

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DENDROEPIDOMÉTRICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL FORESTAL "BARRANCA DE CUPATITZIO".

Madrigal Huendo Salvador*

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó la variabilidad de las características dasométricas y su posible relación con las propiedades físico-químicas de cada uno de los tipos y fases de suelo localizados en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", con la finalidad de encontrar algunas explicaciones del comportamiento de las masas forestales, en cuanto a: composición, densidad, estructura diamétrica e incremento en área basal de las diversas condiciones del bosque.

Se determinó analíticamente la relación posible entre las propiedades del suelo y las características de la masa. En el análisis de los datos se utilizaron valores medios, lo cual no es muy recomendable ya que posiblemente se pierde información en la explicación lógica de los modelos de predicción resultantes. Sin embargo, no fue posible utilizar información más detallada.

En general, los resultados evidencian la existencia de masas puras de pino de dos pisos en los suelos areno-migajosos y migajón-arenosos; en el primero denominado *Pinus lawsonii* y en el segundo *P. douglasiana*. Los suelos arenosos y gravoso discontinuo (mal país) se encuentran habitados por dos poblaciones, una de *Pinus* spp., que constituye el primer piso, y otra de *Quercus* spp., que se encuentra en un estrato inferior.

* Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques, M. C. Investigador Titular del CIR-Pacífico Centro, INIFAP, SAGDR.

Con base en lo anterior, se concluyó que las propiedades químicas del suelo no son determinantes en la caracterización de las masas forestales, en tanto que las propiedades físicas sí son determinantes; por lo que se sugiere realizar estudios de esta índole utilizando las condiciones del lugar de estudio, tales como: pendiente, exposición, altitud, posición topográfica, y las propiedades físicas del suelo que sean fácilmente medibles, como son: impregnación de materia orgánica, textura al tacto, color, etc.

Palabras clave: Análisis de variabilidad, características dasométricas, suelos forestales, masas forestales, Barranca de Cupatitzio.

ABSTRACT

The variability of forest measurement characteristics was analyzed and its plausible relation with the physical and chemical properties of each phase of the types of soil detected at the Barranca de Cupatitzio Forest Experimental Station in the Mexican state of Michoacán; the purpose of this study was to find some explanation of the behavior of the woods in regard to: floristic constitution, forest density, diametric structure and basal area increment at different ecological conditions.

Through a quantitative approach, the relationship between the properties of soil and the features of the forests was determined. In order to practice the statistical analysis, average numbers were considered, a condition not very convenient since some precise information necessary for a logical explanation of the resulting models might be lost. In spite of this, it was not possible to use more detailed information.

Results show the existence of pure pine masses in two layers, upon the sandy-loam and loamy-sand soils; the first consisted of *Pinus lawsonii* and the second, of *Pinus douglasiana*. The sandy and rocky soils (Known as "mal país") support two populations, *Pinus* spp., present in the upper layer, and *Quercus* spp. in the lower layer.

Analysis of results made it possible to conclude that the chemical properties of the soil do not influence the forest mass, while the physical properties are important. Thus, it is suggested that that broader research in these aspects be carried out, and that they

include ecological factors present in the study area such as: slope, exposure, altitude, topographical position, and the physical properties of soil that can easily be measured.

Key words: Analysis of variability, forest measurement characteristics, forest soil, forest mass, Barranca de Cupatitzio.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad de las condiciones topográficas presentes en muchas regiones del estado de Michoacán han dado origen a un número abundante de ecotipos forestales. Sobre todo porque tales condiciones son prácticamente invariables a través del tiempo y están determinadas por las condiciones edáficas y climáticas, así como por factores bióticos, por lo que se supone que algunas características del suelo son las que determinan la presencia de varios tipos y asociaciones vegetales, y que la respuesta de algunas variables edáficas, tanto físicas como químicas, está asociada con la respuesta de algunas variables dasométricas.

De resultar cierto lo anterior, sería posible estimar algunas características dasométricas a partir de propiedades físico-químicas del suelo y viceversa. Siempre que la consistencia de las estimaciones evidenciara relaciones de tipo causal más que casual.

Bajo la consideración anterior, en el presente trabajo se plantea el análisis y la caracterización de las masas forestales por tipo y fase de suelo existentes en el Campo Experimental Forestal (C.E.F.) "Barranca de Cupatitzio", en términos de densidad (el número de árboles y área basal) e incremento periódico anual en área basal.

El objetivo específico es analizar la composición, estructura diamétrica y densidad en área basal y número de árboles por hectárea, de las masas forestales existentes en el C.E.F. "Barranca de Cupatitzio"; así mismo su incremento periódico anual en área basal en los tipos y fases de suelo identificados para dicha área, con el objeto de tratar de establecer relaciones causales entre los atributos de la vegetación y algunas propiedades físico-químicas del suelo.

REVISIÓN DE LITERATURA

La actividad forestal en México ha ido creciendo a un ritmo inferior al que el potencial productivo de los recursos forestales lo permite. Las razones de ésto son de índole diversa e involucran aspectos políticos, económicos y sociales.

En términos generales, en el país no existe una tradición forestal que conceda la importancia ecológica y económica que tienen los recursos forestales, como aquella existente en otros países. Sin que ello signifique que en México no se ha realizado estudios sobre relaciones dasoedáficas o similares.

A la fecha existen algunos trabajos como el de Orantes (1980)¹, en los que se ha intentado establecer tal tipo de relación entre propiedades del suelo y algunos parámetros de la masa (e.g. altura dominante, diámetro normal, volumen por hectárea, etc.), concluyendo que las características dasométricas y edáficas que más íntimamente se correlacionan son el incremento medio anual (IMA) en altura con el contenido de materia orgánica en el horizonte A, el IMA en diámetro con la capacidad de retención de humedad a 30 atmósferas en el horizonte B, la altura del fuste limpio con el contenido de arcilla y la altura dominante con la profundidad promedio de los horizontes.

