

Modelo de crecimiento para *Caesalpinia violacea* (Mill). Standl, en la Empresa Forestal Integral (EFI) Guanahacabibes.

Growth model for *Caesalpinia violacea* (Mill). Standl, in Integrated Forest Enterprise (EFI) Guanahacabibes.

Autor: *José Carlos Rodríguez García. Estudiante de la carrera ingeniería forestal, Universidad de Pinar del Río. Calle Martí Final #270, Pinar del Río. Cuba. Email: jose carlos@estudiantes.upr.edu.cu

RESUMEN

El trabajo que se presenta tuvo como fin elaborar un modelo de crecimiento para *Caesalpinia violacea* (Mill). Standl, en la Empresa Forestal Integral (EFI) Guanahacabibes. Para lo cual se establecieron parcelas temporales de las que se extrajeron los datos necesarios para el análisis, dendrométrico y dasométrico los que se procesaron y sometieron a pruebas estadísticas utilizando el paquete SPSS 15.0 versión 15.02 y el CurveExpert versión 1.3 para Windows. Se evaluó la estructura vertical, un perfil de la vegetación con el empleo de las facilidades de software SVS versión 2.0, así como se ajustó una función de probabilidad de densidad (f.p.d). Como resultado del análisis se obtiene la representación de la estructura por clases diamétricas de la especie, la f.p.d de Weibull con las ecuaciones de los parámetros de escala y de forma resultantes, lo cual permite un estimado eficiente en el tiempo de las clases diamétricas y con ello el despiece comercial de las masas de esta especie, elemento de gran importancia en la valoración de montes. La variable altura dominante resultó ser la indicadora del sitio a partir de la cual se obtienen los modelos de crecimiento de la masa del diámetro del árbol medio ($d_{1.30}$), de la altura del árbol medio (h), y el área basal por hectárea (G/ha), y el sistema de curvas de índices de sitio permitió diferenciar las plantaciones en seis calidades, fijados estos para los valores 11, 14, 17, 20, 23 y 26 metros a la edad de 20 años.

Palabras clave: *modelo, crecimiento, función, probabilidad, densidad, corredor*

ABSTRACT

The paper presented was aimed at developing a growth model for *Caesalpinia violacea* (Mill). Standl in Integral Forest Enterprise (EFI) Guanacahabibes. To which temporary plots were established which data were extracted for analysis, and dasometric, dendrometric which were processed and submitted to statistical tests using SPSS version 15.0 15.02 and CurveExpert version 1.3 for Windows. We assessed the vertical structure of the vegetation profile with the use of the facilities SVS version 2.0 software and adjust a probability density function (fpd). As a result we obtain the representation of the structure by size classes of the species, the Weibull fpd with the equations of the scale parameter resulting shape, which allows time-efficient estimated diameter class and thus the commercial cutting of the masses of this species, important element in the assessment of the mountains, the variable height control yourself indicator proved to be the site from which we obtain the growth models of the mass of the average tree diameter ($d_{1.30}$), of average tree height (h), and basal area per hectare (g / ha), and the system of site index curves plantations allowed to differentiate into six grades, set these to the values 11, 14, 17, 20, 23 and 26 meters at the age of 20 years.

Keywords: *model, growth, function, probability, density, corridor.*

INTRODUCCIÓN

Lograr el objetivo supremo del rendimiento sostenible constituye un empeño difícil de alcanzar. El enunciado aparentemente simple que lo define es acechado por multitud de presiones que constantemente pueden inclinar la balanza hacia una conservación efectiva de los recursos naturales o en el sentido de acciones insuficientes que no logran una gestión verdaderamente sostenible de los bosques. Resulta difícil conciliar las demandas de las generaciones presentes con los requerimientos y preferencias de las generaciones futuras. No puede predecirse con exactitud qué demandas impondrá un mercado cada vez más Globalizado y dinámico; lo que hoy es una demanda apremiante mañana puede ser relegado o sustituido. Una realidad si permanecerá: la función insustituible de los bosques en el medio ambiente de la Tierra. Existe una preocupación constante por atajar o reducir el agotamiento de los sistemas biofísicos

que nos rodean que se ha dado en llamar Línea Verde del Ecodesarrollo (García, 2001).

