

## **Parámetros de la productividad forestal en la producción de madera en rollo**

LOERA-MARTÍNEZ, Jesús y SEPULVEDA-JIMÉNEZ, Daniel

J. Loera y D. Sepúlveda

Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, México. C.P. 56230.  
jloeramtz2004@yahoo.com.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez (eds.). Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2015.

## Abstract

The forestry in Mexico shows a growing problem of shortage of forest products for a market with growing demand, due to a combination of factors such as population growth and low productivity in this activity. To boost the supply of these goods, without plundering resources, it is necessary for the management of forests and ensure rapid increase growth of trees to meet the growing demand, increase productivity and profitability of the activity. In this paper, some parameters of relevance are presented to analyze forest productivity in Mexico, considering the simple production of roundwood, assuming that even under this approach is quite what producers can and should do to improve productivity parameters on their properties. For example, while in the forests of the country's timber increases from 1 to 3 m<sup>3</sup> are recorded per ha per year, though there are still many properties where this parameter is less than 0.5 m<sup>3</sup> / ha / year in the case of State Tlaxcala (ARPFET, 2014) - in contrast to commercial plantations can produce up to 60 m<sup>3</sup> per hectare per year (FIRA, 1999).

## 14 Introducción

En México, y en todo el mundo, en los últimos años ha aumentado el interés por analizar el aprovechamiento de los recursos naturales considerando los procesos de interacción entre la naturaleza y la economía, motivado en gran medida por la creciente preocupación social ante la explotación de que han sido objeto, pese a que vivimos en un mundo de recursos finitos y escasos. En estudios recientes, se menciona acertadamente que el proceso de desarrollo económico y social de un país no debe implicar la destrucción de sus recursos naturales, aparentemente abundantes, y en particular de los forestales.

Actualmente en México el sector forestal enfrenta problemas de productividad debido principalmente a prácticas administrativas deficientes y errores en la gestión de los montes. La Economía Forestal se ha enfocado básicamente a determinar el tiempo óptimo de corta de un árbol o masa forestal, conocido éste como período óptimo de rotación, ciclo de corta o turno forestal, sin tomar en cuenta otros bienes y servicios que puede generar el bosque. Lo anterior se debe, en parte, a que el aprovechamiento de bosques naturales ha sido la columna vertebral del abasto maderero, de manera tal que los aspectos biológicos han sido los criterios básicos para medir la productividad de esos recursos.

Hoy en día diversos estudios consideran necesario incorporar al análisis de la valoración de la productividad forestal un conjunto de variables económicas relativas a precios y costos de insumos, además de otros productos tales como los servicios ambientales que proporcionan; sin embargo, todavía no están suficientemente bien desarrolladas las metodologías para la valoración, de tal manera que las evaluaciones que se han hecho para calcular los óptimos técnicos, económicos y ambientales producen en ocasiones resultados que parecen difíciles de implementar en la práctica.

Además, los estudios que se enfocan a la productividad biológica han generado resultados cuya aplicación ha sido limitada en el sector forestal. Esto es un aspecto digno de atención, sobre todo si se considera que a nivel mundial los bosques se destinan principalmente a producción maderable. De acuerdo con FAO (2010), la actividad preponderante de los bosques en el mundo es la producción con un 30% del total (1,200 millones de ha), que es seguida por usos múltiples con 24% (949 millones de ha que también incluyen producción maderable), conservación de la biodiversidad 12%, protección del suelo y el agua 8%, servicios sociales 4%, desconocidos 15% y otros 7%.

Por lo anterior, en este trabajo se considera necesario revisar los factores de la productividad forestal tales como el rendimiento e incremento de las masas forestales, bajo la idea de que todavía es mucho lo que se puede mejorar en el nivel biológico para elevar la productividad de los bosques y selvas en nuestro país; esto, sin menospreciar los esfuerzos de aquellos estudios que integran otros bienes y servicios al análisis.

