

Valoración social de las propiedades estéticas de los hayedos en Cataluña

C. Vega-García^{1*}, M. Burriel² y J. Alcazar³

¹ *Departamento de Ingeniería Agroforestal. ETSE Agraria. Universidad de Lleida. Avda. Alcalde Rovira Roure, 191. 25198 Lleida. Spain*

² *Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. Pujada del Seminari, s/n. 25280 Solsona. Spain*

³ *Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. ETSE Agraria. Universidad de Lleida. Spain*

Resumen

Se aplican métodos ensayados en otros países (*Scenic Beauty Estimation Method, SBE*) para la determinación de las cualidades estéticas de masas forestales de interés recreativo a parcelas en diversas localizaciones del haya en Cataluña, abarcando diferencias significativas en estación, origen, edad y forma de masa. Las valoraciones se refieren a las cualidades estéticas de los rodales de haya vistos desde el interior del bosque, es decir, tal como son apreciados por parte de los visitantes de los montes. Las valoraciones se obtienen a través de paneles de observadores en sesiones fotográficas, se transforman a una escala común y se relacionan mediante análisis de regresión a las variables dasométricas tomadas en las parcelas de inventario. El desarrollo de modelos estadísticos que describen preferencias sociales permite medir la aportación de las diferentes variables dasométricas a la mejora estética de las masas de haya, y puede servir como guía en la ordenación de hayedos en que el uso público sea predominante o muy importante.

Palabras clave: haya; modelos estadísticos de preferencia visual; regresión; Cataluña.

Abstract

Social valuation of scenic beauty in Catalanian beech forests

Methods tested in other countries are applied for scenic beauty valuation in several beech locations in Catalonia including significant differences in site, origin, age and stand structure.

The study intends to measure stand scenic beauty as seen from inside the forest, as forest visitors see it (near-view). Assessments are obtained through panels of observers in slide sessions, which are transformed into scaled ratings and related through regression analysis to plot-based forest inventory data. The development of statistical models that describe social visual preferences allows the assessment of the contribution of different forestry-related physical variables to the aesthetic improvement of beech forests. It can also be useful as a guide to beech forest planning where recreational use is prevailing or very important.

Key words: beech; near-view scenic beauty; regression models; Catalonia-Spain.

Introducción

La planificación forestal se ha modificado en los últimos años en todo el mundo bajo la creciente presión de la preocupación social por la conservación biológica y el paisaje (Caro *et al.*, 2003). Sheppard *et al.* 2004 han establecido la importancia de los valores estéticos para los usuarios forestales y la conveniencia de incluir indicadores y criterios que midan la dimensión social (en particular los valores estéticos) de la

actividad forestal en los sistemas de certificación forestal. Los criterios e indicadores actuales de gestión forestal sostenible de las normas UNE 162002-1 y 2 (genéricos y a escala regional) relativos a valores paisajísticos en España son prácticamente inexistentes, sólo se especifica que deben considerarse «en aquellos lugares en que sea relevante» (http://www.observatorioforestal.es/archivos_estaticos/162002_1.pdf).

Sin embargo, la calidad estética de las masas forestales puede ser evaluada a través de la apreciación visual que del bosque hace la sociedad a partir del desarrollo desde los años 70 de los denominados métodos «psicofísicos» (*i.e.* Daniel y Boster. 1976; Buhyoff y

* Autor para la correspondencia: cvega@eagrof.udl.es
Recibido: 26-09-09; Aceptado: 16-04-10.

Wellman, 1980; Zube *et al.*, 1982; Daniel y Vining, 1983; Hull *et al.*, 1984). Estos métodos relacionan cuantitativamente las valoraciones estéticas hechas por paneles de observadores sobre rodales del monte y las medidas de diversas variables de tipo físico de dichos rodales. La apreciación visual supone un factor decisivo en el uso social del monte y puede ser, además, el único criterio utilizado por la sociedad para evaluar la gestión forestal llevada a cabo. En consecuencia, se han realizado diversos estudios con el objetivo de evaluar el efecto de determinadas intervenciones forestales (*i.e.* Pâquet y Bélanger, 1997, tamaño de cortas a hecho; Ribe, 2005, retención de árboles padre después de cortas a hecho) o perturbaciones naturales (efectos de *Lymantria dispar*, Hollenhorst *et al.*, 1993; extensión de otras plagas, Sheppard y Picard, 2006) en la calidad estética de los bosques y en su valoración recreativa (Horne *et al.*, 2005).

La creciente demanda de usos recreativos y valores estéticos en nuestros montes reclama una herramienta de mantenimiento o mejora de la calidad estética de los montes integrada en la gestión multifuncional de los montes a lo largo de toda la vida de las masas. Por esa razón, en este estudio tratamos la calidad estética desde el interior del bosque; lo que un observador ve en su entorno próximo, ya que es lo que perciben los visitantes de los montes, y en lugar de evaluar intervenciones forestales concretas, se evalúan diferencias significativas de apreciación en diversas estaciones, orígenes, edades y formas de masa en una region amplia, Cataluña, y en una especie no caracterizada con anterioridad, el haya. El haya es una especie que forma en Cataluña bosques de elevado interés recreativo, muchos de los cuales se ubican en espacios protegidos (Parques Naturales del Montseny y la Garrotxa, Sierra de Milany, etc.). Por ello consideramos necesario el desarrollo de modelos de preferencia para masas de esta especie que puedan servir de guía en la ordenación de hayedos donde el uso público sea predominante o muy importante.

La integración de los objetivos de calidad estética en la gestión de los montes requiere cuantificar dicha calidad y relacionarla con variables cuantitativas del medio forestal, normalmente obtenidas en el inventario (o hallar la «función psicofísica», Rudell *et al.*, 1989). En este sentido, Prada y Vázquez (2007) establecieron a través de índices de preferencia paisajística que la población urbana del noroeste de España muestra una clara preferencia por paisajes de bosques tradicionales replantados (más del 50% de cobertura

arbolada y áreas con formas irregulares), con árboles de diferente edad y baja densidad. Estudios en bosques de pino ponderosa en el sudoeste de los Estados Unidos han determinado que el estrato herbáceo y los árboles mayores contribuyen positivamente a la calidad estética percibida, mientras que los árboles de tamaño pequeño y mediano, la madera caída (sobre todo restos de corta) y los árboles agrupados restan valor a las estimaciones (Brown y Daniel, 1984, 1986; Schroeder y Brown, 1983). Otras investigaciones en bosques de roble y nogal americano en Virginia (Vodak *et al.*, 1985) y de pinares en el Piamonte de Carolina del Norte (Buhyoff *et al.*, 1986) han obtenido resultados similares. Estos estudios muestran que para condiciones de masa abierta y árboles relativamente grandes mezclados con otros tamaños, la calidad estética percibida mejora. Los árboles de pequeño diámetro y el sotobosque denso, así como la madera caída, reducen la calidad estética. Contrariamente, Rudis *et al.* (1988) asocia positivamente cantidades limitadas de madera caída con calidad estética, lo que parece indicar que estos modelos no son generalizables. Por tanto, el objeto de este trabajo es estudiar la relación entre la calidad estética de rodales heterogéneos de haya, cuantificada mediante un método suficientemente contrastado, con variables habitualmente recogidas en los inventarios forestales, pero no sólo éstas. Un objetivo adicional del estudio es el de testar variables potencialmente importantes que no son rutinariamente adquiridas en los inventarios, como la penetración visual (Rudis *et al.*, 1988; Rudell *et al.*, 1989). Esta variable es habitual en los estudios psicológicos de preferencia, pero generalmente está ausente de los psicofísicos, más útiles para la gestión forestal (Rudell *et al.*, 1989).

