

EJEMPLO TEÓRICO DE APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE EN LA ORDENACIÓN POR RODALES EN LA CERDAÑA

Anna Ivars Cabrera¹ y Cristina Vega-García²

¹ Consultora forestal independiente. La Volta 1. 17539-ALL (Girona, España). Correo electrónico: annaivcab@hotmail.com

² Departamento de Ingeniería Agroforestal. Universitat de Lleida. Avda Alcalde Rovira Roure 191. 25198-LLEIDA (España). Correo electrónico: cvega@eagrof.udl.es

Resumen

El paradigma actual de la ordenación por rodales sobrepasa su definición clásica como método de ordenación para constituirse en un modo de planificación que considera unidades de gestión espacialmente detalladas y de dimensiones menores a las aplicadas tradicionalmente. Esta mayor definición en la escala de trabajo permite y aconseja tomar en consideración la localización espacial de especies y estructuras de masa de forma explícita. Este trabajo presenta los resultados de aplicar métodos de ecología del paisaje a dos fechas y dos simulaciones temporales de la aplicación de tratamientos prescritos por dos métodos de ordenación sucesivos en el sector central de la montaña de Aransa, La Cerdaña. En primer lugar se generan las distribuciones espaciales de clases naturales de edad/estructuras en 1991 y 2003 (Ordenación por grupo de regeneración estricto), y 2007 y 2019 (Ordenación por rodales) y a continuación se calculan diversos índices para ilustrar y cuantificar los cambios espaciales planificados.

Palabras clave: *Planificación forestal, Análisis espacial, Simulación, Modelización*

INTRODUCCIÓN

Las demandas sociales sobre nuevos usos en los montes han producido cambios sustanciales en los métodos de ordenación aplicados en los últimos años. La ordenación por rodales ha sobrepasado en los últimos años su acepción como método de ordenación clásico para constituirse en una nueva y valiosa filosofía de trabajo. Aunque la consideración de unidades de gestión espacialmente detalladas y de dimensiones reducidas a medias es beneficiosa para la evaluación de recursos forestales y la prescripción de tratamientos selvícolas, la dimensión de las unidades es relevante para la integridad del

hábitat de las especies forestales, o para evaluar efectos recreativos, por ejemplo, y requiere tomar en consideración la localización espacial de especies y estructuras de masa de forma explícita.

Estructura, función y cambios temporales del mosaico del paisaje son el objeto de estudio de la *ecología del paisaje*, ciencia universalmente aceptada como base científica de toda planificación territorial (NAVEH & LIEBERMANN, 1994). La ecología del paisaje aplica métodos cuantitativos al estudio del desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial y sus efectos en los procesos ecológicos, con vistas a la gestión del territorio (RISSER *et al.*, 1984).

Por tanto, se deben considerar las oportunidades que puede proporcionar a una gestión forestal cada vez más detallada y compleja espacialmente. Los métodos cuantitativos desarrollados en el campo de la ecología del paisaje presentan oportunidades para la gestión forestal poco exploradas hasta la fecha.

El objeto de este estudio es ensayar la aplicación de estos métodos en un caso particular, la Montaña de Aransa, en la Cerdeña. Cambios en la percepción social de los usuarios y de los usos de esta montaña han provocado a lo largo de su historia una evolución de su paisaje que pretendemos caracterizar en su período más reciente, en dos fechas: 1991 y 2007, las de sus últimas revisiones de ordenación.

ÁREA DE ESTUDIO

La Montaña de Aransa, propiedad de la EMD de Aransa (La Cerdeña), tiene una superficie total de 1.234,4 ha de las cuales 976,9 ha son arboladas.

La primera ordenación de la “*Muntanya d'Aransa*” se realizó en 1927. La primera revisión tuvo lugar en 1943. En los dos casos se prescribió el método de entresaca regularizada (“ordenar sin transformar”). Sucesivas revisiones en 1958 y 1973 siguieron el método llamado “ordenar transformando” (tramos permanentes). En 1991 se realizó la cuarta revisión con el método del grupo de regeneración estricta (tramo único) (PRIETO Y CANO, 1991); en el cuartel recreativo se planteó el método de entresaca. La ordenación de 2007 se ha realizado por rodales (COLOMINA, 2007).

