

TRANSFORMACIONES EN EL PAISAJE DEL PIRINEO COMO CONSECUENCIA DEL ABANDONO DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS TRADICIONALES

S. M. VICENTE SERRANO*, T. LASANTA** & J. M. CUADRAT*

* Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.
C/ Pedro Cerbuna, 12. Ciudad Universitaria. E-50009 Zaragoza.

** Instituto Pirenaico de Ecología,(CSIC). Apdo. 202. E-50080 Zaragoza.

ABSTRACT.- An important transformation of Pyrenean landscape has occurred over the last decades on the land use. The most significant change has been on the increase of scrub and wood areas. During this process, the cultural landscape supported by the traditional system derived to an increase in diversity because of the partition of existing landscape units. In the last two decades the tendency has been reversed. The continuity and homogeneity of the landscape has increased due to the predominance of wood areas. The landscape effects of change are discussed.

RÉSUMÉ.- Dans les Pyrénées, lors des dernières décades, s'est produite une importante transformation du paysage, conséquence des changements de gestion. La dynamique de ces changements a été essentiellement marquée par un plus fort caractère de naturalité, fondée sur l'augmentation des zones de buissons et forêts. Le paysage culturel, maintenu par l'homme durant le système traditionnel, a donné lieu à une augmentation de la diversité, conséquence du cloisonnement des unités de paysage existantes. Lors des vingt dernières années, la tendance a été inversée, avec une augmentation de l'homogénéité et de la continuité du paysage dues à la prédominance des peuplements forestiers. Les effets produits par la transformation du paysage sont discutés dans cet article.

RESUMEN.- En el Pirineo se ha producido en las últimas décadas una importante transformación paisajística como consecuencia de los cambios de gestión. La dinámica de los cambios ha estado presidida por un aumento de la naturalidad, basada en el incremento de las áreas de matorral y bosque. El paisaje cultural, mantenido por el hombre durante el sistema tradicional, derivó hacia un aumento de la diversidad como consecuencia de la compartimentación de las unidades de paisaje existentes. En las últimas dos décadas la tendencia ha sido la contraria, con un incremento de la homogeneidad y continuidad paisajística al producirse un dominio gene-

ral de las masas boscosas. Se discute acerca de los efectos producidos por la transformación del paisaje.

Key words: Landscape dynamics, reforestation, land-uses changes, farmland abandonment, mountain areas, Pyrenees.

1. Introducción

La composición y estructura del paisaje están condicionadas por una combinación entre los elementos físicos en el espacio y las acciones humanas (MARTÍNEZ DE PISÓN, 1996), pero sin duda el principal conformante ha sido la utilización del espacio por el hombre durante siglos (CROW *et al.*, 1999; MLADENOFF *et al.*, 1999). El paisaje pirenaico actual es heredado de la explotación humana en el pasado. Con el sistema tradicional, tanto la economía como el mantenimiento de la sociedad estuvieron basados en el aprovechamiento eficaz de los recursos disponibles, adaptándose siempre a la potencialidad del medio. La configuración del espacio se articuló en actividades agrarias con finalidad alimentaria, por una parte, y el aprovechamiento eficaz de los pastos por otra. Estas actividades determinaron la distribución de las unidades paisajísticas propias del paisaje pirenaico (GARCÍA-RUIZ, 1988), donde forman unos pisos altitudinales que se relacionan con la potencialidad biológica de cada espacio (LASANTA, 1990). Los cultivos estaban en fondo de valle y ladera baja, entre los 800 y 1.300 m. de altitud; a partir de los 1.300 hasta 1.700 m. ya dominaba el bosque y por encima los pastos supraforestales.

La homogeneidad aparente del paisaje, al estar dominado por los pastos de altitud, bosques y campos, se convertía en complejidad real por los setos, con árboles aislados y unos bosquetes intercalados en los campos, como eran los «boalares» (dehesas boyales o boyarales) utilizados para leña y pastoreo de bueyes y mulas (PUIGDEFÁBREGAS & FILLAT, 1986). A mayor altitud, en las áreas forestales, tenían otros campos (panares), con cereal de ciclo largo, hasta trece meses (DAUMAS, 1976) y algunas áreas aclaradas (cubilares) para organizar el pastoreo en el bosque (PUIGDEFÁBREGAS, 1981; PALLARUELO, 1993), junto a los sesteaderos, abrevaderos, saladeros, etc. Por otro lado, la diversidad en campos de cultivo (tanto llanos como abancalados en pendiente, y las articas de uso esporádico), con parcelas abiertas o cerradas, de uso agrícola e infraestructuras pecuarias (barrios de «bordas» y praderío, caminos, majadas, acequias...) contribuían a complicar el paisaje. La tesis de que los paisajes humanizados en el sistema tradicional se caracterizaban por su heterogeneidad y gran biodiversidad está extendida y parece aceptada por la comunidad científica

(GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, 1981 y 1991; SANCHO COMÍNS, 1996; GÓMEZ SAL, 1995; DE PABLO *et al.*, 1988; FERNÁNDEZ ALÉS *et al.*, 1992; BAZIN, 1981). Según estas ideas, la heterogeneidad en condiciones naturales de la montaña fue aprovechada desde antiguo por el hombre que la fomentó, potenciando así las cualidades de cada unidad territorial (GARCÍA-RUIZ, 1990a).

En el Pirineo, como en gran parte de las montañas españolas, se han producido cambios paisajísticos radicales a lo largo del siglo xx siempre ligados a la transformación social y económica sufrida por el territorio, que condujo al abandono generalizado de las prácticas tradicionales para el aprovechamiento del espacio (ANGLADA *et al.*, 1980; GARCÍA-RUIZ, 1976; LASANTA, 1989; PAN *et al.*, 1999; CABERO, 1996; HUNZIKER & KIENAST, 1999; UBALDE *et al.*, 1999). El paisaje ha evolucionado desde una situación de gran estabilidad, mantenida por tanta energía humana invertida en el sistema tradicional, a una situación «inestable» (GARCÍA-RUIZ, 1990b), caracterizada por la evolución hacia la recuperación lenta del estadio primigenio, más natural. El resultado final por abandono de las prácticas tradicionales será la banalización paisajística, con incremento lentísimo de las masas boscosas y la consiguiente desaparición de tantos elementos rurales (setos, cercas, corrales, bordas, campos abancalados...) de gran valor cultural y paisajístico. Sin embargo, esta evolución paisajística por abandono no resulta sencilla, ya que las unidades del paisaje se transforman con lentitud.

Nuestro objetivo ahora es conocer los cambios de paisaje durante la segunda mitad del siglo xx en un valle de la montaña pirenaica. A partir del cálculo de los índices de dominancia, estabilidad parcial o global y geometría del paisaje, los caracterizaremos en cuatro fechas (1957, 1978-81, 1990 y 2000), para conocer su tendencia evolutiva en un área utilizada intensivamente, con agricultura y ganadería en el pasado, y de forma cada vez más extensiva durante las últimas décadas.

2. Área de Estudio

El estudio se ha realizado en el valle de Borau (Pirineo aragonés). Se ha elegido este valle por presentar un importante proceso de abandono de las prácticas tradicionales de aprovechamiento del espacio, por una intensa despoblación, equiparable a la sufrida por gran parte del Pirineo. Se trata de un pequeño valle en el que la actividad turística tiene escaso peso y, por lo tanto, las transformaciones paisajísticas no se han debido a perturbaciones externas sino a cambios en la gestión tradicional.

