



Foresta Veracruzana
ISSN: 1405-7247
Imendizabal@uv.mx
Recursos Genéticos Forestales
México

Predicción del crecimiento y producción de *Pinus cooperi* Blanco en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango

Díaz Vásquez, Manuel Antonio; Domínguez Calleros, Pedro Antonio; Rodríguez Ortiz, Gerardo
Predicción del crecimiento y producción de *Pinus cooperi* Blanco en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango
Foresta Veracruzana, vol. 19, núm. 2, 2017
Recursos Genéticos Forestales, México
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49753656003>

Predicción del crecimiento y producción de *Pinus cooperi* Blanco en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango

Manuel Antonio Díaz Vásquez

Universidad Juárez del Estado de Durango, México

Pedro Antonio Domínguez Calleros pdomingc@hotmail.com

Universidad Juárez del Estado de Durango., México

Gerardo Rodríguez Ortíz

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca., México

Foresta Veracruzana, vol. 19, núm. 2,
2017

Recursos Genéticos Forestales, México

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49753656003>

Resumen: Los modelos de crecimiento y producción facilitan la estimación de la productividad de los ecosistemas forestales, al obtener una estimación rápida y de bajo costo del volumen y desarrollo de rodales. El objetivo del presente trabajo fue generar un modelo de crecimiento y producción para *Pinus cooperi*, este se desarrolló en el año 2014, utilizando los datos de 799 árboles provenientes de 10 parcelas permanentes de investigación, ubicados estratégicamente de manera que cubrieran todo el rango de edades y calidades de sitio dentro de la superficie del ejido "El Brillante", Municipio de Pueblo Nuevo Durango. Se obtuvo un modelo de crecimiento y producción utilizando la función de distribuciones diamétricas Weibull. Para desarrollar el modelo se eligió la parcela 5, dadas sus características de densidad intermedia considerada como "densidad normal", los resultados más importantes con la aplicación del modelo fueron el número de árboles= 527 ha⁻¹, área basal= 27.91 m² ha⁻¹ y volumen= 355.41 m³ ha⁻¹. Se concluye que el modelo de producción, utilizando la función de distribución Weibull para las categorías diamétricas, representa una valiosa herramienta para el manejo forestal aplicado a esta especie, una de las más importantes en los bosques del área de estudio.

Palabras clave: Distribuciones diamétricas, estimación del volumen, modelos biométricos.

Abstract: Growth models and production facilitate the estimation of productivity of forest ecosystems, to get a quick and inexpensive estimate of the volume and development stands. The objective of the present work was to generate a model of growth and production for *Pinus cooperi*, this was developed in the year 2014, using data from 799 trees of 10 permanent research plots, strategically located so that covered the full range of ages and qualities site, within the surface of ejido "El Brillante", Municipality of Pueblo Nuevo Durango. We obtained growth and production model using the Weibull function of diameter distributions. To develop the model, plot 5 was chosen, given its intermediate density characteristics considered as "normal density", the most important results with the application of the model were the number of trees=527 ha⁻¹, basal area= 27.91 m² ha⁻¹ and volume= 355.41 m³ ha⁻¹. It is concluded that the production model, using the function of the Weibull distribution to the diametric categories, represents a valuable tool for forest management applied to this species, one of the most important in the forests of the study area.

Keywords: Diameter distributions, estimating the volume, biometric models.

Introducción

El estado de una masa forestal está definido, principalmente, por los factores del sitio y por la estructura y densidad de la población,

también depende, en gran medida, de los tratamientos silvícolas aplicados (Monárrez-González y Ramírez-Maldonado, 2003; Gadow *et al.*, 2008). Predecir el crecimiento y el rendimiento de las masas forestales es un requisito fundamental para planificar su manejo a cualquier nivel. Por ello, los responsables del manejo de bosques deben contar con herramientas cuantitativas silvícolas que les permitan conducir satisfactoriamente la evolución de un rodal hacia cierta estructura meta (O'Hara, 2002; Santiago-García *et al.*, 2014 y Tres, 2014). Para lo anterior, se requiere de modelos, que proporcionen información para evaluar los efectos y resultados de varias opciones en las rotaciones de los aclareos (Gorgoso y Rojo, 2009). Los sistemas de producción que proveen estimaciones del volumen maderable por clase diamétrica, son una herramienta de alto valor para la planificación del manejo forestal (Santiago-García *et al.*, 2014), entre estas, la distribución Weibull ha sido utilizada con éxito para predecir el volumen (Gorgoso y Rojo, 2009; Návar-Cháidez, 2009).