La evolución de la montaña durante estos años ha estado marcada por cambios en la estructura forestal motivados por el cambio de método de ordenación. La especie principal dominante desde 1927 ha sido el pino negro (*Pinus uncinata*). En la ordenación de 1927 se contabilizaron tan solo 200 abetos (*Abies alba*). Actualmente hay una mayor presencia de esta especie pero las cortas realizadas a lo largo de la historia no la han favorecido, y hoy se distribuye en sólo 12,8 ha. La posibilidad maderera de la Montaña de Aransa ha aumentado considerablemente desde 1927. Se aprecia un aumento significativo a partir de 1991 y especialmente durante los últimos años, hasta el

2007. Durante los primeros años la posibilidad estaba alrededor de los 1.300 m³.año⁻¹; actualmente se ha fijado la posibilidad en 2.311 m³.año⁻¹.

La carga ganadera real de la Montaña de Aransa ha pasado de 396 UGM en 1927 a 132 UGM en 2007. Si inicialmente podían llegar a pastar hasta 1.800 ovejas, actualmente solo suben vacas y alguna yegua. Esta tendencia, generalizable a todo el Pirineo, implica un abandono progresivo de la cabaña ganadera lanar a partir de los años 50. Van cerrándose los pastos de media montaña para transformarse en superficies arboladas, mientras los pastos de alta montaña se preservan con menos transformaciones.

Los usos recreativos de la Montaña de Aransa llevan a plantear mejoras ya en 1973: miradores, áreas de picnic, áreas de acampada o aparcamientos. Hasta ese momento sólo se habían construido refugios con la finalidad de alojar a los trabajadores de la Montaña. En la Ordenación de 1991 se plantea por primera vez un cuartel recreativo y en 1992 se realizan las primeras obras de la estación de esquí nórdico. La ordenación de 2007 incluye un estudio exhaustivo del paisaje por cuencas visuales, motivado por la alta exposición visual de esta montaña.

No es hasta 1991 que se hace referencia a la importancia de especies de fauna delicadas como el urogallo (*Tetrao urogallus*) cuando se planifica un cuartel para la protección estricta del urogallo, que cuenta con tres cantones. En la ordenación de 2007 se plantea la conservación de manera diferente: se cartografían las zonas sensibles de fauna y no se descarta hacer algún tipo de intervención, sino todo lo contrario, se planifican mejoras de determinados hábitats. También se hace un primer análisis de algunos índices de ecología de paisaje aplicados a la situación de 2007, con fines de seguimiento a futuro (área de clase, número de teselas, densidad de teselas, área media, índice de forma, y diversidad de Shannon). En este trabajo, extendemos el análisis de la estructura forestal hacia el pasado.

Como área de estudio se ha seleccionado un sector de la Montaña de Aransa que constituye el corazón de las pistas de esquí nórdico (350,35 ha). Aunque es un sector dedicado principalmente al uso recreativo, este uso no es exclusivo sino que convive con otros usos pastorales, madereros y de conservación biológica.

MÉTODOS

FARINA (1998) ha señalado que los SIG son una herramienta indispensable para la mayoría de investigaciones centradas en la modelización de procesos en el paisaje. Para este ensayo se ha digitalizado el sector central de la *Muntanya d'Aransa* de la ordenación de 1991 (estado forestal y planificación). Se ha generado una nueva capa temática (2003) con la posible evolución del sector a estudiar siendo ésta una hipótesis de lo que podría haber pasado si se hubiera llevado a cabo de manera estricta la planificación de 1991. Por otra parte, se disponía de los planos digitalizados de la ordenación de 2007 (COLOMINA, 2007), tipologías de masa y planificación. Se ha generado igualmente un mapa hipotético de las tipologías de masa futuras, tras la aplicación del plan especial, en 2019. Los cuatro mapas se rasterizaron para su proceso posterior.

