

00361
28.
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EL SUELO EN RELACION CON LOS
TIPOS DE VEGETACION Y SU
PRODUCTIVIDAD EN EL AREA
EXPERIMENTAL FORESTAL MADERA,
CHIH.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(B I O L O G I A)

P R E S E N T A :

RAUL NARVAEZ FLORES

México, D. F.

1990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Pag.
I.- INTRODUCCION.....	9
II.- ANTECEDENTES.....	12
III.- HIPOTESIS.....	21
IV.- OBJETIVOS.....	21
V.- DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO	
1.- Localización.....	22
2.- Clima.....	22
3.- Topografía	26
4.- Vegetación.....	26
5.- Geología.....	29
6.- Suelos	30
VI.- MATERIALES Y METODOS.....	32
VII.- HISTORIA DEL MANEJO Y LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES.....	41
VIII.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES DE INTERES.....	43
1.- <i>Pinus arizonica</i> Engelm.....	43
2.- <i>Pinus durangensis</i> Martínez.....	47
IX.- RESULTADOS Y DISCUSION	
1.- Vegetación.....	49
2.- Topografía - Vegetación.....	57
3.- Suelos - Vegetación.....	61
4.- Análisis estadístico.....	79
a) Características dasométricas y edáficas.....	79
b) Correlación simple de las características del arbolado.....	82
c) Correlación de las características dasométricas y edáficas.....	84
d) Suelo - Productividad forestal.....	86

X.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
XI.-	RESUMEN.....	101
XII.-	BIBLIOGRAFIA.....	102

Anexos

A	Perfil ecológico e índice.....	108
B	Análisis de suelos.....	117

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla

1.	Los suelos forestales en relación al manejo del bosque.....	11
2.	Datos meteorológicos del área de estudio.....	25
3.	Resumen de los inventarios florísticos de los sitios de muestreo.....	51
4.	Características dasométricas de la vegetación en los sitios de estudio.....	64
5.	Características dendroepidométricas de las principales especies de pino en los sitios de inventario.....	65
6.	Media, desviación y coeficiente de variación de las variables del suelo y arbolado.....	81
7.	Correlación simple de las características dasométricas del arbolado.....	83
8.	Correlación simple de las características edáficas y dasométricas del arbolado.....	85
9.	Clave de las variables dependientes (Y) e independientes (X).....	87
10.	Análisis de varianza para Y ₁ (índice de sitio).....	88
11.	Análisis de varianza para Y ₂ (diámetro).....	89
12.	Análisis de varianza para Y ₃ (volumen <i>Pinus</i>).....	91
13.	Análisis de varianza para Y ₄ (volumen total).....	92
14.	Análisis de varianza para Y ₅ (incremento medio anual en volumen).....	93
15.	Análisis de varianza para Y ₆ (incremento medio anual en diámetro).....	94
16.	Resumen de las ecuaciones de regresión y correlación múltiple entre características del suelo y topografía con el crecimiento del arbolado.....	95

Fig.

1.	Ubicación del Area Experimental Madera.....	23
2.	Localización del Area Experimental Madera.....	24
3.	Climograma de la estación Madera.....	27
4.	Climograma de la estación Campo 4.....	27
5.	Fisiograma de la topografía del Area Experimental Madera.....	28
6.	Ubicación de los perfiles de suelo.....	33
7.	Curvas de calidad de estación para <i>Pinus arizonica</i>	37
8.	Curvas de calidad de estación para <i>Pinus durangensis</i>	37
9.	Fisiograma del Area Experimental Forestal Madera.....	40
10.	Rangos altitudinales de las coníferas.....	45
11.	Plano forestal del Area Experimental Madera.....	56
12.	Relación tipos de vegetación con rangos de pendiente.....	59
13.	Relación C/N de las series de suelo del Area Experimental Madera.....	63
14.	Mapa de suelos del Area Experimental Forestal Madera.....	80
15.	Fisiograma de productividad forestal del Area Experimental Madera.....	97

I.- INTRODUCCION

México es un país eminentemente forestal con una superficie de 143.6 millones de ha. lo que representa el 73.3% del territorio nacional, de las cuales el 27.0% (38.9 millones de ha.) corresponden a bosques y selvas (CNIDS 1986); sin embargo, a pesar de contar con una gran riqueza forestal y de su importancia como satisfactor de bienes y servicios, el aprovechamiento y manejo de estos recursos por lo general no ha sido el adecuado, ocasionando aún más el deterioro de los mismos. Esto se debe principalmente a que el concepto de ecosistema no ha sido entendido como tal, ya que poco se consideran los factores del medio ambiente y sus interrelaciones, de ahí los muchos problemas de manejo que se han tenido; un ejemplo importante es la deforestación de grandes áreas con fines agropecuarios, que provoca la degradación de los suelos a través de la erosión y agotamiento de los mismos, lo cual se debe entre otras cosas al desconocimiento de la capacidad productiva del suelo para darle el uso adecuado y obtener un mejor aprovechamiento de él.

Dentro de los ecosistemas forestales a uno de los factores que se le ha prestado menor atención en nuestro país son los suelos, siendo tal vez dentro de una región macroclimática dada, el factor de mayor importancia en el crecimiento y productividad de los bosques, al aportar humedad, nutrientes y espacio para el crecimiento y desarrollo de la planta. Así con base a muchos estudios de suelos, varios autores han encontrado que las propiedades físicas, como textura, porosidad, profundidad y drenaje entre otras, son las más estrechamente relacionadas con el crecimiento de los árboles.

Coile (1952) y Carmean (1975) indican que el estudio de las propiedades del suelo en relación con la calidad de sitio o productividad forestal, se emplea para evaluar el potencial productivo de varias especies en terrenos forestales desnudos, en bosques vírgenes e incoetáneos, en áreas sobreexplotadas, en masas jóvenes o decadentes y densidades extremas.

Así mismo la evaluación de la relación suelo-sitio es también de gran utilidad en los programas de reforestación y plantaciones, ya que se pueden homogeneizar algunos factores del ambiente, como el clima y topografía, en las cuales las propiedades edáficas tengan un valor preponderante; además se puede obtener una mayor sobrevivencia de las plantas, al escoger los mejores sitios para plantar o reforestar.

En lo que se refiere al estudio de los suelos, en relación con el manejo forestal, Steinbrenner (1957) indica una secuencia de etapas a seguir; siendo la primera la clasificación de los suelos; la segunda fase y tal vez la más importante es definir las necesidades individuales de cada especie. Una vez

determinadas las dos primeras etapas, el siguiente paso es precisar la capacidad productiva de cada suelo para satisfacer dichas necesidades y, finalmente, se manejan, los suelos para mantener su productividad natural o para aprovecharlos cuando sean económicamente factibles. Conjuntamente con estos pasos, enfocados a obtener la máxima producción de productos forestales por hectárea, el manejo de cuencas debe considerarse una parte integral en el manejo de los suelos forestales, (Tabla 1).

Por otra parte Barnes, Pregitzer, Spies y Spooner (1982) proponen como base para un manejo de uso múltiple de los recursos en una región determinada una clasificación ecológica del sitio, en la que se expresen las interrelaciones entre:

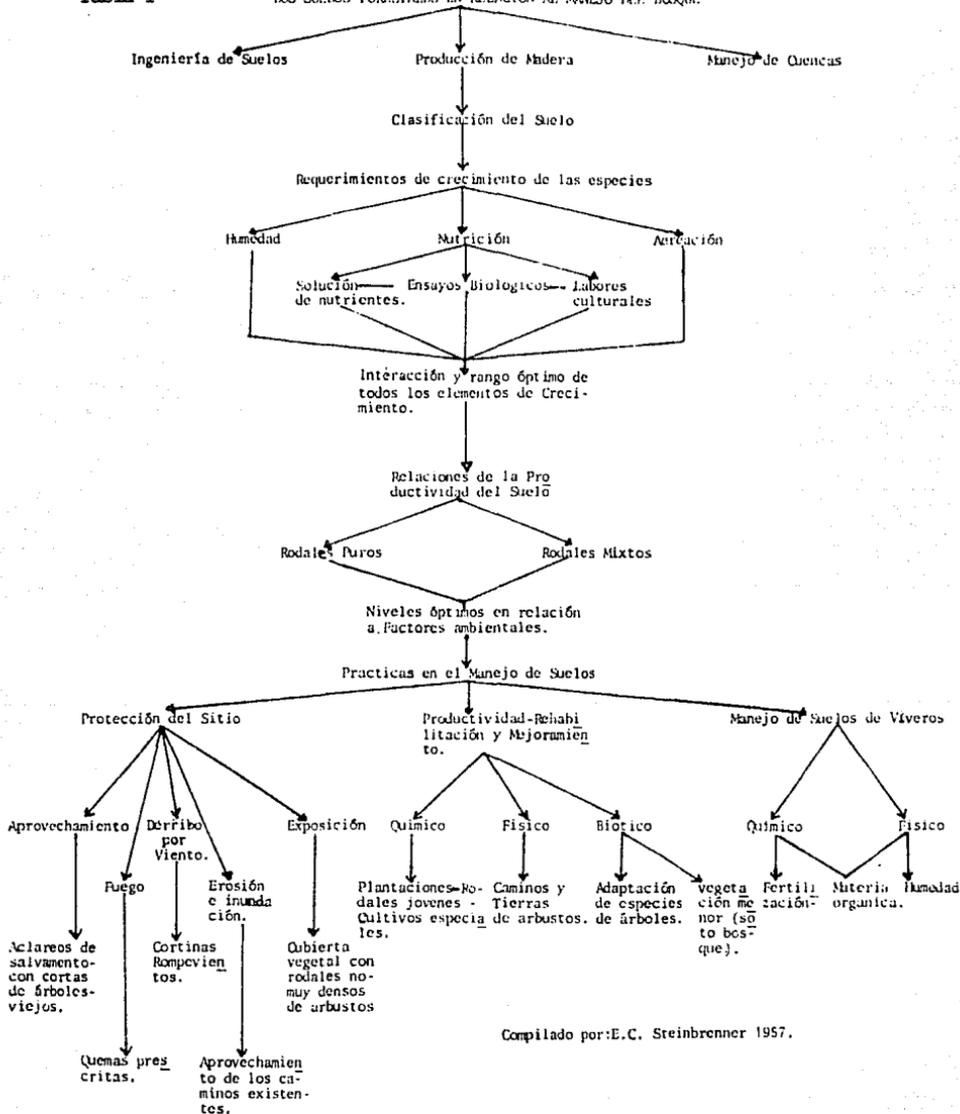
- 1) vegetación y fisiografía,
- 2) vegetación y suelos y
- 3) fisiografía y suelos.

Estos autores señalan que los factores fisiográficos y del suelo sólo adquieren su significado ecológico y silvícola cuando se entiende su relación con la vegetación, indican que estos tres grandes factores y sus interrelaciones sirven para distinguir más claramente a los ecosistemas locales. Asimismo, mencionan que los factores del suelo como humedad, nutrientes y pH tienen una influencia directa en la composición de plantas y animales, así como en su tamaño y productividad.

Tomando como base los conceptos anteriores, donde se discute la importancia de los suelos forestales, el presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de los suelos del Area Experimental Forestal Madera, en relación con los tipos de vegetación y su productividad. El objetivo de este trabajo es analizar las propiedades físicas y químicas de los suelos y su correlación con el crecimiento del arbolado, lo cual permitirá conocer la productividad con base en las necesidades de suelos de las principales especies de pino y encino con el fin de planear adecuadamente el manejo silvícola de estos recursos y aprovechar mejor la capacidad productiva de los suelos, como parte del Manejo Integral del Bosque.

Tabla 1

LOS SUELOS FORESTALES EN RELACION AL MANEJO DEL BOSQUE



Compilado por: E.C. Steinbrenner 1957.

II.- ANTECEDENTES

En nuestro país son pocos los estudios sobre suelos forestales, más aún cuando se trata de correlacionarlos cuantitativamente con el crecimiento y productividad de las masas arboladas. A continuación se presentan algunos de los estudios más importantes sobre la relación suelo-vegetación, incluyendo los que se han hecho en Campos y Areas Experimentales Forestales del INIFAP, así como de otros trabajos que consideran factores ecológicos en relación con el crecimiento del bosque.

Spurr y Barnes (1982) indican que el término localidad o sitio, normalmente incluye tanto la posición en el espacio, como las condiciones del ambiente asociado. La calidad del sitio se define, por lo tanto, como la suma total de todos los factores que afectan la capacidad productiva del bosque u otros tipos de vegetación y que son factores climáticos, edáficos y biológicos. Generalmente para determinar la calidad de sitio sólo se realiza una estimación indirecta utilizando una o más de las siguientes alternativas.

A. Vegetación del Bosque

1. Árboles (índice de sitio). Basado en la altura de los árboles dominantes o codominantes a una edad específica.
2. Vegetación del sotobosque (especies y grupo de especies indicadoras).
3. Vegetación combinada del sotobosque y la masa arbórea.

B. Factores ambientales.

1. Clima
2. Suelo y Topografía.

- C. Factores Múltiples o Métodos Combinados (utilizando algunos o todos los factores precedentes conjuntamente con la historia del uso del suelo).

Pritchett (1986) agrupa los factores del campo que influyen en la productividad, en componentes bióticos (biológicos) y abióticos (físicos).

A. Bióticos.

- Densidad de la vegetación
- Variabilidad genética
- Relaciones de competencia entre las plantas
- Micorrizas
- Plagas y enfermedades.

B. Abióticos.

- Condiciones climáticas (temperatura, radiación solar, precipitación, etc.)
- Fisiografía
- Suelos.

Aunque los factores bióticos son de carácter mas transitorio que los abióticos, si no se reconoce su influencia sobre el crecimiento del árbol, pueden producirse errores graves en la medición de la productividad del campo.

Ralston (1984 en Arteaga, 1989) indica que desde que fue examinado y observado el crecimiento de los árboles, la medición de la productividad del sitio reflejó una respuesta fisiológica a las condiciones biológicas y ambientales. Por su parte Aguirre (1982) señala que entre los factores que limitan la producción está el suelo, el cual constituye un sistema altamente relacionado con los procesos fisiológicos que gobiernan el crecimiento y productividad de las masas forestales.

Uno de los primeros trabajos en México de este tipo es el de Castaños (1962) quien evaluó la calidad de estación de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el norte de Oaxaca, en masas vírgenes e incoetáneas, mediante dos métodos; el primero, a través del índice de sitio y el segundo con base a las propiedades edáficas y topográficas. Encontró que la profundidad del suelo, la altitud y la exposición son las tres variables más correlacionadas con la calidad de estación.

Orantes y Musalem (1982) determinaron las calidades de estación de *Pinus hartwegii* Lind en Zoquiapan, México, y con base al análisis estadístico entre las características edáficas y la altura dominante del árbol, concluyen que solo hubo alta correlación con la profundidad promedio de los horizontes; pero no lo recomiendan, ya que no es una medida práctica para el dasónomo; haciendo ver la necesidad de correlacionar más propiedades edáficas, así como de otros componentes del ecosistema.

Rodríguez (1982) indica que las propiedades edáficas que mayor influencia ejercen en el crecimiento en altura y determinan las calidades de estación rica, media y pobre en *Pinus montezumae* Lamb son: pH y contenido de limo de la capa de suelo de 0-50 cm de profundidad.

Se ha encontrado mediante análisis de regresión y correlación múltiple que los factores del suelo más relacionados con el incremento y desarrollo de las masa forestales son: la pendiente, profundidad del suelo, espesor del horizonte B, tamaño y distribución de las partículas del suelo, las laminas de agua aprovechable y la exposición (Gómez Tagle 1985, Chávez y Gómez Tagle, 1985).

Gómez Tagle (op cit.) desarrolla la técnica de fisiogramas controlados con el fin de representar a escala y en tres dimensiones las grandes áreas forestales, lo que permite entre otras cosas, ubicar áreas con diferente productividad forestal, así como zonificar los tipos y clases de suelos.

Gómez Tagle y Chávez (1986) realizaron un estudio de suelos forestales como parte de las bases necesarias para implementar un plan de manejo silvícola en los bosques de Tapalpa, Jalisco. Entre sus resultados indican que la gran variación topográfica y edafológica impactan el desarrollo y composición del arbolado, ya que mientras en los Andosoles se observan muy buenas características de vigor, altura y regeneración, en los Luvisoles y Cambisoles el desarrollo de las coníferas es inferior, llegándose a observar la sustitución de éstas por encinos principalmente; sin embargo, en los Regosoles se encuentran esencialmente encinos y bosque mesófilo de montaña, como posible resultado de la pobreza del suelo. Por otra parte, estos autores proponen el desarrollo de prácticas de uso múltiple.

Sánchez y Chacón (1986) hacen un estudio de la relación suelo-vegetación del Area Experimental Forestal Madera, Chih., en donde analizaron las condiciones del bosque concernientes a las masas puras de las dos especies más importantes, *Pinus arizonica* Engelm y *P. durangensis* Martínez, así como las referentes al bosque de encino. Entre sus conclusiones, señalan las diferencias notables en suelos en cuanto a profundidad y rocosidad, ya que mientras en la serie *Sirupa* (encinos)-los suelos son muy delgados y con abundantes rocas, en las series *Arizonica* y *Durangensis* son profundos. Asimismo entre las series que corresponden a las coníferas, se presentan diferencias en los niveles de fósforo asimilable, textura y agua aprovechable. Estos autores recomiendan intensificar los estudios de suelo para la obtención del mapa de los mismos, así como determinar la calidad de estación para cada especie y condición, y elaborar por último el mapa de producción. Toda esta información es indispensable en los planes de manejo que pueden servir de base para el mejor aprovechamiento del recurso en la región.

Pérez (1964 en Gómez Tagle 1985) en su trabajo sobre los suelos y la vegetación del Campo Experimental "La Saucedá" en la zona árida de Coahuila, establece las relaciones que existen entre los suelos Chestnut y Sierozem, con asociaciones de *Larrea tridentata* y *Agave lecheguilla* y explica las variaciones en densidad y cobertura como un reflejo del suelo y la posición topográfica que ocupan, analizó también los sistemas radiculares de varias plantas, explicando su desarrollo principalmente, en función del espesor del suelo y de factores alelopáticos.