Para llevar a cabo un manejo forestal eficiente y con miras a la sustentabilidad es necesario que los manejadores forestales cuenten con herramientas cuantitativas confiables, para sustentar sus decisiones respecto al quehacer silvícola en el bosque bajo manejo. Los sistemas de crecimiento y rendimiento maderable (SCRM) constituyen estas herramientas, y representan el componente esencial sobre el que descansa la planificación del manejo de bosques.

El crecimiento forestal es el resultado de un conjunto de factores ambientales que influyen sobre la fisiología de las especies. Medir cada uno de los factores ambientales relevantes es bastante arduo pero lo es aún más el integrarlos en una estructura lógica que explique las relaciones y respuestas posibles del rodal-árbol con el ambiente. Por ello la mayoría de los sistemas de rendimiento maderable de uso prácticos son simplificaciones lógicas de procesos naturales de crecimiento de manera simplificada.

Existen varios enfoques de modelado, a los cuales los forestales recurren dependiendo de la complejidad del ecosistema forestal bajo estudio y las necesidades de manejo. Cada enfoque proporciona distintos niveles de información desde las estimaciones directas a nivel de masa (predicción explícita), sistemas de distribuciones diamétricas (predicción implícita) hasta sistemas de crecimiento de árbol individual. Sin embargo, la mejor estrategia siempre será aquella que resulte ser más útil en la aplicación final, en términos tanto de la cantidad de información que provee como de la exactitud y detalle de la misma (Barrero, 2010).

En bosques coetáneos y monoespecíficos, suelen preferirse los modelos explícitos de totalidad del rodal debido a la estructura relativamente sencilla de las masas que lo componen, por lo que en esta investigación se tuvo como objetivo general: Ajustar un modelo de crecimiento para *C. violacea*, en la EFI Guanahacabibes.

Materiales y Métodos

Ubicación de área de estudio

La investigación se desarrolló en la EFI Guanahacabibes la misma se encuentra ubicada en el extremo más occidental de Cuba, abarcando gran parte del municipio Sandino en la Provincia de Pinar del Río. Sus límites geográficos son los siguientes: al norte con el municipio de Mantua y el Golfo de Guanahacabibes; al sur con el Mar Caribe; al este con el municipio Guane y la Ensenada de Cortés y al oeste con el Canal de Yucatán.

La superficie total de la empresa es de 109597.0 ha distribuidas en tres Unidades Silvícolas La Fe, Cortez y El Valle de esta superficie está ocupada por plantaciones establecidas 3 451.4 ha y de estas solo 33.3 ha son de *C. violacea* (Vergara *et al.*, 2007).

Caracterización edafoclimáticas.

Según Vergara *et al.*, (2007) las características climáticas de Guanahacabibes indican la presencia de un meso-clima que se extiende hacia el este y alcanza la región de Guane. Es del tipo tropical marítimo, sin una estación de seca absoluta, pero con ciertas características de clima monzónico, pues en el invierno las altas presiones dominantes influyen en la península y obstruyen la llegada de los vientos alisios, que para entonces bajan en latitud (movimiento aparente al sol), pero en verano las bajas presiones refuerzan a los alisios cálidos y cargados de humedad. En general el clima es agradable, con aire suave y cargado de ozono de gran pureza. Por su posición geográfica la península está incluida entre las regiones de Cuba más seriamente amenazadas y azotadas por huracanes en la temporada ciclónica (junio –noviembre).

Caracterización del rodal 7, lote 28, US Cortés.

El área de estudio pertenece a la categoría de bosques Protector de la flora y fauna, presenta una superficie de 2.24 ha, ocupada por la especie *C. violacea*, plantada en el año 2003, presentando una edad hasta la fecha de iniciado este trabajo de 7 años en un terreno llano.

Este corredor se encuentra en el grupo de edad de brinjal y se maneja actualmente como posible masa semillera, en relación al sitio forestal, esta área presenta según la clasificación genética de los suelos la serie rojo ferralítico cálcico y su constitución geológica (plioceno superior- plioceno inferior), margas, calizas y calcarenitas semi-rocosas. Este suelo está sustentado sobre caliza del neógeno al cuaternario ecomorfológicamente constituye un carso llano y uniforme en forma de diente de perro más labrado que el resto de la península aunque el afloramiento rocoso es mayor que el 90%. Estos suelos rocosos son poco profundos esqueléticos, localizados a veces en forma de bolsones.

Procedimientos para la modelación del crecimiento

Diseño de muestreo.

