

NOTA TÉCNICA

EMPLEO DE ÁRBOLES DE CLASIFICACIÓN (CART) PARA LA PREDICCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE MASAS DE CASTAÑO (*CASTANEA SATIVA* MILL.) EN EL NW DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Ramón-Alberto Díaz-Varela¹, Pedro Álvarez-Álvarez², Emilio Díaz-Varela³ y Silvia Calvo-Iglesias⁴

¹ Grupo de investigación 1934 – Departamento de Botánica - IBADER. Universidad de Santiago de Compostela. Escola Politécnica Superior. Campus Universitario s/n. 27002-LUGO (España). Correo electrónico: ramon.diaz@usc.es

² Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, Escuela Politécnica de Mieres (E.P.M.). Campus Universitario de Mieres. c/ Gonzalo Gutiérrez Quirós. 33600-MIERES (Asturias, España). Correo electrónico: alvarezpedro@uniovi.es

³ Grupo de investigación 1716 - Proyectos y Ordenación del Territorio, Departamento de Ingeniería Agro-Forestal, Universidad of Santiago de Compostela, Escola Politécnica Superior. Campus Universitario s/n. 27002-LUGO (España). Correo electrónico: emilio.diaz@usc.es

⁴ Departamento de Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio, Universidad de Vigo. Campus Lagoas-Marcosende. 36310-VIGO (España). Correo electrónico: silvia.calvo@uvigo.es

Resumen

En el presente estudio se propone la aplicación de técnicas de modelización para predecir el estado de conservación de las masas de castaño en el Noroeste de la Península Ibérica, entendiendo ésta en términos de su valor cultural y medioambiental y formulada como un índice de calidad que engloba la madurez y pureza de las masas forestales de esta especie referidas a nivel de tesela. Se han considerado como potenciales predictores del estado de conservación de las masas variables fácilmente calculables para escalas geográficas amplias: características del relieve derivadas de modelos digitales de elevaciones, heterogeneidad de la cubierta vegetal estimada a partir del estudio de la textura de imágenes de satélite Landsat ETM+ e índices estructurales del paisaje. El empleo de árboles de clasificación nos ha permitido identificar 9 de las 43 variables inicialmente consideradas, como los mejores predictores del estado de conservación de las masas de castaño.

Palabras clave: *Variables fisiográficas, Índices de paisaje, Índices de textura, Landsat ETM+*

INTRODUCCIÓN

Los bosques de castaño (*Castanea sativa* Mill.) son elementos de gran importancia en el ámbito de los paisajes culturales de Europa,

habiendo sido además catalogados como hábitats de interés en la Red Natura 2000 de espacios protegidos de la Unión Europea. A pesar de su importancia natural y cultural, así como de sus posibilidades como recurso económico, se

encuentran amenazados por el abandono de prácticas culturales tradicionales y por cambios recientes en el medio rural. La pérdida de la dominancia del castaño en estas masas forestales puede ser interpretada de forma directa como un indicador de su degradación, pudiendo ser debida tanto a las dinámicas naturales de sucesión vegetal motivado por el abandono del manejo tradicional, como a la invasión por especies alóctonas, en particular especies arbóreas de crecimiento rápido.

Como respuesta a las necesidades de conocimiento de las principales variables relacionadas con los procesos de degradación de las masas de castaño, proponemos la aplicación de técnicas estadísticas de modelización del estado de conservación integrando conjuntos de datos relacionados con características topográficas, morfología de las teselas de arbolado y características de la respuesta espectral de la cobertura del arbolado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio cubre un área aproximada de 24.448 Km² en el NW de la Península Ibérica,

coincidiendo con la extensión de la escena 204/30 de la imagen del sensor Landsat ETM+ (Figura 1), donde es posible encontrar masas de castaño en diferente estado de conservación. Las altitudes oscilan entre el nivel del mar y aproximadamente 2.000 m, mostrando un contrastado relieve. Biogeográficamente el área se encuadra mayoritariamente en la Región Atlántica, si bien un cierto sector pertenece a la región Mediterránea (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2008).

