

Modelación del crecimiento de *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl en
la Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Adjust of growth models of *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl in the Company
Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Caridad Palacios-Velázquez¹

José Carlos Rodríguez-García²

Héctor Barrero-Medel³

Yamila Pérez-Lazo⁴

Abstract

In this work, a growth model for *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl was adjusted in the Guanahacabibes Agroforestry Company. The sample consisted of 60 circular plots of 500 m² of a corridor of *C. violacea* with 6 measurements of the year 2010 and consecutive from, 2012-2016 in addition to 15 measures of plantations of this species of the forest inventory for the forest management in the company to cover all ages of the species in plantation. Two models, Shumacher's and Chapman-Richard's, were analyzed as age predictor and for linear regression adjustment. The variable head height (Ho) was the indicator of the site from which the growth models of mass, mean diameter, mean height and basal area per hectare were obtained. The system of site index curves was made up of six qualities, fixed at the age of 20 years for the dominant height values 11, 14, 17, 20, 23 and 26 m.

Key words: *Caesalpinea violacea*, dominant height, quality of place, age, adjustment kindness, basal area, Cuba.

1. Unidad de desarrollo, Empresa Agroforestal Guanahacabibes; Habana, Cuba; silvicultura@efig.co.cu

2. Centro de Investigación y Servicios Ambientales, ECOVIDA; habana, Cuba; jcarlos@ecovida.cu

3. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Universidad de Pinar del Río; Habana, Cuba; hbarrero@upr.edu.cu

4. Departamento de Investigación, Universidad Estatal Amazónica; Puyo, Ecuador; yamyarly_2008@hotmail.com

Recibido: 14/09/2017

Aceptado: 23/11/2017

Publicado: 14/12/2017

Introducción

Los modelos de crecimiento de bosques se han convertido en una rama importante de investigación en las ciencias forestales (Salas, Gregoire, Graven, y Gilabert, 2016).

La estimación de variables de difícil medición, como por ejemplo altura dominante a partir de la altura media, volumen a partir del diámetro o de este y la altura, son herramientas que permiten agilizar el inventario. La clasificación de sitios es indispensable para la fijación racional de la meta de producción y el turno de corta y constituye la base para la elaboración de las tablas de rendimiento, también conocidas como tablas de producción, que poseen gran valor para la planificación del manejo forestal.

La vía para la obtención de la información anteriormente expuesta, es sin duda, la realización de estudios de crecimiento y rendimiento en las plantaciones con fines de producción maderera, los cuales, sustentados sobre la base de la experiencia acumulada hasta el presente y el desarrollo de las tecnologías del procesamiento de la información, constituyen una premisa de la planificación forestal. No puede aspirarse a un uso eficiente de los recursos forestales sin conocer el potencial productivo del bosque, hacer productivo a un bosque conlleva a la inversión de costosos recursos materiales y humanos, así como la aplicación de una tecnología apropiada.

En Cuba, se han obtenido modelos de crecimiento y rendimiento para especies latifoliadas como la especie en estudio, algunos como modelos de crecimiento para *Hibiscus elatus* (Zaldívar, 2000) en la provincia Pinar del Río y en *Tectona grandis* en la provincia Granma (Fidalgo y García 2005). En ambas especies se empleó el modelo de Shumacher así como Sánchez (2014) en *Acacia mangium* Wild en plantaciones de la provincia de Pinar del Río con la ecuación de Chapman Richard. A nivel internacional se ha empleado la ecuación de Schumacher en *Cedrela montana* en la Comunidad Nativa de Shaani, región Ucayali, Perú (Castañeda, Inga y Arizapana, 2013) y el de Chapman Richard para *Cedrela odorata* y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacapala, Pochutla, Oaxaca, México (Galán, Santos y Valdez, 2008).

Aunque El dasónomo debe conocer la respuesta cualitativa y cuantitativa del bosque, y en este caso no existen herramientas para el manejo forestal de la especie *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, lo que dificulta el aprovechamiento forestal sostenible y la correcta planificación de los tratamientos silviculturales. Por esta razón, el objetivo general de este estudio fue ajustar un modelo de crecimiento para *C. violacea* en la Empresa Agroforestal Guanahacabibes.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la empresa Agroforestal Guanahacabibes figura 1 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 (Vergara, Baños y Martínez, 2007).