La muestra estuvo conformada por 60 unidades muestréales probabilísticas, 500 m² tamaño de unidad recomendados para plantaciones en los trópicos por De Nacimiento (1979), y Alder (1980) utilizándose las 45 unidades de muestreo temporales totales a razón de 3 mediciones consecutivas a partir del año 2010 (4), 2012 (24) y 2013 (14) además del registro de 15 mediciones históricas del inventario forestal clásico en la empresa de 15 plantaciones con diferentes edades, con el objetivo de representar el comportamiento histórico de esta especie en la empresa y disminuir el déficit de información sobre el crecimiento en determinadas edades.

Se confeccionó un registro, donde se detalló, datos sobre las operaciones de vivero, métodos de preparación del sitio, fecha de plantación, datos sobre las operaciones en la plantación, post-plantación y otras actividades silvícolas.

La modelación de las variables dasométricas H_0 , $d1.30$, h , G/ha y V/ha se realizaron en función de la variable más fuertemente correlacionadas, utilizándose para su ajuste los modelos establecidos en el software CurveExpert ver.1.3 y el SPSS ver 15 para Windows.

Análisis y discusión de los resultados

Estructura vertical de la masa de *Caesalpinea violacea*.

El conocimiento de la estructura de un rodal es fundamental para percibir las intervenciones de manejo y más importante aún para determinar el rendimiento de los bosques por tipo de producto. Hoy, la diversidad de productos factibles de obtener, obliga al técnico a evaluar las alternativas de manejo con información detallada en cuanto a productos y combinaciones de productos.

El conocimiento del rango y distribución diamétricas permite una evaluación física y económica mucho mejor que utilizando valores promedios como el diámetro medio. El conocimiento y representación de la estructura de un bosque adquiere mayor relevancia frente a la gran diversidad de productos que se están generando del bosque Prodan *et al.* (2007).

El desarrollo de una masa forestal se encuentra condicionado además de la calidad de sitio por los tratamientos silvícolas realizados, un análisis de la distribución por clases diamétricas del rodal 2, lote 29, US Cortés en la EFI Guanahacabibes así lo evidencia (figuras 1 y 2).

Figura 1.-Distribución por clases diamétricas en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia

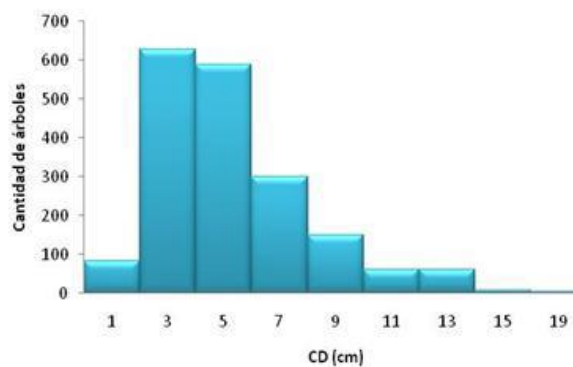


Figure 1.-Distribution for diametrics classes in the year 2012.

Source: Own Elaboration

Figura 2. -Distribución por clases diamétricas en el año 2013.

Fuente: Elaboración propia.

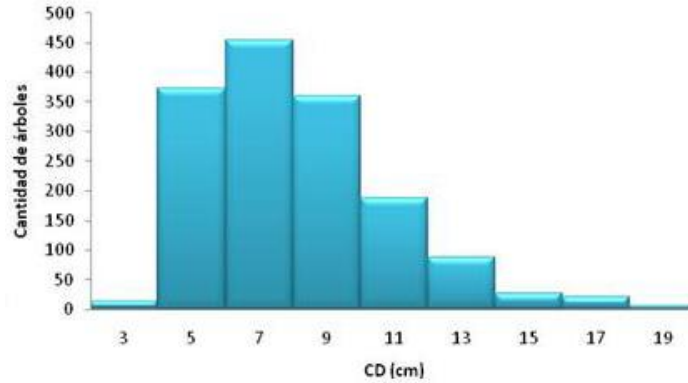


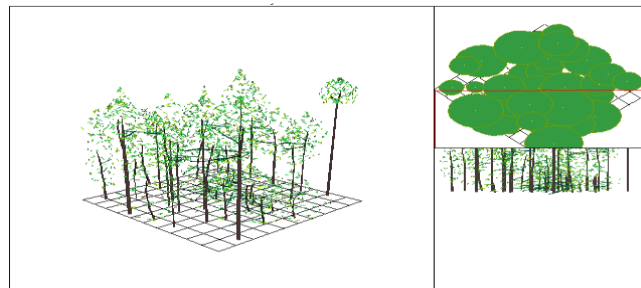
Figure 2.-Distribution for diametrics classes in the year 2013.

