



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-593

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Proyecto ECOPORF: Tipificación y caracterización estructural de paisajes como base para la planificación de comarcas forestales mediterráneas

GARCÍA-FECED, C.¹ y ELENA-ROSSELLÓ, R.¹

¹ Grupo de Investigación ECOGESFOR – Universidad Politécnica de Madrid (UPM). E.U.I.T. Forestal. C/ Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid.
celia.garcia.feced@upm.es

Resumen

Para la elaboración de los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales (P.O.R.F.) es necesaria la utilización de metodologías eficientes que permitan la integración de los diversos factores de la planificación forestal de cara a la multifuncionalidad y la sostenibilidad. El proyecto ECOPORF (Ministerio de Ciencia e Innovación, 2005) pretende cubrir los vacíos metodológicos existentes en importantes aspectos ecológico-territoriales requeridos para el establecimiento, desarrollo y monitorización de los P.O.R.F. Para ello, con un marco conceptual basado en la ecología del paisaje, se centra en el estudio de dos comarcas forestales piloto de la España mediterránea más continental (Pinares de Soria-Burgos y Alto Tajo de Guadalajara).

En concreto, este trabajo corresponde a la primera fase del citado proyecto y en él se muestra la metodología propuesta para la delimitación y caracterización estructural de los tipos de paisaje presentes en las comarcas. Entendemos que este análisis ecológico del territorio es fundamental para el correcto diagnóstico técnico del mismo.

Los métodos desarrollados responden a los siguientes objetivos particulares:

- 1º) Establecimiento de una tipología de paisajes basada en el Mapa Forestal de España (1:50.000) y un modelo de clasificación territorial a partir de variables abióticas.
- 2º) Caracterización de la estructura (composición y configuración) de los tipos de paisaje y análisis de su evolución en los últimos cincuenta años.

Tomando como punto de partida los tipos de paisaje definidos y caracterizados, las siguientes fases del proyecto ECOPORF profundizan en el estudio de aspectos funcionales tales como la conectividad faunística o la accesibilidad de la red de vías.

Palabras clave

Planes de Ordenación de los Recursos Forestales, ecología del paisaje, clasificación territorial, índices del paisaje, configuración, dinámica.

1. Introducción

Los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales (P.O.R.F.) constituyen los instrumentos básicos de planificación forestal de la actual Ley de Montes (43/2003) española. Su ámbito de aplicación son los territorios forestales con características geográficas, socioeconómicas, ecológicas, culturales o paisajísticas homogéneas, de extensión comarcal o equivalente. Por tanto, se trata de una figura de carácter táctico (PICARDO *ET AL.*, 2005) que viene a cubrir el hueco existente entre la planificación a escala provincial y la gestión a escala

monte. Esta perspectiva ya se contempló con un enfoque predominantemente económico en las Instrucciones para la Ordenación y Organización Económicas de la Producción Forestal (Orden Ministerial de 27 de enero de 1930) en forma de “comarcas de explotación”, pero no se vio materializada en la práctica (MADRIGAL, 1994). Desde entonces, los avances científicos y técnicos han consolidado la necesidad de planificar a escala comarcal. Fundamentalmente, el desarrollo de ciencias como la ecología del paisaje y de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) y la teledetección, han refrendado y facilitado este planteamiento. Tal y como apunta BAILEY (2002), el enfoque regional es mucho más útil para la planificación y la gestión que el tradicional análisis aislado a pequeña escala debido a que los ecosistemas operan en un contexto de ecosistemas mayores.

Otro concepto importante a recalcar es el de la multifuncionalidad de los espacios forestales, el cual implica el uso sostenible y la gestión de los recursos naturales y humanos. En este sentido, la escala comarcal es la más adecuada para la integración de funciones de protección, de producción y de índole social en estos espacios.

Las metodologías que se están aplicando para el desarrollo de los P.O.R.F. son variadas, como se puede comprobar revisando algunos de los Planes existentes en la actualidad (Provincia de Valladolid, Sur de Burgos, Montaña Occidental de León, Almazán, Liébana y Nansa, Luarca ó Ferrol), los cuales se encuentran en diferentes fases de aprobación. Esto es debido a que se trata de una nueva figura de planificación y no existen unas especificaciones detalladas para su elaboración. En concreto, destacan los vacíos metodológicos referentes a importantes aspectos territoriales y ecológicos requeridos para su correcta implantación.

El proyecto ECOPORF (Ministerio de Ciencia e Innovación, 2005) se ha hecho eco de estos vacíos y pretende sentar las bases ecológicas para el establecimiento, desarrollo y monitorización de estos Planes. El marco conceptual en el que se fundamenta este proyecto es la ecología del paisaje que, según definió TURNER (1989), es una subdisciplina de la ecología que se centra en la comprensión de cómo la estructura y los patrones espaciales influyen los procesos ecológicos. Esta ciencia ha introducido varias perspectivas y principios de carácter esencial para los planificadores del territorio (BOTEQUILHA *ET AL.*, 2006). Para precisar más el marco conceptual en el que está basado el proyecto ECOPORF, se debe hablar de ecología del paisaje forestal, entendida como el estudio de cómo los patrones espaciales y sus interacciones influyen los procesos y dinámicas de áreas forestales heterogéneas (PERERA *ET AL.*, 2006).

Existen múltiples definiciones del término paisaje (ESCRIBANO Y ARAMBURU, 2000) pero, en su concepción ecológica, se trata de un territorio heterogéneo compuesto por un grupo de ecosistemas que interactúan y se repiten de forma similar por todo él (FORMAN & GODRON, 1986). Podría decirse que el paisaje es la escala óptima para la planificación sostenible por dos razones principales (BOTEQUILHA *ET AL.*, 2006). En primer lugar, su extensión permite contener varios ecosistemas diferentes con suficiente redundancia en composición, estructura y función para sustentar la variabilidad natural mientras mantiene los flujos del ecosistema. En segundo lugar, el paisaje es consistente con la escala de percepción humana, toma de decisiones y gestión física (FORMAN, 1995).