Los límites y las variables de las masas se han obtenido del Mapa Forestal de España a Escala 1:50.000 (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2002). Se han considerado exclusivamente teselas de arbolado con una fracción de cabida cubierta arbolada mínima del 60%, una cobertura mínima de castaño del 20% y fases de desarrollo (clases naturales de edad) para el castaño superiores a 2 (esto es monte bravo, latizal y fustal), resultando un total de 1.582 teselas. Para cada una de las teselas se han recuperado de la base de datos del Mapa Forestal la cobertura relativa de castaño en intervalos de 10% junto con la fase de desarrollo para esta especie. A partir de esta información se han clasificado las teselas en dos categorías de conser-

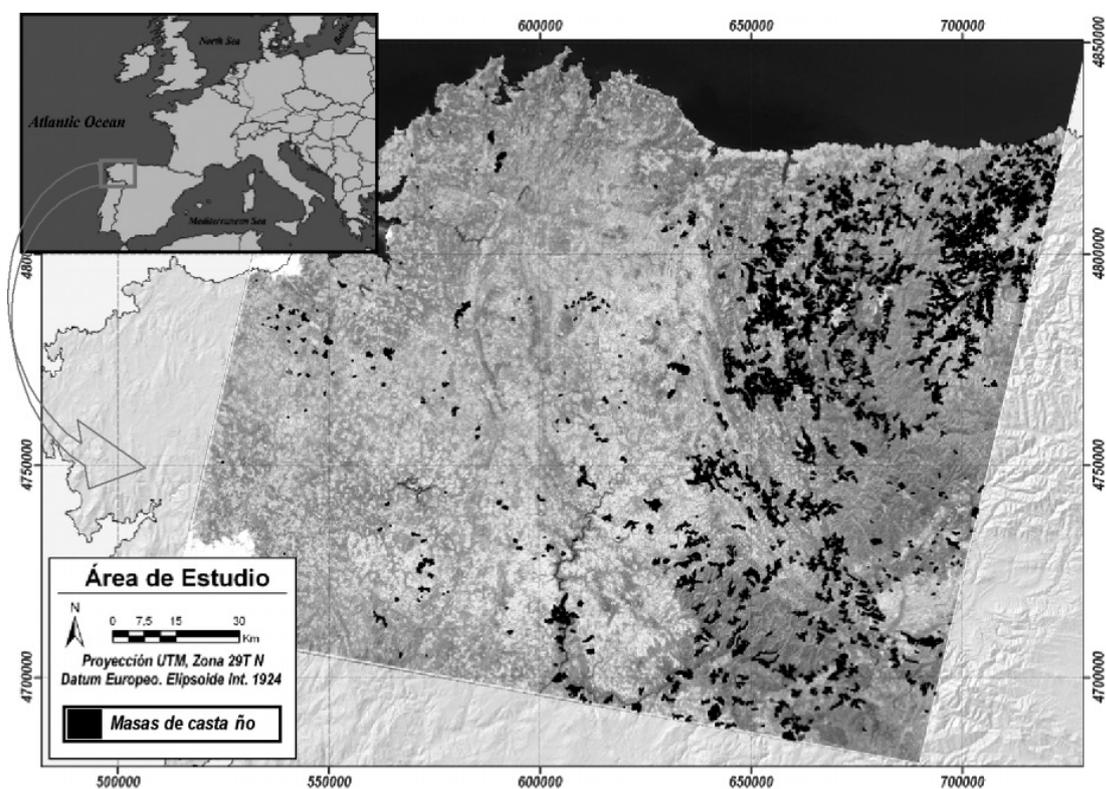


Figura 1. Área de estudio

vacación o de calidad de las masas en función del grado de dominancia y fase de desarrollo del castaño, asumiendo que las masas en un mejor estado de conservación (codificado numéricamente como 2) son aquellas con menos del 30% de cobertura de otras especies y con castaños en estado de latizal o fustal y aquellas en peor estado (codificado numéricamente como 1) las restantes (Tabla 1). Así, la clase 1 correspondería con masas sometidas a fuerte competencia de otras especies forestales y susceptibles a dinámicas de regresión del castaño más o menos acentuadas en función de condiciones ambientales particulares. Por el contrario, la clase 2 correspondería con masas donde la cobertura y madurez del castaño favorecería su persistencia y desarrollo en la masa. Esta clasificación se ajustaría a grandes rasgos con el

concepto de estado de conservación de hábitats de la DC 92/43/CEE, en cuanto a la valoración de factores que pudieran limitar la distribución natural, estructura y función de los hábitats y sus especies características. No se ha discriminado entre masas de monte alto y monte bajo dado que se han considerado variables estructurales de masa independientemente de su origen y aprovechamiento.

