

EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA ESTACION EN MASAS DE PINUS SYLVESTRIS L. UTILIZANDO LA RELACION ALTURA-DIAMETRO

Alicia Ortega Zúñiga y Gregorio Montero Gonzalez
Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias
Departamento de Silvopascicultura y Ordenación Forestal

Pinus sylvestris de excelente calidad. Monte La Garganta (Segovia). Foto: G. Montero.



1. Introducción

La capacidad productiva de una estación poblada por una especie dada y tratada a un turno conocido, puede ser determinada directamente a través de mediciones repetidas a lo largo de todo el ci-

clo productivo fijado, procedimiento largo y costoso especialmente en especies de turno largo, por lo que los forestales se han visto en la necesidad de acudir a indicadores productivos indirectos obtenidos a través de la medición de atributos estacionales in-

trínsecos o extrínsecos a la masa forestal.

El método más ampliamente usado ha sido el que utiliza la altura como índice. Se parte de la certeza experimental de que la altura de los árboles dominantes y codominantes está más relacionada con

la producción de madera que otros parámetros, aunque el crecimiento en diámetro, el otro componente del incremento del volumen, es considerado más sensible que el crecimiento en altura a la variación de los efectos de factores ambientales (Kramer y Kozlowski, 1960). Este parámetro no ha sido muy usado debido a su supuesta dependencia de la densidad del rodal, aunque estudios de productividad con respecto a la densidad sugieren que la productividad por unidad de área, independientemente de la densidad inicial, tiende a converger en el tiempo.

De acuerdo a esto y asumiendo que las masas forestales se comportan de acuerdo a la ley de «productividad constante» (Stout y Shumway, 1982), la influencia de la densidad del rodal puede ser considerada mínima y el diámetro (D) puede ser usado junto con la altura para determinar la calidad de la estación, es decir una evaluación potencial de la productividad de la estación más allá del término del crecimiento en altura.

El objetivo de este trabajo consiste en aplicar una metodología de estimación de la calidad de la estación en masas de pino silvestre basado en el crecimiento en altura en función del crecimiento en diámetro.

2. Material

La información procede de 55 parcelas permanentes de *Pinus sylvestris* L. establecidas por el INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias) en los años 1963-1964. Estas parcelas se encuentran distribuidas en los sistemas Central, Ibérico y Pirenaico en las siguientes provincias: Madrid, Ávila, Burgos, Segovia, Guadalajara, Soria, Teruel, Huesca, Tarragona y Lérida.

En todas las parcelas se ha aplicado una selvicultura idéntica, con-

sistente en la realización de claras bajas y moderadas de tal forma que el patrón de densidad es el mismo, tanto en el establecimiento de las parcelas como en el tiempo, con un índice de Reineke de 1.380 en un DPR (Diámetro Promedio del Rodal) de 20 cm.

3. Método y resultado

La metodología empleada para establecer la relación H/D se basa en la ley de rendimientos decrecientes postulada por David Ricardo (1772-1823) la cual fue validada para cultivos agrícolas por Justus V. Liebig (1874-1956) y que establece que la productividad se aproxima a un límite y que, por lo tanto, el incremento de dicha productividad tiende a «0». La ley del efecto de los factores li-

mitantes postulada por A. Mitscherlich (1940) es una versión de la ley anterior, diseñada para aplicaciones prácticas donde:

$$dy/dx = K(Y_{\max} - Y)$$

es decir, la respuesta (dy) de un factor limitante (dx) es proporcional (K) a la diferencia entre los valores máximos ($Y_{\max}$) y actuales (Y). En la medida de que Y se aproxima a $Y_{\max}$ (asíntota superior), la tasa decrecerá proporcionalmente. A partir de la ecuación anterior, se obtiene que:

$$\ln(Y_{\max} - Y) = -kx + k$$

donde n representa el número de factores de crecimiento.

Si x representa el tiempo, Y será una función de crecimiento, pero al mismo tiempo, representa una formulación de la hipótesis

Pinus sylvestris de baja calidad productiva. Navacerrada (Madrid). Foto: G. Montero.



general de crecimiento por la cual el incremento es dependiente de la diferencia entre el tamaño final y el actual.

En el caso de una masa forestal, debido a que el dosel debe soportar un gran volumen de ramas y fuste en la etapa de madurez, como H crece hasta un límite metabólico, se puede esperar que a medida que el árbol se acerca a su madurez, disminuye el incremento del crecimiento de la altura con respecto al diámetro, hasta que dicho incremento se aproxima a «0», lo que nos lleva a formular la ley de Mitscherlich (1940) en los siguientes términos:

$$dH/dD = -b(S-H)$$

es decir, un incremento en el diámetro (D) podrá soportar un incremento en altura (H) proporcional a su potencial remanente (Prodan, 1968), el cual, a su vez, está determinado por la calidad de la estación, por lo que la relación proporcional entre altura y diámetro es usada para estimar la calidad de la estación, de forma independiente de la edad. La obtención de curvas de calidad de estación sin implicar a la edad permite, por una parte, eliminar el problema de la elección de la edad base, y por otra, el que en el momento de la determinación de las curvas altura/edad no suelen estar presentes todas las clases de edad.

