6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

6CFE01-165

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Elaboración de diagramas de manejo de densidad a escala regional para masas de *Quercus pyrenaica* Willd. en el Noroeste de España

CASTAÑO-SANTAMARÍA, J.[1], BARRIO ANTA, M.[1] y ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.[1]

[1] Grupo de Investigación en Sistemas Forestales Atlánticos (GIS-Forest). Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo.

Resumen
Los diagramas de manejo de densidad suponen valiosas herramientas para el diseño y evaluación de alternativas de gestión forestal sin la necesidad de ejecutar actuación alguna, lo que permite prever las condiciones futuras de la masa antes de la primera intervención. En este trabajo se han elaborado diagramas de manejo de densidad para las masas de *Quercus pyrenaica* Willd. en el noroeste de España incluyendo información acerca del volumen de madera, biomasa total, biomasa de fuste y carbono almacenado en dicha biomasa, a partir de 1860 parcelas del Tercer Inventario Forestal Nacional. El amplio entorno geográfico analizado se catalogó por regiones de procedencia que se compararon en términos de producción de biomasa a fin de delimitar áreas de características similares que pudiesen emplearse como unidades de gestión. Los tests de comparación empleados mostraron la formación de 6 grupos independientes. Diferentes modelos de masa y sus diagramas asociados, se desarrollaron para cada uno de los grupos definidos.

Palabras clave
Rebollo, biomasa, gestión forestal.

1. Introducción

Conocer la producción y el desarrollo futuro de una masa forestal, siempre ha sido una de las principales aspiraciones de los gestores forestales. Dicho desarrollo, incluyendo los efectos de la competencia a nivel de árbol y de bosque, está principalmente influenciado por la densidad (DREW & FLEWELLING, 1979), hasta el punto de que una masa forestal puede ser gestionada únicamente controlando este parámetro (JACK & LONG, 1996). Conceptualmente, la gestión de la densidad controla la competencia por los recursos en una masa forestal (NEWTON, 1997). Sin embargo, a un nivel operativo, dicha regulación se reduce a controlar el número de árboles en crecimiento mediante la definición de un espaciamiento inicial o mediante la aplicación de claras (BARRIO-ANTA & ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, 2005).

Una alternativa útil en estas lides, es el empleo de diagramas de manejo de densidad (DMD). Éstos, suponen herramientas de gestión que ilustran gráficamente las relaciones entre producción, densidad arbórea y mortalidad a lo largo de los estados de desarrollo de una masa forestal regular (NEWTON, 1997), permitiendo la simulación de diferentes regímenes selvícolas y esquemas de claras para un amplio rango de calidades de estación y objetivos de gestión. No obstante, los DMD también pueden emplearse para controlar el desarrollo de matorral (Ej. SMITH, 1989), reducir la susceptibilidad ante una plaga (Ej. LONG & SHAW, 2005), optimizar el hábitat para la fauna (Ej. STURTEVANT et al., 1996), etc.

El rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) es una especie mediterránea cuyo área de distribución natural se extiende por Portugal (62000 ha), España (660000 ha), oeste de Francia (34500 ha) y norte de Marruecos (5000 ha) (CARVALHO, 2005). Ocupa una posición intermedia entre los robles atlánticos centro-europeos y las formaciones xerofíticas mediterráneas, siendo sus necesidades hídricas y edáficas también intermedias a dichos grupos (COSTA et al., 2005). Según ADAME et al. (2006), la migración del entorno rural a las áreas urbanas ha llevado al abandono de los usos tradicionales de los rebollares (leñas, carbón vegetal, etc.), con lo que otros usos indirectos (recreo, regulación del régimen hídrico, etc.) así como funciones ambientales (particularmente como sumideros de carbono) han cobrado importancia en los últimos años. Esto ha promovido un interés sobre la especie que ha cristalizado en numerosas publicaciones: desarrollo de curvas de calidad de estación en León (TORRE, 1994), La Rioja (BENGOA, 2000), Castilla y León (ADAME et al., 2006), y Galicia (DÍAZ-MAROTO et al., 2010); ajuste de modelos altura-diámetro (ADAME et al., 2008); modelización de la mortalidad (ADAME et al., 2010); tablas de producción (CARVALHO, 2005); y la estimación del sumidero de carbono que suponen los rebollares, tanto en sus suelos (DÍAZ-PINES et al., 2011) como en su madera (CASTAÑO-SANTAMARÍA & BRAVO, 2012). Sin embargo, ningún diagrama de manejo de densidad ha sido desarrollado hasta la fecha para la especie.