Como potenciales predictores de este índice de calidad se han empleado medidas de características del paisaje disponibles a amplias escalas geográficas, tales como índices morfométricos del paisaje, parámetros topográficos obtenidos a partir de modelos digitales de elevaciones e índices de heterogeneidad de la cobertura del terreno calculada a partir del análisis de textura de imágenes de satélite (Figura 2).

		Cobertura relativa de otras especies (%)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Clases naturales de edad castaño	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 1. Estado de conservación de las masas en función de la dominancia y estado de desarrollo del castaño (1 indica masas en mal estado de conservación y 2 masas en buen estado)

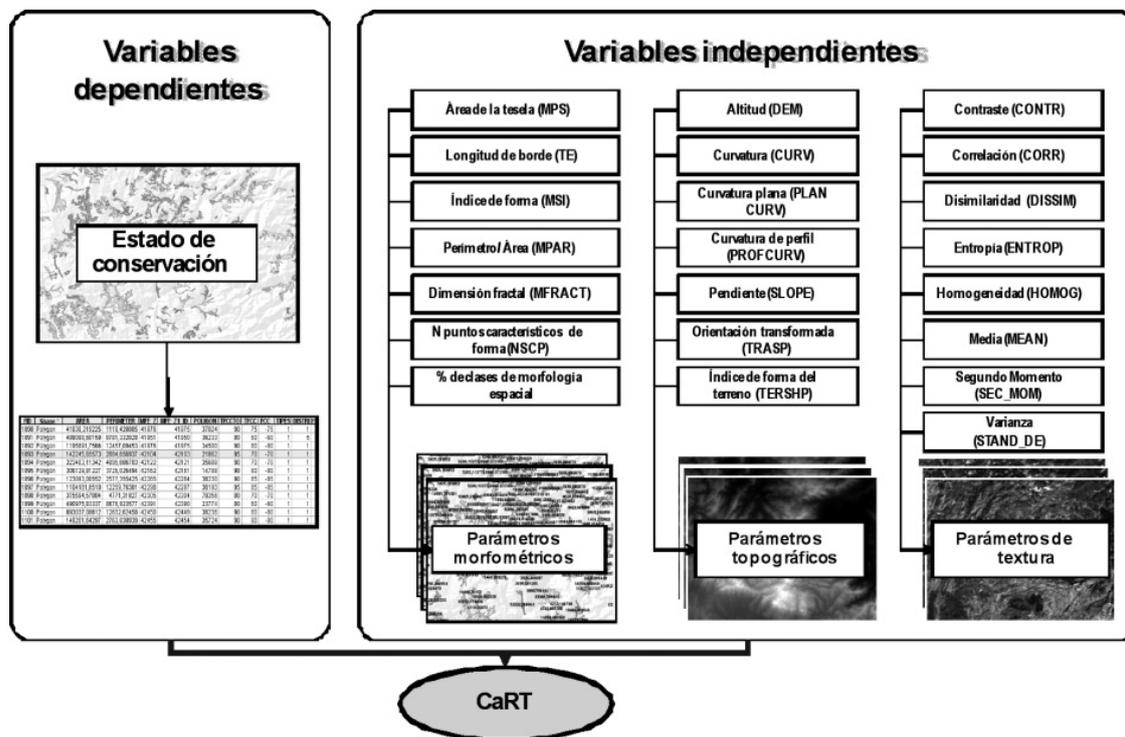


Figura 2. Metodología

Los parámetros morfométricos de las teselas fueron obtenidos empleando dos metodologías diferentes. Así se han calculado seis índices del paisaje empleando una extensión del programa ArcView 3.3 específico para el cálculo de NSCP (nº de puntos característicos de forma, MOSER et al., 2002) y la extensión V-Late (LANG & TIEDE, 2003) del programa ArcGis 9.3 para los cinco restantes. Por otra parte se han aplicado técnicas diseñadas originalmente para el estudio de la conectividad funcional entre teselas forestales para el cálculo de los porcentajes en cada tesela de las diferentes clases morfológicas correspondientes a núcleo, borde, hueco, isla, puente, bucle y rama considerando un píxel (30 m) de borde y empleando la metodología y el programa GUIDOS DE VOGTH et al. (2009).

