

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y  
Desarrollo Sustentable

## ***Ra Ximhai***

Universidad Autónoma Indígena de México

raximhai@uaim.edu.mx

ISSN: 1665-0441

México

2005

## **MODELOS DE ÍNDICE DE SITIO PARA *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. DEL CLON IAN-710 EN EL NORTE DE CHIAPAS**

Gustavo Enrique Rojo Martínez; Jesús Jasso Mata; Xiomara Zazueta Angulo; César

Raúl Porras Andujo; Alejandro Velásquez Martínez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol.1, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa

pp. 153-166

## MODELOS DE ÍNDICE DE SITIO PARA *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. DEL CLON IAN-710 EN EL NORTE DE CHIAPAS

### SITE INDEX MODELS FOR *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. OF CLONE IAN-710 IN NORTH CHIAPAS

Gustavo Enrique **Rojo-Martínez**<sup>1</sup>; Jesús **Jasso-Mata**<sup>2</sup>; Xiomara **Zazueta-Angulo**<sup>3</sup>;  
César Raúl **Porras-Andujo**<sup>4</sup>; Alejandro **Velázquez-Martínez**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Clarificador Educativo C. Universidad Autónoma Indígena de México. Ingeniería en Sistemas Forestales. Los Mochis, Sinaloa. Correo electrónico: grojo@uaim.edu.mx. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. IRENAT Programa Forestal. Correo electrónico: jejama@colpos.mx; avelazquez@colpos.mx. <sup>3</sup> Clarificador Educativo A. Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: xzazueta@uaim.edu.mx. <sup>4</sup> Clarificador Educativo B. Universidad Autónoma Indígena de México. Ingeniería en Sistemas de Calidad. Correo electrónico: cporras@uaim.edu.mx.

---

### RESUMEN

La calidad de sitio forestal se entiende como la capacidad productiva de dicho lugar y habitualmente se refiere al volumen de madera producido por una masa forestal cuando llega a la edad del turno. La calidad del sitio tiene entonces una doble utilidad práctica: como herramienta para estimar la producción y como base para construir instrumentos prácticos de gestión de plantaciones forestales comerciales. El modelo elegido fue el que representó menor valor de CME, modelo 1, basado en la función de Chapman y Richards y modificada por Payandeh y Wang.

**Palabras clave:** Índice de sitio, curvas de crecimiento, modelos alométricos.

### SUMMARY

The quality of forest site is understood as the productive capacity of the place and it is commonly related to the volume of wood produced by a forest mass when it arrives at the age of the turn. The quality of the site has then one double practical utility: as a tool to estimate the production and as a base to build practical management instruments for commercial forest plantations. The selected model displayed minor value of CME, model 1, based on the Chapman and Richards function and modified by Payandeh and Wang.

**Key words:** Site index, curves of growth, allometric models.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por su respectivo desarrollo, es decir, por el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen. Este crecimiento, considerado en un período de tiempo determinado se denomina incremento, el cual representa un aumento en la cantidad de tejido acumulado de floema y xilema en forma de corteza y madera respectivamente (Klepac, 1983).

En general, los modelos de crecimiento y rendimiento son modelos simbólicos que representan procesos de la realidad. En manejo forestal, se elaboran con la finalidad de estimar la producción futura, determinar el turno óptimo, realizar análisis financieros, estimar el crecimiento bajo condiciones donde no existen datos, comparar alternativas de manejo para analizar las mejores opciones de uso de la tierra, simular prácticas silviculturales y sintetizar hipótesis, conocimientos y datos experimentales a una expresión entendible del comportamiento de los bosques (Dykstra, 1984).

Para modelar el crecimiento de árboles y masas forestales, en la actualidad se consideran dos métodos de construcción: los modelos de proceso y los empíricos. Los primeros simulan los procesos biológicos mediante los cuales se elabora la biomasa del organismo, y los segundos, basados en la experiencia. El crecimiento es considerado como la respuesta de un sistema complejo, sobre el que actúa un gran número de variables, pero en pocas de ellas, frecuentemente sólo la edad se considera para el modelaje (Ramírez y Zepeda, 1994).

