



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-208

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Desarrollo y aplicación de diagramas de manejo densidad para el pino resinero en los Montes de la Sierra del Teleno

SANTAMARÍA, E.¹, BLANCO, J.² y FERNÁNDEZ-MANSO, A.³

¹ Junta de Castilla y León

² Tecnosylva, S.L

³ Universidad de León. Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Resumen

El presente estudio muestra los primeros diagramas de manejo de densidad (DMD) aplicados a la gestión de las masas de pino resinero en la Sierra del Teleno. Para la realización del DMD se seleccionaron y aparearon 948 árboles dominantes. A partir de la información dendrométrica de estas muestras se calculó un índice de caracterización de la densidad (Hart Becking al tresbolillo) y dos modelos que relacionan el tamaño del árbol (altura, diámetro o volumen medio) con la densidad expresada en número de pies por hectárea. A partir de los dos modelos, despejando en cada uno el número de pies por hectárea (N), para distintos valores de índice de Hart-Becking (IH), diámetro medio cuadrático (dg) y volumen del rodal (V), dentro del rango de datos utilizados en la construcción del diagrama, se obtienen las expresiones que permiten representar las isolíneas de dichas variables. Estas isolíneas se superponen en un diagrama cartesiano con la altura dominante en abscisas y el número de pies por hectárea en ordenadas, con lo cual queda definido el DMD. Utilizando estos se han diseñado un plan de claras para distintas calidades de estación presentes en las masas forestales de la Sierra del Teleno.

Palabras clave

Modelos estáticos gráficos, diagramas cartesianos, isolíneas de diámetro medio cuadrático y volumen por ha, índice de Hart Becking

1. Introducción

En el sur y suroeste de la provincia de León, en la denominada Sierra del Teleno, se encuentra la única masa natural de pino negral de la provincia, se pretende el estudio del crecimiento y producción de esta masa para lo que se ha elaborado un diagrama de manejo de la densidad (DMD), a partir del cual se han diseñado un plan de claras para las distintas calidades de estación.

Conceptualmente, la gestión de la densidad es el proceso de control del espacio disponible para el crecimiento de los árboles por medio de dos herramientas: la densidad inicial de establecimiento y las claras posteriores (LONG, 1985).

Desde el punto de vista productivo, entre las diferentes alternativas selvícolas que pueden plantearse para un rodal forestal concreto, se considera óptima aquella que permite un máximo aprovechamiento de los recursos de la estación en la que se asienta. Este máximo aprovechamiento puede conseguirse con un amplio rango de densidades, que varía entre un límite superior y otro inferior. El límite superior se corresponde con aquel nivel de densidad a partir del cual se produce mortalidad natural por competencia. Por otra parte, el límite inferior se establece cuando todos los recursos de la estación son utilizados por los árboles del rodal, de modo que cada uno de ellos asimila todo lo que su condición genética y edad le permite; es decir, cuando los individuos desarrollan su máxima capacidad de crecimiento. Por debajo de esa densidad límite inferior se pierde capacidad productiva (ÁLVAREZ GONZÁLEZ, 1999).



Los diagramas de manejo de la densidad (DMD) son modelos estáticos de rodal en los que se representa gráficamente la relación entre producción, densidad y mortalidad para los distintos estados de desarrollo de la masa (DIÉGUEZ-ARANDA et al., 2009). Los DMD se diferencian de las Tablas de Producción en tres aspectos fundamentales: presentan en forma gráfica toda la información, no precisan de la utilización de las curvas de calidad de estación y no fijan a priori una evolución del número de pies por unidad de superficie.

La estructura básica de un DMD está compuesta por dos ecuaciones y un índice de caracterización de la densidad que relaciona el tamaño del árbol medio “representativo” (p. ej., árbol de altura, diámetro o volumen medio) con la densidad expresada en número de pies por hectárea. En este estudio se va a explicar la construcción y utilización de los DMD basados en el índice de Hart-Becking, por su fácil interpretación y amplio uso en España, para la determinación de la necesidad y el peso de las claras.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio es el desarrollo y aplicación de diagramas de manejo densidad para el pino resinero en los montes de la Sierra del Teleno, (SANTAMARÍA, 2015)

3. Metodología

Para elaborar los modelos de crecimiento se han utilizado dos fuentes de información básicas: la primera, el inventario del Proyecto de Ordenación de los montes de la Sierra del Teleno llevado a cabo en el año 1992; la segunda, el inventario de parcelas y el apeo y análisis de árboles dominantes realizado en los alrededores de dichas parcelas en 1999. Para la realización del DMD se seleccionaron y apearon 948 árboles dominantes

Los DMD que se presentan están compuestos por dos funciones y por un índice de densidad dado por el índice de Hart-Becking. El formato de las funciones está condicionado por las variables a representar en los ejes principales del diagrama y por la consistencia biológica de las mismas. A su vez, las variables de los ejes del diagrama están condicionadas por el índice de caracterización de espesura elegido. En este trabajo, el uso del índice de Hart-Becking obliga a que sean el número de pies/ha y la altura dominante las variables representadas en los ejes.

