

ÍNDICE DE SITIO PARA *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, EN LOS ESTADOS DE VERACRUZ Y PUEBLA, MÉXICO

M. Rodríguez-Acosta¹; B. Arteaga-Martínez²

¹Campo Experimental Ixtacuaco del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 4.5 Carretera Martínez de la Torre- Tlapacoyan. A. P. 162. C. P. 93600. Martínez de la Torre, Ver. Tel: 01 (232) 3245931 Correo-e: rodríguez.melchor@inifap.gob.mx.

²División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. C. P. 56230.

RESUMEN

Se realizó una estimación del índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el bosque natural de los municipios de Atzalan, Veracruz, Tlaltlauquitepec y Yaonáhuac, Puebla, México. La base de datos se generó con 31 árboles dominantes y codominantes utilizando la metodología de análisis troncal, para obtener un total de 358 pares de datos de edad-altura. Los modelos exponenciales: poli-anamórfico con cambio continuo y poli-anamórfico con cambio discreto; los cuales fueron ajustados con procedimientos no lineales utilizando el sistema de análisis estadístico SAS y se compararon en sus versiones polimórficas utilizando el método de la diferencia algebraica. Los modelos de Chapman-Richards, Payandeh y Wang, Schumacher, mostraron un ajuste aceptable obteniendo un pseudo coeficiente de determinación de 0.98, 0.98 y 0.96 respectivamente. Se construyeron curvas polimórficas con dos de los modelos seleccionados y se fijaron tres índices de sitio: 20, 25 y 30 m a una edad base de 25 años.

PALABRAS CLAVE: modelos exponenciales, curvas polimórficas, diferencia algebraica, productividad del sitio, análisis troncales.

SITE INDEX FOR *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, IN VERACRUZ AND PUEBLA STATES, MEXICO

SUMMARY

A site index estimation was carried out for *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, in natural forests in Atzalan, Veracruz State, and Tlaltlauquitepec and Yaonáhuac, Puebla State, Mexico. The data base was done with 31 dominant or codominant trees, using stem analysis methodology, to obtain 358 height-age observations. Exponential models: poly-anamorphic with continuous change and poly-anamorphic with discrete change; adjusted through non lineal procedures using the SAS system and compared in their polymorphic versions using the algebraic difference method. The Chapman-Richards and Payandeh and Wang and Schumacher models showed a suitable fitting, obtaining pseudo coefficients of determination of 0.98, 0.98, 0.96 respectively. Finally, polymorphic curves were constructed with the two chosen models and three site indexes were established: 20, 25, and 30 m with a base age of 25 years old.

KEY-WORDS: exponential models, polymorphic curves, algebraic difference, site productivity, stem analysis.

INTRODUCCION

México se distingue por su amplia diversidad biológica y la gran cantidad de endemismos entre los cuales podemos citar a *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Su distribución natural se restringe a los estados de Puebla, Veracruz, Guerrero, Chiapas y Oaxaca. Esta especie forma parte del bosque mesófilo de montaña, ecosistema sumamente disminuido en su extensión, composición y estructura debido principalmente al cambio de uso del suelo para actividades agrícolas y ganaderas. Actualmente se

encuentran solo relictos conformados en poblaciones aisladas y en su mayoría árboles solitarios o en pequeños grupos diseminados a lo largo de toda la franja de su distribución natural. Esta condición la ubica como una especie que requiere protección especial (SEDESOL, 1994).

Actualmente es considerada una de las coníferas de más rápido crecimiento en el mundo (Dvorak *et al*, 2000) No obstante, los aspectos de manejo que contribuyan a un

aprovechamiento racional y sostenible durante su ciclo reproductivo, no han sido investigados de manera consistente. Las metodologías para estimar parámetros de productividad en bosques de coníferas han evolucionado de manera considerable. Baste mencionar el caso de los modelos de crecimiento para estimar índices de sitio, los cuales, en un inicio se implementaron mediante formas lineales simples hasta llegar a ecuaciones exponenciales complejas cuya interpretación difícil no deja de ser un impedimento para que su utilización práctica en el ámbito de manejo forestal, en México se generalice. Las técnicas de estimación se han proyectado como herramientas importantes para el manejo adecuado de bosques y el uso de modelos para estimar la productividad de un bosque se ha situado como una acción relevante en el manejo silvícola contemplando un horizonte de planeación a largo plazo.

