

DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL *Pinus maestrensis* Y SU RELACION CON ALGUNAS CONDICIONES EDAFONUTRIMENTALES DEL SITIO

ANA GONZALEZ-ABREU' , A. RENDA , ANA MARIA RIVERON"
Y GRISEL HERRERO*

RESUMEN

En el presente trabajo se dan a conocer los resultados obtenidos al evaluar el desarrollo y crecimiento del P. maestrensis Bisse en suelos Pardos de la Sierra Maestra. Se elaboró un algoritmo de computación que permitió diferenciar los rodaies estudiados y se realizó el análisis discriminante no lineal cuantitativo para caracterizar las poblaciones de los árboles según los índices altura y diámetro. Se aplicó, además, la técnica de correlación lineal múltiple para esclarecer la dependencia existente entre el estado nutrimental de la especie y su crecimiento

Manuscrito recibido para su publicación
31 de enero de 1985

'Investigador titular e investigadores agregados, respectivamente.
Centro de Investigación Forestal.
Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, Cuba

*Investigador agregado. Centro Nacional de Investigaciones
Científicas, Ciudad de La Habana, Cuba

y desarrollo. Mediante el empleo de esta técnica se encontró que la relación N/K en rodales en etapa de crecimiento más activa, está íntimamente relacionada con el crecimiento del P. maestrensis Bisse.

INTRODUCCION

El crecimiento y desarrollo de los bosques de Pinus maestrensis Bisse, ha sido poco estudiado y, hasta el presente, se posee una información inconclusa acerca de esta problemática. Algunos datos de interés han sido informados por Samek (1) y Renda et al. (2), no obstante, éstos ofrecen solamente una información primaria sobre el comportamiento de esta especie en sitios donde se desarrolla naturalmente. Por la importancia práctica y teórica que presenta esta especie forestal, endémica del sistema montañoso Sierra Maestra, hemos considerado interesante ofrecer una información adicional acerca de algunas regularidades edafonutritivas encontradas en rodales ubicados en la provincia de Santiago de Cuba.

El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar el crecimiento y desarrollo de esta especie en dos sitios sustentados sobre suelos Pardos Grisáceos del Gran Parque Nacional Sierra Maestra y comparar este comportamiento con la información concerniente al estado nutritivo de los árboles y a las características químico-físicas fundamentales de los suelos sobre los que se encuentran. Los resultados de la presente investigación pueden contribuir al perfeccionamiento del sistema de reforestación de esta región del país y para el manejo del P. maestrensis en la misma.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron dos sitios establecidos con bosques naturales de P. maestrensis Bisse en las zonas conocidas como Pinar de las Canas y Manacal, respectivamente, ubicados en la vertiente Sur del sistema montañoso Sierra Maestra. La edad estimada de estos bosques oscila entre 20 y 25 años para el primero, así como entre 45 y 50 años para el segundo, según criterios del personal de la zona y datos de la barrena epidométrica.

De acuerdo con lo informado por Renda et al. (3), los suelos encontrados en estas formaciones se clasifican como Pardo Grisáceo sobre material granitoide. La altitud de los sitios oscila alrededor

de 430 msnm para el sitio 1 y **690** msnm para el sitio 2. Las pendientes respectivas son 16-25 y **50** %. Las precipitaciones y temperatura promedio de las zonas estudiadas son 1 **400** mm y **22°C**, respectivamente.

La descripción completa de los perfiles representativos de los sitios se ofrece a continuación:

Perfil 1

Lugar: Pinar de las Canas

Altura: **430** msnm

Relieve: colinado

Erosión: hídrica laminar leve

Drenaje externo: excesivo

Drenaje interno: bueno

Vegetación natural: Pinus maestrensis Bisse, camarón, helecho, etc.