El valle de Borau se localiza en el Pirineo central español, al norte de la provincia de Huesca (Figura 1). Su superficie es de 4186,2 ha. El valle es reco-

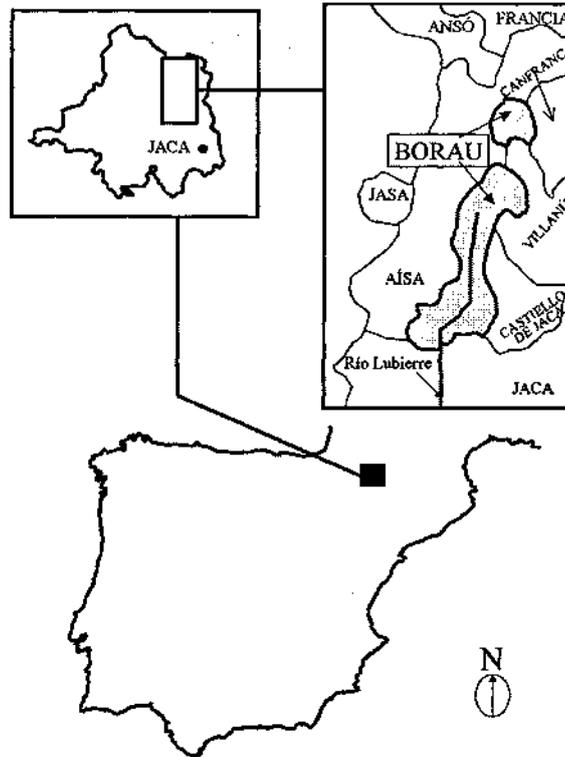


Figura 1. Localización del área de estudio.
 Figure 1. Location of the study area.

rrido por el río Lubierre que presenta una orientación norte-sur, al igual que los valles vecinos de Canfranc y Aísa. Posee un elevado gradiente altitudinal desde los 840 m., en el sector en que el río Lubierre sale del término municipal de Borau, hasta los 2.566 m. del pico de la Garganta de Borau, en la zona más septentrional del valle.

El valle de Borau presenta una gran homogeneidad litológica, con predominio de las margas y areniscas calcáreas propias del flysch, con multiplicidad de repliegues por la plasticidad de los materiales. Los procesos geomorfológicos han sido históricamente muy activos (GARCÍA-RUIZ & VALERO, 1997), debido tanto a dicha plasticidad como a las actividades humanas transformadoras del espacio. El clima es submediterráneo de montaña, situado entre el cantábrico de lluvias invernales continuas y homogéneas y el submediterráneo continental con un corto periodo de sequía estival. El clima ha sido

clave en la conformación del paisaje, ya que las actividades modeladoras, como la trashumancia del ganado o el policultivo de subsistencia, fueron influidas de manera decisiva por esas variaciones climáticas. El elevado gradiente altitudinal del área de estudio determina las precipitaciones y temperaturas, condicionando la distribución de los pisos de vegetación y de las diferentes unidades de paisaje.

Respecto a la vegetación, el valle, fruto de dichos desniveles, presenta características propias de varios ambientes. En el sector septentrional encontramos comunidades vegetales del piso alpino, mientras que en el sur la vegetación característica recibe influencias mediterráneas. El bosque natural escasea, por haberse ampliado históricamente los campos y el pasto para el ganado mediante la tala y el fuego de las masas boscosas y matorrales primitivos. En el piso montano dominaba el robledal (*Quercus petraea* y *Q. cerrioides* con *Q. pubescens* e híbridos) hasta los 1.200-1.400 m; por encima, hasta el piso subalpino, dominaba el pino albar o royo (*Pinus sylvestris*) con pocos abetos en hondonada fresca. En el piso subalpino la vegetación es de pino negro (*Pinus uncinata*, VILLAR, 1982; RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). Actualmente, en el piso montano, las comunidades predominantes son matorrales de erizón (*Echinopartum horridum*) (MONTSERRAT *et al.*, 1984) y pinares secos de pino albar que ocupan los sectores originales del robledal. Aparecen escasas áreas de robledales en algunas umbrías resguardadas. En el piso subalpino se encuentran pinares de *Pinus uncinata*, si bien predominan los pastizales subalpinos creados históricamente por el hombre para alimentar el ganado en verano (MONTSERRAT, 1992).

La utilización del espacio por parte del hombre fue muy intensa durante siglos, lo que supuso que el paisaje boscoso se transformara en un paisaje cultural y antropizado, con una heterogeneidad y diversidad mayor, ya que los bosques pasaron a convivir con áreas de pastos y campos de cultivo que, sin embargo, constituían unidades continuas y de considerable extensión y uniformidad.

El valle de Borau ha sufrido importantes cambios poblacionales a lo largo del siglo XX, con la pérdida del 83,5% de la población a principios de siglo y con una estructura demográfica cada vez más envejecida y menos dinámica. Este hecho hizo disminuir el aporte humano de energía para mantener tantos aprovechamientos tradicionales, y llevó al abandono agropecuario con importantes consecuencias en la estructura y en la estabilidad del paisaje.

3. Metodología

El proceso de trabajo se ha basado en el desarrollo de una base de datos espacial implementada en un Sistema de Información Geográfica a partir de la creación de coberturas de categorías de paisaje de los años 1957, 1978, 1990

y 2000 mediante la interpretación de fotogramas aéreos y trabajo de campo. Previamente se determinaron una serie de categorías a representar siguiendo criterios paisajísticos de estructura visual de la cobertura: 1- Pastos supraforestales, 2- Pastos supraforestales con matorral, 3- Bosque denso, 4- Bosque claro, 5- Bosque de repoblación, 6- Matorral claro, 7- Matorral denso, 8- Campos abandonados con matorral claro, 9- Campos abandonados con matorral denso, 10- Parcelas con aprovechamiento agrícola (cultivos y prados), 11- Roca sin cobertura vegetal, 12- Núcleo de población.

Tras la fase de fotointerpretación y comprobación en campo, los mapas de los diferentes años se transformaron a formato digital mediante el programa Arc/Info V.7.04. De cada una de las coberturas temporales se obtuvo una base de datos en las que se recogían las unidades de paisaje, a partir de las cuales se analizó su estructura y evolución desde 1957 hasta el 2000. De las bases de datos se calcularon varios índices: dominancia, estabilidad parcial y global, y geometría del paisaje, que han servido para caracterizar el paisaje en cada etapa y para conocer en qué medida y sentido se han producido las transformaciones.

Estabilidad del paisaje: Se estableció un cruce en formato vectorial de las coberturas de 1957 y 2000 en ArcInfo V.7.04, obteniéndose una base de datos compuesta por pares de evolución de categorías de paisaje entre 1957 y 2000. El índice se utiliza para distinguir entre categorías de paisaje que han sufrido cambios importantes y aquellas otras cuyas transformaciones han sido menores. La elaboración de este índice se ha realizado para cada una de las categorías (ROSENFELD & FITZPATRICK-LIUS, 1986; DUGUY, 1998) y para el total territorial. El cálculo se establece mediante la ecuación:

$$E = \frac{(a_i - (b_i \times c_i))}{(b_i - (b_i \times c_i))}$$

E = Índice de estabilidad

a_i = Superficie para la que la categoría i coincide en 1957 y 2000

b_i = Superficie de la categoría i en 1957

c_i = Superficie de la categoría i en el año 2000

El cálculo de la Estabilidad global del paisaje se realizó a partir de la estabilidad de cada una de las categorías particulares:

$$E_t = \frac{(A - (BC))}{(1 - (BC))}$$

E_t = Estabilidad total

$$A = \sum_{i=1}^c a_i$$

$$BC = \sum_{i=1}^c b_i \times c_i$$

Este índice oscila entre 1 y -1, lo que permite establecer una comparación entre espacios diferentes. Si $E = 1$, la coincidencia entre las dos coberturas es total, tanto en el caso de cada categoría como en el global. Si $E = -1$ la coincidencia entre ambas coberturas es nula. Si $E = 0$, todos los cambios pueden atribuirse al azar.

