

# PROYECCIONES DIAMÉTRICAS DE BOSQUES TEMPLADOS DE DURANGO, MÉXICO

Rolando Orozco Contreras<sup>1</sup>, José Ángel Prieto Ruiz<sup>2</sup>  
y José de Jesús Nívar Cháidez<sup>3</sup>

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue simular las distribuciones diamétricas del arbolado de coníferas nativas del centro de Durango, México, mediante la utilización de modelos de incremento y de estructuras diamétricas de árboles extraídos y de árboles remanentes en el bosque. De las relaciones de marcajeo y del inventario forestal de 1996 se obtuvo información de tres ejidos de la región de El Salto, Durango. Se modelaron las estructuras diamétricas con la función de densidad probabilística Weibull. A los remanentes se les aplicó un modelo de incremento en función del diámetro normal. La simulación sobre la extracción se concentró en dos formas: 1ª) de la estructura diamétrica aprovechada y descrita en la relación de marcajeo y 2ª) la extracción simulada de árboles con diámetros de todas las estructuras diamétricas presentes. Se simularon diferentes intensidades de corta desde 5 hasta 40% de las existencias reales y el modelo converge cuando el volumen permanece constante entre intervenciones. Los resultados indican que de continuar cortándose árboles con las estructuras diamétricas definidas en la relación de marcajeo, la distribución de los remanentes tiende a reducir el número de individuos de mayores dimensiones y a aumentar el número de los de menores dimensiones. Esta tendencia es más notoria con intensidades de corta superiores al 20%. Se recomienda aplicar una intensidad de corta del 20 al 25%, con la extracción proporcional de árboles de todas las estructuras diamétricas, lo que define que el tiempo entre intervenciones sería de 18 a 24 años.

**Palabras clave:** Distribución Weibull, crecimiento diamétrico, estructura diamétrica, intensidad de corta, intervenciones, simulación.

Fecha de recepción: 01 de agosto de 2005

Fecha de aceptación: 29 de febrero de 2008

---

<sup>1</sup> Consultor Forestal Privado. Vicente Guerrero, Durango, México. Correo-e: [rolandooc@hotmail.com.mx](mailto:rolandooc@hotmail.com.mx).

<sup>2</sup> Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP.

<sup>3</sup> Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Durango.

## ABSTRACT

The purpose of this research study was to simulate diameter structures of native coniferous forests of Central Durango, Mexico with the application of diameter growth models, the diameter structures of standing remnant and harvested trees. From harvesting records and forest inventory we extracted and modeled diameter structures of standing remnant and harvested trees of three ejidos of the El Salto Region of Durango, Mexico. Diameter structures were modeled by the Weibull probability density function. A growth model predicted diameter increment of remaining trees. We simulated two different ways of harvesting trees: a) by simulating what it has been done in the harvesting records and b) by simulating harvesting according and proportional to the present diameter structures of standing trees. Eight different harvesting intensities were simulated, from 5 to 40% of the volume per ha and the simulation was stopped when standing volume remains constant between harvesting operations. The results of these simulations indicate that continued harvesting simulating the previous records would reduce the diameter structure variation on the right hand side and displace the mode to the right hand side of the diameter distribution. This pattern is noted primarily when harvesting is greater than 20% of the standing volume. When harvesting is conducted proportionally to the current diameter structures, longer time, up to 10 years, is required to attain the diameter structures in contrast to when it is harvested according to previous records. Therefore, the recommendation is to harvest trees with an intensity between 20 to 25% proportionally to the present diameter structures and the lag time between harvesting operations should last between 18 to 24 years.

**Key words:** Weibull distribution, diameter growth, diametric structure, cutting intensity, harvesting operations, simulation.

## INTRODUCCIÓN

Existe la percepción de que las estructuras de los bosques nativos están siendo modificadas substancialmente por la extracción preferencial de trocería de largas dimensiones. Es posible que esto sea parcialmente cierto en algunas regiones donde la empresa juega un papel importante en la selección del arbolado para satisfacer sus necesidades industriales. Sin embargo, no se debe soslayar que esta práctica contribuye con el 3%, aproximadamente, del PIB del mundo y que algunos países o regiones obtienen mayores ingresos de la actividad forestal que el promedio en general del resto de los sectores de la economía, que proviene, en su mayor parte, del manejo de los bosques nativos (FAO, 2007).

Para entender el impacto que juega la extracción selectiva del arbolado sobre la estructura de las comunidades forestales hacen falta modelos simples pero flexibles. Estas tecnologías que sirven para proyectar variables dasométricas

de los bosques son necesarias en el contexto de la sustentabilidad de los ecosistemas forestales y la potencial modificación estructural de los bosques por las intervenciones antropogénicas. Los modelos de incremento y rendimiento son una continuación de las tablas de producción (Vanclay, 1994; 1995) y existen bastantes técnicas disponibles para modelar el crecimiento en volumen, área basal, densidad, etc. La clasificación de los modelos se hace desde la perspectiva del parámetro a modelar en escalas espaciales, con árboles individuales, grupos de árboles, hasta rodales completos (Clutter *et al.*, 1983; Vanclay, 1994; Peng, 2000).

Los modelos a nivel de rodal requieren de parámetros como área basal, densidad, volumen o incrementos en volumen, área basal, así como cualquier otro parámetro con dimensiones por unidad de superficie. Estos modelos se han probado exitosamente en bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del norte de México (Aguirre-Bravo, 1987; Návar *et al.*, 1996; Zepeda-Bautista y Domínguez-Pereda, 1998). Los modelos al nivel del grupo de árboles o de los árboles individuales generalmente proporcionan información del grupo o de cada árbol dentro de un rodal (Shugart, 1984; Wykoff, 1986; Vanclay, 1994). Esta última clase de modelos son flexibles y proporcionan información de fácil interpretación para la sustentabilidad.

En este contexto, los objetivos de esta investigación fueron: a) determinar y modelar las estructuras diamétricas de árboles remanentes en pie, b) proyectar las distribuciones diamétricas en tiempo, con simulaciones en b.1) la intensidad de corta, b.2) las restricciones en las dimensiones diamétricas de los árboles a extraer en bosques nativos del centro de Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.- Esta investigación se desarrolló en tres ejidos forestales manejados por la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 6, UCODEFO No. 6, de la Sierra Madre Occidental de Durango, México (Figura 1), que fueron: a) La Ciudad, b) La Victoria y c) Pueblo Nuevo, cuya representación en el abastecimiento de la trocería para la derivación de los diferentes productos forestales es la de mayor envergadura en la región de estudio (con un volumen autorizado de 178,435 m<sup>3</sup> rta del género *Pinus* y 91,381 del género *Quercus*) (Plan de Manejo Forestal, 1996-2005).