Los modelos de crecimiento y de rendimiento constituyen una herramienta de gran valor para la planificación de las actividades de manejo forestal. El concepto básico del bosque o de una plantación forestal comercial, como fuentes continuas de productos forestales descansa en la capacidad que se tiene para crecer. Los bosques o plantaciones usualmente son manejados para obtener un rendimiento sostenido de productos. Un rendimiento sostenido requiere un nivel de producción constante para una intensidad de manejo particular, lo cual implica que el crecimiento del bosque o plantación debe ser estimado y balanceado con la cosecha. De esta manera el rendimiento sostenido se refiere al rendimiento potencial del bosque o plantaciones (Ramírez y Zepeda, 1994).

Cualquier planeación de la producción forestal debe involucrar la predicción del rendimiento futuro. Las empresas forestales deben saber cuales son los rendimientos futuros esperados en sus áreas forestales, con el fin de planear la producción de la planta y examinar las posibilidades de expansión (Meyer *et al.* , 1961).

En general, estos modelos se elaboran para efectuar estimaciones confiables del crecimiento y del rendimiento futuro; para generar la información necesaria que permita mantener las cosechas dentro de la capacidad sustentable de los rodales; para comparar alternativas de manejo que permitan analizar las mejores opciones de uso de la tierra; para determinar la edad óptima de cosecha, la programación de las cortas intermedias, la estimación de la producción anual, periódica o total durante el período de rotación y las clases de productos a obtener; para realizar análisis financieros, para explorar opciones de manejo y alternativas silviculturales; para examinar los impactos del manejo forestal y de la cosecha sobre otros valores del bosque; y, para determinar un régimen de manejo que maximice el volumen maderable o el valor de la producción (Klepac, 1983).

### **Generalidades sobre modelos de crecimiento**

De acuerdo con Zeide (1993), el crecimiento resulta de la interacción de dos fuerzas opositoras: un componente positivo manifestado por la expansión de un organismo que tiende hacia la multiplicación exponencial, este componente está asociado con el metabolismo constructivo o anabolismo. Un componente opositor que representa las restricciones impuestas por factores externos como la competencia por recursos, respiración, estrés, es decir el catabolismo.

En el ámbito forestal, el crecimiento es considerado como una función que depende directamente de los factores del sitio que se encuentran interactuando en el rodal, formulada en términos de tasa de crecimiento e integrada en el tiempo. La forma general de dicha función en un tiempo dado es:

$$\text{Crecimiento} = f(\text{especie, edad, densidad, calidad de sitio})$$

Alder (1980), considera que el crecimiento es un proceso biológico que involucra dos procesos: uno que impulsa al organismo a aumentar de tamaño mediante la acumulación de la energía bioquímica y, el otro, que frena el crecimiento mediante el gasto de energía para realizar sus funciones fisiológicas. Estos dos procesos son conocidos como los procesos anabólicos y catabólicos respectivamente. Estos procesos se expresan con la relación siguiente:

$$\text{Crecimiento} = \beta_0 (\text{superficie}) - \beta^1 (\text{volumen})$$

Si se conoce la función para determinar la superficie de un organismo (conocer la magnitud de los procesos anabólicos) y la del volumen o biomasa (conocer la magnitud de los procesos catabólicos), es posible obtener la ecuación específica del crecimiento (incremento corriente anual). Bertalanffy en 1957 fue el primero en desarrollar esta ecuación, la cual, generalmente, se presenta en la forma siguiente (Ramírez y Zepeda, 1994):

$$ICA = \alpha W^m - \beta W$$

Donde:

ICA: Incremento corriente anual

W: Volumen

m: 2/3 y

$\alpha$ ,  $\beta$ : Parámetros a ser estimados.