Dominancia del paisaje: Se ha utilizado para cada momento temporal un índice basado en la teoría de la Información de SHANON & WEAVER (1962):

$$D = H \max + \sum_{i=1}^m p_i \ln(p_i)$$

m = número de categorías de usos en el término municipal

p_i = proporción superficial de la categoría i en el término municipal

$H \max = \ln(m)$ = diversidad máxima cuando todos los usos están presentes en igual proporción

Cuanto más elevados son los valores del indicador, mayor es la dominancia que se produce en el paisaje.

Índice de geometría del paisaje (dimensión fractal = F), permite conocer la complejidad del paisaje en relación con la complejidad del perímetro del conjunto de sus teselas (Mandelbrot, 1983; Kienast, 1993). Para llevar a cabo este análisis se ha utilizado el método perímetro-área, según el cual la dimensión fractal se calcula mediante la regresión de $\ln(A)$ frente a $\ln(P/4)$, para cada uno de los tipos de paisaje del mapa. La dimensión fractal se relaciona con la pendiente de la ecuación de ajuste de la regresión (m), según Lovejoy (1982): $F = 2m$

4. Resultados

4.1 Evolución superficial de las categorías de paisaje

El valle de Borau ha sufrido en la última mitad del siglo XX importantes transformaciones paisajísticas, como consecuencia de la evolución económica, social y demográfica. A lo largo del siglo XX se asiste a la pérdida del 83,5% de sus efectivos demográficos y del 89% del espacio agrícola con el abandono de 1.597 ha de cultivo; así mismo, vemos un acusado descenso del ovino no compensado por el ligero incremento del vacuno de carne (VICENTE SERRANO, 2000). Como consecuencia del descenso de la presión antrópica

sobre el territorio se ha producido un incremento extraordinario de las masas boscosas que se han extendido por todo el valle. En la Tabla 1 se puede apreciar la evolución superficial sufrida por las categorías de paisaje cartografiadas entre 1957 y 2000. Conviene destacar un comportamiento diferenciado en las categorías de bosque y matorral. Las áreas de bosque se han incrementado mucho mientras que los matorrales disminuyeron en todas sus categorías, por la sucesión vegetal que aumenta la talla y hace más densa su cubierta.

La intervención humana directa sobre el paisaje ha consistido fundamentalmente en la reforestación con pinos (CHAUVÉLIER, 1987), que si bien ocupan poca superficie han afectado a áreas homogéneas y continuas, lo que ha supuesto un acusado impacto paisajístico en estos sectores. Otro hecho de gran importancia a nivel visual ha sido el abandono del 50% de la superficie cultivada en 1957. A pesar de que la mayor parte del espacio agrícola había sido abandonado en la primera mitad del siglo xx (VICENTE SERRANO, 2000), el proceso ha continuado, por lo que el paisaje sigue perdiendo «elementos culturales» (bancales, setos, cercas), aquellos precisamente que reflejan otro modo de vida y de aprovechamiento eficaz del espacio.

En el año 1957, los campos abandonados con mayor o menor cobertura de matorral eran la categoría predominante, ocupando 1402,1 ha., el 33,4% del valle. El bosque natural ocupaba una superficie menor (1031,8 ha.) que suponía el 24,6%. La característica paisajística del valle era el predominio de superficies herbáceas y de matorral donde aún se apreciaba en buena medida los rasgos de utilización humana del espacio. En el año 2000 la situación ha cambiado de forma considerable: Los campos abandonados con matorral sólo

<i>Categorías de paisaje</i>	1957	1978	1990	2000
1: Pastos supraforestales	698,8	682,3	631	631
2: Pastos supraforestales con matorral	107,1	101,9	119	119
3: Bosque denso	554,6	761,7	1067,6	1326,4
4: Bosque claro	477,2	628,4	676,3	622,1
5: Bosque de repoblación	27,2	316,8	322,9	322,9
6: Matorral claro	116,4	23,8	12,8	4,6
7: Matorral denso	219,8	80,2	3,9	3,9
8: Campos abandonados con matorral	950,5	562,6	401,2	338,7
9: Campos abandonados con matorral denso	451,6	630,9	563,3	429,4
10: Parcelas con aprovechamiento agrario (cultivos, prados)	391,8	206,6	196,8	196,8
11: Roca sin cobertura vegetal	186,3	186,3	186,3	186,3
12: Núcleo de población	4,9	4,9	4,9	4,9
TOTAL	4186,2	4186,2	4186,2	4186,2

Tabla 1. Evolución de las diferentes categorías de paisaje en Borau (1957-2000). Datos en ha.
Table 1. Evolution of different landscape categories in Borau (1957-2000).

representan un 18,3% de la superficie total; el bosque, sin embargo, ocupa un 46,5% del valle, lo que implica un predominio de las cubiertas boscosas que han colonizado paulatinamente anteriores áreas de matorral, pastos o campos de cultivo. Así pues, el paisaje actual de Borau se caracteriza por el predominio del bosque con distintas densidades.

4.2 Estabilidad del paisaje

En un análisis de la estabilidad del paisaje entre 1957 y 2000, tanto de forma general como en cada una de las categorías de paisaje, se ha obtenido una estabilidad global muy baja, ya que sólo un 46,3% de la superficie del valle no cambió de categoría. La evolución del paisaje suele ser muy lenta sin la intervención humana. En el caso del valle de Borau, la no intervención y el abandono por parte del hombre produjo una rápida evolución paisajística general con inestabilidad por el dinamismo propio de la cubierta vegetal. Sin embargo, dentro de la inestabilidad que parece haber dominado el comportamiento paisajístico entre 1957 y 2000, el proceso seguido por cada categoría fue muy diferente. En la Tabla 2 se anotan los resultados de la aplicación del índice de estabilidad a las categorías de paisaje.

Las categorías más estables fueron, si prescindimos del núcleo de población y los peñascos sin cambio alguno, el bosque denso y los pastos supraforestales. El proceso de sucesión vegetal avanza hacia la creación de cubiertas boscosas densas (sindinamia) con tendencia hacia la etapa clímax que finaliza dicha evo-

<i>Categorías de paisaje</i>	<i>Índice de estabilidad</i>
1: Pastos supraforestales	0,8087
2: Pastos supraforestales con matorral	0,3165
3: Bosque denso	0,8510
4: Bosque claro	0,1249
5: Bosque de repoblación	1,0000
6: Matorral claro	0,0072
7: Matorral denso	-0,0049
8: Campos abandonados con matorral claro	0,1477
9: Campos abandonados con matorral denso	0,1027
10: Parcelas con aprovechamiento agrario (cultivos, prados)	0,4283
11: Roca sin cobertura vegetal	1,0000
12: Núcleo de población	1,0000
TOTAL	0,3897

Tabla 2. Índice de estabilidad de cada una de las categorías de paisaje (1957-2000).
Table 2. Stability index of each landscape category (1957-2000).

lución (MARGALEF, 1977). Cuando se llega a la situación de bosque denso, las transformaciones que se producen se limitan a la sustitución de unas especies arbóreas por otras que constituyen una vegetación más adaptada al piso vegetal (normalmente la sustitución de pináceas por quercíneas). Estas transformaciones afectan poco a la estructura visual del paisaje en la escala y con las fuentes que estamos trabajando. La consolidación de bosques densos constituye la última de las etapas de evolución paisajística. Cuando aumenta la vegetación estable, las transformaciones son prácticamente nulas a escala humana. Por este motivo, el bosque denso de Borau ha constituido la categoría más estable en el valle con pocos cambios en su aspecto en los últimos 43 años. El bosque denso, sin embargo, no ha tenido una estabilidad máxima ($E = 1$) porque las actuaciones humanas en forma de talas redujeron la densidad y cambiaron su aspecto.