En los paisajes mediterráneos, en los que se centra este trabajo, existe una destacada superposición de ecosistemas, usos del suelo y elementos culturales que resalta los valores de los enfoques holísticos y jerárquicos de la ecología del paisaje para su evaluación y gestión (MAKHZOUMI & PUNGETTI, 1999). Un enfoque holístico permite el equilibrio entre la



protección y conservación de la biodiversidad y los paisajes rurales tradicionales por una parte, y la demanda de recursos naturales causados por la urbanización y el turismo por otra. De este modo, aplicado al paisaje contemporáneo mediterráneo, el modelo multifuncional se convierte en una herramienta para proteger el paisaje rural a la vez que se satisfacen las necesidades sociales y económicas actuales.

Las comarcas forestales, debido a su extensión, están compuestas por varios paisajes que, aunque interrelacionados, poseen características propias que les diferencian del resto. Por los motivos expuestos, su evaluación ecológica debe realizarse desde un enfoque centrado en sus paisajes. En concreto, su análisis se puede descomponer en tres aspectos fundamentales (FORMAN & GODRON, 1986) que, por su interés para este trabajo, se van a definir brevemente:

- La estructura o patrón: relaciones espaciales entre los distintos ecosistemas o elementos presentes. Esta característica tiene dos componentes principales, la composición, definida como el grado de variedad o abundancia de los tipos de teselas, y la configuración, que se refiere a la distribución o carácter espacial de las teselas contenidas en el paisaje.

- La función: interacciones entre los elementos espaciales.

- La evolución ó dinámica: alteraciones en la estructura y función del mosaico ecológico a lo largo del tiempo.

Los métodos que se van a proponer a continuación corresponden a una primera fase del diagnóstico técnico de las comarcas y se centran en el estudio de la estructura y evolución de sus paisajes. Para ello, una vez definido un ámbito de aplicación concreto del P.O.R.F., es necesario establecer una tipología de los paisajes contenidos en la comarca. Este es el punto de partida para posteriores análisis.

En primer lugar, se debe decidir qué conjunto de variables son apropiadas para lograr una capacidad de discriminación entre diferentes tipos de paisaje (DUDLEY *ET AL.*, 2006). La metodología propuesta combina variables abióticas con bióticas. Las primeras quedan reflejadas por medio de una clasificación territorial previa. Se trata de un enfoque integrado en el cual el territorio se divide en unidades de ecosistemas a varias escalas o tamaños (BAILEY, 2002). Clasificaciones territoriales basadas en variables abióticas han sido aplicadas a escala mundial (BAILEY, 1998), continental europea (METZGER *ET AL.*, 2005) y nacional. Entre estas últimas destacan las realizadas en Gran Bretaña (BUNCE *ET AL.*, 1996) y en España, denominada CLATERES (ELENA ROSSELLÓ, 1997).

En Europa, la tipificación de paisajes basada en la integración de variables abióticas y bióticas también se ha aplicado en una amplia gama de extensiones, desde la continental (MEEUS, 1995; MÜCHER *ET AL.*, 2003) a la regional (WASCHER (ed.), 2005; VOGIATZAKIS *ET AL.* (ED.), 2008). En España, destaca principalmente la elaborada a nivel nacional, el “Atlas de los paisajes de España” (MATA OLMO Y SANZ HERRAIZ, 2003), el cual está basado principalmente en aspectos geomorfológicos. Es una cartografía a escala 1:700.000 en la que se utiliza una taxonomía jerarquizada en tres niveles (paisajes, tipos de paisaje y asociaciones de tipos).

La caracterización estructural de paisajes constituye uno de los temas esenciales de la ecología del paisaje. En este sentido, se han realizado numerosos esfuerzos para la definición de índices con trascendencia ecológica y el diseño de herramientas informáticas de cálculo de estos índices (MCGARIGAL & MARKS, 1995; ELKIE *ET AL.*, 1999).

En España, se ha desarrollado un proyecto para el análisis y monitorización de la estructura y la evolución de los paisajes rurales a escala nacional denominado SISPADES (ELENA ROSSELLÓ *ET AL.*, 2003). Así mismo, se han llevado a cabo otros estudios estructurales y evolutivos en diversas regiones (MORA LUCAS *ET AL.*, 2006; GARCÍA FECED *ET AL.*, 2007).

En cualquier caso, las metodologías propuestas pretenden aportar un mecanismo de transferencia entre la investigación y los planificadores y gestores encargados de la redacción y materialización de los P.O.R.F. El siguiente paso en la evolución de la ecología del paisaje es avanzar desde la riqueza acumulada en el conocimiento científico y técnico a las aplicaciones de ese conocimiento (PERERA *ET AL.*, 2006). A pesar de que todavía existe un gran vacío entre la ciencia y la planificación (BOTEQUILHA *ET AL.*, 2006), ya se han realizado numerosas experiencias en las que los conceptos y métodos de la ecología del paisaje se han aplicado en la práctica de la planificación forestal y la gestión de los recursos naturales (DIAZ & APOSTOL, 1992; PERERA & EULER, 2000; LIU & TAYLOR (eds.), 2002). Así mismo, el análisis de la estructura del paisaje ha sido empleado en otros casos para la evaluación de las condiciones de ecosistemas (JOHNSON & PATIL, 2007) y de la calidad de los bosques (DUDLEY *ET AL.*, 2006). Por otra parte, algunas organizaciones independientes de certificación forestal han tratado de incorporar la ecología del paisaje en sus estándares para la evaluación de la gestión forestal (PIERCE & ERVIN, 1999).

Este estudio no contempla aspectos socioeconómicos aunque la integración de éstos con el diagnóstico técnico es vital para la elaboración y consolidación de los P.O.R.F. En este sentido, se quiere destacar la importancia que han adquirido los procesos participativos como mecanismos para la óptima integración de los intereses de los distintos *stakeholders* implicados.

