

MARTÍ BOADA JUNCÀ Y DAVID SAURÍ PUJOL

Departament de Geografia e Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona

## *Evolución socioambiental del hayedo en el macizo del Montseny (1945-1995)*

### RESUMEN

Los hayedos del Montseny han sufrido en las últimas décadas un cierto retroceso como consecuencia de la acción combinada de factores biofísicos (especialmente un aumento de la temperatura media del macizo desde el decenio de 1940 hasta nuestros días) y factores socioeconómicos (cambios en los usos del suelo y en el régimen de explotación productiva del hayedo). Se presentan algunos de los cambios más significativos en la biodiversidad del hayedo, y se documenta el proceso de mediterrización de esta cubierta, constatándose además la regresión del hayedo en beneficio del encinar en los enclaves más meridionales de esta cubierta forestal en el Montseny.

### RÉSUMÉ

*Évolution sociale et environnementale de l'hêtraie dans le massif du Montseny (1945-1995).*- L'hêtraie du Montseny a subi pendant les dernières décennies un certain recul comme conséquence de l'action combinée des forces biophysiques (notamment une augmentation des températures moyennes depuis les années 1940) et des facteurs socioéconomiques (changements dans l'utilisation du sol et dans l'exploitation productive de la forêt). Cet article présente quelques uns des changements plus significatifs dans la biodiversité de hêtraie, documente l'augmentation progressive de ses caractères méditerranéens, et

constate la régression de l'hêtraie, qui se substitue à la chênaie verte dans les enclaves plus méridionales du massif.

### ABSTRACT

*Socioenvironmental evolution of the beech forest in the Montseny massif (1945-1995).*- This forest cover has suffered a certain regression caused by the combined action of biophysical drivers (especially an increase in mean temperature values since the 1940s) and socioeconomic drivers (land use changes and changes in the productive appropriation of beech resources, most notably timber). We present the more significant changes in the biodiversity of the beech forest cover and document the process of its mediterrization. The decline of the beech favours the expansion of holm oaks in the most meridional enclaves of the mountains.

### *Palabras clave / Mots clé / Key words*

Cambio ambiental, hayedo, biodiversidad, Montseny.

Changement environnemental, hêtraie, biodiversité, Montseny, Espagne.

Environmental change, beechwood, biodiversity, Montseny, Spain.

### I

### INTRODUCCIÓN

**D**EBIDO a la presencia de los biomas mediterráneo, eurosiberiano y alpino, el macizo del Montseny constituye un enclave especialmente interesante para examinar algunas de las manifestaciones más relevantes

del denominado cambio ambiental global (TURNER y MEYER, 1997; WALKER y otros, 1999; BOADA y SAURÍ, 2002), a escalas relativamente reducidas. Por una parte, este proceso se caracterizaría por la tendencia hacia el calentamiento de la superficie terrestre durante las últimas décadas y las consiguientes repercusiones del aumento de las temperaturas medias en la distribución tan-

to altitudinal como latitudinal de las especies (IPCC, 2001). Por otra parte, el cambio global también se produciría a partir de la alteración de estas distribuciones derivada de los cambios en los usos del suelo introducidos por las actividades humanas (TURNER y otros, 1993). En el caso del Montseny, se ha podido constatar un incremento de 1,2 °C de la temperatura media desde principios de la década de 1940 hasta finales del siglo XX (BOADA, 2001). Por otro lado, los cambios en los usos del suelo, con una clara disminución de los aprovechamientos agrosilvopastorales y un aumento de las funciones terciarias (turísticas, de ocio y de conservación de la naturaleza), han estimulado procesos de bioinvasión en diferentes taxones (STEFANESCU, 1999; BOADA y VILÀ, 2003) y, en general, han modificado de manera significativa la biodiversidad del macizo.

En el presente trabajo se analizan los efectos del cambio ambiental global sobre una de las cubiertas forestales más singulares del macizo del Montseny: el hayedo. En primer lugar, se presentan las características más relevantes de esta cubierta y se ofrece una estimación cuantitativa de los cambios en su superficie y distribución en los últimos cincuenta años a partir del trabajo pionero del geógrafo Salvador Llobet (LLOBET, 1947). A continuación, se examinan los cambios en los aprovechamientos humanos de esta cubierta forestal y las repercusiones de estos cambios en la biodiversidad del hayedo. Finalmente, se documenta el proceso de mediterraneización de la cubierta del hayedo ejemplarizado por la alteración de las formaciones más meridionales que ven su territorio crecientemente invadido por el encinar.