En cambio, en la predicción de las características dasométricas de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, las mejores fueron el porcentaje de la pendiente del suelo, la profundidad del horizonte superficial, la posición topográfica y la exposición del lugar (Arteaga, 1983)².

Por otra parte, se ha considerado que para que las masas forestales que constituyen un bosque sean aprovechadas técnicamente es necesario conocer su composición, su estructura y su densidad: sea en número de árboles, área basal o volumen por unidad de área, así como su dinámica, con lo que se pueden definir los tratamientos silvícolas por aplicar en cada caso. Sobre todo porque un bosque difícilmente presenta características uniformes en toda su extensión (Loetsch, 1973³; Manzanilla, 1974⁴; Mas, 1977⁵; Musalem, 1979⁶ y Flores, 1979⁷).

¹Orantes G., F.R. 1980. Determinación de la calidad de estación de *Pinus hartwegii* Lindl. en Zoquiapan, Méx.

²Arteaga, T. W. 1983. Influencia del suelo y las características fisiográficas en el crecimiento de *Pinus radiata* D. Don en Avototxtla, Guerrero.

³Loetsch, F.; F. Zöhner y E. K. Haller. 1973. Forest inventory. Vol. II.

⁴Manzanilla B., H. 1974. Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*.

⁵Mas P., J. 1977. Composición y desarrollo de las masas de coníferas. pp. 175-205.

⁶Musalem L., F. X. 1979 Las bases y primeras acciones del programa nacional de mejoramiento silvícola en

Por lo anterior, los bosques se pueden clasificar como puros o mezclados, según las especies que los componen. En general, de modo arbitrario, se acepta que la presencia del 90% ó más de los árboles dominantes o condominantes, pertenecientes a la misma especie, determinan la pureza de un rodal (Daniel *et al.*, 1982)⁸. Estos autores especifican también que un rodal puede contar con sotobosque compuesto por otras especies sin que pierda su categoría de puro.

También se ha identificado que los grados de asociación entre las especies que integran una masa mezclada, así como su densidad y cobertura, son un reflejo del tipo de suelo, profundidad, pedregosidad y posición topográfica de éste (Rosales, 1964⁹; Domínguez y Aguilera, 1981)¹⁰.

Algunos autores como Coile (1960)¹¹, Rowe (1962)¹², Jones (1969)¹³ y Carmean (1970)¹⁴; 1975¹⁵) han reconocido por otra parte que las series de suelos por sí son demasiado heterogéneas como para servir de base en la caracterización de las masas forestales, por lo que Dement y Stone (1970)¹⁶ sugieren que tales series se relacionen a nivel de fase, ya que así se homogeneizan las características del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general de área de estudio.

La toma de datos de campo se efectuó en el área del C.E.F. "Barranca de Cupatitzio", situado en la parte sur de la Sierra Purépecha dentro del municipio de Uruapan, estado de Michoacán, al noroeste de la ciudad de Uruapan; con una extensión de 417 hectáreas; con un clima de transición entre los cálidos y los templados

⁷ bosques de coníferas.

⁷ Flores R., L. J. 1979. Notas del curso "Ordenación de montes".

⁸ Daniel, T. W.; J. Helms A. y F. Backer S. 1982. Principios de Silvicultura.

⁹ Rosales P., S. 1964. Los suelos y la vegetación del Campo Experimental Forestal "La Saucedá" en las zonas áridas de Coahuila.

¹⁰ Domínguez R., T. y N. Aguilera, 1981. Introducción a la relación Aridosol Larrea. pp. 429-445.

¹¹ Coile T., S. 1969. Summary of soil-site evaluation.

¹² Rown J., S. 1962. Soil, site and land classification.

¹³ Jones J., R. 1969. Review and comparison of site evaluation methods.

¹⁴ Carmean W., H. 1970. Site quality for eastern hardwoods.

¹⁵ Carmean W., H. 1975. Forest site quality evaluation in the United States. pp. 209-269.

¹⁶ Dement J., A. And E. L. Stone. 1970. Influence of soil and site on red pine plantations in New York. 1020-1025 pp.

(A)C(w₂)^(w)b(i')g: semicálido, subhúmedo, con lluvias en verano. La topografía es ondulada o cerril con altitudes de 1,700 a 2,000 metros. La vegetación arbórea está formada por bosque de pino-encino, con las especies *Pinus douglasiana* Martínez, *P. lawsonii* Roezl, *P. Michoacana* Martínez, *P. leiophylla* Schl et Cham, *Quercus* spp. y *Arbutus* sp.

Los suelos son de origen volcánico, encontrándose unidades andosol y litosol con sus subunidades vitrico y districo, respectivamente. El primero pertenece a la serie "Cupatitzio" con los tipos arena, arena-migajosa y migajón-arenoso con las fases superficial, media y profunda. Para el litosol districo, la serie representativa es "El Jabali" con el tipo graboso discontinuo y la fase superficial.

METODOLOGÍA

Ya que se contó con la identificación de los tipos y fases de suelo, y que así se homogeneiza un tanto las características de suelo por tomar en cuenta (Bartelli y DeMent, *op. cit.*), se optó por un esquema de muestreo simple aleatorio para cada uno de los tipos y fases del suelo, con unidades muestrales de forma circular de 0.1 de hectárea. El tamaño de muestra fue de 99 unidades (9.9 Ha) que equivale a un muestreo del 3.3% de la superficie total.

Trabajo de Campo

Una vez aleatorizados los sitios de muestreo y ubicados en el plano de tipos y fases de suelos, se procedió a su localización en el terreno y delimitación, previa compensación por pendiente. En los sitios se inventariaron los árboles con diámetro ≤ 10 cm, tomándose la siguiente información: género y/o especie, diámetro normal con corteza en centímetros y grosor de corteza en milímetros. Además, a los pinos se les extrajo un cilindro de madera por árbol, por medio del taladro de Pressler, con la finalidad de medir el ancho de los últimos diez anillos de crecimiento.