La caracterización de la estructura del paisaje forestal es indispensable para poder abordar el estudio de los cambios temporales (MCGARICAL & MARKS, 1994; MLADENOFF & BAKER, 1999). Existen una gran cantidad de publicaciones que proponen índices o métodos descriptivos y cuantitativos de dicha estructura (TURNER, 1987; TURNER & GARDNER, 1991; ASPINALL, 1992; HAINES-YOUNG *et al.*, 1993; MCGARICAL & MARKS, 1994; FARINA, 1998; FORMAN, 1998; TURNER *et al.* 2001; GERGEL

& TURNER, 2002; GUTZWILLER, 2002), aunque según FORMAN (1998), generalmente dos o tres medidas bien seleccionadas son suficientes para contestar cuestiones específicas.

En este caso, se utilizó el programa FRAGS-TATS, desarrollado por MCGARICAL & MARKS (1994), que es una herramienta clásica en estos estudios, y permite el cálculo de numerosos índices a nivel de todo el paisaje, para cada clase e incluso para cada tesela (*patch*). Se calcularon la mayoría de índices disponibles para cada fecha, paisaje y clases naturales de edad y se seleccionaron para su discusión sólo los que mostraron mayor sensibilidad en la cuantificación de los cambios experimentados por la montaña.

RESULTADOS

La figura 1 muestra las clases de edad existentes en la primera fecha analizada, 1991. La figura 2 presenta el resultado de simular la distribución de clases naturales de edad según lo planificado en el Plan Especial del proyecto de 1991, doce años después. Los valores de los índices más relevantes a escala de paisaje para las dos fechas se presentan en la tabla 1. Las tablas 2 y 3 contienen los valores de los índices seleccionados como más informativos correspondientes a las clases naturales de edad en 1991 y 2003.

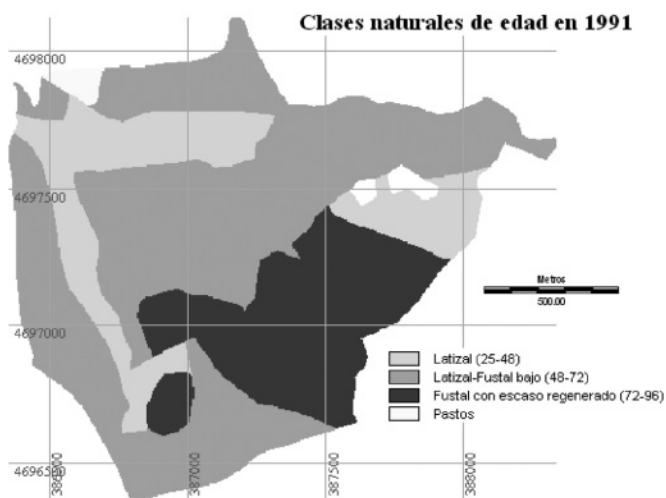


Figura 1. Mapa de clases naturales de edad en 1991

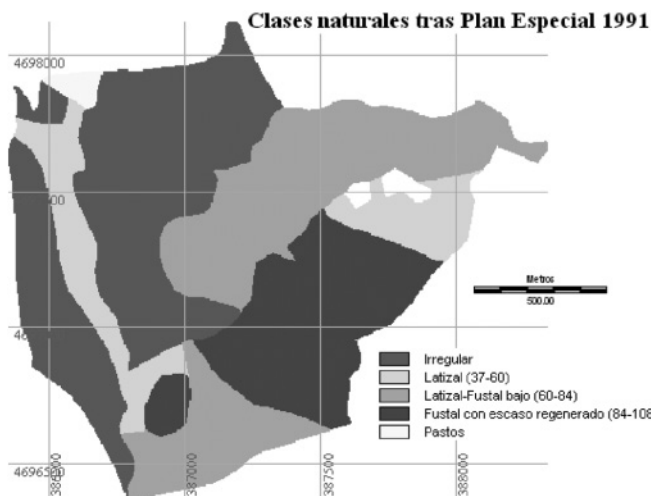


Figura 2. Mapa de clases naturales de edad en 2003 (planificadas)