## II

### EL HAYEDO EN PERSPECTIVA HISTÓRICA

En el Montseny, el bosque de haya (*Fagus sylvatica*) constituye la parte más extensa del dominio eurosiberiano del macizo. El hayedo se sitúa en altitudes que oscilan entre los 1.100-1.600 m en la solana y entre 800-1.600 m en la umbría. Los núcleos principales ocupan las vertientes septentrionales del Turó de l'Home (1.706,4 m), les Agudes (1.706 m) y valle de Santa Fe (1.130 m), así como del collado de Sant Marçal y la cara norte del pico del Matagalls (1.697 m). Según la distribución del hayedo en Europa, el Montseny marcaría uno de los límites biogeográficos más meridionales de la provincia centroeuropea incluida en la región eurosiberiana (BOLÓS, 1983). En Cataluña el hayedo se encuen-

tra presente en zonas montañosas de ambiente húmedo con medias pluviométricas situadas por encima de los 800 mm anuales. En áreas más meridionales, como el caso del Montseny, el hayedo puede resistir el estrés hídrico estival gracias al efecto de la humedad ambiental proporcionada por los vientos procedentes del mar. Principalmente en verano es frecuente la formación de nieblas debidas al ascenso por convección del aire húmedo marino. Estudios palinológicos recientes (CASALS, 1996) revelan que, hacia finales del último episodio glacial y durante la etapa inmediatamente posterior, el hayedo habría llegado hasta el llano de Barcelona, a la vista de algunas poblaciones vestigiales en el macizo del Montnegre y en las umbrías de la sierra de Bertí.

El aprovechamiento humano del hayedo en el Montseny se remonta probablemente a la época de los primeros asentamientos en el macizo. En sus memorias, San Isidoro de Sevilla comenta cómo los frutos de este árbol constituían una parte esencial de la dieta de los pueblos indoeuropeos de Europa Central. En el Montseny, y en otras áreas de la Cataluña húmeda, se extraía aceite del hayuco, que también se consumía (GOLOBARDAS, 1817). Sin embargo, el principal aprovechamiento ha sido el forestal, a pesar de que las condiciones del relieve, relativamente abrupto, han dificultado históricamente su explotación. En este sentido, la apropiación habría dependido estrechamente de las condiciones de acceso a las formaciones boscosas. En el Montseny, un factor esencial del cambio en la intensidad de la explotación se produjo a raíz de la apertura en 1914 de la carretera de acceso al valle de Santa Fe. Esta obra implicó un aumento significativo de la eficiencia extractiva, puesto que facilitó el transporte rodado. Hasta entonces el sistema de transporte era la mula, con un límite de carga media de 120 Kg por animal y un promedio de 3 mulas por arriero; siendo el peso máximo de 360 Kg. Según el principio de los balances energéticos, este peso determinaba el máximo de apropiación de leña y carbón de los bosques del alto Montseny. Una estrategia para aumentar la eficacia de la apropiación consistía en concentrar el valor energético/económico de esta apropiación, convirtiendo la leña en carbón (una tonelada de leña equivalía aproximadamente a 100 Kg de carbón vegetal) o aumentando el valor premanufacturado de la madera en el mismo bosque. Así, grupos de trabajadores realizaban una transformación basta de la madera que era clasificada por tamaños desde 1 hasta 12, número que, a su vez, definía las unidades de carga.

Las actividades productivas en el hayedo eran estacionales con pequeñas migraciones de carboneros pro-

cedentes de la Cerdaña o de Tortosa. Los «formaires» procedentes de la Vall d'en Bas (Garrotxa) elaboraban los «carracs» (cuadrados) para la producción de zuecos y suelas de calzado. Los cuadreadores producían vigas y jácenas para las estructuras de las nuevas construcciones urbanas y los aserradores, con la sierra, producían tablones para maderas y entramados. Parte de la producción de madera de haya se destinaba a la construcción de materiales para la actividad carrocera, mientras que el «cadiratge» (sillería) era una actividad orientada a la obtención de piezas para la ebanistería. Culturalmente también debe notarse la tradición de respetar algunos árboles monumentales, sea como ejemplares sementales o semilleros, en algunos casos, o bien como cobijo de los rebaños durante el verano. Además, el hayedo se explotaba para la obtención de carbón, calculada por Llobet en más de mil toneladas anuales a principios de la década de 1940.