La actividad de mayor importancia del ejido El Brillante es la forestal en sus distintas etapas de aprovechamiento y transformación (González *et al.*, 2013). Entre las especies arbóreas de mayor importancia económica con que cuenta el ejido, destaca *Pinus cooperi* C.E. Blanco, dada su gran abundancia y su buena calidad de madera (Cruz-Cobos *et al.*, 2008; Pompa *et al.*, 2013).

Los objetivos de este trabajo fueron la generación de un modelo de crecimiento y producción para *Pinus cooperi*, a partir de ecuaciones dasométricas y basado en la función de distribuciones diamétricas Weibull.

Material y métodos

El Ejido Forestal El Brillante, se localiza en el macizo montañoso Sierra Madre Occidental dentro del municipio de Pueblo Nuevo, al suroeste del Estado de Durango (figura 1); está enmarcado geográficamente entre los paralelos 23° 40' 04" y 23° 47' 54" de latitud Norte y los meridianos 105° 21' 31" y 105° 29' 52" (González *et al.*, 2013).

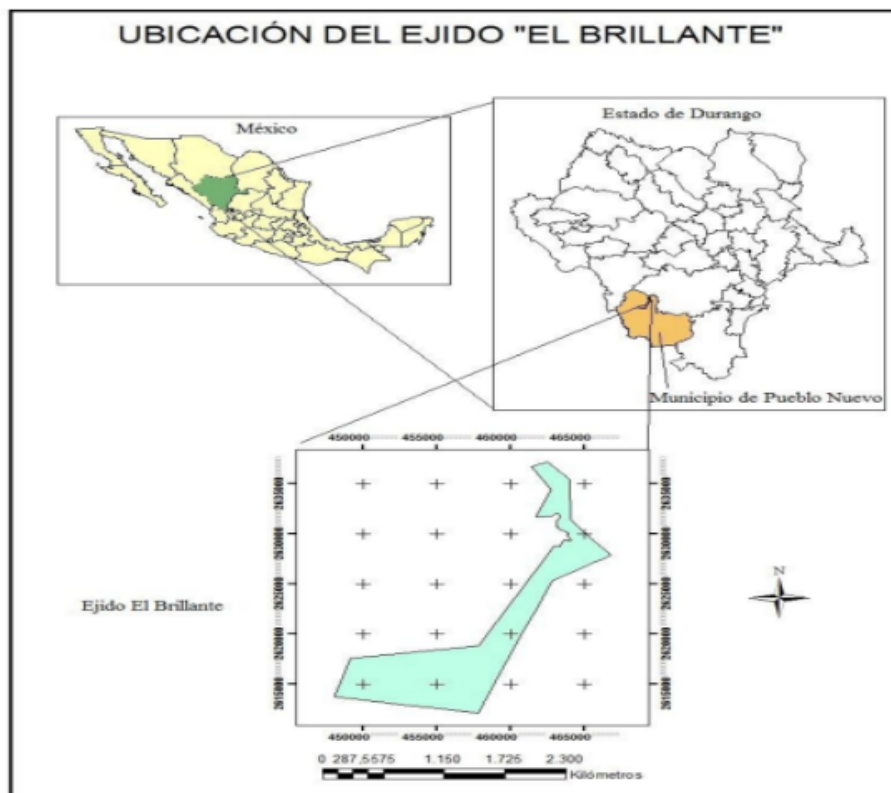


Figura 1.
Ubicación del ejido el Brillante, Pueblo Nuevo Durango.