Anaya, Hernández y Madrigal (1980) determinaron la vegetación y los suelos en un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccihuatl, señalando que el crecimiento en altura y diámetro de las especies arbóreas estudiadas es diferente y varía de acuerdo con la especie y las características climáticas, especialmente la temperatura y precipitación, además de los suelos. Asimismo, indican que existen diferencias en los suelos estudiados, sobre todo en lo que se refiere al grado de desarrollo, profundidad, espesor de los horizontes y contenidos de materia orgánica y nitrógeno.

Barreto y Hernández (1970) en su estudio sobre la relación suelo-vegetación en la región de Tuxtepec, Oaxaca, concluyen que la selva perennifolia de *Terminalia amazonia* es la única vegetación de climax climático en dicha zona, y que los demás tipos de vegetación que se desarrollan dentro del mismo marco climático deben considerarse formaciones edáficas. También comprobaron que variaciones de poca magnitud en el clima, pueden reflejarse en cambios de composición florística en la vegetación de climax edáfico; asimismo, señalan la necesidad de obtener mayor información en lo tocante al movimiento del agua en el suelo durante el año, así como datos de evapotranspiración.

Cuanalo (1981) en su estudio sobre los suelos del Campo Experimental Forestal "El Tormento" Campeche establece siete series de suelos, indicando que el factor determinante del tipo de vegetación en estos suelos es el agua realmente disponible para las plantas al través del año. Su diferencia tiene importancia en la clasificación, el estudio de la génesis, el aprovechamiento y el manejo de estos suelos.

Salmon (1979) explica en que medida influye la humedad invernal, en el crecimiento en altura y mortandad de las especies *Pinus arizonica* Engelm, *P. durangensis* Martínez y *P. engelmanni* Carr, en el Estado de Chihuahua. Concluyó que la humedad invernal influye cuando menos en un 95% en el crecimiento en altura de los pinos mencionados; la deficiencia del 50% en las lluvias de invierno originan una mortalidad ligera, y si estas deficiencias llegan al 75% habrá una mortalidad muy elevada, sobre todo en las zonas con suelos pobres, pedregosos y con exposiciones al sur y el poniente, que son las más secas por la insolación a que están expuestas.

González (1988a) determinó que en el Area Experimental Forestal Madera, existen calidades de estación buena y regular para *Pinus arizonica* Engelm., con incrementos en volúmen de 2.774 y 2.140 % ha⁻¹ año⁻² respectivamente. Por otro lado, *P. durangensis* Martínez presenta las calidades de estación buena, regular y mala e incrementos en volúmen de 3.033, 2.671 y 2.466 % ha⁻¹ año⁻², respectivamente. Asimismo, este autor recomienda hacer estudios en los que se relacionen las características edáficas y topográficas con la calidad de estación para determinar la productividad del suelo.

Debe mencionarse que el presente trabajo, surgió con base a las recomendaciones y necesidades marcadas en los trabajos de Sánchez y Chacón (1986) y González (1988a) donde los autores manifiestan que se intensifiquen los estudios de suelos y que se relacionen sus propiedades con la calidad de sitio, información que se requiere como parte de las bases necesarias para un adecuado manejo silvícola.

Mientras en nuestro país el primer trabajo sobre la relación suelo-calidad de sitio se hizo apenas hasta 1962 en países como Estados Unidos de Norteamérica han realizado estudios de este tipo desde hace más de 50 años y en Europa han desarrollado el método multifactorial, lo que ha originado numerosos trabajos de los cuales a continuación sólo se presentan algunos de los más importantes.

Heiberg y White (1956) señalan que el sitio es un "complejo", compuesto de muchos factores que influyen en el desarrollo del bosque. Asimismo, mencionan que el sitio es dinámico y frecuentemente los factores pueden ser modificados a través de la silvicultura; por otra parte, el hombre influye bastante en la capacidad productiva de un sitio dado a través de cortas, quemas controladas, pastoreo y otras actividades.

Aver y Burkhart (1983 en Arteaga, 1989) indican que el sitio puede ser clasificado cualitativamente en tipos de sitio a través de su clima, suelo y vegetación, o cuantitativamente en clases de sitio a través de su potencial para producir productos primarios como la madera.

Daniel, Helms y Baker (1982) señalan que la productividad de los terrenos forestales se define en gran parte por la calidad de sitio, que se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado. La calidad del terreno es una cuestión esencial en el manejo de los rodales encaminada a la producción de varias combinaciones de productos forestales: madera, agua, forrajes, recreación y caza. No es posible tomar decisiones válidas, de tipo silvícola, si no se hace referencia a la calidad de sitio y a otras condiciones del mismo.

Por su parte Clutter (1983 en Artzaga ,1989) menciona que en el contexto de manejo forestal, el concepto de calidad de estación se puede definir como "la producción potencial de madera de un sitio para una especie en particular o para un tipo de bosque".

Locke (1941) considera que los factores más importantes, que influyen anualmente en la producción de volumen de madera en un sitio son: suelo, tipo de cubierta vegetal, clima, pendiente, densidad y otros, indicando que las propiedades físicas del primero son las más importantes.

Hill, Arnt y Bond (1948) indican que la calidad de sitio de *Pseudotsuga taxifolia* Lamarck. Britt, parece estar determinada por las relaciones de humedad del suelo, ya que en un mismo suelo una área con alta precipitación tuvo un alto índice de sitio.

Por otro lado Carmean (1954) señala que la altura total de *Pseudotsuga menziessii* (Mirb.) Franco está relacionada a la edad del árbol y a la cantidad de humedad disponible, determinada por el clima y características físicas del suelo.

Gessel y Lloyd (1950) analizaron el efecto de algunas propiedades físicas del suelo, en la calidad de sitio de *Pseudotsuga menziessii* (Mirb.) Franco, encontrando que el índice de sitio en todos los suelos examinados incrementó con el cambio en textura, de gruesa a fina a media. Asimismo, el índice de sitio se relaciona con la precipitación media anual. El exceso de agua en el suelo no tuvo un efecto favorable y ocasiona un deterioro a causa de la excesiva lixiviación.

Lemmon (1955) determinó que la profundidad efectiva del suelo es el factor más importante en la capacidad productiva del sitio para *Pseudotsuga menziessii*, indicando que la importancia de este factor puede deberse a la relación entre el agua interna del perfil y su influencia en el crecimiento de la planta.

Tarrant (1949) menciona que mucho se ha escrito sobre el valor de los análisis químicos en la solución de problemas de crecimiento del árbol sin embargo, no se conoce mucho acerca del nivel de nutrientes en sitios específicos, y muy poco se sabe de las relaciones entre niveles de fertilidad del suelo y calidad de sitio en suelos forestales; dado lo anterior el autor hizo un estudio sobre el nivel de nutrientes disponibles con la calidad de estación de *Pseudotsuga menziessii*. Sus resultados indican que la fertilidad del suelo no tuvo una relación estadísticamente significativa con la calidad de sitio, señalando que no es un factor limitante en el crecimiento de esta especie.

Coile y Schumacher (1953) indican que el índice de sitio de *Pinus taeda* L. y *P. echinata* Mill., está

determinado principalmente por la profundidad del horizonte A y el valor imbibicional de agua por el subsuelo.

Zanher (1962) presenta la relación entre curvas de índice de sitio y grupos de suelos, para rodales jóvenes de *Pinus taeda* L. en el sur de Arkansas y norte de Louisiana.

Shoulders y Tiarks (1980) determinaron por medio de análisis de regresión que entre el 40 y 60% de la variación en altura a la edad de 20 años en árboles dominantes y codominantes de *Pinus echinata* Mill., *P. elliotii* Engelm., *P. taeda* L. y *P. palustris* Mill., está en función de la precipitación en la estación fría y cálida, pendiente y potencial de humedad disponible en el subsuelo.

Forristall y Gessel (1955) estudiaron la relación entre las propiedades del suelo y los diferentes tipos de cubierta forestal y su productividad, sus resultados muestran que la profundidad del suelo, la densidad aparente, la humedad, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nitrógeno fueron las propiedades más significativas en este trabajo.

Pawluk y Arneman (1961) indican que el crecimiento de *Pinus banksiana* Lamb, está estrechamente relacionado con aquellas características del suelo que influyen en la fertilidad y capacidad de retención de la humedad. También menciona que los mapas de suelo son muy útiles en la evaluación del crecimiento potencial en regiones de gran diversidad de suelos, con la condición de que se agrupen suelos con potencial similar en base en detallados estudios de campo y laboratorio que muestren la relación entre las características particulares del suelo y el crecimiento de los árboles.

Mader (1976) predice el crecimiento de *Pinus strobus* L. mediante las características del suelo y sitio. La altura del árbol fue pronosticada con mayor precisión por la edad, más las propiedades del suelo, las cuales explican del 80 al 90% de la variación. El suelo y variables del sitio explican alrededor del 60% del índice de sitio, y cerca del 70% del incremento periódico en volumen. Los componentes texturales, materiales gruesos, clases de drenaje, materia orgánica, pH de los horizontes inferiores y humedad, fueron los factores más significativos.

Meeuwig y Cooper (1981) proponen el crecimiento potencial en área basal como un índice de la calidad de sitio para *Pinus monophylla* Torr & Frem. y *Juniperus osteosperma* (Torr) Little, señalando que puede ser determinado por medición directa en rodales con coberturas del 100% y estimado en cualquier sitio con un modelo de regresión que incluya pendiente, exposición, forma del terreno y material parental. Asimismo, menciona que la producción potencial de biomasa es proporcional a este índice de sitio.

Einsphar y Mc Comb (1951) hicieron un estudio del índice de sitio de encinos en relación a series de suelos, características de los perfiles de suelo y topografía, sus resultados muestran que los factores más correlacionados con el crecimiento de los árboles son aquellos que afectan la disponibilidad de humedad, como la profundidad del suelo, posición topográfica, exposición y pendiente.

Doolittle (1957) al correlacionar factores edáficos y topográficos con el índice de sitio de *Quercus coccinea* Muenchh. y *Q. velutina* Lam., encontró que las propiedades con valor significativo fueron la profundidad y porcentaje de arena del horizonte A y la pendiente.

Geyer, Marquard y Barber (1980) estudiaron las relaciones entre el índice de sitio (altura del árbol a la edad de 50 años) de *Juglans nigra* L. y las características topográficas y del suelo, la ecuación de regresión más precisa incluyó las siguientes variables: origen del suelo, espesor de la superficie del suelo, exposición, porcentaje de arcilla, contenido de arcilla y limo en el horizonte A, profundidad efectiva del suelo y capacidad de retención de humedad. Esta ecuación explicó el 73% de la variación. Un segundo análisis de regresión, generado solamente con factores que se pueden medir en el campo, explicó el 61% de la variación.

Coile (1952) y Carmean (1975) indican que el método más usado para estimar indirectamente la calidad de estación es la relación suelo-sitio. Con base a la revisión de un gran número de trabajos, señalan que la profundidad del horizonte A, profundidad total del suelo, textura, distribución del espacio poroso y materia orgánica, así como el clima, duración del día, exposición, pendiente y geología, son a menudo las variables más estrechamente relacionadas a la calidad de sitio. Asimismo el segundo autor indica que la mayoría de estos estudios explican quizá el 65-85 % de la variación en la altura del árbol o índice de sitio.

Bartelli y DeMent (1970), recomiendan que se utilicen niveles de clasificación más detallados que las series de suelos, debido a que con otras subdivisiones y su aplicación sistemática y desarrollada, su futuro es muy prometedor en la evaluación de la calidad de sitio. Estos mismos autores señala que un buen levantamiento de suelos forestales debe proporcionar lo siguiente:

- Una base para la construcción precisa de mapas sobre calidades de sitio y a la vez de predicción para cultivos forestales futuros.
- Una base para estimar la productividad del suelo y guiar la selección de áreas, en las cuales los esfuerzo de desarrollo y rehabilitación estén en armonía con dicha productividad.

- Una guía para las plantaciones forestales, en términos de selección de especies.
- Un inventario que indique las áreas potencialmente en peligro o las zonas aclareadas, donde se dificulta la regeneración o la fuerza del viento significa problema, o donde el comportamiento del suelo reduce la sobrevivencia o el crecimiento de plántulas.
- Un mapa que indique las áreas con alto grado de erosión potencial y causas que restringen el uso de equipo moderno.
- Un resumen de la distribución de diferentes clases de suelo.

Cajanders (1926 en Westveld, 1951) hace una clasificación del tipo de sitio con base a plantas indicadoras y su sistema está basado en que estas plantas forman parte de la vegetación menor del bosque las cuales están asociadas con la calidad del suelo y sucesión natural. Por otra parte, el autor señala que una comunidad vegetal es un excelente indicador del sitio, porque es la integración de todos los factores que influyen en su crecimiento. A través de este principio es posible desarrollar una clasificación de tipos de vegetación que sean indicadores de clases de calidad de sitio.

Spies y Barnes (1985) aplicaron un método ecológico de clasificación multifactorial del ecosistema. Las tierras altas y húmedas fueron subjetivamente clasificadas dentro de 25 ecosistemas por un método combinado de reconocimientos de campo, muestreo de parcelas, análisis de datos y cartografía de ecosistemas. Cada uno de ellos, tuvo una combinación característica de fisiografía, grupos ecológicos de especies y suelos. Análisis discriminantes, demostraron el valor de la vegetación como un componente que puede fácilmente ser observado y además ser un aceptable sustituto de datos de análisis de laboratorio de suelos, en la identificación y cartografía de unidades de ecosistemas.

Pregitzer, Barnes y Lemme (1983) encontraron que el desarrollo y clasificación del suelo, nivel de nutrientes y composición forestal, están estrechamente relacionados con las variaciones topográficas. Además, indican que si estas interrelaciones son comprendidas, la vegetación como un indicador de las condiciones del medio y del potencial de productividad forestal, puede ayudar en mucho en el proceso de cartografía de los suelos y sitios.

Kotar (1986) menciona que las asociaciones de plantas representan unidades de clasificación de la tierra (tipo de habitat), y dado que la mayor parte son controlados edáficamente, una relación entre tipos de habitat y unidades de suelo debe ser esperada. La incorporación de la identificación del tipo

de habitat dentro del presente método de delineación de unidades de suelo puede:

- a) mejorar la delimitación de unidades,
- b) incrementar la precisión y velocidad de la investigación de campo,
- c) proporcionar las bases para la agrupación de unidades de suelo, dentro de categorías que pueden ser más útiles para los manejadores del recurso forestal.

Barnes et al (1982) presentan un método ecológico, de clasificación multifactorial del sitio, en el cual se establecen las interrelaciones entre fisiografía, suelos y vegetación, factores usados para distinguir y cartografiar diferentes unidades de ecosistemas como base para un manejo intensivo de uso múltiple. Por otra parte, señalan que los factores físicos del medio ambiente son relativamente estables y probablemente mejores predictores del sitio que la vegetación; además, la fisiografía puede ser usada para cartografiar grandes áreas, y el conocimiento de la fisiografía, suelos y drenaje es necesario en prácticas silvícolas, como preparación del sitio, cosecha, fertilización y cortas, entre otras.

III.- HIPOTESIS DE TRABAJO

Dado que dentro del Area Experimental Forestal Madera, se tiene el mismo marco climático, la hipótesis de trabajo es que las características topográficas y edáficas juegan un papel importante en la composición de la vegetación; así como en su crecimiento o productividad. Cabe señalar que en los estudios sobre la relación suelo-sitio, se asume que los rodales presentan condiciones, sin factores (variabilidad genética, densidad y relaciones de competencia entre las especies) que afecten su desarrollo o bien que su efecto es mínimo en el crecimiento de los árboles (Hagglund 1981 en Arteaga, 1989).

IV.- OBJETIVOS

General: Contribuir al conocimiento de los suelos del Area Experimental Forestal Madera, en relación con el crecimiento de la vegetación.

Específico: Definir las necesidades de suelos, para las principales especies de pino y encino, con el fin de planear adecuadamente el manejo silvícola de estos recursos y aprovechar mejor la capacidad productiva de los suelos.

V.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.- Localización

El área de estudio se encuentra ubicada en el macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental en la región Noroeste del Estado de Chihuahua, dentro del municipio de Madera, a 12 km. al Suroeste de la población del mismo nombre; su localización geográfica comprende las coordenadas 29°06'50" de latitud Norte y 108°11'53" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich (Sánchez y Chacón 1986) Fig. 1.

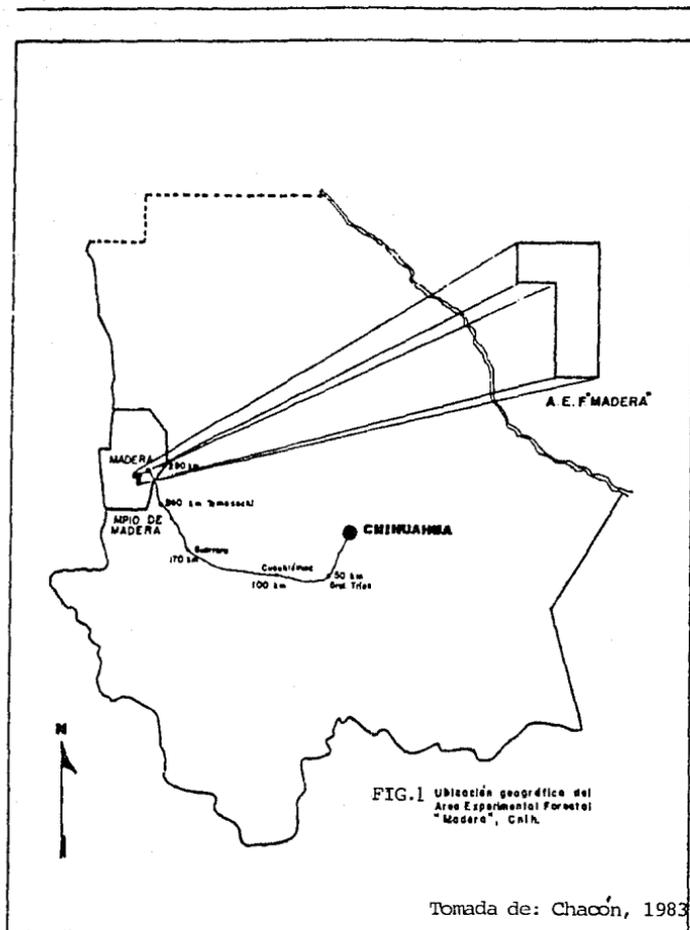
El Área Experimental Forestal Madera se encuentra ubicada en la Unidad de Administración Forestal No. 2, dentro de la ampliación del Ejido El Largo y está limitada al Norte con el Ejido Madera (ampliación), al Sur con el predio particular *Sirupa*, al Este con la Colonia Nahuerachi y al Oeste con el predio particular Omar B. Varela (Sánchez y Chacón op cit.) Fig. 2.