Source: Own Elaboration

En el año 2012 se realiza un raleo lo que favorece un desplazamiento del número de individuos de las clases diamétricas inferiores a las superiores alcanzándose simetría en el lado derecho del histograma, se percibe que el tipo de distribución en el 2012 es decreciente con un predominio de las clases diamétricas inferiores, un perfil de este comportamiento de una parcela montada en SVS así lo demuestra figura 3.

Figura 3.- Perfil vertical de la plantación de *C. violacea* en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia.



Figures 3. Vertical profile of the plantation of *C. violacea* in the year 2012

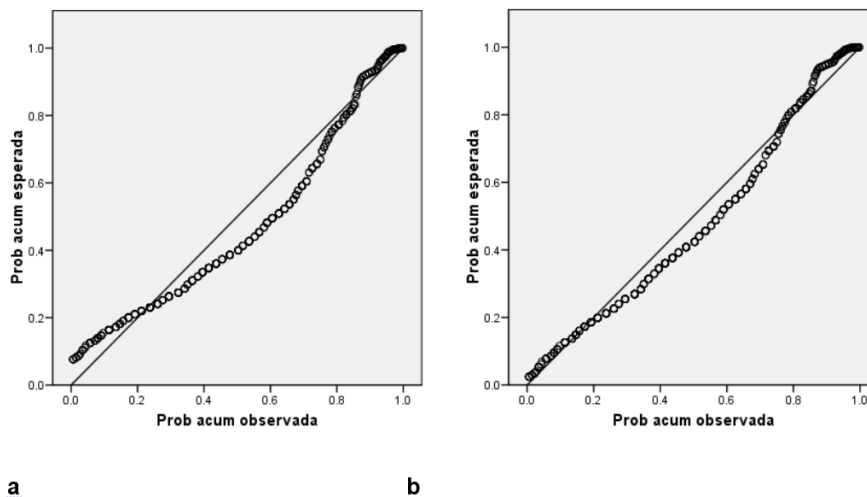
Source: Own Elaboration

Como se percibe en la figura en el año 2012 existe un predominio de un sotobosque el cual proviene de la regeneración natural de esta especie la cual había sido poco manejada silviculturalmente hasta este momento, el tipo de manejo inicial fue el de bosque natural multietáneo que luego de varias cortas de la vegetación del bosque secundario existente y un enriquecimiento en corredor, pasó a manejarse como monte alto regular lo cual se corresponde en la distribución por clases diamétricas del año 2013 donde esta distribución poco a poco se aproxima a una distribución de frecuencia normal, la cual asume la forma de una campana, existiendo predominio de las frecuencias más abundantes localizadas en la región central del histograma, disminuyendo hacia ambos lados, los valores del diámetro se agrupan por el principio de aleatoriedad en torno a una magnitud media.

Analizando una prueba descriptiva de gráfico P-P con el objetivo de determinar si la distribución de la variable número de árboles por hectárea por clases diamétricas para el año 2013, coincide con las distribuciones Normal o de Weibull se obtienen las figuras 4 a y b donde se muestran las proporciones acumuladas de la variable de interés con respecto a las proporciones acumuladas de las distribuciones de contraste.

Figura 4. Gráfico P-P de la distribución de Weibull (a) y Normal (b).

Fuente: Elaboración Propia.



Figures 4. Graphic P-P of the distribution of Weibull (to) and Normal (b).

Source: Own Elaboration

En la figura 4 (a) queda evidenciado que el comportamiento de la probabilidad acumulada observada en función de la probabilidad esperada, sigue la tendencia de la recta, mucho más aceptable que la (b) correspondiente a la distribución normal, lo cual demuestra que el comportamiento de la distribución de la variable número de árboles por hectárea por clases diamétricas coincide con las distribuciones de Weibull.

Modelación del crecimiento de las variables dasométricas

El primer paso para la construcción de un modelo de crecimiento es la definición de la calidad de sitio, para ello se analiza la relación que existe entre la variable indicadora de la calidad de sitio que es la altura dominante con la edad y el resto de las variables dasométricas tabla 1.