En años recientes, los índices de sitio se han convertido en el método más popular y práctico para la evaluación de la productividad forestal (Torres, 2001). Consiste en evaluar la altura que lograrían los árboles dominantes o codominantes y sanos a una edad predeterminada, frecuentemente referida como edad base (Payandeh y Wang, 1994). Tal evaluación requiere la adopción de un modelo que represente la relación edad-altura; así como de la creación de una familia de curvas generadas con el mismo modelo (Torres, 2001).

En sus inicios, las curvas de índice de sitio se construyeron utilizando pares de datos edad-altura ordenados en una gráfica sobre la que se trazaba una curva promedio y paulatinamente fueron reemplazados por métodos numéricos incluyendo modelos matemáticos con la finalidad de aumentar la precisión de las estimaciones. La fuente de datos provenía de parcelas temporales de muestreo y en la actualidad se recomienda utilizar parcelas permanentes en las que se pueden realizar remediciones a través del tiempo o bien, provienen de análisis troncales, lo cual representa con mayor fidelidad el patrón de crecimiento de las especies al considerar una serie de medidas edad-altura en todo el fuste del árbol (Arteaga, 1985).

Un conjunto de curvas de índice de sitio es una familia de patrones de desarrollo con calificativos cualitativos como buena, mediana y pobre o números como I, II, III, IV y V, o bien 35, 30, 25, 20 y 15 asociados con las curvas para propósitos de referencia. El método de referencia más común usa la altura alcanzada a alguna edad de referencia especificada. Clutter *et al.*, (1983) reconocen dos tipos de familias de curvas de índice de sitio: anamórficas y polimórficas. Las primeras se caracterizan porque la altura mantiene la misma proporción a diferentes edades, por lo que las curvas aparentan tener la misma forma. Por el contrario, en las curvas polimórficas la proporción que guarda la altura es diferente entre curvas, y por tanto, éstas aparentan diferente forma en cualquiera de sus dos variantes: polimórficas articuladas y no articuladas (Torres, 2001).

Desde que se inició el uso de los índices de sitio se generó polémica entre el uso de curvas anamórficas y polimórficas. A la fecha nadie puede argumentar sobre la superioridad real de alguna de ellas, dado que su uso prácticamente depende de la especie en cuestión (Payandeh, 1977; Hahn y Carmean, 1982; citados por Torres, 2001) detectándose que algunas ventajas de un tipo de curva se convierten en desventajas para el otro tipo y viceversa. Se ha planteado la hipótesis de que la integración de variaciones tanto de forma como en escala de las curvas, podría dar por resultado un tipo de curva que mezcle las ventajas de ambas. Así, se ha señalado que las curvas anamórficas asemejan el comportamiento teórico esperado de curvas de índice de sitio; sin embargo, en años recientes se ha descubierto que varias especies presentan el tipo de curva polimórfico en su relación edad-altura.

Considerando esta nueva variante; Torres (2001) propone la construcción de curvas compuestas; es decir, curvas ana-polimórficas y poli-anamórficas. Tienen parámetros de forma y escala variables, que integran propiedades de ambos tipos: anamórficas y polimórficas con la intención de mejorar las predicciones de altura del rodal en relación a la productividad forestal.

Todo conjunto de curvas de índice de sitio se han derivado usando procedimientos estadísticos de ajuste de curvas utilizando tres métodos de construcción de funciones de índice de sitio (Clutter *et. al*, 1983; Avery y Burkhart; 1983): método de la curva guía, método de la diferencia algebraica y método de la erección de parámetros.

Dado este marco de referencia, en la presente investigación se plantean dos objetivos: Determinar el modelo exponencial polimórfico que presente un mejor ajuste a la tendencia mostrada en el conjunto de observaciones de edad altura de la especie estudiada y estimar el índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el área de distribución natural de Veracruz y Puebla. Lo anterior, bajo la hipótesis de que las formas polimórficas exponenciales para estimar el índice de sitio mediante el método de la diferencia algebraica ajustan de manera aceptable la tendencia general de las observaciones edad-altura de la especie *Pinus chiapensis* y el supuesto de que las localidades en donde se colectaron las muestras para realizar los análisis troncales reúnen condiciones de suelo, clima y relieve representativas del área de estudio considerada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el municipio de Atzalán, Veracruz y en el estado de Puebla se incluyeron los municipios de Tlatlauquitepec y Yaonáhuac. Como primera fase del estudio se realizaron recorridos terrestres en el área de distribución natural de los estados de Veracruz y Puebla. Se ubicaron geográficamente aquellos rodales que presentaron características ideales para realizar el estudio.