2.- Clima

Por medio de las cartas climáticas de CETENAL (1970), y con base al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1973), el clima de esta región C (w1) (b1) (e); corresponde al grupo de climas templados subhúmedos, con temperatura media del mes más frío de -3 a 18°C, y la del mes más caliente mayor de 6.5°C, con una diferencia de temperatura entre el mes más frío y el mes más caliente de 7 a 14°, con régimen de lluvias en verano (julio-agosto) y un cociente P/T entre 43.2 y 55; la precipitación total anual se encuentra dentro de las isoyetas de 500-700 mm. Salmón (1979) reporta para esta estación que el 69% de la precipitación anual cae en verano y el restante 31% en invierno. Por otra parte Flores (1969) señala que el periodo vegetativo es de 127 días.

Con base a la información estadística obtenida de la estación meteorológica Madera, Chih., la cual se encuentra a 2090 msnm y a una distancia aproximada de 15 km. del Área Experimental Forestal Madera, se determinó una precipitación anual de 748 mm; la temperatura media anual es de 10.7°C, mientras que la media mínima es de 5.0°C y la media máxima es de 23°C. La temperatura mínima extrema es de -22°C en enero y la máxima extrema de 36°C en junio; el promedio anual de heladas y nevadas es de 175 y 8 respectivamente. Tabla 2.

La estación meteorológica denominada Campo 4, a 300 m del área en estudio; presenta una precipitación promedio anual de 838 mm, siendo los meses de mayor precipitación julio y agosto, ocurriendo otras en diciembre y enero en forma de nevadas; la temperatura media anual es de 9.6°C,



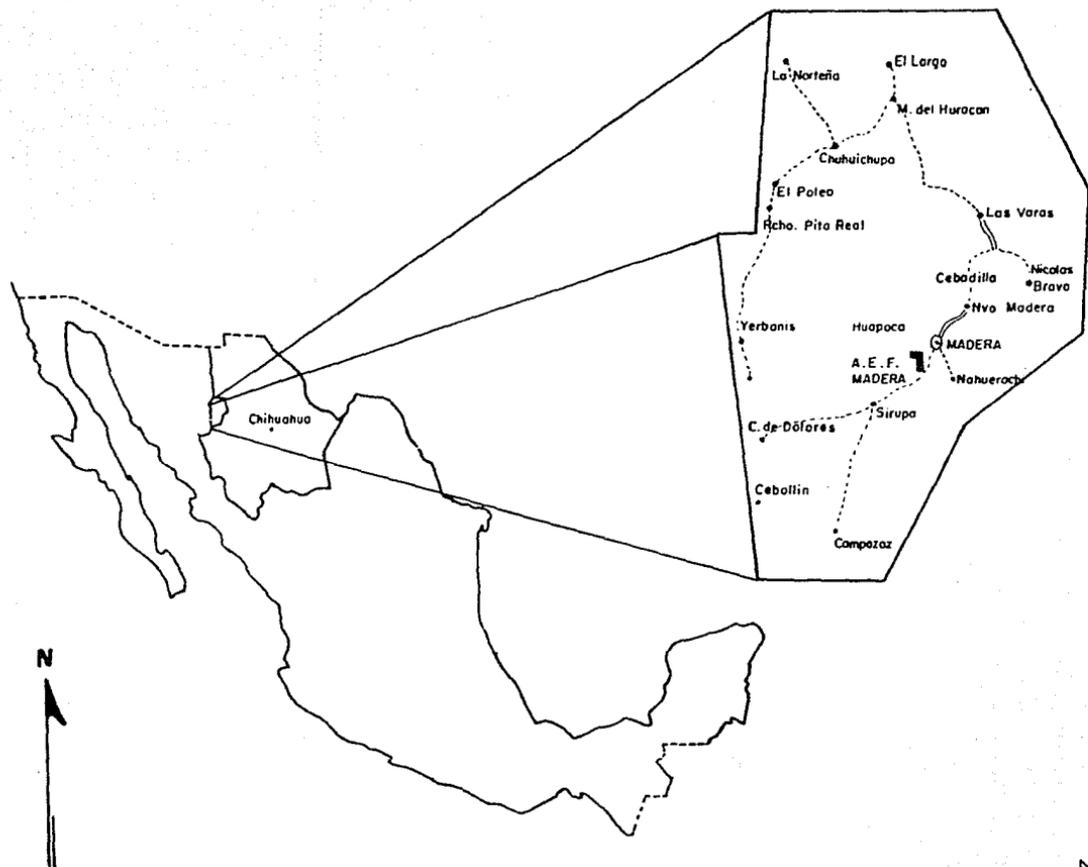


Fig. N° 2 LOCALIZACION DEL AREA EXPERIMENTAL FORESTAL MADERA

Tabla 2. Datos meteorológicos del area de estudio.

	Madera	Campo 2.
Templado subhmedo	C (w1) (bi) (e)	C (w1) (bi) (e)
Precipitación anual	748.4 mm	838 mm
Temperatura media anual	10.7 °C	9.6 °C
Temperatura mínima	5.0 °C	3.8 °C
Temperatura máxima	23 °C	15.8 °C
Temperatura mínima extrema	-22 °C	-21.0 °C
Temperatura máxima extrema	36 °C (junio)	35°C (mayo)
Vientos dominantes	Suroeste	Oeste (NO y SO)
Heladas anuales	175	
Nevadas anuales	8	

siendo las mínimas de 3.8 y las máximas de 15.8°C, en promedio. Se presentan las temperaturas mínimas extremas de -21°C en diciembre o enero y máximas extremas de 35°C en mayo. Los vientos dominantes de esta región provienen del Oeste, con sus variaciones del Noroeste y Suroeste (Sánchez y Chacón 1986). Fig. 3 y 4.

3.- Topografía

El Área Experimental Forestal Madera se localiza en la Sierra Madre Occidental, lo que determina que el relieve sea accidentado, constituido por cañadas y cerros; sin embargo, al encontrarse en la parte alta, su topografía es ondulada. Cuenta con dos sectores planos, uno en el norte y otro en la parte media, rodeado por tres cañadas; el otro ubicado en la parte sur del área tiene un relieve mucho más accidentado, con pendientes mayores de 50% (Sánchez y Chacón 1986).

En cuanto a altitud, el área se encuentra entre las cotas altimétricas de 2100 a 2540 msnm y en lo que respecta a las exposiciones, están representadas todas las variaciones (Fig. 5).

4.- Vegetación

En la Sierra Madre Occidental, en el estado de Chihuahua, las grandes masas boscosas están compuestas principalmente por los bosques de pino-encino y masas puras de pino donde predominan las especies *Pinus arizonica* Engelm, *Pinus durangensis* Martínez y *Pinus engelmanni* Carr., siendo además las de mayor interés comercial. Se encuentran frecuentemente asociadas entre ellas mismas o con otras especies del mismo género. En menor proporción, se encuentra el bosque de encino-pino y encino; solamente en las partes de mayor altitud y humedad se localiza el bosque de *Pseudotsuga* y *Abies*. Esta distribución de la vegetación está representada en el Área Experimental Forestal Madera, la cual presenta los siguientes tipos de vegetación.

Bosque de pino (P)

Se encuentra en la parte noroeste y media del área; en la primera domina la especie *Pinus arizonica* Engelm y en la media *Pinus durangensis* Martínez; por otra parte en algunas cañadas a la orilla de arroyos y con exposiciones al norte, la especie predominante es *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw. La superficie ocupada por estos rodales es de 107 ha, lo que representa el 21.4% de las 500 ha que comprende el área.

ESTADO CHIHUAHUA
MUNICIPIO MADERA
ESTACION CD. MADERA

Temperatura media anual 10.7°C
Precipitacion media anual 748.4 mm
Años de observacion once (1971-1981)

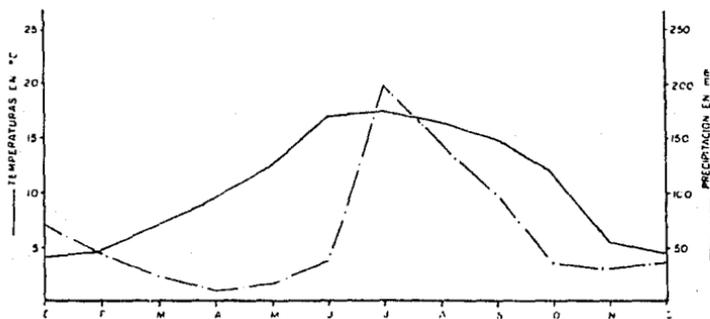


Fig N° 3 CLIMOGRAMA DE WALTER

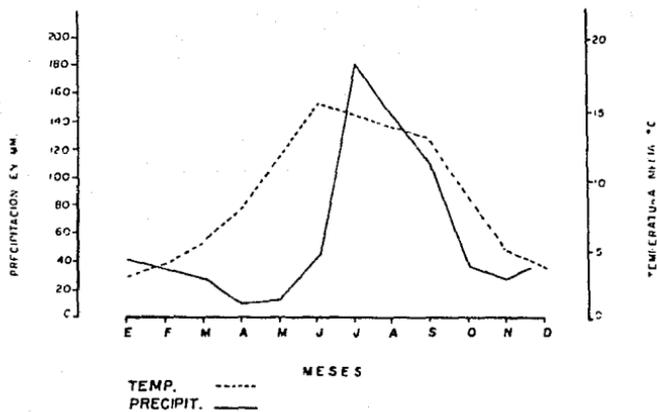


Fig. N° 4 CLIMOGRAMA DE LA ESTACION METEOROLOGICA CAMPO, 4 CD. MADERA CHH.

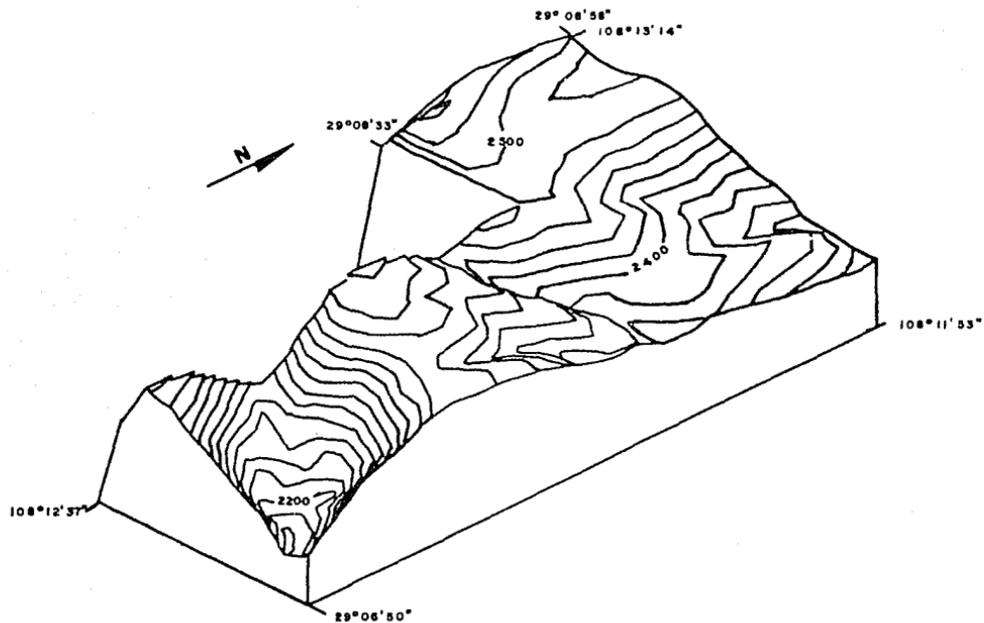


FIG. 5 FISIGRAMA DE LA TOPOGRAFIA DEL AREA EXPERIMENTAL MADERA

Pino - encino (Pq)

Este tipo de asociación vegetal es la más extensa del área, ya que cuenta con una superficie de 300.9 ha o sea el 60.18% de la superficie total de dicha área. Las especies de pino más frecuentes que están formando esta asociación son *Pinus durangensis* Martínez y en menor proporción *P. arizonica* Engelm, *P. ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw, *P. leiophylla* Schld & Cham, *P. chihuahuana* Engelm y *P. engelmanni* Carr; en lo que respecta a los encinos, los más comunes son *Q. sideroxyla* Humboldt & Bonpland, *Q. arizonica* Sargent, *Q. fulva* Liebmann y *Q. rugosa* Née.

Encino - pino (Qp)

Las especies más representativas que conforman este tipo de vegetación son: *Quercus sideroxyla*, *Q. arizonica* y *Q. rugosa* y algunos individuos del género *Pinus* como *P. engelmanni*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite* var. *brachyptera*. Este bosque ocupa una superficie de 69.6 ha, o sea 13.92% del Area Experimental.

Encino (F3 chaparral)

Este tipo de vegetación corresponde al matorral bajo abierto compuesto de encinos bajos, principalmente de la especie *Quercus arizonica*, asociada con *Arctostaphylos pungens*, *Juniperus deppeana* y algunos pinos aislados como *P. engelmanni* y *P. leiophylla*; es también notable la presencia de algunas especies de *Agave* y *Yucca*, indicadoras de sitios con mayor exposición solar y consecuentemente de poca humedad debido a la evapotranspiración.

Esta vegetación se presenta en la parte Sur del área, que es la del relieve más accidentado, en suelos poco profundos y pendientes fuertes, mayores del 50%. La superficie que ocupa es de 22.6 ha, lo que constituye el 4.52% del área en estudio.

5.- Geología

Garfías y Chapin (1949) señalan que la primera elevación de la Sierra Madre Occidental aconteció con el movimiento general que culminó con la revolución Larimídica (conjunto de movimientos orogénicos que distingue a la estratigrafía norteamericana desde la mitad del Cretácico hasta la parte superior del Eoceno). Asimismo, supone que los esquistos de la Sierra Madre Occidental probablemente pertenecen a la edad Precámbrica.

Con base en la carta geológica de la República Mexicana, Anónimo (1960), el origen geológico de esta región se remonta al Cenozoico Medio Volcánico (Oligoceno-Plioceno Inferior) con derrames de lava, brecha y tobas de composición variable, de basalto a riolita, con predominancia de andesitas en el inferior y riolitas en la parte superior.

La Sierra Madre Occidental consiste principalmente de esquistos y gneises del Precámbrico, con lavas del Terciario y Cuaternario, rodeada en algunas áreas con estratos del Paleozoico y Mesozoico. Las mesetas están compuestas de lava y tobas riolíticas intemperizadas del Mioceno, sostenidas por andesitas erosionadas del Cretácico. Estas extrusiones están bien expuestas en los cañones profundos y son las principales rocas formadoras de suelo a través de toda la Sierra. (Gordon 1968, Madrigal 1967, 1977, Robert 1979, Taylor y Patterson 1980, Resendiz 1984).

Por otro lado, se menciona que la Sierra Madre Occidental esta constituida en su mayor parte por materiales del Cenozoico Medio Volcánico, Anónimo (1970).

Las cartas geológicas de DETENAL (Anónimo 1981) muestran que el origen geológico de la Sierra Madre Occidental corresponde al Cenozoico-Terciario, formado por rocas sedimentarias, volcanos sedimentarias, conglomerados e ígneas-extrusivas ácidas.

López (1981 en Mendoza, 1985) indica que el levantamiento y plegamiento de una placa tectónica durante el Cretácico creó la Sierra Madre Occidental. El material sedimentario de las capas superiores del Cretácico al desgastarse, dejó expuesto a la acción de los agentes atmosféricos un viejo material volcánico, compuesto principalmente por rocas riolíticas extrusivas, ignimbríticas, lava y graníticas intrusivas. La posterior erosión, fallas y alteraciones formaron la topografía actual. Las elevaciones pronunciadas de la Sierra en su lado costero, contrastando con las suaves pendientes en su parte interior ejemplifica este fenómeno. Las mesetas y montañas son las geoformas dominantes.

Sánchez y Chacón (1986) mencionan que la Sierra Madre Occidental esta compuesta por dos secuencias ígneas; la más antigua formada por rocas volcánicas principalmente intermedias y la más reciente integrada por ignimbríticas, riolíticas y riolíticas.

6.- Suelos

Uno de los pocos estudios de suelos forestales que se han realizado en esta región Madera-El Largo, Chih., es el de Aguilera, McIeran y Hernández (1962) quienes hacen la descripción de cuatro perfiles de suelo en la Mesa del Huracán, y los clasifican como pardos forestales y Litosuelo; dos de

ellos son particularmente importantes, ya que uno corresponde al bosque de *Pinus durangensis* Martínez y otro al de *Pinus arizonica* Engelm, las principales especies del Área Experimental Forestal Madera.

El primero de estos perfiles fue clasificado como pardo rojizo forestal de montaña con una profundidad mayor de 2 m, con textura migajón arcilloso en el horizonte A y estructuras prismática en el horizonte B. En cuanto a su fertilidad tiene un alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y calcio; medio en potasio y bajo en fósforo; la masa forestal es de *Pinus durangensis* en una proporción de 92%, mezclado con *Pinus arizonica* y *P. engelmanni*.

El otro suelo fue clasificado como Litosol de color pardo grisáceo, textura grava media, sin estructura y de profundidad muy delgada, con buen drenaje, con contenido medio de materia orgánica, nitrógeno, calcio y potasio, y son bajos en fósforo. El bosque es de *Pinus arizonica* Engelm, en una proporción de 88%, mezclado con *Pinus durangensis* Martínez. Estos autores hacen la observación de que *Pinus arizonica* crece en sitios con suelos de baja calidad.

