivas variaciones climáticas postcuaternarias. Este es el caso de las faciaciones de enclaves abrigados con *Viburnum tinus* de las series castellano-cantábricas, restos de una vegetación en la actualidad propia de áreas con un clima más benigno, de la que hay localidades en el norte del Valle del Ebro desde Burgos hasta Aragón (LOIDI & FERNÁNDEZ-PRIETO 1986, MONTSERRAT 1966, PERALTA 1992). Otro tanto le sucede a la faciación orófila de los carrascales castellano-cantábricos, que en las crestas de las montañas encuentra ambientes con suelo escaso, baja capacidad de retención hídrica y sujeto a fenómenos de crioturbación, similares a los de las parameras burgalesas, donde esa serie está muy extendida (LOIDI & FERNÁNDEZ-PRIETO 1986, RIVAS-MARTÍNEZ 1987).

6. Interés y aplicación de la cartografía

La cartografía de las series y faciaciones de vegetación permite conocer la distribución de las comunidades vegetales y las características ecológicas del área, y además puede ser utilizada como una aproximación a la sectorización fitoclimática del territorio. Sin embargo, como se ha señalado, las faciaciones reflejan, además del clima, la influencia de otros factores: relieve, sustrato, suelo o variaciones climáticas pasadas. Esta sectorización fitoclimática inicial ha de ser ajustada y contrastada en el futuro con distintos métodos: elaborar un modelo de la distribución de los parámetros climáticos en el territorio para relacionarla con la de las faciaciones (ORTUBAY & LOIDI 1994) o determinar las variables climáticas o de otro tipo que explican la distribución de las especies o comunidades vegetales (RETUERTO & CARBALLEIRA 1991, 1992).

El estudio realizado sirve para planificar de una forma adecuada el territorio, tanto desde el punto de vista del uso forestal como agrícola, y mediante el cruce con los datos de aprovechamientos actuales (ANÓNIMO 1999) permitirá comparar la situación actual y potencial de las diferentes formaciones vegetales del territorio. Además, los datos obtenidos en este trabajo han servido también para realizar modelos predictivos de la presencia de diferentes especies en el territorio, tanto en la situación actual como en escenarios futuros de cambio climático (OLANO & PERALTA 2001), posibilitando la determinación de los parámetros de mayor importancia para la vegetación en el territorio, observando el modo en que interaccionan y modulan la presencia de las especies, tanto trabajando con especies individuales (OLANO & PERALTA 2001), como desde el punto de vista de las comunidades (OLANO *et al.* 2000).

Agradecimientos

Los técnicos de Trabajos Catastrales S.A. han diseñado la base de datos en la que se codifican los inventarios de vegetación y son los responsables de la digitalización y edición posterior de los mapas.

Bibliografía

- ANÓNIMO. 1999 - *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra, escala 1:25.000*. Servicio de Estructuras Agrarias. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- ANÓNIMO. 2001 - *Estudio Agroclimático de Navarra*. Servicio de Estructuras Agrarias Dpto. de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- BAILEY, R.G. 1996 - *Ecosystem Geography*. Springer. New York.
- ASEGINOLAZA, C., D. GÓMEZ, X. LIZAUZ, G. MONTSERRAT, G. MORANTE, M.R. SALAVERRÍA & P.M. URIBE-ECHEBARRIA. 1989 - *Vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. S^o Central de Publicaciones. Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.
- BIURRUN, I. 1999 - Flora y vegetación de los ríos y humedales de Navarra. *Guineana* 5. Universidad del País Vasco. Leioa.
- DUMÉ, G. 1996 - Dossier: 20 ans de typologie des stations forestières. *Forêt-entreprise* 102: 25-31.
- HILL, M.O. 1994 - *DECORANA and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77*. Institute of Terrestrial Ecology. NERC. Huntingdon.
- KÜCHLER, A.W. & ZONNEVELD, I.S. 1988 - *Vegetation mapping. Handbook of vegetation science, Volume 10*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- LOIDI, J. 1991 - Vegetation series: its use for small scale geobotanical mapping. *Phytocoenosis* 3: 119-122.
- LOIDI, J. & J.C. BÁSCONES 1995 - *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- LOIDI, J., I. BIURRUN & M. HERRERA 1997a - La vegetación del centro-septentrional de España. *Itinera Geobot.* 9: 161-618.
- LOIDI, J., T.E. DÍAZ & M. HERRERA 1997b - El paisaje vegetal del Norte-Centro de España: Guía de la excursión. *Itinera Geobot.* 9: 5-160.
- LOIDI, J. & J.A. FERNÁNDEZ-PRieto 1986 - Datos sobre la biogeografía y la vegetación del sector castellano-cantábrico (España) *Doc. phytosoc.* 10: 323-362.
- LOIDI, J. & M. HERRERA 1990 - The *Quercus pubescens* and *Quercus faginea* forests in the Basque Country (Spain): distribution and typology in relation with climatic factors. *Vegetatio* 90: 81-92.
- MONTSERRAT, P. 1966 - Vegetación de la Cuenca del Ebro. *P. Cent. pir. Biol. exp.* 1: 1-22.
- MONTROYA, J.M. 1989 - Aplicación forestal de los mapas de series de vegetación. *Ecología* 3: 117-119.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & H. ELLENBERG 1974 - *Aims and methods in vegetation ecology*. J. Wiley & Sons. New York.
- OLANO, J.M. 1995 - *Estudio fitoecológico de los bosques de las Sierras de Urbasa, Andía y Entzia (Álava y Navarra)*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Lejona.