#### **14.1 Materiales y métodos**

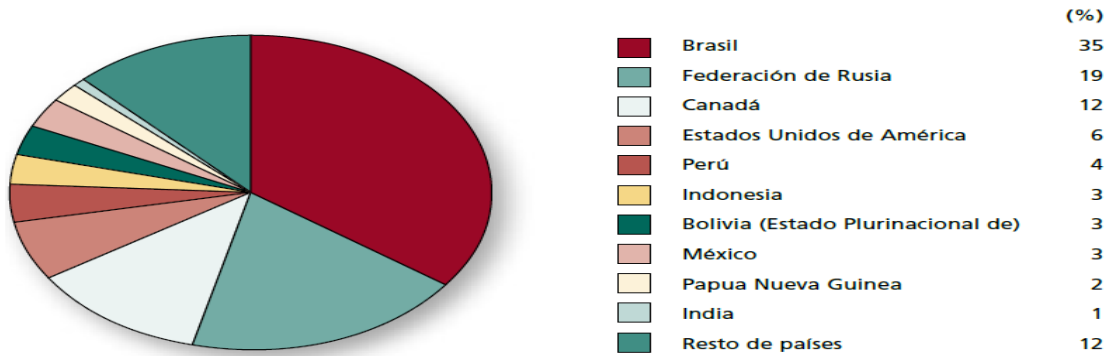
Esta investigación es parte de los resultados del trabajo de campo del proyecto intitulado “**Productividad y competitividad agropecuaria y economías de escala**” registrado por los autores ante la DGIP de la UACH, bajo la **Clave 147705002**. La metodología de este trabajo se sustenta en los principios básicos de la Teoría Económica, especialmente en lo referente a la Teoría de la Producción o Teoría de la Empresa, la cual provee de herramientas de análisis útiles para proponer estrategias que mejoren los parámetros de la productividad en las empresas agropecuarias y forestales; lo anterior, con el fin de alcanzar los niveles óptimos de dichos parámetros, de acuerdo con los niveles tecnológicos existentes y las condiciones de mercado imperantes.

#### **14.2 Análisis y discusión de resultados**

#### **14.3 La actividad forestal en el mundo**

A nivel mundial, más de una tercera parte de todos los bosques están clasificados como bosques primarios, que se definen como bosques de especies nativas en los que no hay indicaciones claramente visibles de actividades humanas y en que los procesos ecológicos no han sido alterados de un modo apreciable. Los bosques primarios, en particular los bosques tropicales húmedos, abarcan algunos de los ecosistemas terrestres más ricos y diversos en especies. El área de bosques primarios ha descendido en un 0.4 % anual aproximadamente en los últimos 10 años, mayormente a consecuencia de la reclasificación de bosques primarios como “otros bosques regenerados naturalmente” por razón de la extracción selectiva de madera y otras intervenciones humanas (FAO, 2010).

La función primaria de estos bosques puede ser la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y de los recursos hídricos, o la conservación del patrimonio cultural. El área de bosque que se encuentra dentro de sistemas de áreas protegidas ha aumentado en 94 millones de hectáreas desde 1990. Dos terceras partes de este incremento se han producido desde el año 2000 (*Idem*).

**Figura 14** Los diez países con mayor área de bosques primarios, 2010

Fuente: FAO (2010)

Si bien a nivel mundial más de una tercera parte del área total de bosque está clasificada como bosque primario, esta área ha disminuido en más de 40 millones de hectáreas en los últimos diez años. Pero la información es insuficiente para determinar qué proporción de la reducción en bosques primarios se debe a la deforestación y cuál es resultado de la reclasificación bajo una de las otras dos categorías, “otros bosques regenerados naturalmente” y “bosques plantados”.

Los cinco países que registraron la mayor disminución en el área de bosques primarios en los últimos 20 años fueron Brasil, Gabón, México, Nueva Guinea e Indonesia. Algunas naciones comunicaron una tendencia al alza en sus áreas de tales bosques, incluyendo algunos países europeos, los Estados Unidos de América y Japón. En la mayoría de estos casos, los países han reservado sus bosques naturales en áreas en que no se permiten intervenciones de ningún tipo.