Otro trabajo es el de Sánchez y Chacón (1986) quienes establecen las series de suelo *Arizonica*, *Durangensis* y *Sirupa* que corresponden a los bosques de *Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *Quercus* spp. respectivamente. Asimismo, indican que las dos primeras presentan suelos profundos; la serie *Arizonica* tuvo una textura franco-arenosa, en cambio en la *Durangensis* es arcillosa y franco-arcillosa a partir de los 50 cm. Los contenidos de materia orgánica y nitrógeno total son ligeramente mayores en la serie *Arizonica*, sin embargo, en cuanto al fósforo asimilable, agua aprovechable y capacidad de intercambio catiónico, es más alto en la serie *Durangensis* lo que podría explicar que *Pinus durangensis* este aprovechando mejor la capacidad productiva del suelo, lo cual se refleja a través de la alta densidad que prevalece y por el desarrollo alcanzado en los parámetros de diámetro normal y altura total. En lo que respecta a la serie *Sirupa* (bosque de encino), es notable su pobreza en materia orgánica y nitrógeno, contrastando con los altos niveles de fósforo asimilable; no obstante, el bajo nivel de agua aprovechable hace que estos elementos sean poco aprovechados, lo cual se manifiesta en este tipo de vegetación.

Resendiz (1984) presenta para la Unidad de Administración Forestal No. 2 (El Largo- Madera) las siguientes unidades de suelo de acuerdo con la FAO: en las mesetas Feozem háplico/textura media; en pendientes suaves Luvisol ortico/textura media y en terrenos muy quebrados Litosol/textura media.

VI.- MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó principalmente en masas mezcladas e incoetáneas de *Pinus durangensis* Martínez y *P. arizonica* Engelm, sólo en la parte media y Noroeste del Area Experimental se encuentran masas puras y coetáneas de estas dos especies respectivamente; también se consideró el bosque de encino. Una parte del estudio consistió en relacionar la influencia de los suelos y topografía en la composición de la vegetación, mientras que por otra parte se correlacionaron las características edáficas y topográficas con la productividad o calidad del sitio de *Pinus durangensis*, ya que es la especie de mayor abundancia en el Area Experimental. Para poder cumplir con lo anterior fue necesario llevar al cabo los siguientes métodos, en los que se indican los materiales que se emplearon.

Fotointerpretación

En aerofotos a color, escala 1:10 000 se hizo la rodalización del Area Experimental Forestal Madera, tomando como criterios la exposición y pendiente del terreno; posteriormente se sub-rodalizó, considerando las características de la vegetación, como géneros, espesura y altura (Cota, 1989).

Selección de sitios

Con base a los reconocimientos de campo, rodalización del área y mapa de calidades de estación, se seleccionaron 22 sitios de muestreo, para relacionar el suelo con los tipos de vegetación, de los cuales sólo 16 se pudieron comparar con la calidad de estación para determinar la productividad del sitio (Fig. 6).

Bosque	# Sitios	Calidad de estación	# Sitios
Encino	4	Buena <i>P.durangensis</i>	5
Encino-pino	4	Regular <i>P.durangensis</i>	4
Pino-encino	9	Mala <i>P.durangensis</i>	7
Pino	5		_____
	_____		16
	22		

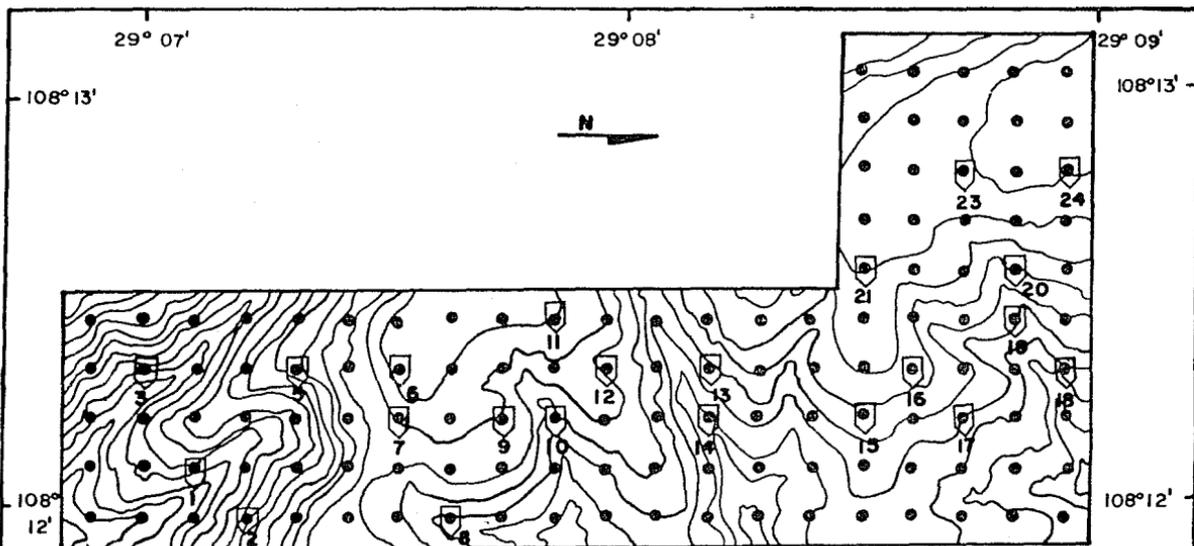


FIG. 6 UBICACION PERFIL DE SUELO - □

SITIO CIRCULAR DE MUESTREO 1000. m² - ●

Vegetación

Para la caracterización de la vegetación, el trabajo de campo se dividió en tres partes:

- 1) En una ficha de inventario se registraron los datos relativos al medio ambiente de cada lugar como altitud, posición topográfica, exposición, pendiente, microrrelieve, asociación vegetal y agentes de perturbación (Madrigal, Takaki y Sánchez, 1970).
- 2) Inventarios florísticos. En cada sitio de estudio se hizo el levantamiento de las especies del sotobosque, mediante el muestreo y colecta de ejemplares a través de todo el sitio de inventario. Las muestras botánicas se encuentran depositadas en el herbario del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Chihuahua.
- 3) Caracterización dendroepidométrica. Se recopiló la información dendroepidométrica de los sitios seleccionados, tomada por personal del proyecto Manejo Integrado de los Recursos Naturales Forestales. Los datos que se obtuvieron de los sitios de muestreo circulares de 0.1 ha, son: altura total (m), diámetro normal (mm), grosor de corteza (mm), edad (años), longitud de los últimos 10 anillos (mm) a 1.30 m de altura, e incremento medio anual en volumen y diámetro. Lo anterior se analizó para las especies dominantes o codominantes (*P. durangensis* o *P. arizonica*) ya que se considera que son los que representan la productividad del sitio; al resto de los individuos comprendidos dentro del sitio de muestreo, únicamente se les determinó la especie, altura total, diámetro normal y grosor de corteza (González, 1988 b). Además se obtuvo el área basal y volumen total de cada sitio.

Suelos

Los suelos se caracterizaron muestreando un perfil en cada uno de los sitios escogidos (Fig.6) donde se describió la morfología según Hernández y Sánchez (1973). Los perfiles se hicieron hasta alcanzar la roca madre, o bien en suelos profundos hasta el horizonte C; donde no se pudo llegar al material parental, se tomaron muestras en partes cercanas donde había afloramientos de roca. Las muestras de suelo se secaron al aire, se molieron y tamizaron en malla de 2 mm, después se envasaron en frascos de vidrio etiquetados, para su posterior análisis.

Las pruebas físicas y químicas que se le hicieron a cada una de las muestras fueron las siguientes:

Físicas: Color en seco y húmedo por comparación con tablas de Munsell (1954); densidad aparente por el método de Blake (1965); densidad real por medio del picnómetro (Baver, 1956); textura por el método de Bouyoucos (1951); la capacidad de campo y punto de marchitez permanente por la membrana de presión a 0.3 y 15 atmósferas, respectivamente; asimismo se obtuvo el porcentaje de espacio poroso y humedad aprovechable.

Químicas: pH se midió con un potenciómetro en agua y cloruro de potasio 1N a pH7 en una relación suelo-líquido 1:2.5; contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black; nitrógeno por el método de Kjeldahl; capacidad de intercambio catiónico total empleando una solución extractora de acetato de amonio normal neutro; cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) por extracción con acetato de amonio 1N a pH7 valorando las concentraciones por espectrofotometría de absorción atómica; fósforo aprovechable por el método de Bray I. También se obtuvo el porcentaje de saturación de bases, contenido de carbono y la relación carbono / nitrógeno.

* Las técnicas de los análisis químicos se tomaron de Jackson (1964)

Mapa de suelos

Tomando en cuenta la descripción morfológica de los perfiles de suelos, los análisis de laboratorio, algunas barrenaciones de suelo, la información topográfica y la vegetación; se elaboró la cartografía de suelos por series del Area Experimental Forestal Madera.

Índice de sitio

Se utilizó el modelo de crecimiento de altura total-edad 1.30 obtenido por González (1988 b), para definir el índice de localidad de los sitios de muestreo. Los modelos que representan las curvas promedio de calidad de estación son los siguientes:

P. arizonica $\text{Ln H} = 70.7091 - 70.4751 (1/E^{0.01})$

P. durangensis $\text{Ln H} = 72.5520 - 72.3873 (1/E^{0.01})$

Las calidades de estación, contemplan los siguientes índices de sitio (Fig. 7 y 8).

Buena	Regular	Mala
<i>P. arizonica</i> >20.37	17.37-20.37	17.37<
<i>P. durangensis</i> >20.45	17.45-20.45	17.45<

Perfil ecológico e índice

El método perfil ecológico (Godrón 1981) se adaptó para determinar la frecuencia del bosque de pino, pino-encino, encino-pino y encino en relación con las variables topográficas exposición, pendiente y altitud; para ello se contó con la información de campo de 125 sitios de muestreo circulares de 1000 m² cada uno, ubicados dentro del Área Experimental Forestal Madera. Los datos fueron tomados por personal de la Red de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Forestales.

Los principales tipos de perfil ecológico son los siguientes

- Perfil de ensamble (NE): se refiere al número total de sitios que están comprendidos dentro de cada clase del factor topográfico estudiado, se representa como NE, y el número de inventarios como N.
- Perfil de frecuencias absolutas (FA): es el número de inventarios donde el tipo de bosque considerado (a) está presente y que están dentro del grado o clase (E) del factor examinado. Se denomina FA a esta frecuencia absoluta y S(X) al número total de sitios donde el bosque analizado está presente.
- Perfil de frecuencias relativas (FR): es el cociente entre el perfil de frecuencias absolutas y el perfil de ensamble para cada clase de factor topográfico; se denota de la siguiente forma:

$$FR = \frac{FA}{NE}$$

- Perfil de frecuencias corregidas (FC): se obtiene multiplicando la frecuencia relativa por el resultado de la relación entre el número total de inventarios (N) y el número de sitios donde el tipo de bosque está presente S(X).

$$FC = FR \frac{N}{S(X)}$$

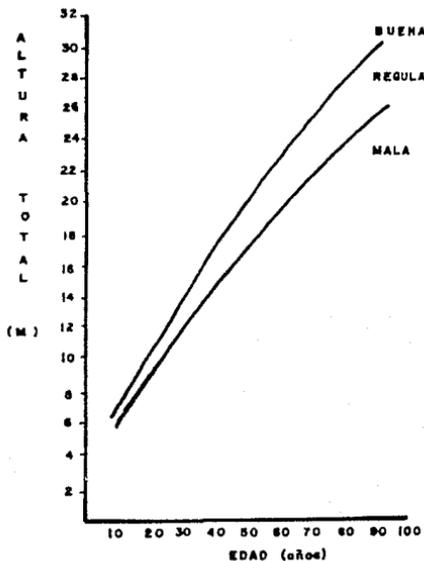


FIG. 7 CURVAS DE CALIDAD DE ESTACION PARA PINUS QUERCIFOLIA GONZALEZ (1988 b)

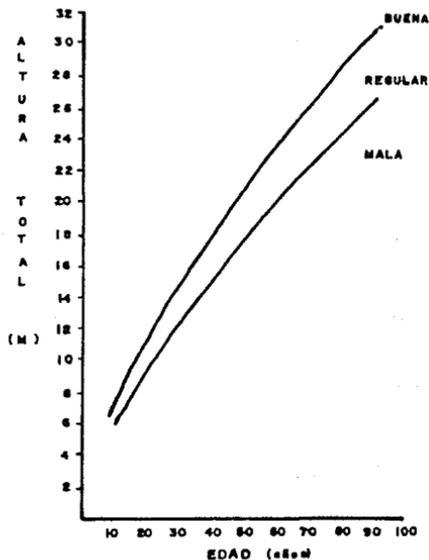


FIG. 8 CURVAS DE CALIDAD DE ESTACION PARA PINUS CHRYSOCARPA GONZALEZ (1988 b)

Sinopsis del Método Perfil Ecológico.

PERFILES	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	FORMA DE CALCULO
NE	NE1	NE2	NE3	NE4	N
FA	FA1	FA2	FA3	FA4	FA=FA1+FA2 FA3+FA4
FC	FC1	FC2	FC3	FC4	FC=FR N/S(X)

e) Perfil índice (P): se empleó para determinar la correlación tipo de bosque-factores topográficos. Para elaborar este perfil es necesario contar con los siguientes datos:

- Clase de factor topográfico (exposición, pendiente y altitud).
- Perfil de ensamble.
- Perfil de frecuencias absolutas del tipo de bosque.

Con esta información y mediante tablas de contingencia se calculó el grado de significación o de correlación entre bosque-factor ambiental, utilizando la fórmula de la probabilidad exacta de Fisher (Gódrón,1981).

Tabla de Contingencia Bosque X

		Presente (+)	Ausente (-)	Total
Factor topográfico	+	a	b	a + b
Clase 1	-	c	d	c + d
Total		a + c	b + d	n

Fórmula de probabilidad exacta de Fisher (P)

$$P = \frac{(a+b)! (c+d)! (a+c)! (b+d)!}{n! a! b! c! d!}$$

Donde:

- a = número de sitios donde el bosque (X) se presentó en la clase seleccionada
- b = número de sitios en los que no se presentó el bosque (X) en la clase elegida.
- c = número de sitios con bosque (X), que no estuvieron comprendidos en la clase analizada.
- d = número de sitios donde el bosque considerado, así como la clase seleccionada, no se presentaron.
- n = número total de sitios inventariados.

La fórmula se aplica a cada una de las combinaciones posibles entre clases de factor ambiental con tipo de vegetación; como por ejemplo, bosque de pino con los distintos rangos de pendiente, en este caso con las clases de 0-15, 16-30, 31-45 y 46-60%.

En el perfil índice, el resultado del nivel de información se define de la siguiente forma (Godron 1981).

Correlación positiva

0.05 = significativo +

0.01 = muy significativo ++

0.001 = altamente signif.+++

Correlación negativa

0.05 = significativo -

0.01 = muy significativo --

0.001 = altamente signif. ---

Construcción de fisiograma

Sobre un plano topográfico escala 1:10,000 del Area Experimental Madera, se trazo una cuadrícula en papel milimétrico con retícula de 1 X 1 cm (10,000 m²) obteniéndose las altitudes de cada vértice y se elaboró un listado de los datos en base a las coordenadas X, Y y Z; mediante el programa de cómputo Surfer, de la Golden Software (1987) se obtuvo el fisiograma controlado del área de estudio (Fig. 9).

El fisiograma tiene la ventaja de representar a escala y en tres dimensiones, las características del sustrato forestal como relieve, exposición, pendiente, geomorfología y área. Asimismo se puede

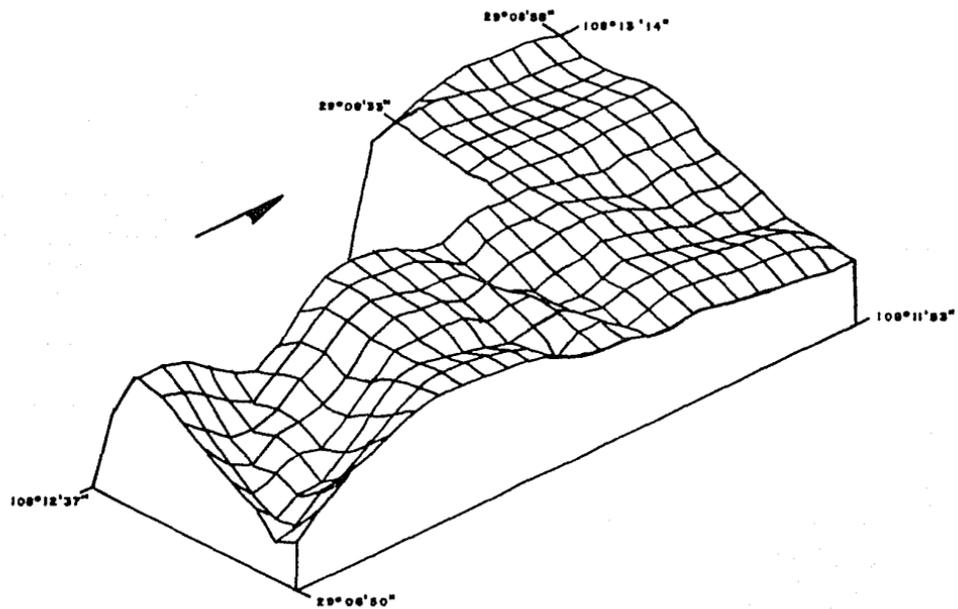


FIG. 9 FISIOGAMA DEL AREA EXPERIMENTAL FORESTAL MADERA

emplear para expresar la distribución de las series de suelo, zonas de crecimiento y regeneración y erosión. Gómez Tagle (1985).

Relación suelo-vegetación

Con la interpretación de los análisis físicos y químicos de los suelos se determinó la influencia de los factores edáficos en la composición de la vegetación. Por otra parte, para precisar las propiedades edáficas y topográficas que están correlacionadas con la productividad forestal, se emplearon modelos de regresión y correlación múltiple por computación, con la técnica de regresión por pasos (step-wise). Estadísticamente se denotaron como variables independientes, las características del sitio (suelo-topografía), y como dependientes las referidas al crecimiento del arbolado; se probaron 50 variables independientes en relación con los parámetros que se apreciaron como más representativos de la productividad del sitio, en este caso con el índice de localidad de *Pinus durangensis*; diámetro promedio y volumen de las especies de pino ($m^3 ha^{-1}$); volumen total del sitio ($m^3 ha^{-1}$), e incremento medio anual en volumen y diámetro de los árboles de pino dominantes. Para elegir las mejores ecuaciones de regresión, se consideró que tuvieran los más altos coeficientes de correlación (R) y determinación (R^2), así como el menor error estándar de estimación y cuadrado medio del residual obtenido del análisis de varianza, el nivel de significancia que se aceptó para los coeficientes de regresión fue de $\infty 0.1$.