El relieve es algo variado, encontrándose numerosas mesetas, una gran cantidad de cerros y algunas abruptas quebradas, que dan origen a un rango altitudinal que oscila entre los 2 000 y 2 900 m. Se reconocen para el área de estudio condiciones climáticas: Semifrío húmedo con lluvias en verano C (E) (m) y templado subhúmedo con lluvias en verano C (w) (INEGI, 2015). Presenta condiciones con temperaturas medias anuales entre 10 y 18 °C; precipitación promedio entre 700 y 1 300 mm. (González-Elizondo *et al.*, 2007). Los tipos de suelos que se encuentran con más frecuencia en el área de estudio según unidades de suelo presentados en los mapas del estado de Durango son Luvisol y Regosol (INEGI, 2015); en la mayoría de los casos presentan textura media, o fina en menor escala. El tipo de vegetación corresponde a bosque de coníferas, mezclado algunas veces con latifoliadas, las especies de mayor importancia son: *Pinus cooperi* Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. teocote* Schlecht. y Cham. y *Quercus* spp. (Galarza, 2008).

Muestreo. Para la obtención de los modelos biométricos se utilizó la información proveniente de 799 árboles de 10 parcelas permanentes de investigación (2 500 m²) distribuidas en puntos estratégicos dentro de la superficie del ejido, de manera que cubrieran todo el rango de alturas y diámetros de diferentes rodales de la especie en el área de estudio. Los datos se recabaron en el año 2014, estos fueron: Número de árboles mayores a 7.5 cm de diámetro, DAP con corteza (cm) y altura total (m). A partir de esta información se derivaron las ecuaciones de área basal, altura, volumen y distribución diamétrica.

Modelos biométricos. El número de árboles por hectárea se determinó en función de los árboles registrados ($D_n \geq 7.5$ cm) en cada parcela empleando la ecuación sugerida por Corral-Rivas *et al.* (2006) que se menciona enseguida.

$$N = \frac{10000 \times n}{S} \quad (1)$$

Dónde:

N= densidad en árboles por hectárea.

S(m²)= superficie de la parcela

n= número de árboles de la parcela.

Además se utilizó la ecuación para calcular el número de árboles por categoría diamétrica (Aguirre, 1987):

$$N_i = fdp(N) \quad (2)$$

Dónde:

N_i= número de árboles por hectárea de la categoría diamétrica i.

fdp= probabilidad de distribución de la categoría diamétrica.

N= número de árboles por ha⁻¹ de la parcela.

Área basal por hectárea: Es importante conocer el área basal ya que este es un indicador de la densidad del rodal y sirve además para calcular el volumen de los árboles en pie (Klepak, 1983). Con la suma de las áreas basales individuales se obtuvo el área basal por parcela y posteriormente se calculó el área basal ha⁻¹ (Corral-Rivas *et al.*, 2014):

$$AB = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2 \cdot \frac{10000}{S} \quad (3)$$

Dónde:

AB= área basal (m² ha⁻¹),

d_i= diámetro normal en m de cada árbol y

S= superficie en proyección horizontal de la parcela en m².

Área basal por hectárea de las categorías diamétricas, para esto se usó la ecuación (Romahn y Ramírez, 2006):

$$AB = 0.7854 (D_i)^2 (N)/10,000 \quad (4)$$

Dónde:

AB= área basal (m² ha⁻¹),

D_i= diámetro medio de la categoría diamétrica.

N= número de árboles por ha⁻¹ de la categoría.

Diámetro medio. Se calculó la media de los diámetros de los árboles de cada clase diamétrica y también la media a partir de los diámetros de todos los árboles registrados en las parcelas, según la siguiente expresión (Corral-Rivas *et al.*, 2014):

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (5)$$

Dónde:

d_m = diámetro medio en cm,

d_i = diámetro normal del árbol i en cm, y

n = número de árboles por parcela.

Altura media. Se obtuvo mediante la media aritmética de las alturas totales de todos los árboles registrados en cada parcela (Corral-Rivas *et al.*, 2014):

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad (6)$$

Dónde:

H_m = altura media de la parcela en m.

h_i = altura total del árbol i (m) y

n = número de árboles registrados en la parcela.

