

CAMBIOS RECIENTES EN LOS PAISAJES DE LOS SISTEMAS FORESTALES MEDITERRÁNEOS DE ESPAÑA

**P. REGATO
M. CASTEJÓN
G. TELLA**

CIFOR-INIA, Madrid. ESPAÑA

**S. GIMÉNEZ
I. BARRERA**

Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid. ESPAÑA

R. ELENA-ROSSELLÓ

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid. ESPAÑA.

RESUMEN

En este artículo se presentan resultados parciales obtenidos en un estudio sobre la dinámica de las formaciones forestales de la España mediterránea. Siete cuadrículas de 14 Km² situadas en clases territoriales representativas de todo el espectro de subtipos fitoclimáticos de Allue (1990), se han estudiado mediante la interpretación diacrónica de fotogramas aéreos, integración y análisis espacial en sistemas de información geográfica. Del análisis de los resultados se concluye que se ha producido una clara polarización en la dinámica evolutiva de las formaciones forestales, con fragmentación y diversificación en las zonas litorales y/o próximas a núcleos urbanos, y homogeneización con extensificación en las más interiores y alejadas de las zonas urbanas, todo ello con independencia de la esencia fitoclimática de las zonas analizadas.

PALABRAS CLAVE: Dinámica Forestal
Ecología del Paisaje
España
Mediterráneo

INTRODUCCIÓN

El paisaje, entendido como unidad ecológica de rango inmediatamente superior al ecosistema, se desarrolla mediante dos mecanismos que operan simultáneamente dentro de su ámbito territorial: los procesos geomorfológicos específicos y las alteraciones de las formaciones vegetales que los conforman [Forman y Godron, 1981]. En consecuencia, los patrones de distribución de la cubierta natural terrestre son el resultado de complejas interacciones entre el clima, el terreno, el suelo, el agua y los seres vivos [Whittaker, 1975], y la alteración de dichas cubiertas naturales es producida por distintos usos humanos, tales como la urbanización, la industrialización, la agricultura o las prácticas pascícolas y selvícolas [Krummel *et al.* 1987]. El paisaje que resulta es un mosaico de teselas, naturales y alteradas por el hombre que varían en tamaño, forma, disposición y cubierta [Forman y Godron, 1986].

Cuando hablamos de patrones del paisaje, los *landscape patterns* de la literatura sajona, nos estamos refiriendo al número, tamaño y grado de superposición de los elementos del paisaje (sean tipos de usos o sean tipos de cubierta territoriales), elementos importantes que son los que permiten interpretar los procesos ecológicos. El tamaño de las teselas influye sobre la composición y riqueza faunística y florística [Burgess y Sharpe 1981; Ambuel y Temple 1983]. Así pequeñas teselas de formaciones forestales arbóreas presentan una mayor proporción de zonas limítrofes que las teselas de mayor tamaño, por lo que en ellas es mayor la biodiversidad florística debida a la presencia de especies cosmopolitas o características de formaciones no arbóreas. Por otra parte, el fraccionamiento de las masas forestales en teselas de pequeño tamaño puede contribuir a la desaparición a escalas local o regional de determinadas especies adaptadas a las condiciones ambientales de las zonas interiores de las formaciones arbóreas.

La forma de las teselas tiene una gran importancia ecológica. Las teselas que presentan las formas más sencillas, tales como el cuadrado o el círculo, tienen tránsitos bruscos con las teselas vecinas. Las teselas con formas más complejas, presentan variados gradientes de transición con las teselas vecinas [Forman y Milne 1986]. Asimismo, las teselas pueden estar conectadas o no entre sí dentro de un paisaje. La existencia de conexiones entre teselas de igual tipo, facilitará la diseminación y por tanto el movimiento de seres vivos y propágulos por todo el paisaje [Midleton y Merriam, 1983; Johnson y Adkison, 1985]. En la ausencia de conexiones, la diseminación de las especies dependerá de la distancia que exista entre teselas [Merriam, 1988].

Resumiendo, los patrones del paisaje influyen sobre muchos fenómenos ecológicos [Turner, 1989] tales como la forma y velocidad de dispersión de las alteraciones [Romme y Knoght, 1982; Franklin y Forman, 1987; Turner 1987^a], la distribución y persistencia de las poblaciones [Van Dorp y Opdam, 1987; Fahrig y Paloheimo, 1988], la alimentación de los grandes herbívoros [Senft *et al.* 1987], el flujo de materiales sedimentarios y de nutrientes [Peterjohn y Correll, 1984; Ryszkowski y Kedziora, 1987], así como los procesos relacionados con la productividad primaria neta de los ecosistemas [Turner 1987b; Sala *et al.* 1988].

Los paisajes, como toda unidad ecológica, son dinámicos en su estructura, función y patrón espacial [Forman y Godron 1986]. En algunas ocasiones, la evolución está dirigida por alteraciones naturales, tales como el fuego. En otras ocasiones, predominan en la dinámica la acciones provocadas por los usos humanos, de tal modo que los cambios en la estructura del paisaje son debidos a cambios en el modo de gestión del territorio, cambios provocados y conducidos por fuerzas socio-económicas y políticas [Heiselman 1981; Di Castri and Hadley, 1988]. Esta condición dinámica de los paisajes exige que el tiempo, o los cambios temporales, sean tenidos en cuenta en los estudios cuantitativos del paisaje. Desde que el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) ha permitido trabajar con cambios temporales, ha sido posible abordar el estudio de la dinámica de los paisajes.