Desde el punto de vista biológico, el crecimiento de los árboles es resultado de un proceso biológico muy complejo que intercala con la herencia, los factores ambientales y con las prácticas de cultivo, resultando un desarrollo en tamaño de los árboles, como producto de la división y expansión celular.

Aunque varios autores piensan que un proceso tan complejo como el crecimiento, difícilmente puede ser expresado por una ecuación matemática que refleje el fenómeno biológico del árbol; pero visto del manejo silvícola, los resultados son de extremo valor (Amo y Nieto, 1983).

VARIABLES DASMÉTRICAS COMO LA ALTURA, EL DIÁMETRO NORMAL O EL VOLUMEN, COMO UNA FUNCIÓN DE LA EDAD DEL ÁRBOL, ES UNA RELACIÓN QUE SIGUE UN PATRÓN QUE PUEDE SER REPRESENTADA POR UNA CURVA LOGÍSTICA, QUE A SU VEZ ES DESCRITA POR UNA ECUACIÓN. ESTA CURVA TIENE UN CRECIMIENTO INICIAL LENTO, SEGUIDO DE UNA FASE DE CRECIMIENTO ACCELERADA; OTRA ETAPA EN QUE ESE CRECIMIENTO SE DESACELERA GRADUALMENTE, HASTA QUE EL ORGANISMO DEJA DE CRECER, PERMANECE DE UN MISMO TAMAÑO DURANTE ALGÚN TIEMPO Y FINALMENTE MUERE. A LA PRIMERA DERIVADA DE LA CURVA DE CRECIMIENTO SE LE CONOCE COMO INCREMENTO CORRIENTE Y, A LA RAZÓN ENTRE LA ORDENADA Y LA ABCISA DE LA CURVA DE CRECIMIENTO INCREMENTO SE LE LLAMA INCREMENTO MEDIO. LA CULMINACIÓN DEL INCREMENTO CORRIENTE COINCIDE CON EL PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA CURVA DE CRECIMIENTO, MIENTRAS QUE LA CULMINACIÓN DEL INCREMENTO MEDIO OCURRE SIEMPRE DESPUÉS Y CORRESPONDE AL PUNTO DONDE LA TANGENTE DEL ÁNGULO MÁXIMO TRAZADO DESDE EL ORIGEN DE LOS EJES COORDENADOS TOCA A LA CURVA DE CRECIMIENTO; EL INCREMENTO CORRIENTE ES IGUAL AL INCREMENTO MEDIO CUANDO ESTE ÚLTIMO CULMINA (Davis y Johnson, 1987; Ramírez y Zepeda, 1994).

La predicción del rendimiento, es una aplicación importante de los modelos de crecimiento, pero el rendimiento también puede ser estimado por técnicas de simulación. Los modelos de crecimiento facilitan la estimación del rendimiento en rodales homogéneos en varios regímenes de manejo, pero la estimación del estado del bosque, también debe involucrar el espacio y distribución temporal de los rendimientos, por lo que, la estimación del rendimiento puede apoyarse en las técnicas de programación matemática para encontrar la ruta óptima, que maximice el rendimiento sustentable y flujo declinante de la corta (Klepac, 1983).

El crecimiento y rendimiento de un bosque, puede ser modelado a tres niveles básicos (Zepeda, 1990):

- 1) con modelos de totalidad del rodal
- 2) con modelos de distribuciones por clases de tamaño y

### 3) con modelos para árboles individuales

Los modelos de totalidad del rodal, se caracterizan porque la solución de las ecuaciones que comprende el sistema, proporcionan la estimación del volumen por unidad de área y la predicción puede ser para estimar el rendimiento actual, el cual no considera la densidad de la proyección futura o rendimiento futuro. Los modelos por clases de tamaños aportan más detalles por simular varias clases dentro del rodal por ejemplo: proyección de tablas a nivel rodal. La aproximación es una premisa en los modelos para el rodal (una clase simple para todos los árboles) y un modelo de árboles individuales (una clase para cada árbol). La mínima entrada requerida para modelos de árboles individuales es una cantidad de árboles dentro del mismo rodal (Klepac, 1983).