Índices Paisaje	Área Total	Número Teselas	Longitud de Borde	Área Media	Forma Media	Distancia Media	Mezcla Yuxtaposición	Riqueza Clases	Diversidad Shannon	Equitatividad Shannon	Índice Agregación
1991	350,35	8	10005,00	24,90	1,89	138,84	61,93	4	1,01	0,73	98,78
2003	350,35	10	9925,00	19,92	1,75	231,47	74,08	5	1,36	0,84	98,89

Tabla 1. Índices de paisaje en 1991 y 2003

Índices de clases de edad en 1991	Área Clase	Número Teselas	Longitud de Borde	Área Media	Forma Media	Distancia Media	Mezcla Yuxtaposición	Índice de Agregación
Latizal (25-48 años)	37,73	2	6760,00	18,86	2,28	325,96	49,37	98,13
Latizal-Fustal bajo (48-72 años)	114,24	3	8710,00	38,08	2,15	55,89	71,92	98,79
Fustal a regenerar (72-96 años)	45,39	2	4075,00	22,70	1,41	76,16	54,97	99,31
Pastos	1,86	1	465,00	1,86	1,31	N/A	48,62	98,81

Tabla 2. Índices de clase en 1991

Índices de clases de edad en 2003 (planificación)	Área Clase	Número Teselas	Longitud de Borde	Área Media	Forma Media	Distancia Media	Mezcla Yuxtaposición	Índice de Agregación
Masa Irregular	72,68	3	6005,00	24,23	1,77	51,69	71,62	98,96
Latizal (37-60 años)	25,31	2	5310,00	12,65	2,28	715,05	68,41	97,70
Latizal-Fustal bajo (60-84 años)	59,73	2	4715,00	29,87	1,83	160,00	73,39	98,99
Fustal a regenerar (84-108 años)	39,64	2	3355,00	19,82	1,32	89,02	62,50	99,38
Pastos	1,86	1	465,00	1,86	1,31	N/A	38,53	98,81

Tabla 3. Índices de clase en 2003

La figura 3 muestra las clases de edad en 2007, el momento en que se aborda la ordenación por rodales. La figura 4 refleja la distribución espacial

esperada después de la aplicación de los tratamientos selvícolas planificados para el primer semiperíodo (12 años), en 2019. La tabla 4 recoge los

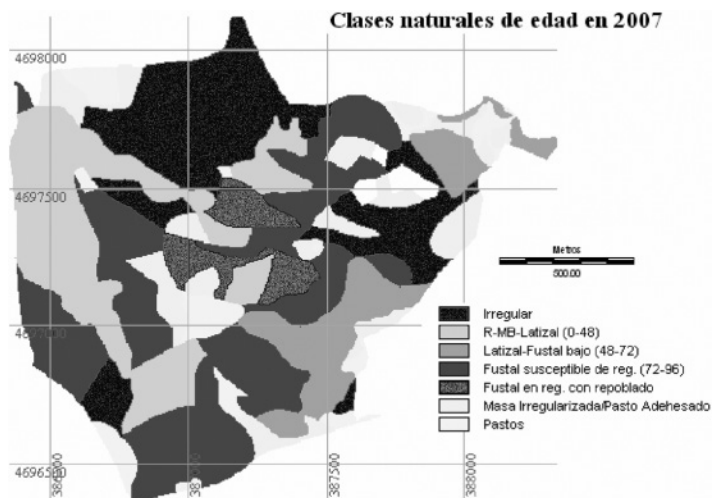


Figura 3. Mapa de clases naturales de edad en 2007

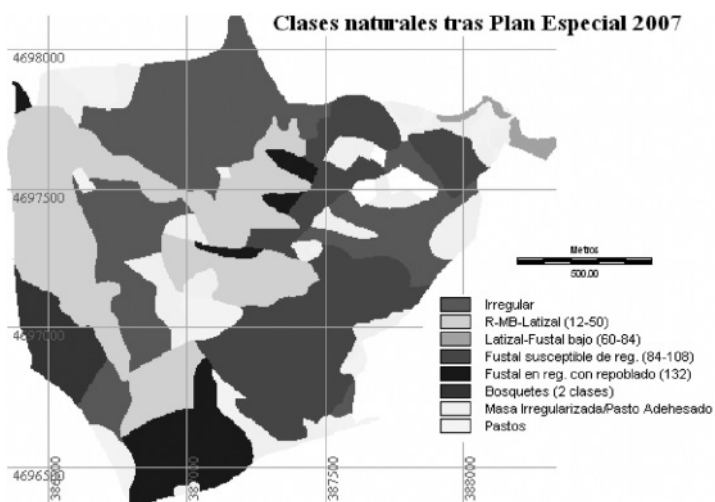


Figura 4. Mapa de clases naturales de edad en 2019 (planificadas)