Con las alturas individuales, se derivó una ecuación de regresión para estimar la altura de los árboles de cada clase diamétrica, con el fin de calcular el volumen promedio de cada clase. La ecuación que se utilizó fue la polinómica (Romahn y Ramírez, 2010):

$$H = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 \quad (7)$$

Volumen promedio por árbol. Para este cálculo se utilizó la ecuación de (Romahn y Ramírez, 2006):

$$V = shf \quad (8)$$

Dónde:

V = volumen de los árboles individuales (m^3),

s = área basal (m^2),

h =altura (m),

f = coeficiente mórfico= (0.06)

Con los volúmenes individuales de todos los árboles, se derivó una ecuación mediante regresión, para calcular el volumen de cada clase diamétrica, en función de diámetros medios y su correspondiente altura. Tomando como base algunos de los modelos probados por Salas *et al.* (2005), Diéguez-Aranda *et al.* (2008) y Valencia (2013). El modelo elegido fue:

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln D \quad (9)$$

Modelo para distribución diamétrica. Para este estudio se aplicó un modelo que predice la distribución de diámetros basado en una función de distribución Weibull (Aguirre, 1987; Gorgoso y Rojo, 2009; Návar-

Cháidez y González-Elizondo, 2009), utilizando la siguiente ecuación (Smalley y Bailey, 1974):

$$P_i = \exp \left[- \left(\frac{L_i - a}{b} \right)^c \right] - \exp \left[- \left(\frac{U_i - a}{b} \right)^c \right] \quad (10)$$

Dónde:

P_i = Proporción de arbolado en la i , ésima categoría diamétrica.

L_i = Límite inferior de la i , ésima categoría diamétrica,

U_i = Límite superior de la i , ésima categoría diamétrica,

a = Parámetro de localización,

b = Parámetro de escala y

c = Parámetro de forma.

Los parámetros se pueden obtener por máxima verosimilitud o cuadrados mínimos (Návar-Cháidez y Contreras-Aviña, 2000; Condés y Martínez-Mill, 2005; Hernández, 2012).

Modelo para estimar la producción. En este trabajo se obtuvieron los requerimientos para elaborar un modelo de crecimiento y producción, para esto se utilizaron las ecuaciones 2, 4, 7, 9 y 10 descritas anteriormente.

Para desarrollar el modelo se eligió la parcela número 5, la cual representa una densidad media que algunos autores definen como Densidad Normal (Corvalán y Hernández, 2006). En la captura de datos y el procesamiento de estos, se utilizó la aplicación de Microsoft Excel®

Resultados

Los valores de los datos dasométricos obtenidos para cada una de las parcelas se presentan en el cuadro 1. Como puede observarse los valores de densidad (N), tienen un amplio rango de variación. Puede apreciarse que las parcelas 5, 6 y 9 tienen el mayor número de árboles por ha^{-1} , mientras que en las parcelas 2, 3 y 7 se presentan los valores más bajos. Esto, se debió, seguramente a la ubicación de las parcelas y a las diferentes calidades de estación que influyen directamente en el número de individuos presentes en el sitio (Daniel *et al.*, 1982).

Las parcelas con valores más altos de área basal fueron la 5, 6 y 4 mientras que las parcelas con valores menores son: la 3, 7 y 2 (cuadro 1)

Cuadro 1.
Valores dasométricos de las parcelas.

Parcela	Densidad (N) (árboles ha ⁻¹)	AB (m ² ha ⁻¹)	D (m)	H (m)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)
1	96	7.84	0.31	19.38	101.19
2	44	3.00	0.28	17.26	33.86
3	28	0.58	0.15	11.60	4.92
4	192	18.42	0.32	18.71	255.30
5	528	26.69	0.22	17.56	353.87
6	1108	22.81	0.16	10.92	173.98
7	16	1.10	0.26	16.74	16.56
8	336	14.46	0.18	14.11	231.18
9	740	12.26	0.13	10.28	94.17
10	216	13.65	0.23	15.33	212.32

Dónde: (N)=número de árboles ha⁻¹, AB=área basal (m² ha⁻¹), D=diámetro medio (m), H = altura (m).

La ecuación elegida para hacer predicciones de la altura fue la 7, dado que mostró mejores resultados según su coeficiente de determinación (R²)= 0.815 y error estándar= 2.67090827.

La estimación del volumen se originó de la ecuación 9, sus valores son: $\beta_0 = -9.54421356$, $\beta_1 = 2.74680381$, $R^2 = 0.97692972$, Error estándar= 0.21959805. Con este modelo logarítmico para la estimación del volumen, se logró obtener un buen ajuste a pesar de ser simple, ya que solo involucra la variable diámetro.