Los ejidos estudiados se localizan en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, en la región sur occidental del estado; ocupan áreas forestales importantes de la Sierra Madre Occidental, sobre todo en la porción central del mismo. Las coordenadas donde se ubica son 105°36'19"W y 105°51'48"W y 24°19'05"N y 24°30'16"N, con altitudes que varían de los 2000 a los 2900 msnm.

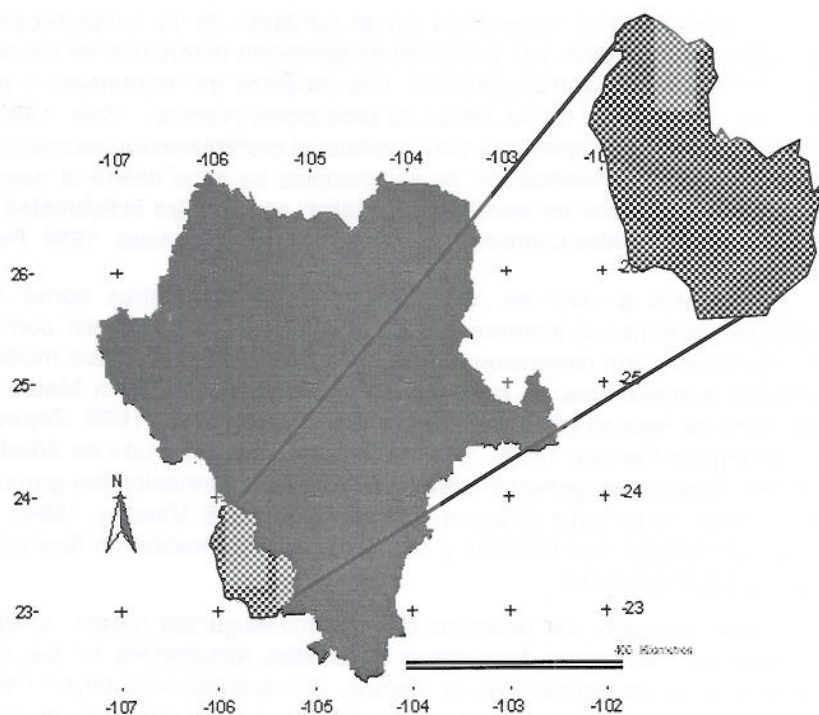


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México

La superficie total del estado de Durango rebasa los 12 millones de ha, de las cuales cerca de 55% está representada por bosques. Los bosques de coníferas ocupan 1,589,306 ha, los de coníferas y latifoliadas 2,115,140 ha y los de latifoliadas 1,284,955 ha; 41% de la superficie es comunal, 35% es de propiedad ejidal y el restante 24% es particular (SEMARNAT, 2000).

La producción forestal de la entidad en el período comprendido de 1980 a 1990 y de 1991 al 2000 se mantuvo por el orden promedio de 2 Mm<sup>3</sup> rta, siendo los años 1987 a 1989 donde se registraron los mayores volúmenes de producción (2.743 Mm<sup>3</sup> rta). El balance total de la capacidad instalada y la capacidad utilizada de la industria forestal de Durango en el año 2000 era de 4,396,620 m<sup>3</sup> y 3,236,242 m<sup>3</sup>, respectivamente. Existe un total de 442 empresas forestales, con 193 aserraderos, 11 fábricas de chapas y triplay, dos fábricas de tableros, 230 fábricas de cajas, cuatro empresas de impregnación y dos fábricas de celulosa;

lo que le permite a Durango ser el estado con mayor producción forestal nacional con 30.70%, así como un valor de la producción forestal maderable total en miles de pesos del orden de \$ 1,502,192.00 (AIFDAC, 2000).

El área donde se ubican las principales comunidades forestales se caracteriza por un clima frío templado, con precipitación y temperatura promedio anual entre 900 y 1200 mm y de 10 a 15°C, respectivamente. Los principales tipos de vegetación son los bosques templados mixtos, con bosques de encino en las partes bajas (< 2300 msnm), con bosques de pino-encino en las estribaciones medias y finalmente con los bosques de pino por arriba de los 2600 msnm. Los suelos donde se desarrollan las comunidades forestales varían desde los típicos Litosoles pasando por los Regosoles y hasta algunas Rendzinas, con altos contenidos de materia orgánica (Gobierno del Estado de Durango, 2005).

Trabajo de gabinete.- Se obtuvieron las relaciones de marqueo del arbolado de los años 2002 y 2003 que corresponden a las anualidades 6a y 7a del plan de manejo forestal vigente de los ejidos Pueblo Nuevo, La Victoria y La Ciudad. En conjunto, estos ejidos aportan 270,000 m<sup>3</sup> por año de trocería, que equivale a más del 10% de la extracción anual del estado de Durango. Los datos del inventario forestal para diez ejidos de la región de El Salto estuvieron disponibles para el modelaje de la distribución diamétrica de los árboles en pie. Los datos utilizados del inventario fueron levantados durante 1996 y los de marqueo de las anualidades corresponden al plan de corta vigente con este inventario. Con los datos de los diámetros del inventario y de las relaciones de marqueo del arbolado se ajustó la distribución probabilística Weibull por el método de momentos, descrito por Návar-Cháidez y Contreras-Aviña (2000). La función de densidad y la función de distribución del modelo probabilístico Weibull están dadas por las ecuaciones 1 y 2, respectivamente (Vanclay, 1994), como sigue:

$$p_x(X) = \left( \frac{\alpha}{\beta} \right) \left( \frac{X - \varepsilon}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left( \frac{X - \varepsilon}{\beta} \right)^\alpha} \quad [1]$$

$$P_x(x \leq X) = 1 - e^{-\left( \frac{X - \varepsilon}{\beta} \right)^\alpha} \quad [2]$$

Donde:

$p_x(x)$ ,  $P_x(x \leq X)$  = probabilidad de la variable aleatoria diámetro,

$\alpha$  = parámetro forma de la distribución Weibull

$\beta$  = parámetro escala de la distribución Weibull

$\varepsilon$  = parámetro posición de la distribución Weibull

$x$  = variable aleatoria diámetro

Los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\varepsilon$  se estimaron iterativamente por el procedimiento de momentos convencionales descritos por Hahn and Shapiro (1967) y reportados por Nívar-Cháidez y Contreras-Aviña (2000), mediante los cuales el parámetro de forma se relaciona con el parámetro de sesgo en la ecuación 3:

$$\gamma = \frac{\Gamma(1+3/\alpha) - 3\Gamma(+2/\alpha)\Gamma(+1/\alpha) + 2\Gamma^3(1+1/\alpha)}{[\Gamma(+2/\alpha) - \Gamma^2(1+1/\alpha)]^{3/2}} \quad [3]$$

El parámetro de forma se ajusta iterativamente por la solución de la ecuación 3 para posteriormente resolver por los parámetros de escala y posición, como sigue:

$$\beta = \left[ \frac{\sigma^2}{\Gamma(1+2/\alpha) - \Gamma^2(1+1/\alpha)} \right]^{1/2} \quad [4]$$

$$\varepsilon = \mu - \beta\Gamma(1+1/\alpha) \quad [5]$$

Donde:

$\mu$  = promedio de la variable aleatoria

$\sigma$  = desviación estándar de la variable aleatoria

$\Gamma(x)$  = función gamma.

Las distribuciones probabilísticas del inventario y de la relación de marcate se presentan en la Figura 2.

Los parámetros de forma, escala y posición tuvieron valores diferentes para ambos casos  $\alpha = 1.6$ ,  $\beta = 26.3$  y  $\varepsilon = 12.1$  para los datos del inventario y  $\alpha = 4.72$ ,  $\beta = 37.49$  y  $\varepsilon = -11.06$  para los datos de la relación de marcateo del arbolado. Es notoria la distribución sesgada del inventario y la distribución casi normal del marcateo de árboles, como se describe en la Figura 2 ó con el parámetro de forma de las distribuciones.

El modelo de crecimiento en diámetro de Chapman - Richards que fue derivado de análisis troncales por Corral y Nívar (2005) para la especie *P. durangensis* se presenta en la Figura 3. El modelo fue ajustado para predecir el crecimiento en diámetro con corteza para cumplir con este parámetro a través de la ecuación del cálculo de la corteza reportado por Contreras y Nívar Cháidez (2002):

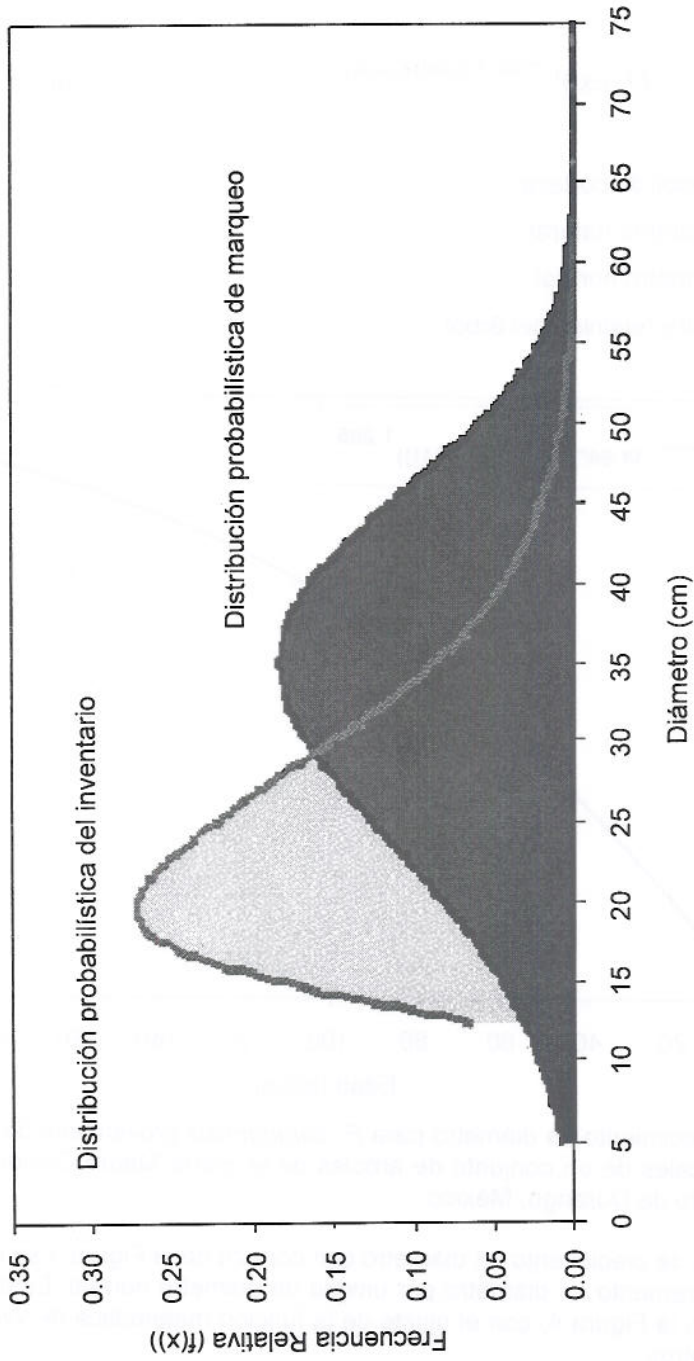


Figura 2. Las distribuciones probabilísticas diamétricas modeladas por la función Weibull para datos provenientes del inventario y de las relaciones de marcado de árboles.

$$GC = D \cdot \exp^{(-3.58632 - 0.64518 \cdot \ln(hi))} \quad [6]$$

Donde:

GC = grosor de corteza,

Ln = logaritmo natural

D = diámetro normal

hi = altura relativa i del árbol.