La primera función permite predecir el diámetro medio cuadrático (d_g) a partir del número de pies por hectárea (N) y la altura dominante (H_0) del rodal y está basada en la relación entre la dimensión del árbol medio, el número de pies por unidad de superficie y un indicador de la productividad:

$$d_g = b_0 \cdot N^{b_1} \cdot H_0^{b_2}$$

La segunda función permite estimar la productividad del rodal, expresada ésta como el volumen por unidad de superficie. Para ello se suelen emplear funciones que expresen el volumen del rodal como el producto del volumen de un árbol representativo (dado por el producto de d_g y H_0), y el número de pies por hectárea (DEAN y BALDWIN, 1993), Así, la expresión de la segunda función de los DMD tiene la forma:

$$V = b_3 \cdot d_g^{b_4} \cdot H_0^{b_5} \cdot N^{b_6}$$

Como puede comprobarse, estas dos funciones de los DMD se corresponden respectivamente con la tercera y cuarta relaciones fundamentales de las Tablas de Producción.

Las funciones anteriores definen conjuntamente un sistema simultáneo de ecuaciones, donde N y H_0 son variables exógenas (aquellas que aparecen solamente en la parte derecha de las ecuaciones y cuyos valores se determinan independientemente del sistema). V es una variable endógena (aquella que el modelo intenta explicar o predecir y que sólo aparece en el lado izquierdo de las ecuaciones), y dg es una variable instrumental endógena (que aparece tanto en el lado derecho como en el izquierdo). Puesto que existe correlación de las componentes del error de las variables entre el lado derecho y el lado izquierdo de las ecuaciones, se ha aplicado el procedimiento de máxima verosimilitud con información completa (FIML) para ajustar todas las ecuaciones simultáneamente mediante el procedimiento MODEL de SAS/ETS®.

A partir de las dos ecuaciones anteriores, despejando en cada una de ellas el número de pies por ha y fijando distintos valores (dentro del rango de datos utilizados en la construcción del diagrama) para IH , dg y V , se obtienen las expresiones que permiten representar las isolíneas de dichas variables. Estas trayectorias se superponen en un diagrama cartesiano con la altura dominante en abscisas y el número de pies por ha en ordenadas, con lo cual queda definido el DMD.

Los pasos seguidos para representar gráficamente las isolíneas de los DMD han sido los siguientes:

1. Representar la altura dominante H_0 en el eje X, y del número de pies por hectárea N en el eje Y, éste último en escala logarítmica.
2. Expresar el nivel de densidad del rodal mediante el índice de Hart-Becking (IH). Las isolíneas para este índice se obtienen resolviendo N en la expresión de IH (utilizaremos marcos de distribución al tresbolillo por ser el espaciamiento más ajustado a los montes naturales como los de la Sierra del Teleno y dando valores a esta variable:

$$N = \left[\frac{10745,7}{IH \cdot H_0} \right]^2$$

3. Representar las isolíneas del diámetro medio cuadrático usando la primera función, fijando dg como constante y resolviendo N a través del rango de H_0 observadas en las parcelas experimentales:

$$N = \left[\frac{d_g}{b_0 \cdot H_0^{b_2}} \right]^{1/b_1}$$

4. Representar las isóneas del volumen de masa, sustituyendo la primera función en la segunda, y resolviendo N a través del rango de H₀ observado y fijando V como constante:

$$N = \left[\frac{V}{b_3 \cdot b_0^{b_4} \cdot H_0^{(b_2 \cdot b_4 + b_5)}} \right]^{\frac{1}{b_1 \cdot b_4 + b_5}}$$

4. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran las ecuaciones finalmente utilizadas para representar las distintas isóneas del DMD, así como los valores de los estadísticos de ajuste.

