

ELABORACION DE TABLAS DE PRODUCCION EN BASE A PARCELAS TEMPORALES DE MUESTREO

O. A. AGUIRRE

Facultad de Ciencias Forestales.
Universidad Autónoma de Nuevo León.
Apartado postal 41. 67700 Linares, N. L., México

RESUMEN

En este trabajo se presenta un método para la elaboración de tablas de producción en base a datos obtenidos en parcelas temporales de muestreo, análisis troncales y mediciones en árboles individuales. El procedimiento se desarrolló en México tomando como ejemplo la especie *Pinus pseudostrobus* Lindl.

La metodología empleada se basa en el cálculo de la producción total de acuerdo al método de Magin. Las relaciones entre los parámetros más importantes de los rodales se determinaron mediante ecuaciones de regresión.

PALABRAS CLAVE: Tablas de Producción
Inventario para manejo forestal
Pinus pseudostrobus Lindl

INTRODUCCION

Las tablas de producción representan el desarrollo promedio de una especie en una región determinada y posibilitan una estimación rápida y de bajo costo del volumen y el incremento de los rodales, por lo que constituyen un auxiliar importante en las actividades del manejo forestal.

Para la elaboración de tablas de producción en países con una tradición forestal joven, en los que se cuenta generalmente con superficies de muestreo forestal permanente establecidas en épocas recientes, es necesario emplear un método basado en parcelas temporales de muestreo. Como ejemplo para México se describe en este estudio un procedimiento con el cual es posible construir tablas de producción provisionales en el marco de un inventario convencional para manejo forestal en base a datos colectados en parcelas temporales de muestreo, a un costo relativamente bajo.

MATERIAL

El trabajo se desarrolló en un sector de la Sierra Madre Oriental, en el Estado de Nuevo León, en el noreste de México. En esta región se localizan principalmente bosques mixtos de pino-encino (*Pinus sp.*–*Quercus sp.*). De las especies de pino, *Pinus pseudostrobus* Lindl. es la más importante para la economía regional, por lo que se seleccionó para este estudio.

Para la investigación del crecimiento de *Pinus pseudostrobus* se emplearon los datos de 63 análisis troncales (Aguirre, 1984). Se obtuvo además información dasométrica en 218 parcelas de muestreo establecidas de acuerdo a la «prueba de los seis árboles» desarrollada por Prodan (1968), en grupos de árboles de densidad completa, puros y homogéneos, en rodales con diferente calidad de sitio y de edades diversas. Para determinar la relación entre el volumen del árbol medio del rodal extraído y el volumen medio de los árboles en pie para aclareo ligero, se midieron las dimensiones de 78 árboles medios y las correspondientes de los árboles próximos muertos o suprimidos de la misma edad.

METODOLOGIA

Generalidades

La elaboración de las tablas de producción se apoya en las funciones denominadas por Assmann (1961) «relaciones fundamentales I y II» (llamadas también leyes de la producción forestal), a saber: $h = f(t)$ y $PT = f(h)^*$, así como la «relación final» derivada de las anteriores: $PT = f(t)$. La altura media empleada en las relaciones de Assmann se substituyó aquí por la altura dominante por ser ésta más adecuada para fines de clasificación de sitios forestales (Kramer, 1961). Para el cálculo de la producción total en volumen se utilizó como base el método de las series de crecimiento de Magin (1963). Este procedimiento permite calcular la producción total de un área a partir de los datos obtenidos en la masa en pie y de los calculados para la masa extraída mediante la llamada «fórmula de Magin». Esta metodología ha sido discutida en detalle, entre otros autores, por Magin (1971), Kramer (1988), Aguirre (1989), así como por Aguirre y Kramer (1990). La fórmula de Magin se expresa como:

$$PT_t = V_a + \sum_a^t \Delta V_s + \sum_a^t \Delta N_s \cdot Vm(s/2) \cdot k$$

donde:

- PT_t = Producción total a la edad t .
- V_a = Volumen en pie inicial para aprox. 2500 árboles por ha.
- ΔV_s = Diferencia en el volumen en pie en el período s .
- a = Edad inicial.
- t = Edad a la cual se determina PT .
- ΔN_s = Diferencia en el número de árboles por ha en el período s .
- $Vm(s/2)$ = Volumen de árbol medio en la mitad del período s .
- k = Factor de corrección.

En la fórmula, el factor k de Magin representa la relación entre el volumen del árbol medio de la masa extraída y el volumen del árbol medio de la masa en pie.