### III

#### LOS CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DEL HAYEDO

Como ya se ha comentado, las características distribucionales de los hayedos del Montseny (se trata de los conjuntos de esta especie más meridionales de Cataluña) les confieren una elevada sensibilidad al cambio ambiental. La superficie cartografiada por Salvador Llobet sumaba 3.615 ha, de las cuales unas 3.309 formaban un bosque compacto mientras que las 306 hectáreas restantes se distribuían en pequeños conjuntos o islas, y a menudo se hallaban mezcladas con otras especies.

Llobet considera que el hayedo se halla en expansión durante la época de su estudio, aún y cuando nos advierte que los incendios provocados por las actividades pastorales devastan los bosques de la penillanura de la Calma. También observa en algunos enclaves de la vertiente suroeste de este espacio y en el occidente del collado de Palestrins, un incremento del encinar en detrimento del hayedo, hecho que apunta hacia el proceso de mediterrización que se desarrollará en décadas posteriores.

Desde principios de la década de 1940 el hayedo ha retrocedido en el Montseny, aunque este retroceso no es general. Según los datos recogidos en el Cuadro I, la distribución actual indica que, de las 3.615,96 hectáreas cartografiadas por Llobet, 2.286,79 permanecen en la misma localización; 703,87 hectáreas corresponden a individuos presentes en lugares donde eran inexistente hacia 1945, mientras que la pérdida global se situaría en

CUADRO I. Comparación del hayedo cartografiado por Salvador Llobet y por el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya

Haya ( <i>Fagus sylvatica</i> )	
Superficie (1945) (S. Llobet)	3.615,97 ha
Superficie (1995) (DARP)	2.967,37 ha
Disminución	648,60 ha (17,94%)

Fuente: Boada (2002).

625,8 hectáreas. Debe notarse que una fracción del hayedo (unas 210 ha) habría disminuido como consecuencia de su sustitución por castaños y en casos puntuales por reintroducción de pino marítimo.

Según estos datos, la anterior superficie del hayedo se encuentra ocupada actualmente por landas y un bosque mixto de encinar-hayedo, que podría ser un síntoma del proceso de mediterrización. A nuestro parecer, el aumento de la superficie de abeto detectado en los mapas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Catalunya (DARP) resulta muy dudoso y con toda probabilidad se debe a un error de interpretación ya que, por similitud morfológica, se habría confundido el abeto (*Abies alba*) con el abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) u otras coníferas. Además, se habría producido una expansión de la cubierta correspondiente a la landa (407,07 ha), en detrimento de los pastos. Finalmente, el aumento más significativo de la cubierta forestal correspondería al conjunto formado (en orden de importancia) por el encinar, el castaño y el roble.

La sustitución del hayedo por plantaciones de otras especies forestales más productivas representa, probablemente, otra causa importante del cambio en las cubiertas forestales del alto Montseny durante las últimas décadas. Esta sustitución se ha dado con pino salgareño (*Pinus sylvestris*), castaño (*Castanea sativa*) y abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*). Actualmente el hayedo del macizo continúa siendo explotado, pero el régimen de apropiación se basa en una silvicultura irregular en la que las inversiones se centran en las fincas mejor gestionadas. Algunas de estas últimas siguen turnos de tala de 100/110 años, con fases intermedias de aclareo que dejan árboles madre en rotaciones de 25 años. La inexistencia de series regulares de talas nos impiden ofrecer una valoración cuantitativa del descenso en la explotación productiva del hayedo. Sin embargo, los registros conservados en la empresa «Derivados Forestales» de Sant Celoni, que habría llegado a absorber hasta

el 45% de la demanda hasta mediados la década de 1970, recogen claramente la disminución de las extracciones. Así, de las más de 36.000 talas del período 1942-1950 se habría pasado a poco más de 11.000 en el período 1970-1980 (BOADA, 2002).

#### IV LOS CAMBIOS EN LA BIODIVERSIDAD DEL HAYEDO

Debido a su singularidad distribucional y a la estructura y diversidad cromática estacional que presentan, los hayedos del Montseny constituyen la cubierta forestal estéticamente mejor valorada de todo el macizo. Su fisionomía externa varía con cada estación y con ella la vida interior del bosque. Durante el otoño y el invierno, sin cobertura foliar, las entradas de luz y temperatura contrastan con el cierre térmico y lumínico de la primavera y el verano. Estos factores son los principales reguladores de las biocenosis vegetales y animales del hayedo.