En el mundo, los bosques se destinan principalmente a la producción maderable. De acuerdo con FAO (2010), la actividad preponderante de los bosques a nivel mundial es la producción con un 30% del total (1,200 millones de ha), que es seguida por usos múltiples con 24% (949 millones de ha que también incluyen producción maderable), conservación de la biodiversidad 12%, protección del suelo y el agua 8%, servicios sociales 4%, desconocidos 15% y otros 7%.

#### 14.4 La actividad forestal en México

A nivel mundial, nuestro país es un caso *sui generis* por las condiciones en que se realiza la silvicultura, ya que, de acuerdo con INEGI (2007), de los 55.3 millones de hectáreas de bosques y selvas que cubren el territorio nacional, el 80% es propiedad de aproximadamente 8,500 ejidos y comunidades, con una población estimada de 12 millones de habitantes, mayoritariamente indígenas y con altos índices de marginación.

La producción de madera es la fuente de ingresos forestales más importante para muchas de estas comunidades, de las cuales en casi tres mil se realizan actividades principalmente forestales, pero en la mayoría de los casos realizan también aprovechamientos de diversos productos forestales no maderables.

Los bosques no solamente son centrales en su identidad, usos y costumbres, sino que también son su fuente de ingresos económicos más importantes, siendo el manejo de los mismos la opción principal para avanzar en su bienestar, acción que es urgente debido a que sus índices de productividad suelen ser muy bajos.

Por lo anterior, pese a que se considera que México es un país con notable vocación forestal, el panorama de esta actividad muestra la existencia de una tendencia de desabasto creciente de productos forestales para un mercado con demanda en expansión, debido a varios factores como la baja productividad y el incremento poblacional. Para dinamizar la oferta de estos bienes, sin depredar los recursos, es necesario que el manejo de las masas forestales garantice el crecimiento rápido de los árboles para elevar la productividad y rentabilidad de la actividad.

#### **14.5 La valoración de la productividad forestal**

La valoración de la productividad forestal puede ayudar a tomar decisiones relativas a la gestión del monte, como por ejemplo lo relacionados con la duración del turno o la silvicultura (cultivo y manejo del bosque) a aplicar más apropiada. No obstante, asociados a la valoración de la productividad forestal, existen determinados aspectos que la complican, como la diversidad de la producción del monte, debido a su variedad de funciones y servicios, como madera, pastos, cacería, leña, hongos, frutos, bienes y servicios ambientales, entre otros.

Es decir, la optimización del uso de un monte cuando la producción es múltiple -y prácticamente siempre lo es- presenta una mayor complejidad en su cálculo y requiere el uso de metodologías más avanzadas. Es por ello que frecuentemente, por sencillez en los cálculos y estimaciones, en la valoración se utilice o suponga la existencia de una producción simple.

Por lo anterior, en este trabajo se presentan algunos parámetros de relevancia para analizar la productividad forestal en México, considerando la producción simple de madera en rollo, como una primera fase de análisis, suponiendo que aún bajo este enfoque es bastante lo que los productores y profesionales forestales pueden y deben hacer para mejorar los parámetros de la productividad en los predios.

#### **14.6 Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales y producción de madera en rollo**

En primer lugar, debe mencionarse que crecimiento es el proceso de desarrollo que experimenta un árbol o una masa forestal y que da por resultado un aumento del grosor, de la altura y, por lo tanto, del volumen de madera en pie. Se entiende por “madera en pie” al conjunto de fustes del vuelo maduro (cortas de regeneración) o intercalar (claras, entresacas) listos para su corta, que presentan dimensiones y calidades de mercado determinadas. Por lo tanto, son a la vez materia prima de la industria y producto final de la unidad de producción forestal

Por otro lado, incremento es el crecimiento que experimenta un árbol o masa forestal en un tiempo determinado. Así, el crecimiento suele hacer referencia a todo el periodo de vida de un árbol o masa forestal, en tanto que el incremento se refiere a un tiempo determinado, usualmente un año.