En el año de 2002 se realizó la correspondiente interpretación. Quince años más tarde, en el año de 2017 se realizó una reinterpretación de las imágenes con la finalidad de identificar posibles cambios de las superficies de las comunidades ambientales consideradas.

La superficie total de la empresa es de 109 597 ha distribuidas en tres Unidades Silvícolas La Fe, Cortez y El Valle de esta superficie está ocupada por plantaciones establecidas 3451,4 ha y de estas sólo 33,3 ha son de *C. violacea*. (Vergara et al., 2007).

Diseño de muestreo

Se realizaron 6 mediciones consecutivas entre los años 2010 y 2016, con una interrupción en el año 2011. La muestra estuvo conformada por 60 parcelas circulares de 500 m² tamaño de unidad de muestreo recomendada para plantaciones en los trópicos (Alder, 1980).

El tipo de modelo de crecimiento obtenido fue el de masas, (Salas et al., 2016) al no contar con el registro individual por árbol y emplear parcelas temporales del inventario para la Ordenación de Montes para suplir el déficit de edades menores y mayores que las plantaciones estudiadas.



Figura 1. Ubicación del área de investigación en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Figure 1. Location of the research area in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

El método de construcción de las curvas de índice de sitio empleado fue es el de la curva guía, seleccionándose para ello dos modelos, el de Schumacher y el de Chapman-Richards las que aparecen a continuación:

$$y = \beta_0 e^{\frac{\beta_1}{t^{\beta_2}}} \quad (\text{Schumacher})$$

$$y = \beta_0 [1 - e^{(-\beta_2 t)}]^{\beta_1} \quad (\text{Chapman y Richards})$$

Donde (y) es el tamaño del organismo en el tiempo (t); β_1 , β_2 y β_0 parámetros de la función o constantes desconocidas que deben ser estimadas; β_0 específicamente es el tamaño máximo asintótico (valor de f(t) cuando $t \rightarrow \infty$), el parámetro 2 es la tasa relacionada con la velocidad de crecimiento.

Para emplear la regresión lineal fue necesario linealizar estas ecuaciones utilizando en ambos lados de la ecuación logaritmos de base e (ln); luego por propiedades de logaritmos se consiguió:

$$\text{Schumacher: } \ln Ho = \ln \beta_0 + \frac{\beta_1}{t^{\beta_2}}$$

$$\text{Chapman y Richards: } \ln Ho = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln [1 - e^{(-\beta_2 t)}]$$

Concibiendo que en ambas ecuaciones la constante sea la altura máxima. $\beta_0 = \ln H_{\text{máx}}$, entonces β_0 y β_1 pueden ajustarse por regresión lineal siempre que β_2 sea conocido.

La modelación de las variables dasométricas altura dominante (Ho) se realizó con el software IBMSPSS ver.24 para Windows, y para el diámetro normal medio (D1.30), altura total del árbol medio (H) y Área basal por hectárea (G/ha) como indicador de densidad de la masa se realizó en función de la variable edad, utilizándose para su ajuste los modelos establecidos en el software CurvExpert ver.1.3 empleado por (Giraldo y Del Valle, 2012) para la modelación del crecimiento de *Albizia niopoides* en Colombia.

Cuadro 1. Prueba de bondad de ajuste para los modelos de crecimiento de Chapman-Richards y Schumacher para *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Table 1. Proof of goodness of fit for the growth models of Chapman-Richards and Schumacher for *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

Modelo	R	R ²	R ² corregida	Sx
Chapman-Richards	0,967	0,936	0,932	0,10132
Schumacher	0,957	0,915	0,910	0,11638

Resultados

Se analizaron dos modelos biológicos asintóticos de crecimiento (Schumacher y Chapman-Richards). Se empleó como tasa de velocidad del crecimiento de para Schumacher 0,2 y para Chapman Richard 0,17 (cuadro 1).

Al comparar la bondad de ajuste (cuadro 1) de cada una de las ecuaciones, el modelo de Chapman-Richards obtuvo un mejor comportamiento del coeficiente de determinación corregida (R² corregida) y el menor error típico de estimación (Sx).