En el estudio de las heterogéneas masas de haya en Cataluña también consideramos importante analizar las diferencias de percepción entre gestores y visitantes, que pueden llevar potencialmente al desarrollo de conflictos sobre la gestión aplicada a estas masas. Por esta razón, un segundo objetivo adicional de este trabajo es el de evaluar diferencias perceptivas entre grupos sociales con formación forestal y carente de ella. Existen algunos antecedentes (Helles, 1975; Pukkala *et al.*, 1988) que sugieren que las diferencias son escasas, pero Sheppard y Picard (2006) han encontrado resultados poco claros al evaluar la influencia de los conocimientos previos sobre plagas en las valoraciones de calidad visual en Norteamérica.

Material y métodos

Área de estudio y diseño del muestreo

Como área de estudio se escogieron los hayedos pirenaicos de la Comunidad Autónoma de Cataluña del Valle de Arán, Pirineo Oriental y el Montseny, que se corresponden con las regiones de procedencia del haya de mayor extensión y de características más homogéneas (Agúndez *et al.*, 1995) (Fig. 1).

Se establecieron un total de 20 parcelas repartidas en las tres tipologías de hayedo identificadas en función de su extensión, dándose más peso a los estratos con menor superficie y menos peso a los de mayor superficie. Las parcelas se localizaron de acuerdo a las características de las masas (estructura, densidad, composición, tratamientos selvícolas realizados, etc.) de un modo aleatorio, de tal forma que fueran representativas de la zona, sólo se vieran elementos naturales desde las mismas y abarcaran al máximo las diferencias visuales entre hayedos.

En cada parcela, además de los datos generales de caracterización (coordenadas UTM, altitud, orientación y máxima pendiente), se tomaron fotografías para la valoración de la calidad estética (variable depen-

diente) así como variables físicas del bosque (variables independientes), incluyendo tanto las habitualmente recogidas en los inventarios forestales como otras de previsible importancia paisajística.

Adquisición de fotografías

Desde el centro de cada parcela se tomaron 4 fotografías en la dirección de la máxima pendiente (sentido ascendente y descendente) así como en la dirección perpendicular a la misma (también en ambos sentidos). Las fotografías fueron tomadas con una cámara de 35 mm apoyada sobre un trípode al nivel de los ojos, con una lente de 38 mm de forma que se abarcó una parte de la visión lateral de las personas sin deformar la imagen, y utilizando un carrete de alta sensibilidad a la luz (400 ASA). El enfoque de la cámara se situó siempre a 7 m fijando la menor apertura del objetivo que permitían las condiciones de iluminación (como valor máximo se fijó f/8), asegurando así un distancia de visión constante y la máxima profundidad de campo.

Las potenciales variaciones en la valoración de la calidad estética debidas a cambios estacionales en el color (Buhyoff y Wellman, 1980) se limitaron restrin-

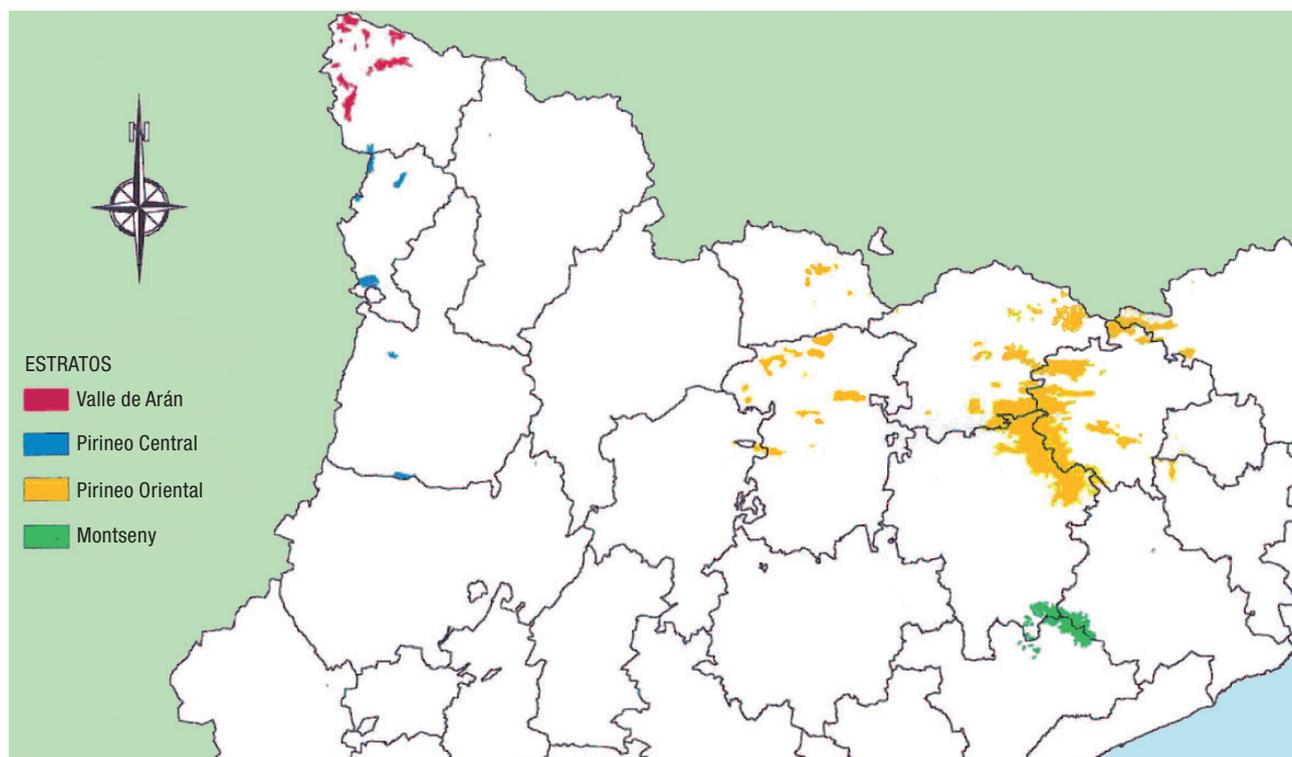


Figura 1. Regiones de procedencia del haya en Cataluña: estratos muestreados.

giendo la toma de fotografías y demás datos a una sola campaña de muestreo en verano, época de mayor afluencia de visitantes. Así mismo, se intentó tomar las fotografías en una misma franja horaria (entre las 10h y las 18h) y en condiciones de luz directa (sin nubes) para evitar gran variedad de condiciones de iluminación y sombras excesivas.

Valoración de la calidad estética

La calidad estética se determinó a través del análisis de las fotografías tomadas en cada parcela mediante el método de Daniel y Boster (1976) (*Scenic Beauty Estimation Method, SBE*), desarrollado para medir preferencias visuales en áreas forestales del sudeste de Estados Unidos. En este método se escogen paneles de observadores que valoran distintos niveles de calidad estética, típicamente representados por diapositivas en color, en una escala de puntuación del 0 al 10. Las respuestas son individualmente transformadas a una escala única y después agregadas para proporcionar un índice de preferencia o de calidad estética estandarizado por rodal. Estudios comparativos con otros métodos psicofísicos como el de Buyhoff y Leuschner (1978) (*Law of Comparative Judgement*) han demostrado su similitud en cuanto a fundamentos teóricos y valores métricos obtenidos (Hull *et al.* 1984), pero el método SBE permite observar un número superior de diapositivas en la misma sesión.