El crecimiento de las masas forestales es un fenómeno biológico que está determinado por varios factores, tales como las características genéticas de las especies, la densidad de población, la edad de los árboles, los aspectos ambientales como tipo de suelos, topografía, vientos, insolación, temperatura y precipitación.

Descontando el aspecto genético, todos los demás factores integran lo que se denomina calidad de sitio o calidad de estación, y debe tomarse en cuenta esa información para valorar el crecimiento de los árboles.

Con base en Imaña y Encinas (2008), es evidente la existencia de una correlación biológica y matemática entre parámetros del crecimiento y la correspondiente productividad, ya sea maderera o de cualquier otra índole biológica. Entre esas correlaciones, se han ensayado modelos de producción y crecimientos estructurados en procesos de integración de modelos de crecimiento. El crecimiento es representado por:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = 0, \text{ y la producción (Y) entre dos edades dadas por } t_0 \text{ y } t \text{ por: } Y = \int_{t_0}^t f(t) dt$$

Por lo tanto, la producción acumulada hasta la edad “t” será:  $Y = f(t) + c$

Con base en este procedimiento, puede crearse la función acumulativa del crecimiento, o función de producción, con la siguiente expresión matemática:

$$d(t) = \int \frac{1}{f(y)} dY \tag{1}$$

$$t = \int \frac{1}{f(y)} dY + c = G(Y) \tag{2}$$

Donde:

Y = producción

t = tiempo

c = condición inicial determinada a partir de la producción  $Y_0$  en el instante  $t_0$ .

Obsérvese que la compatibilidad entre el crecimiento y la producción es muy importante en la modelación matemática del crecimiento y de la producción de rodales forestales, siendo ésta una de las características más deseables en la creación de modelos de producción forestal.

#### 14.7 Relaciones entre crecimiento e incremento

Una función de producción  $\{Y=f(x)\}$ , en términos de la Economía, equivale a una función de crecimiento, en términos de la Epidometría. En forma análoga, una función de producto marginal (*PMg*) en Economía, equivale a una función de incremento corriente anual (ICA) en Epidometría y la función de producto medio (*PMe*) equivale a la función de incremento medio anual (IMA), conforme se muestra en la Figura 2.

Carrillo (2008), menciona que las funciones de ICA e IMA son muy utilizadas para fines de manejo de las masas forestales y son indicadores de la productividad forestal, pues muestran el comportamiento de la producción maderable en el tiempo.

El ICA mide la magnitud del incremento anual de un árbol o una masa forestal coetánea en un momento específico; para los ecólogos, es una medida de la productividad biológica de los seres vivos. El IMA mide el incremento promedio a lo largo de la vida de un árbol o una masa forestal coetánea; para los dasónomos, es una medida de la productividad media de los árboles.

Para un economista, el  $PMg$  es una medida del impacto de la variable explicatoria  $x$  sobre la variable dependiente  $Y$ . Se calcula mediante la derivada de  $Y$  con respecto a  $x$  para un punto específico de la función  $Y = f(x)$ . Tratándose de la relación insumo-producto, como lo ilustra el gráfico de una función de producción clásica, el  $PMg$  mide el incremento (decremento) del producto físico total (PFT ó  $Y$ ) ante el aumento (decremento) en una unidad adicional de insumo ( $x$ ) en el proceso productivo.

De acuerdo con Henderson (1982) y Hirshleifer (1988), la gráfica de una función de producción clásica muestra una forma sigmoideal, con un segmento que parte del origen y que crece a tasas crecientes ( $PMg$  creciente) hasta un punto de inflexión donde  $PMg$  es máximo. A partir de ahí, el  $PMg$  sigue siendo positivo pero cada vez menor, hasta llegar a ser cero, punto en que el PFT es máximo. Es decir, el PFT crece a tasas decrecientes debido a la aportación o efecto cada vez menor de cada unidad adicional de insumo, hasta que ésta llega a ser cero y es ahí cuando el PFT alcanza su máximo. A partir de ese punto, si se siguen agregando cantidades adicionales de insumo, el PFT no sólo no aumentará, sino que decrecerá, es decir, el  $PMg$  se vuelve negativo.