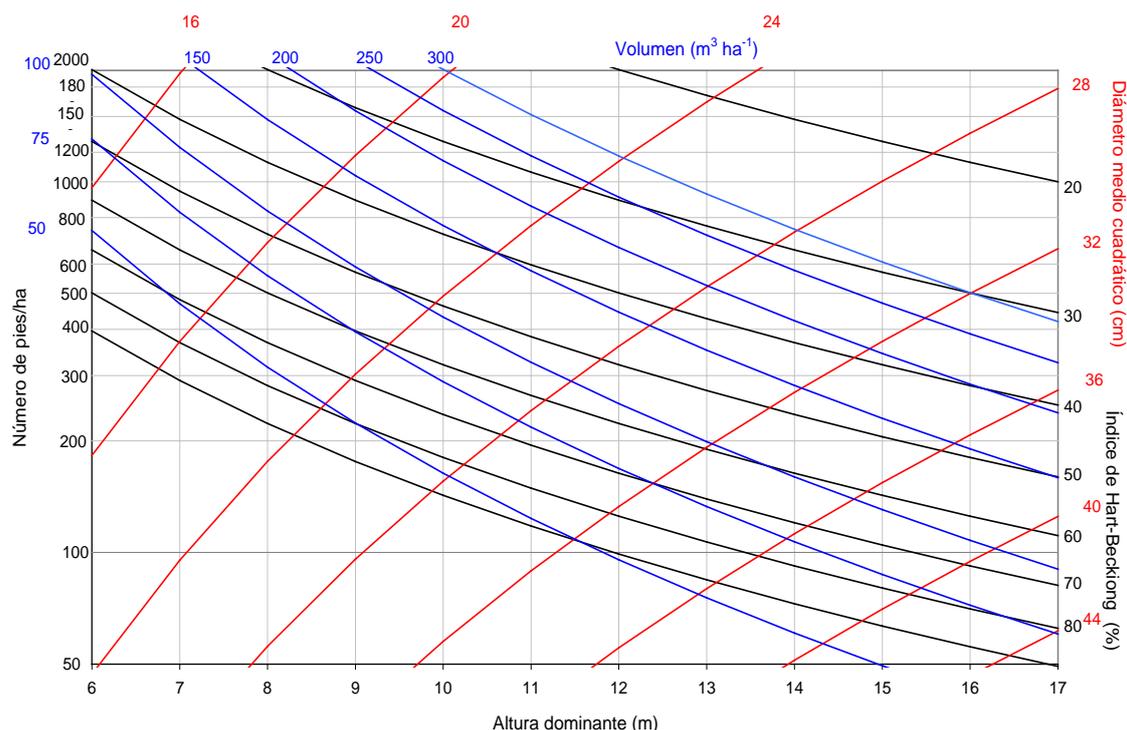
Tabla 1. Ecuaciones utilizadas para la representación de las isóneas de dg y V, así como estadísticos de bondad de ajuste de cada una de ellas.

Ecuación	Expresión para representación de isónea en DMD	R ²	E	EMC
$d_g = 13,10 \cdot N^{-0,134} \cdot H_0^{0,62}$	$N = \left[\frac{d_g}{13,10 \cdot H_0^{0,62}} \right]^{1/-0,13}$	0,543	0,0036	9,698
$V = 6,15 \cdot 10^{-5} \cdot d_g^{1,97} \cdot H_0^{0,91} \cdot N^{0,98}$	$N = \left[\frac{V}{0,0097 \cdot H_0^{2,13}} \right]^{1/0,72}$	0,999	0,0323	2,159

Las dos funciones básicas del DMD presentaron buenos ajustes, explicando el 99% y un 84% de la variabilidad total observada en los datos de volumen del rodal y del diámetro medio cuadrático, respectivamente. Además, todas las estimaciones de los parámetros han resultado significativas a un nivel de significación del 5%.

A partir de las dos ecuaciones anteriores, despejando en cada una de ellas el número de pies por hectárea (N) y fijando distintos valores para el índice de Hart-Becking (IH), el diámetro medio cuadrático (dg) y el volumen del rodal (V), dentro del rango de datos utilizados en la construcción del diagrama, se obtienen las expresiones que permiten representar las isóneas de dichas variables. Estas isóneas se superponen en un diagrama cartesiano con la altura dominante en abscisas y el número de pies por hectárea en ordenadas, con lo cual queda definido el DMD. En la figura 1 se representa el DMD elaborado para la gestión de rodales regulares de Pinus pinaster del Teleno