En este estudio, 70 fotografías fueron presentadas a grupos de estudiantes universitarios, ya que las preferencias estéticas de éstos pueden considerarse representativas de la sociedad en general (Zube *et al.*, 1974; Buyhoff y Leuschner, 1978; Schroeder y Daniel, 1981). Se llevaron a cabo 6 sesiones fotográficas donde participaron alumnos de todos los cursos universitarios de 9 carreras diferentes de la Universidad de Lleida, incluyendo a alumnos cuya futura profesión no está directamente relacionada con actividades al aire libre y/o gestión de recursos naturales (Magisterio, Derecho, Historia, Historia del Arte, Geografía, I.T. Agrícola en Industrias Agrarias y Alimentarias y Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos) y a alumnos «forestales» a los que se les supone conocimientos de gestión forestal (Ingeniería de Montes, e Ingeniería Técnica Forestal en sus dos especialidades) que hipotéticamente influyen en su percepción de escenas forestales. Ambos grupos sumaban un total de 201 observadores.

Antes de cada sesión de 70 diapositivas se presentó a los observadores una muestra de 6 fotografías abarcando todo el rango de variación de las mismas, para introducir a los encuestados al tipo de fotografías y rango de variabilidad de la sesión subsiguiente y así permitirles ajustar su escala de valoración (Brown y Daniel, 1990). Las 6 fotografías en la primera parte de la sesión se escogieron mediante una consulta previa en la que también se determinó el tiempo medio requerido por los observadores para visualizar las diapositivas y hacer la valoración. A pesar de que otros estudios establecían un tiempo de 8 segundos en la primera mitad de fotografías y 5 segundos en la segunda mitad (Brown y Daniel, 1984, 1986; Vodak *et al.*, 1985; Rudis *et al.*, 1988), en este caso fue necesario aumentar dichos tiempos en 2 segundos (10 s para la primera mitad de diapositivas —35— y 7 s para la segunda mitad —35 diapositivas—), ya que los datos se recogieron en una hoja óptica.

A cada observador se le pidió que valorara cada fotografía en una escala de 1 (calidad estética muy baja) a 10 (calidad estética muy alta). Un lector óptico permitió transformar las hojas de respuesta en un archivo informático (14.070 observaciones) con la matriz de puntuaciones (1-10) de los encuestados (201) para todas las fotografías (70). Los valores superiores a la media más tres veces la desviación típica de cada diapositiva se consideraron anómalos y se eliminaron. Los valores restantes fueron depurados, transformados según su desviación estándar respecto a la normal por diapositiva y respecto a la media de las desviaciones normales unitarias de todas las diapositivas, para obtener estimadores más cercanos a las percepciones reales —los índices de calidad estética—, potencialmente independientes de las diferencias en las escalas de valor utilizadas por cada observador (Daniel y Boster, 1976). Así, índices positivos indican que la fotografía es más preferida que la media, mientras índices negativos indican escenas de menor calidad escénica que la media. En cada parcela ($n = 20$) se calculó un índice de calidad estética medio de las 4 fotografías para cada grupo de observadores (forestales y sociedad en general), así como para la totalidad de observadores, constituyendo la variable dependiente de los modelos.

Inventario forestal

En cada parcela circular de 8 m de radio se tomaron, además de las fotografías, variables inventariables

y variables relacionadas en estudios previos con la calidad estética de las masas forestales (Patton, 1977; Vodak *et al.*, 1985; Brown y Daniel, 1984, 1986; Brown, 1987; Rudis *et al.*, 1988). Las variables tomadas en cada parcela describían las siguientes características:

Madera caída y restos vegetales

Se midió la profundidad (o altura) de la madera caída, su cantidad y su diámetro según el procedimiento de inventario de madera caída de Brown (1974). Para ello se realizaron 4 transectos de 3 m, uno en cada radio de la parcela siguiendo las direcciones de máxima pendiente y en la perpendicular a ésta, a partir del centro de la parcela, en los que se midieron las características de la madera caída agrupada en tres clases: grande (2,5-7,6 cm de diámetro), mediana (0,6-2,5 cm) y pequeña (<0,6 cm de diámetro). La madera caída de diámetro mayor de 7,6 cm se midió en transectos de 8 m que cubrían la totalidad de los 4 radios perpendiculares de la parcela, recogiendo además del diámetro de cada rama o tronco, su longitud, estado de conservación (grado de pudrición), origen (caída natural o resto de corta) y otras observaciones que pudieran ser relevantes (por ejemplo, tocón desraizado). También se midieron los tocones existentes en la parcela, indicando su diámetro y grado de pudrición.

Variables dasométricas

En cada parcela se contaron los árboles en pie identificando la especie, y midiendo sus diámetros normales y altura. Así mismo, se midió la fracción de cubierta cubierta mediante un densiómetro esférico, el regenerado indicando la especie (plantas con diámetro <2,5 cm), el estado de salud de los árboles (sano/enfermo/muerto) así como otras observaciones de interés (árboles bifurcados a más de 1,3 m, muy inclinados, etc.). Por último, se registraron características selvícolas, manifestaciones erosivas y daños sobre la masa.

Estructura de la masa y recubrimiento del suelo

Se registró la agrupación de árboles así como la existencia de distintos pisos de vegetación (dominan-

tes, dominados, menores). De cada piso de vegetación identificado se tomaron los dos árboles más gruesos cercanos al centro de la parcela y que fueran representativos del mismo, y se midieron además del diámetro normal y la altura, la altura hasta la primera rama viva. También se estimó el porcentaje de recubrimiento del suelo, indicando si se trataba de matorral leñoso o vegetación herbácea (indicando su altura), piedras o gravas (mayor y menor de 6 cm respectivamente, Porta *et al.*, 1994), madera caída, hojas caídas, musgo o suelo desnudo.

Penetrabilidad visual

Definida como el grado en el que la línea de visión se extiende ininterrumpidamente en o a través de un entorno natural, esta variable había permitido explicar preferencias visuales en estudios previos (Rudis *et al.*, 1988; Ruddell *et al.*, 1989). Según Brush (1976) las dimensiones espaciales de un bosque para el visitante vienen determinadas por cuánto puede penetrar su visión dentro de una masa forestal. En este estudio la penetrabilidad visual se midió mediante el tamizado, definido como el porcentaje de terreno circundante que es tapado o tamizado fundamentalmente por vegetación cuando se visualiza en dirección paralela al terreno, utilizando un rectángulo transparente de 19×5 cm dividido en 10 segmentos iguales (Rudis, 1985). El observador, situado en el centro de la parcela y mirando en las 4 direcciones principales a través del rectángulo transparente (situado a 35,5 cm de los ojos del observador, lo que permite un ángulo de visión de 30°) es capaz de determinar en cada segmento si la visual llega hasta una distancia de 15,2 m (donde se sitúa un compañero como referencia) o por el contrario es tapada por vegetación u otros elementos.

Otras observaciones

Se anotaron otras informaciones de interés potencial: especies arbóreas de los alrededores, árboles atípicos, existencia de hongos, existencia de un plan técnico de gestión, aprovechamiento tradicional y actual del monte, etc.

