

Clasificación de los paisajes rurales españoles según su composición espacial

J. M. García del Barrio¹, F. Bolaños² y R. Elena-Roselló^{2*}

¹ CIFOR-INIA. Ctra. de A Coruña, km 7. 28040 Madrid. España

² EUITF-UPM. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. España

Resumen

Se presenta el desarrollo de una taxonomía para la clasificación ecológica de los paisajes rurales españoles en función de su composición espacial basada en el reparto de los tipos de uso y cubierta vegetal que caracterizan a sus elementos teselares. Como criterio básico se ha utilizado la presencia matricial, esencial, marginal o residual de cada tipo de uso y cubierta en el paisaje. Con el método propuesto se clasifican 412 paisajes representativos de las distintas condiciones biogeoclimáticas de España (206 paisajes analizados en dos fechas sucesivas). Del total de la muestra el 39% se definen como paisajes forestales arbolados, el 22% como forestales no arbolados, el 11% como agroforestales y el 28% como paisajes agrícolas. Esta taxonomía se ha contrastado mediante un análisis de clasificación multivariante a través del cual se definen las doce tipologías más comunes de paisajes rurales españoles que presentan una alta correspondencia con las categorías previamente establecidas, lo que permite concluir que la taxonomía propuesta resulta adecuada, por su intuitividad e interpretabilidad, para la identificación de cualquier paisaje rural español, actual o pretérito.

Palabras clave: ecosistemas forestales, usos del suelo, paisaje rural, composición espacial, clasificación.

Abstract

Spanish rural landscapes: classification based on the spatial composition

This paper presents a new landscape taxonomy designed to classify the Spanish rural landscapes attending to the composition of their spatial elements. The matricial, essential, marginal or residual presence of each land use/land cover type is used as the main taxonomical criteria. A sample of 412 rural landscapes (206 different landscapes analysed in two successive dates) fully representative of the biogeoclimatic diversity of Spain has been classified. About 39% of total rural landscapes tested were identified as forest landscapes, 22% as rangeland landscapes, 11% as agroforest landscapes and the remainder 28% as agricultural landscapes.

To test the new taxonomy, a multivariate classification analysis has been carried out, defining the 12 commonest Spanish rural landscape types, being highly correlated to the established categories. After that test, it is concluded that the proposed taxonomy is preferable for its intuitively and interpretability, allowing to identify landscape types not present in the analysed sample.

Key words: forest ecosystems, land cover/land uses, rural landscape, spatial composition, classification.

Introducción

El paisaje constituye en la actualidad uno de los referentes más adecuados para abordar los estudios ambientales, cualesquiera sean los objetivos que se persigan (Forman y Godron, 1986; Turner *et al.*, 1995, Luque 2000). Desde un punto de vista ecológico el nivel de paisaje supera las limitaciones de los estudios clásicos de ecosistemas, en los que se profundiza en

la estructura y funcionamiento de determinadas porciones de la naturaleza consideradas de un modo aislado, obviando las interacciones con otras porciones o ecosistemas circundantes. Desde un punto de vista antropocéntrico, el paisaje presenta una serie de connotaciones culturales (Gómez Sal, 2001) en cierto modo subjetivas, pero no por ello menos importantes a la hora de entender y valorar la distribución de la vegetación y los usos del suelo tanto actuales como pasados.

Cualquiera que sea la perspectiva del análisis, la concepción del paisaje como unidad ecológica superior al ecosistema nos permite abordar objetivos científicos y

* Autor para la correspondencia: relena@forestales.upm.es
Recibido: 29-08-02; Aceptado: 10-10-03.

técnicos a escalas de trabajo en las que se producen importantes interacciones entre los distintos ecosistemas terrestres. Dichas interacciones que se concretan en flujos y transferencias de seres vivos y de elementos materiales y energéticos, tienen una relevante trascendencia en la respuesta territorial ante las acciones humanas. Su consideración, análisis y comprensión serán de gran importancia a la hora de diagnosticar los impactos de las intervenciones antrópicas a una escala territorial superior al ecosistema.

La Ecología del Paisaje es una ciencia relativamente joven que está sentando las bases del conocimiento del paisaje desde esa perspectiva. En la actualidad su investigación se centra en el estudio de la estructura, funcionamiento y dinámica evolutiva de los paisajes (Farina, 2000). Como punto de partida para ello, los mayores esfuerzos se han dedicado al conocimiento sistematizado de la composición y configuración del paisaje, lo que se considera su estructura o patrón (Forman y Godron, 1986). Fruto de ello es el desarrollo de clasificaciones que de una manera convencional permitan establecer comparaciones (semejanzas y disemejanzas) entre los distintos paisajes, desde el punto de vista de su composición y configuración. Con ellas se podrán economizar esfuerzos a la hora de llevar a cabo análisis más profundos sobre su funcionamiento o su dinámica evolutiva.

Además de su intrínseco valor científico, las clasificaciones suponen una valiosa herramienta para la planificación territorial. Dado que cada paisaje es el resultado de la acción conjunta de distintos factores abióticos y bióticos (incluida la actividad humana) sobre un territorio determinado, parece razonable pensar que una clasificación de los principales tipos de paisaje puede ser una información muy valiosa de cara a cualquier acción que se quiera emprender sobre el territorio, como por ejemplo la planificación para un desarrollo rural sostenible (Bastian, 2000).

Debido al gran número de variables implicadas en la conformación de un paisaje, no resulta fácil establecer una clasificación que resulte operativa, es decir con un número razonable de categorías fácilmente reconocibles y distinguibles entre sí, y que sea independiente de la escala de estudio a la que se trabaja. Las clasificaciones más habituales se establecen desde una perspectiva de la génesis del paisaje (natural o humanizado), o desde la dominancia de un tipo u otro de cubierta y uso del suelo (forestales, agrícolas, urbanos), siguiendo las tipologías de la vegetación dominante (bosque coníferas, bosque frondosas, prados,

matorrales), o como una combinación de relieve, geología, vegetación, etc.

Algunos esfuerzos recientes en distintos países se han encaminado hacia distintas clasificaciones de los paisajes regionales o nacionales (Haynes-Young *et al.*, 1994; Lioubimtseva y Defourny, 1999; Bastian, 2000) utilizando distintos criterios y variables para la clasificación del paisaje. La mayoría de estas clasificaciones tienen en común la condición de ser exhaustivas para una región determinada (no hay porciones del territorio sin definir en la clasificación), y por tanto altamente descriptivas en cuanto a las condiciones fisiográficas, climáticas, ecológicas, etc. Otra posibilidad para la clasificación consiste en buscar las distintas opciones para una determinada variable, que a su vez esté relacionada con otras variables que definen el paisaje, y establecer dicha clasificación de modo que pese a no cubrir exhaustivamente ningún territorio determinado pueda ser aplicable a cualquiera y a distintas escalas.