Construcción del diagrama de curvas de índice de sitio

En base a los valores de edad, altura e incremento en altura obtenidos de los análisis troncales, se construyó un diagrama de curvas de índice de sitio. Para ello se investigaron las relaciones $i_h = f(h_o, t)$ y $h_o = f(t, B)$, las cuales se determinaron empleando las ecuaciones siguientes (Sloboda, 1971):

$$i_h = \frac{p_1 h}{t^{p_2}} \cdot \ln \left(\frac{p_3}{h} \right)$$

$$h_o = p_3 \left(\frac{B}{p_3} \right)^{\frac{e^{-p_2}}{(p_1 - 1)50^{p_1 - 1}} + \frac{p_2}{(p_1 - 1)t^{p_1 - 1}}}$$

Determinación de la producción total

Para la determinación de la producción total se modificó la fórmula de Magin, de forma tal que los periodos de edad fueron sustituidos por intervalos de altura. La relación que en lo sucesivo se denominará «fórmula de Magin modificada» reza (Aguirre, 1989):

$$PTh_o_n = Vh_o_n + \left(\sum_{h_o_a}^{h_o_n} \right) \Delta Ns \cdot Vm(si/2) \cdot k$$

donde:

- PTh_o_n = Producción total a una altura dominante determinada h_o_n .
- Vh_o_n = Volumen a la altura dominante h_o_n .
- ΔNs = Diferencia en el número de árboles por ha en el intervalo de altura s.
- $Vm(si/2)$ = Volumen del árbol medio en la mitad del intervalo de altura s.
- h_o_a = Altura inicial.
- h_o_n = Altura a la que se determina PT.
- k = Factor de corrección.

Los parámetros básicos para el empleo de la fórmula de Magin modificada son: número de árboles y volumen por hectárea a diferentes alturas dominantes. Previamente al empleo de la fórmula, se investigó la influencia de la calidad de sitio sobre estos parámetros y el área basal, a fin de detectar posibles diferencias en el nivel de producción de la especie en el área (Kramer, 1988).

Los valores de número de árboles y volumen se calcularon, independientemente de la calidad de sitio (ver capítulo de resultados), mediante las funciones $N = f(h_o)$ y $V = f(h_o)$. La relación fundamental $PT = f(h_o)$ se calculó también mediante técnicas de regresión.

Cálculo de los factores k

En esta investigación se calcularon, además del factor k de Magin, valores k adicionales para altura y diámetro. Para ello se derivó la relación entre las dimensiones correspondien-

tes de los árboles suprimidos o muertos (considerados como masa extraída) y las de los árboles medios vecinos de la masa en pie. El volumen de los árboles individuales se calculó empleando las tablas de volumen de fuste total elaboradas por Jiménez (1988).

Elaboración de las tablas de producción

En el cálculo de los datos de la masa principal (masa en pie) se investigaron, además de las relaciones $N = f(h_0)$ y $V = f(h_0)$ consideradas en la determinación de la producción total, las relaciones $hg = f(h_0)$ y $G = f(h_0)$ independientemente de la calidad de sitio.

Con base en las funciones arriba anotadas se derivaron las relaciones $N = f(t)$, $V = f(t)$, $G = f(t)$ y $hg = f(t)$ para cada índice de sitio, en base a los datos del diagrama de las curvas correspondientes. Posteriormente se calculó el diámetro del árbol con el área basal media, así como el factor de forma.

Para la masa extraída se calcularon los valores de altura y diámetro mediante la multiplicación de los datos de la masa principal en la mitad del período, por el factor k correspondiente. Los datos de número de árboles por hectárea se obtuvieron de las diferencias en la curva de desarrollo de este parámetro. Los valores del área basal se determinaron a partir del número de árboles y el diámetro medio de la masa extraída.

De la diferencia entre producción total y volumen de la masa principal se determinó la suma del volumen extraído. El volumen de la masa extraída se deriva para cada período de la diferencia de la suma de los volúmenes extraídos al principio y al final del período. Finalmente se determinó el porcentaje del volumen extraído con respecto a la producción total.

Para la masa total se calculó la producción de los diferentes índices de sitio a una edad dada, con ayuda de las relaciones fundamentales $h_0 = f(t)$ y $PT = f(h_0)$. Partiendo de estas relaciones se derivó la relación final $PT = f(t)$ para cada calidad de sitio de acuerdo a los datos del diagrama de curvas de índice de sitio. El incremento medio anual se determinó mediante la división de la producción total entre la edad correspondiente. El incremento corriente anual se calculó de la diferencia de los valores de producción total al principio y al final del período de crecimiento, dividido entre la longitud del período en años.