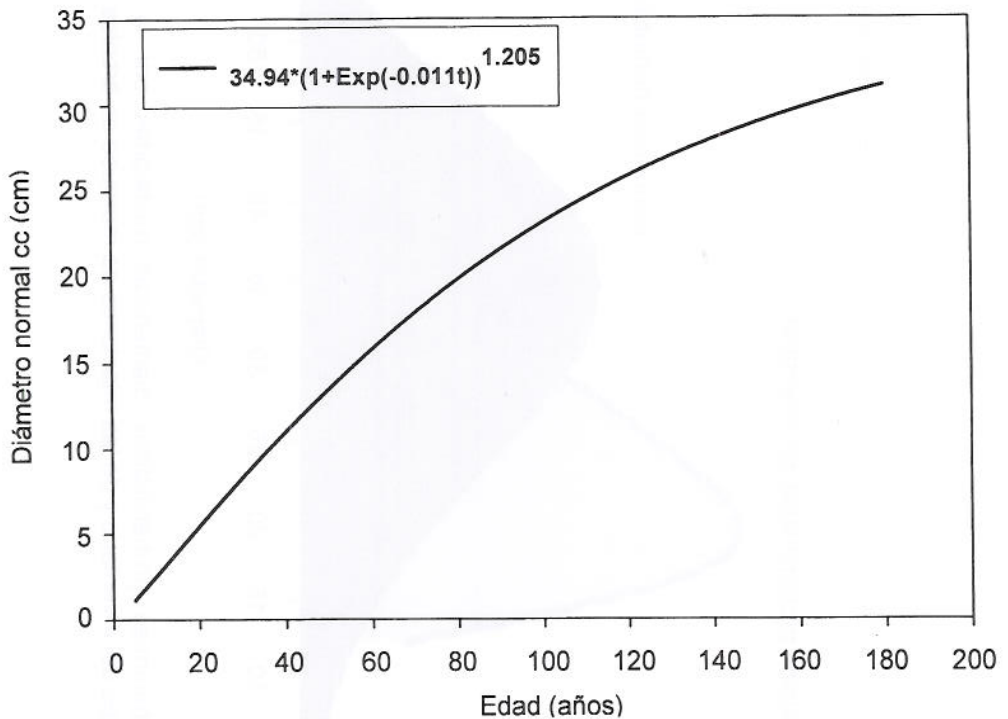


Figura 3. El crecimiento en diámetro para *P. durangensis* proveniente de análisis troncales de un conjunto de árboles de la Sierra Madre Occidental del centro de Durango, México.

De los datos de crecimiento en diámetro con corteza de la Figura 3 se derivó el modelo de incremento en diámetro por unidad de diámetro normal. Este modelo se presenta en la Figura 4, con el ajuste de la función matemática de Weibull de cuatro parámetros.



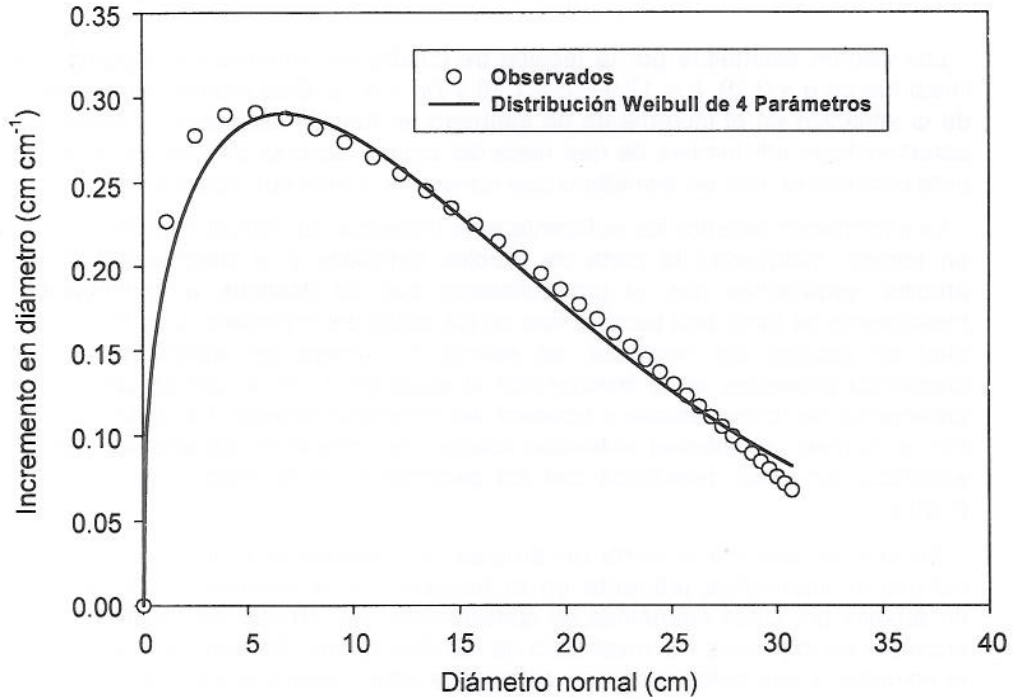


Figura 4. El modelo de incremento en diámetro en función del diámetro observado para *P. durangensis* de la Sierra Madre Occidental del centro de Durango, México.

La función Weibull de cuatro parámetros se describe a continuación en el modelo 7:

$$\frac{\partial D}{\partial t}(D) = a \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1-c}{c}} \left| \frac{D-D_0}{b} + \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}} \right|^{c-1} \cdot \exp \left| \frac{D-D_0}{b} + \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}} \right|^c + \frac{c-1}{c} \quad [7]$$

Donde:

$\partial D$  = Incremento en diámetro en función del tiempo

$\partial t, D$  = diámetro normal

$a$  = parámetro del modelo

$b$  = parámetro del modelo

$c$  = parámetro del modelo

$D_0$  = parámetro del modelo

Los valores estimados por la técnica de cuadrados mínimos en regresión no lineal fueron  $a = 0.29$ ,  $b = 17.97$ ,  $c = 1.36$  y  $D_0 = 6.72$ . Este modelo explica 98% de la variación en el incremento en diámetro en función del mismo y posee las características adicionales de que nace del origen, alcanza un máximo y decae para alcanzar un tipo de asíntota o casi constante al final del crecimiento.

La información anterior fue suficiente para proyectar las estructuras diamétricas en tiempo, incluyendo la corta de árboles extraídos y el crecimiento de los árboles remanentes con el procedimiento que se describe a continuación. Inicialmente se tomó una parcela tipo de los datos del inventario. Con el número total de árboles por hectárea, se estima el número de árboles por clase diamétrica presentes en el bosque con la ecuación 1, en la que se utilizan los parámetros de forma, escala y posición del inventario forestal. De igual manera, con el número de árboles extraídos totales, se obtiene el número de árboles extraídos por clase diamétrica con los parámetros de la relación de marqueo (Figura 2).