Se han seleccionado además un total de siete parámetros topográficos ampliamente testados y empleados en estudios hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos (WILSON & GALLANT, 2000) o bien más específicamente para el estudio botánicos y forestales (MCNAB, 1989; ROBERTS & COOPER, 1989).

Por último, como indicadores del grado de heterogeneidad espacial de la cobertura de las masas se ha incluido en el modelo ocho índices de textura basados en matrices de co-ocurrencia de niveles de gris de una imagen de NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado) extraído de una imagen Landsat ETM+ siguiendo la metodología de HARALICK et al. (1973). Los cálculos se han realizado con el programa PCI™ 9.1, considerando una dirección de 45°, un desplazamiento de un píxel y un tamaño de ventana de 5 x 5 píxeles.

El conjunto final de potenciales predictores comprendió 13 parámetros morfométricos de tesela (seis índices de paisaje junto con los porcentajes de cada una de las siete clases morfológicas para cada tesela), 14 variables topográficas (media y desviaciones típicas para cada tesela de los siete parámetros topográficos) y 16 variables de textura (media y desviaciones típicas para cada tesela de los ocho índices de textura).

Estas 43 variables se han integrado para su análisis mediante el empleo de árboles de clasificación y regresión (*Classification and regression trees* o CaRT) empleando el programa SPSS™ 16.0, con la finalidad de clasificar e interpretar la estructura interna de los datos y determinar el

potencial de las diferentes variables como predictores del estado de conservación de las masas (DÍAZ VARELA et al., 2011). Se han empleado este tipo de modelo por su carácter no paramétrico y por haber demostrado su eficacia en estudios similares con muchas variables y elevados volúmenes de datos (VAYSSIÉRES et al., 2000).

RESULTADOS

Los resultados del árbol de clasificación se presentan en la Figura 3. El árbol presenta cinco niveles y un total de diez nodos terminales. Para cada uno de los nodos se detalla el porcentaje y número de casos correspondientes a un buen estado de conservación (codificado como 2) frente a los casos correspondientes a un mal estado de conservación (codificado como 1). La categoría asignada aparece subrayada en gris claro. El árbol ha clasificado correctamente un 71% de los casos.

Las variables fisiográficas son las más importantes en el modelo, responsables de los primeros niveles de división en el modelo. Así, la altitud determina una primera discriminación entre las masas localizadas en áreas más montañosas por encima de 600 m donde las masas mejor conservadas son más frecuentes, frente a aquellas de áreas bajas donde se presenta la casuística opuesta.

En las masas en bajas altitudes, la pendiente media de la tesela determina una nueva división, discriminando un grupo de masas peor conservadas en valores de pendiente inferiores a los 15°. Por encima de los 15° de pendiente media el modelo ha discriminado tres grupos en peor estado de conservación, correspondiente a masas con índices de verdor relativamente elevados (variable MEAN_ME > 46), a masas con índice de verdor relativamente bajo y en laderas de relieve heterogéneo y por último a masas donde no se cumplen estas condiciones y no orientadas a umbría. El grupo de masas en buen estado de conservación corresponde a masas con valores relativamente bajos de índice de verdor, en laderas homogéneas y orientadas predominantemente a umbría.

En las masas localizadas en áreas montañosas el primer nivel de división discrimina aquellas localizadas en laderas uniformes (con baja disper-