En el caso de los pastos supraforestales la estabilidad responde a otros factores. El alto índice de estabilidad no se debe a que esta cobertura constituya la vegetación climax (el piso subalpino estaba ocupado originalmente por bosques de *Pinus uncinata*) en las áreas que ocupa y, por lo tanto, que haya llegado al estadio final de sucesión con una gran estabilidad estructural. La estabilidad de los pastizales supraforestales responde al aprovechamiento antrópico, ya que son las áreas que soportan la mayor presión ganadera del valle mediante pastoreo estival. La extracción de fitomasa por parte del ganado frena el proceso de sucesión vegetal, lo que permite la estabilidad paisajística de los pastos de forma «artificial».

Otras categorías paisajísticas se han caracterizado por una situación de inestabilidad. El bosque claro ha sido una categoría visual de transición. Ahora ocupa áreas anteriormente dominadas por matorrales. En los campos abandonados se produce una progresiva densificación de los matorrales y la introducción de los primeros árboles (MOLINILLO *et al.*, 1997). En un primer momento se crean bosquetes jóvenes muy ralos, pero conforme maduran los ejemplares y surgen árboles nuevos el bosque claro se convierte en un bosque denso, pasando a otra categoría paisajística. Esta es la explicación de la baja estabilidad del bosque claro, ya que la mayor parte de la superficie que ocupaba en 1957, debido al proceso de sucesión vegetal, ha terminado por convertirse en bosque denso. Este proceso explica también la baja estabilidad de las áreas de matorral, ya que aumenta su densidad cambiando de aspecto, y progresivamente, debido al abandono humano de las actividades agrarias y ganaderas, se convierten en bosques.

4.3 Evolución de la estructura del paisaje

Las transformaciones paisajísticas en el valle de Borau no se han limitado a cambios superficiales en las diferentes categorías de paisaje. La inestabili-

dad se aprecia más en el cambio de su estructura, ya que las unidades de paisaje (teselas) han sufrido importantes cambios en su distribución, forma y tamaño a lo largo de la segunda mitad del siglo xx. La tabla 3 indica la evolución de la estructura del paisaje entre 1957 y 2000.

En 1957 el mosaico que presentaban las diferentes categorías de paisaje originaba una estructura con predominio de unidades grandes: 37,3 ha. de promedio en las teselas suponía un tamaño considerable para un ámbito montañoso como el valle de Borau, donde la diversidad topográfica y las actividades humanas confieren al paisaje una heterogeneidad muy superior a la propia de áreas llanas. Este tamaño promedio se debía a la existencia de unidades homogéneas de considerable continuidad y tamaño (campos abandonados de matorral claro y pastos supraforestales) que conferían homogeneidad paisajística. Los pastos supraforestales y las áreas ocupadas por campos abandonados con matorral constituían teselas de importante tamaño medio (87,3 ha. y 67,8 ha., respectivamente). El paisaje mantenía todavía el predominio de elementos humanos. El año 1957 refleja, pues, una situación en la estructura del paisaje que se asemejaría a la predominante durante el sistema tradicional, aunque con una heterogeneidad mayor, ya que los cultivos en ladera se habían abandonado en su práctica totalidad y, por tanto, las unidades de paisaje se habían hecho más pequeñas.

Entre los años 1957 y 1978 los cambios experimentados por la estructura del paisaje fueron muy importantes. El tamaño medio de las teselas se redujo a 27,2 ha en 1978 dando lugar a una mayor fragmentación y heterogeneidad en la estructura del paisaje que en 1957. Esta evolución estuvo dominada

Categorías de Paisaje	1957		1978		1990		2000	
	nº teselas	promedio tesela						
1: Pastos supraforestales	8	87,34	8	85,38	8	78,87	8	79,40
2: Pastos supraforestales con matorral	10	10,71	8	13,24	15	9,07	15	9,10
3: Bosque denso	16	34,66	14	52,03	17	56,27	17	70,52
4: Bosque claro	15	31,82	40	14,92	43	14,00	34	18,85
5: Bosque de repoblación	1	27,21	2	158,98	2	162,03	2	162,03
6: Matorral	8	14,56	4	3,13	10	1,03	3	0,69
7: Matorral denso	5	43,95	19	4,54	11	8,83	5	4,07
8: Campos abandonados con matorral	14	67,89	17	33,97	18	23,97	13	28,38
9: Campos abandonados con matorral denso	19	23,77	25	26,45	9	65,22	4	113,28
10: Parcelas con aprovechamiento agrario (cultivos, prados)	9	43,54	7	31,86	3	71,55	3	71,55
11: Roca sin cobertura vegetal	6	31,05	6	31,20	5	37,97	5	37,06
12: Núcleo de población	1	4,88	1	6,43	1	6,37	1	6,37
Total	112	37,3	151	27,7	142	29,8	110	38,06

Tabla 3. Evolución de la estructura del paisaje (total y categorías particulares)
 Table 3. Evolution of landscape structure (total and particular categories)

por el proceso de sucesión vegetal, ya que en los campos abandonados se diferenciaron áreas de mayor o menor cobertura de matorral según la edad de su abandono, y se desarrollaron bosques incipientes (MONTSERRAT, 1990). Este proceso aumentó la diversidad visual del paisaje. Sin el esfuerzo humano propio del sistema tradicional, el medio natural reaccionó incrementando su diversidad, lo que se manifestó en la convivencia de teselas en distinto estadio evolutivo.

El proceso de naturalización que condujo a un incremento de diversidad paisajística en el año 1978 ha continuado; sin embargo, las consecuencias han sido muy diferentes. La tendencia hacia una mayor diversidad estructural se invierte a partir de 1978, y en el año 1990 se asiste ya a un incremento en 2,1 ha. en el tamaño medio de las teselas, incremento intensificado en la década de 1990. La inversión del proceso y la creciente pérdida de diversidad paisajística desde 1978 se favoreció por el aumento de masas boscosas que han colonizado antiguos campos de cultivo ocupados por matorral. Los bosques han alcanzado una gran densidad, lo que ha hecho que las anteriormente inconexas teselas forestales se unan y originen superficies continuas, más grandes, de bosque denso. Esta evolución ha llevado, en un breve periodo de tiempo, a una homogeneidad paisajística muy superior a la mantenida durante el sistema anterior, ya que los tres niveles tradicionales de ocupación (pastos supraforestales, bosques y campos de cultivo) se han convertido casi en dos: pastos supraforestales (en los que avanzan las masas forestales) y bosques, por la pérdida del nivel agrícola.

La Figura 2 resume la evolución de la estructura del paisaje entre 1957 y 2000. El paisaje ha evolucionado desde una situación inicial de homogeneidad, caracterizada por el predominio de campos cultivados durante el sistema tradicional o de matorral tras el abandono generalizado, a otra de heterogeneidad en la que se producía la coexistencia de pequeñas teselas de bosque más o menos denso y matorral. Finalmente, el paisaje ha avanzado hacia una situación de menor diversidad; actualmente predominan masas continuas y homogéneas de bosque denso que constituyen unidades de paisaje mayores. Existe, pues, un periodo de evolución del paisaje y de inestabilidad intermedia que supone un paréntesis entre dos situaciones de homogeneidad paisajística que, sin embargo, tienen notables diferencias entre sí, ya que en el periodo inicial dominaban los rasgos culturales, mientras que ahora se impone un dinamismo ecológico natural.