En el (cuadro 2) de resumen del ANDEVA para el modelo de Chapman-Richards se puede observar que existe una relación significativa entre las altura dominante y la edad $\alpha < 0,05$. El estadístico F rechaza la hipótesis nula de que el valor de la pendiente de la recta es cero.

Por su parte en el (cuadro 3) también del modelo de Chapman-Richards el valor t y sus niveles críticos (sig), rechazan la hipótesis nula; que los coeficientes valen cero en la población $\alpha < 0,05$. La pendiente poblacional de la recta de regresión es significativamente distinta de cero, por tanto existe una relación lineal significativa entre la altura dominante y la edad.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el modelo de Chapman-Richards en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Table 2. Analysis of variance for the Chapman-Richards model in *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	2,541	1	2,541	247,48	0,000
Residual	0,175	17	0,010		
Total	2,715	18			

Cuadro 2. Coeficientes de la recta de regresión para el modelo de Chapman-Richards en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Table 2. Coefficients of lineal regression for Chapman-Richards model in *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t.	Sig.
	B	Error típico	Beta		
B_0	3,062	0,030		102,018	0,000
B_1	2,982	0,190	0,967	15,732	0,000

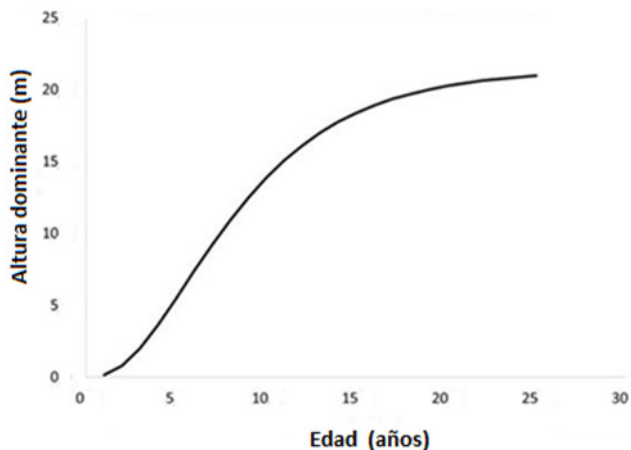


Figura 2. Curva del comportamiento medio de la altura dominante (m) y la edad (años) para *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Figure 2. Mean behavior curve of dominant height (m) and age (years) for *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

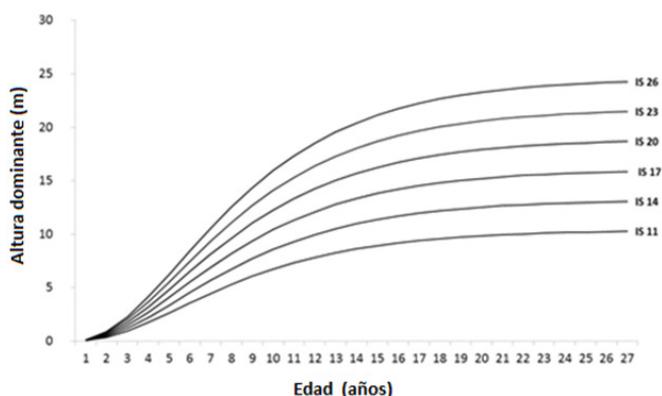


Figura 3. Curvas anamórficas de índice de sitio (IS) para *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Figure 3. Anamorphic curves of site index (IS) for *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

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

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

En la (figura 2) se muestra el ajuste de la ecuación media de H_0 para la especie en la EFI Guanahacabibes.

Los índices de sitio propuestos en las condiciones de estudio son los siguientes: 11, 14, 17, 20, 23 y 26 m a una edad base de 20 años; para los que se obtienen los valores de β_0 (cuadro 4).