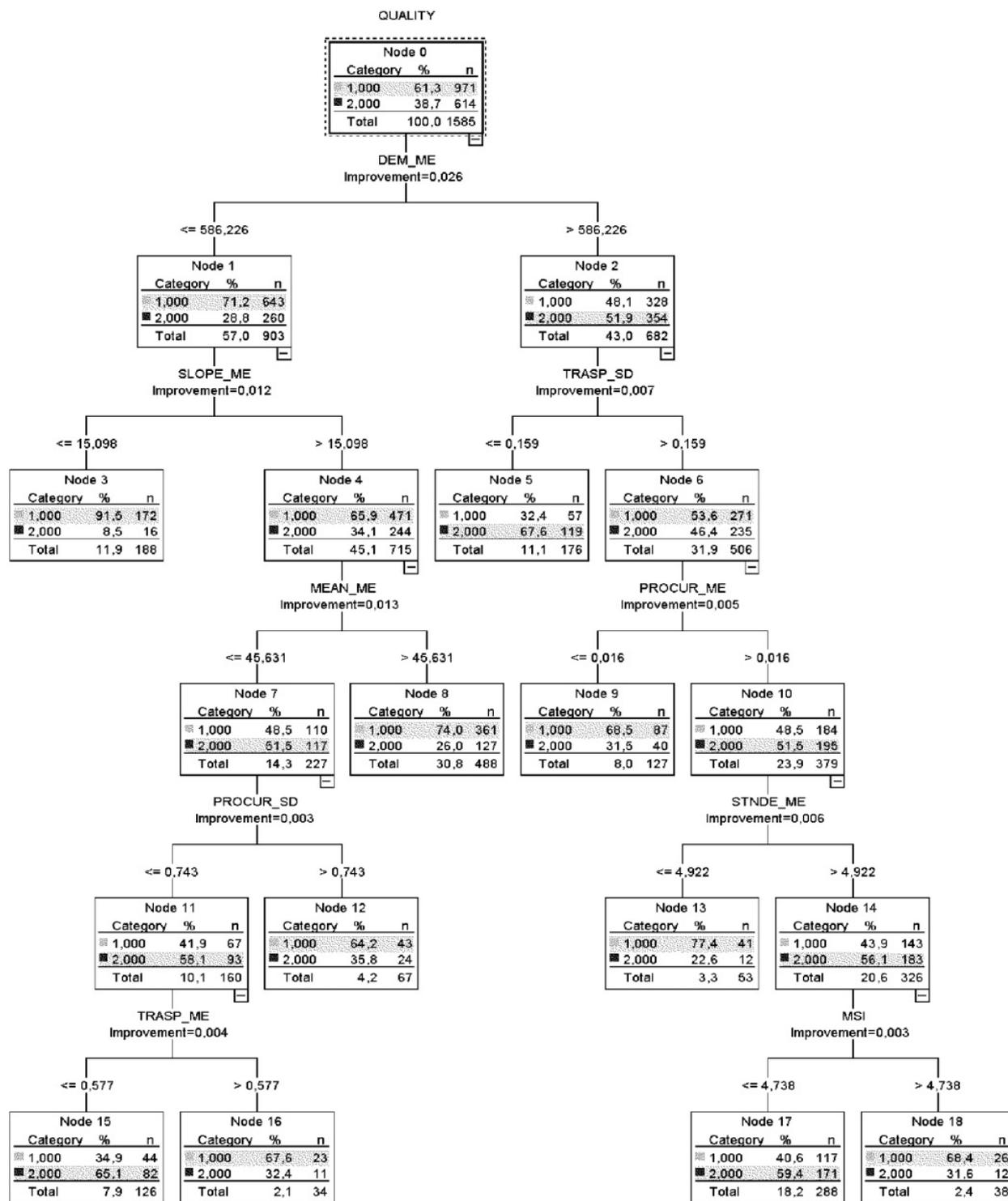


Figura 3. Árbol de clasificación

sión en su orientación), que corresponderían a masas en buen estado de conservación, frente a otras casuísticas. Así, se han diferenciado tres grupos de masas peor conservadas en laderas heterogéneas en cuanto a su orientación: i) a masas en

laderas convexas; ii) a masas en laderas cóncavas pero con una textura fina en su respuesta espectral, y iii) masas en las que se cumplen estos tres supuestos pero con formas de tesela poco compactas. Análogamente, se ha diferenciado un grupo de

masas en buen estado de conservación en estas laderas de orientación heterogénea, correspondiente a localidades con relieves cóncavos, cobertura del terreno relativamente heterogénea (textura gruesa en su respuesta espectral) y con morfología de las teselas compacta.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El uso de los árboles de clasificación ha permitido la identificación de diferentes factores relacionados con características fisiográficas, heterogeneidad de la respuesta espectral de la cubierta y morfología de las teselas como indicadores del estado de conservación de las masas de castaño. Análogamente se han identificado los patrones generales de la relación entre las diferentes variables explicativas y el estado de conservación de las masas de castaño en términos de las interacciones entre el medio y la actividad antrópica histórica.

