

LAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SITIO PARA DOS ESPECIES DE PINO EN URUAPAN, MICHOACÁN

Madrigal H. Salvador*
Ramírez M. Hugo**

RESUMEN

Con la finalidad de poder relacionar variables edáficas con el Índice de Sitio para *Pinus douglasiana* Martínez y *P. lawsonii* Roetzl; se efectuó un muestreo de suelo en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, ubicado en las inmediaciones de la ciudad de Uruapan, estado de Michoacán. Las muestras de suelo se tomaron en 28 perfiles de suelo, con dos horizontes A y AC, las cuales son muy variables en su espesor. Se determinaron las siguientes características y propiedades: porcentaje de arena, arcilla y limo, densidad aparente, humedad aprovechable, pH, Fósforo, Nitratos, entre otras, que fueron tomadas como variables independientes. La selección de las variables independientes, se hizo con base en la contribución para explicar la variabilidad del Índice de Sitio (IS); esto es, su aporte en R^2 , por medio del procedimiento STEPWISE del programa de cómputo SAS. Encontrando que para *P. douglasiana* la variabilidad del Índice de Sitio es explicada principalmente por la densidad aparente y la lámina de agua aprovechable de cada horizonte así como por el espacio poroso cuando se obtienen valores promedios por perfil. En cambio, para *P. lawsonii* la variabilidad del Índice de Sitio es explicada únicamente por la densidad aparente en el horizonte A.

Palabras clave: Índice de Sitio, *Pinus douglasiana*, *Pinus Lawsonii*, características del suelo, Barranca de Cupatitzio.

* M. C., Investigador del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio. CIR-Pacífico Centro, INIFAP, SAGAR.

** Ph.D., Profesor de Tiempo Completo, División de Ciencias Forestales y del Ambiente. UACH.

ABSTRACT

A soil sampling was made in the Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, that is located near Uruapan City, State of Michoacan, Mexico, to relate soil variables with site index for *Pinus douglasiana* Martínez and *P. lawsonii* Roehl. The soil sample was taken from 28 soil profiles with two thickness horizons: A and AC. The properties and characteristics percentage of sand, clay and silt, apparent density, available moisture, pH, phosphorus, nitrates, etc. were taken as independent variables. The independent variables selection was made according as a contribution to explain the site index variability, this is its contribution to R^2 , by means of the STEPWISE procedure of SAS computer package. The results shown that for *P. douglasiana* the site index variability is explainable mainly by the apparent density and the available water lamina, also, by the available water lamina and the porous space with average values by profile. Whereas for *P. lawsonii* only the apparent density in the horizon A explain the Site Index variability.

Key words: Site Index, *Pinus douglasiana*, *Pinus lawsonii*, soil characteristics, Barranca de Cupatitzio.

INTRODUCCIÓN

Para cumplir con el manejo adecuado de los bosques, es necesario que el profesional forestal cuente con herramientas que le permitan recabar suficientes datos e información sobre las masas arboladas que integran este recurso natural. De esta manera, la administración forestal cumplirá más fácil y satisfactoriamente los objetivos del manejo preestablecido.

Los modelos para estimar la capacidad productiva de los terrenos forestales, son algunas de las herramientas sobresalientes, ya que pueden ser utilizados en el diseño de regímenes silvícolas biológicamente posibles, así como predecir el incremento y rendimiento de árboles y masas forestales, predicciones necesarias para la instrumentación de los esquemas de regulación.

Evaluar la productividad de un sitio significa, generalmente, hacer mediciones de las características de éste y de las variables del rodal. Esta productividad se expresa comúnmente en términos de las propiedades de cada rodal, como la altura a cierta edad, con las que se generan curvas de IS. Estas curvas son la base de un método sencillo y práctico; sin embargo se requiere la presencia de arbolado.

Un problema frecuente es el desconocimiento de los requerimientos fisiográficos, edáficos y climáticos de la mayoría de nuestras especies forestales que son de importancia en el momento de plantar en áreas carentes de bosque.