Dentro del contexto descrito, en España se carece de un sistema de clasificación de paisajes españoles que tenga en cuenta su composición espacial. Esta carencia quedó puesta de manifiesto por los autores de este artículo, cuando comenzaron a analizar los resultados que se iban obteniendo como consecuencia del establecimiento y desarrollo de la Red de Paisajes Rurales Españoles (REDPARES) (Bolaños *et al.*, 2003). REDPARES constituye el componente esencial del Sistema para el Seguimiento de los Paisajes Rurales Españoles (SISPARES), iniciativa conjunta llevada a cabo por la EUIT Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid y la DGCONA del Ministerio de Medio Ambiente, con la cooperación de investigadores del CIFOR-INIA del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

La necesidad de clasificar de forma sistemática los paisajes incluidos en la red REDPARES, tanto en su estructura actual, como en las pasadas y las futuras, nos impuso la obligación de explorar las distintas metodologías y proponer aquellas que creemos más adecuadas para la escala, representatividad y condiciones ecológicas de los paisajes estudiados.

Los resultados aquí presentados constituyen la primera aproximación al problema desde una perspectiva española lo que asegura su utilidad dentro de su ámbito territorial. Para ello la clasificación se ha fundamentado en la diversidad biogeoclimática del territorio español expresada en su Clasificación CLATERES (Elena-Rosselló, 1997).

Material y métodos

Descripción de la Red de Paisajes Rurales Españoles

La Red de Paisajes Rurales Españoles (REDPARES) se compone de 215 paisajes distribuidos a lo largo de todo el territorio español (206 en España Peninsular e Islas Baleares y 9 en las Islas Canarias) como parcelas cuadradas de una dimensión media de 1400 ha. La elección de los paisajes incluidos en la red se realizó de un modo estratificado atendiendo a los criterios biogeoclimáticos sobre los que se fundamenta la Clasificación Biogeoclimática de España Peninsular y Balear (Elena-Rosselló, 1997).

En la Figura 1 se presenta la distribución de los puntos de la red en todo el territorio español. Para la selección de los paisajes de las Islas Canarias se utilizaron también criterios biogeoclimáticos, tratando de reflejar el reparto territorial de sus unidades más representativas.

De acuerdo con el criterio de selección, cada paisaje de la red representa unas condiciones biogeoclimáticas particulares y una estructura de usos y cubierta (TUCs) adaptada a dichas condiciones ambientales. En consecuencia, el conjunto de la red puede consi-

derarse representativo de la generalidad de los paisajes rurales españoles, si bien con las restricciones propias impuestas por el tamaño de la unidad de muestreo, ya que no puede reflejar toda la variabilidad interna de los componentes del paisaje en las clases territoriales.

La elección concreta de cada paisaje de la red se ha realizado siguiendo tres criterios.

- Representatividad de una clase territorial concreta que tenga una superficie mínima.
- Localización, dentro de esa clase territorial, en una zona con características biogeoclimáticas lo más homogéneas posibles, evitando la proximidad de fronteras o zonas de contacto.
- Ausencia de alteraciones importantes en los usos del suelo respecto de su entorno más inmediato.

Metodología de análisis del paisaje

Cada muestra territorial de la red es el núcleo sobre el que abordar diversos estudios del paisaje a diferentes escalas espaciales o temporales. Los procedimientos seguidos son comunes a muchos estudios del paisaje (Turner, 1990, Mladenoff *et al.*, 1993, etc.) y ya se han descrito parcialmente en otros trabajos previos



Figura 1. Distribución de los puntos de la red en las distintas Ecorregiones españolas (Elena-Rosselló, 1997).

(Regato *et al.*, 1999; García del Barrio *et al.*, 1999). El fundamento científico de dichos métodos es que la estructura ecológica de un paisaje puede ser modelizada mediante la composición y configuración espacial bidimensional de los tipos de uso y cubierta que caracterizan a los elementos del paisaje.

De manera muy resumida, el proceso metodológico seguido es el siguiente: Se delimita una parcela cuadrada de $4 \times 4 \text{ km}^2$ (aprox.) sobre los fotogramas aéreos correspondientes a las coordenadas establecidas previamente como vértice sur-occidental del cuadrado de muestreo. Mediante estereoscopia, se analizan las imágenes aéreas y se identifican y delimitan sobre un acetato transparente los principales tipos de usos/ cubiertas territoriales (TUCs) siguiendo la clasificación de usos territoriales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1986) adaptada según las directrices de la clasificación FAO de cubiertas/ usos territoriales (FAO, 1994). El poder de resolución de esta primera fase viene determinado por la información que es posible obtener mediante la fotointerpretación de imágenes aéreas, generalmente en blanco y negro y a una escala aproximada de 1:30000. Al tiempo, se evalúa la

densidad de las cubiertas boscosas, de matorral o dehesas y se consigna cualquier referencia que pueda servir para facilitar el trabajo de campo. A partir de la cobertura inicial se realiza el trabajo de campo en el que se toman fotografías del estado actual del paisaje y se determinan las principales especies que constituyen o han podido constituir cada uno de los tipos de usos. Si el intervalo de tiempo entre el muestreo de campo y la fecha de la foto aérea es muy dilatado, el paisaje ha podido pasar por distintas fases cuyas huellas no resulten muy patentes en la actualidad. En estos casos, es preciso recurrir a otras fuentes de información (mapas de distribución de especies o usos del suelo de otras fechas, referencias históricas de los servicios de montes o a veces orales de los más viejos del lugar).