Figura1. Diagrama de manejo de la densidad para pino pinaster en la Sierra del Teleno,



Una de las aplicaciones más inmediatas de los diagramas de manejo de densidades (en adelante DMD) es la planificación de las claras a realizar. Consideramos un rodal cuyo esquema selvícola represente las condiciones medias de los rodales de los montes del Teleno para cada calidad (baja IS=6, media IS=9 y alta IS=12 para la t de referencia=60 años). Se trata de planificar las claras a realizar sobre su correspondiente DMD. Los DMD permiten una variedad de esquemas de claras con las condiciones de determinar los límites superior e inferior de densidad del rodal, y el estado al que se quiere llevar al rodal a la edad de corta. Tanto si las claras son por bajo como por alto, se han planificado unas claras de moderadas a fuertes con valores entre el 12% y el 35% en área basimétrica. Para determinar los límites de densidad, utilizaremos el índice de Hart-Becking por su fácil interpretación y amplia utilización. Al tratarse de una masa natural, la distribución más semejante a la estructura de la masa es la del tresbolillo.

El límite superior llevado a su extremo coincide con el nivel de densidad a partir del cual se produce mortalidad por competencia. Para todos los modelos se ha utilizado como límite superior la isolínea IH=50%, valor del índice de Hart-Becking que la experiencia en los montes de la Sierra del Teleno corresponde a rodales con masa trabada y necesaria de aclarar. El límite inferior coincide con el estado en que los recursos son utilizados al máximo, de forma que los individuos del rodal desarrollan su máxima capacidad de crecimiento, compatible con la edad y con las condiciones ecológicas. Suponemos que el estado al que se quiere llevar el rodal a la edad de corta coincide con el máximo de utilidades de la madera a cortar. De los posibles parámetros de masa que se pueden utilizar para la determinación de las claras, la altura dominante se considera desde el punto de vista biológico el mejor índice para establecer los intervalos de clara (DIÉGUEZ ARANDA et al., 2009).

Calidad alta: índice de sitio de 12 a la edad de referencia de 60 años En la Figura 2 sobre el DMD de los montes de la Sierra del Teleno se ha dibujado un posible esquema de claras a-b, c-d, e-f, para calidad alta. Estas claras se definen mediante la corta de $n_a-b=200$, $n_c-d=150$ y $n_e-f=200$, en los instantes en que la altura dominante toma los valores $H0a=6$, $H0c=9$, $H0e=11$ y $H0g=14$.