La variabilidad de las condiciones geológicas, topográficas y climáticas presentes en el estado de Michoacán, han dado origen a diferentes ecotipos forestales; sin embargo, al trabajar en áreas con geología y clima semejantes, las características dasométricas pueden atribuirse a las variaciones topográficas y edáficas. De resultar cierto, sería posible estimar estas características a partir de propiedades físicas y químicas del suelo y viceversa, siempre que la consistencia de las estimaciones evidenciara confiabilidad en las estimaciones.

Por los argumentos anteriores y conociendo que un bosque está integrado por rodales de diferentes características dasométricas, que son un reflejo de las condiciones del lugar, se planteó estudiar las especies *Pinus douglasiana* Martínez y *P. lawsonii* Roetzl, que son las más importantes económicamente, con el siguiente objetivo:

- Generar indicadores de calidad de sitio con base en propiedades físicas y químicas del suelo para el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

ANTECEDENTES

Para modelar el crecimiento de árboles y masas forestales, necesariamente debe existir un motivante que en este caso es la administración para la producción maderable, y los medios para lograr su construcción (Ramírez, 1994)¹. Los medios para la construcción se configuran con base en los conceptos teóricos que sobre el crecimiento se tengan. Actualmente se discierne sobre dos corrientes principales: los modelos empíricos y los modelos de procesos.

Los modelos de Índice de Sitio se clasifican dentro de los modelos empíricos, ya que en estos modelos, los procesos biológicos no son considerados directamente; en cambio el crecimiento se toma como la respuesta de un sistema complejo, sobre el que actúa un gran número de variables, pero pocas de ellas, frecuentemente solo una, la edad, se considera para el modelaje (Ramírez, *op. cit.*).

¹ Ramírez M., H. 1994. Construcción de modelos de crecimiento y su aplicación en el diseño de regímenes silvícolas. pp. 25-31.

Estos modelos son producto de la experiencia, tanto del modelador como la derivada de la experimentación, y pueden ser para árboles y para masas forestales, en los primeros los más relevantes son para crecimiento en altura.

El término Calidad de Sitio, se refiere a la capacidad que tiene un terreno forestal para favorecer el crecimiento de los árboles. Por lo tanto, la Calidad del Sitio estará determinada por la suma de los factores que afectan la productividad de un bosque, como son los climáticos, edáficos, topográficos y biológicos (Daniel *et al.*, 1986²; Spurr y Barnes, 1982³; Musálem *et al.*, 1986⁴; Pritchett, 1986⁵).

En el contexto del manejo forestal, la calidad de Sitio puede definirse como la producción potencial de madera de un sitio para una especie en particular o tipo de bosque. En sí, es un índice relacionado a la máxima cantidad de volumen que el suelo puede producir (Clutter *et al.*, 1983⁶; Davis y Johnson, 1987⁷).

Barnes *et al.* (1982)⁸ presentaron un método ecológico de clasificación multifactorial, en el cual se establecieron las interrelaciones entre fisiografía, suelo y vegetación; factores usados para distinguir y cartografiar diferentes unidades de ecosistemas como base para un manejo intensivo de uso múltiple. Por otra parte, señalaron que los factores físicos del medio ambiente son relativamente estables y probablemente mejores predictores del sitio que la vegetación.

Frecuentemente se ha tomado de manera general un número considerable de variables del medio. Para discriminar esas variables a menudo se utiliza la metodología de análisis conocida como STEPWISE del programa de cómputo SAS (Statistical Analysis System). Es decir, una regresión paso a paso, originando una ecuación, que involucra las variables que mejor explican el fenómeno, sustentado por el coeficiente de determinación (R^2), asociado al menor valor de la suma de cuadrados del error (Arteaga, 1985)⁹.

² Daniel P., W.; U. W. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura.

³ Spurry S., H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal.

⁴ Musálem S., M.; C. Rodríguez F.; F. Carrillo A. y G. Vera. 1986 (Inédito). Proyecciones de la investigación silvícola en los suelos forestales de México.

⁵ Pritchett L., W. 1986. Suelos forestales (propiedades, conservación y mejoramiento).

⁶ Clutter J., L.; C. Fortson J.; V. Pienaar L. y L. Bailey R. 1983. Timber management: A quantitative approach.