- OLANO, J.M., J. LOIDI, A. GONZÁLEZ & A. ESCUDERO 1998a - Improving the interpretation of fuzzy partitions in vegetation science with constrained ordinations. *Plant Ecology* 134: 113-118.
- OLANO, J.M., J. LOIDI, A. GONZÁLEZ & A. ESCUDERO 1998b - Relating variation in the understorey of beech forests to ecological factors. *Folia Geobot. Phytotax.* 33: 77-86.
- OLANO, J.M. & J. PERALTA 2001 - Modelos predictivos de distribución de especies comunes en matorrales basófilos de Navarra: aplicación en distintos escenarios climáticos. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 12: 47-55.
- OLANO, J.M., J. PERALTA, M. DONÉZAR & C. OSÁCAR 2000 - *Floristic composition of basiphilous scrub communities related to a rainfall gradient in Navarra*. Proceedings IAVS Symposium, pp. 166-169. Opulus Press, Uppsala.
- ORTUBAY, A. & J. LOIDI 1994 - Relaciones entre parámetros climáticos y la vegetación potencial en la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Anais do Instituto Superior de Agronomia* 44: 187-195.
- PERALTA, J. 1992 - *Suelos y vegetación de la Sierra de Leyre (Navarra-Zaragoza)*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra. Pamplona.
- PERALTA, J. 1996-1997 - *Serie de vegetación y sectorización fitoclimática de las Comarcas Agrarias V y VI*. Memoria y Mapa. Informes inéditos. Servicio de Estructuras Agrarias. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- PERALTA, J. & J.M. OLANO 2000 - *Serie de vegetación y sectorización fitoclimática de las Comarcas Agrarias III y IV*. Memoria y Mapa. Informes inéditos. Servicio de Estructuras Agrarias. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- PERALTA, J., C. OSÁCAR & M. DONÉZAR 1997a - *Cartografía de series de vegetación como base para la sectorización fitoclimática del territorio y la evaluación de recursos agroforestales*. Libro de Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso. Tomo II: 491-496. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- PERALTA, J., C. OSÁCAR & M. DONÉZAR 1997b - La vegetación como indicador de los distintos tipos de terreno. *Navarra Agraria* 102: 44-48.
- PONS, X. 2000 - *MIRAMON v. 3.4g, Program for displaying, consulting and editing raster and vector maps*. Barcelona.
- RETUERTO, R. & A. CARBALLEIRA 1991 - Defining phytoclimatic units in Galicia, Spain, by means of multivariate methods. *J. Veg. Sci.* 2: 699-710.
- RETUERTO, R. & A. CARBALLEIRA 1992 - Use of direct gradient analysis to study the climate-vegetation relationships in Galicia, Spain. *Vegetatio* 101: 183-194.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987 - *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., J.C. BÁSCONES, T.E. DÍAZ, F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ & J. LOIDI 1991 - Vegetación del Pirineo occidental y Navarra. *Itinera Geobot.* 5: 5-456.
- SWANSON, F.J., T.K. KRATZ, N. CAINE & R.G. WOODMANSEE, R.G. 1988 - Landform effects on ecosystem patterns and processes. *BioScience* 38: 92-98.
- TER BRAAK, C.J.F. & P. SMILAUER 1997 - *Canoco for Windows Version 4.0*. Center for Biometry. Wageningen.
- WESTHOFF, V. & VAN DER MAAREL, E. 1973 - The Braun-Blanquet approach. In R.H. Whittaker (Ed.) *Ordination and classification of communities. Handbook of Vegetation Science* 5: 617-726. Dr. W. Junk b.v.-Publishers. The Hague.