Los valores de la distribución Weibull (distribución diamétrica) obtenidos en el presente trabajo para los parámetros fueron: $a = 3.75$, $b = 22.09$ y $c = 1.67$. Mismos que fueron utilizados en el modelo de producción junto con las ecuaciones de altura y de volumen (cuadro 2).

Cuadro 2.
Ejemplo del modelo de crecimiento y producción para *Pinus cooperi*

Cat.	Clase diam. (cm)	FDP	NA/ha.	NAa	AB	D (cm)	Alt. (m)	Vol/Arb	Vol/Cat
1	(7.5, 12.5]	0.2101	111	111	0.87	10	8.63	0.04	4.43
2	(12.6, 17.5]	0.1735	92	202	1.62	15	11.88	0.12	11.15
3	(17.6, 22.5]	0.1663	88	290	2.76	20	14.86	0.27	23.56
4	(22.6, 27.5]	0.1406	74	365	3.64	25	17.56	0.50	36.77
5	(27.6, 32.5]	0.1082	57	422	4.04	30	20.00	0.82	46.69
6	(32.6, 37.5]	0.0771	41	462	3.91	35	22.16	1.25	50.78
7	(37.6, 42.5]	0.0513	27	489	3.40	40	24.05	1.80	48.77
8	(42.6, 47.5]	0.0321	17	506	2.70	45	25.68	2.49	42.20
9	(47.6, 52.5]	0.0190	10	516	1.97	50	27.03	3.32	33.37
10	(52.6, 57.5]	0.0107	6	522	1.34	55	28.11	4.32	24.36
11	(57.6, 62.5]	0.0057	3	525	0.85	60	28.91	5.49	16.54
12	(62.6, 67.5]	0.0029	2	527	0.51	65	29.45	6.83	10.51
13	(67.6, 72.5]	0.0014	1	527	0.29	70	29.71	8.38	6.28
Total		0.9988	527		27.91				355.41

Dónde: Cat =Número de la clase diamétrica, FDP=Probabilidad por categoría diamétrica (aplicación de la FDP), NA=Número de árboles por hectárea por clase, NAa=Frecuencia acumulada del número de árboles por hectárea por clase. AB=Área basal (m² ha⁻¹) por clase, D=Valor del punto medio de la categoría diamétrica, Alt=Altura media de los árboles dominantes y codominantes, Vol/Arb=Volumen por árbol (m³), Vol/Cat=Volumen por categoría diamétrica (m³ ha⁻¹).

Se puede observar que los valores obtenidos, área basal y volumen son similares a los obtenidos a partir de los valores de árboles individuales que se muestran en el (cuadro 1), que representa la parcela permanente de investigación correspondiente, con la ventaja de que es posible además, conocer los valores de dasométricos de cada categoría diamétrica utilizando la función de distribución Weibull.

La figura 2 muestra el número de árboles y el volumen en función del diámetro de la parcela 5. Esto se logró una vez estimado el número de árboles utilizando la distribución Weibull. Se puede apreciar una distribución inversamente proporcional, a medida que aumenta el diámetro, disminuye el número de árboles (2a). En el caso del volumen (2b) se observa una distribución normal, en la que los árboles de las categorías diamétricas medianas son las que aportan el mayor volumen, mientras que las categorías menores y mayores el volumen es menor, lo anterior se debe principalmente al número de árboles y a sus dimensiones.

Discusión

Una de las variables dasométricas más representativas de un sitio forestal es la altura de los árboles, la cual junto con el diámetro nos permite calcular el área basal y el volumen del arbolado, además permiten generar ecuaciones para integrar modelos de crecimiento y producción. (Bravo *et al.*, 2002). El alto valor en el coeficiente de determinación y el bajo valor en el error estándar de la ecuación de la altura que aquí se presenta, no obstante de que solo considera al diámetro como variable independiente, permiten señalarla como la mejor entre otras ecuaciones que incluyen más variables (Alonso *et al.*, 1999; Dorado *et al.*, 2005).

