

**INTERSEDES  
REVISTA ELECTRÓNICA DE LAS SEDES REGIONALES  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**



Estampa santacruceña

---

**Modelos de ahusamiento para Pinos lellophilla en la localidad de  
Chavarría Nuevo, Durango, México**

*Eduardo Montes de Oca Cano, Juan Carlos Rojas Martínez y Sacramento Corral Rivas*

WWW.INTERSEDES.UCR.AC.CR  
VOL. XII, N°24 (2011)  
ISSN 2215-2458

**Consejo Editorial Revista InterSedes**  
**Director de la Revista:**  
**Dr. Edgar Solano Muñoz. Sede de Guanacaste**

**Consejo Editorial:**

**M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico**  
**M.Sc. Oriester Abarca. Sede del Pacífico**  
**Lic. Luis E. Mora Alfaro. Sede Atlántico**  
**M.Ph. Jimmy Washburn. Sede Atlántico**  
**M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste**  
**Dr. Henry Vargas Benavides. Sede Occidente**  
**MSc. Liz Brenes Cambronero. Sede Occidente**  
**Ing. Ivonne Lepe Jorquera. MBA. Sede Limón**

**Editor Técnico:**

**Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste**

**Asistente:**

**Guadalupe Ajum. Sede Guanacaste**

**Consejo Científico Internacional**

**Dr. Raúl Fornet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.**  
**Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.**  
**Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de Costa Rica.**  
**Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.**  
**Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.**  
**Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.**  
**M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.**

**Indexación: Latindex / Redalyc**

**Licencia de Creative Commons**

**Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados.**

**Intersedes por [intersedes.ucr.ac.cr](http://intersedes.ucr.ac.cr) está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica License.**



## Modelos de ahusamiento para *Pinos lellophilla* en la localidad de Chavarría Nuevo, Durango, México

Taper models for *lellophilla* Pinos in the town of New Chavarría, Durango, México

Montes de Oca Cano Eduardo, Rojas Martínez Juan Carlos <sup>1</sup>

Corral Rivas Sacramento <sup>2</sup>

Recibido: 05.12.11

Aprobado: 04.02.12

**Resumen:** El objetivo del presente estudio tuvo la finalidad de ajustar ecuaciones lineales y no lineales para estimar el ahusamiento en la especie *Pinus leyophilla*, en la localidad de Chavarría Nuevo, municipio de Pueblo Nuevo, Durango. Los resultados indican que el modelo de Biging (1980) se ajustó y presentó los mejores estadísticos de ajuste. La prueba de validación consistió en comparar los estadísticos; coeficiente de determinación, el error estándar y el sesgo, incluyendo la distribución, normalidad y varianza común de los errores. Mientras que las mayores variaciones se detectan en el modelo de Clutter. Los resultados encontrados en este estudio demuestran la importancia ecológica y económica que representa la especie *P. lellophilla*.

**Palabras claves:** modelos, ahusamiento, *Pinus lellophilla*.

**Abstract:** The aim of this study was intended to adjust linear and nonlinear equations to estimate the taper in *Pinus leyophilla*, in the town of New Chavarría, municipality of Pueblo Nuevo, Durango. The results indicate that the model Biging (1980) was adjusted and presented the best fit statistics. The validation test was to compare the statistical coefficient of determination, standard error and bias, including distribution, normality and common variance of the errors. While major changes were detected in the model Clutter. The findings of this study demonstrate the ecological and economic importance that represents the species *P. lellophilla*.

**Key words:** *Pinus lellophilla*, taper models

<sup>1</sup> Docentes e Investigadores. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, (ITSZ). Veracruz, México. Email: montesdeoca\_cano@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesor Investigador ITES, M.C., El Salto, Durango. México.

## **Introducción**

Las herramientas clásicas en el manejo forestal son los modelos de crecimiento, como tecnologías adecuadas en la estimación de variables de manejo, los modelos al nivel rodal predicen el rendimiento y la productividad por el pronóstico de los atributos del rodal tales como: Área basal, densidad, volumen residual etc., el modelaje de ahusamiento y productividad comercial maderable puede ser constituido desde diferentes alternativas a nivel rodal del grupo de árboles o especies y a nivel del árbol individual (Clutter *et al.*, 1983), los aspectos que se pueden aplicar a la estimación del ahusamiento. El volumen representa la parte más importante de una masa forestal debido a que una vez estimado se puede planificar el manejo actual y futuro de los bosques, así como la forma en que deberá desarrollarse dicho manejo. Para la estimación del crecimiento de los árboles se utilizan modelos matemáticos estadísticos que predicen el crecimiento de los individuos en un periodo determinado y sirve, en consecuencia, como elemento de apoyo para la planificación de intervenciones Silvícolas (Cubillos, 1987).