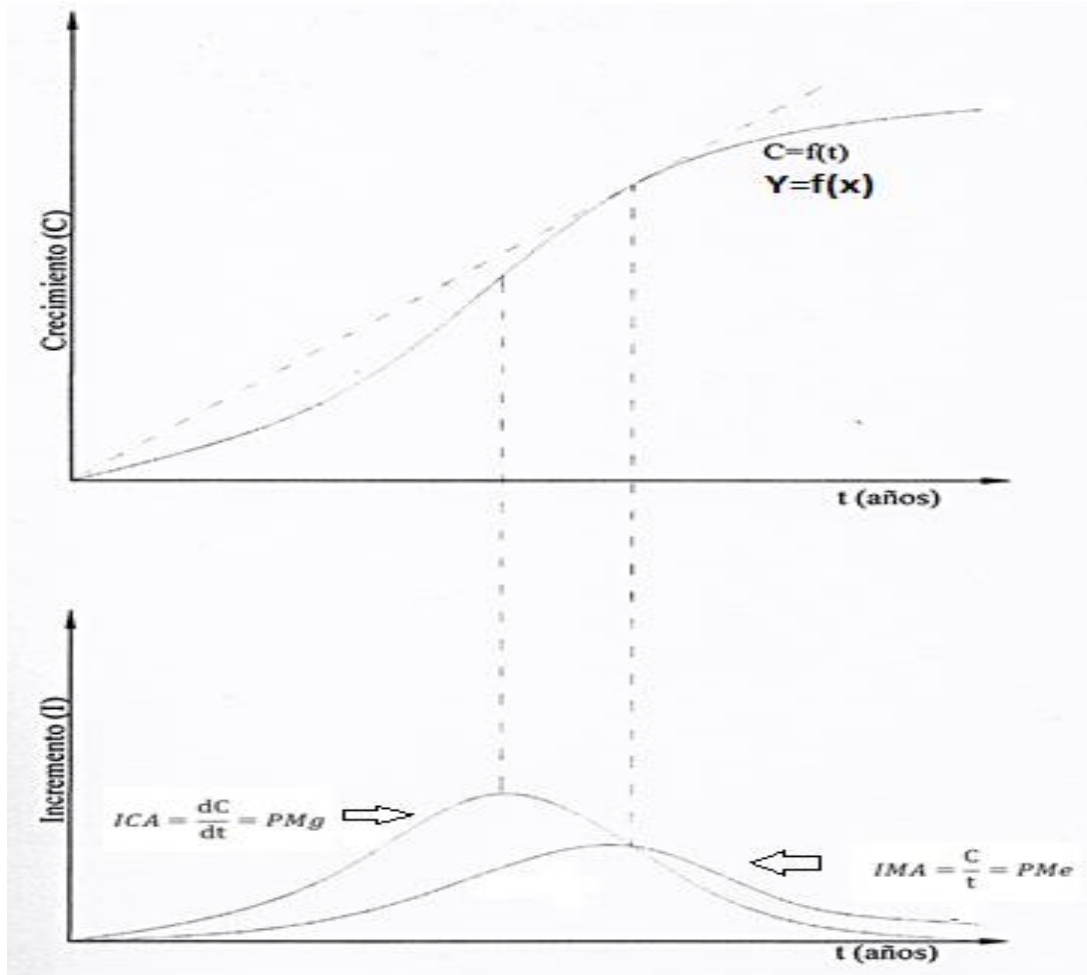
Loera (2010), señala que en términos biológicos, el PFT máximo corresponde al potencial productivo máximo o crecimiento máximo que puede alcanzar un organismo vivo en un proceso determinado, a partir del cual el organismo muere. En términos agronómicos, existe un rendimiento máximo posible, por ejemplo de maíz  $R^*$ , con el uso de una cierta cantidad de insumo variable como el nitrógeno  $N^*$ , dada cierta tecnología. Partiendo de  $R^*$ , si seguimos aplicando más nitrógeno, digamos  $N^*+1$  kg/ha, el PFT puede disminuir a  $R^*-q$  kg/ha, es decir, un volumen menor al nivel máximo alcanzado previamente. Lo anterior se debe a que las aplicaciones excesivas de este insumo pueden quemar el cultivo y, en forma reiterada, llevarlo en un caso extremo a perecer.