Se simula también la corta de árboles con diámetros proporcionales a la estructura diamétrica presente en el bosque. En la estimación del número de árboles por clase diamétrica se consideraron 570 árboles por hectárea, que proviene de los datos del inventario de los diez ejidos. Se estima la altura por el diámetro y con estos datos se estiman la altura total y el volumen del fuste con las ecuaciones siguientes:

$$H = -7.77 + 10.28 \cdot \ln(D) \quad [8]$$

$$V = -0.075 + 0.3436 \cdot D + 0.3669 \cdot D^2 H + 2.4563 \cdot D^2 - 0.00032 \cdot DH^2 \quad [9]$$

Donde:

$H$  = altura total,

$D$  = diámetro normal,

$V$  = volumen

Los números representan los coeficientes de los parámetros estadísticos.

La información del número de árboles por hectárea, el número de árboles por categoría diamétrica, la relación diámetro-altura y la ecuación de volumen se utiliza para estimar las existencias reales por hectárea (ERTHa), que es inicialmente de  $455 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Se aplicó una intensidad de corta variante de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40% de las ERTHa. Se proyectó el crecimiento en diámetro de los árboles remanentes hasta alcanzar las ERTHa y se obtiene el número de años hasta alcanzar este volumen similar al volumen inicial. Una vez que el modelo converge en el volumen original, se obtienen las distribuciones diamétricas de los

árboles remanentes después de haber crecido durante el periodo de descanso. El modelo no incluye el reclutamiento de árboles durante la corrida, porque no existe información disponible para incluir esta variable. El modelo resulta, entonces, parcialmente sesgado en el tiempo que tarda en recuperar su volumen, pero no tanto en las distribuciones diamétricas después de que las existencias convergen, porque el reclutamiento hace que la distribución se sesgue todavía más hacia la izquierda de las clases diamétricas.

Estas simulaciones aportan información útil en bosques en los que el reclutamiento es bajo o nulo, o en rodales donde este es importante; el mensaje central es sobre la discusión de las estructuras diamétricas. A pesar de estos inconvenientes se prosiguió con la simulación para observar como centro, las estructuras de los árboles de mayores dimensiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de árboles derribados por hectárea para completar la intensidad de corta y en función de esta misma variable se ilustra en la Figura 5.

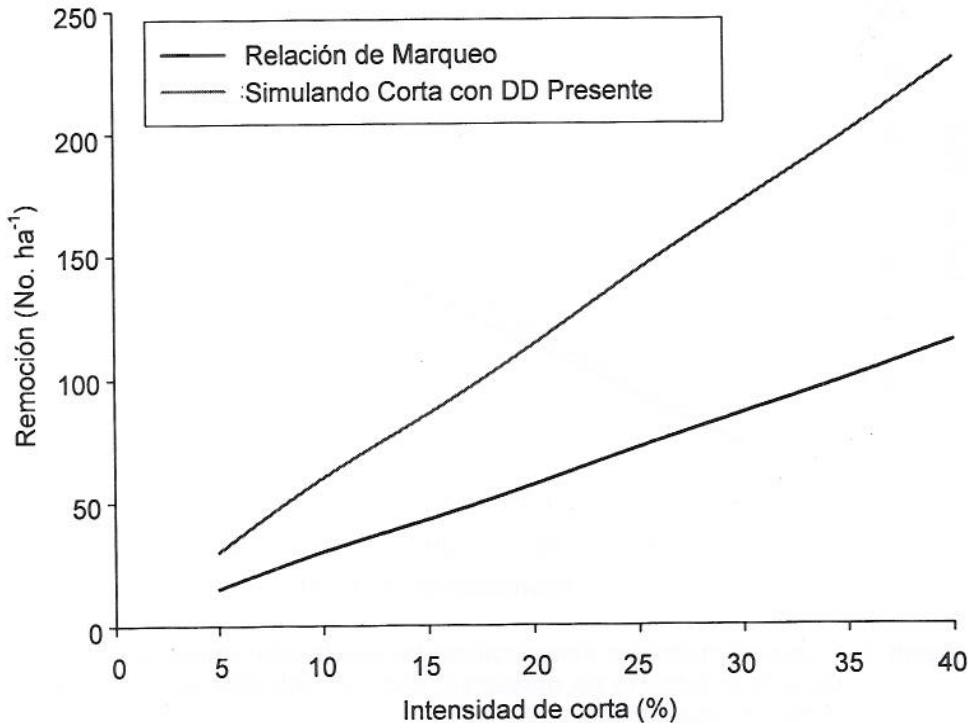


Figura 5. Remoción de árboles por hectárea en función de la intensidad de corta proporciona las existencias reales totales por hectárea.

El número de árboles removidos crece a una tasa de 2.86 individuos por punto porcentual de remoción de la intensidad de corta cuando se aplica una corta similar a la relación de marqueo del arbolado extraído. Esta tendencia se duplica cuando se eliminan árboles de forma proporcional a la estructura diamétrica presente, lo cual sucede porque en la relación de marqueo se retira a los árboles más gruesos y, en consecuencia, se requiere un menor número de árboles para completar la intensidad de corta señalada. La tasa de árboles removidos es similar en este caso a la tasa de remoción en volumen. Cuando se extraen árboles respecto a los registros de marqueo, la tasa del número de árboles extraídos es la mitad de la tasa de remoción en volumen.

El tiempo necesario para alcanzar las ERTHa iniciales una vez aplicada la intervención, se ilustra en la Figura 6.