A pesar de que en el modelo logarítmico para la estimación del volumen de este reporte solo se involucra a la variable diámetro, se obtuvieron resultados similares a otros trabajos con modelos más sofisticados que incluyen las variables diámetro, altura y área basal, e incluso volumen, como los de Carrillo-Anzures *et al.* (2004); Salas *et al.* (2005); Cruz-Leyva *et al.* (2010) y Montes de Oca *et al.* (2008).

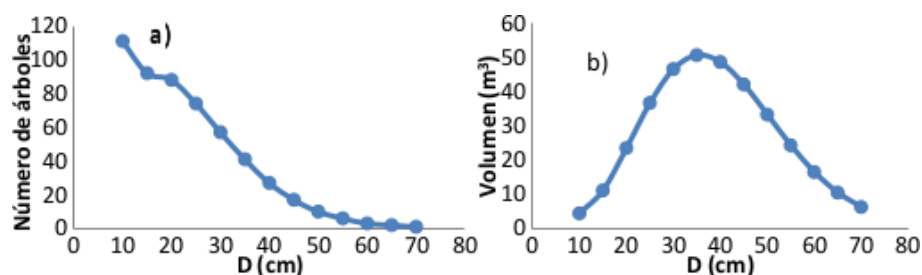


Figura 2.
Relación del número de árboles y el volumen en función del diámetro.

En el caso del modelo de distribución diamétrica basado en la función Weibull, los valores de los parámetros fueron: $a=3.75$, $b=22.09$ y $c=1.67$. Dichos valores son similares a los obtenidos por Nívar-Cháidez (2009), quien obtuvo valores de $a=3.99$, $b=19.62$ y $c=1.34$ para los parámetros

de la Weibull en la región de El Salto Durango. Este investigador empleó dos metodologías: el método de momentos y el de ecuaciones empíricas. Mientras que Hernández (2012), obtuvo también resultados similares con un modelo de tres parámetros mediante el método de cuadrados mínimos para *Pinus arizonica*. Sin embargo, nuestros resultados son diferentes de los presentados por Gorgoso y Rojo (2009) quienes utilizaron la función Weibull de dos parámetros para distribuciones diamétricas de *Pinus pinaster* en la región de Asturias empleando el método de máxima verosimilitud.

Respecto al modelo de producción que aquí se presenta, el cálculo del volumen está en función del número de árboles estimado, la probabilidad de distribución de las categorías diamétricas y el diámetro medio de cada categoría; diferente a otros trabajos como el de Aguirre (2013), quien aplicó una metodología en la que se considera como variables el número de árboles por ha⁻¹ y la altura de los árboles. Por su parte autores como Sánchez *et al.* (2003), calculan el volumen utilizando variables como edad, altura, número de árboles, diámetro y área basal, para *Pinus radiata* D. Don en Galicia, obteniendo tablas de producción más complejas donde además incluye los aclareos. Un trabajo similar al presente, es el de Santiago-García *et al.* (2014), en el que incorpora variables como el diámetro, la altura, la edad y el número de árboles por categoría diamétrica basado en la función de densidad de probabilidad Weibull, para hacer predicciones del rendimiento maderable y recomienda el uso de este sistema al compararlo con el de distribución libre basado en percentiles, por ser más sencillo de usar.

Cabe mencionar que con el modelo aquí presentado, es posible generar tablas con los volúmenes por hectárea para diferentes rodales, al cambiar las variables que se están utilizando para realizar los cálculos como: El número de árboles por hectárea, altura de los árboles y una edad de los árboles dominantes para lograr múltiples combinaciones y obtener así otras tablas tal como lo señalan Santiago-García *et al.* (2014).

Conclusiones

En la ecuación para predecir altura se eligió un modelo polinómico con un $r^2 = 0.15$ y un error estándar de 2.67, el cual considera como única variable independiente el diámetro, resultó mejor que otros dos que se probaron. Así mismo, la ecuación logarítmica elegida para estimar el volumen tuvo un buen ajuste, tal como lo indican su R^2 y sus otros estimadores. Por lo que es posible hacer buenas estimaciones del volumen. El modelo de distribución Weibull aplicado a la distribución de las categorías diamétricas de *Pinus cooperi*, es apropiado y puede ser incorporado al modelo de producción que aquí se propone. El modelo de crecimiento y producción que aquí se plantea, representa una valiosa herramienta para los técnicos encargados del manejo forestal del ejido El Brillante aplicado a la especie de *Pinus cooperi*.