2. Objetivos

El propósito de este trabajo no es realizar una descripción exhaustiva de los métodos propuestos para esta primera fase de diagnóstico. Si se desea una mayor profundización en ellos se puede acudir al artículo “Metodología para la tipificación y caracterización estructural de paisajes en comarcas forestales españolas” (GARCÍA-FECED *ET AL.*, 2008). Aquí se pretende exponer una visión general de la metodología propuesta y dar relevancia a los planteamientos que consideramos adecuados para la elaboración de P.O.R.F. que permitan un desarrollo sostenible desde el punto de vista ecológico. Por tanto, se ha puesto énfasis en los criterios, conceptos y herramientas a nuestra disposición que sustentan estos planteamientos. Así mismo, se hará un resumen de los resultados más significativos que se pueden obtener a través de estas metodologías con la presentación de casos prácticos en dos comarcas forestales mediterráneas piloto.

Los objetivos concretos de este enfoque metodológico se relacionan con la formulación de las siguientes cuestiones:

¿Cuáles son las consideraciones a tener en cuenta a la hora de delimitar una comarca forestal de cara a la elaboración de un P.O.R.F.?

¿Cuál es la metodología adecuada para la definición de los tipos de paisaje contenidos en una comarca forestal?

¿Qué índices permiten caracterizar la estructura de los tipos de paisaje?

¿De qué forma se pueden conocer los procesos evolutivos que han tenido lugar en los tipos de paisaje en los últimos cincuenta años?

3. Metodología

La metodología propuesta se compone de varias fases secuenciales encaminadas a la consecución de los objetivos indicados anteriormente. Varios autores han propuesto esquemas metodológicos para la planificación o evaluación ecológica de espacios naturales (AHERN, 1999; DUDLEY *ET AL.*, 2006). El enfoque presentado aquí se ajusta a criterios de adecuación a la escala y carácter forestal de los espacios, así como de eficiencia y disponibilidad de medios empleados. En la figura 1 se puede observar un esquema general del proceso seguido, que fue aplicado a dos comarcas forestales piloto. A continuación, se van a describir brevemente las particularidades de cada una de las fases.

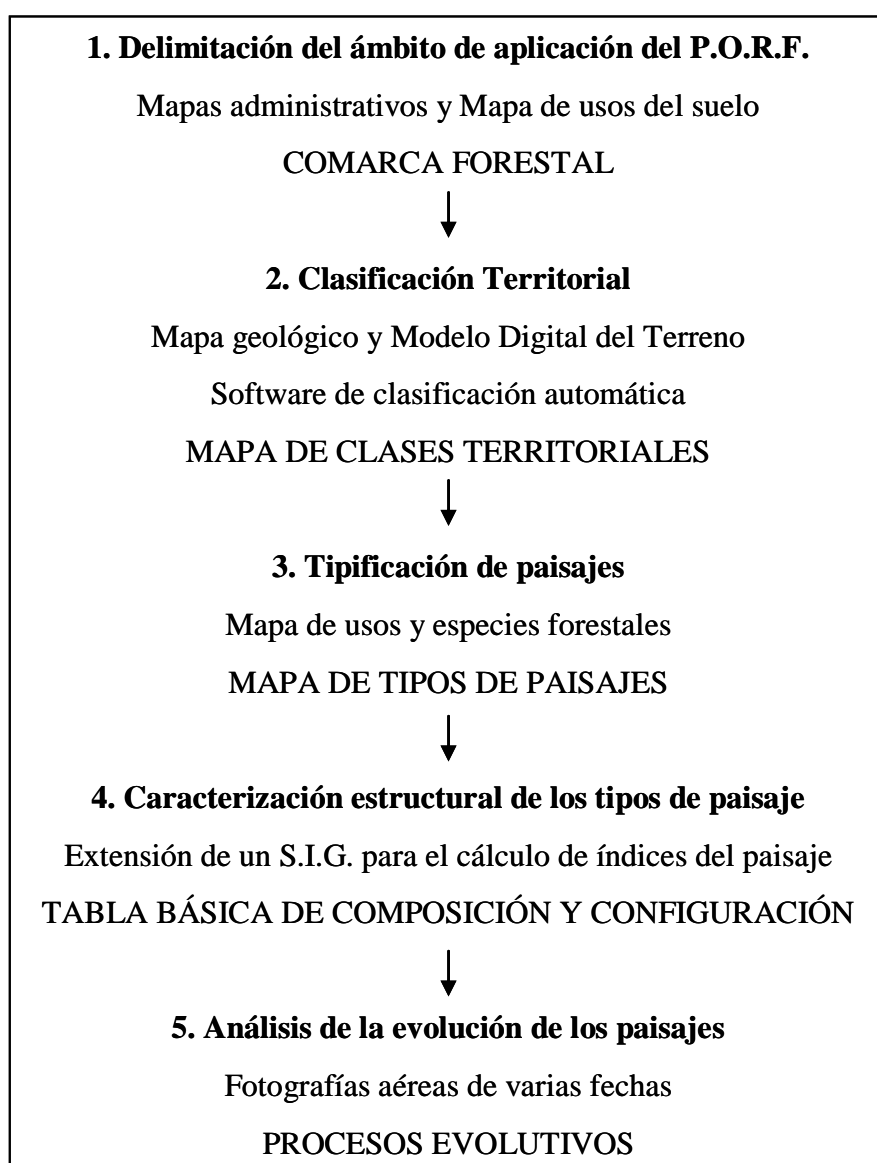


Figura 1. Metodología general para el desarrollo de la primera fase del diagnóstico ecológico de comarcas forestales (análisis de la estructura y la evolución). El esquema muestra la cartografía y herramientas necesarias y el resultado esperable en cada tarea.

Delimitación del ámbito de aplicación

Las comarcas forestales se construyeron a partir de la agregación de términos municipales o pedanías cuya cubierta forestal ocupa más del 50% de su superficie según el mapa *CORINE Land Cover 2000* (EUROPEAN COMMISSION, 1993). Las consideraciones fundamentales para la delimitación definitiva se basaron en aspectos relacionados con la identidad o carácter propio de las comarcas, fruto de la historia, relaciones socioeconómicas y aprovechamiento de sus recursos naturales. Esta delimitación se restringió al ámbito de la Comunidad Autónoma pero no de la provincia y el rango superficial se estableció entre 100.000 y 150.000 hectáreas. Por otra parte, se tuvieron en cuenta algunas especificaciones inherentes al proyecto de aspecto logístico, de representatividad y de contraste entre ambas comarcas piloto.