VII.- HISTORIA DEL MANEJO Y LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES

Flores (1983) hace una reseña histórica de los aprovechamientos forestales del área que comprende los bosques de la Unidad de Administración Forestal No. 2 "El Largo- Madera" en la que señala que los pinos del grupo Ponderosa *P. arizonica* Engelm, *P. durangensis* Martínez y *P. engelmanni* Carr, son los más abundantes y de mayor importancia comercial ya que fueron aprovechados en forma masiva por primera vez en 1907, en el poblado de San Pedro, hoy Cd. Madera, Chih.

El concesionario de los aprovechamientos fue la empresa británica denominada Ferrocarril Noroeste de México a través de su filial The Madera Company LTD, sobre una superficie de arbolado comercial de 400,000 ha. El orden cronológico que siguieron las cortas fue: en 1907 se iniciaron los cortes en el paraje El Serrucho o Arroyo de Nahuerachic a 3 km al Suroeste de Cd. Madera, donde estuvo operando un aserradero de sierra circular de mediana capacidad hasta principios de 1909 con capacidad diaria de un millón de pies/tabla; los cortes de arbolado se localizaron en la mesa del

Campo No.2, de ahí se obtuvieron las maderas que sirvieron para construir las casas e instalaciones industriales del poblado de San Pedro, Madera.

En 1909 inició sus operaciones de aserrío con carácter comercial el aserradero grande cuya capacidad era un millón y medio de pies de madera diario, los campos de trocería que se cortaron fueron los más cercanos. De fines de 1910 a 1914 estuvo suspendido por la Revolución, a excepción de parte del año de 1912 en que se reanudaron los trabajos. De 1916 a 1944 se explotaron en su mayor parte, bosques de la ex-hacienda Babicora. El mismo autor indica que el tratamiento que se vino dando al bosque hasta 1925, fue de matarrasa, como se hacía en los E.E.U.U., se cortaba todo el arbolado grueso y sano para el aserrío en primer término y el resto defectuoso y más delgado para hacer leña y durmientes para las vías férreas. En esta zona los pinos *durangensis* y *arizonica* son los predominantes en dos pisos generales, el piso superior con una edad media de 70 años, y el piso bajo con edad de 26 que nació en 1957 en forma abundante, obedeciendo a la coincidencia de una dispersión normal de semillas, con un año de lluvias sobre abundantes y bien distribuidas.

Salmón (1983) señala que hasta el año de 1978 los bosques de la Unidad fueron manejados con el denominado Método Mexicano de Ordenación de Montes, el cual aparece en 1958 basado en la extracción selectiva de arbolado sobremaduro, sin buen control o de manejo de los estratos superiores (González 1988c). A partir de 1979 se implantó el método de manejo llamado Desarrollo Silvícola o Silvicultura Intensiva.

Chacón y Manzanilla (1983) mencionan que una de las últimas intervenciones que se practicaron en el Area Experimental Forestal Madera fue en el año de 1964 mediante cortas de selección de grupos. Finalmente en 1988 y 1989, con base al concepto de Manejo Integral de los Recursos Naturales Forestales, se han intervenido para su aprovechamiento 80 ha en masas de *Pinus arizonica* en la parte Noroeste del Area Experimental Madera; el método que se ha empleado es el de manejo de bosque regular con seis tratamientos, que consisten en cuatro aclareos, una corta de regeneración y una liberación o sea con ciclos de corta cada 10 años bajo un turno de 60 años.

González (1988c) indica que la estructura de la masa forestal en algunas áreas ha cambiado, en 1938 se tenían diámetros promedios entre 40 y 45 cm y actualmente han bajado de 25 a 30 cm; esto nos hace ver que la silvicultura y la ordenación forestal debe modificar su enfoque y aplicación.

Cabe destacar que el municipio de Madera es uno de los más importantes en la actividad forestal del Estado; como ejemplo de ello en 1985, figuró con el 20% del aprovechamiento de madera en rollo (Anónimo 1989).

VIII.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES DE INTERES

El estudio de suelos está enfocado a las especies *Pinus arizonica* Engelm y *Pinus durangensis* Martínez, ya que son las más representativas del Area Experimental Forestal Madera y a la vez, junto con *Pinus engelmanni* Carr, son las de mayor interés económico en el estado de Chihuahua. Dado lo anterior se consideró pertinente dar las principales características de estas especies, en cuanto a su descripción morfológica, distribución, fenología, asociación vegetal, suelos y usos.

1.- *Pinus arizonica* Engelm "pino blanco"

Este pino fue descrito por Engelmann en 1878; ha sido considerado por algunos autores como una variedad de *Pinus ponderosa* Laws, aunque otros lo identifican como una especie independiente, sin negar su afinidad con *Pinus ponderosa* (Vázquez, Barret y Little Jr. 1962, Islas 1987).

Descripción de la Especie

Arbol de 25 a 30 m de alto, con tronco fuerte y derecho, de un metro de diámetro; corteza de color moreno oscuro en los árboles jóvenes y muy oscura después, profundamente hendida, dividida en placas grandes y desiguales. Las ramas son gruesas y extendidas y la copa es redondeada o algo piramidal.

Las hojas están en grupos de tres, rara vez cuatro o cinco, en algunos fascículos, son de 12.5 a 17.5 cm de largo, fuertes, tiesas y agudas, anchamente triangulares de color verde, tienen estomas en las tres caras, numerosos y perfectamente marcados; sus bordes son aserrados; los canales resiníferos son medios y en número de cinco a diez.

Los conos son ovoides, casi extendidos o ligeramente reflejados, simétricos de 5 a 8 cm, de color moreno oscuro, con tinte algo rojizo; se presentan por pares o en grupos de tres. Tienen pedúnculos fuertes de unos 10 mm ocultos en las escamas basales.

La semilla mide unos 6 ó 7 mm; es hinchada, casi oval, comprimida hacia el ápice, de cáscara dura, con ala de unos 25 mm de largo, de color pardo oscuro.

La madera es blanda, débil, quebradiza, de color amarillento con un duramen rosado de textura fina. Su peso específico es de 0.50 (Vázquez et al op cit.).

Fenología

Ortega e Iglesias (1988) indican que la aparición de los conillos estaminados inicia la segunda quincena del mes de febrero y termina a fines de abril; por otra parte, la floración femenina ocurre de mediados de abril a fines de mayo, presentándose la polinización principalmente en mayo. En lo que respecta a la maduración del cono y semilla, tiene una duración de diez meses (de mediados de febrero a mediados de diciembre) alcanzando el cono su tamaño definitivo a mediados de agosto. La dispersión de la semilla ocurre de mediados de diciembre a mediados de febrero. El ciclo reproductivo, comprendiendo éste desde la floración hasta la dispersión de la semilla, lo completa en un período de dos años aproximadamente. Flores (1969) señala que los ciclos de semillación más vigorosos y abundantes son cada cuatro años. Los años semilleros más fuertes parecen corresponder con primaveras secas o lluvias escasas en la época de dispersión de polen.

Verduzco, Fuller, Murandini, Faure y Mahive (1962) mencionan que esta especie parece fructificar abundantemente cada dos a cuatro años y da la sensación de regenerarse libremente, aún en lugares donde el pastoreo y los incendios superficiales son frecuentes. Los individuos se observan muy esparcidos en los sitios donde los suelos son rocosos y poco profundos.

Islas (1987) marca en sus resultados que las exposiciones sur son las más favorables para la regeneración de *Pinus arizonica*, lo cual indica que es una especie que prefiere condiciones soleadas para su establecimiento; sin embargo, el efecto de la exposición se ve nulificado cuando las pendientes son superiores al 30%, lo cual puede deberse a que el drenaje del agua en estas condiciones es excesivo.

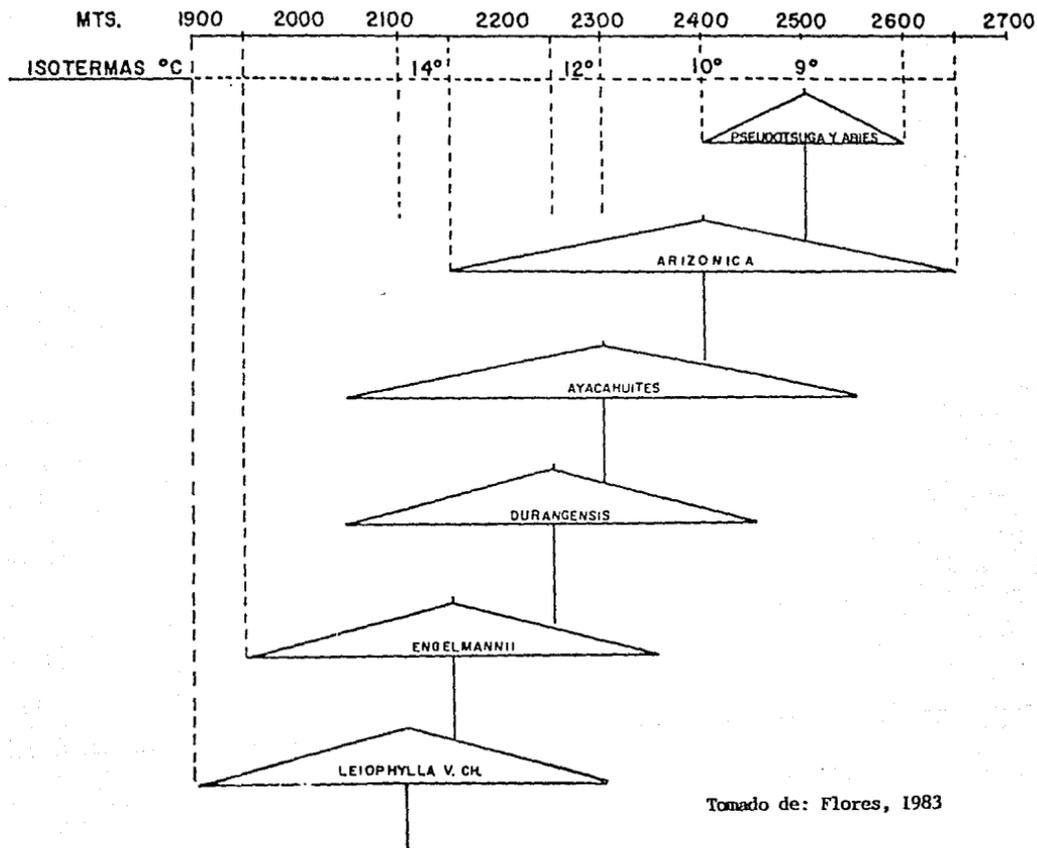
Distribución

Es por su distribución una de las principales especies del Norte de México. Martínez (1948), lo ubica en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Durango y Nuevo León, además del Sureste de Arizona y Suroeste de Nuevo México en los Estados Unidos. La mayor distribución de esta especie se encuentra en los bosques del estado de Chihuahua, principalmente en los municipios de: Madera, Bocoyna y Guachochi (Negrete y Flores, 1983).

En cuanto a su rango altitudinal, Sánchez y Huguet (1959) lo citan entre los 2000 a 3100 msnm. Por su parte Eguiluz (1982) menciona que se encuentra entre los 1700 y 2650 msnm indicando que los mejores rodales se ubican en las cotas altimétricas de 2000 a 2400 msnm; por otro lado Flores (1983) señala que esta especie se localiza en el rango de los 2150 a 2650 msnm (Fig. 10).

FIG. 10

ALTITUD EN QUE SE ENCUENTRAN LAS CONIFERAS.



Vegetación

Esta especie forma masas bastante abiertas a menudo puras en las elevaciones mayores, pero a altitudes menores se presenta mezclada con *Pinus chihuahuana*, *P. durangensis*, *P. engelmanni*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera* y ocasionalmente con *Pseudotsuga menziessii*. En el estrato arbustivo, los géneros más comunes son *Juniperus*, *Quercus* y *Arbutus* (Verduzco et al 1962).

Suelos

Negrete y Flores (1983) reportan que los suelos donde prospera *Pinus arizonica* se originan de rocas ígneas extrusivas predominando las riolitas y andesitas. A su vez apuntan que la textura de los suelos es franca, con estructura granular y ricos en materia orgánica, fósforo y potasio, con un pH ácido de 5.0 a 5.8. Por otra parte denotan que las fuertes pendientes tienen gran impacto en la disminución del crecimiento debido a lo poco profundo y a la resequedad del suelo. Eguiluz (1978 en Negrete y Flores, op cit.), considera que esta especie prospera en suelos pardo grisáceos, de textura migajón arenosa, delgados y rocosos, pobres en la mayoría de los nutrientes básicos, poco ácidos pero con buen drenaje.

Mendoza (1985) menciona para la región de Bocoyna, donde prospera abundantemente *Pinus arizonica*, que la mayoría de los suelos son recientes sin una estructura definida pudiendo ser entisoles o litosoles. Abundan las rocas, grava y arena que dan una estructura floja, fácilmente penetrable por las raíces, pero con una baja capacidad de retención de agua. Presentan buen drenaje en sitios con pendientes, pero lento en condiciones planas. Los suelos de esta zona se derivan de basalto y riolita.

Islas y Mendoza (1989) señalan que esta especie debido a su extenso sistema radicular soporta condiciones de sequía y poca disponibilidad de nutrientes.

Vázquez et al (1962) apuntan que en las planicies más bajas en las cercanías de "El Largo", Chih., y a través de los cauces de los ríos, donde el suelo es profundo y de naturaleza arenosa, ocurre en masas puras y densas y alcanza grandes dimensiones, mientras en los cerros con suelo pobre y rocoso, nunca excede de 15 a 18 m de altura.

Usos

Los principales usos a que se dedica la madera de esta especie son los siguientes: postes para

líneas de transmisión, madera aserrada, cajas para empaque, durmientes, molduras, machimbre, puertas, celulosa y papel, y con menor frecuencia chapa, triplay, tableros; en cuanto a sus usos locales, se ha ocupado para utensilios caseros, postes para cerca y como combustible (Negrete y Flores, 1983).

2.- *Pinus durangensis* Martínez "pino blanco o pino amarillo".

Descripción de la especie

Es un árbol de 20 a 40 m de altura, por 40 a 70 cm de diámetro; de copa densa y redondeada. Ramas ásperas y oscuro-grisáceas. Corteza de 15 a 25 mm, algo escamosa, y con gruesas fisuras poco profundas. Hojas en fascículos de seis, a veces cinco o siete y en raros casos ocho, miden de 10 a 22.5 cm, aglomeradas, tiesas, medianamente gruesas, agudas, triangulares y finamente aserradas. Su color es verde claro, brillante.

Conos ovoideos o cónico-ovoideos, en pares o en grupos generalmente de tres, semipersistentes, algo colgantes y levemente encorvados cerca de la punta, por lo común de 7 a 8 cm, de color moreno rojizo, cenicientos cuando viejos y casi opacos. Tienen pedúnculos de 6 a 10 mm, es frecuente que al caer los conos, queden los pedúnculos en la rama con algunas escamas.

La semilla mide unos 5 mm de largo por unos 2 de grueso y es abultada, vagamente triangular, con ala de 12 a 14 mm de largo por 6 a 7 mm de ancho, de color amarillo, oblicua, redondeada en el ápice y con ganchos en la base.

La madera es de color blanco amarillento o marfilino, de textura compacta y buena calidad, útil en construcciones; la albura es mayor que el durámen (Vázquez et al, 1962).

Fenología

Ortega e Iglesias (1988) apuntan que la floración masculina se presenta de diciembre-abril y la floración femenina de mediados de abril a mediados de junio. La polinización ocurre principalmente en el mes de mayo y la maduración del cono y semilla se lleva al cabo en el año siguiente, de mediados de marzo a mediados de diciembre, o sea tiene una duración de nueve meses. La dispersión de la semilla se efectúa de mediados de diciembre a mediados de febrero.

Flores (1969) menciona que los ciclos de semillación más vigorosos se presentan cada seis años.

Distribución

Esta especie tiene una área de dispersión limitada, pues solamente se halla en los Estados de Durango y Chihuahua, a altitudes que varían de 2200 a 2600 msnm y en áreas con 800 a 1200 mm de precipitación (Verduzco et al, 1962). Por su parte, Mirov (1967) lo cita entre los 1800 a 2700 msnm, mientras Egúiluz (1982) lo ubica en las cotas de 2200 a 2800 msnm; por su parte Flores (1983) indica que se localiza entre los 2050 y 2450 msnm en la región de El Largo-Madera (Fig. 10).

Vegetación

Se presenta en masas forestales relativamente abiertas, mezclado con *Pinus engelmanni*, *P. arizonica*, *P. lutea*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, donde a veces forma hasta el 80% de las mismas. Algunas veces se encuentra en masas puras en las partes más bajas de las pendientes (Vázquez et al, 1962, Verduzco et al, 1962).

Suelos

Martínez (1948) señala que esta especie se desarrolla en suelos sílico-humíferos y permeables, en terrenos llanos o vallecillos y en pendientes fuertes, y se ha visto que se adapta fácilmente en terrenos pobres.

Vázquez et al (1962) indican que en las hondonadas de las partes bajas de las pendientes, y algunas veces en las áreas planas comprendidas entre las colinas, donde el suelo es profundo, bien drenado, fértil y de naturaleza arenosa, la especie alcanza grandes dimensiones. A menudo se le encuentra como un árbol de tamaño medio en suelos más pobres y secos.

Verduzco et al (1962) la observaron en suelos con drenaje adecuado o pobre, principalmente superficiales y rocosos, derivados de andesitas, basaltos y riolitas, así como también en suelos profundos y moderadamente ricos, derivados de andesitas ferromagnésicas y basaltos.

Usos

Los usos que se le dan a la madera son los siguientes: chapa, postes de transmisión, durmientes, construcción, celulosa, aserrío y triplay.

IX. RESULTADOS Y DISCUSION

1.- Vegetacion

Con base en la rodalización por exposición, pendiente y vegetación (Cota 1989, Inedito), los tipos de comunidades vegetales presentes en el Area Experimental Madera son: bosque de pino, masa pura (P); bosque de pino-encino con dominancia de pino (Pq); bosque de encino-pino con dominancia de encino (Op) y chaparral (F3).