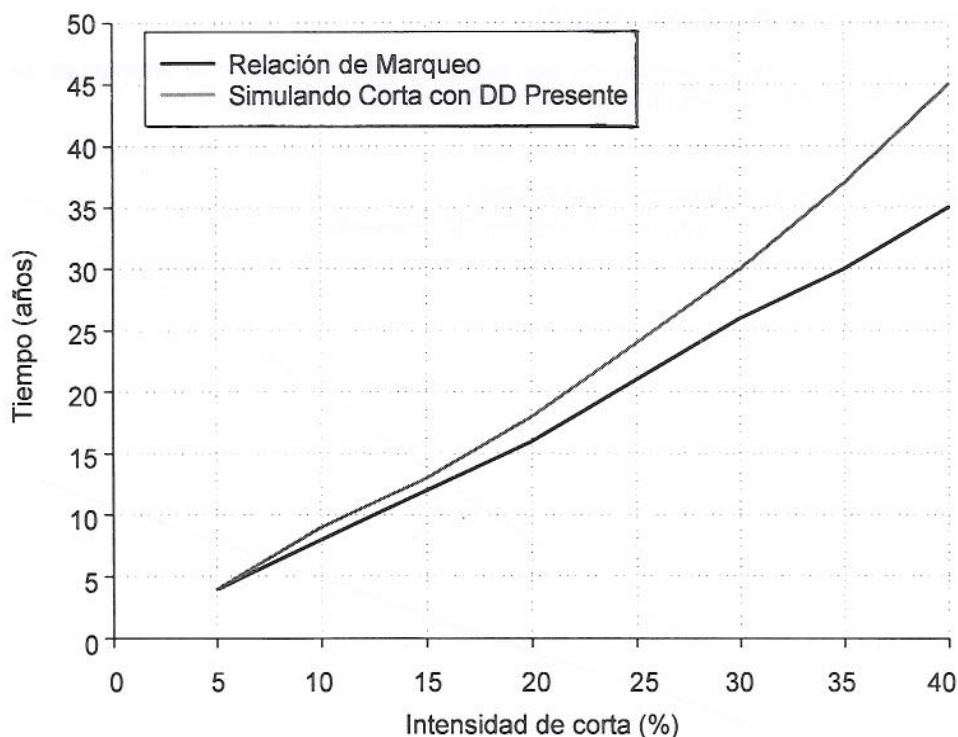


Figura 6. El tiempo necesario para alcanzar las existencias reales por hectárea durante el periodo de descanso, una vez aplicada la intensidad de corta correspondiente.

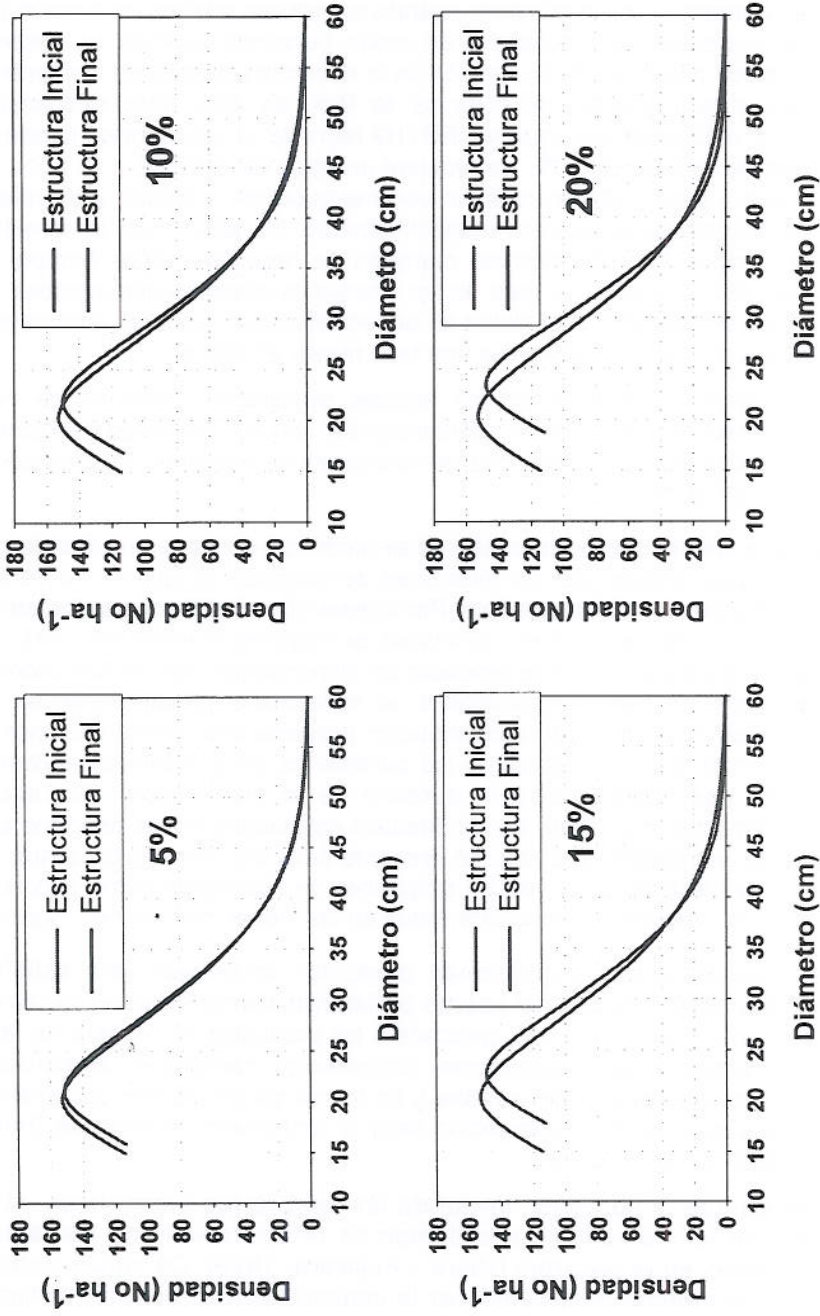
El tiempo aumenta casi linealmente cuando se extraen árboles en función de la relación de marcajeo del arbolado y de modo curvilíneo cuando se cosechan árboles de modo proporcional en función de la estructura diamétrica presente. Se observa que si la intensidad de corta es de 40%, se debe dejar descansar al bosque de 35 a 45 años para que las ERTHa regresen a sus valores iniciales. Si la intensidad de corta es de 20%, se requiere un lapso de entre 16 y 18 años para lograr lo mismo, para corta en relación con marcajeo del arbolado y en relación con clases diamétricas presentes, respectivamente. Es decir, cuando se extraen árboles en función a la relación de marcajeo se requiere menos tiempo para alcanzar las ERTHa porque se trata de los árboles de mayores dimensiones, que crecen menos en diámetro y se dejan en pie aquellos con menores dimensiones, los cuales crecen diamétricamente a una tasa mayor en tiempo.

Las estructuras diamétricas de los árboles remanentes después de haber dejado descansar el bosque entre intervenciones, con las diferentes intensidades de corta para cuando se extraen con las relaciones de marcajeo del arbolado, se muestran en la Figura 6.