Meyer (1940) sugirió el siguiente modelo para un caso forestal:

$$Y = 1,3 + S(1 - e^{-bD})$$

donde:

H = altura total.

D = diámetro a la altura del pecho.

S = coeficiente del sitio (asíntota superior).

b = coeficiente propio de cada especie.

1,3 = corrección para la medición de altura al DAP.

La distribución de las parcelas por clase de edad se hizo premeditadamente, o sea, se eligieron parcelas de tal manera que todas las clases de edad se encontrasen bien representadas (tabla 1).

Dentro de estas parcelas se realizó una selección de los cinco árboles dominantes y/o codominantes a los cuales se les midió el diámetro normal (D), altura total (H) y edad (E). Posteriormente se clasificaron las parcelas según su calidad de sitio en base al trabajo de Pita (1964). Se consideraron sólo las primeras cuatro calidades por falta de representación estadística de la última clase (V). A partir de estos, los árboles elegidos se agruparon por clase de edad y calidad de estación, según se indica en la tabla 2.

En la figura 1 se puede confirmar que dos masas de la misma especie, que se desarrollan bajo condiciones estacionales distintas, tienen una evolución de la altura-diámetro distinta, lo cual se encuentra corroborado por Stout y Shumway (1982).

Los datos de D y H de cada calidad de estación se ajustaron según la ecuación de Meyer. El procedimiento de ajuste de este modelo no-lineal fue el siguiente:

1. Determinación de los parámetros b y S a través del programa MLP (Maxim Likelihood Program).

2. Cálculo de la expresión $(1 - e^{-bD})$ la cual indica la proporción de la altura que puede ser registrada por un árbol de diámetro específico.

3. Cálculo de H . Se realiza mediante la aplicación directa de la fórmula completa de Meyer, o sea, $H = 1,3 + S(\text{proporción})$. El único factor que varía es S que corresponde a la asíntota en altura.

4. Por último, para cada calidad, se representa gráficamente la correspondiente curva de calidad de estación (fig. 2).

Los valores de los parámetros calculados, y su correspondiente error estándar se dan en la tabla 3. Además se muestra la equivalencia de cada calidad con su correspondiente índice de sitio (I) según Pita (1965) que corresponde a la altura media alcanzada a los cincuenta años.

4. Discusión de resultados

El desarrollo de las masas forestales obedece a la combinación de efectos de muy variados factores e interrelaciones entre

TABLA 1

Distribución de las parcelas por clase de edad

Edad (años)	Número de parcelas
< 30	11
31-50	13
51-70	15
> 70	16
TOTAL	55

1. Determinación de la altura máxima por calidad de estación. Esta altura se usará como valor inicial en los cálculos de los parámetros b y S en la siguiente etapa.

2. Estimación de los parámetros

ellos, por lo que resulta muy difícil predecir su desarrollo futuro a partir de valores actuales aunque se conozca su desarrollo pasado. Algunos factores son propios del sitio pero otros son manejables por

TABLA 2

Número de árboles seleccionados según su edad y calidad de estación

Calidad Edad	I	II	III	IV	Total
< 30	10	15	15	15	55
31-50	15	20	20	10	65
51-70	15	15	20	25	75
> 70	20	20	20	20	80
TOTAL	60	70	75	70	275

TABLA 3

Valores calculados de S, b y su correspondiente desviación estándar S_x , por calidad de estación, y su equivalencia en índice de sitio

	S	b	S	b	S	b	S	b
Valor	29,8	0,026	26,5	0,017	21,5	0,013	17,3	0,011
S_x	5,50	0,008	6,88	0,004	9,10	0,005	2,61	0,001
I		17,0		14,0		11,0		8,0