Procesamiento de datos

Con las parcelas de cada tipo de fase de suelo se calcularon, para cada una de las combinaciones de tipo y fase de suelo, las hectáreas tipo por especie y género; utilizando para ello la media aritmética, con lo que se obtuvo el número de árboles,

área basal e incremento periódico anual en área basal por hectárea y promedio por especie y género, y para cada categoría diamétrica.

El incremento periódico anual en área basal se calculó a partir del incremento en diámetro y de doble grosor de corteza, por lo que se calcularon éstos por género y especie, y para categoría diamétrica presente.

Por lo descrito anteriormente, con los valores medios del número de árboles por categoría diamétrica de cada especie del género *Pinus* y *Quercus* presentes en cada tipo y fase de suelo, se elaboraron gráficas de las estructuras diamétricas, y con los valores del incremento en área basal se elaboraron las curvas de incremento periódico anual de los últimos diez años. Además, se graficó la relación entre la densidad y el incremento por hectárea para cada especie de pino donde este último fue considerado como variable dependiente.

Para el caso de características físicas y químicas de cada horizonte de suelo se procedió de manera similar que en el caso anterior. Es decir, se obtuvieron los valores promedios de cada uno de ellos por horizonte. Así mismo, el promedio de los valores medios por horizonte.

Con los datos dasométricos y de las características físicas y químicas del suelo, y con los promedios correspondientes de cada uno de ellos, se preparó una matriz de correlación simple entre todas las variables involucradas. Todo esto, con el propósito de seleccionar variables explicatorias y variables dependientes susceptibles de ser utilizadas en modelos matemáticos de estimación.

Conviene destacar que, en esta parte del análisis no se probaron los supuestos básicos de: normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de medias y varianzas, aditividad, y tampoco se realizó transformación alguna de variables.

RESULTADOS

En los Cuadros N° 1, 2 y 3 se representan los valores promedio de las características dasométricas por especie y género de cada extracto considerado en el estudio, que representan las estimaciones de posición y variabilidad de los parámetros analizados. En el Cuadro N° 4 se muestran las ecuaciones obtenidas por medio de regresiones múltiples, entre las características dasométricas y las propiedades físico-químicas del suelo y las de la densidad con el incremento.

TIPO	FASE	<i>Pinus dougl.</i>	<i>Pinus laws.</i>	<i>Pinus mich.</i>	<i>Pinus leiop.</i>	<i>Quercus spp.</i>	<i>Arbutus sp.</i>	Otras latifoliadas	<i>Pinus spp.</i>	Total
ARENA	Superficial	030.00	055.00	005.00	00.00	175.00	110.00	00.00	090.00	0375.00
	Media	054.00	040.00	007.00	00.00	137.00	33.00	25.00	110.00	0296.00
	Profunda	055.00	050.40	027.70	08.20	064.80	17.70	10.30	141.30	0234.10
	General	053.41	047.71	020.56	05.42	091.69	27.42	14.00	127.14	0260.27
ARENA	Superficial	042.86	070.01	014.29	00.00	018.57	00.00	00.00	127.16	0145.79
	Media	004.00	118.00	008.00	00.00	024.00	10.00	00.00	130.00	0164.00
	Profunda	026.62	077.46	036.62	05.82	002.00	03.00	00.00	146.52	0150.52
	General	029.44	083.75	021.67	04.17	017.52	05.00	00.00	139.03	0154.09
MIGAJÓN	Media	126.25	035.00	006.25	06.25	020.00	02.50	00.00	173.75	0196.25
	Profunda	065.00	025.00	005.00	05.00	000.00	00.00	05.00	100.00	0105.25
	General	114.00	033.00	005.00	06.00	016.00	02.00	00.00	158.00	0176.00
GRAVOSO	Superficial	069.00	055.67	002.66	00.00	086.66	21.99	12.99	127.33	0248.97
	General	069.00	055.67	002.66	00.00	086.66	21.99	12.99	127.33	0248.97
TOTAL		738.58	746.67	162.41	40.86	739.90	254.60	80.28	1688.56	2764.21
MEDIA		56.81	57.44	12.49	3.14	57.53	19.58	6.18	129.89	211.94
DESVIACIÓN ESTD.		32.63	24.07	10.44	3.03	52.60	28.25	7.81	22.45	71.22
C.V. %		57.43	41.91	83.57	96.47	91.44	144.28	126.53	17.28	33.23

Cuadro N° 1. Número de árboles por hectárea por especie, para cada tipo y fase de suelo.

TIPO	FASE	<i>Pinus dougl.</i>	<i>Pinus laws.</i>	<i>Pinus mich.</i>	<i>Pinus leiop.</i>	<i>Quercus spp.</i>	<i>Arbutus sp.</i>	Otras latifoliadas	<i>Pinus spp.</i>	Total
	Superficial	0.2957	6.0753	0.3303	0.0000	3.2550	2.5918	0.0000	6.7013	12.5482
ARENA	Media	5.9064	3.5295	2.6566	0.0000	3.3171	0.7556	0.4520	12.0925	16.6173
	Profunda	5.8540	3.6461	2.9175	0.1788	1.1544	0.3972	0.2028	13.1364	14.8908
	General	5.3731	3.9297	2.6952	0.4385	1.8923	0.6250	0.2624	12.4365	15.2162
	Superficial	3.2670	8.7942	1.7950	0.0000	0.4742	0.0000	0.0000	13.8562	14.3304
ARENA	Media	0.4676	11.7270	1.4154	0.0000	0.7038	0.2030	0.0000	13.6100	14.5168
	Profunda	2.0885	8.6977	4.6139	0.5603	0.0094	0.1594	0.0000	15.9604	16.4479
MIGAJÓN	General	2.0950	9.3923	2.9767	0.5147	0.2481	0.1463	0.0000	14.9787	15.3731
	Media	17.2140	3.6850	1.5490	0.3710	0.2295	0.0440	0.0000	22.8190	23.0925
ARENOSO	Profunda	13.1030	2.1990	0.6283	0.9270	0.0000	0.0000	0.5370	16.8573	17.3943
	General	16.3989	3.4354	1.4253	0.2984	0.1845	0.0353	0.0000	21.5580	21.7778
GRAVOSO	Superficial	6.6258	3.586	0.3899	0.0000	1.3802	0.6690	0.4305	11.3743	13.8540
DISCONTI.	General	6.6258	3.586	0.3899	0.0000	1.3802	0.6690	0.4305	11.3743	13.8540
TOTAL		85.3148	71.8284	23.78	3.8287	14.2287	6.2956	2.3152	186.7549	109.9133
MEDIA		6.5627	5.5253	1.8293	0.2945	1.0945	0.4843	0.178	14.3658	16.1472
DESVIACIÓN ESTD.		5.4250	2.9448	1.2384	0.3096	1.0960	0.6664	0.2077	4.1155	2.9694
C.V. %		82.66	49.72	67.69	105.13	100.14	137.62	116.64	28.64	18.36