Fueron seleccionadas tres localidades con rodales coetáneos y densidad uniforme en los que se ubicaron al menos dos árboles dominantes o codominantes sin evidencia de daños, sin bifurcaciones en el fuste y libres de plagas y enfermedades. Los árboles seleccionados se derribaron y seccionaron a medidas comerciales de 2.55 m de longitud para obtener rodajas de 5 cm de espesor a diferentes alturas según lo especifica la metodología para la realización de análisis troncales propuesta por Mas (1970) y Kiessling (1978). La muestra se integró con 31 árboles de los cuales se obtuvo una base de datos conformada por 358 pares de observaciones de edad-altura.

Los datos provenientes de análisis troncales permiten que las observaciones sean estructuradas de tal manera

que puedan ajustarse modelos exponenciales bajo el método de la diferencia algebraica (Clutter *et al.*, 1983; Avery y Burkhart, 1983), por lo que se implementó esta metodología para lo cual se seleccionaron seis modelos que de acuerdo a la literatura han mostrado ser eficientes para la determinación de índices de sitio en diversas especies de coníferas. Los modelos bajo la forma de ecuaciones en diferencia se muestran en el Cuadro 1.

Los parámetros de los modelos se estimaron utilizando el procedimiento NLIN (regresión no lineal) del Statistical Analysis System (SAS) mediante el método de Gauss-Newton por lo que fue necesario obtener las derivadas parciales de cada uno de los parámetros del modelo.

CUADRO 1. Modelos polimórficos utilizados para la construcción de curvas de índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en los estados de Veracruz y Puebla.

Modelo	Ecuación
Poli-anamórfico con cambio continuo	$\ln(IS) = \left[\frac{E_b}{E} - 1 \right] \left[a + \frac{b}{E^2} (E_b - E) \right] + \ln(h) \left[2 - \frac{E_b}{E} \right]$ $A_2 = \exp \left\{ \left[\frac{E_2}{E_1} - 1 \right] \left[a + \frac{b}{E_1^2} (E_2 - E_1) \right] + \ln(A_1) \left[2 - \frac{E_2}{E_1} \right] \right\}$
Poli-anamórfico con cambio discreto	$\ln(IS) = \left[\frac{E_b}{E} \right] \left[a - \ln(h) + b \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{E_b} \right) \right] + 2 \ln(h) - a + b \left(\frac{1}{E_b} - \frac{1}{E} \right)$ $A_2 = \exp \left\{ \left[\frac{E_2}{E_1} \right] \left[a - \ln(h) + b \left(\frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2} \right) \right] + 2 \ln(A_1) - a + b \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1} \right) \right\}$
Schumacher(1939)	$A_2 = \exp \left\{ a + \left[\ln(A_1) - a \right] \frac{E}{E_b} \right\}$
Payandeh y Wang (1994)	$A_2 = \beta_1 A_1^{\beta_2} (1 - \exp(-\beta_3 E_2))^v$ $v = \frac{\ln \left(\frac{A_1}{\beta_1 A_1^{\beta_2}} \right)}{\ln(1 - \exp(-\beta_3 E_1))}$
Función Weibull	$A_2 = \beta_1 \left[1 - \left(1 - \frac{A_1}{\beta_1} \right) \left(\frac{E_2}{E_1} \right)^{\beta_3} \right]$
Chapman-Richards (1959)	$H_2 = \beta_0 S^{\beta_1} \left[1 - \exp^{-\beta_2 E} \right]^{\beta_3 S^{\beta_4}} \quad H_2 = \beta_1 \left(1 - e^{-\beta_2 E_2} \right) \left[\frac{\ln \left(\frac{H_1}{\beta_1} \right)}{\ln(1 - e^{-\beta_2 E_1})} \right]$

Fuente: Arteaga, 1985; Payandeh y Wang, 1994; Moreno, 1996; Torres, 2001; y Torres y Magaña, 2001.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la base de datos constituida por 31 análisis troncales se presentó menor número de observaciones a partir de la edad de 55 años. La edad máxima registrada en los árboles fue de 115 años; sin embargo, el intervalo de edad de 55 a 115 años no tuvo representatividad muestral suficiente y para evitar puntos de influencia se eliminaron estas observaciones. De esta manera se obtuvieron 358 pares de datos edad-altura, los cuales se encuentran representados en la Figura 1.