Clasificación territorial

Una vez seleccionadas las comarcas se inició el proceso de delimitación de los tipos de paisaje que las componen. Para ello, en primer lugar, se realizó una clasificación territorial de las comarcas a partir de factores abióticos. En concreto, se seleccionaron las variables litología y altitud, empleando como fuentes cartográficas el Mapa Geológico a escala 1:200.000 (INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO ESPAÑOL, varias fechas) y el Modelo Digital del Terreno con una resolución de 25 m. La información cartográfica se procesó mediante un S.I.G. y se preparó para la posterior aplicación del software de clasificación automática *TWINSPAN* (HILL & SMILAUER, 2005), el cual requiere de variables discretas. Como resultado se obtuvieron los dendrogramas de clases territoriales, de los que se seleccionaron y cartografiaron las más adecuadas.

Tipificación de paisajes

Esta fase consistió en la delimitación definitiva de los tipos de paisaje que integran características homogéneas respecto a su composición de tipos de uso y cubierta, y su altitud y tipo litológico. Con este fin y estableciendo como referencia las clases territoriales seleccionadas, se utilizaron como categorías definidoras de las teselas los principales usos y especies forestales del Mapa Forestal de España 1:50.000 (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2002). Conviene resaltar que la selección de categorías debe realizarse en relación a un objetivo establecido y las reglas de clasificación deben ser rigurosamente aplicadas a través de todos los paisajes comparados (TURNER *ET AL.*, 2001).

Caracterización estructural

Para el cálculo de los índices del paisaje se utilizó la extensión *Patch Analyst 2.0* de *ArcView* (ELKIE *ET AL.*, 1999). La composición de los tipos de paisaje quedó definida por el porcentaje superficial de cada uso o especie forestal principal del Mapa Forestal de España 1:50.000. Para el análisis de la configuración se seleccionaron los siguientes índices (acrónimos del inglés): Densidad teselar (PD), Índice de forma media (MSI), Índice de diversidad de Shannon (SDI) y Distancia media al vecino de la misma clase (MNN). Se trata de índices fácilmente interpretables y representativos que se han aplicado en numerosos trabajos (ELENA ROSSELLÓ *ET AL.*, 2003; BOTEQUILHA *ET AL.*, 2006). La elevada correlación existente entre muchos índices del paisaje fue demostrada por RIITERS *ET AL.* (1995).

Análisis de la evolución

Para la realización de este estudio se dispuso de las fotografías aéreas correspondientes a los años 1956 (B/N; 1:33.000) y 2002 (color; 25 cm). En cada tipo de paisaje se delimitó

una parcela de 4x4 km representativa de su composición. Las fotografías de los diferentes años fueron digitalizadas según unos tipos de uso y cubierta previamente establecidos. A partir del cálculo de índices del paisaje, se analizó cómo ha cambiado la proporción de estos usos y cubiertas en el paisaje. Así mismo, se definieron los procesos que han tenido lugar en el territorio.

4. Resultados

A continuación se van a presentar los resultados más significativos obtenidos tras la aplicación de la metodología expuesta en dos comarcas piloto de la España mediterránea más continental. En las figuras 2 y 3, se muestran las fichas básicas resultantes de cada una de las fases.

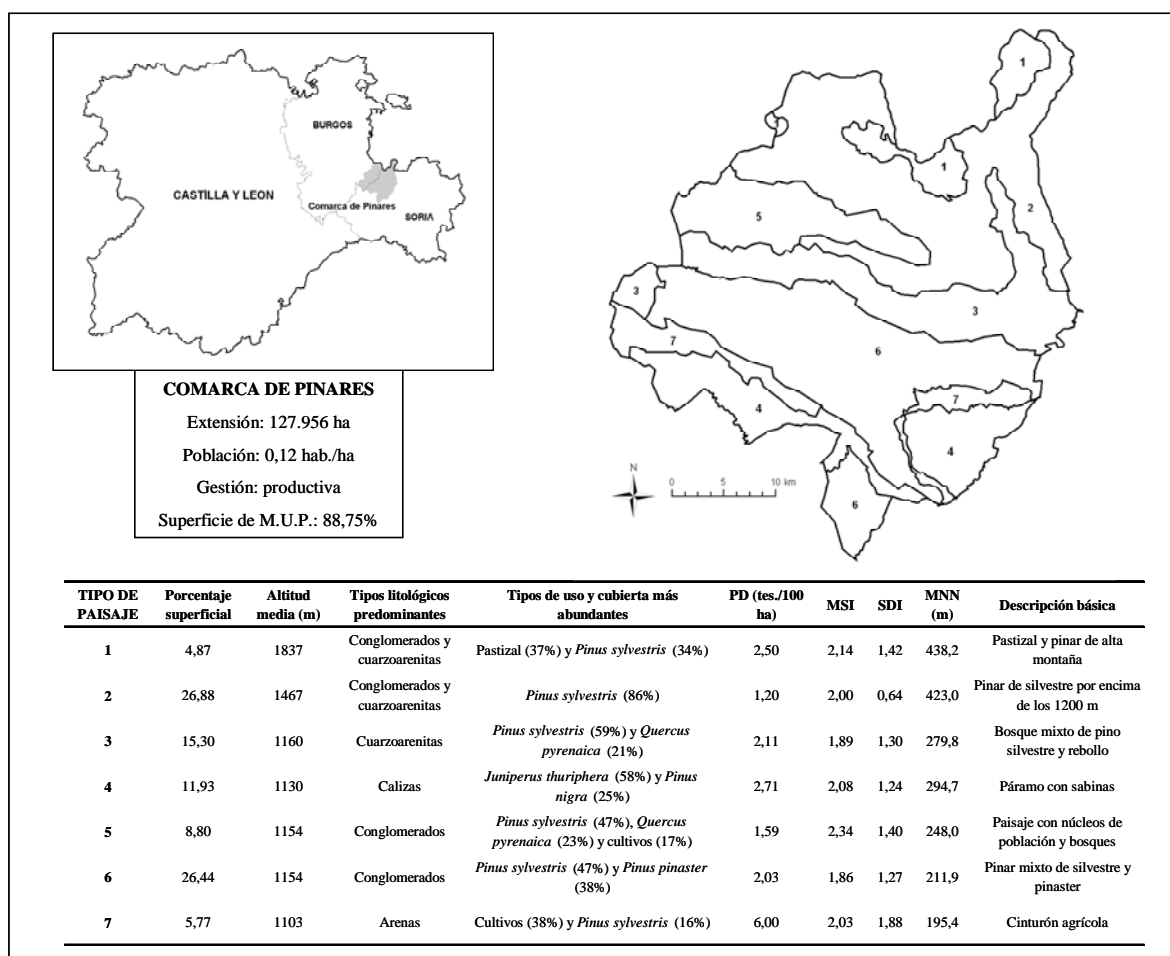


Figura 2. Ficha básica para la caracterización estructural de los tipos de paisaje de la comarca de Pinarés.