Los modelos de crecimiento resultantes fueron los siguientes:

Calidad de sitio	IS	Ecuación
VI	11 m	$H_0 = 10,4 * [1 - e^{(-0,2 * t)}]^{2,982}$
V	14 m	$H_0 = 13,2 * [1 - e^{(-0,2 * t)}]^{2,982}$
IV	17 m	$H_0 = 16,1 * [1 - e^{(-0,2 * t)}]^{2,982}$
III	20 m	$H_0 = 18,9 * [1 - e^{(-0,2 * t)}]^{2,982}$
II	23 m	$H_0 = 21,8 * [1 - e^{(-0,2 * t)}]^{2,982}$
I	26 m	$H_0 = 24,6 * [1 - e^{(-0,2 * t)}]^{2,982}$

Cuadro 4 Valores de la constante u origen para cada índice de sitio (IS) en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Table 4. Values of the constant or origin for each site index (IS) in *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

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

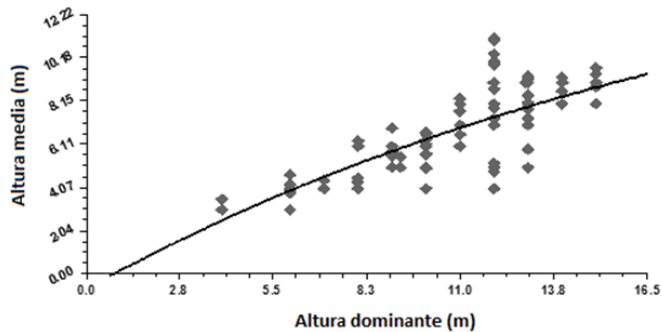


Figura 4. Ajuste del modelo para la altura media en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Figure 4. Model adjustment for the average height in *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

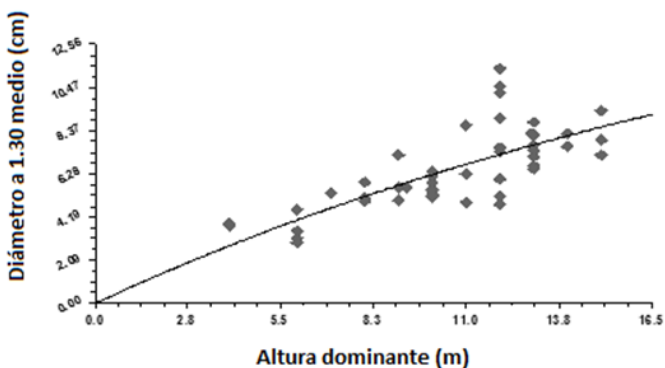


Figura 5. Línea de ajuste para diámetro medio en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Figure 5. Adjustment line for medium diameter in *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

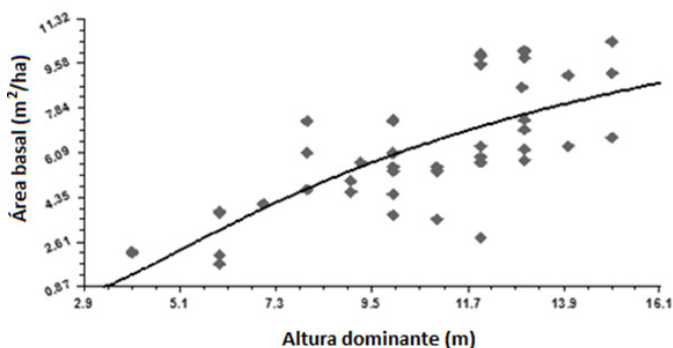


Figura 6. Representación del ajuste del modelo para área basal (m²/ha) y altura dominante (m) en *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en Empresa Agroforestal (EAF) Guanahacabibes, Cuba

Figure 6. Representation of the adjustment of the model for basal area (m²/ha) and dominant height (m) in *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, in Guanahacabibes Agroforestry Company (EAF), Cuba

Sustituyendo en el sistema anterior la edad hasta un valor tentativo de 27 años donde ya se ha logrado la asintota horizontal, se logra el has de curvas de índice de sitio (figura 3).

Si se desea calcular el índice de sitio de un rodal, dada su edad y la altura dominante, se emplarí la siguiente ecuación con edad base $t_i = 20$ años:

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

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.

Elaborado el modelo de crecimiento de H_o , se procedió ajustar los modelos de crecimiento para las variables dasométricas h , $d_{1,30}$, G/ha y V/ha .