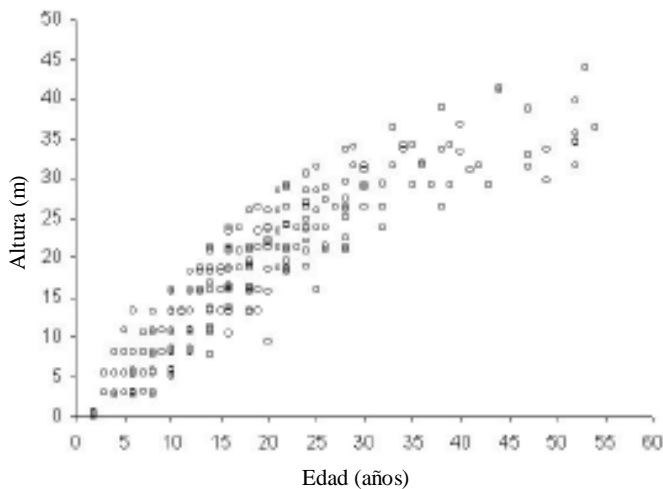


FIGURA 1. Representación gráfica del conjunto de pares de datos de edad-altura de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en su área de distribución natural en los estados de Veracruz y Puebla.

Se obtuvo un concentrado de indicadores resultantes de los análisis de varianza (Cuadro 2) y un conjunto de estimadores de los parámetros con el error estándar, intervalos de confianza y coeficientes de correlación obtenidos para cada modelo (Cuadro 3). El valor de la pseudo r^2 corresponde al cociente entre la suma de cuadrados debida a la regresión y la suma de cuadrados total.

Modelos seleccionados

El valor del estadístico pseudo- r^2 es un criterio que se usa para la selección de entre los modelos probados. Se observa en el Cuadro 2 que los modelos de Payandeh y Wang (1994) muestran eficiencia numérica muy semejante y ligeramente superior al resto de los modelos. Tienen un mayor pseudo r^2 . Ambos modelos tienen una estructura similar y el componente: $A_1^{\beta_2}$, presente en el modelo de Payandeh y Wang (1994) los hace diferentes en su formulación.

El modelo de la Función Weibull ocupan el segundo lugar en cuanto al nivel de ajuste, aún cuando el modelo de Schumacher (1939) sólo tiene un parámetro estimado lo cual es relevante por su alto desempeño numérico.

Finalmente, los modelos compuestos poli-anamórficos con cambio continuo y cambio discreto presentan un pobre desempeño para este conjunto de datos utilizados provenientes de análisis troncales de *Pinus chiapensis*. Una posible causa de este nivel de ajuste bajo de los modelos 1 y 2 es el tamaño de muestra considerado en el presente estudio. Sólo se incluyeron 31 análisis troncales, en tanto que Torres (2001) consideró 127 árboles como muestra al realizar sus curvas polimórficas de índice de sitio para especies que habitan en clima templado frío en el norte del país y obtuvo valores de pseudo- r^2 aceptables para estos modelos compuestos. Otra diferencia sustancial se basa en el hecho de que las condiciones de crecimiento de las especies de pino incluidas por Torres (2001) crecen lentamente y *Pinus chiapensis* es considerada una especie de rápido crecimiento (Dvorak *et al.*, 2000) por lo tanto, la tendencia del conjunto de datos en esta última presenta una forma sigmoide más vertical y alcanza su máximo desarrollo en una edad más temprana. Torres (2001) argumenta que en la medida en que la diferencia de edad es más pequeña, las curvas poli-anamórficas son consistentemente más eficientes. Esto sólo indica que cuando el intervalo de predicción de índices de sitio es pequeño, son más importantes los cambios en la forma que la tendencia general de la curva y viceversa; cuando el intervalo es grande, resulta de mayor importancia la tendencia general de la curva. Este resultado no sólo es lógico, sino que ha sido usado empíricamente en varios trabajos similares.

En el Cuadro 3, los parámetros estimados presentaron correlaciones negativas, esto significa que a medida que uno de estos parámetros aumenta, el otro disminuye y viceversa; excepto la correlación entre y del modelo Payandeh y Wang (1994) la cual resultó positiva. La magnitud de estas correlaciones es alta a excepción del modelo Weibull y el de Payandeh y Wang que su correlación fue positiva. El parámetro de los modelos 4, 5 y 6 presentaron el mayor error estándar

Los modelos de Payandeh y Wang (1994); Schumacher (1939) y Weibull presentaron ajustes aceptables, no obstante, es necesario graficar las curvas que generan sobreponiéndolas en el diagrama de dispersión general y observar que las curvas no se salgan del rango de variación del conjunto de datos.