Literatura citada

- AGUIRRE, C.O.A. 2013. Modelización del crecimiento de *Pinus teocote* Schltdl. et Cham. en el noreste de México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 4(17): 28-41.
- AGUIRRE, B.C. 1987. Planteamientos generales del manejo integral de los recursos forestales en El Salto Durango. Uaf N° 6 El Salto Dgo. Mex. pp. 38.
- ALONSO, G.V.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, G.J. Y SOALLEIRO, R.R. 1999. Elaboración de un modelo de crecimiento dinámico para rodales regulares de "*Pinus pinaster* Ait" en Galicia. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 8(2):319-334.
- Bravo, F.; Del Río, M.; Pando, V.; San Martín, R.; Montero, G.; Ordoñez, C. y Cañellas, I. 2002. El diseño de las parcelas del Inventario Forestal Nacional y la estimación de variables dasométricas. El Inventario Forestal Nacional, Elemento Clave para la Gestión Forestal Sostenible, 19-35.
- CARRILLO-ANZUREZ, F.; ACOSTA-MIRELES, M. Y TENORIO-GALINDO, G. 2004. Tabla de volumen para *Pinus patula* Schl. et Cham. en el estado de Hidalgo. Folleto Técnico Núm. 2. INIFAP-SAGARPA. 16 p.
- CONDÉS, R.S. Y MARTÍNEZ-MILL, J. 2005. DOMO: Una aplicación Informática para el diseño de inventarios forestales. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 19:57-61.
- CORRAL-RIVAS, J.J.; BRETADO, V.J.; FERNÁNDEZ, S.F. Y AGUIRRE, C.C. 2006. Propuesta Metodológica para el Establecimiento de un Programa de Monitoreo del Manejo Forestal en Bosques Certificados. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- CORRAL-RIVAS, J.; BRETADO, V.J. Y LÓPEZ, C.J. 2014. Análisis de la estructura y composición del sistema permanente de monitoreo forestal del predio particular "Las Bayas" de la UJED, mpio. de Pueblo Nuevo, Durango. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. pp. 35.
- CORVALÁN, P. Y HERNÁNDEZ, J. 2006. Densidad del rodal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Cátedra de Dasometría.
- CRUZ-COBOS, F.; DE LOS SANTOS-POSADAS, H.M. Y VALDEZ-LAZALDE, J.R. 2008. Sistema compatible de ahusamiento-volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango, México. Agrociencia 42(4):473-485.
- CRUZ-LEYVA, I.A.; VALDEZ-LAZALDE, J.R.; ÁNGELES-PÉREZ, G. Y DE LOS SANTOS-POSADAS, H.M. 2010. Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo. Madera y bosques 16(3):75-97.
- DANIEL, T.W.; HELMS, J.A. Y BAKER, F.S. 1982. Principios de silvicultura (Vol. 492). México: McGraw-Hill. 492 p.
- DORADO, F.C.; DIÉGUEZ-ARANDA, U.; ANTA M.B. Y GONZÁLEZ, A.J.G. 2005. Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales 14(2):229-241.
- DIÉGUEZ-ARANDA, U.; DORADO, F.C.; ANTA, M.B. Y MURIAS, M.B. 2008. Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las

- dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. *Forest Systems* 12(2):131-139.
- GADOW, K.V.; ALBORECA, A.R.; GONZÁLEZ, J.A. Y SOALLEIRO, R.R. 2008. Ensayos de crecimiento. Parcelas permanentes, temporales y de intervalo. *Forest Systems* 8(3):299-310.
- GALARZA, G.J.A. 2008. Modelo de crecimiento para *Pinus cooperi* Blanco en el ejido "El Brillante" municipio de P.N. Durango. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Forestales Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. 70.
- González, E.G.F.; Díaz, D.A.; Loera, H.M.; Herrera, M.B.G. y Bretado, M.G.M. 2013. La percepción del clima organizacional en el personal de producción de un ejido forestal en México. *Revista global de negocios* 1(2):81-90.
- GONZÁLEZ-ELIZONDO, M.S.; GONZÁLEZ-ELIZONDO, M. Y MÁRQUEZ, L.M.A. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México, D.F. 219 p.
- GORGOSO, V.J.J. Y ROJO, A.A. 2009. Ajuste de la función Weibull a distribuciones diamétricas de masas de pino pinaster en Asturias. In: 5° Congreso Forestal Español.
- HERNÁNDEZ, S.J. 2012. Efecto del manejo forestal en la diversidad, composición y estructura de un bosque de *Pinus arizonica* Engelm. en el ejido El Largo, Chihuahua, México, Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L. Méx. 115 p.
- INEGI. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Durango. http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/DGO_ANUARIO_PDF15.pdf. Consultado 11 de agosto de 2106.
- KLEPAC, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. 365 p.
- MONÁRREZ-GONZÁLEZ, J.C. Y RAMÍREZ-MALDONADO H. 2003. Predicción del rendimiento en masas de densidad excesiva de *Pinus durangensis* Mtz. en el estado de Durango. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(1):45-56.
- MONTES DE OCA, C.E.; CORRAL, R.S. Y NÁJERA, L.J.A. 2008. Ajuste de ecuaciones de volumen en *Pinus durangensis* en la comunidad Las Flechas, Durango, México. *InterSedes* 9(17):173-180.
- NÁVAR-CHÁIDEZ, J. Y CONTRERAS-AVIÑA, J.C. 2000. Ajuste de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino en Durango, México/Fitting the weibull distribution to diameter structures of uneven aged stands of pinus in Durango, México. *Agrociencia* 34(3):353-362.
- NÁVAR-CHÁIDEZ, J. Y GONZÁLEZ-ELIZONDO, S. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* 27:71-87.
- NÁVAR-CHÁIDEZ, J. 2009. Estimaciones empíricas de parámetros de la distribución Weibull en bosques nativos del norte de México. *Revista Forestal Latinoamericana* 24(2):51-68.
- O'HARA, K.L. 2002. The historical development of uneven-aged silviculture in North America. *Forestry* 75:339-346.

- POMPA-GARCÍA, M.; CERANO-PAREDES, J. Y FULÉ, P.Z. 2013. Variation in radial growth of *Pinus cooperi* in response to climatic signals across an elevational gradient. *Dendrochronologia* 31(3):198-204.
- ROMAHN, D.L.V. Y RAMÍREZ, M.H. 2006. Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. México, 295 p.
- ROMAHN, DE LA V.C.F. Y RAMÍREZ, M.H. 2010. Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. México, DF. 312 p.
- SALAS, C.; NIETO, L. E IRISARRI, A. 2005. Modelos de volumen para *Pinus pinaster* Ait. en la Comarca del Baixo Miño, Galicia, España. *Quebracho* 12:11-22.
- SÁNCHEZ, F.; RODRÍGUEZ, R.; ROJO, A.; ÁLVAREZ, J.G.; LÓPEZ, C. Y GORGOSO, C.J.F. 2003. Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Forest Systems* 12(2):65-83.
- SANTIAGO-GARCÍA, W.; DE LOS SANTOS-POSADAS H.M.; ÁNGELES-PÉREZ, G.; CORRAL-RIVAS, J.J.; VALDEZ-LAZALDE, J.R. Y DAVID, H. 2014. Predicción del rendimiento maderable de *Pinus patula* Schl. et Cham. a través de modelos de distribución diamétrica. *Agrociencia* 48(1): 87-101.
- SMALLEY, G.W. AND BAILEY, R.L. 1974. Yield tables and stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama, and Georgia highlands. Res. Pap. SO-96. New Orleans, LA: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 81 p., 96.
- TRES, P.I. 2014. Influencia de las claras forestales en el crecimiento y estructura de un rodal de pino silvestre en el Pirineo navarro. Tesis. Universidad Pública Navarra, España. 72 p.
- VALENCIA, C.J.E. 2013. Sistema volumétrico para *Pinus oocarpa* Schiede y *Pinus douglasiana* Martínez en el estado de Durango. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares N.L. 57 p.