⁷ Davis y N. Johnson K. 1987. Forest management.

⁸ Barnes, B. V.; K. S. Pregitzer; T. A. Spies y V. H. Spooner. 1982. Ecological forest site classification. pp. 493-498.

⁹ Arteaga M., B. 1985. Índice de Sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan Zacatlán.

En estudios realizados sobre este tema, utilizando la técnica mencionada, en Venezuela, Panamá, Costa Rica, Puerto Rico y en la parte Sur de México para la especie *P. caribaea* var *hondurensis*, se ha encontrado que la Calidad de Sitio (CS) aumenta con las características topográficas del terreno y las propiedades físicas del suelo, como es el contenido de limo, asnm, profundidad efectiva y microrelieve; en cambio, con las propiedades químicas del suelo regularmente la relación es inversa, como el Manganeso, Sodio y Potasio (Tobar, 1976¹⁰ ; Vásquez, 1987¹¹ ; Ortega, 1986¹² ; Hussain, 1987¹³ ; Fierros, 1989¹⁴ ; Zamudio y Fierros, 1992¹⁵).

El Índice de Sitio es una representación gráfica que describe la relación entre la altura y la edad de un rodal o árbol individual, para modelar dicha relación se han utilizado diferentes modelos y técnicas para ajustarlos. La mayoría de estas técnicas, según Clutter *et al.* (*op. cit.*), se encuadran en: 1) método de la **Curva guía**. 2) método de la diferencia algebraica y 3) método de la predicción de parámetros.

MÉTODOS Y RESULTADOS

Como se ha expuesto, el crecimiento en altura de los árboles dominantes y codominantes es considerado como indicador de la Calidad de Sitio; este indicador se deriva de la relación altura-edad, que puede ser obtenida de parcelas permanentes, parcelas temporales o de análisis troncales. Para el presente estudio se optó por la última técnica, seleccionando 20 árboles por cada especie en estudio, *Pinus douglasiana* y *P. lawsonii*, distribuidos en 4 tipos de suelo. Los árboles seleccionados fueron derribados y seleccionados para la obtención de rodajas según la metodología propuesta por Mas (1970)¹⁶ .

¹⁰ Tobar, 1976. Evaluación de la Calidad de Sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en relación a los factores edáficos en Cachipo, estado de Monagas, Venezuela.

¹¹ Vásquez C., W. 1987. Desarrollo de Índices de Sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panama.

¹² Ortega B., H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la Calidad de Sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Pavones, Turrialba, Costa Rica.

¹³ Hussain, M. Z. 1987. Growth studies of plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Puerto Rico.

¹⁴ Fierros G., A. 1989. Site quality, growth and yield. And growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico.

¹⁵ Zamudio S., F. y A. Fierros G. 1992. Predicción de la Calidad de Sitio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a través de propiedades edáficas.

¹⁶ Mas P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales.

Con base en lo citado, en el presente estudio se probó la bondad de ajuste del modelo de Schumacher, el método de la **Curva guía**.

La dispersión de las mediciones de altura contra edad mostraron una tendencia definida para las dos especies, que sugiere el ajuste del modelo, por medio de un análisis de varianza para regresión no lineal.

Para realizar el ajuste sugerido, se empleó el programa de cómputo SAS, aplicando el procedimiento NLIN con el método DUD. Se consideró para la bondad de ajuste, la menor suma de cuadrados de los residuales, el valor mayor de F calculada, la **Pseudo R²**, el menor intervalo de confianza y los coeficientes de variación de los estimadores.

Las variables edáficas, tomadas como independientes, que tienen mayor influencia en el crecimiento en altura, fueron las medidas en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, por Gómez-Tagle (1985)¹⁷.

El método de evaluación de la productividad del sitio por medio de las variables edáficas, implica encontrar asociaciones entre las características químicas y físicas del suelo con las dimensiones de los árboles. Estas asociaciones se identifican en un modelo lineal, generalmente seleccionando las variables que han probado tener influencia, también se incluyen otras que pueden tener influencia dada la especificidad señalada antes.