Debido a la gran variación geográfica de sus factores naturales y actividades humanas, los paisajes forestales españoles son extremadamente diversos y, como consecuencia, los cambios de uso siguen distintas tendencias e intensidades. Para caracterizar los cambios en los paisajes forestales y poder correlacionarlos con los factores naturales y los usos de la tierra, se ha llevado a cabo un estudio en el que se han seleccionado y analizado de manera detallada, zonas representativas de la España mediterránea.

Existen algunos estudios anteriores acerca de la caracterización y evolución de los paisajes forestales (Enríquez *et al.*, 1988; Giménez-Caballero *et al.*, 1993; Fernández-Alés, 1991), pero este es el primero que aborda el análisis cuantitativo de la caracterización y evolución de los paisajes forestales de toda la España mediterránea, examinándose aquí los cambios en la estructura espacial de siete zonas representativas de los principales patrones de paisaje y procesos de cambio ocurridos durante los últimos cuarenta años.

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de la Clasificación Biogeoclimática de España [Elena Rosselló *et al.*, 1997], se han seleccionado 121 lugares representativos de otras tantas clases territoriales en las que la presencia de formaciones forestales superaba el 20 % de su superficie total. En todas ellas se replantearon cuadrículas territoriales de unos 14 Km² en las que se llevó a cabo la fotointerpretación de los fotogramas aéreos correspondientes a 1956 y 1984 (*Instituto Geográfico y Catastral de España (I.G.N.) e Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA)*, respectivamente. La escala de ambos vuelos era similar (aprox. 1:30.000), siendo contrastada y comprobada la fotointerpretación con trabajo de campo llevado a cabo entre 1992 y 1995.

Cada serie de fotogramas fue interpretada mediante su visión mediante estereoscopio de espejos TOPCON, obteniéndose imágenes estereoscópicas magnificadas de la cubierta terrestre. Estas imágenes fueron dibujadas en hojas transparentes de acetato superpuestas sobre cada fotograma. Se utilizaron 13 tipos principales de usos/cubiertas territoriales, de acuerdo con la clasificación de usos territoriales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1986), adaptada siguiendo las directrices de la clasificación FAO de cubiertas/ usos territoriales (FAO, 1994); (Tabla 1).

TABLA 1**TIPOS DE CUBIERTA Y USO TERRITORIAL UTILIZADO EN LA FOTOINTERPRETACIÓN***Land-cover/land use categories used in the aerial photo interpretation*

Código	Tipo	Descripción
U	Urbano	Ciudades, urbanizaciones, cementerios, carreteras de más de 40 metros.
C	Agrícola	Tierras de cultivo, huertos, granjas, establos e instalaciones ganaderas.
P	Pastizales	Praderas y pastos que están siendo pastados permanentemente por herbívoros.
M	Matorral	Formaciones vegetales donde los elementos leñosos dominantes oscilan entre 0,5 y 5 metros de altura.
BC	Bosque de Coníferas	Masas arbóreas naturales de coníferas en las que los árboles presentan uno o varios estratos y cuya fracción de cabida cubierta es superior al 20 %.
BF	Bosque de Frondosas	Masas arbóreas naturales de frondosas en las que los árboles presentan uno o varios estratos y cuya fracción de cabida cubierta es superior al 20 %.
BX	Bosque Mixto	Masas arbóreas naturales de frondosas y coníferas en las que los árboles presentan uno o varios estratos y cuya fracción de cabida cubierta es superior al 20 %.
D	Dehesa	Bosque abierto con cubierta discontinua que cubre entre el 5 y 20 % de la cabida.
G	Bosque de galería	Corredores naturales que se presentan a lo largo de los cursos de agua.
RE	Replantaciones de exóticas	Replantaciones artificiales de especies exóticas.
RA	Replantaciones de autóctonas	Replantaciones artificiales de especies autóctonas.
L.	Baldíos	Terrenos rocosos y pedregosos desnudos de vegetación, desiertos.
H	Agua	Masas de agua naturales o artificiales, incluyendo ríos, lagos y embalses.

Tanto la información gráfica como la alfanumérica se incorporó digitalmente en un sistema de información geográfica Arc-Info, donde se analizó mediante el programa informático CIE (Cálculo de Índices Espaciales) desarrollado en lenguaje ARCSML para cuantificar los patrones del paisaje y sus cambios en una forma ecológicamente significativa. CIE es una versión modificada del programa SPAN (Turner y Ruscher, 1988) realizado por el equipo de autores de este trabajo. Los índices y mediciones realizadas por el programa aparecen en la Tabla 2.

Para este trabajo, se han seleccionado siete cuadrículas de modo que pertenecieran a siete subtipos climáticos diferentes que cubrieran ampliamente el rango de variación de los subtipos climáticos mediterráneos: Desde el IV(III) Mediterráneo Subsahariano, hasta el VI(IV) Nemoromediterráneo Genuino (Allué, 1990).