A partir de los datos tomados en campo se calcularon 85 variables físicas para cada parcela. De las 85 variables calculadas se eliminaron las que tenían más de la mitad de las parcelas sin dato o con dato igual a

0 y las que tenían un rango de variación muy pequeño (no servían para diferenciar unas situaciones de otras) quedando finalmente 53 variables disponibles. La dificultad del trabajo de campo en estaciones remotas y alejadas que se debían visitar en una misma campaña de verano impidió disponer de un tamaño de muestra suficientemente grande para contener un rango de variación significativo para todas las variables inicialmente previstas.

A continuación se realizó una nueva selección de variables escogiendo aquellas con una cierta capacidad predictiva y significación en relación con la calidad estética (las que explicaban la calidad estética en al menos un 10%, $R^2 > 0,10$, y cuyo modelo lineal simple ajustado por el método de los mínimos cuadrados era significativo para $\alpha < 0,2$) ya sea a través de una relación directa lineal, que resultó en 14 variables escogidas, o a través de algún tipo de transformación (relaciones cuadráticas, raíz cuadráticas, logarítmicas y exponenciales), procedimiento que resultó en 12 variables escogidas, deducidas a partir del análisis de los gráficos de dispersión entre la calidad estética y cada variable.

Análisis de datos

Las preferencias estéticas de la sociedad dentro de los bosques de haya se relacionaron con los datos de campo a través de modelos de regresión lineal. Los modelos se ajustaron para la selección de 14 variables físicas consideradas como variables independientes (Tabla 1), ya que la inclusión de las 12 variables transformadas (no

lineales) no mejoró significativamente la capacidad predictiva y/o significación de los mismos.

Para evitar la multicolinealidad en los modelos, dentro de cada modelo de regresión múltiple se incluyeron variables independientes no correlacionadas entre sí. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre todas las variables tomadas de dos en dos, aislándose las correlacionadas con coeficiente de Pearson $> 0,5$ en distintos modelos. Los modelos se construyeron mediante cuatro procedimientos distintos (*Backward*, *Stepwise*, MAXR y MINR) dentro del procedimiento general PROC REG del paquete estadístico SAS V.8.02. Como criterios de selección del mejor modelo se utilizaron la bondad de ajuste ($R^2 > 0,4$), y los niveles de significación, tanto del modelo ($\alpha < 0,1$) como de los estimadores de los coeficientes asociados a las variables y del estimador del término independiente [$(Pr > |t|) < 0,1$].

Los modelos generados fueron analizados en base a las hipótesis básicas de linealidad (mediante un análisis del gráfico de residuos), homocedasticidad (a través del gráfico de residuos y del gráfico de calidad estética observada/calidad estética predicha), normalidad (a través de un histograma de frecuencias de los valores de los residuos y del test de Shapiro-Wilks), independencia (en principio se considera que se cumple la hipótesis de independencia debido a la distribución estratificada de las parcelas por toda Cataluña y a las condiciones de la toma de fotografías), ausencia de multicolinealidad entre las variables explicativas (a través de los factores de incremento de la varianza, VIF) y número de variables explicativas menor que el de observaciones.

Tabla 1. Variables utilizadas en la construcción de modelos

Abrev.	Variable	Máx.	Mín.	Media	Des. típ.
MC 0,6-2,5	Madera caída de diámetro entre 0,6 y 2,5 cm (m ³ /ha)	12,1	0,3	4,9	3,4
MC < 0,6	Madera caída de diámetro menor a 0,6 cm (m ³ /ha)	208,1	0,3	29,9	53,1
MC > 2,5	Madera caída de diámetro mayor a 2,5 cm (m ³ /ha)	203,2	0	25	52,3
TMC	Total de Madera caída (m ³ /ha)	209,8	0,7	31	53,5
Prof. MC	Profundidad media de la Madera caída (cm)	23,3	1,6	7,6	5,8
Pies reg/ha	Número de pies regenerados por hectárea (pies/ha)	2.288	0	657	804
Nº reg/grupo	Número de pies regenerados medio por grupo (pies/grupo)	4	0	1,06	1,38
Reg agrup/ha	Número de pies regenerados agrupados por hectárea (pies/ha)	945	0	291	361
Nº tocones/ha	Nº de tocones por hectárea (tocones/ha)	1.592	0	321	460
% hojas caídas	Porcentaje de hojas caídas (%)	100	40	89,5	18,8
% hierba	Porcentaje de hierba (%)	20,3	0	5	7,5
% matorral	Porcentaje de matorral (%)	31,3	0	9,2	11,4
Alt. matorral	Altura media del matorral (cm)	400	0	93	136
% arbóreo	Porcentaje de tamizado con árboles de más de 12,5 cm de diámetro (%)	95	5	38,4	26,6

Además, se estudiaron las observaciones atípicas e influyentes de los modelos, considerando una observación como atípica si su residuo estudentizado era, en valor absoluto, mayor al valor crítico de la t de Student obtenido de forma aproximada según la expresión:

$$t_{n-k-2}^{\alpha} \approx z_{\alpha} * \left(1 - \frac{z_{\alpha} + 1}{4 * (n - k - 2)} \right)^{-1}$$

donde:

$\alpha = \alpha_t/n$

α_t = nivel global de significación (0,05)

n = tamaño de la muestra

k = número de variables explicativas

z = valor de la distribución normal para un riesgo α .

Por otro lado, una observación se consideró influyente si su DFFITS en valor absoluto era mayor a $2/(\sqrt{n})$, aunque algunos autores son menos restrictivos y consideran una observación influyente si su DFFITS es, en valor absoluto, mayor a 2.

Para la validación de los modelos se utilizó el procedimiento *PRESS procedure* (Neter *et al.*, 1990). Cada valor es predicho a partir de la regresión ajustada mediante el método de los mínimos cuadrados para el resto de los $n-1$ valores. Si el valor de PRESS se acerca a la suma del error cuadrático medio (SSE) sugiere que la bondad de ajuste (R^2) es un indicador razonablemente válido de la capacidad predictiva del modelo.

De los modelos seleccionados, se escogieron los mejores en cuanto a capacidad predictiva (R^2), significación, cumplimiento de las hipótesis básicas y validación del modelo.

Resultados y discusión

Características generales de los hayedos muestreados

Las masas muestreadas eran, en su mayoría, masas monoespecíficas donde el haya era la especie dominante (> 70%), aunque en algunas parcelas se encontró regenerado de abeto (*Abies alba*) (en el Valle de Arán) o de avellano (*Corylus avellana*) (2 parcelas en el Ripollès), o masas mezcladas con pino albar (*Pinus sylvestris*) pie a pie (1 parcela en el Berguedà). En las parcelas se encontraron pies provenientes tanto de semilla como de brotes de cepa, aunque la forma de monte bajo y monte medio está cayendo en desuso. Todas las formas principales de masa que permite esta especie gracias a su temperamento ambivalente (regular, semirregular e irregular) estaban representadas. Ade-

más, también se recogieron todos los tipos de tratamientos selvícolas que se aplican en Cataluña para esta especie, cortas de mejora, cortas por aclareo sucesivo y cortas de entresaca. En alguna parcela se había tratado el estrato arbustivo, dejando unos pocos pies de boj (*Buxus sempervirens*).

Las parcelas inventariadas abarcaron todas las orientaciones, aunque predominase la orientación norte. El rango de pendientes osciló entre 0 y 60°. El tamaño de los árboles varió mucho entre parcelas, encontrándose desde parcelas con una alta densidad de árboles muy delgados hasta parcelas con árboles monumentales (diámetros de hasta 71 cm). El cerramiento de copas era en general elevado, proporcionando una escasa cobertura herbácea. En cuanto a la cobertura de matorral, se encontraron desde parcelas con el suelo limpio de matorral hasta otras donde el matorral impedía en gran medida la visibilidad (recubrimientos de hasta el 31% y alturas de 4 m). Estos datos nos permitieron concluir que en las parcelas muestreadas en este estudio se recogió adecuadamente la variabilidad de hayedos de Cataluña, al menos en comparación con los resultados obtenidos por Gracia *et al.* (2002) en el Inventario Ecológico y Forestal de Cataluña (IEFC) (Burrriel 2002).