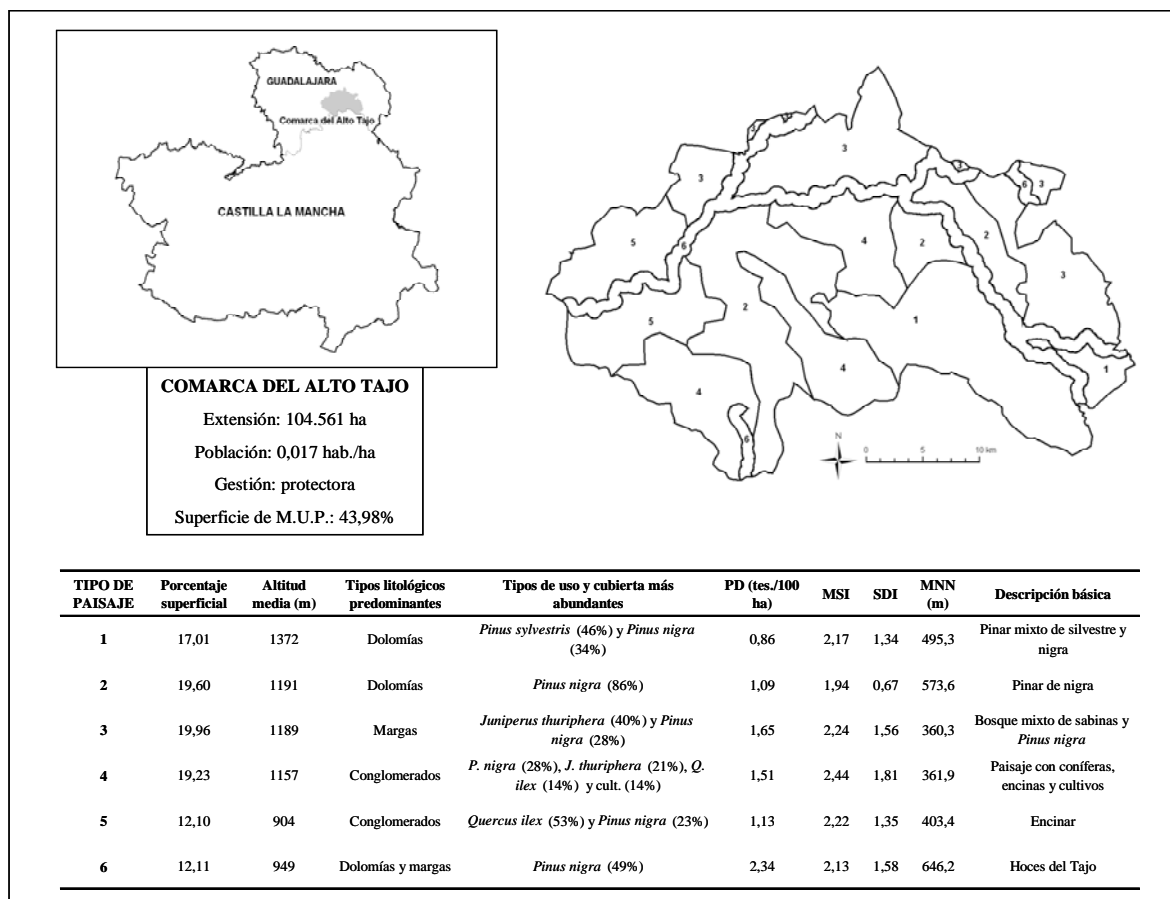


Figura 3. Ficha básica para la caracterización estructural de los tipos de paisaje de la comarca del Alto Tajo.

Comarcas forestales

Las comarcas de estudio seleccionadas para el proyecto ECOPORF son la comarca de Pinares (Soria-Burgos) y la comarca del Alto Tajo (Guadalajara). Ambas reúnen los requisitos expuestos anteriormente y poseen una larga tradición forestal.

Tipos de paisaje

Como resultado de la integración de las clases territoriales y la composición de usos y especies forestales se establecieron siete tipos de paisaje en la comarca de Pinares y seis en la del Alto Tajo. Como se puede observar en los mapas de las figuras 2 y 3, estos tipos de paisaje ocupan extensiones variadas. El territorio comarcal se descompone de esta forma en tipos de paisaje con características estructurales homogéneas. Así mismo, se puede observar cómo en la comarca de Pinares existen 13 recintos o paisajes individuales con separación geográfica y en la del Alto Tajo 16.

Características estructurales

Las figuras 2 y 3 muestran los resultados más significativos de la caracterización de la composición y configuración de los paisajes. Se trata de fichas básicas en las que se resumen algunos aspectos clave para el diagnóstico ecológico de las comarcas.

Procesos evolutivos

El estudio de la evolución de los tipos de paisaje realizado para la comarca de Pinares revela los cambios en la proporción de los tipos de uso y cubierta vegetal a partir de la gestión

forestal llevada a cabo (Tabla 1). También se pueden observar los procesos que han tenido lugar en el territorio.

Tabla 1. Diferencia de porcentaje superficial de los tipos de uso y cubierta para cada tipo de paisaje de la comarca de Pinares (Soria-Burgos) entre los años 1956 y 2002, y procesos de transformación deducidos.