La biodiversidad del hayedo presenta ciertos cambios en relación a la época en la que escribía Llobet, aún y cuando se trate probablemente de la cubierta forestal que menos modificaciones ha sufrido. Una mejora destacable de la biodiversidad sería el incremento poblacional de algunas rapaces como el gavilán (*Accipiter nisus*) y el azor (*Accipiter gentilis*), probablemente como consecuencia del cambio radical en la normativa legal, ya que estas especies se hallaban perseguidas (Ley de alimañas) hasta 1976, mientras que actualmente gozan de un deseable estatus de protección.

Los cambios en el sotobosque han sido poco importantes. En éste crece un substrato herbáceo más o menos rico y abundante según la profundidad del suelo, con especies vinculadas a un cierto grado de humedad como el eléboro verde (*Helleborus viridis*), el mecereón (*Daphne mezereum*), el eléboro fétido (*Helleborus foetidus*) o la lúzula blanca (*Luzula nivea*). La anémona (*Anemone nemorosa*) se desarrolla sobre suelos profundos formando extensas alfombras y es la planta dominante. En la medida que la actividad extractiva se ha reducido, la comunidad de hayedo con anémona tiende a aumentar su cubierta superficial.

El saúco (*Sambucus nigra*) es una especie acompañante que tiene mucha importancia para la biocenosis del hayedo. Se trata de un arbusto de porte arbóreo y relativamente frecuente en claros y lindes, cuya abundante fructificación asegura el alimento a muchas especies

animales. De junio a noviembre produce frutos maduros, mientras que durante el período invernal y hasta febrero/marzo, las semillas y la médula de las ramas proporcionan alimento al pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*), al ocasional pinzón real (*Fringilla montifringilla*) y diferentes especies de páridos (carboneros y herrerillos). A nivel cultural, el estatus del saúco, que ha sido muy apreciado por la sociedad rural tradicional por sus virtudes tróficas y curativas, actualmente podría haber cambiado ya que este proceso podría verse desatendido por la cultura conservacionista contemporánea.

El hayedo también proporciona otros recursos alimentarios a la diversidad faunística que alberga. El pequeño insecto cipínido *Mikiola fagii* desarrolla su fase larvaria en una gala que se forma en el reverso de la hoja del árbol. Posee un gran significado trófico para distintos vertebrados, dada la riqueza proteica y la regularidad de su producción (anual). En términos cuantitativos parece que podría ser incluso superior a la del fruto del árbol, de mayor irregularidad interanual.

Según Ascaso (1996), uno de los trituradores más significativos de los hayedos del macizo es el cábaro *Abax pirenaicus*. P. Andrés (1990) ha podido documentar que las poblaciones de ácaros oribátidos del suelo suman una media aproximada de 100.000 individuos por metro cuadrado en una profundidad máxima de 20 cm dentro del primer horizonte edáfico. La elevada biomasa de artrópodos permite el desarrollo de poblaciones de vertebrados especializados en este recurso trófico como la salamandra (*Salamandra salamandra*) o el sapo común (*Bufo bufo*). Un adulto de esta especie en plena actividad puede capturar diariamente varias decenas de pequeños artrópodos de la hojarasca. Así, el estudio del contenido estomacal de un ejemplar de macho adulto en un hayedo del turó de Morou arrojó 31 formícidos, 4 coleópteros, 29 curculiónidos, 1 geotrópidos, 8 carábidos, 2 histéricos, 2 dípteros, 1 isópodo, 8 coccinélidos, 5 elatéricos, 2 hutéricos, 1 galerúcido, 1 oedemérico y 2 julus (BOADA, 1986). En este sentido, el papel regulador de plagas del sapo común se revela muy significativamente. La recesión del sapo, a pesar de no disponer de datos comparativos, parece muy importante. Por un lado, como la salamandra y los ofidios, se halla afectado por el traumatismo viario, debido al aumento de las infraestructuras viarias y de su frecuentación. En el caso de la salamandra, pudimos registrar hasta 36 cadáveres durante una sola mañana en un tramo de 15 km entre los núcleos de Campins y Santa Fe (BOADA, 1990). Pero lo es todavía más por su infortunio estético con reacciones agresivas por parte de los nuevos usuarios del macizo,