2. Objetivos

El objetivo del presente estudio es desarrollar diagramas de manejo de densidad para masas puras de *Quercus pyrenaica* en el noroeste de España que permitan estimar el volumen de madera, la biomasa de fuste y total, así como el sumidero de carbono que éstas suponen, a fin de dotar a los gestores de una herramienta que facilite el manejo de los rebollares.

3. Metodología

1860 parcelas del Tercer Inventario Forestal Nacional (DGCN, 2006), en las que el rebollo era la especie dominante (proporción de área basimétrica superior al 90%) con una densidad superior a 100 pies/ha, fueron seleccionadas para las regiones de Galicia, Asturias, Cantabria, La Rioja y Castilla y León. En todas ellas se calcularon las principales variables de masa (altura dominante, etc.), así como la biomasa de fuste y total que supone cada árbol mediante las ecuaciones de CARVALHO (2005) y MONTERO et al. (2005) **[*]**, respectivamente. Por su parte, el contenido de carbono se calculó directamente a partir de la biomasa total, multiplicada por un factor de conversión a carbono específico para el rebollo (0.475 de acuerdo con MONTERO et al., 2005).

Aunque el rebollo está ampliamente distribuido por toda la Península Ibérica, es más abundante en las cordilleras del noroeste (COSTA et al., 2005). De hecho, las regiones citadas suponen más del 85% de la superficie total de la especie en España (DGCN, 2006). Sin embargo, dichas masas disponen de una gran variabilidad de condiciones selvícolas y ecológicas que no permite la definición de una única tipología de masa. Varios estudios han delimitado zonas de similares características dentro del amplio área geográfica considerada en este trabajo, que podrían ser empleadas para definir dichas tipologías: ecorregiones bioclimáticas (ELENA ROSELLÓ, 1997) y regiones de procedencia (JIMÉNEZ-SANCHO et

[*] Las citadas ecuaciones están actualizadas y mejoradas en RUIZ-PEINADO et al. (2012). El presente trabajo se llevó a cabo con anterioridad a la publicación de dicho artículo, razón por la cual no ha sido tenido en consideración.

al., 1998). La diferencia entre ambas es clara: mientras una ecorregión está delimitada por condiciones fisiográficas y climáticas, la región de procedencia es específica para una especie e indica el conjunto de poblaciones que sufren una presión selectiva similar. Por tanto, a nivel de especie, la diferenciación geográfica mediante regiones de procedencia es más fiable que por ecorregiones. Pero, ¿realmente sirven las regiones de procedencia para diferenciar tipologías de masa? Para comprobarlo, a cada parcela se le asignó su correspondiente región de procedencia, existiendo un total de 15 regiones en la base de datos final: 1: Galicia septentrional, 2: Galicia meridional, 3: Aliste-Maragatería, 4: Cordillera Cantábrica meridional, 5: Cordillera Cantábrica oriental, 6: Sistema Ibérico septentrional, 7: Salamanca-Sayago, 8: Gata y Peña de Francia, 9: Gredos y Sierra de Ávila, 10: Valles del Tiétar y Jerte, 11: Norte de la Sierra de Guadarrama, 13: Sistema Ibérico meridional, A: Rías Altas, C: Asturias y D: La Liébana (JIMÉNEZ-SANCHO et al., 1998).

La estructura de un DMD está conformada por un sistema de 4 ecuaciones y el índice de Hart como componentes básicos (véase BARRIO-ANTA et al., 2006 para mayor detalle). El primer paso en la construcción de un DMD es el ajuste del sistema no lineal formado por las siguientes 4 ecuaciones:

$$d_g = \beta_0 \cdot N^{\beta_1} \cdot H_0^{\beta_2} \quad \text{[Ec. 1]}$$

$$V = \beta_3 \cdot d_g^{\beta_4} \cdot H_0^{\beta_5} \cdot N^{\beta_6} \quad \text{[Ec. 2]}$$

$$Wf = \beta_7 \cdot d_g^{\beta_8} \cdot H_0^{\beta_9} \cdot N^{\beta_{10}} \quad \text{[Ec. 3]}$$

$$Wt = \beta_{11} \cdot d_g^{\beta_{12}} \cdot H_0^{\beta_{13}} \cdot N^{\beta_{14}} \quad \text{[Ec. 4]}$$