Tabla 1. Matriz de Correlaciones de Pearson de las variables dasométricas.

Fuente: Elaboración propia.

		Ho	edad	d	g	h	v	n	FE
Ho	r	1	,497(**)	,726(**)	,538(**)	,815(**)	,671(**)	-,395(**)	-,873(**)
	Sig.		,001	,000	,000	,000	,000	,008	,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
edad	r	,497(**)	1	,588(**)	,405(**)	,625(**)	,558(**)	-,229	-,498(**)
	Sig.	,001		,000	,006	,000	,000	,135	,001
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
d	r	,726(**)	,588(**)	1	,736(**)	,888(**)	,799(**)	-,524(**)	-,846(**)
	Sig.	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
g	r	,538(**)	,405(**)	,736(**)	1	,603(**)	,914(**)	,087	-,620(**)
	Sig.	,000	,006	,000		,000	,000	,576	,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
h	r	,815(**)	,625(**)	,888(**)	,603(**)	1	,792(**)	-,445(**)	-,956(**)
	Sig.	,000	,000	,000	,000		,000	,002	,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
v	r	,671(**)	,558(**)	,799(**)	,914(**)	,792(**)	1	-,040	-,760(**)
	Sig.	,000	,000	,000	,000	,000		,796	,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
n	r	-,395(**)	-,229	-,524(**)	,087	-,445(**)	-,040	1	,418(**)
	Sig.	,008	,135	,000	,576	,002	,796		,005
	N	44	44	44	44	44	44	44	44
FE	r	-,873(**)	-,498(**)	-,846(**)	-,620(**)	-,956(**)	-,760(**)	,418(**)	1
	Sig.	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,005	
	N	44	44	44	44	44	44	44	44

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Table 1. Womb of Correlations of Pearson of the variable dasométricas.

Source: Own Elaboration

Existe una correlación aceptable y significativa de las variables dasométricas altura dominante con la edad, el diámetro, altura, área basal/ha, volumen/ha y factor de expansión, no siendo así para el número de árboles por hectárea que infiere que sea consecuencia del raleo realizado en el año 2012.

Es entonces la altura dominante la más fuertemente correlacionada con el resto de las variables dasométricas lo cual favorece la obtención de modelos en función de esta variable que indica la calidad del sitio.

Para ello se obtiene primeramente para esta variable analizando dos modelo biológicos asintóticos de crecimiento (Shumacher y Chapman-Richards) empleados por varios autores en la modelación del crecimiento de especies forestales en Cuba como es el caso de *Tectona grandis* en la EFI Granma por Fidalgo y García (2005), en *Pinus caribaea* var. *caribaea* en Pinar del Río por García. (2002); Barrero (2010) resultado del ajuste de los modelos seleccionados con diferentes valores tentativos de β_2 parámetro relacionado con la velocidad de crecimiento y propuesto como la tasa de velocidad del crecimiento de mejor comportamiento para Shumacher 0,2 y para Chanman Richard 0,17, representándose la bondad de ajuste en la tabla 2.

Tabla 2. Bondad de ajuste.

Fuente: Elaboración propia.

Modelo	R	R ²	R ² corregida	Error tip. de la estimación
Chapman-Richards	,967(a)	,936	,932	,10132
Schumacher	,957(a)	,915	,910	,11638

Table 2. Adjustment kindness

Source: Own Elaboration

Comparando la bondad de ajuste (tabla 2) de cada una de las ecuaciones, el modelo de Chapman-Richards posee un mejor comportamiento de los coeficientes de correlación (R), coeficiente de determinación (R²) y error de estimación (Sx).

En la (tabla 3) de resumen de ANOVA se puede observar que existe una relación significativa entre las variables $\alpha < 0,05$, el estadístico F contrasta la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero.

Tabla 3. Relación significativa entre las variables.

Fuente: Elaboración propia.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	2,541	1	2,541	247,480	,000(a)
Residual	,175	17	,010		
Total	2,715	18			

Table 3. Significant relationship among the variables.