Los datos con que se alimentó el procedimiento fueron los IS determinados para el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio; esto es, la altura de los árboles dominantes a la edad base de 50 años. La estimación de IS que se empleó fue la basada en el modelo de Schumacher. Cada árbol que se derribó para determinar el IS se ubicó cerca del lugar donde se excavó un perfil de suelo; de esta manera hubo para cada perfil una o más estimaciones de Índice de Sitio. De esta forma se alimentó al procedimiento con 215 observaciones para *Pinus douglasiana* y 192 para *P. lawsonii* que incluían para cada árbol altura total, edad, estimación del IS y las variables edáficas del perfil correspondiente.

Posteriormente, con la finalidad de determinar las variables que expliquen el comportamiento del IS, se realizaron regresiones múltiples, donde se consideró como variable dependiente el IS y como independientes a las propiedades físicas y químicas del suelo de dos horizontes A y AC, los que son muy variables en su espesor; por ejemplo el horizonte A varía entre 5-218 cm.

¹⁷ Gómez-Tagle R., A. 1985. Levantamiento de los suelos forestales del C. E. Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas.

Para *Pinus douglasiana* en las fases de suelo con dos horizontes y el promedio de éstos, los mejores ajustes, que llegaron a R^2 de 0.81 y 0.69 respectivamente, fueron las ecuaciones 1 y 2.

$$IS = -138 + 44.53Dal + 43.89Laa2 \dots\dots\dots (1)$$

$$IS = 49.48 + 0.79Laa - 0.53EP \dots\dots\dots (2)$$

Se consideraron en la primera ecuación (1), los valores edáficos por cada horizonte, en tanto que en la segunda ecuación (2), se tomaron en cuenta los valores promedio de ambos horizontes, excepto el de la lámina de agua aprovechable.

En el primer modelo la densidad aparente (Dal) del suelo en el horizonte A, explica un 70.1% del fenómeno y un 10.1% es explicado por la lámina de agua aprovechable en el horizonte AC (Laa2); las dos variables en el modelo están positivamente asociadas al Índice de Sitio, siendo lógico ya que el valor de la Dal en el área de estudio, se encuentra entre 0.77 y 1.14, según Spurr y Barnes (*op. cit.*) y Pritchett (*op. cit.*), el valor óptimo es de 1.35 gr. por cm³. Además, respecto a Laa2, Pritchett (*op. cit.*), señaló que el crecimiento de los árboles está más controlado por la disponibilidad de agua que por cualquier otro factor, en casi todos los lugares.

El segundo modelo es explicado en 64.5% por la lámina de agua aprovechable en el perfil (Laa), que está positivamente asociado al Índice de Sitio. El espacio poroso, (EP) contribuye con un 5%, el cual está negativamente asociado al Índice de Sitio. La explicación de la relación de la lámina de agua aprovechable es la misma que para el párrafo anterior, y queda claro que a mayor cantidad de agua disponible, se obtendrá mayor crecimiento. Sobre el espacio poroso, siendo suelo bastante arenoso, se asocia negativamente a la retención de humedad, esto es, que el espacio poroso permite un drenaje más intenso y una infiltración rápida, que se asocia negativamente al Índice de Sitio.

Para el *Pinus lawsonii* en las fases de suelo con horizontes A y Ac, el mejor ajuste se obtuvo con R^2 de 0.83, quedando el modelo (3).

$$IS = 29.17 + 50.64Dal \dots\dots\dots (3)$$

El Índice de Sitio para *Pinus lawsonii* es explicado en 83% por la densidad aparente del horizonte A, resultado que es congruente con lo expuesto para el caso de *P. douglasiana*,

siendo directamente proporcional, lo que puede ser lógico, ya que el área de estudio presenta valores entre 0.77 y 1.14, siendo el valor óptimo de 1.35; por lo que aun estos valores podrían ser mayores (Spurr y Barnes, *op. cit.*, y Pritchett, *op. cit.*).