Donde N es la densidad (pies ha^{-1}), dg es el diámetro medio cuadrático (cm), H_0 es la altura dominante (m), V el volumen de la masa (m^3 ha^{-1}), Wf la biomasa de fuste (Mg ha^{-1}), Wt la biomasa total (Mg ha^{-1}) y βi (i = 0, 1, …, 14) son los coeficientes de regresión a estimar. El sistema de ecuaciones anterior fue simultáneamente ajustado mediante el procedimiento MODEL de SAS/ETS® (SAS Institute Inc., 2004).

Una vez ajustado el sistema de ecuaciones anterior a cada región de procedencia, se empleó el test de Lakkis-Jones (KHATTREE & NAIK, 1995) para la detección simultánea de homogeneidad paramétrica entre los coeficientes de regresión de la ecuación de biomasa arbórea total (Ec. 4) entre las 15 regiones de procedencia en comparaciones 2 a 2, y 3 a 3, a fin de definir tipologías de masa comunes. Se empleó la biomasa en vez del volumen porque ésta define mejor la estructura y la dinámica de las masas forestales (MONTERO et al., 2005) y permite una mejor estimación del sumidero de carbono que conforma una masa a lo largo del tiempo (HOUGHTON et al., 1990), estando menos afectada que el volumen por factores distintos al índice de sitio (como la densidad, composición de especies, etc.) (CLUTTER et al., 1983). A partir de los resultados de dichas comparaciones, se procedió al reajuste simultáneo del sistema de ecuaciones (Ecs. 1-4) para cada grupo derivado del análisis anterior.

Finalmente, se dibujaron los DMD para cada uno de dichos grupos siguiendo la metodología propuesta por BARRIO-ANTA & ÁLVAREZ-GONZÁLEZ (2005). Como los rebollares son masas naturales (y no plantaciones), se asume que existe un espaciamiento a tresbolillo entre los árboles a fin de calcular el índice de Hart correspondiente.

4. Resultados

Los resultados del análisis de comparación entre regiones de procedencia reveló la formación de 6 grupos independientes, que se plasman en la Figura 1. El grupo 1 está formado por las regiones de procedencia 1 y A (Galicia septentrional y Rías Altas); el 2 comprende las regiones de Asturias y La Liébana; el grupo 3 consta de Galicia meridional, Aliste-Maragatería y Salamanca-Sayago; el grupo 4 está únicamente formado por Cordillera Cantábrica meridional; el grupo 5 comprende Cordillera Cantábrica oriental, Sistema Ibérico septentrional, Norte de la Sierra de Guadarrama y Sistema Ibérico meridional; y por último, el grupo 6 consta de las regiones de Gata y Peña de Francia, Gredos y Sierra de Ávila y Valles del Tiétar y Jerte.