Source: Own Elaboration

Por su parte en la (tabla 4) el valor t y sus niveles críticos (sig), contrastan la hipótesis nula de que los coeficientes valen cero en la población $\alpha < 0,05$, la pendiente poblacional de la recta de regresión es significativamente distinta de cero lo que nos permite concluir que entre la altura dominante y la edad existe una relación lineal significativa; según este comportamiento la ecuación vendría dada por:

Tabla 4. Coeficientes de la recta de regresión.

Fuente: Elaboración propia.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error tip.	Beta		
B_0	3,062	,030		102,018	,000
B_1	2,982	,190	,967	15,732	,000

Table 4. Coefficients of the regression straight line.

Source: Own Elaboration

Sustituyendo los coeficientes no estandarizados de la regresión en el modelo quedan representados a continuación:

$$\ln H_0 = 3,062 + 2,982 * [1 - e^{-0,2 * \text{Edad}}]$$

En la (figura 5) se muestra el ajuste de la ecuación media de H_0 para la especie en la EFI Guanahacabibes.

Figura 5. Curva del comportamiento medio de la altura dominante.

Fuente: Elaboración propia.

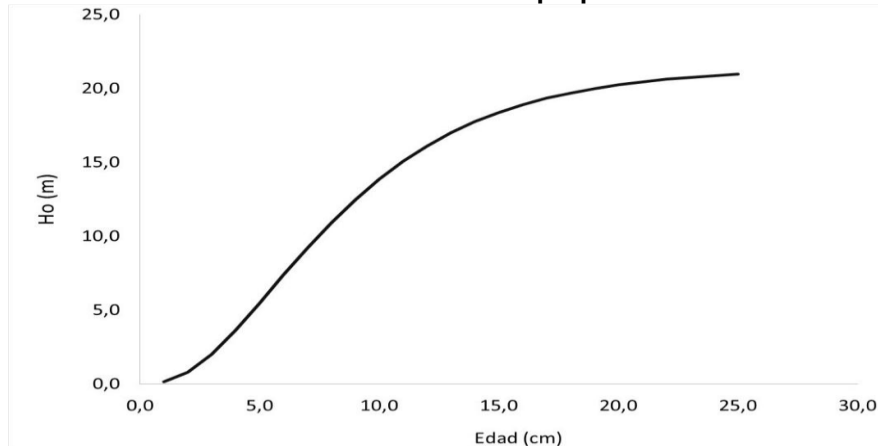


Figure 5. Curve of the half behavior of the dominant height.

Source: Own Elaboration

Estos resultados del mejor ajuste se corresponde con los encontrados por García *et al.* (1998) quienes desarrollaron ecuaciones de índices de sitio para *Swietenia macrophylla* en plantaciones en Quintana Roo, México y por Galan *et al.* (2008) para plantaciones de *Cedrela odorata* y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca, México con un R^2 de 0,919.y error típicos de 2,34.

Con el ajuste del modelo de Chapman-Richards se generaron familias de curvas anamórficas de IS en correspondencia con lo encontrado para otras especies de crecimiento rápido en Cuba, como en *Pinus tropicalis* por Padilla (1999); en *Eucalyptus* sp por Peñalver (1991) y en *Hibiscus elatus* por Zaldívar, (2000). Los índices de sitio propuestos en las condiciones de estudio son los siguientes: 11, 17, 20, 23, 27 y 29 m a una edad base de 20 m; para los que se obtienen los siguientes valores de β_0 (tabla 5):

Tabla 5. Valores de la constante u origen para cada IS.

Fuente: Elaboración propia.

IS	β_0
11	10,4
14	13,2
17	16,1
20	18,9
23	21,8
26	24,6

Table 5. Value of the constant or origin for each IS.

Source: Own Elaboration

Los modelos de crecimiento resultantes fueron los siguientes:

Tabla 6. Modelos de altura dominante Ho por Índice de sitio.

Fuente: Elaboración propia.

Calidad de sitio	de IS	Ecuación
VI	11 m	$H_o = 10,4^* [1 - e^{(-0,2*t)}]^{2,982}$
V	14 m	$H_o = 13,2^* [1 - e^{(-0,2*t)}]^{2,982}$
IV	17 m	$H_o = 16,1^* [1 - e^{(-0,2*t)}]^{2,982}$
III	20 m	$H_o = 18,9^* [1 - e^{(-0,2*t)}]^{2,982}$
II	23 m	$H_o = 21,8^* [1 - e^{(-0,2*t)}]^{2,982}$
I	26 m	$H_o = 24,6^* [1 - e^{(-0,2*t)}]^{2,982}$

Table 6. Models of dominant height Ho for place Index.