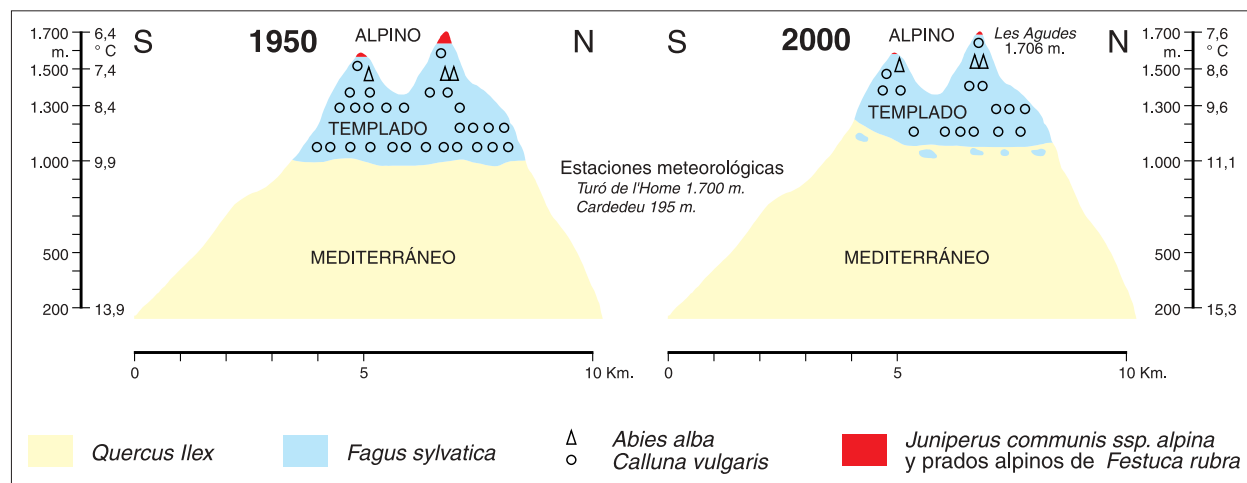


FIG. 1. Extensión altitudinal de los dominios biogeográficos en el Montseny. 1950 y 2000. El dominio biogeográfico mediterráneo está principalmente representado por el encinar, mientras que el dominio templado correspondería al hayedo (con formaciones ocasionales de abetos) y el alpino a las comunidades de *Juniperus communis ssp. alpina* y de *Festuca rubra*. Fuente: Adaptado de Peñuelas y Boada (2003).

muy diferentes de los clásicos de las poblaciones locales, ya que el sapo se consideraba como una especie altamente beneficiosa para el control de los invertebrados defoliadores de los cultivos, especialmente las hortalizas. Por este motivo, era frecuente que en el estercolero del huerto se favoreciera la ubicación de uno o más ejemplares para realizar esta función de controlador de artrópodos defoliadores.

Un mamífero abundante en el hayedo es el topo común (*Talpa europea*). Se trata de un insectívoro especialista en el mundo subterráneo que vive en los horizontes superficiales del suelo, fértiles y ricos en biomasa animal, necesaria para la particular biología de este mamífero, ya que diariamente ha de consumir entre el 80 y el 100% del su peso corporal. En este sentido, su presencia en el hayedo resulta un buen indicador de un suelo fértil y rico en microfauna. En los últimos años, al reducirse la apropiación del haya y el consiguiente aumento de producción de la biomasa foliar, ha habido un aumento de las poblaciones de topo común.

Ciertos vertebrados que habitan durante el invierno en el hayedo ejecutan estrategias termorreguladoras afrontando los rigores invernales con un prolongado letargo, como la culebra de Esculapio (*Elaphe longissima*) y la rana bermeja (*Rana temporaria*). La primera habría reducido efectivos como consecuencia de la frecuentación y los traumatismos viarios asociados, especialmente durante la primavera y el verano. La población de rana bermeja ha sufrido un descenso espectacular como consecuencia del descenso de los aportes

hídricos en su principal área de reproducción, l'Estanyol, y los pequeños estancamientos de agua próximos a la ermita de Santa Fe, y por la notoria recolección escolar a la que ha estado sometida hasta hace pocos años. Cabe destacar la corta distancia de fuga de esta rana, dada la nula presión antrópica histórica, por lo que los usos y frecuentación actuales la convierten en muy vulnerable.

Algunas especies invernantes podrían haber mejorado sus poblaciones como consecuencia de la protección legal actual, como el acebo (*Ilex aquifolium*), antaño objeto de recolección durante la época navideña. La estructura cerrada de la copa de esta especie durante el invierno asegura una temperatura nocturna entre 3 y 5 °C superior a la media del exterior con lo que se convierte en un refugio muy importante. Durante el invierno la maduración de las bayas representa la base trófica de diversas especies animales. Durante la primavera constituye una significativa área trofotopo para especies de aves como el camachuelo común (*Pyrrhula pyrrhula*) que tiene en el macizo una de sus áreas de nidificación más meridionales (BOADA, 1986).