Cuadro N° 2. Área basal por especie, en cada tipo y fase de suelo.

TIPO	FASE	<i>Pinus dougl.</i>	<i>Pinus laws.</i>	<i>Pinus mich.</i>	<i>Pinus leiop.</i>	<i>Pinus spp.</i>
ARENA	Superficial	0.0174	0.1488	0.0132	0.0000	0.1784
	Media	0.0955	0.1123	0.0281	0.0000	0.2362
	Profunda	0.1141	0.0810	0.0610	0.0148	0.2777
	General	0.1040	0.0894	0.0490	0.0097	0.2571
MIGAJÓN	Superficial	0.0618	0.1630	0.0368	0.0000	0.2565
	Media	0.0081	0.2699	1.4154	0.0000	0.7038
	Profunda	0.0396	0.1815	0.0987	0.0149	0.3311
	General	0.0425	0.1752	0.0535	0.0111	0.2853
MIGAJÓN	Media	0.3582	0.0723	0.0196	0.0060	0.4615
ARENOSO	Profunda	0.1735	0.0305	0.0102	0.0107	0.2131
	General	0.3255	0.0603	0.0219	0.0076	0.4115
GRAVOSO	Superficial	0.1790	0.0981	0.0079	0.0000	0.2843
DISCONTINUO	General	0.1790	0.0981	0.0079	0.0000	0.2843
TOTAL		1.6982	1.5806	0.4279	0.0748	3.7758
MEDIA		0.1306	0.1216	0.0329	0.0057	0.2904
DESVIACIÓN ESTDAR		0.1064	0.0616	0.0255	0.0058	0.0731
C.V. %		81.44	50.63	77.48	100.67	25.18

Cuadro N° 3. Incremento periódico anual en área basal por especie y por tipo y fase de suelo.

ECUACIONES		R	sig.
1. N° árboles total	= 43.9773 + 1,473 (P) + 21 - 1,311 (NO ₃) + 6.5100(Mg) - 54.1666 (M.A.)	0.60	95%
2. N° árboles <i>Pinus douglasiana</i>	= - 1,887.2304 + 20.4806 (arena) + 23.0623 (limo) + 14.4345 (L.a.a.) - - 67.6412 (dens. apa.) + 0.6789 - 0.9537 (pend.) - 0.9841 (G.S.E.)	0.68	95%
3. Área basal <i>Pinus spp</i>	= 99.7260 + 1.5900 (limo) + 54.2018 (Dens. apa.) + 0.3943 (arena) + +0.3100 (L.a.a.) - 0.2110 (pend.)	0.71	95%
4. Área basal <i>P. douglasiana</i>	= -212.7612 + 2.1808 (arena) + 2.6551 (limo) + 1.8119 (L.a.a.) + 0.6789 (Den. apa.) - 0.1834 (pend.) - 0.0301 (G.S.E.)	0.76	95%
5. Área basal <i>Quercus spp</i>	= -8.6444 + 0.4449 (arena) + 0.4218 (pend.) - 0.0898 (limo) - -0.0301 (G.S.E.) - 24.3077 (Den. apa.)	0.81	95%
6. IPA <i>Pinus spp</i>	= -0.2173 - 2.94 E - 04 (N° árb. total) + 2.92E = 03 (N° A.P.) - - 0.0296 (A.B. total) - 0.021 (A.B.P.)	0.94	99%
7. IPA <i>Pinus lawsonii</i>	= - 0.1378 + 4.63E - 04 (N° Arb. Total) - 1.49E - 03 (N° A.P.) - - 2.47E - 03 (A.B.L.) + 8.98E - 04 (N° A.L.)	0.79	95%

Cuadro N° 4. Modelos de regresión múltiple entre las características dasométricas y las propiedades físico-químicas del suelo y las de la densidad con el incremento en Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoán, México.

Las figuras N° 1, N° 2 y N° 3 representan el estado actual de la masa en ese estrato por tipo y fase de suelo.