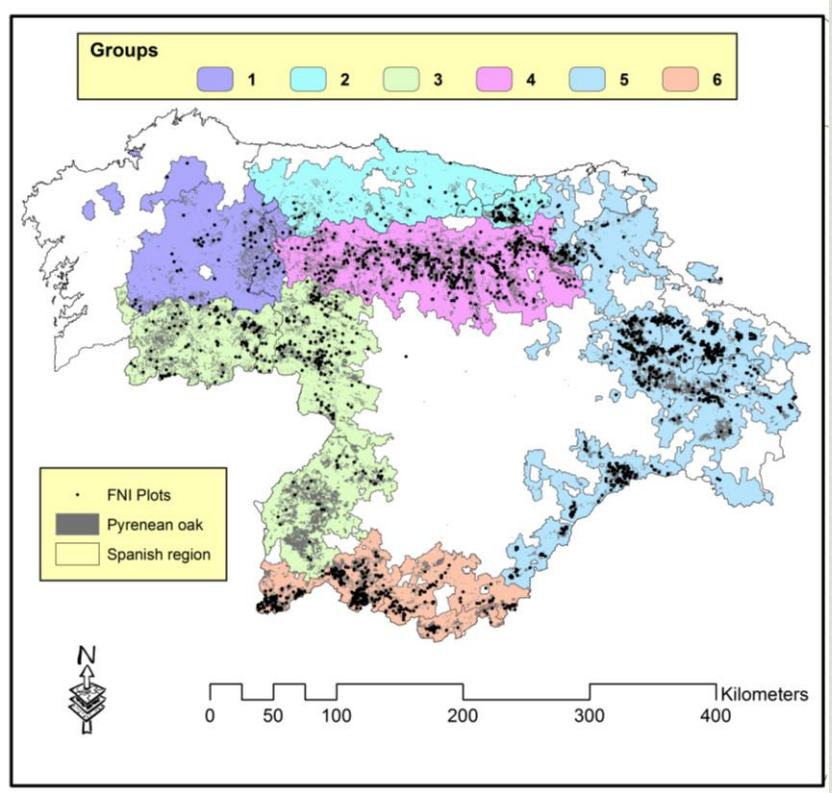

Figura 1. Unidades homogéneas de rebollares en términos de biomasa en el noroeste de España.

Los resultados del ajuste del sistema de ecuaciones para los 6 grupos previamente definidos, se muestran en la Tabla 1. Todos los parámetros resultaron significativos excepto β13, que únicamente fue significativo en el grupo 3. El análisis de residuales reveló que todos los modelos fueron no sesgados con respecto a las variables independientes.

Tabla 1. Resultados del ajuste del sistema de ecuaciones 1-4, para los grupos definidos.

Grupo	Ec.	Parámetros					SSE	R^2adj
	dg	β_0 = 15,8691	β_1 = -0,4302	β_2 = 1,1035			1856,5	69,01%
1	V	β_3 = 0,000187	β_4 = 1,6537	β_5 = 0,6226	β_6 = 1,0190		5526,3	96,55%
(66 parcelas)	Wf	β_7 = 0,000036	β_8 = 2,0085	β_9 = 0,9837	β_{10} = 0,9227		424,1	99,68%
	Wt	β_{11} = 0,000076	β_{12} = 2,5171	β_{13} = [*]	β_{14} = 1,0250		1611,9	99,47%
	dg	β_0 = 29,3902	β_1 = -0,3796	β_2 = 0,8507			3328,4	63,89%
2	V	β_3 = 0,000407	β_4 = 1,5811	β_5 = 0,7358	β_6 = 0,8978		8561,7	96,50%
(87 parc.)	Wf	β_7 = 0,000037	β_8 = 2,0337	β_9 = 0,9733	β_{10} = 0,9097		3808,2	98,07%
	Wt	β_{11} = 0,000108	β_{12} = 2,4728	β_{13} = [*]	β_{14} = 1,0008		28579,6	95,55%

Tabla 1 (Cont.). Resultados del ajuste del sistema de ecuaciones 1-4, para los grupos definidos.

Grupo	Ec.	Parámetros					SSE	R^2adj
	dg	β_0 = 14,4008	β_1 = -0,3024	β_2 = 0,8473			4135,8	72,50%
3	V	β_3 = 0,000216	β_4 = 1,4412	β_5 = 1,0690	β_6 = 0,9068		37294,0	93,78%
(276 parc.)	Wf	β_7 = 0,000021	β_8 = 2,2209	β_9 = 0,8317	β_{10} = 0,9744		2628,1	99,42%
	Wt	β_{11} = 0,000065	β_{12} = 2,5408	β_{13} = 0,0629	β_{14} = 1,0125		6644,0	99,19%
	dg	β_0 = 6,2867	β_1 = -0,2183	β_2 = 0,9844			2478,2	70,95%
4	V	β_3 = 0,000055	β_4 = 1,9728	β_5 = 0,8498	β_6 = 0,9623		16240,4	97,67%
(381 parc.)	Wf	β_7 = 0,000021	β_8 = 2,1536	β_9 = 0,8776	β_{10} = 0,9847		3418,8	99,23%
	Wt	β_{11} = 0,000027	β_{12} = 2,7345	β_{13} = [*]	β_{14} = 1,0841		21908,9	97,88%
	dg	β_0 = 19,4353	β_1 = -0,0369	β_2 = 0,9321			15614,4	62,74%
5	V	β_3 = 0,000235	β_4 = 1,5583	β_5 = 0,8679	β_6 = 0,9187		143498,0	90,10%
(709 parc.)	Wf	β_7 = 0,000029	β_8 = 2,0937	β_9 = 0,8779	β_{10} = 0,9630		12868,6	98,85%
	Wt	β_{11} = 0,000105	β_{12} = 2,5062	β_{13} = [*]	β_{14} = 0,9833		106712,0	96,95%
	dg	β_0 = 13,8398	β_1 = -0,2847	β_2 = 0,8186			4271,3	71,38%
6	V	β_3 = 0,000053	β_4 = 1,8773	β_5 = 1,0161	β_6 = 0,9464		19907,3	97,02%
(341 parc.)	Wf	β_7 = 0,000021	β_8 = 2,1548	β_9 = 0,9010	β_{10} = 0,9714		3230,3	99,30%
	Wt	β_{11} = 0,000063	β_{12} = 2,5907	β_{13} = [*]	β_{14} = 1,0134		6057,2	99,16%