El incremento de la madera en pie y de la madera muerta, consecuencia del descenso de explotación del hayedo, comporta un aumento de la biomasa de invertebrados artrópodos importante para la conservación de especies de gran valor distribucional como el carbonero palustre (*Parus palustris*). Por su parte, las poblaciones de rapaces forestales como el azor (*Accipiter gentilis*), el gavián (*Accipiter nisus*) y el ratonero común (*Buteo*

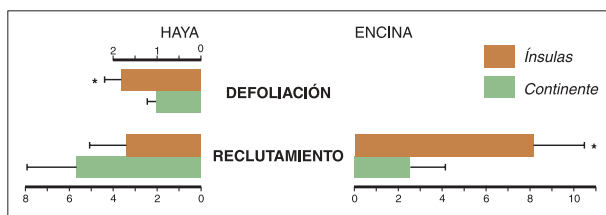


FIG. 2. Situación de tres parámetros en las «ínsulas» y en el «continente» del hayedo. Estado de salud (desde 0 —sin daños— a 4 —100% de daños— (LÓPEZ y MONTÓYA, 1997)) y del reclutamiento (número de pies con un diámetro del tronco inferior a 3 cm por parcela, es decir, en 400 m<sup>2</sup>) de las hayas y de las encinas en el «continente» y en las «ínsulas» de hayas con orientación SO entre 850-1.050 m de altitud. Las barras de error indican la desviación estándar. Cada una de las medias se ha calculado para 4 «continentes» u 11-13 «ínsulas» en parcelas de 400 m<sup>2</sup>). \* p<0.05. Fuente: adaptado de Peñuelas y Boada (2003).

*buteo*) se enfrentan a cambios contrapuestos. Por un lado, el aumento de la biomasa forestal, y sobre todo su protección legal, permiten su expansión. Por otra parte, sin embargo, la recesión en el número de espacios abiertos (cultivos y pastos) han afectado a la población disponible de presas. También se ha reducido la cantidad de pequeño ganado doméstico, un tipo de presa anteriormente significativa pero hoy casi inexistente por la desaparición de las explotaciones agrarias. El aumento de la edad media del hayedo provoca un incremento de la producción del fruto, lo cual incrementa a su vez los recursos tróficos para aquellas especies de dieta omnívora, sin embargo condicionadas por una producción irregular del fruto, con ciclos aproximados de siete años.

## V LAS ÍNSULAS DE HAYEDO COMO INDICADORES DE RECESIÓN

La recesión del hayedo en beneficio del encinar puede abordarse a partir de la teoría de las ínsulas. Bajo ciertas condiciones de alteración climático-ambiental, especialmente un aumento de las temperaturas medias, el encinar vería favorecida su expansión en detrimento de hayedos situados en los límites de sus requisitos ambientales. Los muestreos efectuados en tres de estas áreas límite (la umbría del valle de les Illes, Penyacans y Palestrins), evidencian un proceso de cierre en círculo del encinar que provoca una peninsularización lenta de las hayas más fronterizas. Con la posterior insularización, algunos individuos ubicados fuera del conjunto

presentan diferentes estados de senectud que indican una situación de irreversibilidad.

Por tanto, durante las últimas décadas debe notarse el fenómeno de pérdida de manchas o bosques insularizados de hayas en beneficio del encinar (Figura 1). Este cambio se produce sobre todo en el macizo meridional y en el conjunto de hayedos situados en cotas bajas y de orientación sur. Algunos ejemplos se encuentran en el conjunto de Santa Elena-Penyacans, y en los extremos levantinos del turó de Morou. El alto valle de la riera de Gualba, desde el soto de Corbera hasta el cuello de Santa Elena en la región de la Costeu, registraría la regresión más intensa del hayedo en beneficio del encinar. Con intensidades diferentes se estaría produciendo también en otros enclaves del macizo, como Coll Formic, Matagalls y acantilados de Bovilar. Una pérdida muy significativa afecta a las manchas de bosque de orientación más meridional y basal de los extremos del Pla de la Calma, desde el collado de Palestrins hasta Vallfornés.