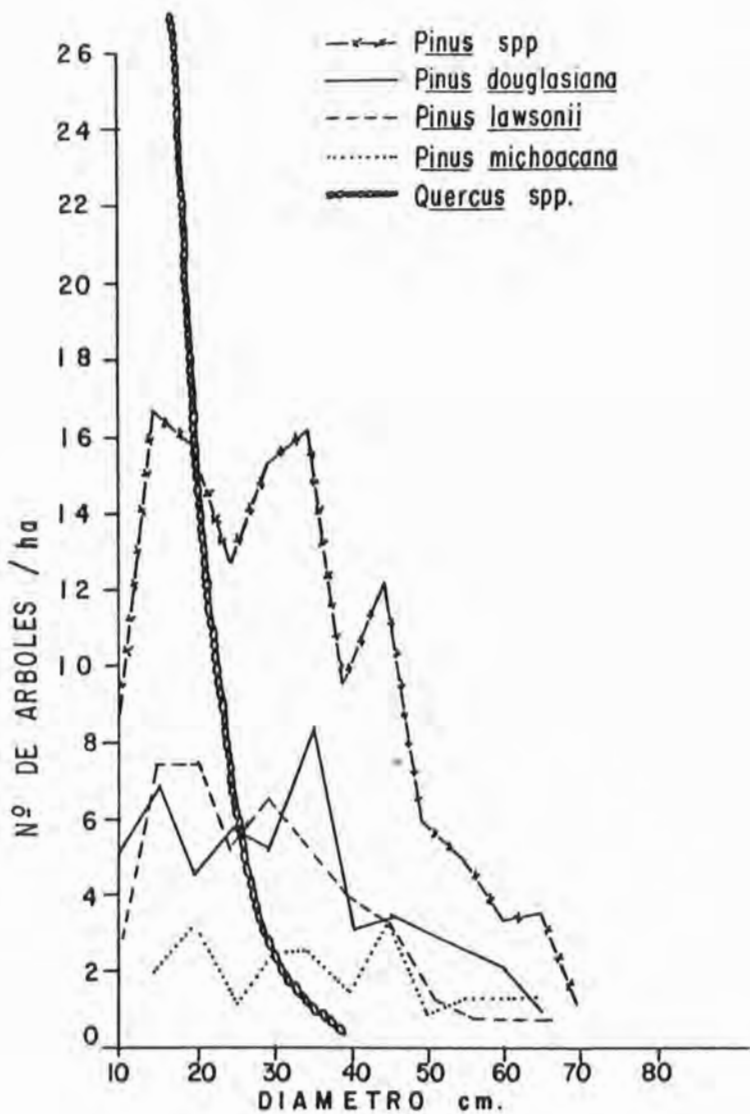


Figura N° 1. Distribución de frecuencias en suelo arena general.

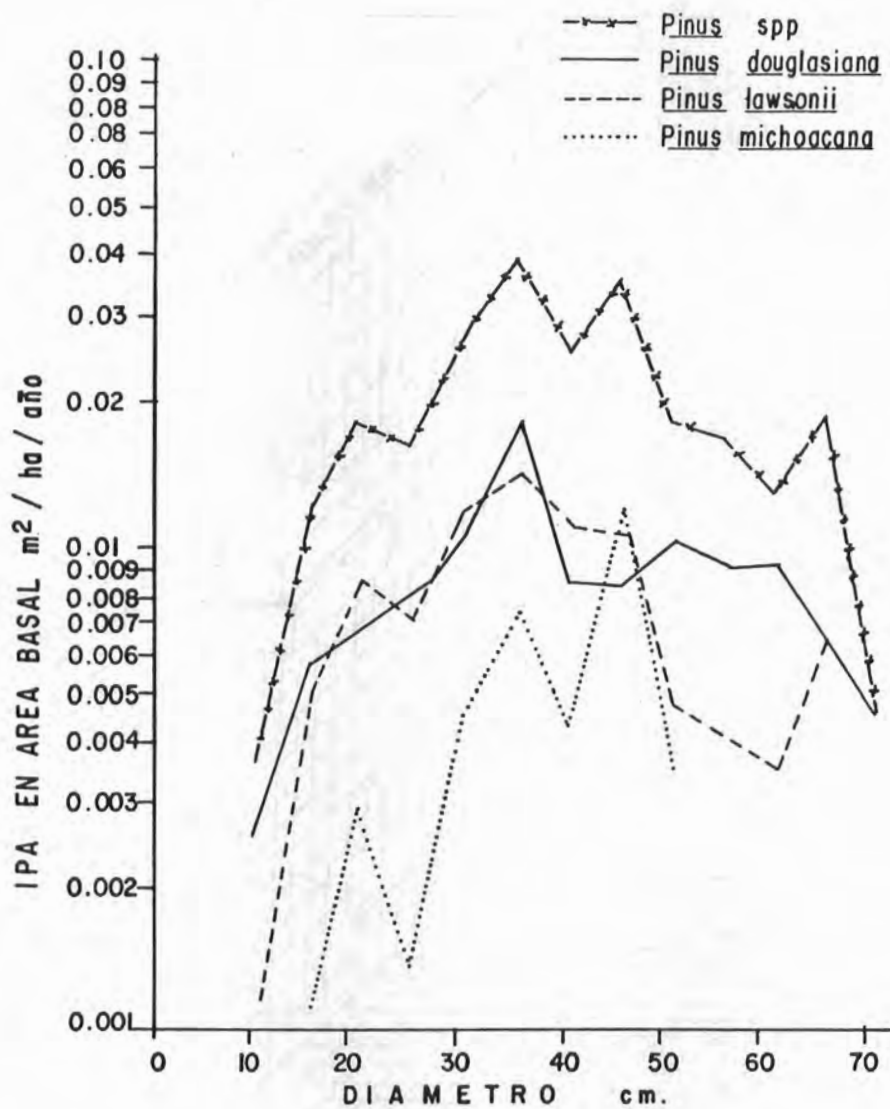


Figura N° 2. Incremento periódico anual (IPA) en área basal, en suelo arena general.