Este ejemplo pone de manifiesto que, en términos económicos, existiría una doble ineficiencia productiva: por un lado, se incrementarían innecesariamente los costos de producción al hacer uso de una cantidad excesiva del nitrógeno y, por el otro, el ingreso total disminuiría al disminuir el rendimiento de maíz, pasando de su cifra máxima representada por  $R^*$  a  $R^*-q$ .

En términos forestales, el incremento de un árbol o masa forestal en altura, diámetro y volumen, expresados como incremento total (producto total) o crecimiento desde que nace el árbol hasta un momento determinado antes de morir o antes de la corta, varía en función de la edad y son parámetros de la productividad forestal.

Con base en la forma de la gráfica de la función de crecimiento, el ICA crece a tasas crecientes en la fase de la adolescencia del árbol, haciendo que el incremento total o PFT crezca a tasas crecientes. Después, en la etapa de madurez o de vigor pleno, el ICA crece a tasas decrecientes, haciendo que el PFT crezca a un ritmo menor. En tanto que en la etapa de senescencia del árbol, continúa decreciendo el ICA hasta llegar a ser cero (en el año  $t^*$ ), momento en que el árbol alcanza su PFT máximo (PFT\*). En  $t^*+1$ , el árbol muere y se detiene el crecimiento, es decir,  $ICA < 0$ .

**Figura 14.1** Similitud entre la función de producción  $\{Y=f(x)\}$  y la función de crecimiento  $\{C=f(t) \text{ o } Y=f(t)\}$ , el producto marginal ( $PMg$ ) y el incremento corriente anual (ICA), el producto medio ( $PMe$ ) y el incremento medio anual (IMA)



Fuente: Adaptado de Klepac (1976)

Lo que en términos forestales son las fases de adolescencia y máximo vigor o madurez del árbol, corresponden a la Etapa I de la Función de Producción en términos económicos. De manera análoga, la fase de senescencia del árbol en la que éste alcanza al final su PFT máximo, corresponde a la Etapa II; la muerte biológica o natural del árbol equivale a la Etapa III.

#### 14.8 Estimaciones de crecimiento e incremento

Cumplido (2002), utilizó la información de tres predios forestales para calcular el crecimiento e incremento en tres especies de *Pinus*, considerando diferentes modelos para ajustar las curvas correspondientes. Los resultados, ciertamente válidos para las condiciones bajo las cuales se realizó el estudio, pueden dar una idea de la magnitud de los parámetros de la productividad forestal y utilizarse como referencia para tomar decisiones respecto al manejo y gestión de estos recursos (Tabla 14).



**Tabla 14** Culminación de incrementos por árbol para tres especies de *Pinus*

	<i>Pinus arizonica</i>			<i>Pinus ayacahuite</i>			<i>Pinus durangensis</i>		
Culminación (*)	DSC	ALT	VFSC	DSC	ALT	VFSC	DSC	ALT	VFSC
T-ICA	35 (0.486)	20 (0.328)	58 (0.016)	43 (0.620)	35 (0.386)	76 (0.418)	39 (0.440)	22 (0.265)	70 (0.018)
T-IMA	60 (0.356)	36 (0.280)	87 (0.008)	74 (0.449)	62 (0.311)	119 (0.224)	69 (0.328)	42 (0.242)	107 (0.091)

(\*)Edad a la que se alcanza el máximo (años); DSC=Diámetro sin corteza (cm/año); ALT=altura (m); VFSC=Volumen fustal sin corteza (m<sup>3</sup>).