Para mostrar si efectivamente se produce una progresión de la mediterraneización del macizo con un aumento de la superficie de encinar en el dominio corológico centroeuropeo del hayedo se seleccionaron tres núcleos de hayas de meridionalidad extrema:

- Vall de les Illes-La Gronxadora. Orientación: SO. Altitud: 850-1.020 m.
- Mirador-Penyacans. Orientación: SO. Altitud: 830-1.050 m.
- Palestrins. Orientación: SO. Altitud: 820-1.010 m.

Para cada uno de estos enclaves se seleccionaron once ínsulas rodeadas por encinares y para cada enclave se estudiaron cuatro parcelas de 20×20 metros en el continente del hayedo más cercano. Posteriormente, se recogieron datos sobre el estado de salud del hayedo, la altura de los árboles dominantes, el tipo morfológico del hayedo y los reclutamientos de hayas y encinas. El estado de salud de los árboles se determinó a partir del modelo establecido por Montoya Moreno y López Arias (1997) en el que la defoliación se clasifica en cinco categorías:

- Clase 0: defoliación nula (0-10%).
- Clase 1: defoliación ligera (11-25%).
- Clase 2: defoliación moderada (26-60%).
- Clase 3: defoliación grave (>60%).
- Clase 4: árbol seco (100%).

El reclutamiento del hayedo se calculó a partir del recuento de especies jóvenes de menos de 10 años, tanto si aparecieron por semilla o por rebrote (en este últi-

mo caso sólo se consideraron si el rebrote más antiguo no superaba los 10 años). Para determinar la altitud de la parcela se midió la altitud de la haya más alta, valor que generalmente expresa una relación directa con la edad del individuo más adulto. El tipo morfológico describe el tipo de ramificación que presentan la mayor parte de las hayas en cada parcela (TERRADAS, 1984). Finalmente, para calcular el reclutamiento del encinar se efectuó un recuento de los individuos de esta especie, tanto jóvenes como adultos, presentes en cada parcela. Para procesar la información sólo se tuvieron en cuenta aquellas parcelas de tamaño similar a fin de evitar sesgos fruto de las diferencias de tamaño. La relación entre cada uno de estos cinco parámetros y su localización (ínsula o continente) se dedujo a partir de un análisis de variancia (ANOVA). En la Figura 2 puede observarse el estado de tres de estos cinco parámetros en las ínsulas y en el continente.

El estado de salud del árbol se corresponde con el nivel de defoliación. Cuando este último es bajo, la salud del árbol puede considerarse como buena, hecho que se da en el continente. Las hayas que se encuentran en las ínsulas poseen una avanzada senectud aún y cuando se trata de individuos relativamente jóvenes (cabe recordar que la esperanza de vida de una haya puede alcanzar, aunque excepcionalmente, los 400 años) El reclutamiento del haya es menor en las ínsulas que en el continente por dos motivos principales. Primero, la baja fertilidad causada por la presión ambiental que padecen los individuos en esta zona de transición entre dos estadios. Por otro lado, las semillas del hayedo fracasan al estar sometidas a una fuerte competencia por parte de las encinas.

El análisis estadístico de la altura muestra el resultado más significativo ( $p=0.0028$ ), de manera que esta variable tiende a explicarse por el tipo de enclave en

que nos encontremos: ínsula o continente. Las hayas del continente no poseen una altura semejante a las de las ínsulas debido a los turnos de tala (cada 30 años en estos lugares). Por tanto, en el continente no existen hayas mayores de 30 años. En cambio, en las ínsulas no resulta productiva esta explotación debido a la escasa presencia de individuos. Por lo que se refiere a la morfología de los árboles, no se han encontrado diferencias significativas entre los individuos del continente y los de las ínsulas, aunque puede observarse una pequeña tendencia a la ramificación en estas últimas. El reclutamiento del encinar es mayor en las ínsulas, resultado también estadísticamente significativo ( $p=0.05$ ). Esta tendencia sería la más reveladora del proceso de mediterrización.

## VI CONCLUSIONES

En este trabajo se ha documentado el proceso de cambio socio-ambiental de los bosques de hayedo en el macizo del Montseny para el período aproximado de 1945 a 1995. Se ha constatado una regresión de los hayedos más basales y de orientación sur-sureste en favor de una progresión paulatina del encinar, hecho que indicaría un proceso de mediterrización de los biomas presentes en el macizo. Esta invasión se produce mediante un proceso de peninsularización primero e insularización después del hayedo, hasta producir una situación de senectud con muerte final del árbol. Este proceso, no detectado hasta ahora, representa una evidencia del cambio climático y en los usos del suelo característicos de las últimas décadas. La combinatoria de ambos procesos representan una evidencia del Cambio Ambiental Global en el macizo del Montseny.