La cobertura definitiva de tipos de uso y cubierta (TUC) para cada paisaje y fecha, se realiza contrastando la información de las dos fases del trabajo. La tipología final de TUCs que se utiliza en la clasificación de los paisajes se refleja en la Tabla 1. Por lo que respecta al tipo **mosaico**, su existencia está estrechamente relacionada con la capacidad de resolución del método y la propia estructura del paisaje, ya que la sis-

Tabla 1. Tipos de uso y cubierta (TUCs) sobre los que se basa la clasificación

TUC	Abrev.	Definición
Bosque	B	Masas arbóreas naturales o repobladas ya crecidas y cuya fracción de cabida cubierta es superior al 20%.
Matorral	M	Formaciones vegetales donde los elementos leñosos dominantes oscilan entre 0,5 y 5 m de altura.
Agrícola	C	Tierras de cultivo, huertos, granjas, establos o instalaciones ganaderas.
Pastizal	P	Praderas y pastos que están siendo pastados permanentemente o semi-permanentemente por herbívoros.
Dehesa	D	Bosque abierto con cubierta discontinua que cubre entre el 5 y el 20% de la cabida.
Bosque galería	G	Corredores arbóreos naturales que se presenta a lo largo de los cursos de agua.
Repoblación	R	Repoblaciones artificiales en las que aún se puede identificar su origen en la fotografía aérea.
Acuático	A	Masas de agua naturales o artificiales incluyendo ríos, lagos y embalses.
Urbano	U	Ciudades, pueblos, urbanizaciones, equipamientos de ocio, cementerios y carreteras de más de 40 m de ancho.
Baldío	L	Terrenos rocosos y pedregosos desnudos de vegetación, arenales, desiertos.
Mosaico	X	Zonas del territorio donde se da un uso muy fragmentado del suelo y en la que se pueden discernir pautas repetitivas en cuanto a la presencia espacial de dichos usos.

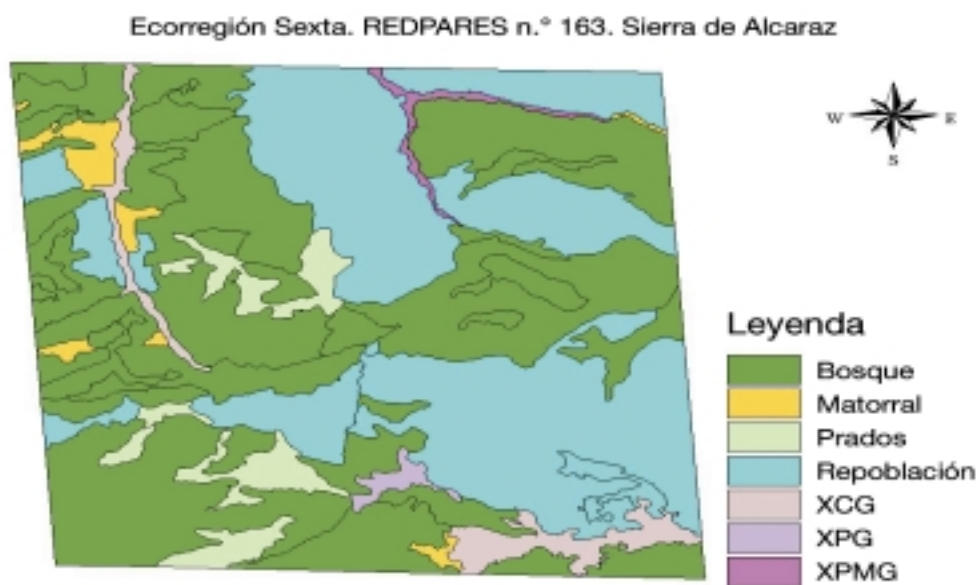


Figura 2. Cobertura final para el año 1984 del punto de muestreo n.º 163 de REDPARES.

temática alternancia de usos en pequeñas teselas representa en sí misma una estructura de paisaje en grano fino, por lo que se puede considerar una categoría o TUC propiamente dicho.

La Figura 2 representa la imagen georreferenciada del paisaje a la que se le incorpora la correspondiente base de datos asociada (ver Tabla 2). Todo este proceso se realiza con software ArcGis (Esri, 1991-2001).

La información aérea de referencia inicial para el desarrollo de REDPARES ha sido la correspondiente al vuelo nacional de 1984 del Instituto Geográfico Nacional a escala 1/30000. Además se ha analizado el vuelo del Instituto Geográfico del Ejército de 1956 en todos los 215 paisajes y se están analizando en la actualidad otros vuelos más recientes (vuelo oleícola del MAPA de 1997, fundamentalmente).

Método para la clasificación de los paisajes rurales

La clasificación de los paisajes rurales correspondientes a España Peninsular y las islas Baleares se ha elaborado a partir de los 206 puntos de la red localizados en estos territorios, analizados en dos fechas (1956 y 1984), lo que supone un total de 412 paisajes.

En el estudio de clasificación se han seguido las siguientes etapas metodológicas sucesivas, cuyos resultados se presentan a continuación:

1. Desarrollo de una formulación o notación de la composición del paisaje.

2. Desarrollo de una nomenclatura de paisajes basada en su composición.

3. Desarrollo de una taxonomía manual de paisajes.

4. Desarrollo de una taxonomía automática, mediante el método Twinspan (Hill, 1979).

5. Contraste entre la taxonomía manual y la automática.

Para llevar a cabo, tanto la taxonomía manual como la automática, se ha partido de la base de datos correspondiente a los 206 paisajes de REDPARES situados en la Península e Islas Baleares, caracterizados por el reparto superficial en ellos de los distintos TUC antes descritos, para las dos fechas en las que se ha completado la caracterización: 1956 y 1984.

Formulación de la composición espacial de cada paisaje

Para sistematizar la composición de los paisajes se ha definido una fórmula o notación basada en el grado de presencia de los distintos TUC, siguiendo los siguientes criterios:

1. Se entiende que un paisaje tiene una **presencia matricial** de un determinado TUC cuando su grado de presencia es superior al 50% del territorio.

2. Se entiende que un paisaje tiene una **presencia esencial** de un determinado TUC cuando su grado de presencia oscila entre el 25 y 50% del territorio.

Tabla 2. Estructura simplificada de la base de datos asociada a la cobertura de REDPARES n.º 163 para el año 1984