Para el manejo del bosque, se requiere además de ecuaciones de crecimiento simples como el volumen, modelos para predecir tamaños; por ejemplo, la altura y el volumen pueden ser expresados como funciones alométricas del diámetro, y su distribución en tamaños, puede ser estimada con la distribución Weibull (Vanclay, 1995).

Un modelo de crecimiento se considera efectivo si está expresado en función de variables predictoras fáciles de medir, con un coeficiente de determinación relativamente alto, por arriba de 0.8. Mientras menor número de variables predictoras estén implicadas en un modelo, más apropiado es para ser usado; con muchas variables predictoras, el modelo se vuelve muy sensible a las relaciones entre ellas, especialmente, si algunas de esas variables están altamente correlacionadas (Alder, 1980).

Los métodos estáticos de predicción de rendimiento, son aquellos en los cuales el rendimiento se predice directamente como una función de la edad, clase de sitio e historia de la densidad del rodal. Los métodos se consideran estáticos porque las funciones resultantes del rendimiento no permiten variación alguna en la historia de los tratamientos del rodal, excepto dentro de amplias clases de tratamientos de aclareos implícitos en los datos. Los componentes del rendimiento de mayor interés para el administrador forestal son: el volumen y el diámetro promedio. Para conocer el volumen de los rodales, es necesario conocer su número de árboles, la altura y el diámetro promedio (Alder, 1980).

En cuanto al modelaje del crecimiento de especies forestales, (Zepeda, 1990), efectuó una revisión muy completa de las técnicas aplicadas al modelaje, principalmente para árboles de clima templado; siendo escasa su aplicación en la predicción de crecimiento en árboles tropicales.

De acuerdo con Clutter *et al.* (1983), el modelo de Schumacher es muy utilizado para generar curvas anamórficas de índice de sitio. Este modelo inicialmente se desarrolló para relacionar el volumen con la edad, y parte del supuesto que el crecimiento relativo varíe inversamente con el cuadrado de la edad, que para la altura queda expresado de la forma siguiente:

$$H = \beta^0 * e^{(-\beta^1 * E - 1)}.$$

Donde:

$H$ : Altura de los árboles dominantes y codominates (m)

$E$ : Edad (años)

$e$ : Base de logaritmos naturales

$\beta_0$ : Parámetro del valor asintótico y

$\beta_1$ : Parámetro de la tasa de cambio.

Una curva de crecimiento es una representación gráfica de tamaños acumulados, ésta representa la suma de todos los incrementos anuales acumulados sobre el período de observación. Así, el crecimiento puede ser considerado como la suma de los incrementos anuales, y el incremento, como la tasa de cambio de ese crecimiento. Debido a lo anterior, la función del incremento corriente anual puede ser obtenida tomando la primera derivada de la función del crecimiento con respecto a la edad. De igual forma, la función del crecimiento puede generarse mediante integración matemática de la función del incremento corriente (Zeide, 1993).

Una curva de crecimiento típica toma generalmente una forma sigmoide. Empieza en el origen o en un punto fijo, sube lentamente al principio y luego con mayor velocidad. Posteriormente hay un cambio del gradiente (punto de inflexión) de la curva, disminuyendo el incremento, para después moverse asintóticamente hacia adelante a algún valor final, determinado por la naturaleza genética del organismo y de sus limitaciones ambientales (Klepac, 1983).



La curva del incremento corriente inicia en el valor de cero, aumenta lentamente al principio y después rápidamente. Después de un máximo, el incremento disminuye, para posteriormente acercarse asintóticamente a cero. La culminación del incremento en esta curva coincide con el punto de inflexión de la curva de crecimiento (Klepac, 1983).