dg: diámetro medio cuadrático (cm); V: volumen de madera por hectárea (m^3 ha^{-1}); Wf: biomasa de fuste (Mg ha^{-1}); Wt: biomasa total (Mg ha^{-1}); SSE: suma del cuadrado de los errores; R^2adj: coeficiente de determinación ajustado. [*] parámetros no significativos para un nivel de significación del 5%.

A continuación se incluye, como muestra, el diagrama correspondiente a la producción en volumen de madera para el grupo 1 (Figura 2). Para aquellos que lo deseen, el resto de diagramas serán facilitados por los autores.

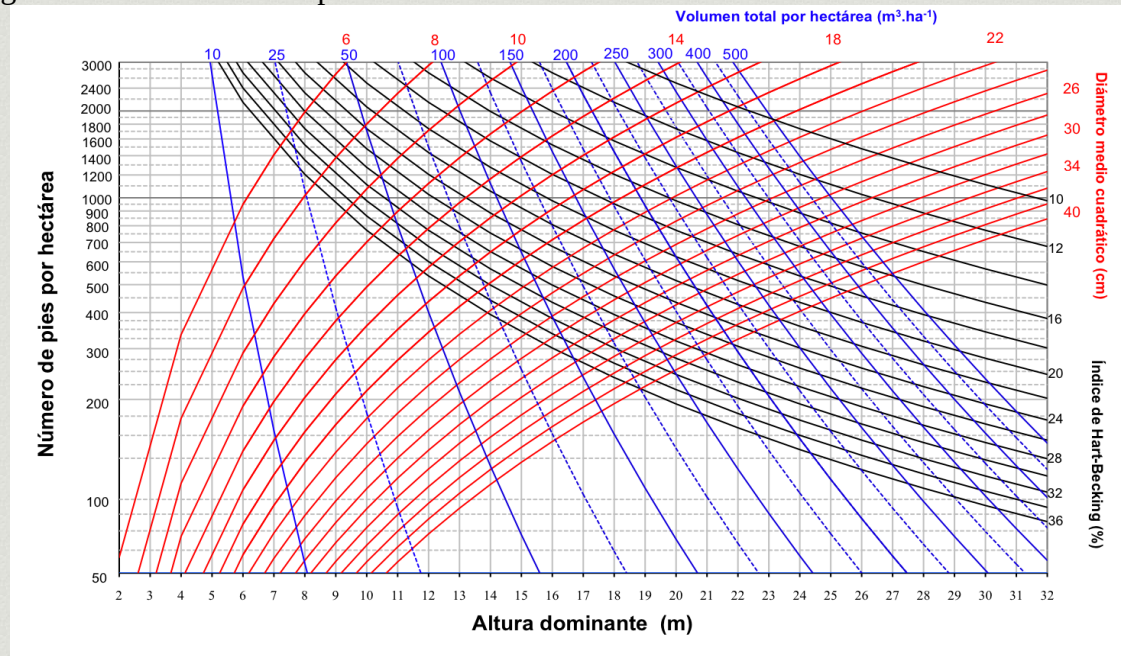

Figura 2. Diagrama de producción en volumen correspondiente al grupo 1 (Galicia septentrional y Rías Altas).