Índices de calidad estética

Los resultados de los índices de calidad estética promediados para cada una de las 20 parcelas (Tabla 2) indicaron que las preferencias de los forestales y del resto de la sociedad tienen un rango de variabilidad parecida (161,8 y 158 puntos respectivamente), aunque los estudiantes forestales se mostraron más exigentes a la hora de puntuar, estando el rango de valoración del público general desplazado respecto al de los observadores forestales unos 15 puntos en sentido positivo. Sin embargo, el valor medio del índice de calidad estética era mayor en los observadores forestales que en el público en general (-0,17 y -0,54 respectivamente). Esto es debido a que una gran parte de las preferencias del resto de la sociedad se concentraron en las valoraciones medias (menor desviación típica), mientras que los forestales tenían las valoraciones más repartidas por todo el rango, con cierta concentración en los valores más altos (Tabla 2).

La similitud entre el grupo forestal y la sociedad en general se analizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson calculado entre los índices de calidad

Tabla 2. Listado de coordenadas, altitud de las parcelas de muestreo e índices de calidad estética obtenidos para cada parcela y tipo de observador

Parcela	Coordenadas UTM		Altitud (m)	Tipo de observador		
	X	Y		Forestal	Sociedad	Todos
1	321,050	4.742.820	1.120	-17,5	1,4	-3,1
2	313,970	4.733.400	1.060	49	69,6	64,5
3	405,950	4.682.600	1.120	-12	-16	-15
4	433,010	4.678.600	1.370	56	43,2	46,3
5	434,050	4.678.540	1.360	37,3	22,2	26
6	440,280	4.667.150	1.030	-94,6	-55,9	-65,5
7	440,250	4.667.180	1.040	-71,7	-70	-70,4
8	451,500	4.628.430	1.150	18,5	-2,2	2,8
9	459,150	4.667.050	550	63	15,5	27,1
10	459,150	4.666.800	550	52,8	27,7	33,9
11	443,220	4.666.280	970	-49,8	-76,7	-70,1
12	443,280	4.666.200	1.110	-65,3	-66,6	-66,3
13	444,900	4.667.170	1.240	-39,9	-13,7	-20,2
14	448,380	4.661.750	1.190	29	40,6	37,7
15	448,310	4.661.800	1.180	0,2	-11,7	-8,7
16	455,170	4.626.270	1.110	64,3	81,3	77,2
17	455,020	4.626.260	1.210	67,2	44,5	50,1
18	455,000	4.624.940	1.180	22,2	0,4	5,7
19	454,720	4.623.940	1.350	-37,9	2,4	-7,6
20	454,500	4.626.490	1.330	-74,3	-46,7	-53,5
Media				-0,17	-0,54	-0,45
Desv. Típica				51,9	44,5	45,3
Máximo				67,2	81,3	77,2
Mínimo				-94,6	-76,7	-70,4

estética de ambos grupos. Los resultados obtenidos (valor del coeficiente de Pearson de 0,889) sugirieron que no había diferencias consistentes entre las preferencias estéticas de los dos grupos. La aplicación de una prueba F para varianzas de dos muestras resultó en un valor de f cercano a 1 (1,36, valor crítico 2,17, $\alpha = 0,05$) proporcionando evidencia de que las varianzas de población subyacentes eran iguales. Las escasas diferencias entre grupos pueden ser explicadas por percepciones estéticas individuales diferentes dentro de los grupos. Esta afirmación se encuentra en la misma línea que estudios similares realizados en Finlandia y Dinamarca (Helles, 1975; Pukkala *et al.*, 1988) que encontraron que las valoraciones dadas por gestores forestales y el público en general eran, en global, idénticas. Vodak *et al.* (1985) también han hallado similitudes de valoración estética entre propietarios forestales y estudiantes, y entre grupos informados o no sobre la gestión forestal aplicada.

Por tanto, en el desarrollo de los modelos subsiguientes se prescindió de agrupamientos sociales en la variable dependiente, los índices de calidad estéti-

ca. Se comprobó que la variable respuesta «calidad estética» seguía una distribución normal a través del test de Shapiro-Wilks ($W = 0,9622$, y probabilidad $< W$ de 0,59), y a través de los coeficientes de sesgo y de curtosis (-0,101 y -0,694 respectivamente).

Selección de variables físicas

Entre las 14 variables seleccionadas para la construcción de modelos a través de su relación directa con la calidad estética se encontraban variables de madera caída, de densidad de regenerado total y agrupado, de recubrimiento de suelo, de tamizado de la visibilidad por árboles, de densidad de tocones y de altura de matorral (Tabla 1), siendo la densidad de regenerado, el porcentaje de hierba y la densidad de regenerado por grupo (n° reg/grupo) las que más influían en la calidad estética (explican un 32,5%, 21,9% y 21% de la calidad estética respectivamente).

El análisis de correlaciones indicaba que las parcelas de elevada densidad de regenerado se asociaban con

una mayor agrupación del regenerado y con un mayor tamizado de la visibilidad producido por árboles de más de 12,5 cm de diámetro. Las variables de madera caída estaban todas muy correlacionadas entre sí (coeficientes de Pearson mayores a 0,95) excepto la madera caída de tamaño mediano (MC 0,6-2,5) y la profundidad de madera caída, que a su vez estaban ligeramente correlacionadas entre sí. Por otro lado, como era de esperar, el tamizado visual producido por otra vegetación distinta de la arbórea se encontró directamente relacionado con el porcentaje de matorral y la altura del mismo (coeficientes de Pearson de 0,755 y 0,840 respectivamente), variables que también estaban correlacionadas entre sí. En cada modelo desarrollado únicamente se incluyó una variable de cada grupo.

Modelos de regresión

Bajo los criterios de alta capacidad predictiva, significación, cumplimiento de las hipótesis básicas y validación del modelo, se seleccionaron varios modelos de regresión para explicar la calidad estética de los hayedos a partir de los parámetros tomados en campo.

Los tres mejores modelos tenían una elevada capacidad predictiva (R^2 entre 0,81 y 0,82) (Tabla 3). Estos modelos se construyeron eliminando la parcela 12 al considerarse que pudo haber un error en la medición de esta observación, ya que se trataba de una observación atípica e influyente que se alejaba mucho de las demás observaciones a partir del análisis del gráfico de residuos, y cuya eliminación no afectaba de manera muy significativa a la ecuación de ajuste al no

llegar en ninguno de los modelos al límite menos restrictivo que dan algunos autores para considerarla influyente ($|DFFITS| > 2$). Los tres mejores modelos ($n = 19$) eran muy parecidos, variando únicamente el rango de tamaños que se toma en una de las variables, la madera caída. Por ello, en futuras aplicaciones se podría utilizar cualquiera de los tres modelos, escogiendo el que fuera más cómodo en cada caso para la toma o la interpretación de los datos.