El rendimiento, por otra parte, se refiere a la cantidad total de madera susceptible de ser cosechada (o realmente cosechada) en un tiempo y en un sitio dado. A diferencia de la producción, que representa toda la madera inventariable producida en un sitio (sea bruta o neta), el rendimiento es la cantidad total efectiva de producto útil, por eso, el rendimiento de un rodal, puede ser menor o igual que su producción (Zeide, 1993).

La información para generar estos modelos generalmente se obtiene a través de parcelas permanentes ubicadas en los rodales, evaluados desde su establecimiento hasta su cosecha; pero en la práctica tradicional, la información puede ser obtenida a partir de parcelas temporales ubicadas en los rodales de modo tal que se cubra un rango amplio de edades y calidades de sitio (Zeide, 1993).

Las mejores variables independientes para predecir el crecimiento, ya sea en volumen, altura, diámetro o área basal, deben ser seleccionadas mediante un análisis estadístico objetivo, a través del cual se determine que estas variables estén relacionadas individualmente y en forma conjunta con la variable dependiente de interés (Klepac, 1983).

El manejo actual de las plantaciones forestales comerciales ha obligado a los especialistas en el tema a generar modelos matemáticos para estimar los índices de sitio (Klepac, 1983).

Las ecuaciones de índice de sitio son herramientas útiles que permiten predecir con bastante exactitud los volúmenes de las especies forestales en función de un número más o menos reducido de parámetros obtenidos de árboles en pie. Sin embargo, la disponibilidad de las mismas para especies latifoliadas es muy reducida (Alder, 1980).

En México se han desarrollado este tipo de ecuaciones (Rodríguez y Flores, 1989). Sin embargo, no se disponen de ecuaciones de biomasa para el árbol del hule (*H.*

*brasiliensis*), a pesar de su importancia industrial en México, con un consumo medio anual de látex natural de 70 mil Mg año<sup>-1</sup>.

La producción de látex se ha estimado en alrededor de 7,000 Mg año<sup>-1</sup>, por lo que se tiene una importación anual promedio de 63 mil Mg año<sup>-1</sup>, que representa el 90 % de las necesidades del país (CMH, 2000). Por lo que el objetivo de este estudio fue determinar el índice de sitio para *Hevea brasiliensis* Müll Arg. del clon IAN-710 en el norte de Chiapas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio comprende la zona hulera ubicada en la zona norte de Chiapas en el municipio de Palenque. Se localizaron plantaciones de hule del clon IAN-710 de 1 a 42 años de edad, siendo en la práctica, en muchos casos, muy difícil diferenciar si las plantaciones fueron procedentes de planta en bolsa o tocón; representando la muestra una mezcla de todo tipo de producción de planta en vivero.

Se instalaron 36 sitios de muestreo temporales de forma circular. En cada parcela se señalaron y se apearon dos árboles dominantes que no diferían  $\pm 5$  % del diámetro dominante y altura dominante de la parcela, siguiendo para ello la metodología propuesta por Madrigal en 1992.

Cada árbol de la muestra se troceó y se extrajeron rodajas de madera cada metro de longitud del fuste. El análisis de tronco de estos árboles dominantes permite reconstruir las curvas de altura de cada árbol y su distancia a la base del árbol.

De acuerdo con los datos de parcelas disponibles, aquí se consideró razonable considerar como edad de referencia 42 años. Asignando un índice de calidad de estación a cada árbol se cuenta con un conjunto de datos en el que se conocen tres variables: altura dominante ( $H_0$ ), edad ( $t$ ) e índice de sitio ( $IS$ ). Se utilizaron modelos denominados con restricciones en los que se fuerza a que la altura dominante coincida con el índice de calidad de estación a la edad de referencia. Los modelos empleados son los que aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Modelos utilizados en el ajuste de las curvas de calidad de estación.