Una vez que se determinaron las ecuaciones que explican el comportamiento del Índice de Sitio a través de las variables edáficas, se procedió a probar su eficiencia de ajuste en el modelo de la **Curva guía** seleccionado, sustituyendo el parámetro asintótico en la ecuación obtenida. Con esta operación se logró cambiar positivamente los valores de las pruebas estadísticas de ajuste del modelo seleccionado, por medio de regresión no lineal.

Así se tiene que en la especie *Pinus douglasiana* la pseudo R² aumentó de 74.50 a 9,150 al incluir los valores edáficos además de la edad, la suma de cuadros del error disminuyó de 4,596.79 a 57.52, cuando la altura se predice en función de las características edáficas de las fases de suelo considerando dos horizontes, quedando el modelo (4) como se presenta:

$$H = (\beta_3 * Dal + \beta_4 * Laal) * \left(e^{(-\beta_2 E^{-1})} \right) \dots\dots\dots (4)$$

En cambio, cuando la altura se predice en función de las características edáficas de los tipos de suelo, se observó que los valores de las pruebas estadísticas de ajuste disminuyeron en comparación con los de las fases, pero aun son mejores que los obtenidos mediante el modelo original; obteniéndose en este caso un **Pseudo R²** de 84.25 y una suma de cuadrados del error de 104.17. Esto es debido a que las predicciones se hacen en función del promedio de los horizontes excepto el valor de la lámina de agua aprovechable, quedando el modelo (5) como se presenta a continuación:

$$H = (\beta_3 * LaaP + \beta_4 * EPP) * \left(e^{(-\beta_2 E^{-1})} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Para *Pinus lawsonii*, únicamente se encontró respuesta en las fases de suelo, la mejora al modelo original con respecto a los valores obtenidos en función de las características fue reducida pero se logró mejorar el modelo, pues el **Pseudo R²** aumentó de 62.94 a 71.80 y

la suma de cuadrados del error disminuyó considerablemente ya que de 5,469.50 se redujo a 57.62, el modelo (6) quedó constituido de la siguiente forma:

$$H = (\beta_3 * Dal) * \left(e^{(-\beta_2 E^{-1})} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Respecto a las características químicas, puede notarse que no fueron determinantes, esto coincide con lo expuesto por la mayoría de los autores que han trabajado estas características. Esos autores señalan que en muchos casos no se han encontrado relaciones entre el crecimiento en altura y que cuando se encuentran regularmente son negativas. Algunas de las explicaciones se dan en términos de las relaciones complejas entre las propiedades químicas del suelo; las relaciones podrían ocasionar la inversión de la correlación positiva que sería de esperarse entre el contenido de nutrientes y el crecimiento de los árboles. Así, por ejemplo, nutrientes como Aluminio, Hierro y Manganeso se convierten en tóxicos a valores bajos de pH; otros como el Fósforo pueden fijarse en compuestos insolubles (Vicent, 1978¹⁸; Ortega, *op. cit.*; Pritchett, *op. cit.*; Vásquez, *op. cit.* y Hussain, *op. cit.*).

Para el caso particular del Nitrógeno total, que es una de las determinaciones que más comúnmente se realizan en los análisis de suelos, la mayor parte de este elemento está fijado como Nitrógeno orgánico en el humus (Brady, *op. cit.*); este autor reporta que un 8% se puede encontrar en la capa superficial del suelo y hasta un 40% en el subsuelo en forma fija a las arcillas, en donde está relativamente disponible a las plantas. El Amonio soluble y los Nitratos rara vez representan más del 1 ó 2% del Nitrógeno total presente. Por lo mencionado y otros procesos químicos, la relación entre el Nitrógeno y el crecimiento de los árboles podría estar enmascarada.

Con lo anterior podría hipotetizarse que la relación negativa o la no relación es más bien un efecto que una causa, sobre todo en suelos pobres en Nitrógeno fácilmente disponibles a las plantas; lo que significa que, los suelos están más pobres en Nitrógeno, en aquellos lugares en que la combinación de otros factores permite a los árboles su rápida (fácil) utilización.

¹⁸ Vincent L., W. 1978. Site classification for young *caribaea* pine in grasslands, Venezuela.