Bosque de pino

Comprenden una superficie de 107.0 ha distribuidas en 15 rodales, de los cuales 11 se presentan en pendientes suaves de 0-15%, lo que abarca 91.8 ha (85.8% de la superficie total). Dado lo anterior, la exposición dominante es la Zenital. Los rodales por su espesura y altura son los siguientes:

CLAVE	No. RODALES	SUPERFICIE(HA)
PIII 3	1	6.2
PIV 2	3	7.7
PIV 3	3	6.2
PIV 4	3	63.0
PV 2	4	22.9
PV 3	1	1.0
	15	107.0

ESPESTURA

- I. 5 -20% muy aclarada
- II. 21 - 40% aclarada
- III. 41 - 60% media
- IV. 61 - 80% semicerrada
- V. > 80% cerrada

ALTURA

1. < de 5 m
2. 6 - 10 m
3. 11 - 15 m
4. 16 - 20 m
5. 21 - 25 m
6. 26 - 30 m

El bosque de pino, con espesura semicerrada y con individuos de 16-20 m (P IV₄), es el que ocupa una mayor extensión, con 63.0 ha, lo que equivale a más de la mitad de la superficie de este tipo de vegetación. Las principales especies son *P. durangensis* y *P. arizonica*, y en menor proporción se encuentran *P. ayacahuite* var. *brachyptera* y *P. leiophylla*.

El estrato arbóreo bajo esta compuesto principalmente por individuos transgresivos del piso superior y por ejemplares aislados de *Quercus sideroxyla*, *Q. fulva*, *Q. arizonica* y *Juniperus deppeana*. El estrato herbáceo es el que presenta la mayor riqueza de especies, siendo las más constantes las siguientes: *Lupinus mashallianus*, *Cologania intermedia*, *Chimaphylla umbelata*, *Phaseolus parvulus*, *Gnaphalium wrightii*, *Viola aff grahamii*, *Pteridium aquilinum*, *Phaseolus heterophyllus* var *rotundifolius*, *Stevia serrata*, *Physalis acuminata*, *Cosmos sp.* y *Muhlenbergia minutissima*; otras especies cuya abundancia fue menor a las antes citadas son: *Polygala sp.*, *Plantago sp.*, *Lamouroxia sp.*, *Muhlenbergia montana*, *Panicum bulbosum*, *Cyperus spectabilis*, *Stipa sp.* y *Penstemon campanulatus*. Entre las especies menos frecuentes se encuentran las siguientes: *Ceanothus tendleri*, *Ceanothus huichacorare*, *Eragrostis sp.*, *Taraxacum officinale* y *Erigeron sp.* Los sitios que sirvieron de base para la descripción de la vegetación, son el 6, 7, 9, 11 y 23; asimismo las especies registradas están anotadas en la Tabla 3.

Bosque de pino-encino

Esta asociación vegetal ocupa una superficie de 300.9 ha en 47 rodales y es común encontrarla en pendientes de 16-30%, presentándose 17 rodales dentro de este rango, con una superficie de 150.6 ha o sea el 50% del área total de la comunidad. Por otra parte 14 rodales se detectaron en la exposición Este, lo que representa el 41% (124.1 ha) de la superficie total de pino-encino. Con base a lo anterior, parece ser que las pendientes de 16-30% y exposiciones Este le son favorables a esta vegetación.

Los principales rodales son los que a continuación se indican:

CLAVE	No. RODALES	SUPERFICIE(HA)
PqII 3	9	28.4
PqII 4	3	12.4
PqII 2	1	2.2
PqIII 3	12	70.9
PqIII 4	11	86.2
PqIV 3	4	14.7
PqIV 4	7	86.1
	47	300.9

Tabla 3. Resumen de los inventarios florísticos del Area Experimental Madera.

ESPECIES	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	
<i>Estrato Herbáceo.</i>																							
<i>Agastache mexicana</i>																		X					
<i>Arenaria aff lycopermoides</i>						X																	
<i>Artemisia ludoviciana</i>		X																					
<i>Artemisia sp.</i>				X																			
<i>Arracacia toluensis var. multifida</i>																							X
<i>Astragalus sp.</i>														X									
<i>Bidens aff lemmonii</i>		X				X													X				
<i>Bidens ferulifolia</i>			X		X																		
<i>Bidens sp.</i>				X																			X
<i>Blephoroneuron sp.</i>				X																			
<i>Bromus anomalus</i>																	X			X	X		
<i>Castilleja lithospermoides</i>			X																				X
<i>Ceanothus huichacorare</i>			X		X			X		X	X					X					X		X
<i>Ceanothus fendleri</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladoceras sp.</i>				X																			
<i>Crotalaria aff ovalis</i>				X	X																		
<i>Cologania intermedia</i>										X	X				X							X	X
<i>Commelina dianthifolia</i>			X				X					X			X	X	X						X
<i>Cosmos sp.</i>								X															
<i>Cyperus hermaphroditus</i>	X	X	X	X																			
<i>Cyperus spectabilis</i>										X		X											
<i>Chaptalia seemannii</i>																X	X						
<i>Chenopodium graveolens</i>			X		X																		
<i>Chenopodium sp.</i>						X																	
<i>Chimaphylla umbellata</i>							X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X
<i>Dalea sp.</i>				X																			
<i>Desmodium aff neomexicanum</i>		X	X	X			X						X	X			X	X					
<i>Desmodium sp.</i>																							X
<i>Dodonaea viscosa</i>															X								
<i>Eragrostis sp.</i>						X											X						
<i>Erigeron sp.</i>						X																	

ESPECIES	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	
<i>Eryngium serratum</i>		x																					x
<i>Euphorbia campestris</i>																x							
<i>Euphorbia radians</i>																						x	
<i>Eupatorium amplifolium</i>				x								x											
<i>Eupatorium previles</i>												x											
<i>Eupatorium sp.</i>	x																						
<i>Galinsoga aff parviflora</i>		x							x				x										
<i>Galium mexicanum</i>									x														
<i>Geranium mexicanum</i>																x							
<i>Geranium seemannii</i>	x								x		x	x											
<i>Geranium sp.</i>											x	x											
<i>Gnaphalium wrightii</i>	x	x	x		x																	x	
<i>Indigofera sufruticosa</i>																x							
<i>Ipomoea coccinea</i>			x																				
<i>Lamouroxia sp.</i>						x		x															
<i>Leptochloa filiformis</i>		x																					
<i>Lupinus mashallianus</i>	x	x	x		x	x	x	x		x	x			x	x	x		x		x	x	x	
<i>Lupinus pringlei</i>							x		x		x		x			x							
<i>Muhlenbergia minutisima</i>	x	x		x	x	x		x				x						x					
<i>Muhlenbergia montana</i>		x		x				x			x	x	x		x		x	x	x	x			x
<i>Muhlenbergia rigida</i>																					x		
<i>Oxalis sp.</i>													x			x							
<i>Panicum bulbosum</i>		x	x		x			x	x	x		x			x		x		x	x			x
<i>Penstemon campanullatus</i>					x	x														x			
<i>Phaseolus heterophyllus var. rotundifolius</i>					x	x	x	x		x	x			x	x						x		
<i>Phaseolus parvulus</i>						x		x		x									x				
<i>Phaseolus sp.</i>									x						x					x			
<i>Physalis acuminata</i>			x		x	x		x		x					x		x	x					x
<i>Picris aff echioides</i>		x																					
<i>Plantago sp.</i>																						x	
<i>Polygala sp.</i>					x					x									x			x	
<i>Prusea coronata</i>			x																				
<i>Pteridium aquilinum</i>						x	x		x	x	x		x		x	x	x						x
<i>Salvia sp.</i>	x												x			x							x
<i>Schizachyrium cirratum</i>																				x			
<i>Schkuhria virgata</i>					x																		

ESPECIES	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	
<i>Senecio barba-johannis</i>	x								x				x			x		x					
<i>Senecio candidissimum</i>		x				x						x		x		x	x				x	x	x
<i>Senecio flaccidus</i>		x																					
<i>Senecio salignus</i>			x	x	x							x											
<i>Senecio sp.</i>															x								
<i>Silene laciniata</i>						x												x					
<i>Sisyrinchium arizonicum</i>				x																			
<i>Spiranthes sp.</i>									x														
<i>Stachys sp.</i>																x							
<i>Stevia rhombifolia</i>																x							x
<i>Stevia serrata</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x				x	
<i>Stevia venosa</i>	x	x														x							
<i>Stipa sp.</i>							x																
<i>Tagetes miceraupha</i>			x																				
<i>Taraxacum officinale</i>	x				x				x				x				x				x		
<i>Trifolium amabile var. longitotium</i>									x		x		x				x						
<i>Trifolium sp.</i>																			x				
<i>Verbena canescens</i>												x											
<i>Verbena aff menthaefolia</i>								x									x						
<i>Viola aff grahamii</i>						x		x				x				x	x		x	x		x	x
<i>Vites cinerea</i>												x											
<i>Viguena excelsa</i>		x		x																			
<i>Estrato arbustivo</i>		x	x	x																			
<i>Agave sp.</i>												x			x	x			x	x			
<i>Arbutus glandulosa</i>		x				x	x			x	x			x		x	x					x	
<i>Arbutus xalapensis</i>														x		x				x			
<i>Arctostaphylos pungens</i>			x																				
<i>Fraxinus aff cuspidata</i>																					x		
<i>Fraxinus sp.</i>		x				x	x	x		x	x				x			x					x
<i>Juniperus deppeana</i>				x																			
<i>Opuntia sp.</i>	x	x	x																				
<i>Yucca sp.</i>																							

La asociación de pino-encino con espesura media y semicerrada y alturas de 16-20 m es la que predomina en el área, con una superficie de 172 ha. Las especies más comunes que conforman este tipo de vegetación son: *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. ayacahuite var brachyptera*, *P. engelmanni* y *P. leiophylla* que normalmente constituyen el estrato superior; entre los encinos los más frecuentes son *Quercus sideroxyla*, *Q. fulva*, *Q. rugosa* y *Q. arizonica*, que por lo general forman el estrato arbóreo bajo, junto con *Arbutus glandulosa*. El estrato arbustivo esta escasamente representado por: *Ceanothus fendleri*, *Ceanothus huichacorare* y *Arctostaphylos pungens*.

En lo que respecta a las plantas herbáceas, además de algunas especies similares a las del bosque de pino, se encuentran: *Trifolium amabile var longifolium*, *Geranium seemanni*, *Galium mexicanum*, *Desmodium neomexicanum*, *Commelina dianthifolia*, *Eryngium serratum*, *Lupinus pringlei*, *Bidens aff lemmonii*, *Bromus anomalus*, *Oxalis sp.*, *Stevia venosa*, *Chaptalia seemannii*, *Galinsoga aff parviflora* y *Salvia sp.* García (1986), señala que el estrato herbáceo del bosque de pino-encino en el Area Experimental Madera, está constituido principalmente por *Tagetes lucida*, *Monarda austromontana* y *Begonia sp.* Los sitios 10, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21 y 24 corresponden a este tipo de vegetación (Tabla 3).

Encino-pino

Esta comunidad abarca una superficie de 69.6 ha repartidas en 15 rodales; se establece principalmente en sitios con exposiciones Este, Suroeste y Sureste, y se ubica por lo general en pendientes de 25-55%. Los rodales que existen conforme a su espesura y altura son los siguientes:

CLAVE	No. RODALES	SUPERFICIE(HA)
OpII 2	3	9.9
OpIII 2	8	22.8
OpIII 3	2	16.0
OpIV 3	2	20.9
	15	69.6

Son rodales en los que predomina la espesura media (41-60%) y semicerrada (61-80%) con alturas de 6-10 y 11-15 m respectivamente; se encuentra con una superficie de 43.7 ha, lo que equivale al 62.8% del área que comprende el bosque de encino-pino. Las especies que componen esta asociación vegetal son: *Quercus sideroxyla*, *Q. fulva*, *Q. arizonica* y *Q. rugosa*, así como algunos

ejemplares de *Pinus* entre los que destacan *P. leiophylla*, *P. engelmanni*, *P. durangensis* y *P. ayacahuite var brachyptera*. Otras especies comunes son *Arbutus glandulosa* (madroño), *Juniperus deppeana* (tasquete), *Arctostaphylos pungens* (manzanita) y *Ceanothus fendleri* (junco). Por otra parte, en lo que se refiere al estrato herbáceo, las más representativas son las siguientes: *Muhlenbergia montana*, *Muhlenbergia minutissima*, *Panicum bulbosum*, *Commelina dianthifolia*, *Senecio candidissimus*, *Penstemon campanulatus* y *Cyperus spectabilis*. Los sitios que se muestrearon dentro de esta asociación vegetal son el 8, 13, 18 y 20; las especies inventariadas están anotadas en la Tabla 3.

F₃ (chaparral)

Esta terminología corresponde al bosque de encino bajo, el cual se encuentra formando masas abiertas. La principal especie es *Quercus arizonica* aunque también son frecuentes *Q. sideroxylla*, *Q. fulva*, *Q. microphylla* y *Q. hipoleucoides*; otras especies asociadas son *Juniperus deppeana*, *Arctostaphylos pungens*, *Yucca sp.* e individuos muy aislados del género *Pinus* como *P. leiophylla*, *P. engelmanni* y *P. ayacahuite var brachyptera*; asimismo una de las especies más representativas de esta comunidad es *Ceanothus fendleri*.

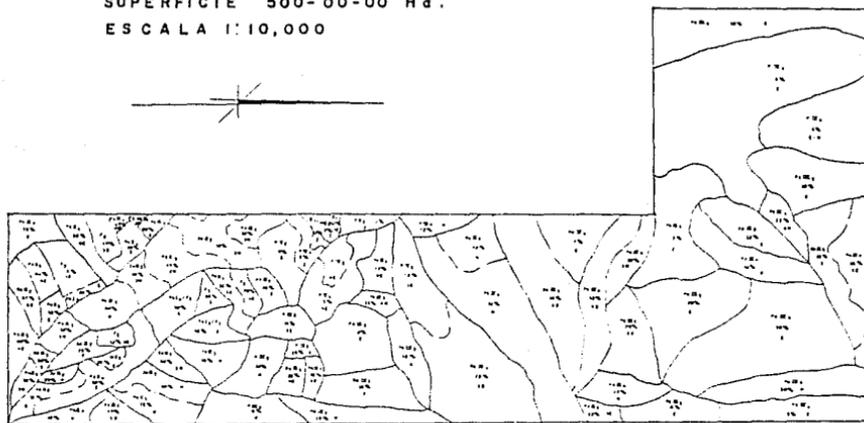
Este tipo de bosque comprende una superficie de 22.6 ha divididas en 8 rodales; se localiza preferentemente en las exposiciones Sureste y Sur, es decir en las de mayor insolación y por lo tanto de menor humedad. Asimismo, se ubica en pendientes mayores al 45%, cuyos terrenos escarpados ocupan el 82.3% del área total de la vegetación estudiada. (Fig. 11).

Entre los componentes herbáceos más comunes se encuentran: *Senecio salignus*, *Chenopodium graveolens*, *Cyperus hermaphroditus*, *Sisyrinchium arizonicum*, *Crotalaria aff ovalis*, *Panicum bulbosum*, *Muhlenbergia montana*, *Castilleja lithospermoides* y *Stevia venosa*.

Las especies registradas en esta comunidad, están enlistadas en la Tabla 3 y corresponden a los sitios 1, 2, 3 y 5.

García (1986), señala que es notable en estas áreas y en cualquiera de los tipos de vegetación antes descritos, la presencia de *Pteridium aquilinum* y *Lupinus mashallianus*, especies características de áreas perturbadas ya sea por manejo o bien por fuego. Por su parte, Aguirre (1982) indica que el género *Lupinus* tiene la característica de fijar y almacenar nitrógeno atmosférico en sus nódulos, situación que repercute notablemente en la fertilidad del suelo. Se ha encontrado que en aquellas

FIG. 11 PLANO FORESTAL FOTOGRAMETRICO DEL AREA EXPERIMENTAL "MADERA"
 FOTINTERPRETACION POR EXPOSICION Y PENDIENTE
 SUPERFICIE 500-00-00 Ha.
 ESCALA 1:10,000



RANGOS DE ESPESURA CLAVE

MUY ACLARADA	5 - 20%	I
ACLARADA	21 - 40%	II
MEDIA	41 - 60%	III
SEMI-CERRADA	61 - 80%	IV
CERRADA	> 80%	V

RANGOS DE ALTURA CLAVE

1 - 5 Mts	1
6 - 20 Mts	2
21 - 15 Mts	3
16 - 20 Mts	4
21 - 25 Mts	5
26 - 30 Mts	6

áreas forestales donde el *Lupinus* ha sido cultivado, el incremento en altura, diámetro y volumen de los árboles ha sido superior en comparación con aquellas áreas donde no se ha cultivado la leguminosa mencionada.

En el Area Experimental Madera, se observó que *Ceanothus fendleri* (junco) es una especie común en suelos de mala calidad o sea poco profundos, pedregosos y de escasa humedad; prospera principalmente en el bosque de encino o donde predomina esta latifoliada, aunque también se observa en algunos sitios de buena calidad, pero con mucha menor frecuencia.

La especie *Lupinus pringlei* se halla abundantemente en los mejores sitios de *Pinus durangensis*, donde por lo general hay buena humedad y suelos profundos. Por otra parte *Lupinus mashallianus* (hierba loca) es una especie más característica del bosque de *Pinus arizonica*.

Chacón (comunicación personal), indica que cuando se aplicó el tratamiento de árboles padres en el bosque de *Pinus arizonica*, al abrirse el dosel para el establecimiento de la regeneración, en el primer año apareció en forma abundante *Pteridium aquilinum* y en el siguiente *Lupinus mashallianus*; lo que coincide de manera general con García (1986). Asimismo *Senecio candidissimum*, se encuentra frecuentemente en las áreas más perturbadas.

2.- Topografía-Vegetación

El efecto de la topografía en la génesis y morfología del suelo y composición vegetal, ha sido ampliamente reconocido por los ecólogos y edafólogos (Pregitzer, Barnes y Lemme 1983). En estudios de la relación índice de sitios-suelos, ha quedado claramente demostrado que la posición topográfica está asociada con la productividad forestal; así entre las características topográficas más importantes se encuentran: la exposición, grado y forma de la pendiente, elevación y latitud, las cuales están estrechamente relacionadas al microclima, evapotranspiración y régimen de temperatura, afectando el proceso fisiológico del crecimiento del árbol así como la composición de la vegetación (Carmean 1975). Por su parte, Rzedowski (1978) señala que los factores de orden topográfico rigen a menudo la distribución geográfica del pastizal con respecto a diversos tipos de matorral y algunos bosques de *Quercus* y *Pinus*.