En el caso del modelo de Chapman-Richards (1959) las curvas siguieron la misma tendencia para este conjunto de datos y prácticamente se sobreponen en cada índice de sitio, tal como se observa en la Figura 2 donde se ilustra la tendencia de ambos modelos a la edad base de 25 años.

Aunque el ajuste de los modelos seleccionados, en general, es satisfactorio, puede observarse (Figura 2) que existen todavía observaciones que no son bien representadas por el modelo estimado.

CUADRO 2. Estadísticos de bondad de ajuste de los modelos probados para construir las curvas de índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

Modelo	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados total	Pseudo r^2	Cuadrado medio de residuales	Suma de cuadrados de los residuales
Poli-anomórfico con cambio continuo	770509	1171529	0.658	201.3	401020
Poli-anomórfico con cambio discreto	766056	1171529	0.654	203.6	405473
Schumacher (1939)	1135993	1171529	0.969	17.830	35535.7
Payandeh y Wang (1994)	1151058	1171529	0.983	10.2815	20470.4
Funcion Weibull	1087858	1124933	0.967	18.906	37074.6
Chapman Richards (1959)	1151058	1171529	0.983	10.276	20471.0

Fuente: Arteaga, 1985; Payandeh y Wang, 1994; Moreno, 1996; Torres, 2001; y Torres y Magaña, 2001.

CUADRO 3. Parámetros estimados y estadísticos de ajuste para los modelos de *Pinus chiapensis* con datos de análisis troncales.

Modelo	Parámetros estimados	Error estándar	Limite de confianza inferior	Limite de confianza superior	Coeficiente de correlación					
					\hat{B}_1	\hat{B}_2	\hat{B}_1	\hat{B}_3	\hat{B}_2	\hat{B}_3
1	\hat{B}_1	3.5594	0.0259	3.5086	3.6102	-0.887				
	\hat{B}_2	-3.8834	0.1021	-4.0837	-3.6831					
2	\hat{B}_1	4.1920	0.0292	4.1348	4.2492	-0.928				
	\hat{B}_2	-23.802	0.3837	-24.555	-23.050					
3	\hat{B}_1	3.7384	0.00627	3.7261	3.7507	1.000				
4	\hat{B}_1	37.0354	0.4856	36.0831	37.9877	-0.834	-0.859			
	\hat{B}_2	-0.0008	0.00362	-0.0079	0.00623				0.581	
	\hat{B}_3	0.0753	0.00163	0.0721	0.0785					
5	\hat{B}_1	31.5129	0.2009	31.1219	31.9099		-0.427			
	\hat{B}_2	1.9092	0.0121	1.8854	1.9329					
6	\hat{B}_1	36.9361	0.2666	36.4133	37.4588	-0.834				
	\hat{B}_2	0.0755	0.00133	0.0729	0.0782					

Nota: Intervalo de confianza al 95 % de probabilidad.

Una alternativa que se sugiere explorar es el uso de un modelo de regresión no lineal de efectos mixtos, ver por ejemplo: Pinheiro y Bates (2000), el cual puede ser de utilidad en el modelaje de este tipo de respuestas, cuando hay variabilidad significativa en las estimaciones correspondientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los modelos polimórficos de Chapman-Richards (1959) y Payandeh y Wang (1994) fueron seleccionados para construir la familia de curvas con las que se puede calificar el índice de sitio para la especie *Pinus chiapensis*

(Martínez) Andresen, en virtud de que presentaron un valor de pseudo coeficiente de determinación (r^2) de 0.98.

2. De los seis modelos polimórficos probados, sólo dos presentaron ajustes aceptables: Schumacher (1939) y la Función Weibull; citado por Bayley y Dell (1973), los cuales obtuvieron pseudo coeficiente de determinación (r^2) superiores a 0.95. Sin embargo, el modelo de Weibull no representó adecuadamente la tendencia del conjunto de datos observados.