Material de origen: granitoide

Clasificación: Pardo Grisáceo sobre granitoide poco profundo muy graviloso.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-30	Color pardo, Loam Arenoso, sin estructura, muy friable, no plástico, gravas abundantes (40-80 %) de tamaño mediano y dispersas, pocas raíces, transición clara.
C₁	30-80	Color no definido, textura Loam arenosa, sin estructura definida, abundantes gravas (40-80 %) de tamaño grueso, no plástico, escasas raíces, transición clara.

Perfil 2

Lugar: Manacal

Altura: **690** msnm

Relieve: muy escarpado

Erosión: hídrica laminar moderada

Drenaje externo: excesivo

Drenaje interno: excesivo.

Vegetación natural: Pinus maestrensis Bisse, camarón, helecho, etc.

Material de origen: granitoide

Clasificación: Pardo Grisáceo sobre granitoide profundo y muy graviloso

horizonte	Profundidad	Descripción
A	0-30	Color Negro Pardusco (5 y R 2/1), textura arenosa, estructura granular de tamaño mediano y desarrollo moderado, friable, no plástico, contenido de gravas mediano (15-40 %) de tamaño grueso y distribución dispersa, transición clara e irregular.
BC	30-75 +	Color Pardo Rojizo Oscuro 5 Y R 3/3, textura Loam, estructura en bloques subangulares, de tamaño fino y desarrollo débil , consistencia suelta, no plástico, contenido de gravas abundante (40-80 %) de tamaño pequeño y mediano, escasas raíces, transición clara.

En ambos sitios se realizó el análisis químico-físico de los suelos, y se determinó en estos el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio asimilable, pH en agua y CIK y la capacidad de cambio de bases [CCB). La materia orgánica se calculó por el método de Walkley-Black, el nitrógeno a partir de la materia orgánica, el fósforo mediante el método de Bray y Kurtz, mientras que el potasio se determinó por fotometría de llama. Para calcular el valor CCB, el Ca y el Mg se determinaron por complejometría utilizando EDTA, mientras que el Na y el K se determinaron por fotometría de llama (4, 5, 6). Además, se analizaron algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos estudiados (7).

El análisis foliar se realizó siguiendo la metodología propuesta por Awam et al. (8). Los elementos determinados en los análisis fueron nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio y magnesio. Sobre la base de estos valores se calcularon las relaciones N/P, N/K, Ca + Mg/K, p/Ca, P/Mg y P/K.

En cada rodal seleccionado se realizó la medición de los árboles, calculando el volumen de madera a partir de los datos obtenidos de altura y DAP (diámetro 1,30 m) mediante la expresión de Hubert (10):

$$V = \frac{d^2}{4} \cdot h \cdot c. m.$$

donde:

d = diámetro (1,30 m)

h = altura (m)

c. m = coeficiente mórfico promedio de la especie (0,5).

Es necesario señalar que como se trata de formaciones naturales de *P. maestrensis* se utilizó el método de la parcela circular propuesto por Awam et al. (8) modificado, teniendo en cuenta que en una hectárea el número de árboles oscila entre 120–350 en los sitios seleccionados. Los datos que se informan de volumen de madera son, por tanto, valores estimados y no deben **ser** tomados como cifras exactas, sino solamente como índices dasométricos comparativos.

Los datos de altura y diámetro fueron procesados estadísticamente. Puesto que se trata de sólo dos variables (H y D) se realizó un estudio inicial para comprobar si en realidad los grupos evaluados son diferentes. Esto pudo obtenerse de una forma muy simple. Expresando en una gráfica los puntos de ambos grupos es posible confirmar si estos difieren; si no existen grupos diferentes; los puntos experimentales se superponen y si ocurre lo contrario se separan. Con este fin se confeccionó un programa en lenguaje PASCAL para una computadora personal modelo Apple II que lleva a escala y a gráfico, dichos datos, utilizando colores diferentes para cada grupo supuesto, lo cual se proyecta en la pantalla de la computadora. Haciendo uso de este programa es posible, además, eliminar puntos "outlier" (puntos que no corresponden a la población). El diagrama general del programa denominado PLOTTER NENo. 5 se muestra en la Figura 1.