valores de los índices aplicados a las dos fechas a escala del paisaje. Las tablas 5 y 6 muestran los valores de los índices seleccionados como más informativos respecto la distribución espacial de las clases naturales de edad en 2007 y 2019.

El examen visual de las figuras 1 a 4 hace evidente que la última ordenación delimita unidades de gestión mucho más detalladas espacialmente que la anterior. La ordenación por rodales

ofrece esta ventaja frente a otros métodos de ordenación: el grado de detalle que se consigue nos permite trabajar a una escala más minuciosa, tanto en la fase de planificación como en la fase de ejecución de los trabajos. Los valores numéricos de los índices calculados reflejan las diferentes escalas de trabajo, pero permiten la comparación de efectos espaciales de la planificación en cada caso.

Índices Paisaje	Área Total	Número Teselas	Longitud de Borde	Área Media	Forma Media	Distancia Media	Mezcla Yuxtaposición	Riqueza Clases	Diversidad Shannon	Equitatividad Shannon	Índice Agregación
2007	350,35	52	26220,00	3,82	1,71	112,58	88,61	7	1,78	0,92	96,96
2019	350,35	48	23330,00	4,14	1,70	118,61	78,24	8	1,79	0,86	97,35

Tabla 4. Índices de paisaje en 1991 y 2003

Índices de clases de edad en 2007	Área Clase	Número Teselas	Longitud de Borde	Área Media	Forma Media	Distancia Media	Mezcla Yuxtaposición	Índice de Agregación
Masa Irregular	42,75	6	7815,00	7,13	1,75	193,58	85,86	97,80
Repoblado-Monte Bravo-Latizal (0-48 años)	37,93	3	8045,00	12,64	2,03	76,31	71,33	97,94
Latizal-Fustal bajo (48-72 años)	19,83	4	5005,00	4,96	1,96	95,82	73,14	97,22
Fustal a regenerar (72-96 años)	56,45	7	12675,00	8,06	1,88	86,99	96,83	97,39
Fustal con repoblado	9,76	2	3520,00	4,88	1,93	75,00	71,26	97,05
Masa Irregularizada/Pasto Adehesado	20,38	16	9430,00	1,27	1,61	75,14	92,57	94,01
Pastos	11,78	14	5950,00	0,84	1,57	151,39	79,50	93,31

Tabla 5. Índices de clase en 2007

Índices de clases de edad en 2019 (planificación)	Área Clase	Número Teselas	Longitud de Borde	Área Media	Forma Media	Distancia Media	Mezcla Yuxtaposición	Índice de Agregación
Masa Irregular	53,18	5	9565,00	10,64	1,95	142,86	69,89	97,89
Repoblado-Monte Bravo-Latizal (0-48 años)	47,69	2	9375,00	23,85	2,45	26,93	80,15	98,09
Latizal-Fustal bajo (48-72 años)	1,86	2	670,00	0,93	2,06	14,14	35,16	92,94
Fustal a regenerar (72-96 años)	40,51	3	7190,00	13,50	1,91	32,13	77,18	98,32
Fustal con repoblado	15,54	5	3515,00	3,11	1,53	272,07	59,99	97,78
Bosquetes (dos clases años)	7,94	1	965,00	7,94	1,51	N/A	30,71	99,07
Masa Irregularizada/Pasto Adehesado	20,38	16	9430,00	1,27	1,61	75,14	79,55	94,01
Pastos	11,78	14	5950,00	0,84	1,57	151,39	79,21	93,31

Tabla 6. Índices de clase en 2019

Independientemente de las modificaciones sufridas por la gestión del proyecto de 1991, que llevaron a estructuras algo diferentes de las planificadas, esta planificación proponía aumentar el número de teselas (8 a 10) y clases (4 a 5) y la diversidad general del paisaje (1.01 a 1.36), consiguiendo unidades de gestión menores, mas compactas de forma y con mayor grado de mezcla (Tabla 1).