ID	Área	Perim.	GT	ED1	ED2	ED3	CC	EA	EA1	EA2	EA3
1	48.44	3693	R	Pin.pnr	Que.ile	Que.fag		M	Eri.ant	Thy.mas	Thy.oro
2	4.90	2017	B	Que.ile	Que.fag		2	M	Jun.oxo	Ech.boi	Thy.mas
3	2.82	733	P					MA	Que.ile	Jun.oxo	Thy.mas
4	9.57	1697	P					MA	Que.ile	Jun.oxo	Thy.mas
5	7.05	1210	R	Pin.pnr	Que.ile			M	Eri.ant	Ech.boi	Hel.foe
6	63.78	4587	R	Pin.pnr	Que.ile	Que.fag		M	Eri.ant	Thy.mas	Thy.oro
7	32.77	14205	XPG								
8	0.80	436	B	Que.fag	Sal.sp		2	M	Rub.sp	Pru.spi	
9	16.50	4101	M	Jun.oxo	Eri.ant	Thy.mas	1	A	Que.ile	Pin.pnr	
10	264.79	15586	R	Pin.pnr	Pin.nig	Que.ile		M	Eri.ant	Gen.sco	Cyt.sco
11	1.54	1114	G	Pop.sp	Cra.mon	Pru.avi		M	Ber.his	Cra.mon	Pru.avi
12	13.70	5137	XPG								
13	87.25	5471	R	Pin.pnr	Pin.nig	Que.fag		M	Eri.ant	Thy.mas	Lav.lat
14	6.57	1472	R	Pin.pnr	Pin.nig	Que.ile		M	Eri.ant	Ech.boi	Lav.lat
15	9.06	2402	B	Que.ile	Que.fag		2	M	Jun.oxo	Ech.boi	Thy.mas
16	1.40	741	P					LM	Eri.ant	Thy.oro	Lav.lat
17	8.41	2720	B	Que.ile	Que.fag	Pin.pnr	3	M	Jun.oxo	Ech.boi	Thy.mas
18	1.81	554	P					LM	Eri.ant	Thy.oro	Lav.lat
19	1.94	699	R	Pin.pnr	Que.ile	Que.fag		M	Eri.ant	Ech.boi	Lav.lat
20	236.44	16737	B	Pin.nig	Que.ile	Que.fag	2	M	Eri.ant	Lav.lat	Ech.boi
21	12.90	1640	B	Pin.nig	Que.ile		1	M	Ech.boi	Pru.spi	Thy.mas
22	14.98	3887	P					LA	Pin.nig		
23	7.02	1650	B	Pin.nig	Que.ile	Que.fag	2	M	Eri.ant	Lav.lat	Ech.boi
24	2.94	1409	P					LA	Pin.nig		
25	11.23	2184	B	Pin.nig	Que.fag	Que.ile	3	M	Jun.oxo	Ech.boi	Thy.mas
26	75.60	4469	B	Pin.nig	Que.ile	Que.fag	2	M	Eri.ant	Lav.lat	Ech.boi
27	28.15	3606	R	Pin.nig	Pin.pnr	Que.ile		M	Eri.ant	Gen.sco	Cyt.sco
28	0.71	491	P					LA	Pin.nig		
29	67.72	6569	R	Pin.nig	Pin.pnr	Que.ile		M	Eri.ant	Gen.sco	Cyt.sco
30	17.19	2250	B	Pin.nig	Que.ile		1	M	Ech.boi	Pru.spi	Thy.mas
31	47.69	4876	R	Pin.pnr	Pin.nig	Que.ile		MP	Eri.ant	Thy.mas	Thy.oro
32	9.42	2065	R	Pin.pnr	Pin.nig	Que.ile		M	Eri.ant	Thy.mas	Thy.oro
33	6.92	1139	B	Pin.nig	Que.ile	Que.fag	2	M	Eri.ant	Lav.lat	Ech.boi
34	10.58	3113	P					A	Pop.sp	Sal.sp	Cra.mon
35	2.78	1127	P					A	Que.ile	Pin.nig	

ID: identificador de la tesela. Área: área de la tesela (en ha). Perim.: perímetro (en m). GT: tipo de TUC. EDn: especies dominantes. EAN: especies acompañantes. CC: fracción de cabida cubierta relativa (1, < 25%; 2, entre 25 y 50%; 3, entre 50 y 75%, y 4, > 75%).

3. Se entiende que un paisaje tiene una **presencia marginal** de un determinado TUC cuando su presencia oscila entre el 5 y 25% del territorio.

4. Se entiende que un paisaje tiene una **presencia residual** de un determinado TUC cuando su grado de presencia es inferior al 5% del territorio.

A partir de esta discretización de la variable continua, grado de presencia territorial, se ha establecido una sencilla notación o formulación de la composición de los paisajes, constituida por tres códigos alfabéticos:

— **1.º elemento de la fórmula, o código esencial:** Está compuesto, en forma ordenada, por las iniciales

de los TUC que tienen presencia esencial en el paisaje. En caso de que uno de los TUC esenciales tenga carácter matricial, su inicial quedará subrayada. Todas las letras del código esencial son mayúsculas en negrita.

— **2.º elemento de la fórmula, o código marginal:** Está constituido, en forma ordenada, por las iniciales de los TUC que tienen presencia marginal en el paisaje, en letra mayúscula.

— **3.º elemento de la fórmula, o código residual:** Está constituido, en forma ordenada, por las iniciales de los TUC que tienen presencia residual en el paisaje, en letra minúscula.

De acuerdo con esta nomenclatura, un paisaje que tiene más del 50% de bosque, más del 25% de dehesa, entre un 5 y 25% de cultivos y de matorral, y menos del 5% de bosque en galería y pastos, vendrá denominado mediante la siguiente notación:

Código esencial	Código marginal	Código residual
BD	CM	gp

A partir de la notación o fórmula anterior, se ha propuesto una sencilla nomenclatura de los paisajes, en la que los TUC matriciales y esenciales son los que van a dar el nombre al paisaje (ver ej: en Figura 3), de acuerdo con los siguientes criterios:

— Aquel TUC que sea predominante, es decir cuyo grado de presencia sea máximo dentro del paisaje, da el carácter, y por tanto el nombre principal al paisaje. Si es C, el paisaje se denominará Agrícola. Si es M, el paisaje se denominará Matorralizado, etc.

— Aquel TUC, que teniendo grado de presencia esencial, no sea el de más presencia, entrará en la de-

nomiación como segundo nombre. Así, si M es TUC esencial en un paisaje agrícola (CM), su denominación será: Paisaje Agrícola y Matorralizado.

— Si dentro del paisaje el TUC predominante es a su vez matricial, la denominación del paisaje así lo reflejará. Así, si C es matricial y M es esencial, (CM) el paisaje se denominará Paisaje Agrícola Matricial y Matorralizado.