En el presente estudio, se determinó por medio de los perfiles ecológicos y el índice (Godron 1981), como influyen la exposición, pendiente y altitud en la distribución y formas de asociación vegetal del Area Experimental Madera. Los resultados más sobresalientes son los que a continuación se indican.

Bosque de pino

Este tipo de vegetación se presentó en 27 de los 125 sitios de muestreo; en relación a la exposición del terreno, se detectaron 13 sitios en la clase Zenital, siete en la Oeste, tres en la Noreste, dos en la Sur y uno en las exposiciones Este y Sureste, encontrándose ausente en la Norte y Suroeste. Con base al perfil índice calculado mediante tablas de contingencia y la fórmula de la probabilidad exacta de Fisher (Godron, 1981), se definió que la Zenital y Oeste son las exposiciones que muestran relación con el bosque de pino; asimismo existe una relación negativa con la Este, ya que dicha exposición es la más común en el Area Experimental, y sólo un sitio de la comunidad de pino se detectó en ella. (Anexo A-1).

En cuanto a su relación con las clases de pendiente, se presentaron 25 sitios en el rango de 0-15% y dos en el de 16-30%, lo que se manifestó en una relación altamente significativa ($P \leq 0.001$) entre la vegetación de pino y las pendientes más suaves (0-15%) Fig.12.

En lo que respecta a la altitud en msnm, se encontraron 22 sitios en la clase de 2401-2500 y cinco en la de 2501-2600, siendo estos rangos altitudinales los que mostraron relaciones significativas ($P \leq 0.01$) con las masas puras de pino. (Anexo A-5).

Bosque de pino-encino

Esta asociación vegetal es la más frecuente en el área de estudio y en la región; se encontró en 74 sitios de inventario; 25 de ellos se detectaron en la exposición Este, 15 en la Noreste, 10 en la Sureste, nueve en la Norte, ocho en la Oeste y los restantes sitios se observaron en la clase Zenital y Suroeste. El perfil índice nos muestra que las exposiciones Norte y Noreste son las que presentan significancia ($P \leq 0.01$) con el bosque de pino-encino; lo que está dado principalmente por la presencia de la masa boscosa en un 83 y 100% del total de sitios con dichas exposiciones. Por otra parte existe una relación negativa con la exposición Sur, o sea, en la que estuvo ausente esta comunidad arbórea.

En lo que se refiere a la pendiente, hubo 12 sitios en el rango de 0-15%, 34 en el de 16-30%, 11 correspondieron a la clase de 31-45% y 17 se detectaron en la de 46-60%. Los resultados obtenidos nos indican que existe un alta significancia ($P \leq 0.001$) entre la asociación de pino-encino y la clase de 16-30%, lo que se explica por la alta frecuencia de dicha combinación (Fig.12).

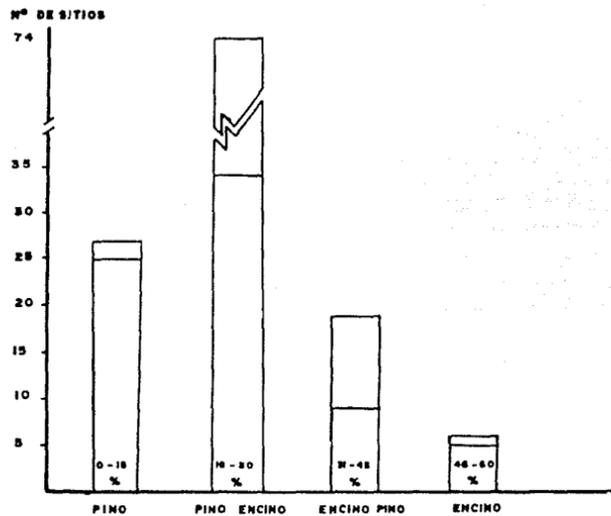


FIG.12 RELACION TIPOS DE VEGETACION CON RANGOS DE PENDIENTE

En lo que respecta a su relación con la altitud, se detectó en el rango de 2301-2400 y 2401-2500 msnm el mayor número de sitios, 26 y 40 respectivamente (Anexo A-6).

Bosque de encino-pino

Esta comunidad vegetal se halla en 18 de los 125 sitios de inventario; nueve se encuentran en la exposición Este, cuatro en la Suroeste, tres en la Sureste y uno en las clases Zenital, Norte y Noreste. El perfil índice indica que hay una relación significativa ($P \leq 0.05$) con las exposiciones Suroeste y Este respectivamente, o sea donde es más común la masa forestal de encino-pino; asimismo se relaciona negativamente con la Noreste.

En lo tocante a la pendiente, se presentaron nueve sitios en la clase de 31-45%, cinco en la de 46-60% y cuatro en el rango de 16-30%; lo anterior se manifestó en una alta significancia ($P \leq 0.001$) con la pendiente de 31-45%, en la clase de 0-15% no se observó el bosque de encino-pino (Fig.12).

Al analizar su relación con la altitud, se aprecia que hay una relación muy significativa ($P \leq 0.01$) con el rango de 2200-2300 msnm, en la clase de 2501-2600 no se presentó esta asociación vegetal (Anexo A-7).

Bosque de encino

Dentro de los 125 sitios de muestreo, seis correspondieron al bosque de encino, de los cuales uno se detectó en la exposición Sur, dos en la Este y tres en la Sureste; esta última fue la que manifestó significancia ($P \leq 0.05$) con el encinar.

Por otra parte, al relacionar este tipo de vegetación con la pendiente, se encontraron cinco sitios dentro del rango de 46-60% y uno en el de 16-30%, lo que dio como resultado que la categoría con mayor número de sitios, presentara una asociación altamente significativa ($P \leq 0.001$) con la comunidad de encino (Fig 12).

En lo que respecta a la altitud, dos sitios cayeron en el rango de 2401-2500 y cuatro en el de 2301-2400 msnm, siendo este último el que mostró significancia $P \leq 0.05$ (Anexo A-8).

Como puede apreciarse, los factores topográficos influyen de manera importante en la composición y distribución de la vegetación del área de estudio. En forma global se puede resaltar que el bosque de pino se presenta principalmente en las elevaciones mayores, exposiciones Zenitales y pendientes

suaves de 0-15%. El bosque de pino-encino, muestra preferencia por las exposiciones Norte y Noreste, y las pendientes de 16-30%; en lo que respecta a las comunidades de encino-pino y encinar, éstas se localizan en las pendientes más pronunciadas con exposiciones de mayor insolación (Sureste y Suroeste) y elevaciones más bajas; ello coincide con Rzedowski (1978), quien señala que la franja de encinar con frecuencia se ubica a niveles altitudinales inferiores a la del pinar.

3.- Suelos - Vegetación

Serie Sirupa - migajón

Dentro de esta serie, se describieron cuatro perfiles de suelo (1,2,3 y 5) en la parte sur del Area Experimental, que es la de relieve más accidentado con pendientes mayores al 50%, donde predomina el bosque de encino bajo cuya principal especie es *Quercus arizonica*, misma que de acuerdo con Rzedowski (1978) tiene claras preferencias hacia las condiciones más secas y habitats expuestos; otras especies asociadas son *Q. sideroxyla*, *Q. hypoleucoides* y *Q. microphylla*. Entre los escasos pinos que prosperan el más común es *P. engelmanni*, debido principalmente a que esta especie se localiza en rangos altitudinales bajos donde es frecuente el encinar; es también notable la presencia de algunas especies de *Agave*, *Yucca* y *Opuntia*, indicadoras de sitios con poca humedad (Anexo B-1 y B-2).

Las características distintivas de esta serie, indicadas por Sánchez y Chacón (1986) y tomando como base los perfiles descritos en el presente trabajo, son las siguientes: el color que predomina en el horizonte superficial es pardo oscuro en seco y pardo muy oscuro en húmedo; en las capas subyacentes el color pardo es el dominante; la textura es media (migajón) en el primer horizonte y migajón arcilloso en los subsecuentes; son delgados de 40-50 cm de profundidad, con abundante grava y roca a través de todo el perfil y gran pedregosidad superficial; el pH en agua varía de ligeramente ácido a casi neutro (6.2 - 6.7); su estructura es granular con presencia de grava, son ligeramente plásticos, de consistencia friable en húmedo; las raíces finas y medias se hallan por lo general hasta los 50 cm, tiene drenaje rápido tanto superficial como interno; los contenidos de fósforo son bajos en relación a las otras series.

Descripción del Perfil No. 3

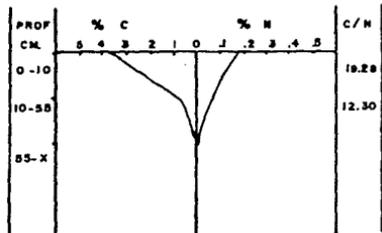
O1	2 - 1 cm	Hojarasca y ramillas de encino.
O2	1 - 0 cm	Material en descomposición, difícil de reconocer su forma original.
A1	0 - 10 cm	Color en seco, pardo oscuro (7.5YR4/4); en húmedo pardo muy oscuro (7.5YR3/2); textura migajosa con 32.4% arena, 42.8% limo y 24.8% arcilla; estructura granular, ligeramente plástico y friable, pH cercano a la neutralidad

(6.5), con un contenido de materia orgánica de 6.5%; pobre en alofano; saturación de bases media (64.18%); humedad aprovechable 15.4%; raíces finas y medias abundantes; la transición a la siguiente capa es tenue.

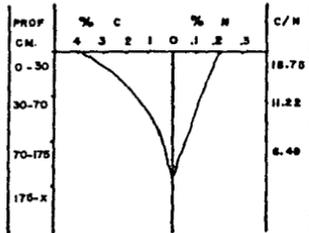
- A-C 10 - 40 cm Color en seco, pardo (7.5YR5/4); en húmedo pardo oscuro (7.5YR3/4); textura migajón arcilloso, con un contenido de 25.2% arena, 40% limo y 34.8% arcilla; ligeramente plástico y friable; estructura en bloques subangulares finos de poco desarrollo; pH (6.5); con un contenido de materia orgánica de 2.24%; pobre en alofano; moderada saturación de bases (58.15%); y abundantes raíces finas y medias.
- R 40 - X Roca basal (andesita) fragmentada (Anexo B-2).

Son suelos poco desarrollados, sin horizontes de diagnóstico bien definidos, se observan los horizontes A, A-C y R ; el subhorizonte A1 presenta una textura migajosa, con estructura granular y abundante grava, su contenido de materia orgánica y nitrógeno total son altos con 6.5 y 0.109 % respectivamente, así como la relación C/N con un valor de 19.3 (que indica una moderada actividad biológica), la humedad aprovechable es del 15% y la capacidad de intercambio catiónico total de 33 meq/100 g de suelo; la saturación de bases (64%), manifiesta una tendencia a la eutrofia con un enriquecimiento de calcio y potasio en la superficie, así como de fósforo asimilable cuyo valor es 12.7 ppm que se relaciona con el efecto benéfico de la vegetación de esta serie; en el horizonte A-C, el contenido de arcilla aumenta, lo que se traduce en una textura migajón arcillosa; el porcentaje de materia orgánica decrece hasta 2.2; y el nitrógeno total a 0.105% con una relación C/N de 12.30; asimismo, la humedad aprovechable disminuye a 11%, la capacidad de intercambio catiónico a 30 meq/100g, la saturación de bases a 58%; y el contenido de fósforo a 7.0 ppm, correspondiendo a la menor proporción de materia orgánica. Estos horizontes suprayacen al R, constituido por andesitas fragmentadas, por donde penetran algunas raíces. En esta serie las relaciones C/N en el horizonte superficial en general son altas sin embargo, la distribución de la saturación de bases podría originar una humificación moderada de los residuos orgánicos hacia la formación de un humus moderadamente evolucionado de tipo mor-moder (Fig. 13).

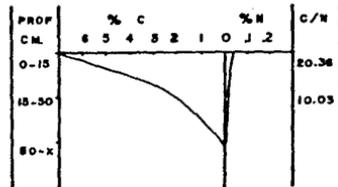
La composición del arbolado se encuentra en una proporción de 92 a 8% de encino-pino respectivamente. El volumen del género *Quercus* en los sitios de muestreo, en general varía de 22.620 a 28.200 m³ ha⁻¹, su área basal se encuentra en el rango de 6.953 a 7.658 m² ha⁻¹; la altura promedio va de 4.8 a 6.0 m; y el número promedio de árboles por sitio es de 78. En lo que respecta al volumen total varía de 73.220 a 78.286 m³ ha⁻¹, únicamente difiere el sitio 3 con 28.200 m³ ha⁻¹, debido a que cuenta con sólo dos individuos de *Pinus*; como puede observarse, las condiciones del arbolado son muy similares en estos suelos (Tablas 4 y 5).



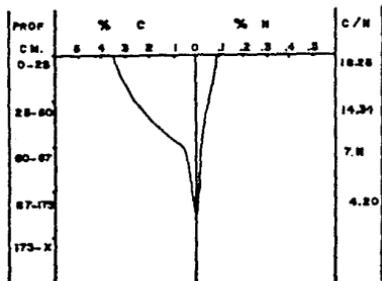
SERIE SIRUPA



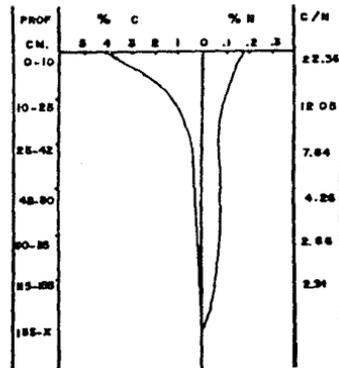
SERIE MADERA ANZONICA



SERIE MADERA



SERIE MADERA AYACAHUITE



SERIE MADERA DURANBENS

FIG. 13 RELACION C/N DE LAS SERIES DE SUELO DEL AREA EXPERIMENTAL MADERA

Tabla 4. Características dasométricas de la vegetación en los sitios de estudio.

PERFIL DE SITIO	INDICE DE ARBOLES	NUMERO DE ARBOLES	<i>Pinus spp</i>				<i>Quercus spp</i>					VOLUMEN TOTAL m ³ ha ⁻¹	
			NUMERO DE ARBOLES	D.A.P. X cm	ALT. X m	AREA BASAL m ² ha ⁻¹	VOLUMEN m ³ ha ⁻¹	NUMERO DE ARBOLES	D.A.P. X cm	ALT. X m	AREA BASAL m ² ha ⁻¹		VOLUMEN m ³ ha ⁻¹
1	-	104	10	25.9	11.5	8.137	55.666	94	11.7	5.3	7.091	22.62	78.286
2	-	76	6	17.2	7	2.747	17.2	70	27.2	6.7	13.226	56.02	73.22
3	-	63	2	14.9	6	0.347	0.94	61	22	4.8	6.953	27.26	28.2
5	-	98	12	24.5	9.1	5.818	45.539	86	20.4	6	7.658	28.2	73.739
6	17.1	58	58	19.5	9.7	13.37	94.983	-	-	-	-	-	94.983
7	16.9	144	139	36.6	12.7	27.43	217.022	5	16.6	7.8	0.99	3.47	220.492
8	16.4	169	104	15.6	7.3	9.772	36.636	65	20.4	8.3	12.05	42.77	79.406
9	16.7	111	106	20.1	8	17.767	99.397	5	36.9	12.2	5.443	15.37	114.767
10	23.7	54	22	33.5	15.9	16.654	163.865	32	22.6	10.5	11.796	34.96	210.172
11	19.1	36	36	26.9	12.1	16.411	182.216	-	-	-	-	-	182.216
12	17.5	61	51	28.4	14.2	25.669	245.932	10	21.8	9.4	2.651	10.64	256.572
13	14.8	107	32	20.7	9	9.276	73.241	75	24.4	6.5	13.164	50.07	123.311
14	20.7	63	47	28.1	16.9	21.99	217.452	16	18	7.9	3.57	13.71	231.162
15	13.2	68	43	20.1	8.1	10.4	63.562	25	23.6	8.9	8.46	35.66	99.222
16	17	76	53	35.1	15	21.407	199.793	23	28.2	10.4	7.756	34.32	234.113
17	20.9	65	38	32.6	18.4	30.728	362.656	27	19.9	9.2	6.977	24.49	392.146
18	17.4	60	19	22.8	10.7	9.722	89.993	41	30.3	12	14.848	43.62	133.613
19	17.9	65	42	28	12.9	15.486	144.773	23	31.3	10.4	9.504	45.81	190.583
20	15.7	74	23	22.9	10.5	8.949	74.801	51	26.4	8.3	16.509	78.01	152.811
21	20.2	61	42	31.3	13.9	34.588	362.715	19	24.8	9	8.731	38.76	401.475
23	18.5	43	41	34.1	14.7	23.643	275.343	2	23.4	9.5	0.881	3.25	278.25
24	18.6	60	33	36.8	16.7	18.315	250.666	27	22.8	10.3	8.559	35.82	286.486

El perfil tipo señalado en este estudio, difiere del descrito por Sánchez y Chacón (1986), quienes lo caracterizaron como un suelo profundo con presencia de un subhorizonte A2 de color gris rosáceo; sin embargo, los mismos autores señalan que la condición que predomina en esta área son los suelos delgados y rocosos, como resultado de la confluencia de varios factores entre los que destacan la exposición sur y topografía escarpada, cuyas fuertes pendientes desembocan en el Río Sirupa, nombre que tomaron para designar la serie. Dado lo anterior, se considera más representativo de estas condiciones los perfiles estudiados que se presentan en este trabajo.

Los suelos de esta serie, impactan notablemente en el crecimiento de las especies de pino que llegan a prosperar; ya que son suelos someros, pedregosos, de poca humedad, cuya baja productividad se traduce en una calidad de estación mala para las especies de interés comercial. Además debido a lo escarpado del terreno, el uso del suelo debe ser forestal con el fin de protegerlo de la erosión, por lo que sólo en los lugares más accesibles sería factible aprovechar el encino.