<b>Chapman-Richards polimórfica</b> (Payandeh y Wang, 1994)	$H_0 = b_0 \cdot IS^{b_1} \cdot (1 - \exp(-b_2 \cdot t))^K$ [1]
	$K = \frac{\ln \left( \frac{IS^{1-b_1}}{b_0} \right)}{\ln (1 - \exp(-50 \cdot b_2))}$
Weibull polimórfica (Payandeh y Wang, 1994)	$H_0 = K \cdot (1 - \exp(-b_2 \cdot t^{b_1} \cdot IS^{b_1}))$ [2]
	$K = IS / (1 - \exp(-b_2 \cdot 50^{b_1} \cdot IS^{b_1}))$
Chapman-Richards anamórfica (Biging y Wensel, 1985)	$H_0 = K \cdot IS^{b_1} (1 - \exp(b_2 \cdot t))^{b_2}$ [3]
	$K = IS / IS^{b_1} (1 - \exp(b_2 \cdot 50))^{b_2}$
Chapman-Richards polimórfica (Burhart y Tennent, 1977)	$H_0 = K \cdot (1 - \exp(-b_2 \cdot IS \cdot t))^{b_2}$ [4]
	$K = IS / (1 - \exp(-b_2 \cdot IS \cdot 50))^{b_2}$
Weibull anamórfica (Bailey, 1980)	$H_0 = K \cdot IS^{b_1} (1 - \exp(-b_2 \cdot t^{b_2}))$ [5]
	$K = IS / IS^{b_1} (1 - \exp(-b_2 \cdot 50^{b_2}))$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros obtenidos se presentan en el Cuadro 2. La regresión no lineal se efectuó sobre 1034 pares de datos altura-diámetro, a los que previamente les fue asignado el correspondiente índice de sitio mediante interpolación lineal sobre la serie temporal de cada árbol.

La comparación de las estimaciones de los modelos se ha basado en estadísticos obtenidos a partir de los residuos y que son usados con frecuencia en la literatura. Estos estadísticos son el Cuadrado medio del error (CME), la desviación estándar de los residuos (S), la media de los valores absolutos de los residuos (E) y el sesgo (G). Como los modelos se han ajustado al mismo conjunto de datos y la variable dependiente es común a todos ellos, también se usó el coeficiente de determinación  $R^2$  para compararlos (Cuadro 3).

Cuadro 2. Valores de los parámetros estimados mediante el análisis de regresión.

Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>
1	2.0210	0.9661	0.0195	-	-
2	-	-	0.00659	0.5273	0.3249
2	-	0.9661	0.0195	1.3043	-
4	-	-	0.00144	1.3563	-
5	-	0.9672	0.00707	1.2217	-

Los datos del cuadro 3 muestran un buen ajuste de todos los modelos empleados. Se ha representado la función de Weibull modificada por Payandeh y Wang (1994) como modelo con mejor coeficiente de determinación; sin embargo, al representar las curvas para distintos índices de sitio se observa un mal comportamiento de la asíntota para las calidades superiores, por lo que se ha decidido utilizar el modelo que presenta menor valor de CME, modelo 1, basado en la función de Chapman y Richards y modificada por Payandeh y Wang (1994). Por lo tanto, la expresión definitiva de la curva es la siguiente:

$$H_0 = 2,0210 \cdot IS^{0,9661} \cdot (1 - \exp(-0,0195 \cdot t))^K$$

Cuadro 3. Comparación entre funciones mediante estadísticos basados en los residuos y el R<sup>2</sup>.