3. La amplitud de dispersión de los datos de altura dada por la muestra fue muy estrecha, por lo que sólo se

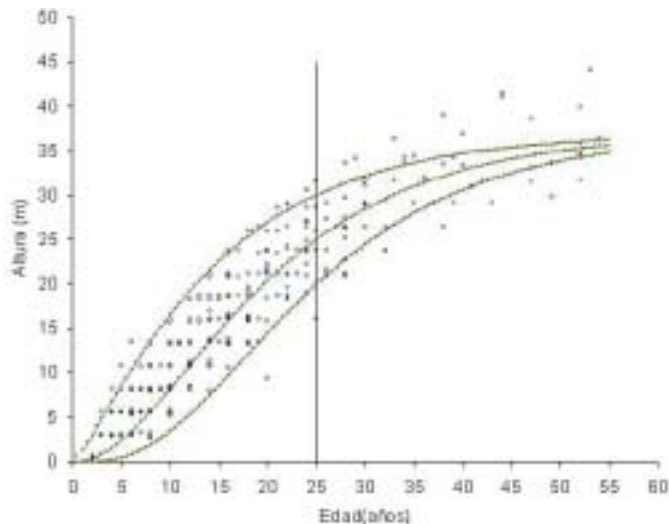


FIGURA 2. Comportamiento de curvas polimórficas de índice de sitio utilizando los modelos de Chapman-Richards (1959) y Payandeh y Wang (1994) a una edad base de 25 años.

fijaron tres índices de sitio: 20, 25 y 30 m a la edad base de 25 años. Se recomienda realizar la validación de esos modelos utilizando una muestra independiente. Es importante que se incluya una mayor variabilidad en la muestra para reducir los errores en las predicciones del modelo, así como probar otros modelos que tengan mejor comportamiento a edades base entre 35 y 50 años.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por los apoyos financieros otorgados para la realización de estos trabajos de investigación, a través del Proyecto "Determinación de los atributos poblacionales y de la productividad de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en su área de distribución natural de Veracruz y Puebla".

LITERATURA CITADA

ARTEAGA M., B. 1985. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl et Cham., en la región Chignahuapan, Zacatlán, Puebla. Tesis de

Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México. 181 p.

EVERY, T. E.; BURKHART, H. E. 1983. Forest Measurements. Tercera edición. McGraw Hill. New York, USA. 331 p.

BAILEY R., L.; DELL, T. R. 1973. Quantifying diameter Distributions with the Weibull function. Forest. Science 19:97-104.

CHAPMAN, D. F. 1961. Statistical Problems in Population Dynamics. pp. 153-168. In Proceedings fourth Berkeley Symposium Mathematical Statistics. Berkeley, California.

CLUTTER J., L.; FORTSON J., C.; PIENNAR L., V.; BRISTER G., H.; BAILEY R., L. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons. New York, USA. 333 p.

DVORAK W., S.; GUTIÉRREZ E., A.; OSORIO L., F.; VAN DER MERWE P., L.; DONAHUE, K. 2000. *Pinus chiapensis*. pp: 34-51 In: Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative. College of Natural Resources. North Carolina State University. Raleigh, NC, USA.

KIESSLING D., F. J. 1978. Análisis troncales, ejecución, aplicación actual y perspectivas..pp.9-54. In: La investigación forestal en las unidades forestales y organismos descentralizados. Pub. Esp. Ins. Nat. Invest. For. 15. México.

MAS P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Bol. Div. Inst. Nat. Invest. For, 23 México. 10 p.

MORENO Ch., J. 1996. Comparación de dos métodos de construcción de curvas de índice de sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl., en la región Hidalgo-Zinapécuaro de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México. 68 p.

PAYANDEH, B.; WANG, Y. 1994. Relative accuracy of a new base-age invariant site index model. Forest Science 40(2):341-348.

PINHEIRO J., C; BATES D., M. 2000. Mixed-Effect Models in S and S-PLUS. Springer. New York, USA. 528 p.

RICHARDS, F. J. 1959. A flexible growth function for Empirical use. Journal of Experimental Botany 10(29): 290-300.

SAS. 1990. SAS/STAT. User's guide, versión 6. 4 ed. SAS Institute. Vol. 2. Cary, NC, USA 846 p.

SCHUMACHER, F. X. 1939. A new growth curve and its application to timber yield studies. J. For. 37: 819-820.

SEDESOL. 1994. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL/94. (Secretaría de Desarrollo Social) Diario Oficial de la Federación. México, D. F.

TORRES R., J. M. 2001. Curvas de índice de sitio de forma y escala variables en investigación forestal. Agrociencia 35:87-98.

TORRES R., J. M.; MAGAÑA TORRES, O. S. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Limusa. México, D. F. 472 p.