En la figura 4 se representa el modelo exponencial para la altura media, con la mejor bondad de ajuste, con un valor de $R=0,906$ y un $R^2= 0,82$ y el más bajo error de estimación de 1,237

Si se sustituyen los coeficientes de variación no estandarizados de la regresión en el modelo, la ecuación para la altura media queda de la siguiente manera:

$$\bar{h} = 18.440 * [0.963 - e^{(-0,048*H_o)}]$$

Para el caso del diámetro medio, se obtuvo un modelo asociación exponencial con una bondad de ajuste de $R= 0,79$ y $R^2= 0,630$. Error típico de 1,324 (figura 5).

Si se sustituyen los coeficientes de variación no estandarizados de la regresión en el modelo, la ecuación del diámetro medio queda de la siguiente manera:

$$\bar{d}_{1,30} = 18.78 * [1 - e^{-0.040*H_o}]$$

En relación al área basal el modelo de mejor ajuste resultó un modelo exponencial con un error de estimación de 1,68 y un $R=0,73$ y $R^2=0,53$ (figura 6).

Al sustituir los coeficientes no estandarizados de la regresión en el modelo para el área basal, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$G/ha=0,51*H_o^{1.68}$$

Discusión

Los resultados del mejor ajuste para el modelo de altura dominante como indicador de la calidad sitio forestal, corresponden con los encontrados por García y Montero (1998) quienes desarrollaron ecuaciones de índices de sitio para *Swietenia macrophylla* en plantaciones en Quintana Roo 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 típico de 2,34.

Las curvas anamórficas que resultaron del análisis de la altura dominante en función de la edad por IS presentan el mismo comportamiento con lo encontrado para otras especies de latifoliadas de crecimiento rápido en Cuba como *Eucalyptus* sp (Peñalver, 1991), en *Hibiscus elatus* (Zaldívar, 2000) en plantaciones de la provincia de Pinar del Río, Cuba así como en *Tectona grandis* (Fidalgo y García, 2006) en plantaciones de la provincia Granma en Cuba.

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 Galán et al., (2008) para *Cedrela odorata* y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca, México y por Barrero (2010) para *Pinus caribaea* var *caribaea* en la EFI Macurije en la provincia de Pinar del Río, Cuba y por (Sánchez, 2014) en *Acacia mangium* Wild en plantaciones de la provincia de Pinar del Río.

El modelo de la altura media corresponde con el encontrado por Forst (1975) quien reporta alturas de un metro al año y de 2 y 3 m en los tres primeros años así como para el diámetro medio, área basal y el volumen/ha.

El conocimiento de las cuatro 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 Centro América y en el país por Forst, (1975) y Sablón (1985).

Conclusiones

- 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 ($\bar{d}_{1,30}$), de la altura del árbol medio (\bar{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.

Resumen

En este trabajo se ajustó un modelo de crecimiento para *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl, en la Empresa Agroforestal Guanahacabibes. La muestra estuvo conformada por 60 parcelas circulares de 500 m² de un corredor de *C. violacea* con 6 mediciones del año 2010 y consecutivas a partir, 2012-2016 además de 15 mediciones de plantaciones de esta especie del inventario forestal para la ordenación forestal en la empresa de manera que abarcasen todas las edades de la especie en plantación. Se analizaron dos modelos, el de Shumacher y el de Chapman-Richard, se usó como variable predictora la edad y para el ajuste la regresión lineal. La variable altura dominante (H_0) fue la indicadora del sitio a partir de la cual se obtuvieron los modelos de crecimiento de la masa, del diámetro medio, de la altura media y el área basal por hectárea. El sistema de curvas de índices de sitio lo conformaron seis calidades, fijadas a la edad de 20 años para los valores 11, 14, 17, 20, 23 y 26 m de altura dominante.

Palabras clave: *Caesalpinea violacea*, altura dominante, calidad de sitio, edad, bondad de ajuste, área basal, Cuba.