Modelo	CME	E	S	G	R <sup>2</sup>
1	0.7780	-0.0617	0.8785	0.6323	0.9700
2	0.8083	-0.0169	0.8729	0.6463	0.9723
3	0.7887	-0.0814	0.8866	0.6306	0.9700
4	0.8109	-0.0970	0.8944	0.6366	0.9668
5	0.7846	-0.0147	0.8844	0.6279	0.9702

## CONCLUSIONES

Es posible estimar curvas de índice de sitio para *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. del clon IAN-710 a partir de ecuaciones de regresión. El ámbito de aplicación de las curvas es en el norte de Chiapas en el Municipio de Palenque y el rango de aplicación de las curvas está entre los 1 y 42 años.

Cualquier uso que se le dé fuera de esta región podría representar sesgos en la estimación de la producción. Existen muy pocos estudios sobre el árbol del hule en México y en general sobre los clones de esta especie en México. Por lo Tanto, es importante realizar más estudios sobre esta especie, que permitan conocer las características de productividad de madera.

### LITERATURA CITADA

*Alder D.*

- 1980 **“Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos”**. Vol 2: predicción del rendimiento. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes. Roma. 118 pp.

*Amo Del. R., C. y J. Nieto De P.*

- 1983 **“Aplicación de ecuaciones y modelos matemáticos en la evaluación en las tasas de crecimiento y determinación de la edad en árboles tropicales”**. In: F.H. Bormann y G. Berlyn (ed.) Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Trad. Del inglés por Carmen Alicia de la Parra. ed. Continental, Xalapa, Veracruz. México. P. 133-138.

*Bayley R.L.*

- 1980 **“The potential of Weibull-type fuctions as flexible growth curves: discusion”**. Canadian Journal of Forest Research, 10: 117-118.

*Biging G y Wensel L.C.*

- 1985 **“Improved estimates of site index curves using a varying parameter model”**. For. Sci. 31(1):248-259.

*Burhart T. y Tennent W.*

- 1977 **“Predicting height increment of young-growth mixed conifes”**. USDA, For. Sev. Pacific Southwest Forest and Range Exp. Sta. Berkeley, CA. Res. Paper PSW-191. 77 pp.

*Clutter J. Forston J., Penaar L., Brister G. y Bailey R.*

- 1983 **“Timber management: a quantitative approach”**. New York: Jhon Wiley & Sons. 333 pp.

*Consejo Mexicano del Hule A.C.*

2000 **“Estadísticas Básicas”**. Consejo mexicano del Hule A.C. 90 pp.

*Davis S. L. y Johnson K.N.*

1987 **“Forest Management”**. Third edition. McGraw-Hill. New York. 730 pp.

*Dykstra D. P.*

1984 **“Mathematical Programming for Natural Resource Management”**. McGraw-Hill. USA. 318 pp.

*Klepac D.*

1983 **“Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales”**. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 365 pp.

*Madrigal C., Álvarez G., Rodríguez S. R.J., Rojo A. A.*

1999 **“Tablas de producción para los montes españoles”**. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 253 pp.

*Meyer H. A., Recknagel A. B., Stevenson D.D. y Bartoo R.A.*

1961 **“Forest management”**. Ronald press Company. New York. 281 p.

*Payandeh B y Wang Y.*

1994 **“Modified site index equations for major canadian timber species”**. Forest Ecology and Management. 64: 97-101.

*Ramírez M. H. y M. Zepeda B.*

1994 **“Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México”**. In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F. s/p.

*Rodríguez F., C. y E. Flores A.*

1989 **“Caracterización de factores básicos silvícolas para planes de manejo”**. In: Memoria del Congreso Forestal Mexicano. Toluca, México. 45 pp.

*SAS Institute Inc.*

1999 **“SAS/STAT™ User’s Guide, Release 8<sup>th</sup>”**. Edition. Cary. N.C. USA. 73 pp.

*Zepeda B., E.M*

1990 **“Predicción de rendimientos maderables probables de *Pinus patula* Schiede y Deppe de Perote Ver. México”**. Tesis de Maestría. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 331 pp.

*Ziede B.*

1993 “**Analisis of growth ecuations**”. For. Sci. 39(3):594-616.