TABLA 2
MEDIDAS E ÍNDICES DE PATRÓN DEL PAISAJE CALCULADAS POR EL PROGRAMA CIE PARA ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS FORMACIONES FORESTALES

Measurement of landscape pattern computed by CIE program of spatial analysis

Variable	Descripción
P_k	Proporción de paisaje ocupado por cada clase de uso/cubierta territorial
a_i	Superficie de cada tesela
p_i	Perímetro de cada tesela
A_k	Superficie total ocupada por cada clase de uso/cubierta territorial
ma_k	Superficie media de las teselas ocupadas por cada uso/cubierta territorial
d	Dimensión fractal general de los perímetros tesales
$b_{k,l}$	Longitud de los bordes entre cada par de clases de uso/cubierta territorial
$q_{k,l}$	Proporción de adyacencia entre cada par de clases de uso/cubierta territorial
H	Índice de diversidad
D	Índice de Dominancia
C	Índice de Contacto
$Ch_{k,l}$	Elementos de la matriz de cambios de uso territorial (1956 hasta nuestros días)

A su vez las siete cuadrículas presentan un rango de variación de altitudes que oscila desde los 100 hasta los 2000 metros, y todas ellas son representativas de importantes patrones de distribución del paisaje y de procesos de cambio ocurridos en España en los últimos decenios. Su localización aparece reflejada en el mapa de la Figura 1.



Fig. 1.-Mapa de la Península Ibérica, con la localización de las siete cuadrículas territoriales analizadas.

Iberian Peninsula map showing the studied land squares

A continuación se sintetizan sus principales aspectos geográficos, biogeoclimáticos y paisajísticos de las 7 cuadrículas estudiadas:

Cuadrícula nº 1

- **Clasificación Fitoclimática** (Allue, 1990): **IV (VI)2 Mediterráneo Subnemocoral.**
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 3; Clase Territorial 309.**
- **Localización Geográfica:** Cordillera Litoral Catalana (Costa Brava)
Coordenadas UTM: Huso 31: 4800-46167
- **Fisiografía:** Rocas plutónicas (granito y diorita) formando alineaciones litorales de colinas que presentan una red de arroyos temporales.
- **Altitud:** Oscila entre 60 y 330 metros (Piso Meso-mediterráneo)
- **Vegetación:** Predominan los bosques mixtos de pinos y quercíneas (*Pinus pinea*, *Quercus suber* y *Quercus faginea*). En las laderas de umbría aparecen bosques mixtos de quercíneas esclerófilas y marcescentes, mientras que en las laderas degradadas de las solanas, se presentan formaciones seriales de matorrales. Se presentan asimismo repoblaciones con especies de pinos, tanto autóctonos (*Pinus pinaster*) como exóticos (*Pinus radiata*). En la red de cursos de agua aparecen pequeñas teselas riparias con comunidades de *Alnus glutinosa*.
- **Procesos de Cambio:** **RUR** (Urbanización rural); **FWD** (Descenso aprovechamiento de leñas); **ROA** (Construcción de vías de comunicación); **FFI** (Fuegos Forestales); **CRA** (Abandono de cultivos)

Cuadrícula nº 2

- **Clasificación Fitoclimática** (Allue, 1990): **IV1 Mediterráneo Genuino.**
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 3; Clase Territorial 305.**
- **Localización Geográfica:** Depresión del río Ebro (Estepa de Monegros)
Coordenadas UTM: Huso 30: 7439-46074
- **Fisiografía:** Yesos, calizas y margas sedimentarias situadas en pequeñas mesetas de la cuenca semiárida del Río Ebro. Se presentan asimismo fenómenos endorreicos en las zonas bajas dando lugar a suelos salinos.
- **Altitud:** Oscila entre los 370 y los 460 metros (Piso Meso-mediterráneo)
- **Vegetación:** Formaciones mixtas residuales dispersas de bosque de coníferas (*Juniperus thurifera* y *Pinus halepensis*) y de matorrales (*Quercus coccifera*) que se presentan predominantemente en las zonas rocosas y de mayor pendiente. Algunas formaciones de matorral halófito permanecen como separación entre los campos de cultivo.
- **Procesos de Cambio:** **FAS** (Concentración parcelaria); **FWD** (Descenso aprovechamiento de leñas); **FFI** (Fuegos Forestales); **GRD** (Descenso del pastoreo).

Cuadrícula nº 3

- **Clasificación Fitoclimática** (Allué, 1990): **VI(IV)2 Nemoromediterráneo Genuino.**
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 3; Clase Territorial 330.**
- **Localización Geográfica:** Montañas centro orientales (Sistema Ibérico-Serranía de Cuenca).
Coordenadas UTM: Huso 30: 5710-44965
- **Fisiografía:** Esta zona montañosa está fisiográficamente condicionada por la alternancia de diferentes litologías: Las formaciones cársticas y los altiplanos son dolomíticos, mientras que las laderas y el fondo de los valles presentan otras rocas tales como areniscas, calizas y margas.
- **Altitud:** Oscila entre los 1260 y los 1400 metros (Piso Supra-mediterráneo)
- **Vegetación:** Los pinares (*Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*) predominan entre las formaciones naturales que se desarrollan sobre dolomías. Masas abiertas de sabinas (*Juniperus thurifera*) asociadas a la explotación pascícola son consideradas como sus etapas seriales de degradación. Asimismo se presentan rodales de quejigo (*Quercus faginea*) en las zonas de suelos arenosos mas profundos dentro de bosques mixtos de coníferas y frondosas.
- **Procesos de Cambio:** **FMP** (Ordenación Forestal); **FWD** (Descenso aprovechamiento de leñas); **GRD** (Descenso del pastoreo); **CRA** (Abandono de cultivos).