Para los mejores modelos, los niveles de significación tanto del propio modelo (α), como de los estimadores de los coeficientes asociados a las variables y del estimador del término independiente ($Pr > |t|$) eran menores a 0,05 (confianza del 95%). Los valores de la R^2 ajustada eran altos (81-82%) y los valores de PRESS bajos, lo que demostraba su alta capacidad predictiva y validez (Tabla 4). Las variables incluidas en los tres modelos seleccionados, así como los estimadores de los coeficientes asociados a las variables, los estimadores de los coeficientes estandarizados, los errores estándar y los niveles de significación de los mismos se detallan en la Tabla 5.

No se obtuvieron modelos con suficiente significación y capacidad predictiva que únicamente relacionaran las variables que habitualmente se incluyen en los inventarios forestales con las preferencias estéticas de las masas de hayedo, aunque los tres mejores de este tipo se han incluido en la Tabla 3 para facilitar la comparación. Por el contrario, en los modelos seleccionados se incluyen variables que no suelen tomarse en un inventario forestal pero que son visualmente importantes, en particular la existencia y tipo de madera caída y la penetrabilidad visual.

Tabla 3. Principales modelos de regresión obtenidos (seleccionados y no seleccionados) para la estimación de calidad estética

Nº	Modelos seleccionados	R ²	R ² aj*	P > F**
1	CE = 140,945 - 0,479* (MC > 2,5) - 0,830* (% hojas caídas) - 0,214* (alt. matorral) - 0,870* (% arbóreo)	0,824	0,765	0,0002
2	CE = 141,065 - 0,462* (MC < 0,6) - 0,812* (% hojas caídas) - 0,210* (alt. matorral) - 0,853* (% arbóreo)	0,814	0,751	0,002
3	CE = 140,754 - 0,456* (TMC) - 0,808* (% hojas caídas) - 0,209* (alt. matorral) - 0,850* (% arbóreo)	0,810	0,746	0,0003
Otros modelos				
4	CE = -44,556 + 0,026* (pies reg/ha) + 0,031* (nº tocones/ha) + 3,333* (% hierba)	0,622	0,551	0,0011
5	CE = -43,305 + 13,762* (nº reg/grupo) + 0,051* (nº tocones/ha) + 2,916* (% hierba)	0,570	0,490	0,0031
6	CE = -35,737 + 0,032* (pies reg/ha) + 2,804* (% hierba)	0,540	0,486	0,0014

* R² ajustado. ** Nivel de significación.

Tabla 4. Cumplimiento de las hipótesis básicas, observaciones atípicas e influyentes y validación en los modelos seleccionados

N°	Hipótesis básicas del modelo				Observac. atípicas e influyentes*	Validación		
	Linealidad	Homoce- dasticidad	Normalidad	Ausencia multicol.		SSE	PRESS	SEE/PRESS (×100)
1	Sí	Sí	Sí	Sí	No	4.501	9.678	46,50%
2	Sí	Sí	Sí	Sí	No	4.766	10.067	47,30%
3	Sí	Sí	Sí	Sí	No	4.868	10.319	47,20%

* Se ha considerado influyente si $|DFFITS| > 2$.

Todas las variables incluidas (madera caída, hojas caídas, altura de matorral y tamizado visual por arbolado) influyen negativamente en la calidad estética en los tres mejores modelos (Fig. 2).

Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios realizados en Estados Unidos en bosques de pino ponderosa (Schroeder y Daniel, 1981; Schroeder y Brown, 1983; Brown y Daniel, 1984) donde se encontró que la presencia de madera caída y de un sotobosque denso tenían una influencia negativa para la calidad estética. La variable que más contribuye a la calidad estética en estos modelos es la altura de matorral (tiene los mayores estimadores estandarizados en valor absoluto para los tres modelos), mientras que el porcentaje de hojas caídas es el menos influyente. Así, se podría decir por ejemplo para el modelo 1, que un aumento de la altura de matorral de 3.8 cm produciría una disminución de la calidad

estética similar a un aumento de un 1% del porcentaje de hojas caídas, un 1% del tamizado arbóreo o un 1,7 m³/ha más de madera caída de más de 2,5 cm de diámetro.

Aplicación de los modelos de calidad estética para hayedos en la gestión forestal

El grupo de modelos seleccionado, según el cual la calidad estética de las masas de haya disminuye al aumentar la madera caída, el porcentaje de hojas en el suelo, la altura del matorral y el tamizado arbóreo, podría servir como herramienta en la planificación forestal donde el uso recreativo sea dominante o muy importante. El gestor podría así responder a dos interrogantes decisivos: *¿Cómo afectará una determinada actuación en las preferencias estéticas de la gen-*

Tabla 5. Estimadores de los coeficientes y niveles de significación de los mismos para las variables incluidas en los modelos seleccionados

Variables	Estimadores coeficientes	Estimadores estandarizados	Error estándar	P > t
<i>Modelo 1</i>				
MC > 2.5	-0,4788	-0,657	0,09788	0,0004
% hojas caídas	-0,82003	-0,416	0,28196	0,0131
Alt. matorral	-0,21486	-0,7379	0,03728	< 0,0001
% arbóreo	-0,86956	-0,5482	0,24925	0,0045
<i>Modelo 2</i>				
MC > 0.6	-0,46204	-0,6446	0,09867	0,0005
% hojas caídas	-0,81252	-0,4122	0,29021	0,0161
Alt. matorral	-0,21044	-0,7227	0,0382	0,0001
% arbóreo	-0,853	-0,5377	0,25572	0,0059
<i>Modelo 3</i>				
TMC	-0,45649	-0,6412	0,0991	0,0006
% hojas caídas	-0,80763	-0,4097	0,29334	0,0175
Alt. matorral	-0,20929	-0,7187	0,03857	0,0002
% arbóreo	-0,85046	-0,5361	0,25843	0,0064