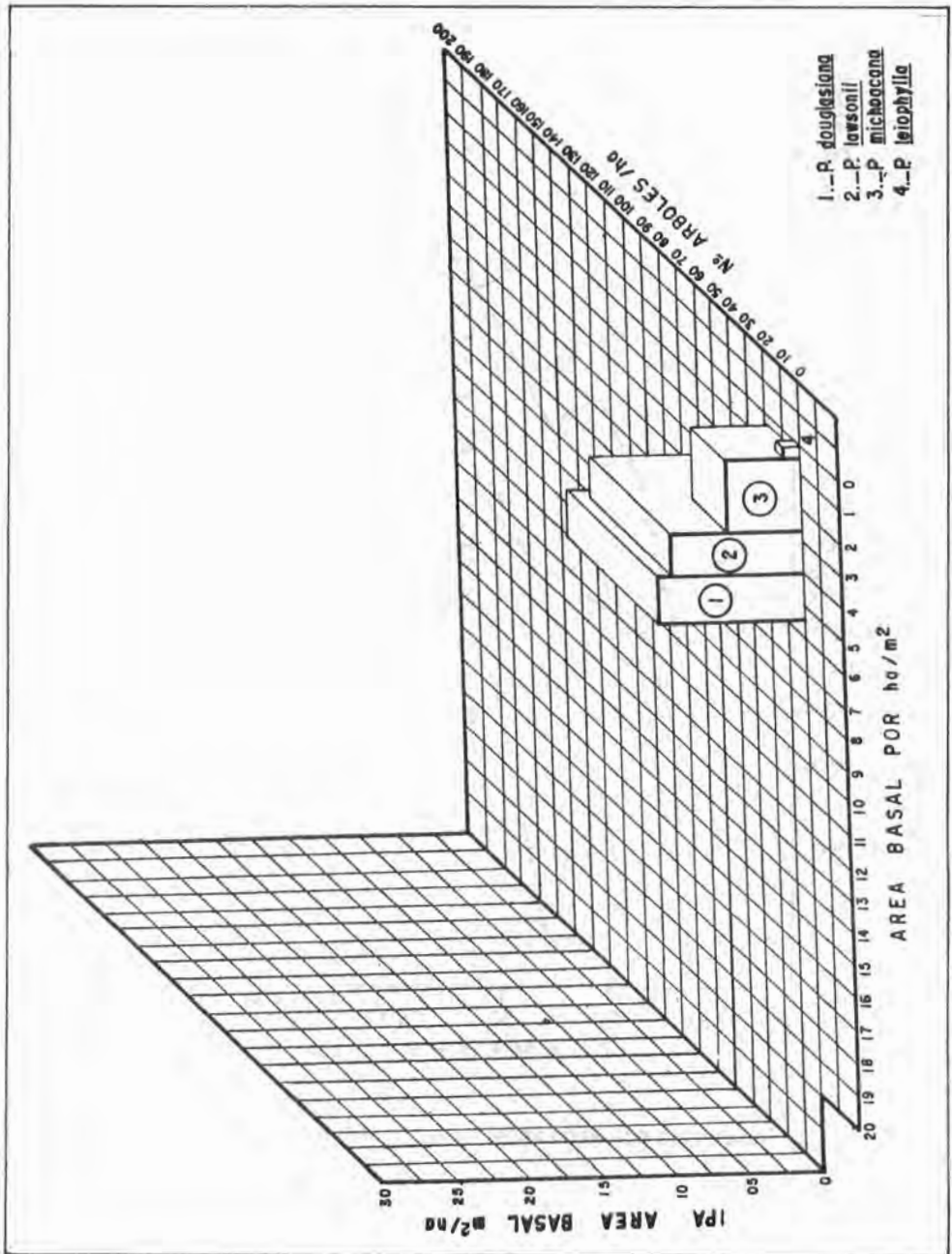


Figura N° 3. Relación entre el incremento periódico anual (IPA) y la densidad de masa para el suelo en general.

DISCUSIÓN

Los resultados contenidos en los Cuadros N° 1 y N° 2 evidencian que la menor variación se encuentra en el género *Pinus* spp., pudiendo notarse que en el número total de árboles la variación es menor en *Pinus* spp., en el área basal la relación es inversa. Así mismo, se aprecia que los valores mínimos y máximos para los dos parámetros corresponden a la arena superficial y migajón arenoso medio para el caso de *Pinus* spp., migajón arenoso profundo y arena superficial para número total de árboles.

En los mismos cuadros, a nivel de género, se aprecia que la menor variación en número de árboles y área basal la tiene el *Pinus* spp. y la mayor el *Arbutus* sp. Para las especies de pino se observa que la variación aumenta al analizar el área basal, la menor variación la tiene el *P. lawsonii* y la mayor el *P. leiophylla*, todo esto con respecto a la variación en número de árboles.

Regularmente se espera que, a mayor número de árboles corresponde mayor área basal. Sin embargo, en este caso se puede ver que la frecuencia de *Pinus douglasiana* no lo evidencia, ya que 4 individuos aportan mayor área basal que 20; por lo que, para estos dos parámetros la menor densidad corresponde al suelo arena migajosa media y arena superficial; en cambio, el extremo máximo corresponde al migajón arenoso medio.

Los valores máximos y mínimos del *Pinus lawsonii*, con respecto a su frecuencia, se localizan en la arena migajosa media y en el migajón arenoso profundo, y para el *P. michoacana* en la arena migajosa profunda y en el gravoso discontinuo.

En cuanto a los totales de densidad para pino, se observa que las mayores son para *Pinus douglasiana* por el número de árboles y para *p. lawsonii* por el área basal y que estas especies, en relación con sus frecuencias, prefieren determinados tipos de suelo. Así se tiene que, la primera habita en suelos profundos, de poca pendiente y con texturas finas, en tanto que, la segunda puede desarrollarse en suelos de menor profundidad, con mayor pendiente y textura más gruesa que el anterior; a las demás especies se les puede considerar como secundarias (Cuadros N° 1 y N° 2).

En el Cuadro N° 3 se presentan las estimaciones del incremento periódico anual (IPA) en área basal. El valor extremo máximo lo da el suelo migajón arenoso medio, tanto para el género *Pinus* spp. como para la especie *P. douglasiana*, a diferencia de las demás especies que se localizan en los suelos arenomigajoso medio (*P. lawsonii*) y

arenomigajoso profundo (*P. michoacana* y *P. leiophylla*). Se observa también que el incremento es directamente proporcional a la cantidad de área basal.

Al analizar los totales de IPA del género y especies de pino, se tiene que el primero presenta menor variabilidad que sus especies y que de éstas la de menor varianza es el *Pinus lawsonii* que tiene una diferencia de aproximadamente un decímetro cuadrado del *P. douglasiana*, por lo que se les considera especies principales y a las dos restantes como secundarias.