El proyecto de 2007 reduce ligeramente el número de teselas de partida (52 a 48) incrementando algo su área, disminuye el grado de mezcla entre clases y aumenta la riqueza (una clase

de bosquetes) sin alterar la diversidad (aprox. 1.8) o la distancia relativa entre unidades en el paisaje (Tabla 4).

En lo referente a cada clase natural de edad, el proyecto de 1991 incidía sobre todo en la clase de latizal-fustal bajo (48-72 años); reducía su superficie, número de teselas y área media, su forma se haría mas compacta y con menos bordes, y las teselas estarían más alejadas entre sí. La distancia entre unidades de latizal-fustal bajo (25-48) prácticamente se triplicaba (55,89 m a 160 m), y la distancia entre unidades de latizal se duplicaba (325,96 m a 715 m).

En 2007, la tendencia a la disminución de la clase latizal-fustal bajo culmina con su práctica desaparición (1,86 ha) al final del periodo de planificación (2019). El esfuerzo de regeneración incrementa las áreas de fustal con repoblado y Repoblado-Monte Bravo-Latizal (0-48 años). Las teselas de fustal con repoblado estarán más alejadas (75 m a 272,07 m) entre sí, de media. Debe destacarse que en el paisaje diseñado en 2007 los cambios siempre serán de menor magnitud debido al efecto del reparto superficial entre más clases y unidades (rodales) que con el método anterior. En particular, la presencia de 30 unidades invariables de gestión pastoral aporta una gran estabilidad estructural a este paisaje.

Estos análisis se centran en la estructura forestal (clases naturales de edad). Se podrían haber analizado otros parámetros interesantes desde el punto de vista forestal (por ejemplo, capas temáticas de mezcla de especies y sus tendencias en la gestión planificada). Sin embargo, la utilización de clases naturales de edad obedece a la intención de evitar especies objetivo y mantener el análisis global. La aplicación de estos métodos a objetivos concretos de la ordenación (usos, especies) requeriría repetir estos procedimientos valorando la clasificación de las teselas y la escala del análisis de manera específica. De hecho, en un caso real sería necesario considerar diferentes escalas incluso para el análisis de las clases de edad, puesto que la aplicación de las herramientas selvícolas genera patrones espaciales dentro de las unidades de gestión (bosquetes, claros) que también deberían ser evaluados en la gestión forestal.

DISCUSIÓN

Estos resultados apuntan a los beneficios de caracterizar estructuras en el paisaje e integrar los parámetros de ecología de paisaje en la fase de la toma de decisiones de la planificación forestal. Prácticamente no existen trabajos que puedan ser consultados para contrastar resultados en entornos forestales y escalas similares a la nuestra. Solo recientemente, TORRAS *et al.* (2008), han estudiado el efecto de la estructura del paisaje sobre la riqueza de especies arbóreas en Cataluña, en cuadrículas de 10x10km, muy

alejadas de la escala habitual de la planificación forestal. Por tanto, los principales problemas pueden proceder a corto plazo de la falta de conocimientos del gestor o planificador de los métodos de ecología de paisaje, pero sobre todo, del desconocimiento de los valores objetivo de estos parámetros para diferentes especies o usos. La interpretación de estos datos siempre debe hacerse de forma relativa a dichas especies y usos, y a la escala del análisis.

Así, en el proyecto de ordenación de 1991 la rodalización fue realizada a posteriori de la fase de inventario y los rodales eran mayores que en el proyecto del 2007 (Figura 1). Como se puede observar en la figura 2, en toda la parte superior del sector seleccionado de la montaña se pretendía irregularizar las masas. En toda la zona baja se pretendía seguir tratando la masa como regular. En el conjunto de la montaña se intentaba conseguir un equilibrio de edades en todas estas masas regulares. La aplicación de los métodos de ecología del paisaje podría permitir alcanzar conclusiones relativas (teóricamente) a especies con rango perceptual amplio, beneficiadas por grandes áreas homogéneas.