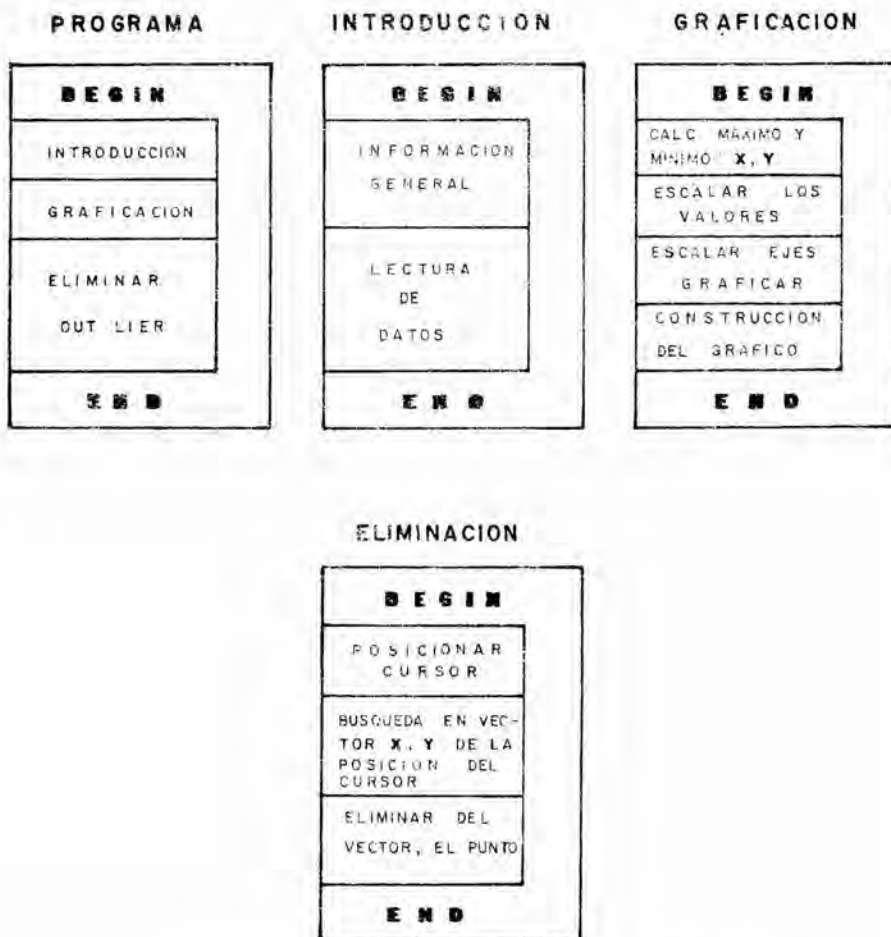


FIGURA 1. Programa PLOTTER NE No. 5.

Los datos primarios obtenidos mediante este análisis fueron procesados cuantitativamente en otra computadora modelo CID 201 B de configuración ampliada mediante la aplicación del programa SMD-2/Fort-IV.V:3 para análisis discriminante no lineal, cuya memoria puede ser consultada en la programoteca del Dpto. de Matemática aplicada del CNIC. Una vez realizados estos análisis, se procedió entonces a relacionar las magnitudes de altura y DAP

con los valores obtenidos para el contenido de nutrientes en las acículas, así como con las relaciones anteriormente señaladas. Con este fin se utilizó un programa para análisis de regresión lineal múltiple.

RESULTADOS Y **DISCUSION**

En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos al determinar algunas propiedades químico-físicas de interés de los suelos de los sitios investigados.