Metodología para la clasificación automática

Se utiliza TWINSpan (Hill, 1979), un programa ampliamente utilizado para la tipificación y análisis de la vegetación, con aplicaciones al campo del análisis territorial (Elena-Rosselló, 1997). A partir de una base de datos de variables discretizadas, el método TWINSpan genera una clasificación jerárquica, dicotómica, politética y divisiva que establece clases disjuntas y que, en cada dicotomía, da lugar a un criterio sencillo de clasificación, mediante el uso de atributos indicadores. El conjunto de los criterios de clasificación de todos los

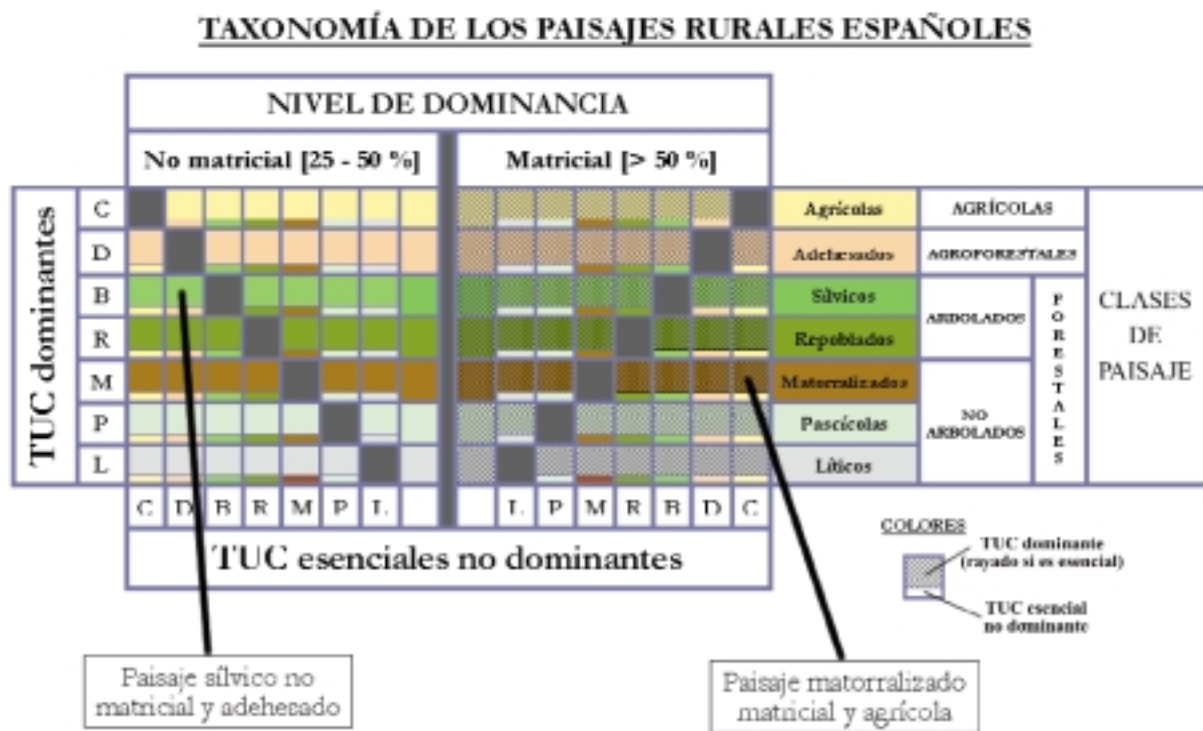


Figura 3. Diagrama de triple entrada que sintetiza la clasificación de los paisajes rurales españoles. Los paisajes se clasifican en función de tres características: 1, el TUC (tipo de suelo y cubierta) dominante en el paisaje; 2, el nivel de dominancia de éste (si ocupa más de un 50% de superficie, el paisaje es matricial), y 3, el TUC esencial no dominante. La coincidencia de las tres características define una celda que permite identificar y denominar el paisaje correspondiente.

nudos dicotómicos constituyen la clave de la clasificación (Elena-Rosselló y Sánchez-Palomares, 1991).

La clasificación se realiza atendiendo a las siguientes condiciones:

a) Puntos de corte: 25 y 50. En la clasificación sólo se han tenido en cuenta aquellos TUC que presentan un nivel de presencia matricial (más de 50%) o esencial (entre 25 y 50%).

b) El tamaño mínimo de grupo susceptible de ser dividido es de 10 muestras.

c) El máximo número de atributos indicadores por dicotomía es de 7 atributos.

d) El máximo número de niveles de división es 4.

e) No se establece ninguna otra restricción ni ponderación de los atributos indicadores.

f) Base de datos analizados compuesta por 412 paisajes (206×2) caracterizados por el grado de presencia de 10 TUC.

Resultados y Discusión

El resumen de la presencia territorial de los TUCs para el conjunto de la muestra se presenta en la Tabla 3.

Taxonomía manual de los paisajes

Teniendo en cuenta la formulación y la nomenclatura de los paisajes según su composición se ha elaborado la taxonomía manual, de modo que se pueda identificar a que clase de composición ecológica pertenece cada paisaje.

El primer nivel de la taxonomía es el siguiente:

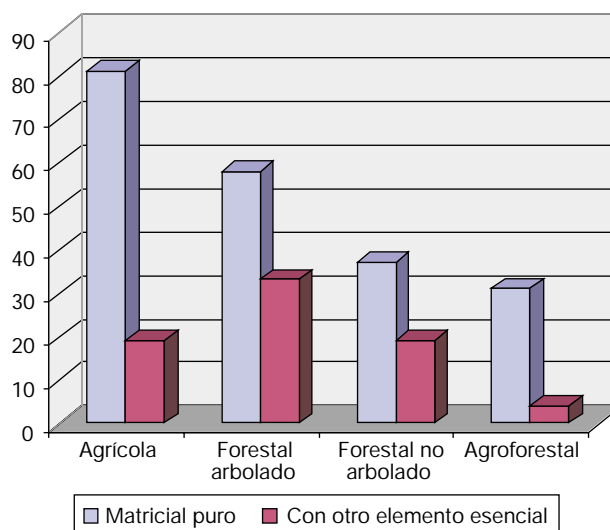


Figura 4. Proporción de paisajes agrupados por su uso principal y su dominancia.

1. **Paisajes Agrícolas:** Paisajes con código esencial que comienza por C.
2. **Paisajes Agroforestales:** Paisajes con código esencial que comienza por D.
3. **Paisajes Urbanizados:** Paisajes con código esencial que comienza por U.
4. **Paisajes Forestales:** Paisajes con código esencial que no comienza por C ni D ni U.

Entre los 412 paisajes analizados, se ha observado que los paisajes agrícolas y agroforestales pueden ser a su vez matriciales o esenciales, mientras que sólo se registra un caso de paisaje urbanizado esencial.