Source: Own Elaboration

Sustituyendo en el sistema anterior la edad hasta un valor tentativo de 27 años donde ya se ha logrado la asíntota horizontal, se logra el has de curvas de índice de sitio siguiente figura 6.

Figura 6. Curvas anamórficas de índice de sitio para *C. violacea*.

Fuente: Elaboración propia.

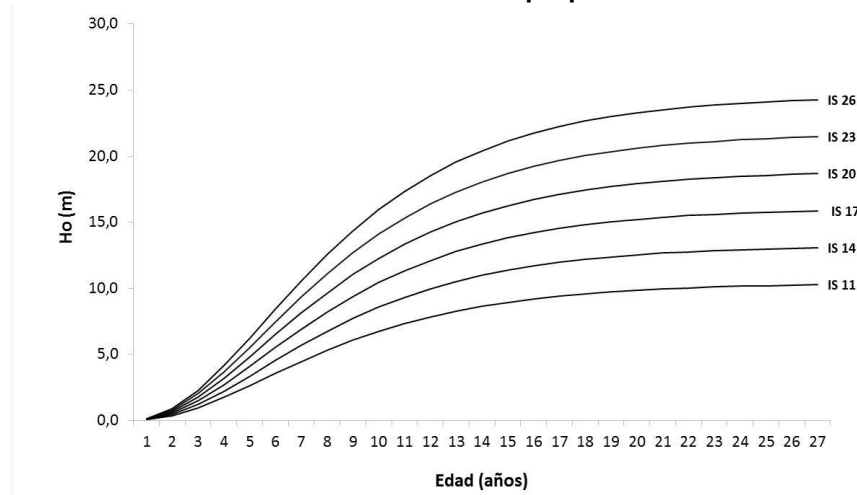


Figure 6. Curves anamórficas of place index for *C. violacea*.

Source: Own Elaboration

El índice de sitio para una observación seleccionada de altura-edad viene dado por:

$$IS = Ho * \left[\frac{1 - e^{(-0,2*ti)}}{1 - e^{(-0,2*t)}} \right]^{2,982}$$

Esta ecuación permite conocer para una observación dada de altura dominante-edad con un t_i fijado, el índice de sitio al cual pertenece el área, facilitando el trabajo de ordenación para la clasificación de los sitios.

Las curvas de crecimiento obtenidas permiten clasificar las plantaciones en su productividad potencial y diferenciar claramente 6 calidades por lo que se considera que este estudio es de utilidad en la aplicación de los manejos silvícolas así como en el establecimiento del turno para el aprovechamiento final.

Este modelo ha sido ampliamente utilizado y efectivo por Galan *et al.* (2008) para *Cedrela odorata* y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacapala, Pochutla, Oaxaca, México y por Barrero (2010) para *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la EFI Macurije en la provincia de Pinar del Río, Cuba.

Elaborado el modelo de crecimiento de H_0 , se procedió ajustar los modelos de crecimiento para las variables dasométricas h , $d1.30$, G/ha y V/ha .

Para la altura media se obtienen un total de 6 modelos (tabla 7) con buen comportamiento predictivo siendo el Reciprocal Quadratic y un polinomio de Tercer Grado con las mejores bondades de ajuste los menores errores estándar 1.17 y el coeficiente de determinación más altos 0.973.

Tabla 7. Bondad de ajuste de los modelos de $H=f(H_0)$.

Fuente: Elaboración propia.

Modelos	R	R²	R²corregi da	Se
Reciprocal Quadratic	0.987	0.973	0.972	1.17
3rd degree Polynomial Fit	0.987	0.973	0.972	1.17
Geometric Fit	0.986	0.972	0.971	1.18
Exponential Association (3)	0.986	0.973	0.971	1.18
Hoerl Model	0.986	0.972	0.971	1.18
Logistic Model	0.986	0.971	0.970	1.21

Table 7. Kindness of adjustment of the models of $H=f(H_0)$.

Source: Own Elaboration

El conocimiento de las 5 variables modeladas permite tomar decisiones sobre el manejo futuro y evaluar el existente, el cual se puede evaluar como aceptable al

corresponderse los incrementos de las variables dasométricas con los encontrados en la literatura para esta especie en el país por Fors (1975) y Sablón (1985).