Cuadrícula nº 4

- **Clasificación Fitoclimática** (Allue, 1990): **IV(VI)1 Mediterráneo subnemoral.**
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 2; Clase Territorial 204.**
- **Localización Geográfica:** Llanuras mesetarias occidentales (Campo de Salamanca)
Coordenadas UTM: Huso 29: 7478-45149
- **Fisiografía:** Altiplanicie sedimentaria del Terciario Inferior característica del oeste peninsular.
- **Altitud:** Oscila entre los 830 y los 900 metros (Piso Supra-mediterráneo).
- **Vegetación:** Predominan las formaciones abiertas de encina y quejigo (*Quercus ilex* y *Quercus faginea*) que muestran una densidad variada de acuerdo con el grado de su utilización agrosilvopastoral como Dehesas. Se presentan también zonas de pastizales herbáceos a lo largo de la ribera del río en la parte meridional de la cuadrícula.
- **Procesos de cambio:** ninguno.

Cuadrícula nº 5

- **Clasificación Fitoclimática** (Allue, 1990): **IV4 Mediterráneo genuino.**
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 7; Clase Territorial 715.**
- **Localización Geográfica:** Región montañosa media del Suroeste (Sierra Morena).
Coordenadas UTM: Huso 30: 2674-42280.
- **Fisiografía:** Zona de colinas y penillanuras de pizarras y esquistos cristalinos del cámbrico y pre-cámbrico.
- **Altitud:** Oscila entre los 380 y los 620 metros (Piso Meso-mediterráneo).
- **Vegetación:** Predominio de formaciones de dehesas de quercíneas (*Quercus rotundifolia* y *Quercus suber*) en las penillanuras, mientras que en las colinas abundan las repoblaciones tanto con especies autóctonas como exóticas (*Pinus pinea* y *Eucalyptus camandulensis*).
- **Procesos de Cambio:** **RFO** (Repoblación forestal); **CRA** (Abandono de cultivos).

Cuadrícula nº 6

- **Clasificación Fitoclimática** (Allue, 1990): **IV(VII) Mediterráneo genuino.**
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 7; Clase Territorial 728.**
- **Localización Geográfica:** Región montañosa alta del Sureste (Sierra Nevada).
Coordenadas UTM: Huso 30: 4562-41017.
- **Fisiografía:** Predominantes formas cristalino-dolomíticas muy erosionables dando lugar a valles estrechos, extensas laderas muy pendientes, frecuentes deslizamientos de terreno, erosión torrencial y una cumbre abrupta en el Cerro de Trevenque (2019 metros). Las rocas cuarcíticas y esquistosas dan lugar a suelos mejores, desarrollando cumbres mas suaves solo rotas por algunos estrechos torrentes.
- **Altitud:** Oscila entre los 1440 y los 2320 metros (Pisos Supra y Oro-mediterráneo).
- **Vegetación:** Predominio de pinares naturales (*Pinus pinaster* en los niveles bajos; *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* en las partes mas altas). En las zonas culminales se presentan formaciones de matorral almohadillado ricas en endemismos. Los bosques de quercíneas (*Quercus rotundifolia* y *Quercus faginea*) y rodales de castaño (*Castanea sativa*) se localizan solo sobre laderas de esquistos y cuarcitas donde antiguas terrazas de cultivos han sido abandonadas.
- **Procesos de Cambio:** **RFO** (Repoblación forestal); **CRA** (Abandono de cultivos); **FMP** (Ordenación forestal); **NAT** (Protección de la Naturaleza); **FWD** (Descenso aprovechamiento de leñas).

Cuadrícula nº 7

- **Clasificación Fitoclimática** (Allue, 1990): **IV(III) Mediterráneo subsahariano**.
- **Clasificación Biogeoclimática** (Elena Rosselló, 1997): **Ecorregión 4; Clase Territorial 420**.
- **Localización Geográfica:** Región de colinas litorales del Sureste (Costa Blanca de Murcia).
Coordenadas UTM: Huso 30: 6910-41620.
- **Fisiografía:** Formas de colinas litológicamente complejas. Cabeceras de margas y calizas con abruptas laderas litorales de cuarcitas, gneiss y micaesquistos.
- **Altitud:** Oscila entre el nivel del mar y los 350 metros (Piso Termomediterráneo).
- **Vegetación:** Predominio de pinares esclerófilos semi-naturales (*Pinus halepensis*). Es destacable la presencia de rodales relicticos de una formación de sabinar africano (*Tetraclinis articulata*), que presentan endemismos muy interesantes, tanto ibéricos como norteafricanos.
- **Procesos de Cambio:** **RUR** (Urbanización rural); **ROA** (Construcción de vías comunicación); **QUA** (Canteras y minas); **FWD** (Descenso aprovechamiento de leñas); **FFI** (Fuegos forestales); **FIR** (Regadíos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar se analizan los resultados correspondientes al reparto de las porciones de territorio que están cubiertas por los distintos tipos de uso/cubierta. Su variación con el paso del tiempo en cada una de las siete cuadrículas estudiadas se presenta en la Tabla 3. De su análisis se observa lo siguiente:

Los usos agrícolas (C) oscilaban entre 0 y 32 % en todas las cuadrículas en los años cincuenta, habiendo decrecido en todas las cuadrículas excepto en la cuadrícula del Valle del Ebro (C2), en donde la agricultura significó el 74 % en 1984. Las formaciones herbáceas (P) no tenían presencia significativa en ninguna de las cuadrículas, oscilando entre 0 y 7,2 % en los años cincuenta. En general, su representación se ha mantenido constante. Por otra parte, los matorrales (M) suponían una presencia importante en los cincuenta, oscilando entre el 1 y el 53 %, siendo un componente dominante en las cuadrículas C5, C6 y C7, situadas en el sudoeste español. En el caso de los matorrales, dado su carácter de formación vegetal transicional, han decrecido durante los últimos cinco decenios por conversión en formaciones arbóreas tanto por sucesión ecológica natural, como por repoblación forestal. En efecto, en los años ochenta, los matorrales oscilaban entre el 0,7 y el 39,4 %. Los usos urbanos (U) han crecido en las cuadrículas litorales (C1 y C7) donde el turismo (RUR) ha sido una actividad floreciente: su proporción en los ochenta ha sido superior al 5 %, mientras que no alcanzaban un valor significativo en los años cincuenta.