En la ecuación 1 (Cuadro N° 4), el fósforo, los nitratos y el magnesio están en relación directa con el número total de árboles, ya que al aumentar estos elementos lógicamente el suelo se vuelve más rico en nutrientes, además que el primero induce a los individuos a desarrollar sus raíces, órganos sexuales y almacenar más sustancias de reserva en las semillas. Los nitratos, por otra parte, estimulan el crecimiento y el último hace que las plantas realicen, con mayor facilidad la fotosíntesis. En el caso de la materia orgánica se requiere de más muestra para indicar si la acidez titulable afecta el crecimiento en forma negativa.

Lo anterior se debe posiblemente a que se analizaron valores medios de las propiedades químicas del suelo y de las características dasométricas de las masas existentes en cada tipo y fase de suelo, ocasionando que se pierdan varias características que puede afectar el comportamiento y la explicación de los modelos matemáticos obtenidos. Sin embargo, tuvo que hacerse así por la gran variabilidad encontrada.

La mayoría de la variables independientes que componen las ecuaciones 2, 3 y 4 (Cuadro N° 4), que explican parte del comportamiento de las características dasométricas de las masas forestales en estudio, tienen relación lógica con éstas. Así se tiene que la mayor cantidad de arena fina y limos, significan un aumento en la aireación, drenaje y humedad aprovechables. La lámina de agua aprovechable tiene correlación positiva porque incrementa la humedad disponible, y la pendiente es inversamente proporcional porque con su aumento disminuye el grosor del suelo.

El grosor del suelo efectivo aparece con correlación negativa, lo cual puede ser lógico, si se toma éste como el grosor de la capa de arena, ya que según Gómez-Tagle (1985)¹⁷ debajo de este suelo se encuentra otro formado por un horizonte B cámbrico, que es de mejor calidad y que a medida que este último se aleja de la superficie, va disminuyendo la disponibilidad de nutrientes para las masas existentes.

¹⁷Gómez-Tagle R., A. 1985. Levantamiento de los suelos del Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", y sus relaciones con la vegetación de coníferas.

La densidad aparente se correlaciona negativamente con el número de árboles de *Pinus douglasiana*, lo cual resulta lógico, ya que al aumentar el valor de ésta, disminuye el crecimiento en los suelos compactos. Sin embargo, con el área basal de *Pinus* spp. y *P. douglasiana* no se comportó positivamente, por lo que es difícil explicar su influencia, excepto el hecho de estar por arriba del valor reportado como óptimo (Gómez-Tagle, *op. cit.*).

Con la ecuación 5 (Cuadro N° 4) se observa que la abundancia de *Quercus* spp. se presenta por la fácil adaptabilidad de este género en suelos de baja calidad y de mayor pendiente que en los habitados por *Pinus* spp. Esto puede ser debido a la menor densidad presente de la masa de pinos, ya que regularmente las masas de encino se encuentran bajo las masas de pino.

La relación entre la densidad de las masas con el IPA en área basal de *Pinus* spp. y de *P. lawsonii* no es clara, en la ecuación 6 y 7 (Cuadro N° 4) no es lógico que las variables independientes en una ecuación tengan un signo y en la otra ecuación aparece lo contrario, siendo que los dos son pinos de rusticidad similar.

Observando las diferencias en composición, estructura, densidad y crecimiento en los rodales de un bosque, es difícil diagnosticar su utilización más conveniente. Estos juicios cualitativos en algunos casos pueden ser lo que se requiere para decidir sobre el manejo de un bosque.

En la descripción de las masas arboladas existentes, tanto en las fases como en los tipos de suelo, se tomó en cuenta el criterio de pureza dado por Daniel *et al.* (*op. cit.*).

Al analizar las masas forestales que habitan las fases de suelo correspondiente al tipo de arena, se aprecia que están formadas por dos clases de poblaciones: una constituida por especies de pino y otra por especies de encino, con diferentes grados de asociación; ambas presentan estructura diamétrica irregular.

La mayor o menor densidad, así como el IPA en área basal de las especies de pino en cada una de las fases de suelo arenoso, se debe principalmente a las condiciones topográficas del terreno, ya que en las de pendientes bruscas *Pinus lawsonii* presenta mayor incremento que las otras especies, incluso con menor densidad, por lo que se considera a éste el de mejor adaptabilidad a condiciones abruptas.

Estudiando las fases de suelo correspondientes a la arena migajosa, se observa que en estos suelos se localizan masas puras de pino de dos pisos o de dos clases de edad, las cuales tienden a ser más o menos homogéneas, formadas por *Pinus lawsonii*, *P.*

michoacana y *P. douglasiana*, ordenadas de acuerdo con su densidad e incremento, considerando por esto a la primera como la principal.

Los diferentes grados de asociación y distribución de las especies de pino, se debe principalmente a la calidad del terreno, ya que según Gómez-Tagle (*op. cit.*) bajo estos suelos se encuentra una capa de suelo clasificado como migajón arenoso, de mejor calidad por su mayor contenido de nutrientes y disponibilidad de humedad aprovechable, por lo que la presencia de la especie depende de la profundidad a la que se encuentra la citada capa y a la topografía del terreno.

Con base en lo anterior, se puede decir que *Pinus lawsonii* y *P. michoacana* habitan suelos con poca humedad y con pendientes pronunciadas; en cambio, el *P. douglasiana* se caracteriza por establecerse más frecuentemente en lugares con pendiente, buen contenido de nutrientes y mayor humedad aprovechable.

Las masas arboladas existentes en las fases de suelo correspondientes al tipo migajón arenoso, son diferentes en estructura diamétrica, densidad e incremento, debido principalmente a la topografía del terreno, por lo que las gráficas de frecuencia diamétricas representan masas puras de pino formadas por *Pinus douglasiana* y *P. lawsonii*; con dos pisos que corresponden a dos poblaciones de edades diferentes. Por género, presentan la apariencia de una estructura diamétrica más o menos regular, en tanto que por especie cambia notablemente la segunda.

En el suelo gravoso discontinuo (mal país) la irregularidad del relieve, exposición, composición del suelo, baja humedad aprovechable, etc., propicia la presencia de varios microclimas, los que son habitados también por una diversidad de especies arbustivas y arbóreas. La gráfica de distribución de frecuencias diamétricas representa una masa arbórea con dos poblaciones: una constituida por especies de pino y otra por encinos.