5. Discusión

Este trabajo constituye la elaboración de los primeros diagramas de manejo para rebollares en España en base a tipologías de masa definidas a partir de sus propias regiones de procedencia. Esta división territorial no coincide con los resultados presentados por ADAME et al. (2008), quienes emplearon las dos ecorregiones y seis estratos definidos por ELENA ROSELLÓ (1997) en Castilla y León, para comparar rebollares gestionados en monte bajo con densidades superiores a los 200 pies/ha, con distribución diamétrica regular y donde el rebollo fuese la especie dominante (proporción de área basimétrica mayor del 90%). Si bien el propósito de ambos trabajos es diferente, los dos emplean las mismas variables en el mismo área de estudio en que hemos observado 4 grupos diferentes. Dado el amplio rango de condiciones ecológicas y genéticas presentes en Castilla y León, es esperable que la relación entre crecimiento y producción varíe de un lugar a otro (HUANG et al., 2000). La enorme extensión de las ecorregiones quizás enmascare la variabilidad que sí expresan las regiones de procedencia. De hecho, trabajos como MESÓN GARCÍA (1982) coinciden en diferenciar para el mismo área de estudio, cuatro tipologías de rebollar de acuerdo con la vegetación accesoria (relacionada a su vez con características climáticas), bastante similares a las presentadas en este trabajo. Concretamente, coinciden plenamente dos: rebollares continentales húmedos (correspondientes a nuestro grupo 3) y continentales subhúmedos (correspondientes a nuestro grupo 5). Otros trabajos como SERRADA et al. (1993), realizan una clasificación dasométrica de los rebollares, encontrando 19 tipos únicamente en la Comunidad de Madrid. Si bien llegar a comparar sus tipologías con las nuestras sería óptimo para el presente trabajo, el nivel de detalle de los criterios empleados por dichos autores (número de brotes, etc.), desgraciadamente hace imposible su aplicación a la base de datos del Inventario Forestal Nacional.

Por otra parte, el problema común a todos los DMD, tiene que ver con el esquema de claras a plantear, el cual viene determinado por dos factores (BARRIO-ANTA et al., 2006): el estado objetivo de la masa al llegar al turno de corta y los niveles máximos y mínimos de densidad en que dicha masa va a desarrollarse. Mientras el primer factor puede definirse mediante una combinación lógica de dos de las variables empleadas en la construcción del diagrama, la selección de los niveles de densidad suele representar un equilibrio selvícola entre los máximos crecimientos de la masa e individual y el vigor de la masa, entre condiciones que propicien el autoaclareo y el porcentaje mínimo de copa viva necesario para que la respuesta a la clara sea lo más rápida posible (LONG, 1985). Veámoslo mejor con un ejemplo (Figura 3). Partimos de una masa con una densidad de 2200 pies/ha y una altura dominante de 9 m (punto A de la Figura 3), de acuerdo con una calidad de estación intermedia (véase CARVALHO, 2005). Supongamos que el nivel mínimo de densidad se define por un índice de Hart del 24%, mientras que el superior toma un valor del 32% para evitar el desarrollo de matorral. El estado objetivo de la masa antes de la corta final se define por una altura dominante de 20 m y un diámetro medio cuadrático de alrededor de 30 cm (punto G de la Figura 3), y se pretende que el intervalo entre claras venga dado por un incremento en altura dominante de 3 metros. Empleando todos estos datos, el esquema selvícola aplicado, en este caso, podría consistir en tres claras, obteniéndose unos volúmenes extraídos de 7,1, 10,69 y 18,4 m^3 ha^{-1}, respectivamente, y un volumen de 174,45 m^3 ha^{-1} en la corta final. La suma de estos volúmenes representa la producción obtenida propiamente para este esquema selvícola.

6. Conclusiones

Se han elaborado los diagramas de manejo de la densidad para los rebollares del noroeste español en términos de volumen de madera, biomasa y carbono. Estos diagramas son efectivos para el diseño y evaluación de regímenes selvícolas alternativos, permitiendo a los gestores conocer los rendimientos antes de efectuar dichas intervenciones.