Tipo de uso o cubierta	Tipo de paisaje						
	1	2	3	4	5	6	7
Bosque	10,84	0,00	10,47	0,00	-1,39	22,39	1,01
Repoblación	-0,27	0,00	29,02	0,00	-0,46	-19,36	0,22
Bosque galería	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dehesa	0,00	0,00	0,00	0,00	2,91	0,00	3,19
Matorral	-13,85	0,00	-40,30	0,00	-0,50	-2,67	-0,72
Pastizal	2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mosaico de formaciones	0,00	0,00	0,46	0,00	0,14	0,00	-0,02
Cultivo	0,00	0,00	0,09	0,00	-1,07	0,00	-4,37
Roquedo	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agua	0,00	0,00	-0,53	0,00	0,00	0,00	0,00
Urbano	0,53	0,00	0,79	0,00	0,36	-0,36	0,70
Procesos evolutivos predominantes (>1%)	Forestación Empradecimiento	Mantenimiento	Repoblación Forestación	Mantenimiento	Adehesamiento	Forestación	Adehesamiento Forestación

5. Discusión

En la selección de las comarcas piloto que se ha realizado en el proyecto ECOPORF destacan dos particularidades. En primer lugar, la comarca de Pinares está localizada entre dos provincias de Castilla y León. Todos los P.O.R.F. definidos hasta la fecha se sitúan en una sola provincia, debido fundamentalmente a aspectos administrativos y de organización de medios. Conviene hacer una reflexión en este sentido ya que con ejemplos como el de la comarca de Pinares se vuelve a poner de manifiesto la dudosa idoneidad de estos planteamientos. Desde un punto de vista ecológico, no es apreciable una separación territorial ya que sus bosques presentan una continuidad espacial evidente. Así mismo, la comarca posee una identidad propia y una gestión de los recursos forestales homogénea. Como es bien sabido, el debate respecto a la división injustificada desde un punto de vista ecológico de los espacios naturales se puede llevar hasta el ámbito de las Comunidades Autónomas.

Con respecto a la comarca del Alto Tajo, se decidió componer la comarca agregando pedanías en vez de municipios. Esto fue debido a que algunos términos municipales de gran extensión tienen una marcada variabilidad en su territorio.

Si se contrastan los tipos de paisaje definidos mediante esta metodología y los del “Atlas de los paisajes de España” (MATA OLMO Y SANZ HERRAIZ, 2003) se comprueba que la primera es más adecuada para la elaboración de los P.O.R.F. Con la metodología ECOPORF se identifican mayor número de tipos de paisaje. En concreto, la diferencia es de dos en la comarca de Pinares y de cuatro en la del Alto Tajo. Lo mismo se deduce con los paisajes individuales (diferencia de tres en Pinares y de once en Alto Tajo). Por ello, si bien el Atlas es una fuente de información apropiada para otros ámbitos de aplicación, a escala comarcal forestal es necesaria una mayor profundización en aspectos estructurales y de características abióticas.

Las fichas de caracterización mostradas (figuras 2 y 3) son una propuesta para la esquematización de los aspectos ecológicos básicos de los tipos de paisaje que componen una

comarca forestal. Sin duda, otros datos pueden ser de interés y conviene que sean definidos de forma particular para cada comarca. Sin embargo, la ficha propuesta contiene algunos de los elementos esenciales para el análisis de los patrones espaciales. A partir de ella ya es posible deducir aspectos claves de la ecología de los tipos de paisaje. En este trabajo no se pretende ahondar en el análisis de resultados pero, a modo de ejemplo, estas son algunas de las deducciones que se pueden extraer de los resultados obtenidos en las comarcas piloto:

- Existe una marcada diferencia superficial entre los tipos de paisaje, especialmente en la comarca de Pinares (de 26,88% a 4,87%).

- Los tipos de paisaje presentan un gradiente altitudinal producto de la clasificación territorial llevada a cabo previamente. Así, en la comarca de Pinares, el Tipo 1, correspondiente a los pastos de alta montaña, tiene una altitud media de 1837 m, mientras que el valor asociado al cinturón agrícola (Tipo 7) es de 1103 m. El territorio de la comarca del Alto Tajo también presenta un gradiente altitudinal, aunque el rango de valores es menor (de 1372 a 904 m).

- La composición de los tipos de paisaje revela las diferencias en su matricialidad y heterogeneidad. Así, por ejemplo, en la comarca del Alto Tajo se pueden encontrar paisajes tan matriciales como el Tipo 2 (86% de *Pinus nigra*) y otros tan heterogéneos como el Tipo 4 (paisaje de coníferas, encina y cultivos). En la comarca de Pinares también se puede observar estas diferencias con ejemplos como el Tipo 2 (matriz de *Pinus sylvestris* con un 86% de la superficie) y el Tipo 5, formado por una mezcla de bosques de coníferas, frondosas y núcleos de población.

- La Densidad teselar (PD) representa el grado de fragmentación que existe en los tipos de paisaje. Los mayores valores de cada comarca se observan en los paisajes lineales, es decir en las Hoces del Tajo (2,34 teselas/100 ha) y en el cinturón agrícola de Pinares (6 teselas/100 ha).

- Los tipos de paisaje con mayor Índice de forma media (MSI) corresponden a los que poseen una elevada heterogeneidad de tipos de cubierta (Tipos 5 de Pinares y 4 del Alto Tajo).

- La menor diversidad del paisaje (SDI) se presenta en los tipos más matriciales (Tipo 2 en ambas comarcas).

- La menor proximidad entre teselas con la misma clase de cubierta se produce en las Hoces del Tajo (Tipo 6) y en el paisaje de alta montaña de Pinares (Tipo 1). La distancia media entre sus teselas vecinas (MNN) es de 646 m y 438 m respectivamente.

Los índices seleccionados son indicadores designados para informar rápida y fácilmente sobre el estado ecológico de los tipos de paisajes. Su idoneidad se basa en los siguientes criterios: tienen una base conceptual, los datos requeridos no son excesivos, los conocimientos necesarios para su uso no son elevados, hay disponibilidad de datos, tienen carácter internacional y existe una buena relación entre coste y beneficio. Por tanto, la elevada eficiencia que conllevan refuerza su utilidad.