Los índices de fertilidad tales como materia orgánica y nitrógeno, alcanzan valores mayores en el suelo correspondiente al sitio 2. En realidad, estas diferencias son mucho más marcadas en el primer horizonte, sobre todo en lo referente a contenido de humus y nitrógeno. Esto puede explicarse debido al hecho de que en este suelo se sustenta una formación boscosa cuya edad alcanza, aproximadamente, 50 años, mientras que en el sitio 1 la edad del bosque oscila alrededor de los 20 años a lo sumo.

En cuanto a la reserva total de fósforo y potasio aprovechables, no se observan diferencias apreciables en ambos suelos. La acidez en éstos, tanto la actual como la intercambiable, **no** presenta tampoco variaciones de consideración. Un fenómeno similar se observa para el contenido de bases cambiables.

En relación con las propiedades físicas tales como peso volumétrico, reserva de agua disponible y textura, tampoco encontramos marcadas diferencias.

La producción potencial de madera estimada alcanza valores de **31,6** m³/ha en el sitio 1, mientras que en el 2 se aproxima hasta **97** m³/ha,

Estos resultados nos llevaron a suponer que las diferencias encontradas en la distribución de las alturas y los valores de DAP se deben, fundamentalmente, a un desarrollo diferente por edad de los rodales, puesto que los factores edáficos no presentan índices que indiquen una marcada influencia del suelo sobre el que se sustentan las formaciones boscosas investigadas.

Para esclarecer este aspecto se aplicó el programa descrito anteriormente. Los resultados obtenidos directamente de la computadora se muestran en la Figura 2, donde se observa, además, la distribución de los árboles, que se diferencia en cuanto a las alturas y diámetros en ambos sitios.

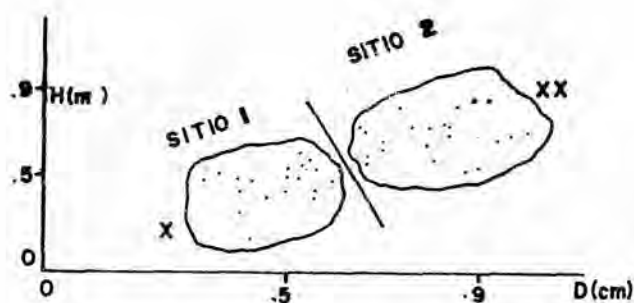
Los resultados del análisis discriminante no lineal se muestran en la Tabla 3.

TABLA 1. Datos químicos de los suelos investigados.

Perfil	Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)	Nutrientes asimilables (mg/100 g)			pH		Bases cambiables (meq/100 g de suelo)
			N	P	K	H ₂ O	ClK	
Sitio 1	0-30	2,49	4,40	0,36	15,50	5,10	4,10	4,19
	30-80	0,46	0,70	-	4,60	5,50	4,10	3,93
	80 +	0,06	0,09	-	2,97	5,10	4,30	3,89
Sitio 2	0-28	4,78	7,18	0,24	13,87	5,10	4,30	5,40
	28-75	0,26	0,39	0,29	8,65	5,80	4,30	5,29

TABLA 2. Datos físicos de los suelos investigados.

Perfil	Profundidad (cm)	Peso volumétrico (g/cm ³)	Almacén de agua (% V)		Análisis mecánico (%)			Clasificación textural
			C campo	H ₂ O ap.	H ₂ O no ap.	Arena	Limo Arcilla	
Sitio 1	0-10	1,01	17,66	7,66	9,00	78,00	10,50 11,50	Loam arenosa
	10-20	1,21	13,81	6,51	7,30	71,00	21,00 8,00	Loam arenosa
	20-30	1,17	21,65	9,95	11,70	65,50	27,50 7,00	Loam arenosa
Sitio 2	0-30	1,31	20,78	9,48	11,28	58,00	24,50 17,50	Loam arenosa
	30-75 +	1,22	13,28	6,06	7,21	69,50	21,50 9,00	Loam arenosa



X color naranja

XX color azul

FIGURA 2. Relación altura-diámetro de los sitios.