Incluyendo bosques naturales (BC, BF y BX), repoblaciones (RA y RE) y dehesas (D), la totalidad del área forestal arbórea ha crecido en todas las

TABLA 3
PORCENTAJE DE TERRITORIO EN CADA TIPO DE CUBIERTA EN LAS DOS FECHAS DEL ESTUDIO
Y EN CADA CUADRÍCULA ANALIZADA (TAMAÑO DE CUADRÍCULA = 1.406 Has.)
Percentage of land in each cover type by time period of each square (square average area = 1,406 Has.)

Cuadrículas	Proporción de tipo de cubierta													Procesos de cambio		
	BC	BF	BX	D	RA	RE	M	P	G	C	L	H	U			
C1	1956	—	3,3	72,8	—	—	12,8	—	—	—	11,1	—	—	RUR, FWD, ROSA, FFI, CRA		
	1984	4,6	13,2	60,1	—	3,6	1,2	6,2	—	—	2,8	2,0	—	6,3		
C2	1956	61,8	—	—	—	—	7,7	0,8	—	—	29,7	—	—	FAS, FWD, FIR, GRD		
	1984	24,2	—	—	—	—	1,5	0,2	—	—	74,0	—	—	0,1		
C3	1956	76,2	—	10,4	—	—	4,9	4,0	—	—	4,5	—	—	FMP, FWD, GRD, CRA		
	1984	88,1	—	3,4	—	—	0,3	1,1	7,1	—	—	—	—	—		
C4	1956	—	0,8	—	90,6	—	—	1,0	7,2	—	1,2	—	—	—		
	1984	—	—	—	88,1	0,2	—	0,7	1,5	—	7,5	0,3	0,2	—		
C5	1956	—	7,2	—	62,2	—	—	30,6	—	—	—	—	—	RFO, CRA		
	1984	—	10,9	1,5	62,0	11,6	10,3	1,2	2,5	—	—	—	—	—		
C6	1956	24,3	3,6	1,1	—	7,1	—	56,3	1,8	—	4,9	0,9	—	FMP, RFO, NAT, FWD, CRA		
	1984	51,2	5,5	0,5	—	—	—	39,4	2,4	0,3	—	0,7	—	—		
C7	1956	17,0	—	—	—	—	—	49,4	—	—	32,0	0,8	0,3	RUR, ROA, QUA, FWD, FFI, FIR		
	1984	20,8	—	—	—	0,1	—	38,9	1,1	—	20,4	5,6	0,5	12,6		

cuadrículas seleccionadas, excepto en la nº 2. Oscilando entre 17 y 90,6 % en los años cincuenta, las formaciones arbóreas variaron entre 20,9 y 91,8 en los años ochenta. Los bosques de frondosas (BF) crecieron allí donde ya existían en los años cincuenta, pero las masas mixtas decrecieron. Los bosques de coníferas (BC) crecieron significativamente en las cuadrículas C3 y C6 (montañas calcáreas) y decrecieron radicalmente en la cuadrícula C2. La repoblación forestal (RA y RE) se llevó a cabo en las cuadrículas C1, C3, C5 y C7, si bien la superficie no superó el 4 %, excepto en la cuadrícula C5 en donde creció un 21,8 %.

Analizando los anteriores datos desde el punto de vista de la tipología fitoclimática no se observa ninguna correlación significativa entre el gradiente implícito en la serie de muestras seleccionadas y alguna de las características de reparto de usos/cubiertas tanto en la fase inicial del estudio como en la fase final del mismo. Parece que, por encima de los climáticos, son otros los factores que tienen una influencia predominante en la caracterización de las cuadrículas seleccionadas. No obstante es necesario esperar al análisis de un mayor número de cuadrículas para tener resultados concluyentes.

Por lo que se refiere a los resultados del estudio del patrón de distribución de las teselas correspondientes a las cuadrículas estudiadas se presentan en la Tabla 4.

TABLA 4

ÍNDICES ESPACIALES CORRESPONDIENTES A LAS CUADRÍCULAS ESTUDIADAS CON PROPORCIÓN Y VALORACIÓN DE CAMBIOS

Landscape index values and ecological assessment of land changes in the studied squares

Cuadrículas	Dominancia		Contacto		Frontera		Carreteras		D. Fractal		Proporción de cambio		
	1956	1984	1956	1984	1956	1984	1956	1984	1956	1984	Progr.	Regr.	No camb.
C1	0,39	0,36	0,69	0,85	83,2	58,1	50,9	136,4	1,35	1,19	33	27	40
C2	0,35	0,59	0,69	0,82	118,7	81,7	42,8	45,5	1,33	1,34	9	49	42
C3	0,46	0,70	0,74	0,84	53,3	60,4	12,0	28,0	1,24	1,28	24	21	55
C4	0,72	0,76	0,76	0,89	40,8	46,5	42,9	34,8	1,06	1,15	5	45	50
C5	0,22	0,36	0,68	0,84	23,7	60,5	11,7	19,7	1,16	1,30	19	17	64
C6	0,38	0,47	0,83	0,87	81,3	93,2	12,9	14,3	1,32	1,34	54	24	22
C7	0,38	0,26	0,79	0,82	80,9	90,1	27,5	62,9	1,32	1,26	22	32	46