De esta manera y en la última década se ha dado considerable atención a la estimación del volumen para determinar variables de interés como la biomasa y ahusamiento de los árboles individuales y rodales forestales que conlleven a un manejo sustentable de los recursos forestales y se han desarrollado ecuaciones que relacionan el ahusamiento con el componente volumen, con características dasométricas de los árboles en otras partes del país. Pero faltan estudios de ahusamiento en el estado de Durango y específicamente en la región de Chavarría Nuevo.

La justificación de esta investigación radica en entender la productividad con modelos convencionales de ahusamiento que estimen mejor el volumen. El estudio sobre el ahusamiento tiene como objetivo entender el comportamiento de los volúmenes y la distribución de los productos comerciales los nutrientes.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de estudio.**

El predio se localiza en las inmediaciones de la Sierra Madre Occidental en el km. 130 de la carretera Federal No. 40 partiendo de la Ciudad de Durango Dgo. (Figura 1). Esta comunidad es la que ocupa la mayor parte de la superficie forestal de las partes superiores de los sistemas montañosos del país. Está constituida por la mezcla de diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), Ocupando muchas condiciones comprendidas dentro del área general de distribución de los pinos (INEGI, 1992).



necesitaron transformaciones, los parámetros estadísticos se calcularon con las transformaciones necesarias para estimar el verdadero valor del  $r^2$  y el error estándar estimado (SEE) en sus dimensiones originales.

La prueba de validación se realizó con datos de diámetro sin corteza - altura del 25 % de la muestra total correspondiente a los pares de datos para *P. leiophylla*. Los estadísticos de comparación entre los modelos y entre las especies fueron el sesgo promedio,  $R^2$ , SEE, y bondad de predicción del perfil diamétrico.

También se realizó el análisis de los errores para observar su distribución, aleatoriedad y varianza común y tener una mayor certidumbre en la selección del mejor modelo. Otras distribuciones consideradas fueron: la kurtosis, sesgo, y la probabilidad de normalidad de los errores. La determinación del mejor modelo resultó de la ponderación de los diferentes parámetros, los cuales se calificaron por orden de importancia como sigue:  $r^2$ , SEE y sesgo promedio del 75 y 25% de los datos, así como kurtosis, sesgo, la probabilidad de normalidad de los errores, el número de coeficientes de las regresiones con su valor de probabilidad y finalmente la bondad de predicción del perfil diamétrico.

### **Ajuste de modelos de regresión de ahusamiento**

Se probaron los siguientes modelos de regresión mediante el programa computacionales SAS para estimar el ahusamiento a nivel global. Los modelos probados (cuadro 2) incluyeron ecuaciones lineales y no lineales. El ajuste de los modelos se realizó mediante la técnica de coeficiente de determinación, el error estándar y el sesgo, incluyendo la distribución, normalidad y varianza común de los errores. Las variables utilizadas como independientes para la estimación del ahusamiento fueron: diámetro (cm.), altura (m), combinaciones y transformaciones de ellas.

### **Criterios de selección de modelos**

Los criterios utilizados para determinar el mejor modelo fueron la  $R^2$ , el error estándar, coeficiente de variación, sesgo, así como la probabilidad del modelo y de los parámetros de regresión. Otro criterio tomado en cuenta fue la sencillez del modelo y número de variables consideradas.

### **Resultados y discusiones**

Los resultados mostraron que el modelo Biging resultó ser el que mejor se ajustó para la determinación del ahusamiento en *Pinus lelophilla*, en razón a los criterios de bondad de ajuste, por tener la mayor  $R^2$  ajustada de .9434 y menor error estándar de 2.276. Así mismo el modelo que

menos ajuste presento en la determinación del ahusamiento para fue *Pinus lellophilla* el modelo de Clutter, presentando la menor  $R^2$  (0.3483) y error estándar de 7.437

### Conclusiones

En general, el modelo Biging fue el que mejor ajuste presento para la estimación del ahusamiento, sin embargo el modelo Amidon mostró buenos ajustes para estimar el Ahusamiento, en los componentes de la especie de *Pinus lellophilla*, en la región de San Dimas Durango. Todos los modelos seleccionados para estimar el ahusamiento ajustaron bien a todos los componentes. A excepción del modelo de Clutter donde la estimación dejo mucho que desear.

Gurrola (1996) realizó análisis de cono de *Pinus durangensis* Martínez en un área semillera de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (UCODEFO) No 6 de el Salto, Durango, obteniendo que el potencial productivo de semilla en el área semillero es de 69.94 % desarrolladas, el 5 % esta dañadas por insectos el 0.14 % esta malformada y el 24.89 % esta vacía por causa desconocida.

Corral y Radilla (1996) realizaron construcción de un sistema de cubicación para dos especies de Pinus (*Pinus cooperi* var. Ornelasis Martínez y *Pinus durangensis* Martinez) en donde utilizaron 98 árboles para *Pinus cooperi* y 160 para *Pinus durangensis*, para la predicción del volumen en rollo total árbol y volumen comercial en donde mostraron que los modelos variable combinada Logarítmica y Schumacher presentaron ventajas para la estimación del volumen rollo total árbol. Mientras que para la estimación del volumen comercial el modelo que se mostró más consistente fue variable combinada Lineal.