Nota: El número superior indica la edad del árbol; el número entre paréntesis indica el valor de la variable a esa edad del árbol.

Fuente: Elaboración propia con datos de Cumplido (2002)

Puede observarse en el Cuadro anterior que, si se considera únicamente la producción de madera, la especie *P. arizonica*, al ser de menor porte, alcanza en menor tiempo la culminación de sus incrementos (ICA e IMA) en los parámetros de Diámetro sin corteza (DSC), Altura (ALT) y Volumen fustal sin corteza (VFSC), con relación a *P. ayacahuite* y *P. durangensis*. Por lo tanto, bajo las condiciones particulares de los predios en los que se realizó el estudio, *P. arizonica* puede presentar turnos forestales más cortos y ser más atractiva para los productores con relación a las otras dos especies estudiadas.

## 14.9 Conclusiones

Como ocurre normalmente en los procesos biológicos, trátase de los agrícolas, pecuarios o forestales, es posible analizar el comportamiento de algunos parámetros de la productividad con las funciones de producción clásicas para conocer los puntos de máximo producto marginal y máximo producto medio, como herramientas para la toma de decisiones respecto al momento de cosecha de los productos y al manejo o gestión de las unidades de producción.

El ICA (*PMg*) mide la magnitud del incremento anual de un árbol o una masa forestal coetánea en un momento específico; para los ecólogos, es una medida de la productividad biológica de los seres vivos. El IMA (*PMe*) mide el incremento promedio a lo largo de la vida de un árbol o una masa forestal coetánea; para los dasónomos, es una medida de la productividad media de los árboles.

Debido a la problemática de baja productividad que caracteriza a la actividad forestal en México, considerando la producción simple de madera en rollo por árbol, se justifica la realización de estudios de productividad ante el hecho de que aún es bastante lo que los productores pueden y deben hacer para mejorar los parámetros de la productividad en sus predios.

Considerando únicamente la producción de madera, la especie *P. arizonica*, al ser de menor porte, alcanza en menor tiempo la culminación de sus incrementos (ICA e IMA) en los parámetros de Diámetro sin corteza (DSC), Altura (ALT) y Volumen fustal sin corteza (VFSC), con relación a *P. ayacahuite* y *P. durangensis*. Por lo tanto, bajo las condiciones particulares de los predios en los que se realizó el estudio, *P. arizonica* puede presentar turnos forestales más cortos y ser más atractiva para los productores con relación a las otras dos especies.

## Referencias

- Asociación Regional de Productores Forestales del Estado de Tlaxcala. Comunicación personal. Junio-julio 2014.
- Carrillo E., G. Casos prácticos para muestreos e inventarios forestales. México. DICIFO. UACH. (2008). 172 pp.
- Cruz L., M. Inclusión de modelos de crecimiento en el método mexicano de ordenación de montes. México. DICIFO, UACH. (2008). 105 pp.
- Cumplido O., R. Tablas de volúmenes y de incrementos para tres especies del género *Pinus* de tres predios del estado de Chihuahua. México, DICIFO. UACH. (2002). 114 pp.
- FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe principal. (2010). 378 pp.
- FIRA. Agronegocios sostenibles: alternativas para el desarrollo del sector rural y pesquero. Boletín informativo. Volumen XXXII, Núm. 311. Junio de 1999. México. 76 pp.
- Henderson, J. M. y Quandt R. E. Teoría Microeconómica: una aproximación matemática. España. Ed. Ariel. Segunda Edición. (1982). 238 pp.
- Hirshleifer, J. Microeconomía: teoría y aplicaciones. México, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana. Tercera Edición. (1988). 639 pp.
- Imaña E., J. y Encinas B. O. Epidometría Forestal. Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal, Brasil, y Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Venezuela. (2008). 72 pp.
- INEGI. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. México. (2007).
- Klepac, D. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. México. UACH, Chapingo, (1976). 365 pp.
- Loera M., J. Apuntes del curso de Economía de Empresas Agropecuarias. México. DICEA. UACH. Mimeografiado. (2010). 165 pp.