En el segundo nivel de la taxonomía, los paisajes forestales se subdividen en paisajes boscosos o síl-

Tabla 3. Resumen de la presencia territorial de cada TUC en el conjunto de los paisajes

	Incidencia relativa de cada TUC por paisaje					Total presente	% presente	% ausente
	Más de 50%	Más de 25%	Más de 5%	Menos de 5%	Ausente			
Matorral	43	106	133	94	36	376	91,3	8,7
Agrícola	82	90	127	66	47	365	88,6	11,4
Pastizal	2	11	131	187	81	331	80,3	19,7
Bosque	60	121	83	63	85	327	79,4	20,6
Repoblación	12	22	46	78	254	158	38,3	61,7
Dehesa	35	20	36	47	274	138	33,5	66,5
Urbano	0	2	2	129	279	133	32,3	67,7
Baldío	0	0	18	113	281	131	31,8	68,2
Bosque Galería	0	0	3	119	290	122	29,6	70,4
Acuático	0	0	14	62	336	76	18,4	81,6

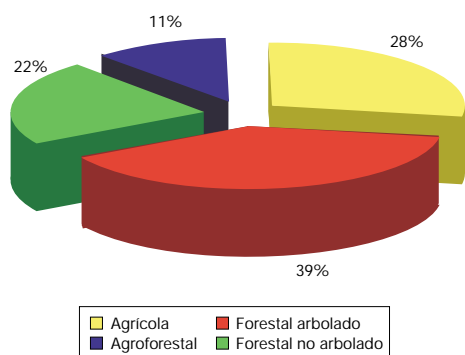


Figura 5. Porcentaje de paisajes pertenecientes a las cuatro categorías principales.

vicos, matorralizados, pascícolas y repoblados, según que aparezcan los TUC B, M, P o R en el código esencial.

De la aplicación de esta taxonomía a los 412 paisajes estudiados, se han encontrado trece tipos de composición de paisaje. El reparto de toda la muestra RED-PARES en estas trece categorías principales se refleja en las Figuras 4 y 5, a partir de cuyo análisis se observa lo siguiente:

1. Del conjunto de paisajes, 282 (69%) son paisajes Matriciales, y 130 (31%) son paisajes No Matriciales.

2. Del conjunto de los paisajes el 28% (114) son paisajes Agrícolas, el 11% (46) son paisajes Agroforestales y el 61% (252) son paisajes Forestales, de estos últimos, 161 (39% del total) son arbolados (boscosos y repoblados) y 91 (22% del total) son no arbolados (de matorral o pascícolas).

3. Los paisajes forestales son los más abundantes y los que encierran una mayor diversidad en la presencia de TUCs, probablemente debido en parte a su naturaleza más heterogénea, y debido en parte también a que se relacionan con condiciones fisioclimáticas más diversas. Esto obliga a profundizar más en la taxonomía de los paisajes de carácter forestal, en línea con el planteamiento reflejado en Bolaños *et al.* (2001)

Taxonomía automática de los paisajes según su composición

Como complemento y apoyo de la taxonomía manual se ha llevado a cabo un análisis de clasificación multivariable de las 412 muestras de paisaje estudia-

das que se presenta en la Figura 6. Entre los resultados cabe destacar:

— Los autovalores son elevados en los primeros niveles de la clasificación (superiores a 0,6, en 4 ocasiones) lo que refleja el buen poder discriminador de las divisiones realizadas, se alcanzan valores medios (entre 0,6 y 0,3) en otras cuatro divisiones y no superan el 0,2 en una división. Salvo esta última división, el conjunto de la clasificación obtenida presenta una significativa calidad discriminante de los grupos emergentes. La clasificación que surge es fácilmente interpretable a partir de la observación de los atributos preferentes e indicadores de cada uno de los nudos dicotómicos que alcanzan mayores autovalores.

— La división del primer nivel de clasificación de paisajes se establece según la composición de sus elementos matriciales y esenciales y viene determinada por la presencia o no de elementos adheridos. De este modo, se conforma una clase en la que se agrupan los paisajes denominados **agroforestales** en la taxonomía manual, frente a otra clase en la que se integran los paisajes **forestales** y los **agrícolas**.

— En la primera división del segundo nivel, se separan las clases de paisajes **forestales** respecto de las clases de paisajes **agrícolas**, mientras que en la segunda división del segundo nivel, se segregan, dentro de los paisajes agroforestales, aquellos en los que hay presencia de elementos pascícolas.

— En la primera división del tercer nivel, se segregan de modo muy significativo aquellas clases de paisajes **matorralizados** y **repoblados**, frente a los paisajes **sílvicos**.

Contraste de la taxonomía manual frente a la taxonomía automática

Una vez construidas las clasificaciones manual y automática resulta necesario compararlas entre sí para discutir hasta qué punto ambas interpretaciones de la misma realidad tienen justificación.

En esta comparación subyace el contraste entre dos métodos muy diferentes de abordar el problema de la clasificación, métodos que presentan sus ventajas e inconvenientes.

El enfoque de la taxonomía manual tiene como principal virtud, la sencillez y racionalidad de su planteamiento que facilita la utilización de la clave de clasificación previamente establecida. Asimismo, es de