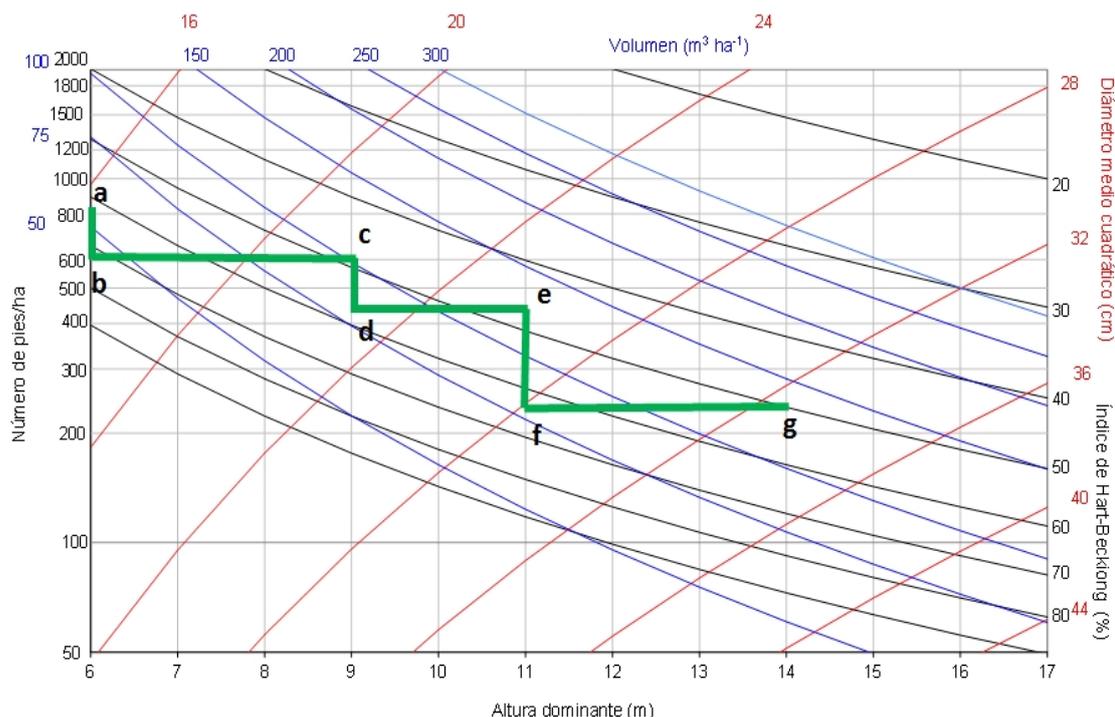


Figura 2. Esquema de claras sobre DMD para pino pinaster en la Sierra del Teleno para $IS=12m$ para la $tref=60$ años

En la Tabla 2, se muestran los valores de las principales variables del rodal para el esquema de claras de calidad alta, que se obtienen directamente del DMD, o de las ecuaciones desarrolladas para obtenerlo. A la vista de la Tabla 2, se plantean dos tratamientos previos. En primer lugar, un clareo sistemático seguido de otro selectivo. En segundo término, otro clareo selectivo seguido de poda baja y desbroce parcial. A continuación se procedería a realizar las tres claras. La primera, a $t=25$ años, una clara semisistemática, con apertura de calles y clara por lo bajo. La segunda, a $t=39$ años, consistiría en una clara selectiva, seguida de tratamientos de poda alta y señalamiento de pies de porvenir. La tercera clara, a $t=52$ años, sería de tipo selectivo. Estas cortas intermedias, al igual que sucede en las calidades baja y media, producen poco volumen de madera, por lo que una posible solución sería reducir a dos el número de claras.

La corta final se plantea a la edad $t=83$ años "g", con $H0g=14$ m, $Ng=250$ pies/ha y $IHg=48,54\%$. La determinación de un $dg=32,10$ cm supone que la madera aprovechada presenta utilidades para tableros de partículas; estacas, cercas y postes; aserrío de pequeñas dimensiones para envases y palets y aserrío de dimensiones mayores para construcción y carpintería. Que el volumen se estime en $Vg=141,17$ m^3/ha , permite también una corta rentable desde el punto de vista tanto del propietario como del maderista. Un área basimétrica de $Gg=20,24$ m^2/ha nos presenta una masa que permite la regeneración adecuada del pinar.

Tabla 2. . Planificación de claras en los montes de la Sierra del Teleno: valores de las variables de masa para calidad alta.

H0	N		dg		V		G		IH		t	Crecimiento	
	antes	después	antes	después	antes	después	antes	después	antes	después		Cm	Cc
a-b													
6	800	600	16,24	16,88	53,35	43,42	16,58	13,43	63,32	73,12	24,56	2,17	
c-d													
9	600	450	21,71	22,56	103,03	83,85	22,21	17,99	48,74	56,28	39,14	2,63	3,41
e-f													
11	450	250	25,55	27,64	128,61	84,43	23,07	15,01	46,05	61,78	51,94	2,48	2,00
g													
14	250		32,10		141,17		20,24		48,54		82,83	1,70	0,41

5. Conclusiones

Se ha elaborado un diagrama de manejo de la densidad útil para la gestión de las masas de la Sierra del Teleno a partir del cual se han diseñado un plan de claras para las distintas calidades de estación.

6. Bibliografía

(ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G.); 1999. Estudio de la densidad: Determinación de los valores máximo y mínimo (documento interno). Departamento de Ingeniería Agroforestal, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela. 14 pp. Lugo

(DEAN, J.T.; BALDWIN, V.C.); 1993. Using a density-management diagram to develop thinning schedules for loblolly pine plantations. USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station, Res. Pap. SO 275.

(DIÉGUEZ-ARANDA, U.); (ROJO ALBORECA, A.); (CASTEDO-DORADO, F.); (ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G.); (BARRIO-ANTA, M.); (CRECENTE-CAMPO, F.); (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, J.M.); (PÉREZ-CRUZADO, C.); (RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.); (LÓPEZSÁNCHEZ, C.A.); (BALBOA-MURIAS, M.A.); (GORGOSO VARELA, J.J.); (SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, F); 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Xunta de Galicia. 259 pp. Lugo.

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

(SANTAMARIA, JE.); 2015. El pino pinaster de la Sierra del Teleno. Historia, ordenación, crecimiento y producción. Tesis Doctoral Inédita, Escuela de Ingeniería Agraria de León. 136-144 pp. León.