La Figura 3 muestra la evolución del porcentaje que representan los distintos intervalos de frecuencia en el tamaño de las teselas entre 1957 y 2000. En todos los años estudiados predominan unidades de paisaje pequeñas, de menos de 50 ha, aunque con oscilaciones a lo largo del tiempo. En 1957 suponían un 81,2%, aumentando en 1978, como consecuencia de la fragmentación

TRANSFORMACIONES EN EL PAISAJE PIRENAICO COMO CONSECUENCIA DEL ABANDONO...

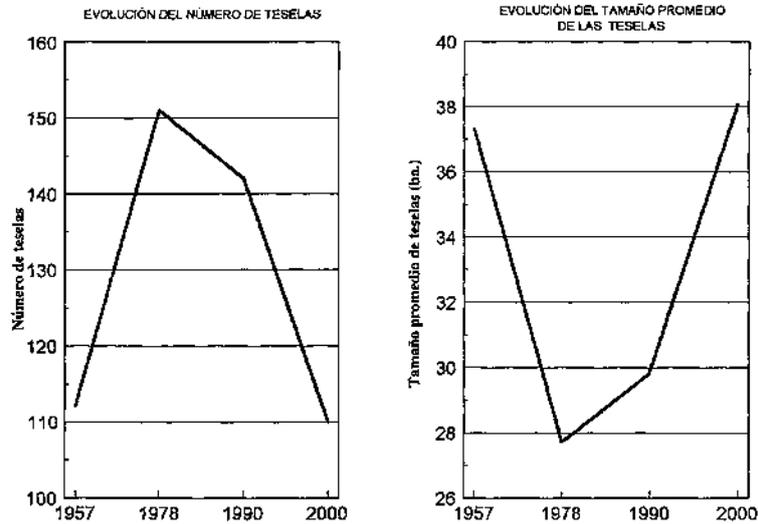


Figura 2. Evolución de la estructura del paisaje en Borau (1957-2000).
 Figure 2. Evolution of landscape structure in Borau (1957-2000).

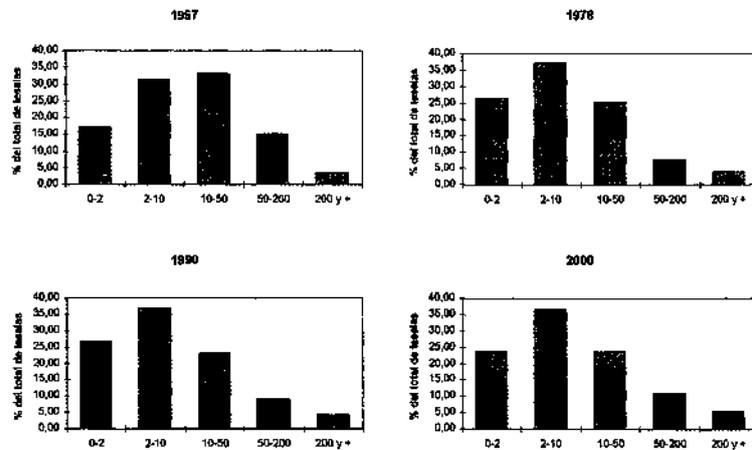


Figura 3. Peso porcentual de los intervalos de frecuencia de unidades del paisaje (1957-2000).
 Figure 3. Percentage weight of frequency intervals of landscape units (1957-2000).

del paisaje, hasta el 88,7%; a partir de dicha fecha se reduce el porcentaje, y en el año 2000 representan un 83,6%. Las teselas de más de 50 ha presentan un número mucho menor pero, debido a que concentran el mayor porcentaje

superficial del valle, muestran con gran nitidez los cambios que ha experimentado la estructura paisajística. En el año 1957 las teselas mayores de 50 ha representaban un 18,7% del total. En 1978 sólo eran un 11,2%. En 1990 el porcentaje subió hasta un 13,3% y en el año 2000 al 16,3%.

En 1957 el intervalo de frecuencia predominante era el de las teselas entre 10 y 50 ha (33%), mientras que en 1978 lo era el intervalo entre 2 y 10 ha, señal inequívoca de la transformación estructural hacia una mayor diversidad paisajística. En 1990 se aprecian escasos cambios respecto a 1978, sólo conviene destacar que las teselas por encima de 50 ha suponen un porcentaje superior al de 1978, lo que indica un proceso de homogeneización e incremento en el tamaño medio de las unidades de paisaje y, por consiguiente, la inflexión del proceso de evolución paisajística. En el año 2000 ya se aprecian cambios más significativos en este sentido; los intervalos de frecuencia superiores a 50 ha aumentan considerablemente y, entre ellos, el intervalo de más de 200 ha adquiere mayor peso que en 1957 (5,4% frente a 3,5%). Sin embargo, en el año 2000 el intervalo más representado corresponde a teselas entre 5 y 10 ha, por lo que aunque se haya incrementado el número de teselas grandes, las de tamaño intermedio se han mantenido respecto a la fase de mayor heterogeneidad. Este hecho indica que la homogeneidad e incremento superficial de las unidades de paisaje no se produce por la fusión de unidades de tamaño pequeño, sino por la captura de las más pequeñas por parte de las masas forestales grandes. Debido a dicho proceso se puede afirmar que el paisaje, aún en el año 2000, está todavía en una situación transicional, ya que permanecen pequeñas unidades que, conforme adquieran cubierta arbórea, serán absorbidas por otras mayores. La heterogeneidad paisajística será menor y aumentarán las masas boscosas densas y continuas, salvo que algún acontecimiento brusco (incendio, fundamentalmente) interrumpa el proceso.

El análisis evolutivo de la superficie en los distintos intervalos de frecuencia es muy representativo para determinar la evolución paisajística del valle de Borau (Figura 4). Las teselas de menor tamaño (0-10 ha), a pesar de constituir el mayor porcentaje en el total de teselas, tienen escaso peso superficial, sin llegar a superar en ningún año el 8%. El año en que dicho intervalo presenta un valor mayor es 1978 (7,5%), condicionado por el incremento de la diversidad y fragmentación paisajística. Las teselas de tamaño medio (entre 10 y 50 ha) agrupan mayor superficie, fundamentalmente en 1978 (22% del total). A partir de ese año, por la fusión de diferentes unidades de paisaje, aparecen teselas de mayor tamaño, lo que se refleja en la pérdida de teselas entre 10 a 50 ha.

Las unidades de tamaño superior han sufrido importantes oscilaciones. El intervalo entre 50 y 200 ha era el que agrupaba mayor porcentaje de superfi-

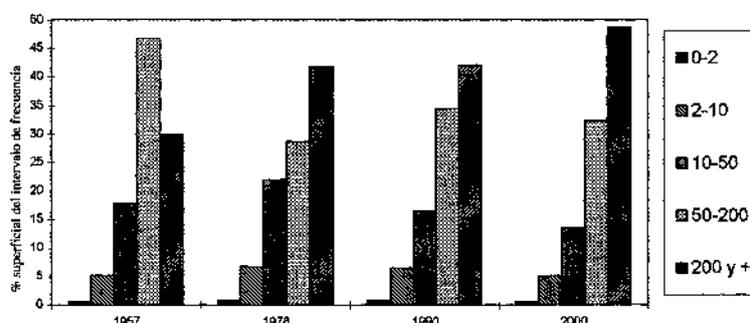


Figura 4. Peso superficial de los diferentes intervalos de frecuencia en los años de estudio.
 Figure 4. Surface weight of the different frequency intervals in the years of the study.

cie en el año 1957, fecha aún poco alejada del sistema tradicional. Cuando dicho sistema se desmoronó, progresó el matorral en campos abandonados, con mayor o menor densidad según la topografía, fertilidad, profundidad del suelo y presión ganadera, quedando individualizadas así una serie de unidades grandes que no superaban las 200 ha. Las separaciones y la compartimentación se solían producir entre solanas y umbrías o entre áreas a distintas altitudes. A partir de 1957 dicho intervalo pierde peso superficial como consecuencia de la fragmentación paisajística y por el incremento del tamaño de las unidades de paisaje que superan las 200 ha, fundamentalmente pinares que constituirán paulatinamente masas más grandes y continuas. En el año 2000, la tesela de mayor tamaño, formada por bosque denso, tiene una superficie de 707,2 ha., lo que representa el 16,8% de la superficie del valle, y las 6 teselas con más de 200 ha ocupan el 48,6% del área total, lo que indica una pérdida en heterogeneidad y diversidad en el paisaje en los últimos años.