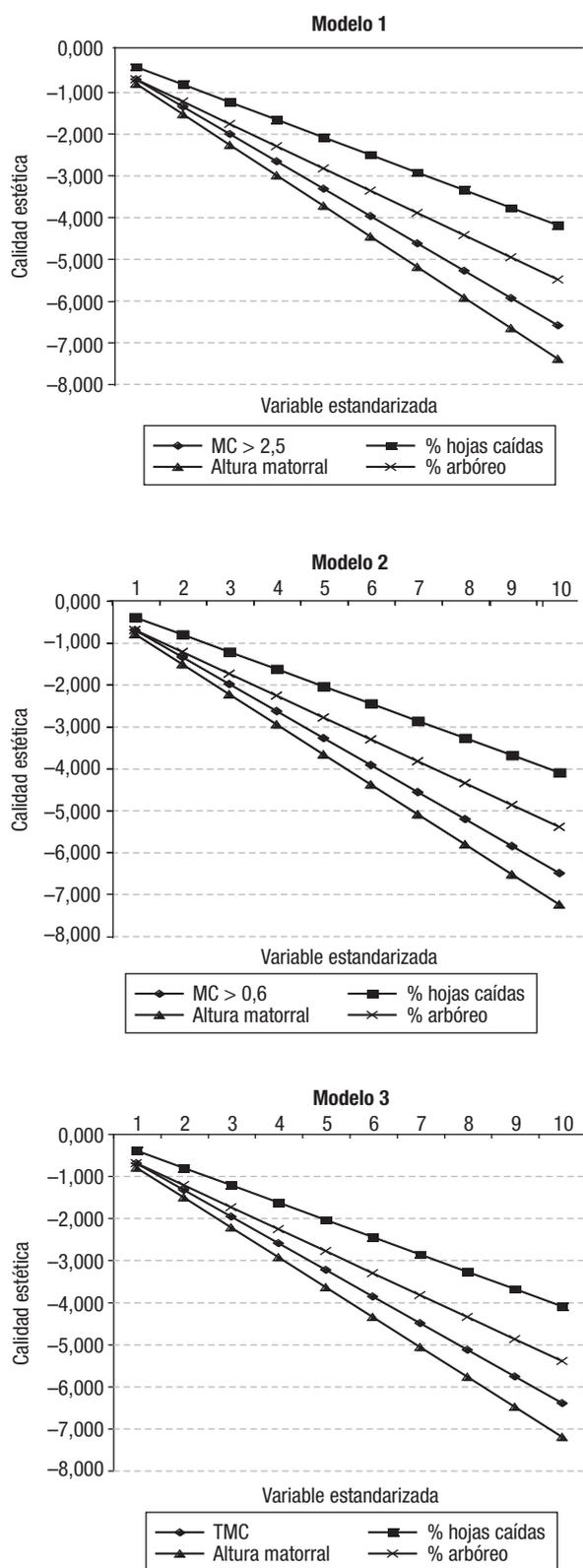


Figura 2. Gráficos de variación de la calidad estética con cada una de las variables de los modelos seleccionados, suponiendo que las demás variables valen 0.

te? y ¿Qué tratamientos hay que llevar a cabo para aumentar la calidad visual de una masa?.

En relación con el primer interrogante, se podría calcular a través de las ecuaciones de regresión la calidad estética de la masa antes y después de realizar la actuación forestal. Determinar la calidad estética previa a la actuación supone sencillamente medir las 4 variables físicas mediante parcelas de inventario en la masa a intervenir. En cambio, para el cálculo de la calidad estética después de la actuación sería necesario estimar las variables correspondientes, si no se pueden deducir de masas similares a las resultantes después de la intervención. La cantidad de madera caída en el suelo después de la actuación no se podrá medir directamente en campo, pero se podría calcular suponiendo que será la que había antes de la actuación más la biomasa de las ramas y troncos de los árboles que se cortarán (si la actuación a realizar es una clara o una corta), menos la que se extraiga del monte tras el tratamiento. Así, sabiendo cuánta madera cortada se extraerá del monte y no quedará en el suelo, conociendo el volumen de los fustes de los árboles a apaar y estableciendo una relación entre este volumen y la biomasa de las ramas (variable tomada en el Inventario Ecológico y Forestal de Cataluña, Gracia *et al.*, 2000) se podría calcular el volumen de madera caída que habrá en el suelo después de la actuación. En este caso habría que utilizar el modelo 3 ya que mide la madera caída total, sin distinguir entre clases de tamaño.

Para determinar ¿Qué tratamientos hay que llevar a cabo para aumentar la calidad visual de una masa? habría que estudiar cómo se pueden modificar (en este caso reducir) cada una de las variables de la ecuación de regresión. Así, se recomienda mantener una masa de elevada penetrabilidad visual (por arbolado) y bastante limpia de matorral y de madera caída en el suelo. En este sentido, se deberían realizar desbroces de matorral y tratar de conseguir masas no muy densas. Además, se podrían llevar a cabo podas de limpieza de fuste que despejarían el campo visual, y que podrían justificarse económicamente en el caso de tener un segundo objetivo de producción de madera de calidad.

Por otro lado, se aconseja que para mantener la masa limpia de madera caída, las trozas y ramillas extraídas fueran las de diámetros grandes (> 2,5 cm) por dos razones principales: en primer lugar, porque para quitar el mismo volumen de madera se necesitará menos esfuerzo; y en segundo lugar, porque el estimador del

coeficiente en la ecuación de regresión es algo mayor para el primer modelo (con la variable $MC > 2,5$ cm) que para el resto de los modelos del grupo, y por tanto por cada metro cúbico extraído mejorará en mayor medida la calidad estética.

El objetivo de aumentar la calidad estética de los hayedos aconseja tratar de evitar las masas de monte bajo y monte medio, que podrían orientarse hacia conversiones a monte alto siguiendo la tendencia actual de la silvicultura. Sin embargo, tanto estas recomendaciones como otras que se puedan proponer deben considerarse a la luz de condicionantes locales y de compatibilidad con los distintos usos del monte. Es importante considerar que la consecución de objetivos estéticos o paisajísticos pasa por la toma de variables visuales en campo. La utilización de modelos basados en variables habituales del inventario forestal no parece conducir a buenas estimaciones de calidad estética.

Un aspecto no considerado en este trabajo es la variabilidad estacional. La época del año en la que se toman los datos de campo ha de tenerse en cuenta al aplicar dichas técnicas en futuros estudios ya que puede condicionar notablemente el valor de algunas variables. Por ejemplo, en otoño/invierno los árboles no tienen hojas y por tanto la penetrabilidad visual y la luz que entra es mayor, o la existencia de una cubierta de nieve puede impedir la visión de la madera caída, hierba, etc. y su influencia en la calidad estética puede ser muy variable.

Conclusiones

Los métodos aplicados permitieron obtener modelos fiables para las masas de haya estudiadas, modelos en que las valoraciones de grupos de estudiantes encuestados sobre la calidad estética de estas masas desde el interior de las mismas, hechas a través de fotografías, son explicadas por sólo cuatro variables físicas tomadas en campo. Estas variables físicas de probada importancia estética, predicen más del 80% de la variabilidad en la calidad estética con un nivel de confianza del 95%. Así, los mejores modelos que se han obtenido para valorar la calidad estética de las masas de haya relacionan el exceso de madera caída, un elevado recubrimiento de hojas del suelo, una gran altura del matorral y un elevado tamizado de la visibilidad por arbolado con una baja calidad estética. Entre estas variables, la que más explica la calidad estética es

la altura de matorral, y la que menos el recubrimiento de hojas caídas.

Al igual que en otros estudios previos, el desarrollo de modelos no lineales de estimación de la calidad estética no mejoraron los resultados, por lo que los modelos lineales se consideran apropiados para la predicción de la calidad estética de hayedos en Cataluña.

Las preferencias estéticas de los dos grupos sociales de estudiantes encuestados (forestales y público en general) resultaron muy similares, al menos en la estación estival objeto del estudio.

Así, consideramos que los modelos de preferencias estéticas desarrollados pueden tener una aplicación directa en la gestión forestal, y especialmente en la planificación forestal de los montes de hayas donde el uso recreativo sea predominante o muy importante en Cataluña. Estos modelos pueden servir tanto de guía si se pretende mejorar la calidad estética de la masa, como evaluar el grado de afección estética que previsiblemente sufrirá un hayedo sometido a una determinada actuación silvícola. En este sentido, la gestión de hayedos altamente valorados por los visitantes requiere incorporar masas limpias de matorral alto, hojas y madera caída, efectuando desbroces y retirando del monte restos de corta o incluso madera caída de forma natural, masas poco densas en las que el tamizado visual por arbolado de diámetros mayores a 12,5 cm sea también bajo.

Por último, deben considerarse las limitaciones y alcance de las conclusiones y recomendaciones expuestas en el presente estudio y referirlas a las condiciones de partida. En este sentido, se ha considerado que una muestra de población universitaria es representativa de toda la sociedad en general, como así lo exponen diversos estudios (Zube *et al.*, 1974; Buhyoff y Leuschner, 1978; Schroeder y Daniel, 1981). Además, también se ha considerado que una muestra de estudiantes de forestales es representativa de las preferencias de gestores forestales, ya que tienen conocimientos de gestión forestal y en un periodo de tiempo relativamente corto se convertirán ellos mismos en gestores, pero pueden existir diferencias en cuanto a experiencia y edad de los dos colectivos. Por lo tanto, para una generalización más extensa de las conclusiones y recomendaciones expuestas habría que ampliar la muestra de población a otros sectores no universitarios y/o otras clases de edad presentes en la población objetivo, así como a otras regiones con hayedos fuera de Cataluña.