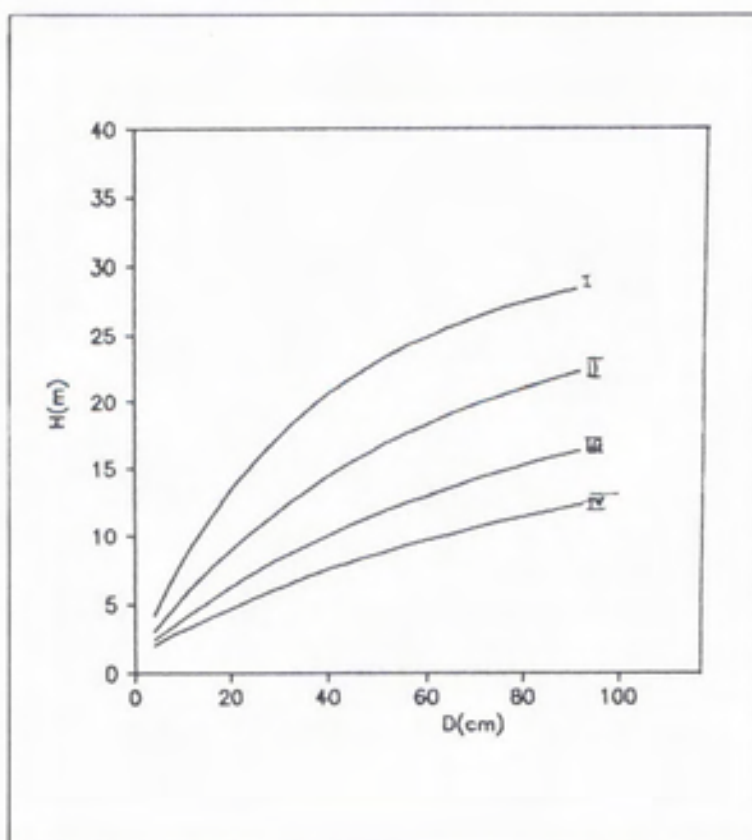
Fig. 1: curvas de calidad estación para pino silvestre construidas a partir de la ecuación $H = 1,3 + S(1 - e^{-bD})$.

el silvicultor. Dentro de los factores que puede manejar el hombre, queda de manifiesto que algunos tendrán un efecto a corto plazo, a diferencia de otros en los cuales el efecto será cuantificable al término del turno o más allá de éste.

El uso de la evolución de la altura en conjunto con el diámetro, bajo condiciones de densidad homogénea, y basado en una distribución normal del diámetro, permite establecer la calidad de la estación de forma independiente de la edad, aunque ésta se encuentra implícitamente reflejada en dicha evolución. Un índice de calidad de estación, además de su objetivo inmediato, resume principalmente en el parámetro altura la suma de los efectos.

El uso del diámetro, en conjun-

Calidad de estación



to con la altura permite una buena evaluación de la productividad de una estación.

Esta forma de proceder permite en la práctica determinar la calidad de la estación de un rodal con solo medir altura total (H) y diámetro a la altura del pecho (D), datos que son fáciles de medir y que suelen tomarse en los inven-

tarios forestales tradicionales. Además evita la determinación de la edad, y los problemas que ello plantea, especialmente cuando se trata de masas procedentes de regeneración natural en las cuales y aún siendo «regulares» las diferencias de edad entre árboles del mismo rodal pueden oscilar entre 10 y 15 años.

Por último cabe señalar que la desviación estándar alta que presentan estos resultados obedecen principalmente a que la clasificación previa de la calidad de la estación en función de la relación altura-edad, presenta algunos problemas que será necesario clarificar.

Pinus sylvestris de excelente calidad productiva. Monte Valsain (Segovia). Foto: G. Montero.



5. Bibliografía

KRAMER, P. J. y KOZLOWSKI, T. T.: *Physiology of trees*. McGraw-hill. New York. 642 p. 1960.

MEYER, H. A.: «A mathematical expression for height curves». *J. For.*, 38, 415-520. 1940.

MITSCHERLICH, E. A.: *Landwirtsch Jahrbuch*, 38, 537. 1910.

PITA, P. A.: «Crecimiento y producción de las masas forestales españolas». *An. Inst. For. Inv. Exp.*, 8, 109-132. 1964.

«La calidad de la estación en las masas de *Pinus sylvestris* de la Península Ibérica». *An. Inst. For. Inv. Exp.*, 9, 5-28. 1965.

PRODAN, M.: *Forest Biometrics*. Pergamon Press. Oxford. 447 p. 1968.

STOUT, B. B. y SHUMWAY, D. L.: «Site Quality Using Height and Diameter». *Forest Science*, 28(3), 639-645. 1982.

Resumen

A partir de 55 parcelas permanentes de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) distribuidas en las provincias de Madrid, Avila, Burgos, Segovia, Guadalajara, Soria, Teruel, Huesca, Tarragona y Lérida con edades variables que van desde 25 hasta 120 años, se obtuvo información de edad (E), altura total (H) y diámetro a la altura del pecho, 1,30 m (D). Con esta información se procedió a clasificar cada parcela según su H y E en calidades de estación según PITA (1964). Posteriormente se agruparon las parcelas por clases de calidad de estación y a cada grupo se le aplicó la fórmula de crecimiento sugerida por Meyer (1940):

$$H = a + S(1 - e^{-bD})$$

en que:

H = altura total (m).

a = corrección para la altura (1,3 m).

S = coeficiente para la asíntota (altura máxima) (m).

b = coeficiente propio de la especie.

D = diámetro a la altura del pecho (m).

A partir de esta ecuación y mediante ajuste por máxima verosimilitud, se obtienen los parámetros que permiten la construcción de cuatro curvas de calidad de la estación en función de la relación que se produce entre la altura (H) y el diámetro (D), las que permiten estimar la calidad de la estación de forma independiente de la edad. ■