Referencias

- Alder, D. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos (Vol. 2) Roma: FAO.
- Barrero, H. (2010). 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 Ggolfari. Estudio de caso EFI Macurijes. (Tesis de Doctorado). Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar del Río.
- Castañeda M. I., Inga J. G. y Arizapana M. A. (2013). Aplicación de cuatro modelos de crecimiento a series dendrocronológicas de *Cedrela montana* (Meliaceae) - Comunidad Nativa de Shaani, región Ucayali, Perú. *Xilema*16, 48-56.
- Fidalgo, D y García, I. (2005). Tablas de producción para plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* L.f. DEFORS. Memorias en CD ISBN 959-246-180-5.
- Forst A. (1975). Maderas Cubanas. Editorial Pueblo y Educación, Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba.
- Galán, R., Santos, H. M. y Valdez, J. I. (2008). Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. *Madera y Bosques* 14(2), 65-82.
- García, C. y Montero, G. (1998). Influencia de ciertas variables

- selvícolas en la pudrición provocada por *Phellinus pini* sobre *Pinus pinea*. Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales 7(1-2), 203-218.
- Giraldo V.D y J.I Del Valle, (2012). Modelación del crecimiento de *Albizia niopoides* (Mimosaceae) por métodos dendrocronológicos en Colombia.. Revista de Biología Tropical, 2012 60 (3).
- Peñalver, A. (1991). Estudio del crecimiento y Rendimiento de las plantaciones de *Eucalyptus* sp de la provincia de Pinar del Río. (Tesis de doctorado). Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río.
- Sablón, A. M (1985). Dendrología . La Habana. Editorial Científico Técnica. 200 p.
- Salas, C., Gregoire, T. G., Graven, D. J., y Gilibert, H. (2016). Modelación del crecimiento de bosques: estado del arte. Bosque 37(1), 3-12.
- Sánchez, J. R. (2014). Turnos técnicos forestales para *Acacia mangium* Willd en la provincia de Pinar del Río. Memorias de la II Convención Agroforestal de Cuba. CD ISBN 978-959-7215-20-2.
- Vergara, L. M., Baños, R., y Martínez., L. (2007). Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal de la Empresa Forestal Integral. Guanahacabibes. La Habana. Ministerio de la Agricultura.
- Zaldívar, A. (2000). Estudio dasométrico de plantaciones de *Hibiscus elatus* SW en la provincia de Pinar del Río. (Tesis de doctorado). Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río.
- Goiás, através do uso de imagens do sensor MODIS. In.: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. Anais. INPE, p. 3841-3847.
- Diniz, I.R., Marinho Filho, J., Bomfim-Machado, R. y Brandao-Cavalcanti, R. (2010). Cerrado – conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação. Brasília: Thesaurus Editora, 482 p.
- Imaña-Encinas, J., Macedo, L.A. y Paula, J.E. (2007). Florística e fitossociologia de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do EcoMuseu do Cerrado, em Pirenópolis - Goiás. Rev. Cerne, Lavras, 13(3): 308-320.
- Imaña-Encinas, J., Nóbrega, R.C. y Matricarti, E. (2012). Georeferenciamento de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade na região do EcoMuseu do Cerrado, Goiás. Enciclopédia Biosfera, 8(14): 2142-2150.
- Imaña-Encinas, J., Santana, O.A., Macedo, L.A. y Paula, J.E. (2008). Distribuição diamétrica de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do EcoMuseu do Cerrado. Rev. Cerne, Lavras, 14(1): 33-45.
- Instituto Nacional de Meteorologia. (2016). Normas Climatológicas. Disponível em: <www.inmet.gov.br> acceso en: enero 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2002). Árvores do Brasil Central: espécies da região geoeconômica de Brasília. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 417p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2001). Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). Mapa de vegetação do Brasil, rio de Janeiro.
- Instituto Huah do Planalto Central. (2003). Almanaque EcoMuseu do Cerrado. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 44 p.
- Kimeev, V.M. Ecomuseums in Siberia as centers for ethnic and cultural heritage preservation in the natural environment. (2008). Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia 35(3): 119-128.
- Klink, C.A., Machado, R.B. (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology, 19(3): 707-713.
- Meneses, P.R. (1995). Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites e sensoriamento remoto. Brasília: Ed. Universidade de Brasília. 67p.
- Ministério de Meio Ambiente, Recursos Naturais e Amazônia Legal. (1999). Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília, DF, 26p.
- Nimer, E. (1989). Climatologia do Brasil. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 422 p.
- Nóbrega, R.C. (2002). Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no âmbito do EcoMuseu do Cerrado. Dissertação de mestrado, publicação EFMO 36, Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 49p.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. y Bridgewater, S. (1997). The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. Annals of Botany 80: 223-230.
- Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás. (1995). Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno do Distrito Federal. Goiânia, 216 p.