Como demuestran los resultados obtenidos, ambos sitios se diferencian al señalarlos en dos grupos bien definidos, según las alturas y diámetros de los árboles.

Con el objetivo de demostrar si existe alguna relación entre el desarrollo de los árboles y el estado nutrimental, estudiamos la relación entre los índices foliares ya indicados y los valores de la altura y el diámetro mediante análisis de regresión múltiple no normalizada. Los resultados obtenidos demuestran que no existe relación entre los índices foliares y las relaciones internutrientes, la altura y el DAP de los árboles en la etapa de mayor edad. Sin embargo, en la población boscosa más joven se encontró una correlación lineal significativa entre la altura y la relación N/K según la ecuación.

$$H = 8,172971 + 1,438066 \text{ N/K} \quad (P < 0,05)$$

$$r = 0,785^{(1)}$$

donde:

H = altura (m)

N/K = relación nitrógeno / potasio foliar.

Tabla 3. Resultados del análisis discriminante.

S i t i o 1															
Arbol No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H (m)	13	13	12	11	12	13	12,5	10	14	13	11	11	10	10	14
DAP (cm)	15	12	15	12	18	14	15	12	11	14	10	16	12	13	17
Coeff. de probabi-	1.	0,999 96	0,999 99	1,000 00	0,999 88	1,000 00	0,999 96	0,999 99	0,971 63	1,000 00	1,000 00	0,971 57	0,999 99	0,999 66	0,537 11
lidad de la varia-															
ble en el gru-	2.	0,000 04	0,000 01	0,000 00	0,000 12	0,000 00	0,000 04	0,000 01	0,028 37	0,000 00	0,000 00	0,128 43	0,000 01	0,000 34	0,462 89
po															
S i t i o 2															
Arbol No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H (m)	19	20	25	20	21	20	23	18	28	24	19	16	20	19	21
DAT (cm)	25	25	26	23	25	24	22	20	30	27	30	20	25	24	28
Coeff. de probabi-															
lidad de la varia-															
ble en el gru-															
po															
1. Pertenec al grupo 1															
2. Residual grupo 2															
1. Pertenec al grupo 1															
2. Residual grupo 1															
1. Pertenec al grupo 2															
2. Residual grupo 2															

En trabajos anteriores encontramos una correlación similar entre el DAP y la relación N/P para el *P. caribaea* var. *caribaea* de 17 años de edad en suelos Ferralíticos. En otros trabajos realizados en Cuba, Jiménez y Herrero (9), Informan haber encontrado una correlación directa en: 3 el nivel foliar de fósforo y potasio y la altura de los árboles para la especie de *P. caribaea* var. *caribaea* de 12 años de edad en un suelo Ferralítico Cuarcítico Amarillo. Otros autores han encontrado correlación entre estos índices foliares y la altura de especies coníferas (11, 12).

Especial interés presentan los resultados hallados por Leyton y Armson (13), quienes determinaron que para un rodal particular de *Pinus sylvestris* se puede relacionar la altura de los árboles con los niveles de nitrógeno y potasio en el follaje. Indiscutiblemente, la relación existente entre el desarrollo de los árboles y los niveles nutrimentales foliares es un problema que aún no se ha resuelto totalmente, pues se informan en la literatura relaciones con diferentes elementos. No obstante, el análisis foliar puede ser una herramienta útil para predecir el desarrollo de los árboles: sobre todo, cuando las interacciones suelo - plantano aparecen bien definidas.

Es interesante destacar el hecho de que no se encontró una correlación entre el estado nutrimental foliar y el desarrollo de los árboles en el rodal de mayor edad (14), mientras que en el sitio 1 que resulta el rodal más joven, se halló la relación contabilizada por la ecuación 1.