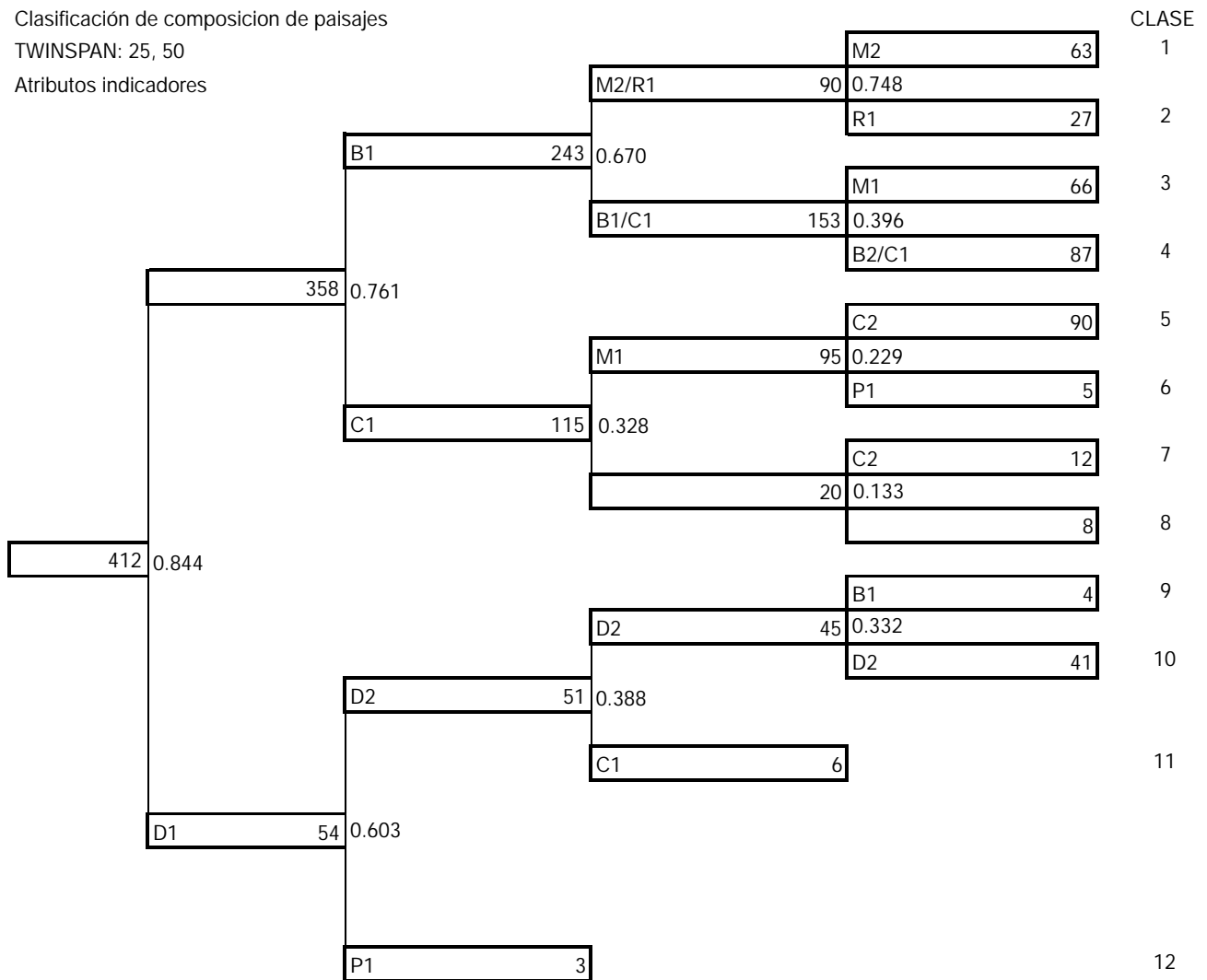


Figura 6. Clasificación automática de los paisajes rurales españoles de la red REDPARES. En cada rama del árbol aparece la tipología discriminante (P, D, B...) seguida de un número que refleja si dicha tipología es matricial o esencial (1) o marginal o residual (2).

fácil comprensión, y permite la clasificación de tipos de paisaje que no se han presentado en la muestra y el período estudiado, pero que pueden aparecer en otras circunstancias. Intenta por tanto ser exhaustiva en la identificación de paisajes y evita la existencia de vacíos o de cajones de sastre.

Por su parte, el enfoque automático tiene como virtud fundamental su objetividad, ya que se elabora sin prejuicios y teniendo en cuenta exclusivamente los valores estadísticos del conjunto de paisajes analizados. En su contra se puede esgrimir la no consideración de composiciones de paisaje no recogidas en la muestra analizada, y una mayor dificultad en la comprensión e interpretación de algunas de las clases que surgen.

El contraste de ambos procedimientos se ha basado en la elaboración de la correspondiente tabla de contingencia (Tabla 4) de los paisajes clasificados mediante ambas taxonomías. Al analizar la tabla se observa cual es la composición de las distintas Clases que han surgido en el análisis automático, con lo cual se puede interpretar su significado. En efecto, se pueden establecer las siguientes caracterizaciones:

Clase n.º 1: Está formada por paisajes **Matorralizados** matriciales (55) y no matriciales (7) en un 98% de los casos. Un solo caso de paisaje Agrícola no matricial.

Clase n.º 2: Está formada por paisajes **Repoblados** matriciales (10) y no matriciales (12) en un 81% de los

Tabla 4. Relación entre los dos métodos de clasificación seguidos en REDPARES

		Clases de composición según Twinspan												Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Matriciales	B			13	68										81
	C					88		12							100
	D									35					35
	M	55													55
	P				1										1
	R		10												10
Esenciales	B		1	40	10					4					55
	C	1		1	7	1	1		3						14
	D										4	6	1		11
	M	7	4	10					5		2				28
	P			1			4							2	7
	R		12		1	1									14
	U			1											1
Total		63	27	66	87	90	5	12	8	4	41	6	3	412	

casos. El resto son SÍlvicos (1) y Matorralizados (4) no matriciales.

Clase n.º 3: Está formada por paisajes **SÍlvicos** no matriciales (40) y matriciales (13) en un 80% de los casos. El resto son Matorralizados (10), Agrícola (1), Repoblado (1) y Urbano (1) no matriciales.

Clase n.º 4: Está formada por paisajes **SÍlvicos** matriciales (68) y no matriciales (10) en un 90% de los casos. El resto son Pascícola (1) matricial, Agrícolas (7) y Repoblado (1) matriciales.

Clase n.º 5: Está formada por paisajes **Agrícolas** matriciales (88) y no matriciales (1) en un 99% de los casos. El resto es Repoblado (1) no matricial.

Clase n.º 6: Está formada por paisajes **Pascícolas** no matriciales (4) en un 80%. El resto es Agrícola (1) no matricial.

Clase n.º 7: Está formada por paisajes **Agrícolas** matriciales (12) en un 100%.

Clase n.º 8: Está formada por paisajes **Matorralizados** no matriciales (5) en un 62%. El resto son Agrícolas (3) no matriciales.

Clase n.º 9: Está formada por paisajes **SÍlvicos** no matriciales (4) en un 100%.

Clase n.º 10: Está formada por paisajes **Adehesados** matriciales (35) y no matriciales (4) en un 95%. El resto son Matorralizados (2) no matriciales.

Clase n.º 11: Está formada por paisajes **Adehesados** no matriciales (6) en un 100%.

Clase n.º 12: Está formada por paisajes **Pascícolas** no matriciales (2) en un 66%. El resto son Adehesados (1) no matriciales.

En resumen, todas y cada una de las 12 clases surgidas tienen una clase manual de paisaje mayoritaria, superando en todos los casos el 62% del total. En 10 clases se supera el 80% de presencia de una clase mayoritaria, y en 7 clases se supera el 90%.