Es claro que las estructuras diamétricas se modifican con la intensidad de corta cuando se extraen árboles por las relaciones de marcajeo, lo que no ocurre si se sigue la distribución diamétrica presente. Por lo general, a medida que se incrementa la intensidad de corta, desaparecen los árboles de mayores dimensiones (>40 cm). Se verifica una densidad mayor de arbolado con dimensiones diamétricas promedio o modales y en una mayor proporción si se incluyera el reclutamiento en este modelaje. Es decir, en general, la distribución proyecta una menor variación (un menor valor en el factor de escala de los parámetros de la distribución Weibull), con la moda desplazada hacia la derecha de la distribución. En caso de existir reclutamiento importante en los bosques estudiados en los períodos entre intervenciones, es posible que éste se presente para dar una mayor altura a la moda de la distribución y tal vez en ocasiones se manifieste como una nueva onda de árboles creciendo, dando otra moda en las clases diamétricas menores.

Los árboles extraídos proporcionan productos forestales para satisfacer las demandas de la industria del aserrío preferencialmente, pero se da también certidumbre en el corto plazo a la dedicada a los productos de madera de largas dimensiones (postes, triplay y estructuras). Sin embargo, cambios en las estructuras diamétricas por intervención del hombre y en forma natural se han documentado en numerosos reportes de investigación para un sinnúmero de bosques (Hiura y Fujiwara, 1999; Ishi *et al.*, 2004).

Se observa que la condición inicial de las estructuras diamétricas, el tipo y magnitud de la intervención y el tiempo de recuperación son los factores más importantes en el disturbio (Hiura y Fujiwara, 1999). De seguir cortando árboles selectivamente para satisfacer la industria actual, podrían verificarse



Continúa Figura 6...

Figura 6 continuación...

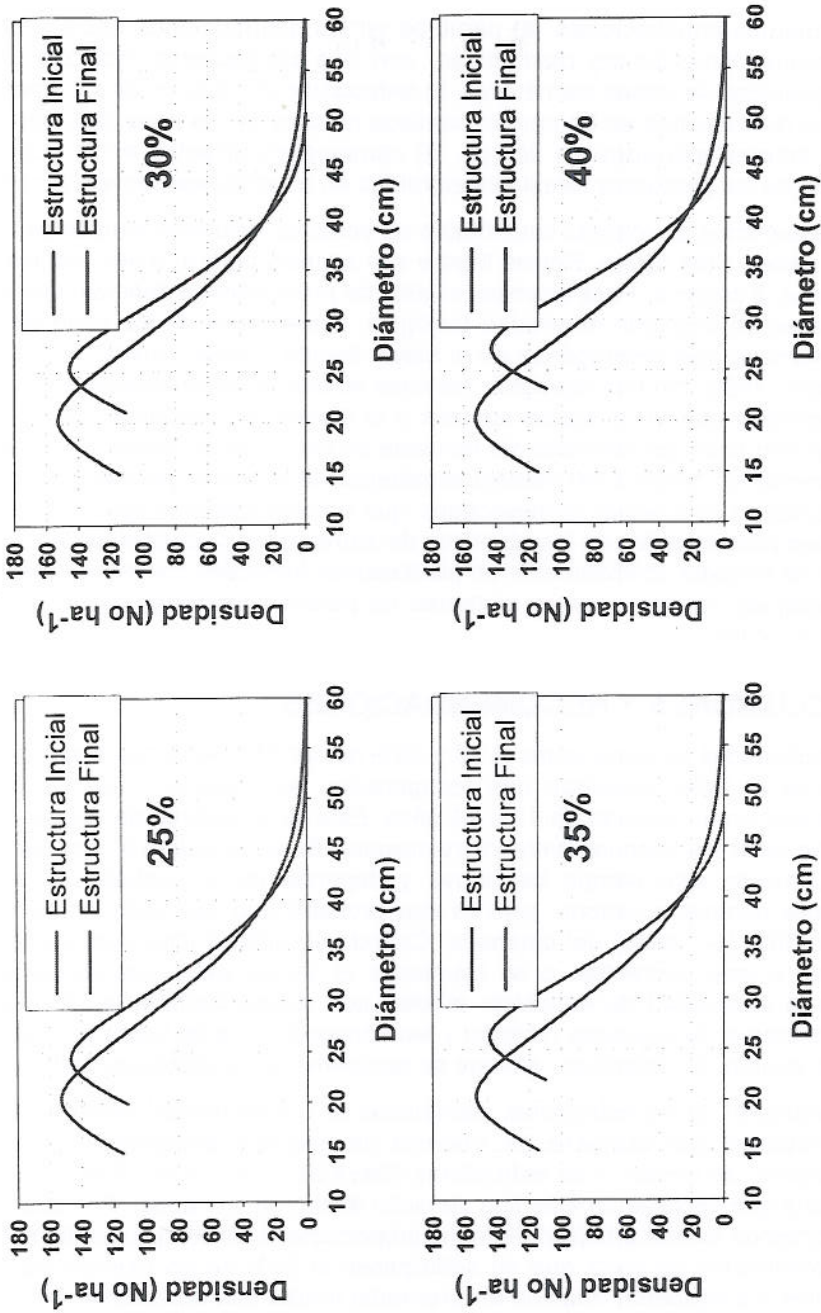


Figura 6. Estructuras diamétricas después de alcanzar las ERTHa originales cuando se cortan árboles con las relaciones de marcado del arbolado extraído.

las siguientes implicaciones: a) cambios en las distribuciones hacia arbolado de menores dimensiones diamétricas, con una consecuente reducción en la heterogeneidad de clases diamétricas, b) reducción o eliminación de los árboles de mayores dimensiones en tiempo, c) cambios notorios en los productos derivados de los árboles extraídos en tiempo, d) cambios importantes en la economía derivada de los productos forestales extraídos en condiciones convencionales.