4.4 Dominancia del paisaje

El índice de dominancia del paisaje aplicado al valle de Borau en las fechas estudiadas (Figura 5) permite apreciar una evolución paralela a la experimentada por la estructura paisajística, lo que corrobora la existencia de un proceso de inestabilidad entre dos situaciones de homogeneidad. En 1957 hallamos el mayor valor. Esto se debe al predominio visual de los campos abandonados que constituían el elemento dominante. El elevado valor del indicador se veía favorecido porque en el resto del valle dominaban los pastos supraforestales, en los niveles más altos, y el bosque denso continuo en una franja altitudinal comprendida entre 1.400 y 1.700 m.

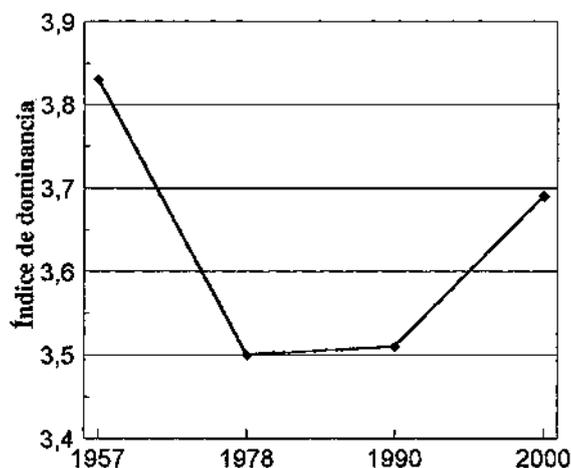


Figura 5. Evolución de la dominancia del paisaje en Borau (1957-2000).
 Figure 5. Evolution of landscape dominance in Borau (1957-2000).

En 1978, debido al proceso de sucesión vegetal y de la fragmentación de los campos abandonados en diferentes categorías paisajísticas, el índice de dominancia se redujo, lo que nos indica de nuevo un aumento de la diversidad. A partir de 1978 aumentó el valor del indicador como consecuencia del incremento de las masas boscosas. Sin embargo, el valor de dominancia paisajística en el año 2000 es inferior al de 1957, al contrario de lo que sucedía con la estructura del paisaje. Esto se debe a que por debajo de la categoría dominante de bosque denso no destaca superficialmente ninguna categoría, estableciéndose un equilibrio y regularidad entre las mismas que contrasta con la dominancia general del bosque denso. Este equilibrio entre categorías de paisaje no se producía en 1957, ya que el dominio de campos abandonados, bosques y pastos hacía que el resto quedara superficialmente a gran distancia.

4.5 Variación de la geometría del paisaje (Dimensión fractal)

El hombre tiende, por norma general, a regularizar la estructura del paisaje. Sin embargo, en la explotación del territorio de las áreas de montaña, debido a la variedad topográfica, se hace muy elevada la complejidad en la forma de las unidades del paisaje, tanto en el caso de las naturales como en las antropizadas. La Tabla 4 muestra los valores de dimensión fractal para las diferentes categorías y para el total en los periodos estudiados. La evo-

Categorías de paisaje	1957		1978		1990		2000	
	F	R ²						
1: Pastos supraforestales	1,25	0,99	1,22	0,99	1,28	0,99	1,29	0,99
2: Pastos supraforestales con matorral	1,42	0,90	1,57	0,83	1,20	0,95	1,19	0,95
3: Bosque denso	1,15	0,98	1,30	0,98	1,30	0,97	1,32	0,98
4: Bosque claro	1,16	0,97	1,21	0,95	1,24	0,97	1,19	0,96
5: Bosque de repoblación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6: Matorral claro	1,04	0,88	0,00	0,00	1,15	0,88	0,00	0,00
7: Matorral denso	1,06	0,96	0,00	0,00	1,17	0,95	1,03	0,94
8: Campos abandonados con matorral claro	1,23	0,97	1,21	0,98	1,01	0,94	1,00	0,95
9: Campos abandonados con matorral denso	1,02	0,94	1,10	0,94	1,17	0,94	1,01	0,96
10: Parcelas con aprovechamiento agrario (cultivos, prados)	1,49	0,99	1,59	0,99	1,55	0,98	1,55	0,98
11: Roca sin cobertura vegetal	1,16	0,97	1,26	0,99	1,23	0,99	1,27	0,99
12: Núcleo de población	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	1,20	0,96	1,08	0,94	1,13	0,94	1,15	0,95

Tabla 4. Evolución de la dimensión fractal en Borau (1957-2000).

Table 4. Evolution of the fractal dimension in Borau (1957-2000).

lución de los valores totales sigue la tendencia general de la estructura y dominancia del paisaje. La dimensión fractal presenta el valor más alto en 1957, debido a que en este momento las unidades de paisaje son más grandes y presentan un perímetro mayor. En el periodo de transición, cuando avanza el proceso de sucesión vegetal (1978 y 1990), aumenta el número de unidades de paisaje y disminuye su tamaño, lo que implica menor complejidad por sus perímetros más pequeños. En el año 2000, con un incremento del tamaño de las teselas, se llega a perímetros más grandes y a una mayor complejidad.

La mayor dimensión fractal se ha obtenido, aunque parezca paradójico, en el espacio más antropizado de campos de cultivo, ya que se trata de un área que, a pesar de perder superficie a lo largo del periodo estudiado, ha formado siempre una masa continua, constituida por las tierras más fértiles del fondo del valle y laderas próximas. El espacio cultivado se adaptó a la forma longitudinal e irregular del valle, por lo que el hombre tuvo un papel secundario en la morfología de estas áreas. Mucho mayor fue la influencia en los sectores de campos abandonados, donde la transformación afectó a las laderas bajas, con una regularidad en sus perímetros mucho mayor que el área cultivada del fondo del valle.

Las transformaciones generales sufridas en la dimensión fractal indican una fase con reajuste del paisaje por cambio hacia estructuras nuevas.