---

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del «Servei de Parcs Naturals» de la Diputación de Barcelona. Los autores quieren agradecer también las orienta-

ciones proporcionadas por Josep Peñuelas y la colaboración de Sonia Sánchez y Jordi Duch en diversas fases del estudio.

## B I B L I O G R A F Í A

- ANDRÉS, P. (1990): *Descomposició de la matèria orgànica en dos ecosistemes forestals del macizo del Montseny (Barcelona): paper de los àcaros oribàtids* - UAB. Tesis doctoral.
- ASCASO, C. (1996): *Análisis cuantitativo de poblaciones a partir de muestreos directos. Aplicación a las comunidades de artrópodos en dos bosques del Montseny*. II Trobada d'Estudiosos del Montseny.
- BOADA, M. (2001): *Manifestacions del Canvi Ambiental Global al Massís del Montseny*. Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia. Tesis doctoral.
- BOADA, M. (2002): *El Montseny. Cinquanta anys d'Evolució dels Paisatges*. Barcelona, Publicacions de l'Abadia de Montserrat, 279 pàgs.
- BOADA, M. (1986): «Importància tròfica i estructural d'alguns arbres i arbusts en una fageda de la vall de Santa Fè». *Jornada de Recerca Naturalista*. Barcelona, Diputació de Barcelona, pàgs. 67-68.
- BOADA, M. (1990): *Fauna i Home als massissos del Montseny i Montnegre*. Santa Maria de Palautordera, Ajuntament de Santa Maria de Palautordera, 159 pàgs.
- BOADA, M. y SAURÍ, D. (2002): *El Cambio Ambiental Global*. Barcelona, Rubes Editorial.
- BOADA, M. y VILÀ, M. (2003): *Indicis de naturalització de Pinus uncinata Ramond ex DC. al Turó de l'Home-Les Agudes (Parc Natural del Montseny-Barcelona)*. Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 70: 44.
- BOADA, M. (2003): *Boscos de Catalunya. Historia i actualitat del món forestal*. Ed. Brau. Figueres. 188 pàgs.
- BOLÓS, O. (1983): *La Vegetació del Montseny*. Barcelona, Diputació de Barcelona.
- CASALS, V. (1996): *Los ingenieros de montes en la España contemporánea 1848-1936*. Barcelona, Serbal.
- GOLOBARDAS (1817): *Compendio sobre el modo de sembrar, plantar, criar, podar y cortar toda especie de árboles, con su descripción y propiedades para su conservación y aumento de los montes y arbolados, y utilidad de los empleados de este ramo y de los labradores y hacendados*. Brusi. Barcelona, 308 pàgs.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2001): *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, Cambridge University Press.
- LLOBET, S. (1947): *El medio y la vida en el Montseny. Estudio Geográfico*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- MEYER, W. B. y TURNER, B. L. (1997): «Human Transformation of the Earth». En S. HANSON (ed): *10 Geographic ideas that Changed the World*. New Brunswick, Nueva Jersey, Rutgers University Press, pàgs. 125-142.
- MONTOYA, R.; LÓPEZ, M. (1997): *La red europea de seguimiento de daños en los bosques (nivel I). España, 1987-1996*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- PEÑUELAS, J. and M. BOADA (2003): «A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)». *Global Change Biology*, 9, pàgs. 1-10.
- STEFANESCU, C.; et al. (1999): *Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associates with regional warming*. *Nature*, 399, pàgs. 579-583.
- TERRADAS, J. (1984): *Introducció a l'ecologia del faig al Montseny*. Barcelona, Diputació de Barcelona, Servei de Parcs Naturals.
- TURNER, B. L., SKOLE, D., SANDERSON, S. FISCHER, G., FRIESCO, L. y LEEMANS, R. (1993): *Land Use and Land Cover Change. Science/research Plan*. Estocolmo y Ginebra, UNESCO, Human Dimensions Programme and International geosphere-Biosphere Programme.
- WALKER, B., STEFFEN, W., CANADELL, J., & INGRAM, J. (1999). *The Terrestrial Biosphere and Global Change*. Cambridge, Cambridge University Press.

Recibido: 16 de abril de 2003

Aceptado: 15 de mayo de 2003