Así, la altitud se ha revelado como un predictor de gran importancia de la calidad de los bosques de castaño, permitiendo la diferenciación de dos claros dominios espaciales: territorios montañosos y tierras bajas, correspondientes a altitudes por encima y debajo de los 600 m respectivamente. La importancia de esta variable se explica por su fuerte correlación con otras de tipo bioclimático, edáfico, socioeconómico, etc., mientras que el valor concreto de 600 m de altitud como separación de ambientes montañosos y de tierras bajas es coherente con otros estudios sobre unidades de paisaje en Galicia (RAMIL REGO et al., 2005). Dentro de cada dominio, diferentes combinaciones de atributos fisiográficos, textura de imágenes de satélite y compacidad de las teselas han permitido la diferenciación de otros sub-grupos. Los resultados han mostrado que en las altitudes inferiores a los 600 m del área de estudio las masas en buen estado de conservación tienen lugar exclusivamente bajo particulares condiciones fisiográficas y muestran una textura relativamente homogénea. En los terrenos por encima de esta altitud (identificados de forma general con medios montañosos), las masas bien conservadas pueden aparecer bajo una mayor variedad de condiciones, si bien muestran cierta fidelidad a laderas homogéneas

en su orientación así como a combinaciones específicas de topografías cóncavas, heterogeneidad en la respuesta espectral de la cobertura y teselas de contorno compacto.

La metodología expuesta ha permitido la identificación de variables ambientales relacionadas con la ocurrencia de masas de castaño con diferente estado de conservación. Esta información puede ser aplicada al diseño de estrategias de gestión de este hábitat en el marco actual de cambios en los esquemas de usos del territorio, como puede ser el caso de abandono los sistemas agroforestales tradicionales, situación frecuente en los castañares o soutos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- DÍAZ-VARELA, R.-A.; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; DIAZ-VARELA, E. & CALVO-IGLESIAS, S.; 2011. Prediction of stand quality characteristics in sweet chestnut forests in NW Spain by combining terrain attributes, spectral textural features and landscape metrics. *Forest Ecol. Manag.* 261: 1962-1972.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY; 2008. EEA *Biogeographical regions, Europe 2008*. In: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/biogeographical-regions-europe-2008>.
- HARALICK, R.; SHANMUGAM, K. & DINSTEN, I.; 1973. Textural features for image classification. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 3: 610-621.
- LANG, S. & TIEDE, D.; 2003. *vLATE Extension für ArcGIS - vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse*. ESRI Anwenderkonferenz 2003. Innsbruck.
- MCNAB, W.H.; 1989. Terrain Shape Index: Quantifying Effect of Minor Landforms on Tree Height. *For. Sci.* 35: 91-104.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE; 2002. *Mapa Forestal de España. Escala 1:50000*. Banco de Datos de la Naturaleza. Organismo Autónomo de Parques Naturales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MOSER, D.; ZECHMEISTER, H.G.; PLUTZAR, C.; SAUBERER, N.; WRBKA, T. & GRABHERR, G.; 2002. Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species rich-

- ness in rural landscapes. *Landsc. Ecol.* 17: 657-669.
- RAMIL REGO, P.; RODRÍGUEZ GUITIÁN, M.A.; RUBINOS ROMÁN, M.; FERREIRO DACOSTA, J.; HINOJO SÁNCHEZ, B.; BLANCO LÓPEZ, J.M., SINDE VÁZQUEZ, M.; GÓMEZ-ORELLANA RODRÍGUEZ, L.; DÍAZ VARELA, R.A.; MARTÍNEZ SÁNCHEZ, S. Y MUÑOZ SOBRINO, C.; 2005. La expresión territorial de la biodiversidad: paisajes y hábitats. *Recursos rurales. Serie Cursos* 2: 109-128.
- ROBERTS, D.W. & COOPER, S.V.; 1989. Concepts and techniques of vegetation mapping. *In: Land Classifications Based on Vegetation: Applications for Resource Management*: 90-96. USDA Forest Service GTR INT-257. Ogden.
- VAYSSIÉRES, M.P.; PLANT, R.E. & ALLEN-DIAZ, B.H.; 2000. Classification trees: an alternative non-parametric approach for predicting species distributions. *J. Veg. Sci.* 11: 679-694.
- VOGT, P.; FERRARI, J.R.; LOOKINGBILL, T.R.; GARDNER, R.H.; RIITTERS, K.H. & OSTAPOWICZ, K.; 2009. Mapping functional connectivity. *Ecol. Indic.* 9: 64-71.
- WILSON, J.P. & GALLANT, J.C.; 2000. Digital Terrain Analysis. *In: J.P. Wilson & J.C. Gallant (eds.), Terrain Analysis: Principles and Applications*: 1-28. John Wiley & Sons. New York.