Esto parecería confirmarse con los resultados de Liegel (1981)¹⁹, encontró que el crecimiento en altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* se puede predecir más fácilmente a través del contenido de Nitrógeno en el follaje que el existente en el suelo (Zamudio y Fierros, *op. cit.*).

CONCLUSIONES

- Se determinó que las predicciones del crecimiento en altura, se pueden estimar en forma explícita e implícita con resultados satisfactorios, para este tipo de estudios. En la predicción explícita, se observó que se obtienen mejores resultados en cuanto a la bondad de ajuste, cuando se usan las variables, lámina de agua aprovechable, densidad aparente y espacio poroso, en lugar del asíntota.
- El índice de sitio expresado a través de las características físicas del suelo, ayuda a determinar áreas potencialmente útiles, para plantaciones forestales.

BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga M.,B.1985. Índice de Sitio para *Pinus patula* Schl.et Cham., en la región Chignahuapa-Zacatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Programa Académico Forestal. Montecillo, México. 1181 p.
- Barnes, B. V.; K. S. Pregitzer; T. A. Spies y V. H. Spooner. 1982. Ecological forest site classification. Society of American Foresters. Journal of forestry 80: 493-498.
- Brady, N. C. 1984. The nature and properties of soils. New York, Macmillan. 750 p.
- Clutter, J.L.; J. C. Fortson; L. V. Pienaar y R. L. Bailey. 1983. Timber management: A quantitative approach. Wiley. New Yorker. 333 p.
- Daniel, P. W.; U. W. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 p.

¹⁹ Liegel M., Z. 1987. Seasonal nutrition of 3 and 4 year old *Pinus caribaea foxtalis* and normal branched trees in Puerto Rico.

- Davis, S.L. and K. N. Johnson. 1987. Forest management. 3a. ed. McGraw-Hill. USA. 730 p.
- Fierros G., A. 1989. Site quality, growth and yield. And growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico. Ph D. Dissertation. Yale University Graduate School. 213 p.
- Gómez-Tagle R., A. 1985. Levantamiento de los suelos forestales del C.E. Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Universidad Autónoma de México. Tesis de Maestría. México. 135 p.
- Hussain M., Z. 1987. Growth studies of plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Puerto Rico. Ph.D. Dissertation. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. New Haven, Conn. 118 p.
- Liegel M., Z. 1987. Seasonal nutrition of 3 and 4 year old *Pinus caribaea* foxtails and normal branched trees in Puerto Rico. Ph.D. Thesis. Nort Carolina State University, Raleigh, NC. 141 p.
- Madrigal H., S. 1986. Caracterización dasométrica del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, Mich. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- Mas P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Boletín Divulgativo N° 23. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Mexico. 23 p.
- Musálem S., M.; C. Rodríguez F.; F. Carrillo A. y G.Vera C. 1986 inédito. Proyecciones de la investigación silvícola en los suelos forestales de México. INIFAP. México. 25 p.
- Ortega B., H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la Calidad de Sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis de Mg. Sc. UCR/CATIE, Tirrialba, Costa Rica 110 p.
- Pritchett L., W. 1986. Suelos forestales (propiedades, conservación y mejoramiento). Ed. Limusas. México. 634 p.
- Ramírez M., H. 1994. Construcción de modelos de crecimiento y su aplicación en el diseño de regímenes silvícolas. *In: Memoria Simposio de Manejo y Silvicultura*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 25-31.

Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. A.G.T. Editor. México. 690 p.

Tobar. 1976. Evaluación de la Calidad de Sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en relación a los factores edáficos en Cachipo, Edo. de Monagas, Venezuela. Tesis de M.Sc. Mérida, Venezuela, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. 169 p.

Vásquez C., W. 1987. Desarrollo de Índices de Sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hodurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panama. Tesis de M.Sc. UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 113 p.

Vincent, L. W. 1978. Site classification for young *caribaea* pine in grasslands, Venezuela. Ph. D. Thesis. University of Tennessee, Knoxville. 149 p.

Zamudio S., F. y A. M. Fierros G. 1992. Predicción de la Calidad de Sitio para *Pinus caribaea* var. *hodurensis* a través de propiedades edáficas. 16 p.