RESULTADOS

El Diagrama de curvas de índice de sitio construido para las alturas de 11, 13.5, 16, 18.5 y 21 m a la edad base de 50 años, mostró que la edad de culminación para el incremento en altura se localiza entre el 7° y 9° años de vida, siendo ligeramente mayor la edad de culminación conforme disminuye la calidad de sitio, esto es, el sistema de curvas es del tipo polimórfico.

De acuerdo a los datos obtenidos en las parcelas de muestreo no se observó una influencia de la calidad de sitio sobre el número de árboles, el volumen y el área basal, por lo que se construyeron curvas únicas para representar el desarrollo de estos parámetros.

El factor k promedio calculado para el volumen asciende a 0.31, para la altura tiene un valor de 0.70 y para el diámetro de 0.64. Estos valores no mostraron una tendencia creciente o decreciente conforme la altura aumentaba, por lo que se aceptaron como constantes para el rango de altura considerado en la construcción de las tablas de producción.

En la Tabla 1 se presenta como ejemplo la tabla de producción del índice de sitio de 21 m para rodales puros y de densidad completa de *Pinus pseudostrubus* Lindl. Las tablas

TABLAS DE PRODUCCION

TABLA 1
 TABLA DE PRODUCCION PARA *PINUS PSEUDOSTROBUS* LINDL., INDICE DE SITIO 21
 Yield table for *Pinus pseudostrobus* Lindl., site index 21

t	Masa en pie			F	V	N	hg	dg	G	V	ΣVE	PVE	PT	Masa total		t	
	hg	ho	G											IMA	ICA		
10	4240	4,6	5,3	13,9	6,5	0,725	47	2311	4,3	6,0	6,5	19	1	2,1	48	4,8	10
15	1929	7,8	8,6	23,1	12,4	0,602	108	696	6,3	9,6	5,0	19	20	15,6	128	8,6	15
20	1233	10,3	11,3	30,0	17,6	0,562	174	318	8,0	12,7	4,0	19	39	18,3	213	10,7	20
25	915	12,5	13,6	35,1	22,2	0,544	239	177	9,4	15,4	3,3	18	58	19,5	297	11,9	25
30	738	14,3	15,5	39,1	26,0	0,537	300	113	10,6	17,7	2,8	17	76	20,2	376	12,6	30
35	625	15,9	17,1	42,3	29,3	0,533	358	77	11,6	19,7	2,3	16	93	20,6	451	12,9	35
40	548	17,2	18,6	44,8	32,2	0,533	412	57	12,5	21,5	2,1	15	109	20,9	521	13,0	40
45	491	18,4	19,9	46,9	34,9	0,534	462	42	13,3	23,0	1,7	14	124	21,2	586	13,0	45
50	449	19,5	21,0	48,6	37,1	0,536	509	34	14,0	24,4	1,6	13	138	21,3	647	12,9	50
55	415	20,5	22,0	50,1	39,2	0,539	553	28	14,7	25,7	1,4	12	151	21,4	704	12,8	55
60	387	21,4	23,0	51,3	41,1	0,541	595	22	15,3	26,8	1,2	12	163	21,5	758	12,6	60
65	365	22,2	23,8	52,4	42,7	0,545	634						175	21,6	809	12,4	65

podieron construirse para alturas dominantes entre 5 y 24 m, por distribuirse los datos de las parcelas de muestreo en este rango.

En las funciones y en la tabla de producción se emplean los siguientes símbolos:

- t = Edad.
- h = Altura.
- ih = Incremento en altura.
- B = Altura dominante a la edad de 50 años.
- P_1, P_2, P_3 = Coeficientes de regresión.
- N = Número de árboles por hectárea.
- hg = Altura del árbol con el área basal media en metros.
- ho = Altura del árbol dominante en metros.
- G = Área basal en m^2/ha .
- dg = Diámetro del árbol con el área basal media en centímetros.
- F = Factor de forma.
- V = Volumen en m^3/ha .
- SVE = Suma de los volúmenes extraídos en m^3/ha .
- PVE = Porcentaje de los volúmenes extraídos.
- PT = Producción total en m^3 fuste total con corteza/ha.
- IMA = Incremento medio anual en m^3/ha .
- ICA = Incremento corriente anual en m^3/ha .

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El método aquí presentado para la elaboración de tablas de producción, es una alternativa para obtener información sobre el patrón característico promedio del desarrollo de las especies principales, en países donde no se tienen parcelas permanentes de muestreo. Una ventaja de este método es que los datos necesarios para su aplicación se pueden recabar en gran parte en el marco de un inventario para manejo forestal; solamente para la investigación del crecimiento en altura se requieren análisis troncales adicionales. Por otra parte, las tablas elaboradas constituyen una contribución para la práctica forestal, aunque debe tenerse presente que éstas tienen un carácter local.