Un aspecto esencial en los estudios ecológicos del paisaje es el de la escala (TURNER *ET AL.*, 2001). En los casos mostrados, la resolución establecida fue la correspondiente al Mapa Forestal de España (1:50.000) y como extensión se tomó la de cada tipo de paisaje. Sin embargo, en el marco del proyecto ECOPORF también se ha trabajado en la selección de una escala adecuada para el cálculo de varios índices del paisaje que optimice la discriminación entre los diferentes tipos de paisajes. Los resultados de este análisis serán publicados próximamente.

Las consideraciones más destacables concernientes a la dinámica de los paisajes en la comarca de Pinares en los últimos cincuenta años son estos:

- El proceso evolutivo que más se ha presentado en las muestras analizadas es el de forestación, en concreto, en los Tipos 1, 3 y 6. El cambio hacia masas forestales naturalizadas se ha producido a partir de masas repobladas (Tipo 6) o de matorral (Tipos 1 y 3).
- En el Tipo 3 se ha producido un considerable aumento de masas repobladas (29,02%), localizado en zonas donde existía matorral.
- La superficie de terrenos agrícolas ha disminuido en los Tipos 5 y 7.
- La urbanización ha aumentado en varios paisajes pero no de forma significativa (valores inferiores al 0,80%).
- En las muestras correspondientes a los Tipos 2 y 4 no se ha observado ningún cambio de uso o cubierta vegetal.

Este análisis demuestra la sostenibilidad de la gestión y ordenación forestal desarrollada en los últimos cincuenta años en la comarca de Pinares. Se trata de un ejemplo de multifuncionalidad e integración de valores ecológicos, sociales y económicos. Por esta razón, la comarca forma parte de la Red de Bosques Modelo (2008), organismo internacional al que pertenecen una serie de regiones forestales que cumplen determinados criterios de sostenibilidad forestal.

El estudio de la estructura y la dinámica de los tipos de paisaje es el punto de partida fundamental para el posterior análisis de aspectos funcionales. Así, desde el proyecto ECOPORF, en una segunda fase para el diagnóstico ecológico de las comarcas, se está trabajando en el estudio de la conectividad faunística. El análisis no solo se está realizando desde un punto de vista general sino en relación con aspectos básicos de la planificación tales como la asignación de usos o la configuración de la red viaria. Esta metodología es de utilidad para la zonificación del territorio, la priorización de recursos y el análisis de las implicaciones de la planificación en la fauna. Los resultados pueden presentarse de forma cuantitativa y cualitativa, con lo cual se establece una jerarquización ecológica de los espacios.

En la planificación y gestión forestal se deben buscar las metodologías más adecuadas para la optimización de recursos. Por este motivo, es necesario proponer métodos que, acorde a la escala de aplicación y a la disponibilidad de información y medios, tengan una elevada coherencia conceptual. Por ello, conviene resaltar la eficiencia de los métodos propuestos según estas consideraciones. La disponibilidad de la cartografía y herramientas es alta y su uso está muy difundido. Desde luego, la integración con otros aspectos fundamentales de la planificación es esencial, pero en este trabajo se ha resaltado la necesidad de considerar una perspectiva ecológica en la elaboración de los P.O.R.F. y se han propuesto unos métodos encaminados a ese fin.

6. Conclusiones

- La ecología del paisaje ofrece el marco conceptual idóneo para la incorporación de aspectos ecológicos esenciales en la elaboración de los P.O.R.F. El objetivo del proyecto ECOPORF es el desarrollo de metodologías eficientes para la integración de la ecología del paisaje y la planificación forestal.
- La delimitación de los ámbitos de aplicación de los P.O.R.F. debe contemplar criterios de homogeneidad y coherencia ecológica.

- Las comarcas forestales son territorios en los se interrelacionan varios tipos de paisajes, que deben ser delimitados y caracterizados estructuralmente. En este trabajo se ha mostrado una metodología eficiente en la que se integran variables abióticas y bióticas para la definición de tipos de paisaje en dos comarcas forestales mediterráneas piloto.

- La caracterización de la composición y configuración de los tipos de paisaje revela aspectos ecológicos clave para su evaluación tales como la heterogeneidad, matricialidad, naturalidad, grado de fragmentación o diversidad.

- El análisis dinámico de los tipos de paisaje permite conocer los procesos evolutivos que se han producido en las comarcas y extraer conclusiones respecto a la gestión forestal desarrollada.

- La metodología propuesta corresponde a la primera fase para el diagnóstico ecológico y es un punto de partida para el posterior análisis de la función de los tipos de paisaje, en concreto, de la conectividad ligada a diferentes aspectos de la planificación forestal.

- Los planteamientos, conceptos y métodos propuestos constituyen una herramienta útil para los planificadores y gestores forestales.

7. Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación en el marco del proyecto de Investigación AGL2005-06648 titulado “Bases ecológicas a escala paisaje para la elaboración de los P.O.R.F.: estudio piloto en dos comarcas forestales representativas de España (ECOPORF)”.

8. Bibliografía

AHERN, J.; 1999. Spatial concepts, planning strategies, and future scenarios: a framework method for integrating landscape ecology and landscape planning. In: KLOPATEK, J.M.; GARDNER, R.H. (eds.): Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications, Springer, New York (1999), pp. 175–201.

BAILEY, R.G.; 1998. Ecoregions: the ecosystem geography of the oceans and continents. Springer-Verlag. New York.

BAILEY, R.G.; 2002. Ecoregion-Based Design for Sustainability. Springer-Verlag. New York. 240 pp., 100 illus.

BOTEQUILHA, A.; MILLER, J.; AHERN, J.; MCGARIGAL, K.; 2006. Measuring Landscapes. A Planner’s Handbook. Island Press. Washington (USA). 248 pp.

BUNCE, R.G.H.; BARR, C.J.; CLARKE, R.T.; HOWARD, D.C.; LANE, A.M.J.; 1996. Land Classification for Strategic Ecological Survey. Journal of Environmental Management 47, 37-60.

DIAZ, NANCY; APOSTOL, DEAN; 1992. Forest landscape analysis and design: a process for developing and implementing land management objectives for landscape patterns. USDA Forest Service, Pacific Northwest Region, R6-ECO-TP-043-92.