Utilizando la tabla de contingencia transformada ($Y = 100X + 5$) se ha realizado el análisis estadístico para comprobar si ambas clasificaciones están correlacionadas obteniéndose un valor para el test del χ^2 (209116,0 para 132 grados de libertad con una probabilidad 0,0001) que confirma la dependencia con un nivel de confianza del 99%. El nivel de confianza alcanzado en la comparación de la similitud de los métodos sugiere en un principio la posibilidad de utilización indistinta de una forma u otra de clasificar. Sin embargo, y dado que la definición de las distintas categorías es bastante menos ambigua y mucho más intuitiva en el caso de la clasificación manual, pensamos que ésta resultará más adecuada a la hora de caracterizar cualquier tipo de paisaje independientemente de la escala a la que se contemple o del nivel de detalle al que se consideren las cubiertas vegetales y los usos del suelo.

Esta primera aproximación a la clasificación de los paisajes rurales españoles atendiendo a su composición espacial presenta una notable importancia directamente relacionada con la epistemología de la

Ecología del Paisaje. De acuerdo con Forman y Godron (1986), el análisis ecológico de los paisajes exige la consideración de su estructura espacial (composición y configuración), su función y su evolución. En lo que se refiere a su estructura, la composición siempre es el aspecto que debe analizarse en primer lugar. A partir de este estudio, se podrá profundizar en aquellos aspectos que caracterizan la estructura y el funcionamiento de los paisajes más allá de la inicial similitud en cuanto a su composición espacial.

Conclusiones

La elaboración de taxonomías para la clasificación de paisajes es una tarea necesaria para el avance de la Ecología del Paisaje como ciencia y para sus múltiples aplicaciones en el ámbito de la gestión territorial rural. La caracterización y clasificación según la composición espacial constituye la primera e imprescindible etapa en todo proceso de análisis ecológico de un paisaje.

Se han probado dos diferentes métodos para la elaboración de la taxonomía de los paisajes rurales españoles según la composición de sus elementos espaciales, cuyos resultados están lo suficientemente correlacionados como para validar la utilización del método definido como clasificación manual dada su mayor sencillez, universalidad, intuitividad e interpretabilidad.

Más allá de la escala utilizada en este artículo, el método de clasificación manual propuesto resulta de utilidad a la hora de caracterizar los paisajes de zonas del territorio delimitadas mediante otros criterios (municipios, comarcas, distintas secciones de una red hidrográfica). Dado que distintos paisajes pertenecientes a la misma categoría presentan características comunes (no solo en lo que a estructura del paisaje se refiere sino también en cuanto a determinadas variables sociológicas y económicas), la tipología aquí propuesta podrá ser utilizada como un indicador medioambiental que, junto a otros, defina las condiciones de la zona objeto de estudio.

Dada la alta presencia de paisajes agroforestales y forestales *sensu lato* resulta necesario profundizar en una clasificación que contemple también otros aspectos relacionados con la tipología, composición y funcionamiento de los ecosistemas forestales dominantes.

Referencias bibliográficas

- BASTIAN O., 2000. Landscape classification in Saxony (Germany). A tool for holistic regional planning. *Landscape and Urban Planning* 50, 145-155.
- BOLAÑOS F.J., GARCÍA DEL BARRIO J.M., REGATO P., ELENA-ROSSELLÓ R., 2001. Dinámica de paisajes forestales españoles. I Jornadas Ibéricas de Ecología del Paisaje. Bragança (Portugal). 17-21 Abril 2001.
- BOLAÑOS F.J., GARCÍA DEL BARRIO J.M., GONZÁLEZ ÁVILA S., ELENA-ROSSELLÓ R., 2003. REDPARES: Una herramienta básica para el estudio de los paisajes forestales de España. *Montes* 73, 50-58.
- ELENA-ROSSELLÓ R., 1997. Clasificación Biogeoclimática de España Peninsular y Balear. Ministerio de Agricultura pesca y Alimentación. Madrid. Spain.
- ELENA-ROSSELLÓ R., SÁNCHEZ-PALOMARES O., 1991. Los pinares españoles de *Pinus nigra* Arn.: Síntesis ecológica. Monografías INIA nº 81. 110 pp. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid.
- ESRI, ARCINFO Geographic Information System Software, 1991-1998.
- FAO, 1994. FAO land cover/use classification. In Päivinen R. et al (Eds). IUFRO International guidelines for forest monitoring. IUFRO World Series Vol. 5.
- FARINA A., 2000. Principles and methods in Landscape Ecology. Kluwer Academic. Dordrecht.
- FORMAN R.T.T, GODRON M., 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons, New York.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., BOLAÑOS F., ELENA ROSSELLÓ R., 1999. Análisis de la Evolución de los paisajes y los cambios de usos del suelo, durante los últimos cuarenta años, en tres parcelas de las tierras altas galáico-cantábricas. Seminario de Historia Forestal. Cuaderno de la SECF nº 8. pp 85-92.
- GÓMEZ SAL A., 2001. Los paisajes culturales del norte de la Península Ibérica. I Jornadas Ibéricas de Ecología del Paisaje. Bragança (Portugal). 17-21 Abril 2001.
- HAYNES-YOUNG R.G., BUNCE R.G.H., PARR T.W., 1994. Countryside information system: An information system for environmental policy development and appraisal. *Geographical Systems* 1, 329-345.
- HILLS M.O., 1979. TWINSPAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University Press. Ithaca. New York.
- LIOUBIMTSEVA E., DEFOURNY P., 1999. GIS-based landscape classification and mapping of European Russia. *Landscape and Urban Planning* 44, 63-75.
- LUQUE, S.S., 2000 The challenge to manage biological integrity of nature reserves: a landscape ecology perspective. *Int. J. Remote Sensing* Vol 21, 2613-2643.
- MAPA, 1986. Mapa de Cultivos y aprovechamientos de España 1:1.000.000, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid.
- MLADENOFF D.J., WHITE M.A., PASTOR J., CROW T.R., 1993. Comparing spatial pattern in unaltered old growth

- and disturbed forest landscapes. *Ecological Applications* 3, 294-306.
- REGATO P., CASTEJÓN M., TELLA G., GIMÉNEZ S., BARRERA I., ELENA-ROSSELLÓ R., 1999. Cambios recientes en los paisajes de los sistemas forestales de España. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Fuera de Serie nº 1*. 383-398.
- TURNER M.G., 1990. Landscape changes in nine rural counties in Georgia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56, 379-386.
- TURNER M.G., GRADNER R.H., O'NEILL R., 1995. Ecological Dynamics at broad scales. *Ecosystems and landscapes. Bioscience. Bioscience Supplement*. S-29-S-35.