En esta investigación se pudo comprobar la flexibilidad del método de Magin para la determinación de la producción total en base a datos obtenidos en parcelas temporales de muestreo. El procedimiento permite lograr de manera sencilla información sobre número de árboles y volumen del rodal extraído y posibilita con ella el cálculo de la producción total.

La transformación de la fórmula de Magin en la llamada «fórmula de Magin modificada» (en la cual se sustituyeron los intervalos de tiempo por intervalos de altura), permitió la rápida determinación de la relación fundamental $II\ PT = f(ho)$, lo que facilitó la construcción de las tablas de producción.

De acuerdo con las tablas de producción elaboradas, el incremento corriente anual culmina antes en las localidades con mayor índice de sitio. Este desplazamiento de la edad de culminación dependiente de la calidad de sitio es más claro cuando se observa el incremento medio anual. Los resultados coinciden con los principios fundamentales del crecimiento forestal.

TABLAS DE PRODUCCION

Dado que en las parcelas de muestreo no se observó ninguna influencia de la calidad de sitio en el número de árboles, el área basal y el volumen por ha a una altura dominante dada, las tablas de producción muestran a igual altura dominante siempre los mismos valores en dichos parámetros. También para el desarrollo de la producción total en función de la altura dominante se construyó una sola curva, lo que tuvo por consecuencia que el nivel de producción único determinado sea válido para los cinco índices de sitio considerados. Sin embargo, empleando la misma metodología se pueden elaborar tablas de producción con diferentes niveles de producción.

Los datos para número de árboles, área basal y volumen por ha de la masa principal de las tablas de producción, representan los valores máximos promedio que se tienen en rodales puros, ligeramente aclareados. En base a los datos obtenidos en el marco de este trabajo y en investigaciones epidométricas complementarias, es posible determinar las relaciones entre densidad del rodal y diversos parámetros del mismo, así como el grado de reducción del incremento. Mediante estas investigaciones adicionales es posible construir tablas de producción para esquemas de tratamiento de los rodales previamente determinados.

SUMMARY

Construction of yield tables based on temporary sample plots

In this work a methodology for the construction of yield tables based on data of temporary sample plots, stem analysis, and measurements on individual trees is presented. The method was developed in Mexico using as example the species *Pinus pseudostrobus* Lindl.

The procedure employed is based on the calculation of the total yield according to Magin's Method. The relationships between the most important stand parameters were determined using regression equations.

KEY WORDS: Yield tables
Forest management inventory
Pinus pseudostrobus Lindl

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE C. O. A., 1984. Estimación de Indices de Sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl., en la región de Iturbide, Nuevo León. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México, 64 pp.
- AGUIRRE C. O. A., 1989. Aufstellung von Ertragstafeln auf der Basis einmaliger Waldaufnahmen am Beispiel von *Pinus pseudostrobus* Lindl. im Nordosten Mexikos. Tesis doctoral. Universidad de Gotinga, 107 pp.
- AGUIRRE C. O. A., KRAMER H., 1990. El factor k de Magin. Un índice epidométrico y silvícola. Reporte Científico No. 14. Fac. de Ciencias Forestales, Linares, N. L., México, 39 pp.
- ASSMANN E., 1961. Waldertragskunde. Ed. BLV, Munich, 490 pp.
- JIMENEZ P. J., 1988. Aufstellung von Massentafeln und Tarifen für *Pinus pseudostrobus* und *Pinus Teocote* in einem Teil der Sierra Madre Oriental im Nordosten Mexikos. Tesis doctoral. Universidad de Gotinga, 119 pp.
- KRAMER H., 1961. Die Verwendung de Oberhöhe in der Forsteinrichtung. Allg. Forst u. Jagdztg, 133, 122-129.
- KRAMER H., 1988. Waldwachstumslehre. Ed. Paul Parey, Hamburgo y Berlín, 374 pp.
- MAGIN R., 1963. Standortgerechte Ertragsermittlung als Teil der Forsteinrichtung. Allg. Forstz. 18, 128-130.
- MAGIN R., 1971. Die Herleitung von Ertragstafeln beliebiger Durchforstungsmodelle mit Hilfe der K-Wertformel. 15. IUFRO Kongress, Gainesville, Florida, 5 pp.
- PRODAN M., 1968. Punktstichprobe für die Forsteinrichtung. Forstund Holzwirt 23, 225-226.
- SLOBODA, B., 1971. Zur Darstellung von Wachstumsprozessen mit Hilfe von Differentialgleichungen erster Ordnung. Mitt. d. Baden-Württembergischen Forstl. Versuchsanst. N.º 32, 109 pp.