Los escenarios de manejo sustentable de bosques naturales templados mixtos de las partes altas de las Sierras Madre son simples pero a la vez complejos al llevarlos a la práctica. Para alcanzar niveles de productividad óptimos, que sirvan como base de una gran diversidad biológica, la estructura de los bosques debe conservarse lo más heterogénea en el mayor tiempo posible (Huston, 1994; Hiura y Fujiwara, 1999). Se han reportado mayores niveles de productividad en bosques heterogéneos que en bosques simples y la diversidad biológica que soportan es mayor en bosques naturales del noroeste de los Estados Unidos y parecen ser actualmente los diseños del manejo estratégico de bosques naturales a mediano y largo plazo. Los bosques domesticados, que simulan sistemas agrícolas simples, son útiles para cumplir con los objetivos de aumentar la productividad en el corto plazo y se emplean exitosamente en plantaciones forestales convencionales, pero para bosques naturales, estos sistemas no parecen funcionar adecuadamente (Ishi *et al.*, 2004).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las intensidades de corta entre el 20 y 25% de las ERTHa de los bosques de la región de El Salto muestran una recuperación del volumen y las estructuras diamétricas en un período de 17 a 24 años. Este es el período de descanso que deberían tener los bosques entre intervenciones. Si se considera el reclutamiento, eventualmente este tiempo disminuye y depende de la cantidad de árboles reclutados durante el período, pero es muy probable que este lapso no disminuya más de 30% (5-7 años) del estimado. Cuando se aplican intensidades de corta mayores a este porcentaje o se disminuye el tiempo entre intervenciones, se reduce la posibilidad de encontrar árboles con clases diamétricas de mayores dimensiones en la siguiente rotación y así consecutivamente hasta posiblemente dejar el bosque en descanso, aunque se recuperen sus existencias reales.

La reducción de las estructuras diamétricas en subsecuentes rotaciones afecta a la industria que requiere de trocería de grandes dimensiones como es la triplayera, de postes y de estructuras (Dávalos *et al.*, 1976). También afecta a la fauna que necesita de este tipo de nicho dentro de su hábitat. Por esta razón, se recomienda extraer arbolado de forma proporcional a las estructuras diamétricas, con intensidades de corta que no sobrepasen el 25% de las existencias reales presentes. La siguiente rotación en promedio tendrá una duración entre 20 y 25



años para recuperar la condición original en volumen y en estructura. Esta condición da certidumbre en el mediano plazo a la industria del aserrío, triplay, postes y estructuras, aunque estas últimas tenderán a reducir el número o la producción total.

Es claro, sin embargo, que las proyecciones diamétricas son sensibles a los parámetros del modelo de crecimiento en diámetro, a la intensidad de corta y a las existencias reales existentes. Trabajos adicionales donde se investigue la variación en estos valores son fundamentales para el entendimiento de la dinámica de crecimiento y los efectos de las intervenciones humanas a partir de la extracción.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al financiamiento otorgado por el Fondo CONACYT-CONAFOR, fue posible realizar el proyecto de investigación No. C01 6030, que dio origen al presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Asociación de Industriales Forestales de Durango A. C. (AIFDAC). 2004. Durango, sus bosques y su industria en cifras. Durango, México. pp. 2-28.
- Aguirre-Bravo, C. 1987. Stand average and diameter distribution growth and yield models for natural even-aged stands of *Pinus cooperii*. Ph.D. Dissertation. Colorado State University. Fort Collins, CO, USA. 134 p.
- Clutter, J. L., J. C. Forston, L. Pienaar, G. H. Brister and R. L. Bailey. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons, Co. New York, NY. USA. 333 p.
- Contreras A., J. C. y J. de J. Nívar Cháidez. 2002. Ecuaciones aditivas para estimar componentes de volumen para *Pinus teocote* Schl. de Durango, México. Ciencia Forestal en México. Vol. 27 (91): 67-82.
- Corral R., S. y J. J. Nívar Ch. 2005. Análisis del crecimiento e incremento de cinco pináceas de los bosques de Durango, México. Madera y Bosques 11(1): 29-47.
- Dávalos, S. R., F. F. Wangaard y R. Echenique-Manrique. 1976. La madera y su uso en la construcción. Clasificación de la madera de pinos mexicanos. INIREB. No 2. Jalapa, Ver., México. 26 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Situación de los bosques del mundo. ONU. Roma, Italia. 6 p.
- Gobierno del Estado de Durango. 2005. Nuestro estado. Municipios. Medio físico. <http://www.durango.gob.mx>.
- Hahn, G. J. and S. S. Shapiro. 1967. Statistical models in engineering. John Wiley and Sons, Co. New York, NY. USA. 418 p.

- Hiura, T. and K. Fujiwara. 1999. Density-dependence and co-existence of conifer and broad-leaved trees in a Japanese northern mixed forest. *Journal of Vegetation Science* 10: 843-850.
- Huston, M. 1994. *Biological diversity: the coexistence of species in changing landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 708 p.
- Ishii, H. T., S. Tanabe and T. Hiura. 2004. Exploring the relationship among canopy structure, stand productivity and biodiversity of temperate forest ecosystems. *Forest Science* 50: 342-355.
- Návar, J., J. Jiménez, P. A. Domínguez, O. Aguirre, M. Galván y A. Páez. 1996. Predicción del crecimiento de masas forestales mixtas e irregulares en base a las distribuciones diamétricas en el sureste de Sinaloa, México. *Investigación Agraria: Sistemas Forestales* 5: 213-229.
- Návar-Cháidez, J. y J. Contreras-Aviña. 2000. Ajuste de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino de Durango, México. *Agrociencia* 34 (3): 353-362.
- Peng, C. 2000. Growth and yield models for uneven-aged stands: past, present and future. *Forest Ecology and Management*, 132: 259-279.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Diagnóstico de la Actividad Forestal de Durango, y sus Perspectivas. 2000. Durango, Dgo. México. pp 4-10.
- Shugart, H. H. 1984. *A theory of forest dynamics*. Springer Verlag Co. New York, NY. USA. 278 p.
- Vanclay, J. K. 1994. *Modelling forest growth and yield; applications to mixed tropical forest*. CAB International. Wallingford, Oxon. UK. 312 p.
- Vanclay, J. K. 1995. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forest*. CAB International. Wallingford, Oxon. UK. 312 p.
- Wenger, K. F. 1984. *Forestry handbook*. 2nd edition. John Wiley & Sons, Co. New York, NY. USA. 1335 p.
- Wykoff, W. R. 1986. Supplement to the user's guide for the stand prognosis model-Version 5.0. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. INT-208. 36 p.
- Zepeda Bautista, M. E. y A. Domínguez-Pereda. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engl. de El Poleo, Chihuahua. *Madera y Bosques* 4: 27-39.