Esto se debe, probablemente, a que la actividad de crecimiento en los árboles más maduros es menor que en los que aún se encuentran en estado de desarrollo más activo (sitio 2). Este fenómeno ha sido estudiado por varios investigadores. Entre los trabajos más completos realizados en este sentido puede citarse el publicado por Aguirre Bravo (14) donde se informan resultados obtenidos para otras especies coníferas que corroboran los resultados reflejados en el informe.

No obstante, este método presenta algunas dificultades relacionadas con los aspectos siguientes: época de recogida de las muestras, preparación y análisis de las acículas, antagonismos y sinergismos, etc., que limitan su utilización en la práctica. A pesar de esto, si los factores señalados son tenidos en cuenta entonces la información que se obtiene del análisis foliar puede ser sumamente útil, sobre todo para la evaluación del sitio forestal para una especie dada y para regular las formas y dosis de fertilizantes que pueden ser aplicados a las especies forestales con vista a mejorar su desarrollo y acelerar su crecimiento.

Según los datos obtenidos, el nitrógeno parece jugar un papel importante en el desarrollo de las coníferas en nuestras condiciones. Sin embargo, es indiscutible lo planteado por Jiménez y Herrero (9) en cuanto al balance estricto que debe existir entre los nutrientes, sobre todo el nitrógeno, el fósforo y el potasio, ya que son estos macronutrientes los que juegan el papel fundamental en el desarrollo de estos árboles, a pesar de que su importancia relativa puede variar, como hemos demostrado, de una especie a otra, y depende, en gran medida, de las características particulares del sitio.

En el caso particular del sistema montañoso Sierra Maestra los resultados obtenidos revisten importancia práctica puesto que sus áreas han sido ya definidas con vista a incrementar la superficie cubierta con bosques de estas especies.

Es importante señalar que el *P. maestrensis* Bisse, endémico de esta región, como ya hemos señalado anteriormente, ocupa un área aún limitada sobre suelos con características similares a los investigados en el presente trabajo. Esto no descarta la posibilidad de que estas áreas boscosas aumenten una vez realizados los trabajos correspondientes al plan de reforestación integral de la región. En este sentido, los resultados obtenidos en el presente trabajo constituyen una información útil para garantizar el éxito de futuras plantaciones debido a que esclarecen las condiciones del sitio que pueden o no influir en el normal desarrollo de formaciones boscosas naturales. Estos bosques naturales responden de una forma muy específica a las condiciones edafoclimáticas que imperan en el sitio y pueden ser tomadas como un punto de partida para definir que especie debe ser plantada, que relación guarda su desarrollo con las condiciones del suelo y cuál será el desarrollo previsto en la plantación.

Consideramos conveniente ofrecer esquemáticamente las condiciones fundamentales de los sitios estudiados para facilitar así la información que se brinda sobre el aspecto abordado (Tabla 4).

TABLA 4. Características generales de los sitios estudiados.

Sitio/ lugar	Tipo de suelo	Mat. de origen	Textura	Reserva de agua total (% V)	Reserva de nu- trientes	Altura snm	Relieve	Profun- didad total	Expo- sición	Penden- cia (%)	Edad esti- mada (años)	Volumen esti- mado de mader- a (m ³ /ha)
1. Pinar de las Canas	Pardo Grisáceo	Granitoide	Loam arenosa	17,70	Media	430	Colinado	Profundo (70 cm)	Sur	16-25	20-25	31,6
2. Man- cal	Pardo Grisáceo	Granitoide	Loam arenosa	20,14	Media	690	Escarpado	Profundo (70 cm)	Norte	50	50-60	97,06