DUDLEY, N.; SCHLAEPFER, R.; JACKSON, W.; JEANRENAUD, J.; STOLTON, S.; 2006. Forest quality. Assessing forests at a landscape scale. The Earthscan forestry library. London. 186 pp.

ELENA ROSSELLÓ, R.; 1997. Clasificación Biogeoclimática de España peninsular y balear. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

ELENA ROSSELLÓ, R.; BOLAÑOS, F.; CAMACHO, G.; GONZÁLEZ-ÁVILA, S.; YÁÑEZ, A.; 2003. Informe final del convenio Análisis de la dinámica espacial y temporal de los paisajes rurales españoles, DGCONA-UPM. Inédito.

ELKIE, P.; REMPEL, R.; CARR, A.; 1999. Patch Analyst User's Manual. Ontario Ministry of Natural Resources. Northwest Sci. & Technol. Thunder Bay, Ont. TM-002. 16 pp. + Append.

ESCRIBANO, R.; ARAMBURU, M.P.; 2000. El paisaje: diversidad de enfoques. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.), 96 (1-2), 2000. Madrid.

EUROPEAN COMMISSION; 1993. CORINE Land Cover Technical Guide. 136 p.

FORMAN, R.T.T., GODRON, M., 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons. New York.

FORMAN, R.T.T.; 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

GARCÍA FECED, C.; ESCRIBANO BOMBÍN, R.; ELENA ROSSELLÓ, R.; 2007. Comparación de la estructura de los paisajes en Parques Naturales fronterizos: Arribes del Duero *versus* Douro Internacional. Montes. Número 91. 8-14.

GARCÍA-FECED, C.; GONZÁLEZ-ÁVILA, S.; ELENA-ROSSELLÓ, R.; 2008. Metodología para la tipificación y caracterización estructural de paisajes en comarcas forestales españolas. Invest Agrar: Sist Recur For 17(2), 130-142.

HILL, M.O.; SMILAUER, P.; 2005. *TWINSPAN* for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hidrology, University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, varias fechas. Mapa Geológico de España 1:200.000.

JOHNSON, G.D.; PATIL, G.P.; 2006. Landscape pattern analysis for assessing ecosystem condition. Springer. New York. 130 pp.

LIU, J; TAYLOR, W.W. (eds.); 2002. Integrating landscape ecology into natural resource management. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

MADRIGAL, A.; 1994. Ordenación de Montes Arbolados. MAPA/ICONA. Madrid.

MAKHZOUMI, J.; PUNGETTI, G.; 1999. Ecological Landscape Design and Planning: The Mediterranean Context. E & FN Spon: London.

MATA OLMO, R.; SANZ HERRAIZ, C. (eds.); 2003. Atlas de los paisajes de España. Ministerio de Medio Ambiente de España, Madrid. 683 pp.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J.; 1995. *FRAGSTATS*: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.

MEEUS, J. H. A.; 1995. Pan-European landscapes. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 31. P. 57-79.

METZGER, M.J.; BUNCE, R.G.H.; JONGMAN, R.H.G.; MÜCHER, C.A.; WATKINS, J.W.; 2005. A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology & Biogeography*, 14:549-565.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (MMA); 2002. Mapa Forestal de España escala 1:50.000 (MFE50).

MORA LUCAS, M.; GONZÁLEZ ÁVILA, S.; CARRERO DÍEZ, L.; 2006. Análisis de cambios en el paisaje en el Parque Natural Hoces del río Duratón. XVII Premio de Medio Ambiente. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia. Obra social y cultural. 70 págs.

MÜCHER, C.A.; BUNCE, R.G.H.; JONGMAN, R.H.G.; KLIJN, J.A.; KOOMEN, A., METZGER, M.; WACHER, D.M.; 2003. Identification and Characterisation of Environments and Landscapes in Europe. Wageningen, Alterra, Green World Research. Alterra-Report 832. 113 pp.

PERERA, A.H.; EULER, D.L.; 2000. Landscape ecology in forest management: an introduction. In: PERERA, A.H.; EULER, D.L.; THOMPSON, I.D. (eds.): *Ecology of a managed terrestrial landscape: patterns and processes of forest landscapes in Ontario*. UBC Press, Vancouver, pp 3–12.

PERERA, A.H.; BUSE, L.J.; CROW, T.R. (eds.); 2006. *Forest Landscape Ecology. Transferring Knowledge to Practice*. Springer. New York (USA). 223 pp.

PICARDO, A.; ARAMBURU, B.; BENGEOA, J.; ESPINOSA, J.R.; 2005. Los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales (PORF) como instrumentos de planificación forestal y de ordenación del territorio”. II Conferencia Internacional sobre Estrategias sobre prevención de incendios en el Sur de Europa. Barcelona.

PIERCE, A.R.; ERVIN, J.B.; 1999. Can independent forest management certification incorporate elements of landscape ecology? *Unasylva*, 196 (50): 49–56.

RED IBEROAMERICANA DE BOSQUES MODELO; 2008. Bosques modelo de Iberoamérica. ¡Alianzas para el futuro! Oficina regional CATIE. Turrialba, Costa Rica.

RIITTERS, K.H.; O'NEILL, R.V.; HUNSAKER, C.T.; WICKHAM, J.D.; YANKEE, D.H.; TIMMINS, S.P.; JONES, K.B.; JACKSON B.L.; 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecol.* 10: 23-40.

TURNER, M.G.; DALE, D.H.; GARDNER, R.H.; 1989. Predicting across scales: theory development and testing. *Landscape Ecology* 3: 245-252.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V.; 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer, New York.

VOGIATZAKIS, I.N.; PUNGETTI, G.; MANNION, A.M. (eds.); 2008. Mediterranean Island Landscapes: Natural and Cultural Approaches. Landscape Series Vol. 9. Springer Publishing.

WASCHER, D.M. (ed.); 2005. European Landscape Character Areas – Typologies, Cartography and Indicators for the Assessment of Sustainable Landscapes. Final Project Report as deliverable from the EU's Accompanying Measure project European Landscape Character Assessment Initiative (ELCAI), funded under the 5th Framework Programme on Energy, Environment and Sustainable Development .150 pp.