La complejidad de las formas teselares, medida por la dimensión fractal no muestra una tendencia constante en las cuadrículas estudiadas: creció en cinco y decreció en dos (C1 y C7) zonas litorales donde la urbanización constituyó el cambio más importante. Los mayores crecimientos tuvieron lugar en C4 y C5 (cuadrículas silíceas occidentales) donde el componente dominante eran las dehesas que quedaron fraccionadas y entremezcladas con otros usos nuevos. Estos resultados divagantes solo pueden ser interpretados en términos de una marcada

polarización en los cambios acaecidos en los usos del territorio español durante los últimos cincuenta años: El decremento de la dimensión fractal se produce normalmente allí donde tiene lugar una mayor intensificación de los usos, tanto agrarios como urbanos, mientras que, por el contrario, el crecimiento se produce allí donde ha tenido lugar la extensificación. Los casos presentados en este trabajo son un buen ejemplo de dicha tendencia opuesta.

De manera coherente, los índices de dominancia decrecen donde decreció la dimensión fractal (C1 y C7), indicando una transición hacia una distribución más equilibrada de tipos de cubierta, debido a la aparición de usos urbanos. El incremento ocurrido en el resto de las cuadrículas se interpreta como resultado del abandono de actividades rurales, tendente a homogeneizar paisajes.

Los índices de contacto han crecido significativamente en todos los casos. Los valores oscilan entre 0,69 y 0,83 en los cincuenta y entre 0,82 y 0,89 en los años ochenta, indicando una distribución más entremezclada de las cubiertas vegetales en la actualidad. El incremento del contacto entre tipos de formaciones distintas puede significar un incremento de la fragilidad ecológica de los ecosistemas más naturales: Esto es especialmente grave cuando en algunas formaciones vegetales o usos territoriales se pueden generar alteraciones ecológicas, las cuales, al crecer el contacto con formaciones naturales, se puedan propagar más fácilmente.

Es posible hacer una sencilla valoración ecológica de los cambios producidos durante el periodo estudiado mediante la aplicación del siguiente criterio: A mayor estratificación y densidad de una formación, mayor progresión en los cambios; A menor estratificación o densidad, mayor degradación. En la Tabla 4 se reflejan los valores correspondientes a los porcentajes de cada cuadrícula calificados como progresivos, regresivos o nulos. En más del 40 % de la superficie, los cambios no han tenido consecuencias ecológicas o no ha habido cambios, excepto en C6. En C4, donde las dehesas son dominantes, se ha registrado una importante proporción de cambio progresivo, principalmente relacionado con la gestión silvopascícola. En C2 del Valle del Ebro, ha tenido lugar un cambio regresivo al verse substancialmente incrementada su superficie agrícola. La alta tasa de no cambio en C5 situada en Sierra Morena, está correlacionada con una alta estabilidad de una de sus cubiertas predominantes: la dehesa. Por el contrario, los matorrales han desaparecido casi totalmente transformándose en plantaciones de pinos y eucaliptos. Por su parte, el desarrollo turístico de las costas mediterráneas han significado tasas medias de cambios tanto progresivos como regresivos en las cuadrículas C1 y C7.

Desde el punto de vista fitoclimático, las cuadrículas analizadas pueden ser ordenadas según un gradiente que va desde el subtipo Mediterráneo Subsahariano, hasta el Nemoromediterráneo Genuino (Allue, 1991), del siguiente modo: 7; 2; 5; 6; 4; 1 y 3: Es decir el extremo más árido del gradiente se sitúa en la cuadrícula de la Costa Blanca de Murcia y el extremo opuesto se localiza en Sierra Nevada. Teniendo en cuenta dicho gradiente se han analizado los valores obtenidos para cada cuadrícula relativos a sus patrones espaciales. Como resultado no se observa ninguna correlación significativa entre el gradiente fitoclimático y los índices reflejados en la Tabla 4. De acuerdo con lo expresado por Krummel *et al.* (1987), en los paisajes forestales mediterráneos españoles