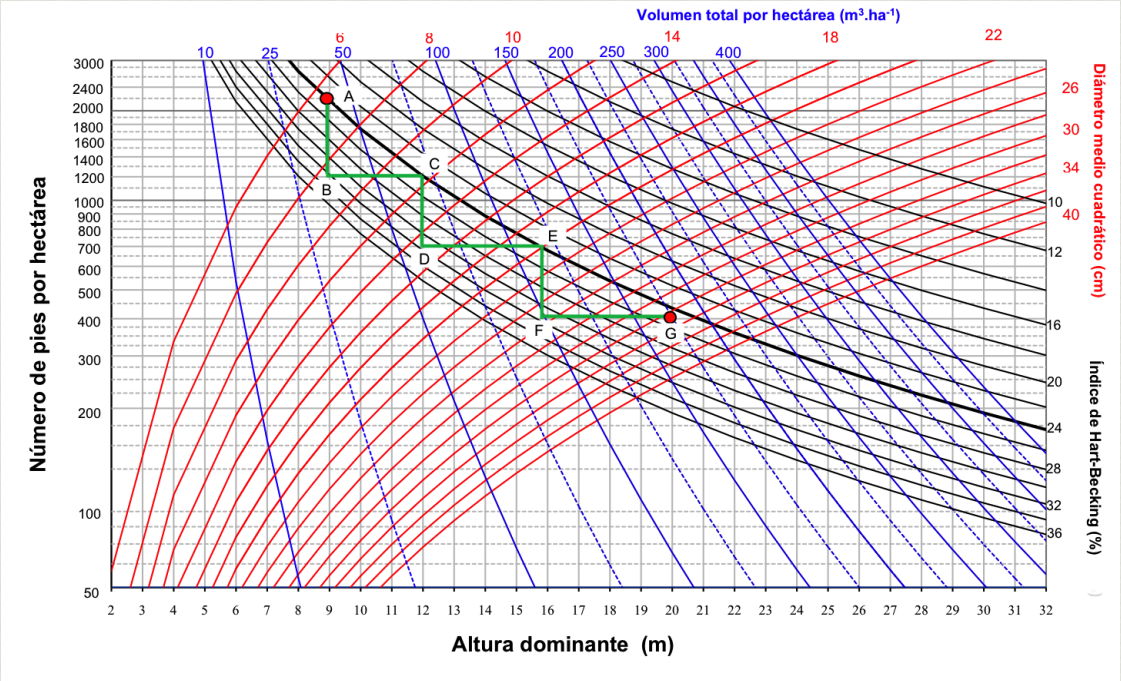

Figura 3. Ejemplo de empleo del diagrama de manejo para rebollares correspondientes al grupo 1.

7. Bibliografía

ADAME, P.; CAÑELLAS, I.; ROIG, S.; DEL RÍO, M.; 2006. Modelling dominant height growth and site index curves for rebollo oak (Quercus pyrenaica Willd.). *Ann. For. Sci.* 63: 929-940.

ADAME, P.; DEL RÍO, M.; CAÑELLAS, I.; 2008. A mixed nonlinear height-diameter model for pyrenean oak (Quercus pyrenaica Willd.). *For. Ecol. Manage.* 256: 88-98.

ADAME, P.; DEL RÍO, M.; CAÑELLAS, I.; 2010. Modeling individual-tree mortality in Pyrenean oak (Quercus pyrenaica Willd.) stands. *Ann. For. Sci.* 67: 810.

BARRIO-ANTA, M.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J.G.; 2005. Development of a stand density management diagram for even-aged pedunculate oak stands and its use in designing thinning schedules. *Forestry* 78: 209-216.

BARRIO-ANTA, M.; BALBOA-MURIAS, M.A.; CASTEDO-DORADO, F.; DIÉGUEZ-ARANDA, U.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J.G.; 2006. An ecoregional model for estimating volume, biomass and carbon pools in maritime pine stands in Galicia (northwestern Spain). *For. Ecol. Manage.* 223: 24-34.

BENGOA, J.L.; 2000. Curvas de calidad para Quercus pyrenaica en La Rioja. En: ROJO ALBORECA, A.; DÍAZ-MAROTO, I.J.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J.G.; BARRIO-ANTA, M.; CASTEDO-DORADO, F.; RIESCO, G.; RIGUEIRO, A. (eds): Actas del Congreso de

Ordenación y Gestión Sostenible de Montes. Tomo I, pp. 427-434. Santiago de Compostela, 4-9 octubre de 1999, Lugo, Spain.

CARVALHO, J.P.; 2005. O Carvalho Negral. Agro-UTAD. 206 pp. Vila-Real, Portugal.

CASTAÑO-SANTAMARÍA, J.; BRAVO, F.; 2012. Variation in carbon concentration and basic density along stems of sessile oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) and Pyrenean oak (Quercus pyrenaica Willd.) in the Cantabrian Range (NW Spain). *Ann. For. Sci.* 69: 663-672.