Agradecimientos

Agradecemos la concesión de una beca a Marta Burriel para el desarrollo de este trabajo al programa Universidad de Lleida-Centro Tecnológico Forestal del Solsonés de Formación de Investigadores en Gestión de Espacios con Usos Recreativos.

Referencias bibliográficas

- AGÚNDEZ D., MARTÍN S., DE MIGUEL J., GALERA R.M., JIMÉNEZ M.P., DÍAZ-FERNÁNDEZ P., 1995. Las regiones de procedencia de *Fagus sylvatica* L. en España. Edit DGCONA.
- BROWN J.K., 1974. Handbook for inventorying downed woody material. USDA Forest Serv General Technical Report INT-16. Ogden, Utah, USA. 34 pp.
- BROWN T.C., DANIEL T.C., 1984. Modeling forest scenic beauty: concepts and application to ponderosa pine. USDA Forest Ser Res Pap RM-256.
- BROWN T.C., DANIEL T.C., 1986. Predicting scenic beauty timber stands. *Forest Science* 32, 471-487.
- BROWN T.C., 1987. Production and costs of scenic beauty: examples for a ponderosa pine forest. *Forest Science* 33, 471-487.
- BROWN T.C., DANIEL T.C., 1990. Scaling of ratings: Concepts and methods. USDA Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Res Pap RM-293.
- BRUSH R.O., 1976. Perceived quality of scenic and recreational environments: some methodological issues. In: Perceiving environmental quality: research and application (Craik K.H., Zube E.H., eds). Plenum, New York. pp. 47-58.
- BUHYOFF G.J., LEUSCHNER W.A., 1978. Estimating psychological disutility from damaged forest stands. *Forest Science* 24(3), 424-432.
- BUHYOFF G.J., WELLMAN, J.D., 1980. The specification of a non-linear psychophysical function for visual landscape dimensions. *Journal of Leisure Research* 12, 257-272.
- BUHYOFF G.J., HULL R.B., LIEN J.N., CORDELL H.K., 1986. Prediction of scenic beauty for southern pine stands. *Forest Science* 32, 769-778.
- BURRIEL M., 2002. Valoración social de las propiedades estéticas de los hayedos en Cataluña. Proyecto final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Universidad de Lleida.
- CARO F., CONSTANTINO M., MARTINS I., WEINTRAUB A., 2003. A 2-Opt tabu search procedure for the multi-period forest harvesting problem with adjacency, greenup, old growth, and even flow constraints. *Forest Science* 49, 738-751.
- DANIEL T.C., BOSTER R.S., 1976. Measuring landscape aesthetics: the scenic beauty estimation method. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Res Pap RM-167.
- DANIEL T.C., VINING J., 1983. Methodological issues in the assessment of landscape quality. In: Behaviour and the natural environment (Altman I., Wohwill J., eds). Plenum Press. Chapter 2, 39-83.
- GRACIA C., BURRIEL J.A., IBÁÑEZ J.J., MATA T., VAYREDA J., 2000. Inventari ecològic i forestal de Catalunya. Regió Forestal IV. CREA, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya.
- GRACIA C., BURRIEL J.A., IBÁÑEZ J.J., MATA T., VAYREDA J., 2002, 18 de abril. Inventari ecològic i forestal de Catalunya. Versió digital [en línea]. CREA, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. [consultado: 1 de julio de 2002] Disponible en Internet: <http://www.crea.uab.es/iefc/>
- HELLES F., 1975. Foresters' views on the recreational function of forests. *Danks Skovforenings Tidsskrift* 60(1), 46-60.
- HOLLENHORST S.J., BROCK S.M., FREIMUND W.A., TWERY M.J., 1993. Predicting the effects of gypsy moth on near-view aesthetic preferences and recreation appeal. *Forest Science* 39(1), 28-40.
- HORNE P., BOXALL P.C., ADAMOWICZ W.L., 2005. Multiple-use management of forest recreation sites: a spatially explicit choice experiment. *Forest Ecology and Management* 207, 189-199.
- HULL R.B., BUHYOFF G.J., DANIEL T.C., 1984. Measurement of scenic beauty: the law of comparative judgment and scenic beauty estimation procedures. *Forest Science* 30(4), 1084-1096.
- NETER J., WASSERMAN W., KUNTER M.H., 1990. Applied linear statistical models, 3rd ed. Irwin, Inc, Boston, MA.
- PÂQUET J., BÉLANGER L., 1997. Public acceptability thresholds of clearcutting to maintain visual quality of boreal balsam fir landscapes. *Forest Science* 43, 46-55.
- PATTON D.R., 1977. Managing southwestern ponderosa pine for the Albert squirrel. *Journal of Forestry* 75(5), 264-267.
- PORTA J., LÓPEZ-ACEVEDO M., ROQUERO C., 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed Mundi-Prensa, Madrid.
- PRADA A., VÁZQUEZ M.X., 2007. Aplicación de índices de preferencia paisajística a paisajes atlánticos de montaña. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 214, 127-153.
- PUKKALA T., KELLOMAKI S., MUSTONEN E., 1988. Prediction of the amenity of a tree stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3, 533-544.
- RIBE R.G., 2005. Aesthetic perceptions of green-tree retention harvests in vista views. The interaction of cut level, retention pattern and harvest shape. *Landscape and Urban Planning* 73, 277-293.
- RUDELLE E.J., GRAMANN J.H., RUDIS V.A., WESTPHAL J.M., 1989. The psychological utility of visual penetration in near-view forest scenic-beauty models. *Environment and Behaviour* 21, 393-412.

- RUDIS V.A., 1985. Screenometer: a device for sampling vegetative screening in forested areas. *Canadian Journal of Forest Research* 15, 996-999.
- RUDIS V.A., GRAMANN J.H., RUDELLE E.J., WESTPHAL J.M., 1988. Forest inventory and management-based visual preference models of southern pine stands. *Forest Science* 34: 846-863.
- SCHROEDER H.W., BROWN T.C., 1983. Alternative functional forms for an inventory-based landscape perception model. *Journal of Leisure Research* 13, 156-163.
- SCHROEDER H.W., DANIEL T.C., 1981. Progress in predicting the perceived scenic beauty of forest landscapes. *Forest Science* 27, 71-80.
- SHEPPARD S., ACHIAM C., YD'EON R.G., 2004. Aesthetics: are we neglecting a critical issue in certification for sustainable forest management? *Journal of Forestry* 102(5), 6-11.
- SHEPPARD S., PICARD P., 2006. Visual-quality impacts of forest pest activity at the landscape level: a synthesis of published knowledge and research needs. *Landscape and Urban Planning* 77, 321-342.
- VODAK M.C., ROBERTS P.L., WELLMAN J.D., BUHYOFF G.J., 1985. Scenic impacts of eastern hardwood management. *Forest Science* 31, 289-301.
- ZUBE E.H., PITT D., ANDERSON T., 1974. Perception and measurement of scenic resources in the southern Connecticut River Valley. Publ R-74-1. Inst. Man & Environ, Univ Mass, Amherst.
- ZUBE E.H., SELL J.R., TAYLOR J.G., 1982. Landscape perception: research, application and theory. *Landscape Planning* 9, 1-33.