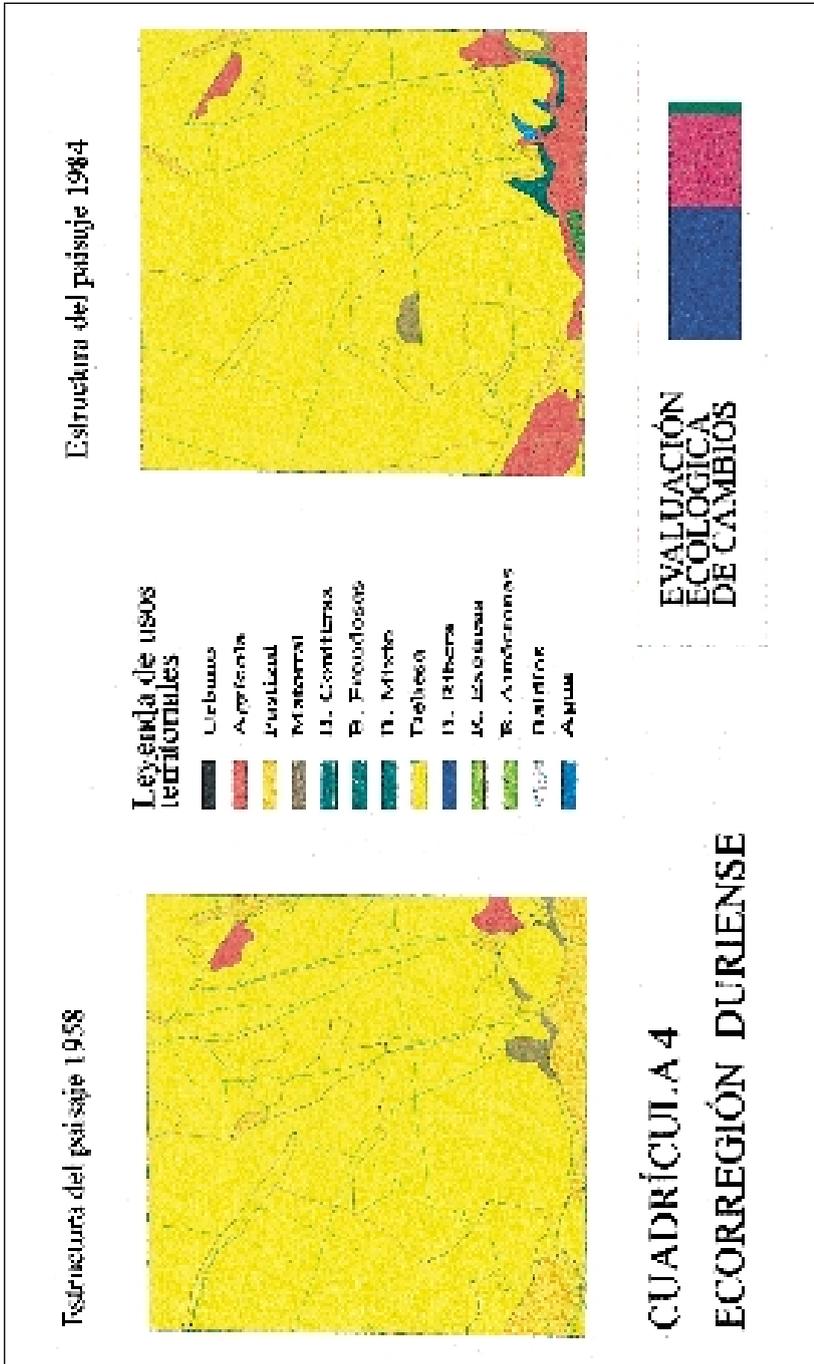


Fig. 2.-Evolución de la estructura del paisaje de la cuadrícula 4 situada en el Campo de Salamanca
Landscape pattern evolution of square C4 located in Campo de Salamanca

predominan los efectos de los usos humanos sobre las características de distribución producidas por los factores naturales. Estos resultados vienen a confirmar lo expuesto por múltiples autores (Jordá y Vadour, 1980; Pons, 1981; Naveh, 1987; Quezel *et al.*, 1987) acerca de la intensísima alteración sufrida por los paisajes de los países de la cuenca mediterránea, entre ellos de España, provocada por siglos de actividad humana.

CONCLUSIONES

La evolución de la cubierta forestal habida en la España mediterránea, no solo ha implicado cambios cuantitativos sino también cambios en su patrón de distribución espacial: en los años cincuenta se distinguían tres tipos de uso/cubierta predominantes en las cuadrículas analizadas: Forestal (C1, C2, C3 y C6), agro-silvo-pascícola (C4 y C5) y agrícola (C1, C2 y C7), mientras que en la actualidad han surgido tres nuevos tipos de uso/cubierta: Repoblaciones forestales (C5), urbanización turística (C1 y C7) y canteras y minería (C7).

En general, el número de clases de uso/cubierta territorial ha crecido desde 1956 a hoy, excepto en las zonas forestales de alta montaña (C3 y C6). Determinadas regiones interiores y todas las montañas litorales (C1, C2, C5 y C7) son las que han sufrido más transformaciones, apareciendo nuevos usos y cubiertas.

En conjunto, el área forestal ha crecido en todas las zonas analizadas. La formación matorral ha decrecido y la dehesa ha mantenido su extensión bastante estable. Los cultivos han variado de forma irregular, mientras que los desarrollos urbanos han surgido en las zonas turísticas litorales.

La dominancia ha decrecido en las zonas litorales y crecido en el resto, mientras que la dimensión fractal ha seguido una evolución inversa. A su vez la red de carreteras ha crecido sobre todo en las zonas litorales. Todo esto confirma la bipolarización en la evolución espacial de las formaciones forestales: En las zonas más pobladas se tiende a una fracturación y diversificación, mientras que las zonas más despobladas del interior las formaciones forestales tienden a englobarse y a dominar sobre el resto de usos/cubiertas territoriales.

No se ha podido establecer ninguna correlación significativa entre los procesos de cambio y el gradiente fitoclimático subyacente en las cuadrículas seleccionadas. Todo ello corrobora el papel preponderante de la acción humana en el modelado de los paisajes forestales de la España mediterránea.

SUMMARY

Recent landscape changes in mediterranean forest systems of Spain

Partial and preliminary results obtained from a Spanish forest formation dynamics study are presented in this paper. Seven land squares located in different land classes and selected according to a fitoclimatological gradient (Allue, 1990), have been diachronically analyzed using aerial photointerpretation and spatial analysis with G.I.S. techniques. As an overall trend, polarization in forest pattern evolution has been detected: Fragmentation and diversification have occurred in coastal

and/or periurban areas, and homogenization and extensification have occurred in inner and remote areas.