El uso de las ecuaciones permite al tasador actualizar el inventario forestal para la ordenación de montes actividad que representa el 70 % según Prodan *et al.* (1997) de los costos de la ordenación, lo cual sustituye casi el 90 por ciento del trabajo de campo algo que representa una contribución económica considerable a la economía de esta empresa solo por este concepto.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la cumplimentación de los objetivos de la tesis, se arribaron a las siguientes conclusiones:

La estructura por clase diamétricas de la especie se ajustan efectivamente a la f.p.d de Weibull quedando evidenciado por el buen ajuste de las ecuaciones de los parámetro de escala y de forma resultantes, lo cual permite un estimado eficiente en el tiempo de las clases diamétricas y con ello el despiece comercial de las masas de esta especie, elemento de gran importancia en la valoración de montes.

La variable altura dominante resultó ser la indicadora del sitio a partir de la cual se obtienen los modelos de crecimiento de la masa del diámetro del árbol medio (d 1.30), de la altura del árbol medio (h), y el área basal por hectárea (G/ha).

El sistema de curvas de índices de sitio permitió diferenciar las plantaciones en seis calidades, fijados estos para los valores 11, 14, 17, 20, 23 y 26 metros a la edad de 20 años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, D. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. *Roma.FAO*, 1980, **2**(1).

BARRERO, HÉCTOR. *Modelo integral de crecimiento, perfil de fuste, grosor de corteza y estudio de la microdensidad de la madera para Pinus caribaea* Morelet

var. *caribaea* Barret y Golfari. Estudio de caso. EFI Macurijes. [En línea] 2010. [Consultado 18 de febrero de 2013.] Disponible en: <http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

DE NACIMIENTO, J. *Comparación de dos unidades de muestreo para Pinus tropicallis*. 1-2, *Revista Forestal Baracoa*, 1979, **9**.

FIDALGO, D Y GARCÍA, I. *Tablas de producción para plantaciones jóvenes de Tectona grandis L.f.* [En línea] 2005. [Consultado 8 de noviembre de 2012.] Disponible en: <http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

FORS, A.J. 1975. *Maderas cubanas*. La Habana: Pueblo y Educación, 1975.

GALÁN, R, DE LOS SANTOS. *Crecimiento y rendimiento de Cedrela odorata L. y Tabebuia donnell-smithii Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca*. 2, *Oaxaca Revista Madera y Bosque*, 2008, Vol. **14**(57) 65-82.

GARCÍA GÜEMES, C Y MONTERO, G. *Influencia de ciertas variables selvícolas en la pudrición provocada por Phellinus pini sobre Pinus pinea*. [En línea] 1998. [Consultado 5 de febrero de 2013.] Disponible en: <http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

GARCÍA, Y. 2002. *Variabilidad genética en pruebas combinadas de procedencia/progenies en Pinus caribaea Morelet var. caribaea Barret y Golfari*. [En línea] 2002. [Consultado 11 de enero de 2013.] Disponible en: <http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

GARCÍA. *Bases para el control y la planificación para Pinus caribaea Morelet var. caribaea Barret y Golfari en la provincia de Pinar del Río*. [En línea] 2001. [Consultado 2 de mayo de 2013.] Disponible en: <http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

MICHAIL P. *et al. Mensura Forestal*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José: IICA, 1997. ISBN-92-9039-3041.

PADILLA, G. 1999. *Tablas dasométricas para plantaciones de Pinus tropicallis Morelet*. [En línea] 1999. [Consultado 15 de noviembre de 2012.] Disponible en: <http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

PEÑALVER, A. 1991. *Estudio del crecimiento y Rendimiento de las plantaciones de Eucaliptus sp de la provincia de Pinar del Río*. [En línea] 1991. [Consultado 9 de

noviembre de 2012.] Disponible en:
<http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

SABLÓN, A. 1985. *Dendrología*. La Habana: Ciencia-Tecnología, 1985.

VERGARA, L. 2007. *Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal de la Empresa Forestal Integral*. Guanahacabibes: s.n., 2007-2016.

ZALDÍVAR, A. 2000. Estudio dasométrico de plantaciones de *Hibiscus elatus* SW en la provincia de Pinar del Río. [En línea] 2000. [Consultado 4 de diciembre de 2012.] Disponible en:
<http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros>.

Aceptado: 23/10/2014