CLUTTER, J.L.; FORTSON, J.C.; PIENAAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L.; 1983. Timber management: a quantitative approach. Krieger Publishing Co. 333 pp. Florida, USA.

COSTA, M.; MORLA, C.; SAINZ, H.; 2005. Los Bosques Ibéricos. Una interpretación geobotánica. Planeta. 597 pp. Barcelona.

DGCN, 2006. III Inventario Forestal Nacional 1996–2006. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

DÍAZ-PINES, E.; RUBIO, A.; MONTES, F.; 2011. Aboveground soil C inputs in the ecotone between Scots pine and Pyrenean oak in Sierra de Guadarrama. *For. Syst.* 20: 485-495.

DÍAZ-MAROTO, I.J.; FERNÁNDEZ-PAJARES, J.; VILA-LAMEIRO, P.; BARCALA, E.; 2010. Site index model for natural stands of rebollo oak (Quercus pyrenaica Willd.) in Galicia, NW Iberian Peninsula. *Cienc. Florest.* 20: 57-68.

DREW, T.J.; FLEWELLING, J.W.; 1979. Stand density management: An alternative approach and its application to Douglas-fir plantations. *For. Sci.* 25: 518-532.

ELENA ROSELLÓ, R.; 1997. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 446 pp. Madrid.

HOUGHTON, J.T.; JENKINS, G.J.; EPHRAUMS, J.J.; 1990. Climate change. The IPCC scientific assessment. Cambridge University Press. 28 pp. Cambridge, UK.

HUANG, S.; PRICE, D.; TITUS, S.J.; 2000. Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 129: 125-141.

JACK, S.B.; LONG, J.N.; 1996. Linkages between silviculture and ecology: An analysis of density management diagrams. *For. Ecol. Manage.* 86: 205-220.

JIMÉNEZ-SANCHO, M.P.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; MARTÍN, S.; GIL, L.; 1998. Regiones de procedencia de Quercus pyrenaica Willd. Quercus faginea Lam. Quercus canariensis Willd. Organismo autónomo Parques Nacionales, Dirección General de Conservación de la Naturaleza. 122 pp. Madrid.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N.; 1995. Applied Multivariate Statistics with SAS Software. SAS Institute Inc. 353 pp. Cary, NC, USA.

LONG, J.N.; 1985. A practical approach to density management. *For. Chron.* 23: 23-26.

LONG, J.N.; SHAW, J.D.; 2005. A density management diagram for even-aged ponderosa pine stands. *West. J. Appl. For.* 20: 205-215.
MESÓN GARCÍA, M.L.; 1982. Tipificación forestal de los bosques españoles: los rebollares de Quercus pyrenaica Willd. *Bol. Est. Central. Ecol.* 21: 11-18.

MONTERO, G.; RUÍZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M.; 2005. Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles. Monografías INIA: Serie forestal, nº 13. MMA-INIA. 270 pp. Madrid.

NEWTON, P.F.; 1997. Stand density management diagrams: Review of their development and utility in stand-level management planning. *For. Ecol. Manage.* 98: 251-265.

SAS INSTITUTE INC.; 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SERRADA, R.; GONZÁLEZ DONCEL, I.; LÓPEZ-PEÑA, C.; MARCHAL, B.; SAN MIGUEL, A.; TOLOSANA, E.; 1993. Tipificación dasométrica de los rebollares (Quercus pyrenaica Willd.) de la Comunidad de Madrid. Alternativas silvopastorales. Diseño de un plan experimental. En: SILVA-PANDO, F.J.; VEGA, G.; (Eds.). Congreso Forestal Español. Ponencias y comunicaciones. Tomo II: 623-629.

SMITH, N.J.; 1989. A stand-density control diagram for Western red cedar, Thuja plicata. *For. Ecol. Manage.* 27: 235-244.

STURTEVANT, B.R.; BISSONETTE, J.A.; LONG, J.N.; 1996. Temporal and spatial dynamics of boreal forest structure in western Newfoundland: Silvicultural implications for marten habitat management. *For. Ecol. Manage.* 87: 13-25.

TORRE, M.; 1994. Degradación inducida por algunas prácticas agrarias tradicionales. El caso de los rebollares (Quercus pyrenaica Willd.) de la provincia de León. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.