CONCLUSIONES

1. Se comprobó, utilizando el análisis discriminante no lineal sobre la base de las variables H y D , que es posible diferenciar rodales de coníferas en distintos estados de desarrollo. Para esto, se elaboró un algoritmo de computación que ofrece la posibilidad de realizar una discriminación inicial de forma rápida, lo que viabiliza la posterior aplicación del análisis discriminante cuantitativo.
2. Los suelos de los sitios investigados no presentan diferencias sustanciales en sus propiedades químico-físicas que puedan influir directamente en el desarrollo del P. maestrensis.
3. Se comprobó que en el sitio que sustenta el bosque más joven, existe una correlación lineal **altamente** significativa entre la altura **de** los árboles y la relación N/K en el follaje de **éstos**.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar estos estudios con vistas a obtener resultados en mayor escala que permitan realizar una aplicación generalizada del método para determinar y pronosticar el desarrollo de ésta y otras especies en áreas con vocación forestal disponibles para programas de reforestación.

ABSTRACT

DEVELOPMENT **AND** GROWTH OF *Pinus maestrensis* AND ITS RELATIONSHIP WITH SOME **SOIL AND** NUTRITIONAL SITE CONDITIONS

Results obtained from a development and growth evaluation of *P. maestrensis* Bisse in Brown soils of the Sierra Maestra, are given. A designed computer algorithm permitted to differentiate studied stands and a non linear quantitative discriminant analysis characterized tree populations according to height and diameter. A multiple linear correlation technique was applied to distinguish the species and its development and growth. **N/K** ratio is

closely related to the growth of P. maestrensis Bisse, specially during the most active growth period.

BIBLIOGRAFIA

1. SAMEK, V. Elementos de silvicultura de los pinares. Ed.' Univ. de La Habana, Instituto Cubano del Libro, **1967**.
2. RENDA, A., E. CALZADILLA y C. CARPIO. Relación suelo-planta en los pinares naturales y artificiales de Pinus maestrensis Bisse en la Sierra Maestra. 1. Jornada Científica Forestal, Est. Exp. Forestal, Guisa, octubre **1983**.
3. RENDA, A., E. CALZADILLA, J.A. BOUZA y M. VALLE. Estudio sobre las condiciones edafológicas, fisiográficas y agrosilviculturales de la Sierra Maestra. Prov. Stgo.' de Cuba. La Habana, Ed. CIF, **1980**. p. **82**.
4. ARIMUSHKINA, E. B. Manual de análisis químico de suelos. MOSCU, Ed. Univ. Est. **1970**.
5. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. La Habana, Ed. Revolucionaria, Instituto Cubano del Libro, **1970**.
6. CHAPMAN, H. D. Methods of analysis for soils, plants and waters. 7. ed. Berkeley, Univ. California. Div. Agr. Sci., **1973**.
7. DEWIS, J. y F. FREITAS. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Bol. de suelos. **10:31**. Roma, FAO, **1970**.
8. AWAN, A. B., F. HORSTEN, M. JIMENEZ, J.M. LEEWEN y R. CARRALERO. El método del diagnóstico foliar aplicado al pino en Cuba. La Habana, CIF, **1973**.
9. JIMENEZ, M., y GRISEL HERRERO. Valoración preliminar de la influencia de los fertilizantes minerales en el desarrollo y crecimiento en una plantación de P. caribaea var caribaea. La Habana, CIF, **1983**.
10. MACKAY, E. Dasometría. Teoría y técnica de las mediciones forestales Madrid, Esc. Sup. Técnica Lug. Montes, **1964**. **638** p.

11. **RENNIE, P.J.** The uptake of *nutrients* by nature Forest growth. Plant and Soils 7: 49-95: 1955.
12. **RICHARDS. B. N and D. I, BEVEGE.** Principles and practice of foliar analysis for crop logging in pine plantations. Basic consideration. Plant and Soil 35: 109 1971.
13. **LEYTON, L. and K-A, ARMSON.** Mineral composition of the foliage in relation to the growth of Scots pine Forest. Sci. 1: 210, 1955,
14. **AGUIRRE BRAVO, C.O,** Técnicas para el diagnóstico y corrección de la fertilidad en suelos forestales México, Ed. Seg Agricultura. Recursos Hidráulicos, 1980.