La población de *Pinus* spp. por su estructura diamétrica da el aspecto de una comunidad más o menos homogénea y las especies que la constituyen siguen un patrón similar. Sin embargo, en este caso no lo son, ya que cuenta con individuos muy jóvenes y otros de edades avanzadas; esto sucede, además de la razón antes señalada, porque únicamente se encuentran árboles en partes donde las fracturas de la roca permiten la existencia de suelo orgánico mineral. En cambio, la distribución de frecuencias diamétricas de la población de *Quercus* spp. coincide con una masa de tipo irregular.

CONCLUSIONES

Los resultados del muestreo de las características dasométricas de las masas arboladas existentes en los diferentes tipos y fases de suelo en el C.E.F. "Barranca del Cupatitzio" permiten concluir lo siguiente:

1.- La composición de las masas forestales naturales del área en estudio está dada por los géneros: *Pinus* spp. y *Quercus* spp. principalmente, los cuales se presentan formando dos poblaciones (estratos); el primero de éstos cuenta con las siguientes especies: *P. douglasiana*, *P. lawsonii*, *P. michoacana* y *P. leiophylla*, encontrándose con mayor frecuencia a las dos primeras.

2.- La estructura diamétrica de las masas de pino que habitan los suelos de mejores condiciones representan una población de dos pisos, siendo éstos más o menos regulares.

3.- Los suelos de menor calidad se caracterizan por presentar dos poblaciones diferentes, una formada por especies de pino y otra secundaria constituida por encinos; ambas con estructuras diamétricas heterogéneas.

4.- La composición, la estructura diamétrica, la densidad y el IPA en área basal son diferentes en cada tipo y fase de suelo.

5.- El *Pinus douglasiana* se caracteriza por habitar terrenos de mejor calidad y con poca pendiente, en tanto que el *P. lawsonii* y el *P. michoacana* cuentan con más capacidad de adaptabilidad a terrenos de textura gruesa y pendientes fuertes.

6.- Los modelos matemáticos demuestran que las propiedades químicas del suelo no resultan, en este caso, determinantes en la estimación de las características dasométricas de las masas arboladas. Se observó que las físicas pueden tener mayor probabilidad de explicar parte de dicha respuesta de las variables dasométricas. O bien, que el análisis a través de técnicas de regresión univariadas, no es suficiente para encontrar relaciones claras entre variables de interés para este estudio.

7.- No es recomendable el análisis de relaciones entre variables edáficas y dasométricas con base en valores medios, ya que se pierden explicaciones posibles entre ellas. Sobre todo porque con los promedios se reduce notablemente los rangos de cada variable.

BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga M., B. 1983. Influencia del suelo y las características fisiográficas en el crecimiento de *Pinus radiata* D. Don en Ayototxtla, Gro. Tesis profesional U.A.CH. Chapingo, México. 146 p.
- Carmean W., H. 1970. Site quality for aestern hardwoods. *In*: The silviculture of oaks and associated. USDA: For. Serv. Res. Paper NE-144. Northeastern For. Exp. Sta. Upper Darby, Pa. 66 p.
- _____ 1975. Forest site quality evaluation in the United States. *Adv. Agronomy* 27 : 209-269.
- Coile T., S. 1960. Summary of soil-site evaluation. *In*: P. Y. (ed). Proc. Eight Annual Forestry Symposium. Louisiana State Univ. Press. Baton. La.
- Daniel, T. W.; J. Helms A. y F. Backer S. 1982. Principios de Silvicultura (Trad. Ramón Elizondo Mata). McGraw-Hill. México, 492 p.
- Dement J., A. and E. L. Stone. 1970. Influence of soil and site on red pine plantations in New York. II. Soli type and physical properties. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull pp. 1020-1025
- Dominguez R., T. y N. Aguilera. 1981. Introducción a la relación Aridosol Larrea. Memoria del XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo I. México. pp. 429-445.
- Flores R., L. J. 1979. Notas del curso "Ordenación de montes" Fac. de Agrobiología. U.M.S.N.H. Uruapan, Mich. 155 p.
- Gómez-Tagle R., A. 1985. Levantamiento de los suelos del Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", y sus relaciones con la vegetación de coníferas. UNAM. Tesis de Maestría. México. 135 p.
- Jones J., R. 1969. Review and comparison of site evaluation methods. USDA. For. Serv. Res. Paper RM-51. Rocky mountain For. and Rge. Exp. Sta. Fort Collins Col. 27 p.

- Loetsch, F.; F. Zöhrer y E. K. Haller. 1973. Forest inventory. Vol. II. B.L.V. Verlagsgesellschaft. München, Bern, Wien. Germany. 469 p.
- Manzanilla B., H. 1974. Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la S.A.G. México. 165 p.
- Mas P., J. 1977. Composición y desarrollo de las masas de coníferas. *In: Memoria del curso de Silvicultura en montes de coníferas*. SARH. México. pp 175-205.
- Musalem L., F. X. 1979. Las bases y primeras acciones del programa nacional de mejoramiento silvícola en bosques de coníferas. Productos Forestales de Michoacán. Morelia, Mich. México. 40 p.
- Orantes G., F.R. 1980. Determinación de la calidad de estación de *Pinus hartwegii* Lindl. en Zoquiapan, Méx. Tesis profesional. U.A.CH. Chapingo, México. 77 p.
- Rosales P., S. 1964. Los suelos y la vegetación del Campo Experimental Forestal "La Saucedá" en las zonas áridas de Coahuila. INIF. Bol. Téc. N° 16. México. 33 p.
- Rowe J., S. 1962. Soil, site and land classification. *For. Chron.* 38 : 420-432.
- Spurr, S. H. y V. B. Barnes, 1982. *Ecología Forestal* (Primera edición en español). A.G.T. Editor, S.A. México. 690 p.