5. Discusión y conclusiones

Los distintos indicadores y el análisis utilizado para el estudio del paisaje pirenaico, tomando como ejemplo el valle de Borau, permiten afirmar que las transformaciones experimentadas por el paisaje han sido muy notables a lo largo del siglo xx. Durante la segunda mitad del siglo el 53,7% del territorio ha cambiado su categoría de paisaje, mientras que el 46,3% restante continúa en la misma categoría. Con el sistema tradicional el hombre mantenía un paisaje mucho más diversificado aún que los naturales (CABERO, 1980; GARCÍA FERNÁNDEZ, 1981; RUIZ & RUIZ, 1989). Sin embargo, como consecuencia de la búsqueda de facilidades para la explotación del territorio, llevó a cabo una homogeneización y creación de unidades superficiales grandes que le permitieran el laboreo de la tierra y el pastoreo del ganado con el menor aporte de mano de obra; la división del espacio agrícola en dos hojas (barbecho y cereal) que alternaban de uso cada año responde tanto a la necesidad de recuperar la fertilidad de los campos como al deseo de facilitar la gestión del territorio (GARCÍA FERNÁNDEZ, 1966; LASANTA, 1989; MONTSERRAT, 1984). El abandono de las prácticas tradicionales se produjo básicamente a lo largo de la primera mitad del siglo xx, si bien el proceso continuó de forma más mitigada durante la segunda mitad. La consecuencia inicial fue el incremento progresivo de la diversidad paisajística, por las unidades humanizadas previamente y muy compartimentadas ahora por un dinamismo diverso que recupera la masa forestal. En el valle de Borau se llegó a la máxima compartimentación en la década de 1970, cuando se producía un predominio de pequeñas unidades de paisaje con la convivencia de áreas de vegetación herbácea, arbustiva y arbórea, fruto de las diferencias de colonización vegetal.

En las décadas de 1980 y 1990 el paisaje ha perdido diversidad. Los muchos años transcurridos desde el abandono de las prácticas tradicionales han llevado a un estadio en el proceso de sucesión vegetal en el que se han colonizado amplias áreas del territorio por bosques de coníferas. Esto hace que ahora el bosque ocupe grandes superficies continuas, que confieren al paisaje una escasa diversidad visual. Todo el proceso ha estado dominado por la recuperación de la naturalidad paisajística en detrimento de elementos culturales. La impronta de la mano del hombre en la conformación del paisaje se aprecia cada vez en menor medida; la vegetación lo envuelve todo, haciéndose el elemento dominante y ocultando las infraestructuras agrarias y bordas pastoriles construidas para el aprovechamiento tradicional del espacio.

El paisaje pirenaico está pasando por una etapa de transición hacia la recuperación de un estadio de mayor naturalidad. El hombre transformó paulatinamente la vegetación original y alteró enormemente el paisaje pirenaico durante las primeras fases de explotación. Posteriormente mantuvo su estabi-

lidad durante siglos con el aporte de mano de obra y energía (GARCÍA-RUIZ, 1990b). En el siglo XX, al cesar dicho aporte, cada paisaje pierde la estabilidad «artificial» y se activa una sucesión hacia el equilibrio primitivo, o sea el forestal. Sin embargo, este proceso de transformación es muy lento, y conduce a una etapa de inestabilidad con estadios iniciales en los que se gana diversidad y otro estadio posterior que agrupa las unidades naturales, forma el bosque, y se pierde diversidad. La creciente homogeneidad paisajística, fruto del avance de la sucesión vegetal, esquematiza bien el dinamismo forestal.

Este proceso supone la pérdida de espacios cuyo valor cultural, histórico, económico y ecológico es muy importante (MONTSERRAT, 1968). Se asiste, así, a la disminución de recursos pastorales por el progresivo «embastecimiento» de la vegetación herbácea (MONTSERRAT, 1964; BAUDRY, 1991) con deterioro de la calidad estética y posible atractivo turístico del paisaje (RUIZ & GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, 1983), por lo que los efectos negativos del abandono humano son muy patentes. No obstante, el proceso también tiene importantes efectos positivos. En este sentido, LASANTA & GARCÍA-RUIZ (1999) señalan que la matorralización de los antiguos campos de cultivo implica la disminución de las tasas de erosión y la mejora de la calidad del agua que llega a los ríos. Por otro lado, la pérdida de diversidad paisajística en forma de colonización boscosa y el incremento de la homogeneidad son consecuencia de la recuperación de la vegetación original que provocará a medio y largo plazo una mayor calidad ecológica y un menor riesgo de incendio, lo que traerá consigo ventajas en forma de atracción turística, menor erosión, mayor calidad de las aguas, mejora de hábitats para la fauna, etc... Sin embargo, hasta que se alcance la homogeneidad natural se produce un tránsito inestable con una heterogeneidad paisajística muy negativa: la colonización por especies arbustivas y arbóreas generalistas y pirófitas hacen que el paisaje pierda su valor ambiental y económico, y se incrementa de forma importante el riesgo de sufrir un incendio forestal, lo que detendría el proceso de sucesión, reactivaría la erosión y retrasaría la llegada a una situación de homogeneidad natural (GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, 1991; VICENTE SERRANO, 2000).

Una solución para la coexistencia de elementos culturales y naturales valiosos podría estar en el mantenimiento de las áreas antropizadas de menor riesgo de incendio y mayor potencial económico y ecológico, como son los pastos supraforestales y los prados de fondo de valle, en contacto con los setos y el bosque natural. La ganadería extensiva cumpliría, en este sentido, un papel muy importante en el mantenimiento de la diversidad biológica, en la complejidad y estética del paisaje y en la sostenibilidad de los recursos. El problema radica, sin embargo, en el envejecimiento de la población pirenaica que lleva al progresivo descenso ganadero, lo que conduce al abandono de los espacios

humanizados y al tan lento como peligroso proceso de las fases transitorias, pioneras, con el matorral y árboles incendiables, de recuperación lenta y difícil.

Agradecimientos. Este trabajo ha contado con el apoyo de los proyectos: *Water resources management in a changing environment: the impact of sediment on sustainability* (WARMICE, ENV 4-CT98-0789), financiado por la Comisión Europea; *La recuperación del espacio agrícola como estrategia de gestión integrada del territorio en áreas de montaña: El ejemplo de los altos valles del Aragón y del Gállego*, (P049/2000), financiado por la Diputación General de Aragón, y *La identificación de las fuentes de sedimento y áreas generadoras de escorrentía en relación con los cambios de uso del suelo* (REN 2000-1709-C04-01/GLO). S. M. Vicente contó con una ayuda de la Institución Fernando el Católico (Diputación de Zaragoza) en 2000.

Referencias

- ANGLADA, S.; BALCELLS, E.; CREUS, J.; GARCÍA-RUIZ, J. M.; MARTÍ-BONO, C.E. & PUIGDEFÁBREGAS, J. (1980). *La vida rural en la montaña española (orientaciones para su promoción)*. Instituto de Estudios Pirenaicos, 133 pp., Jaca.
- BALCELLS, E. (1985). Reciente transformación de la cabaña ganadera. *III Coloquio Nacional de Geografía Agraria*: 163-237. Cáceres.
- BAUDRY, J. (1991). Ecological consequences of grazing extensification and land abandonment: Role of interactions between environment, society and techniques. *Options Méditerranéennes*. Serie A-15: 13-19
- BAZIN, G. (1981). Integration marchande et évolution des systèmes agraires montagnards: le cas des Domes (Massif Central). *Seminario sobre la Supervivencia de la montaña*. Madrid.
- CABERO, V. (1980). *Espacio agrario y economía de subsistencia en las montañas galaico-leonesas*. Institución «Fray Bernardino de Sahagún». CSIC-Universidad de Salamanca: 134 pp. León.
- CABERO DIÉGUEZ, V. (1996). Los paisajes rurales: contrastes y procesos de transformación. *Seminario de Paisaje y Medioambiente*, 2-7 julio de 1996. 75-90. Universidad de Valladolid.
- CROW, T. R.; HOST, G. E. & MLADENOFF, D. J. (1999). Ownership and ecosystem as sources of spatial heterogeneity in a forested landscape, Wisconsin, USA. *Landscape Ecology*, 14: 449-463.
- CHAUVELIER, F. (1987). *Reboisements et aménagement de l'espace: l'exemple de la province de Huesca (Espagne)*. Tesis doctoral. Universidad de Burdeos.