Moncivbais y Flores (1998) establecieron funciones de ahusamiento utilizando muestra de 100 árboles para cada especie (*Pinus cooperi* var. Ornelasis Martínez y *Pinus durangensis* Martinez) en el Ejido la Victoria, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango.

### Gráficas y tablas

**Cuadro 1. Número de árboles seleccionados en las áreas de estudio**

Tipo de Muestra	No. de árboles	Especie
Datos de laboratorio y computo	254	Pinus lellophulla
Análisis destructivo	254	Pinus lellophilla
Total	254	

**Cuadro 2. Modelos utilizados para estimar el ahusamiento de *Pinus lellophilla***

Ecuaciones	Modelos
1 Biging	$Y=DN(B1+B2Ln(1-(1-(exp(-B1/B2)(Hi/Hu)^{1/3})))$
2 Amidon	$Y=B1*DN(HT-Hi)/(HT-1.30)+B2(HT^2-Ln^3)(Hi-1.30)/HT^2$
3 Clutter	$Y=B1*DN^{B2}*HT^{B3}*(HT-Hi)^{B4}$

Donde:  $Y_i$  = ahusamiento;  $B_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  = Parámetros de la regresión,  $D_i$  = Diámetro a la base del árbol (cm);  $H_i$  = Altura del árbol (cm).

**Cuadro3. Parámetros en los modelos de ahusamiento en *Pinus lellophilla*, en la región de El Salto, Durango**

Modelos	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$
Biging	1.0725	.2911				
Amidon	.8970	.91711				
Clutter	.13437	.94387	-.63868	.65261		

Donde:  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  = Parámetros de los modelos.

**Cuadro 4. Parámetros y estadísticos de ajuste de los modelos de ahusamiento de *Pinus lellophillan* en la región de El Salto, Durango**

M	N	Parámetros				$R^2$	Sx	Sesgo
		a	B	c	d	Ajustada		
1	254	1.0725	.2911			.9434	2.27	-16.53
2	254	.8970	.91711			.9340	2.44	140.26
3	254	.13437	.94387	-.63868	.65261	.3483	7.4372	1286.39
<b>PROMEDIOS</b>						0.81818	3.31744	266.21

Donde M = Número de modelo; N = Número de observaciones; a, b, c y d = Parámetros de la regresión;  $R^2$  = Coeficiente de determinación ajustado; Sx = Error estándar (gr) y F cal.= F calculada.

### **Referencias bibliográficas**

- BIGING, G.S. 1984; A compatible volume – taper function for Alberta trees. For. Sci. 30:1103-1117.
- CLUTTER, J. J. FORTSON; G. PIENAAR, G. BRISTER, AND R. BAILEY. 1983; Timber Management: a Quantitative Approach. John Wiley and Sons. New York, USA. 333 p.
- CORRAL, R.S. Y RADILLA, C.J.L. 1996.; Construcción de un sistema de cubicación para dos especies de pino (*Pinus cooperi* var. Ornelasis Mart. y *Pinus durangensis* Mart.) En el Ejido San Pablo, Municipio de Pueblo Nuevo. Durango. Tesis profesional de Instituto Tecnológico Forestal No 1, El Salto P.N. Durango. 85 pp.
- CUBILLOS, D. V. 1987; Modelos de crecimiento diametral para algunos renovales de Raullí. Ciencia e Investigación Forestal (INFOR) No 1 : 67 – 77 P.
- GURROLA, R.M.G. 1996; Análisis de cono de *Pinus durangensis* Mart. En un área semillero de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (UCODEFO) No 6, El Salto, Durango. Tesis Profesional del Instituto Tecnológico Forestal No 1. 53 pp.
- INEGI. 1981.; Carta topográfica. Escala 1:50,000 Nueva Patria G13- C88 SPP. México. D.F.
- INEGI. 1984. Carta de geología. Escala 1:50,000. El Salto, Durango. F13- A18 SPP. México. D.F.
- INEGI. 1992. Edafologica. 1:250,000. El Salto, Durango. F13- A18 SPP. México. D.F.
- MONCIBAIS, M. M.A. Y FLORES C.I. 1998.; Funciones de Ahusamiento para *Pinus cooperi* var. Ornelasis Mart. y *Pinus durangensis* Mart. En el ejido la Victoria, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango. México. Tesis Profesional del Instituto Tecnológico Forestal No 1. 40 pp.
- UCODEFO No. 6, 1999. Características Físicas y Biológicas Generales de la Región del Salto, Durango. “Memoria General”. Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 6, El Salto Dgo. Unidad de Prestación de Servicios Ejidales del Salto Dgo. A.C.