KEY WORDS: Forest Dynamics
Landscape Ecology
Spain
Mediterranean

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas Fitoclimático de España. MAPA. 221 pp.
- AMBUEL B., TEMPLE S.A., 1983. Area-dependent changes in the bird communities and vegetation of southern Wisconsin forests. *Ecology* 64: 1057-68.
- BURGESS, R.L., SHARPE D.M., eds. 1981. *Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscapes*. New York: Springer-Verlag.
- DI CASTRI F., HADLEY M., 1988. Enhancing the credibility of ecology: Interacting along and across hierarchical scales. *GeoJournal* 17: 5-35.
- ELENA-ROSSELLÓ R., 1997. Clasificación biogeoclimática territorial de España Peninsular y Balear. MAPA. 446 pp.
- ENRÍQUEZ A., GÓMEZ V., GÓMEZ-CAMPO C., 1988. Cambios recientes en la vegetación de la comarca N.W. de Albacete. *Lazaroa* 10: 153-167.
- FAHRING L., PALOHEIMO J., 1988. Effect of spatial arrangement of habitat patches on local population size. *Ecology* 69: 468-475.
- FAO, 1994. FAO land cover/use classification. In *IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring*. Eds. R. Päivinen *et al.*, IUFRO World Series Vol. 5.
- FERNÁNDEZ-ALES R., 1991. Effects of economic development on landscape structure and function in the Province of Seville (SW Spain) and its consequences on conservation. In *Options Mediterraneennes: Proceedings of the seminar on Land abandonment and its role in conservation*, CIHEAM, Zaragoza.
- FRANKLIN J.F., FORMAN R.T.T., 1987. Creating Landscape pattern by forest cutting: ecological consequences and principles. *Landscape Ecology* 1: 5-18.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1981. Patches and Structural Components For A Landscape Ecology, *BioScience* 31: 733-739.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986. *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons, New York.
- FORMAN R.T.T., MILNE B.T., 1986. Peninsulas in maine: woody plant diversity, distance, and environmental patterns. *Ecology* 67: 967-74.
- GIMÉNEZ-CABALLERO S., 1993. Cartografía diacrónica en la Sierra de Ayllón. Estudio de los cambios en la componente vegetal del paisaje. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid.
- HEISELMAN M.L., 1981. Fire and succession in the conifer forests of Northern North America. In *Forest Succession: Concepts and Application*, D.C. West, H.H. Shugart, D.B. Botkin, eds, pp. 374-405. New York: Springer-Verlag.
- JOHNSON W.C., ADKINSON C.S., 1985. Dispersal of beech nuts by blue jays in fragmented landscapes. *American Midland Naturalist* 113: 319-24.
- JORDA M., VAUDOUR J., 1980. Sols, Morfogenese et actions anthropiques a l'epoque historique sur les rives nord de la mediterranee. *Naturalia Monspelienis*, Hors Serie: 173-84.
- KRUMMEL J.R., GARDNER R.H., SUGIHARA G., O'NEILL R.V., COLEMAN, 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos* 48: 321-24.
- MERRIAM G., 1988. Landscape dynamics in farmland *Trends in Ecology and evolution* 3: 16-20.
- MIDLETON J., MERIAM G., 1983. Distribution of woodland species in farmland woods. *Journal of Applied Ecology* 20: 625-44.
- NAVEH Z., 1987. Landscape ecology, management and conservation of European and levant mediterranean uplands. In *Olanf response to Stress*. Ed. Tenhunen *et al.*, Springer Verlag.
- PETERJOHN W.T., CORRELL D.L., 1984. Nutrient dynamics in an Agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. *Ecology* 65: 1466-1475.
- PONS A., 1981. The history of the mediterranean shrublands. In *Mediterranean-type shrublands*. eds. Di castri F., GOODALL D.W., Specht, R.L. *Ecosystems of the World*, vol. 11: 131-138. Elsevier, Amsterdam.

- QUEZEL P., TOMASELLI R., MORANDINI R., 1987. Bosque y maquia mediterránea. Edit. Serbal-Unesco, Barcelona.
- RYZKOWSKI L., KEDZIORA A. 1987. Impact of agricultural landscape structure on energy flow and water cycling. *Landscape Ecology* 1: 85-94.
- ROMME W., KNIGHT D.H.. 1982. Landscape diversity: the concept applied to Yellowstone Park. *Bio-Science* 32: 664-670.
- SALA O.E., PARTON W.J., JOYCE L.A., LAUENROTH W.K., 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology* 69: 40-45.
- SENFTE R.L., COUGHENOUR M.B., BAILEY D.W., RITTENHOUSE I.R., SALA O.F., SWIFT D.M., 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *Bioscience* 37: 789- 799.
- TURNER M.G., 1987a. Landscape heterogeneity and disturbance. Springer Verlag, New York.
- TURNER M.G., 1987b. Land use changes and net primary production in the Georgia landscape: 1935 to 1982. *Environ. Manage.* 1: 29-36.
- TURNER M.G., 1989. Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 20: 171-197.
- TURNER M.G., RUSCHER C.L., 1988. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape Ecology*. 1: 241-251.
- VAN DORP D., OPDAM P.F.M. 1987. Effects of patch size, isolation and regional abundance on forest bird communities. *Landscape Ecology* 1: 59-73.
- WHITTAKER R.H., 1975. Communities and ecosystems.- Mac Millan, New York.