- DAUMAS, M. (1976). *La vie rurale dans le Haut Aragon Oriental*. CSIC. 774 pp. Madrid.
- DE PABLO, C. L.; MARTÍN, P.; GÓMEZ SAL, A. & PINEDA, F. D. (1988). Descriptive capacity and indicative value of territorial variables in ecological cartography. *Landscape Ecology*, 1: 203-211.
- DUGUY, B. (1998). *Reconstrucción de los cambios en los usos del suelo y en la estructura del paisaje (1956-1994). Interacción con los incendios*. Tesis Master of Science. CIHEAM: 207 pp., Zaragoza.
- FERNÁNDEZ ALÉS, R.; MARTÍN, A.; ORTEGA, F. & ALÉS, E. E. (1992). Recent changes in landscape structure and function in a mediterranean region of SW Spain (1950-1984). *Landscape Ecology*, 7: 3-18.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J. (1966). Campos abiertos y campos cerrados en Castilla la Vieja. *Homenaje al Excmo. señor don Amando Melón*: 117-131, Zaragoza.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J. (1981). *Organización del espacio y economía rural en la España atlántica*. Siglo XXI: 331 pp., Madrid.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. (1976). *Modos de vida y niveles de renta en el Prepirineo del Alto Aragón Occidental*. Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 106: 272 pp. Jaca.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. (1988). La evolución de la agricultura de montaña y sus efectos sobre la dinámica del paisaje. *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 146: 7-37.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. (1990a). La montaña: una perspectiva geoecológica. En *Geoecología de las áreas de montaña*. (J. M. García-Ruiz, ed.). Geoforma Ediciones: 15-31, Logroño.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. (1990b). El viejo dilema: estabilidad e inestabilidad de los ecosistemas de montaña. En *Geoecología de las áreas de montaña*. (J. M. García-Ruiz, ed.). Geoforma Ediciones: 313-337, Logroño.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. & VALERO GARCÉS, B. (1997). Procesos geomórficos históricos y su relación con la actividad humana en el Pirineo central español. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 22-23: 33-56.
- GÓMEZ SAL, A. (1995). El paisaje agrario desde la perspectiva de la ecología. *Ciclo de agricultura y ecología*. Fundación Bancaja: 145-182. Valencia.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Blume: 250 pp. Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1991). Ecological consequences of the abandonment of traditional land use systems in Central Spain. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires*, 15: 23-29.
- HUNZIKER, M. & KIENAST, F. (1999). Potential impacts of changing agricultural activities on scenic beauty - a prototypical technique for automated rapid assessment. *Landscape Ecology*, 14 (2): 161-176.

- KIENAST, F. (1993). Analysis of historic landscape patterns with a Geographical Information System- a methodological outline. *Landscape Ecology*, 8 (2): 103-118.
- LASANTA, T. (1989). *Evolución reciente de la agricultura de montaña: El Pirineo aragonés*. Geoforma Ediciones, 220 pp. Logroño.
- LASANTA, T. (1990). Diversidad de usos e integración espacial en la gestión tradicional del territorio en las montañas de Europa occidental. En: *Geoecología de las áreas de montaña*. (Ed. García-Ruiz, J. M.) Geoforma Ediciones: 235-266. Logroño.
- LASANTA, T. y GARCÍA-RUIZ, J. M. (1998). La gestión de los usos del suelo como estrategia para mejorar la producción y la calidad del agua. Resultados experimentales en el Pirineo central español. *Cuadernos de Investigación Geográfica* (24): 39-57.
- LOVEJOY, S. (1982). Area-perimeter Relation for Rain and Cloud Areas. *Science*, 216: 185-187.
- MANDELBROT, B. B. (1983). *The fractal geometry of nature*. W. H. Freeman and Company. New York.
- MARGALEF, R. (1977). *Ecología*. Omega. Barcelona.
- MARTÍNEZ de PISÓN, E. (1996). El concepto de paisaje como instrumento de conocimiento ambiental (Soria). *Seminario de Paisaje y Medioambiente*, 2-7 julio de 1996. 9-21. Univ. de Valladolid.
- MASSON, Ph. (1999). Effet du pâturage sur le contrôle de la strate arbustive sous suberaie: analyse du territoire de 4 élevages dans les Pyrénées méditerranéennes (France). *Options Méditerranéennes*, B-27: 165-172.
- MLADENOFF, D. J.; WHITE, M. A.; PASTOR, J. & CROW, T. R. (1999). Comparing spatial pattern in unaltered old-growth and disturbed forest landscapes. *Ecol. Appl.* 3: 294-306.
- MOLINILLO, M.; LASANTA, T. & GARCÍA-RUIZ, J. M. (1997). Managing mountainous degraded landscapes after farmland abandonment in the central spanish Pyrenees. *Environmental Management*, 21 (4): 587-598.
- MONTSERRAT, P. (1964). Ecología del pasto. *Publicaciones del Centro Pirenaico de Biología Experimental*, 1: 22 pp., Jaca.
- MONTSERRAT, P. (1968). Los pastos pirenaicos y su importancia económica. *Pirineos*, 87-90: 133-152.
- MONTSERRAT, P. (1984). Els ecosistemes pastorals. *Cuadernos de Ecología Aplicada*, 7: 7-29.
- MONTSERRAT, G. (1990). Estudio de la colonización vegetal de campos abandonados del valle de Aisa (Jaca, Huesca). Informe contribución al Proyecto LUCDEME: «Erosión y colonización vegetal en campos abandonados». Jaca.
- MONTSERRAT, J. (1992). *Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: Estudio palinológico*. Monografías Instituto Pirenaico de Ecología, 147 pp., Zaragoza.

- MONTSERRAT, P.; MONTSERRAT, J. M. & MONTSERRAT, G. (1984). Estudio de las comunidades de *Echinopartum horridum* en el Pirineo español. *Acta biol. mont.* IV: 249-257.
- PALLARUELO, S. (1993). *Cuadernos de la trashumancia nº 6. Pirineo Aragonés*. ICONA. 75 pp. Madrid.
- PAN, D.; DOMON, G.; de BLOIS, S. & BOUCHARD, A. (1999). Temporal (1958-1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecology*, 14: 35-52.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. (1981). *El pinar altoaragonés de Pinus sylvestris. Estructura y producción primaria neta*. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. & FILLAT, F. (1986). Ecological adaptation of traditional land-uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 6 (1): 63-72.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987). *Mapa de series de vegetación de España*. ICONA. Madrid.
- ROSENFELD, G. H. & FITZPATRICK-LIUS, K. (1986). A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(2): 223-227.
- RUIZ, J. P. & GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1983). Landscapes perception by its traditional users: the ideal landscape of Madrid livestock raisers. *Landscape Planning*, 9: 279-297.
- RUIZ, M. & RUIZ, J. P. (1989). Landscape perception and technological change in the Central Mountains of Spain. *Landscape and Urban Planning*, 18: 1-15.
- SANCHO COMÍNS, J. (1996). La función del Paisaje: Cartografía analítica y sintética. *Serie Geográfica*, 6: 179-212.
- SHANON, C. E. & WEAVER, W. (1962). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Illinois.
- UBALDE, J. M.; RIUS, J. & POCH, R. M. (1999). Monitorización de los cambios de uso del suelo en la cabecera de cuenca de la Ribera Salada mediante fotografía aérea y S. I. G. (El Solsonés, Lleida, España). *Pirineos*, 153-154: 101-122.
- VICENTE SERRANO, S. M. (2000). *Efectos en la gestión de los recursos de los diferentes sistemas ganaderos de montaña: el caso del valle de Borau*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. 367 pp.
- VILLAR, L. (1982). La vegetación del Pirineo Occidental. *Príncipe de Viana, Suplemento Ciencias*, 2: 263-433.