La realidad después de 12 años de gestión forestal ha indicado, sin embargo, que la rodalización realizada en 1991 no recogía en forma suficiente la heterogeneidad interna de las unidades de gestión, y ha resultado difícil mantener estas superficies homogéneas, tal como se proponía en la planificación.

Con la rodalización previa al inventario del proyecto de ordenación de 2007 se han diferenciado más tipologías forestales en la montaña, con un grado de detalle superior al de 1991. También es cierto que se generan clases nuevas con el tiempo (irregular, fustal con repoblado, pastos de montaña y pastos arbolados, ver Figuras 3 y 4). Las unidades de gestión son menores, por lo tanto, sus posibilidades de agregación permitirían la aplicación de métodos de ecología del paisaje para alcanzar conclusiones relativas (teóricamente) a especies con rango perceptual más variable, ya sean senderistas, esquiadores, caballos, vacas, urogallos o corzos.

En ambos proyectos, aún con diferentes escalas de trabajo, es posible detectar cambios de estructura forestal y medir características estructurales en el paisaje. Se aconseja el seguimiento

de la tendencia al aumento de la superficie con estructura irregular que, junto con la aparición de la nueva clase de bosquetes (2 clases de edad) puede acabar, a la larga, irregularizando todo el sector, y paradójicamente, homogeneizándolo.

Agradecimientos

Agradecemos a Mercè Colomina (Socarrel) la cesión de los datos de la ordenación del 2007 en formato digital.

BIBLIOGRAFÍA

- ASPINALL, R.; 1992. An inductive modelling procedure based on Bayes' theorem for analysis of pattern in spatial data. *Int. J. Geograph. Inf. Syst.* 6(2): 105-121.
- COLOMINA, M.; (Coord.); 2007. *Projecte d'ordenació de la forest "Muntanya d'Aranza" Núm. 32 del CUP -L.*
- FARINA, A.; 1998. *Principles and Methods in Landscape Ecology.* Chapman & Hall, London.
- FORMAN, R.T.T.; 1998. *Land Mosaics. The Ecology of landscapes and regions.* Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- GERGEL, S.E. & TURNER, M.G.; 2002. *Learning landscape ecology. A practical guide to concepts and techniques.* Springer-Verlag. New York.
- GUTZWILLER, K.J.; 2002. *Applying landscape ecology in biological conservation.* Springer-Verlag. New York, US.
- HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R. & COUSINS, S.; 1993. *Landscape Ecology and Geographic Information Systems.* Taylor & Francis. London, UK.
- MCGARICAL, K. & MARKS, B.J.; 1994. *FRAGS-TATS 2.0. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.* Oregon State University. Corvallis. USA.
- MLADENOFF, D. & BAKER, W.L.; 1999. *Spatial modeling of forest landscape change: Approaches and applications.* Cambridge University Press. Cambridge, New York.
- NAVEH, Z. & LIEBERMANN, A.S.; 1994. *Landscape Ecology: Theory and Application.* 2nd ed. Springer-Verlag. New York, USA.
- PRIETO RODRÍGUEZ, A. Y CANO IBÁÑEZ, F.; 1991. *Projecto de ordenación de la "Muntanya d'Aranza" Núm. 32-L.*
- RISSE, P.G.; KARR, J.R. & FORMAN, R.T.T.; 1984. *Landscape Ecology: directions and approaches.* Special Publication n. 2. Ill. Natural Hist. Surv. Champaign, Illinois, USA.
- TORRAS, O.; GIL-TENA, A. & SAURA, S.; 2008. How does forest landscape structure explain tree species richness in a Mediterranean context? *Biodiversity and Conservation* 17: 1227-1240.
- TURNER, M.G.; 1987. *Landscape heterogeneity and disturbance.* Springer-Verlag. Berlin.
- TURNER, M.G. & GARDNER, R.H.; 1991. *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity.* Springer-Verlag. Berlin.
- TURNER M.G.; GARDNER, R.H. & O'NEILL, R.V.; 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern and Process.* Springer-Verlag. New York.