Serie Madera Arizonica - migajón arenosa

Se determinó con base a los datos del levantamiento de tres perfiles de suelo (9,23 y 24); dos de ellos corresponden a la parte Noroeste del área, donde predomina la especie *Pinus arizonica* en masas puras y coeláneas; el otro perfil se describió en la parte media, donde por lo general se encuentra dominando la especie *Pinus durangensis*, sin embargo en el sitio de muestreo elegido, se presentó en mayor proporción *Pinus arizonica*. Las características topográficas fueron similares en los sitios de estudio, ya que los tres se localizan en las partes más altas a 2470 y 2480 msnm; en exposición Zenital y pendientes que van del 2 a 9%; el material parental del que se originan los suelos son principalmente rocas andesíticas (Anexo B-4, B-11)

La característica distintiva para la serie *Madera Arizonica* dada por Sánchez y Chacón (1986), es la presencia de una textura migajón-arenosa en los horizontes superficiales; lo que coincide con los análisis obtenidos en el presente trabajo, donde se obtuvo dicha textura hasta una profundidad de 15-40 cm; también se podría agregar la desaturación de bases que presentan estos suelos, la cual no fué considerada por estos autores.

Según los autores antes citados, y con base en los análisis de suelo de los perfiles descritos; la serie *Madera-Arizonica*, se caracteriza por lo siguiente: son suelos de color pardo oscuro a pardo fuerte; la textura es migajón arenosa en los horizontes superficiales, por lo que los contenidos de arena son altos y varían de 45-56%; en las capas subsecuentes el contenido de arcilla aumenta y la textura cambia a migajón y migajón arcillosa; el pH en agua es mayor de 6.0 y en cloruro de potasio varía por lo

general de 5.0 a 5.2 que corresponde a una elevada acidez potencial; son ricos a medios en materia orgánica y nitrógeno total; la saturación de bases es menor al 30% lo que indica una marcada oligotrofia; este valor junto con la relación C/N de 18.7 y el pH en H₂O cercano a la neutralidad, son indicativos de la formación de un humus tipo mor-moder ; su estructura es granular, de consistencia friable, ligeramente plásticas, con buen drenaje interno y superficial; las raíces se encuentran hasta una profundidad de 50 cm.

El perfil que se consideró más representativo de las condiciones edáficas que predominan en esta serie, es el No. 23, cuya descripción es:

- | | | |
|-----|------------|--|
| O1 | 3.5-2.5 cm | Hojarasca y ramillas de <i>Pinus arizonica</i> . |
| O2 | 2.5-0 cm | Material en descomposición, difícil de reconocer su origen. |
| A11 | 0-30 cm | Color en seco, pardo fuerte (7.5YR4/6); en húmedo, pardo oscuro (7.5YR3/4); textura migajón arenosa, con 49.2% arena, 34.8% limo y 16.0% arcilla; estructura granular, pH en agua 6.7; rico en materia orgánica 6.54% y nitrógeno total 0.202%, con una relación C/N de 18.75; pobre en alofano; espacio poroso 59.6%; la saturación de bases es baja 22.2% y la humedad aprovechable es de 15.3%; raíces finas y medias principalmente. |
| A12 | 30-70 cm | Color en seco, pardo fuerte (7.5YR4/6); en húmedo, pardo oscuro (7.5YR3/4); textura migajón arcillosa, con 37.6% arena, 30.8% limo y 31.6% arcilla; estructura de bloques subangulares finos de poco desarrollo, ligeramente plásticos; pH 6.5; contenido de materia orgánica medio 2.41% y nitrógeno 0.124% con una relación C/N de 11.22; oligotrófico, 17.6% de saturación de bases; la humedad aprovechable es de 13.0%; moderada cantidad de raíces finas y medias; la transición al siguiente horizonte es marcada y horizontal. |
| C1 | 70-175 cm | Color en seco, pardo fuerte (7.5YR4/6); en húmedo 7.5YR3/4 pardo oscuro; textura migajón arcillosa, 34.2% arena, 27.0% limo y 38.8% arcilla; sin estructura, muy compacto; pH 6.7 casi neutro; pobre en materia orgánica 0.71 % y nitrógeno total 0.063%, con una relación C/N de 6.49; la humedad aprovechable es baja 4.5%; no se presentan raíces; este horizonte corresponde a roca muy intemperizada que se pudo excavar y analizar (Anexo B-11). |

Son suelos pardos forestales de montaña, con horizontes A-C; el subhorizonte A11 se caracteriza por presentar una textura migajón arenosa y baja saturación de bases, con altos contenidos de materia orgánica; la capacidad de intercambio catiónico total es alta 36.0 meq/100 g; la relación

carbono/nitrógeno es de 18.75 lo que indica una moderada actividad biológica, y su concentración de fósforo aprovechable es elevada (16 ppm); el subhorizonte A12 presenta el mismo color pardo fuerte; sin embargo, la textura cambia a migajón arcillosa, con un contenido medio de materia orgánica; con similar capacidad de intercambio catiónico y ligeros decrementos en el porcentaje de saturación de bases, humedad aprovechable y contenido de fósforo. El horizonte C1, muestra fuerte compactación, debido a su constitución que incluye la presencia de roca en proceso de descomposición, tiene una baja humedad aprovechable, altos valores de fósforo 56.8 ppm y sus contenidos de materia orgánica y nitrógeno son pobres (Fig 13).

En la zona donde predomina *Pinus arizonica*, el volumen total es muy similar en los sitios de muestreo (23 y 24); varía de 278.25 a 286.48 m³ ha⁻¹; al igual que en los promedios de diámetro y altura de la especie de interés, cuyos valores se encuentran en los rangos de 36.8 a 37.8 cm y de 15.9 a 16.7 m, respectivamente; el número de árboles de *Pinus arizonica*, así como el área basal y volumen, también presentan valores semejantes en los sitios de inventario, las cifras van de 33 a 37, 18.315 a 23.233 m² ha⁻¹ y 250.666 a 273.784 m³ ha⁻¹ respectivamente; como puede observarse la productividad de los dos sitios es análoga, lo que coincide con la calidad de estación (regular) estimada a través de los índices de sitio, cuyos valores son 18.5 y 18.6. El único sitio que difiere es el 9, donde se encuentran mezclados *Pinus arizonica* y *P. durangensis*; sin embargo, dicha diferencia podría explicarse, porque el arbolado de esta masa es joven con alturas promedios de 7 a 9 m, lo que influye principalmente en el volumen, además de presentarse en un suelo poco profundo (40 cm) y de menor contenido de fósforo; condiciones edáficas que pueden influir de manera importante en el crecimiento de *Pinus durangensis*, especie que muestra preferencia por suelos de textura migajón y migajón arcillosa; lo anterior concuerda con González (1988 b) quien calificó este sitio con calidad de estación mala para *P. durangensis*, que también corresponde para *P. arizonica*. (Tablas 4 y 5).

Se ha observado que *Pinus ponderosa*, especie muy afín a *Pinus arizonica*, presenta sus mejores crecimientos asociados con la profundidad, en suelos bien drenados, con textura gruesa y moderada capacidad de retención de agua (Oliver et al, 1983 en Mendoza, 1985). En el Suroeste de Estados Unidos se ha visto que hay una estrecha relación positiva entre la profundidad del suelo y el índice de sitio, (Schubert, 1974 en Mendoza, 1985).

González (1988 b) indica que de 17 sitios con exposición topográfica Zenital, 16 corresponden a calidad de estación buena de *Pinus arizonica*, y de 4 sitios con exposición Noreste, tres son de calidad de estación mala. Lo anterior puede reflejarse en las condiciones edáficas, ya que en los lugares planos por lo general se presentan suelos más profundos, y por otra parte en las exposiciones Noreste con pendientes del 20% es muy probable que los suelos sean de menor profundidad; lo

anterior explicaría las diferencias entre las calidades de estación y además concuerda de cierta manera con los resultados obtenidos en el presente estudio y con los trabajos antes citados para *P. ponderosa*; Negrete y Flores (1983) apuntan que las fuertes pendientes tienen gran impacto en la disminución del crecimiento de *P. arizonica*, debido a la escasa profundidad y a la resequedad del suelo.

En forma general los suelos donde prospera esta especie en el Área Experimental, son similares a los reportados por otros autores como Aguilera et al, (1962) y Eguluz (1978 en Negrete y Flores, op cit); los primeros hacen la anotación que *Pinus arizonica* crece en sitios con suelos de baja calidad, mientras el segundo menciona que son de textura migajón arenosa, pobres en la mayoría de los nutrientes básicos, poco ácidos, pero con buen drenaje.

Otro aspecto interesante de los suelos, es lo referente al manejo de plagas y enfermedades que influyen de manera significativa en el crecimiento del arbolado; un ejemplo importante de ello, es el que señala Robbins (1984) quién apunta que los sitios de alto riesgo de incidencia del hongo que causa la pudrición de la raíz *Heterobasidium annosum*, son aquellos lugares que presentan suelos de textura limo-arenosas, a una profundidad de 30 cm o más, de buen drenaje interno; por el contrario, en suelos con drenaje interno pobre, o en sitios con buen drenaje, pero donde la arcilla está dentro de los primeros 30 cm de espesor del suelo, la ocurrencia de la enfermedad no se manifiesta de manera relevante. Esta situación se está presentando en la regeneración de *Pinus arizonica* obtenida bajo el tratamiento de árboles padres, en la parte Noroeste del Área Experimental donde, como ya se mencionó, los suelos son de textura migajón arenosa, lo que facilita la incidencia de esta enfermedad y nos hace ver la necesidad de prestar más atención al manejo de los suelos.

En cuanto a *Pinus arizonica*, esta es abundante en la zona donde se muestrearon los suelos, ya que se llegó a cuantificar 51 arbolillos en 3 m².

Como datos complementarios a la ecología de *Pinus arizonica*, cabe hacer mención que es una especie característica de las elevaciones mayores, donde a menudo forma masas bastante abiertas y puras, como lo señalan Verduzco et al, (1962), Rzedowski (1978) y Sánchez y Chacón (1986); condición que se presenta en el Área Experimental Madera. Asimismo, Fowells (1965 en Mendoza, 1985) indica que la temperatura y humedad son los principales factores condicionados por la altitud, en la cual son encontrados los rodales naturales puros de *Pinus ponderosa*.

Serie Madera-migajón

Los suelos de esta serie son los más degradados y comunes del Área Experimental Madera se localizan en pendientes medias de 10-30% y altitudes de 2380-2450 msnm; en ellas predominan los bosques de pino-encino y encino-pino, siendo las especies más frecuentes: *P. durangensis*, *P. arizonica*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *Q. sideroxyla*, *Q. fulva*, *Q. rugosa* y *Q. arizonica*.

Las características que permitieron separar esta serie de las demás son: la textura media que predomina en la mayoría de los perfiles, así como los altos contenidos de materia orgánica en el horizonte superficial y el poco espesor del suelo. Presentan colores pardo oscuros, son de consistencia friable, no plásticos, con estructura granular, de reacción ligeramente ácida; los porcentajes de arcilla son muy similares en todos los suelos, en la primera capa varían de 16 a 20%; los valores de capacidad de intercambio catiónico, fósforo asimilable y nitrógeno son altos; pero la saturación de bases es baja; la humedad aprovechable es buena, con valores de 10 a 32%. Los valores de la relación C/N en los subhorizontes superficiales, son indicativos de una actividad biológica atenuada (20-25), que con las propiedades de pH y saturación de bases permiten establecer que en esta serie el proceso de humificación está formando un humus poco evolucionado, de tipo mor.

El perfil que representa las condiciones de la serie es el No. 13 con las siguientes propiedades:

O1	8-4 cm	Hojarasca y ramillas de encino-pino
O2	4-0 cm	Material parcialmente descompuesto, aún se puede reconocer su origen
A11	0-15 cm	Color en seco, pardo oscuro (10YR4/3), en húmedo (10YR2/2) pardo muy oscuro; textura migajosa con 41.6% arena, 41.2% limo y 17.2% arcilla; estructura granular, no plástico, ligeramente adherente y friable; espacio poroso 64.6%; pH 6.1 en H ₂ O y 4.9 en KCl; muy rico en materia orgánica y nitrógeno total con 12.06 y 0.343% respectivamente, con una relación C/N de 20; la saturación de bases es baja con 38%; y la humedad aprovechable es de 27%; las raíces finas y medias son abundantes.
A-C	15-50 cm	Color en seco y húmedo, pardo oscuro 7.5YR4/4 y 7.5YR3/2 respectivamente; textura migajosa con 43.6% arena, 36.0% limo, y 20.4% arcilla; estructura granular, de consistencia friable; el pH en H ₂ O es de 6.0 y en KCl 4.6; medio en materia orgánica y nitrógeno total con 3.5 y 0.202% y una relación C/N de 10; el porcentaje de saturación de bases es de 32; hay gran cantidad de raíces.
R	50-X	Roca basal andesita, fragmentada (Anexo B-6).

Son suelos de poco desarrollo, el horizonte A11 presenta una textura migajón, con estructura granular, es muy rico en materia orgánica y nitrógeno total, la relación C/N es de 20.36 y la capacidad de intercambio catiónico de 47.6 meq/100g; el contenido de fósforo es alto con 31.9 ppm; el pH es ligeramente ácido 6.1 y la saturación de bases es baja 38%; el agua aprovechable es de 27%. En la siguiente capa la granulometría no tiene variaciones; sin embargo, hay una disminución muy marcada en los contenidos de materia orgánica y nitrógeno, por lo que la relación C/N disminuye a 10; asimismo hay ligeros decrementos en la humedad aprovechable, fósforo, saturación de bases y pH; la capacidad de intercambio catiónico es moderadamente alta con 40.2 meq/100g; presenta abundante grava a través de todo el perfil. En algunos suelos existe material suelto entre las rocas o un horizonte C en diversos grados de desintegración, de textura migajón arcilloso (Fig. 13).

La calidad de estación mala y regular de *P. durangensis* es común en estos suelos; es decir, el índice de sitio (altura total a la edad de 50 años) no llega a los 20 m. Los sitios 15, 13 y 20 son los de menor volumen de pino con 63.562, 73.241 y 74.801 m³ ha⁻¹, respectivamente, y a la vez son los que tienen índices de localidad más bajos con 13.2, 14.8 y 15.7 m en el mismo orden. El primero de los sitios (15) es el de menor volumen total con 99.222 m³ ha⁻¹, y los otros dos son los de mas altos volúmenes de *Quercus* con 50 y 78 m³ ha⁻¹.

Los diámetros y alturas de *Pinus* son bajos y varían de 20.1 a 22.9 cm y de 8.1 a 10.5 m; el sitio (15) que presentó los valores más pobres en cuanto al crecimiento del arbolado, es el de menor saturación de bases (12%); asimismo el fósforo asimilable en general existe en concentraciones bajas, inferiores a las de los otros suelos de la misma serie; por otra parte, es muy rico en materia orgánica y nitrógeno con una relación C/N alta, lo que puede indicar problemas en la mineralización de los elementos biogeoquímicos; el otro sitio (20) con valores bajos en las características dasométricas, además de presentar poca humedad aprovechable, es el de pH más ácido en agua (5.5) en la capa superficial, lo que incide en la productividad del suelo; por último, el bajo índice de localidad y escaso volumen del sitio 13, puede deberse a la mayor insolación a que está expuesto, ya que se ubica en la exposición Sureste, lo que se refleja en la humedad del suelo.

Los sitios 11, 12 y 16 dentro de la serie *Madera*, son algunos de los que presentan mayores volúmenes de pino, con 182.216, 245.932 y 199.793 m³ ha⁻¹ respectivamente, así como de volumen total con 182.216, 245.572 y 234.113 m³ ha⁻¹ en el mismo orden; los diámetro varían de 26.9 a 35.1 cm y las alturas de 12 a 15 m; los índices de sitio respectivos son 19.1, 17.5 y 17.0 m.

Asimismo predomina el género *Pinus*, lo que se manifiesta en bajos volúmenes de encino, de modo que en el primer sitio (11) no se encuentra ningún ejemplar de *Quercus spp.*; en el segundo sólo

existen 10 individuos con $10.640 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y en el último (16), el volumen de este género es de $34.320 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Como puede apreciarse, conforme aumenta el número de encinos, disminuye el índice de localidad de estos sitios; estos suelos son los de mayor pH en agua y cloruro de potasio 1N pH 7.0, con valores de 6.3 a 6.4 y de 5.0 a 5.1 respectivamente, lo que puede repercutir favorablemente en la disponibilidad de nutrientes, por otra parte la humedad aprovechable en la capa superficial es alta de 31 a 32%, así como los contenidos de materia orgánica con valores de 11.55 a 12.83%, no así el porcentaje de saturación de bases que varía de 26 a 28%; en relación a la topografía, el mejor de los sitios (11) medido por su índice de localidad, se encuentra en la exposición Zenital y el que le sigue en productividad (12), se ubica en la exposición Oeste (Tablas 4 y 5).

Los perfiles 19 y 21 también se incluyeron dentro de la *serie Madera*, son más profundos y sus contenidos de arcilla son mayores pero en las demás características edáficas son semejantes. Cabe resaltar que el sitio 21 es el de mayor volumen total de todos los sitios muestreados con $401.475 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, de los cuales $314.946 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ corresponden al género *Pinus*; el índice de sitio es de 20.2 m lo que se traduce en una calidad de estación buena. Asimismo, los valores promedios en diámetro y altura para *Pinus arizonica* y *P. durangensis* son muy similares, con 34.2 y 35.3 cm en el primer parámetro y 14.5 y 15.7 m respectivamente, para la segunda característica. Esta productividad puede deberse a la profundidad del suelo, a los altos contenidos de arcilla y a la exposición Zenital. Por otra parte el sitio 19 presenta un índice de localidad de 17.9 m con un volumen total de $190.573 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; los valores de fósforo asimilable son muy altos, sin embargo su humedad aprovechable es baja, lo que puede explicar su menor productividad; el sitio está orientado hacia el Sureste, lo que se refleja en la dominancia del género *Quercus* (Tablas 4 y 5).

Serie Madera ayacahuite

Los suelos de esta serie, se encuentran en laderas con pendientes pronunciadas, con exposiciones hacia el Norte y a la orilla de corrientes temporales o intermitentes, condiciones que inciden favorablemente en la humedad del suelo; el bosque es de pino-encino, con predominancia de *Pinus ayacahuite var brachyptera* nombre que se tomó para designar la serie.

Los perfiles 10 y 14 sirvieron de base para describir la serie, que se caracterizó por presentar un horizonte A bien desarrollado de 45-60 cm de profundidad; sus colores varían de pardo a pardo rojizo en seco y de pardo oscuro a pardo rojizo oscuro en húmedo; la textura va de migajosa a migajón arcillosa, aumentando el contenido de arcilla conforme a la profundidad, son ligeramente plásticos, de estructura granular; los valores de materia orgánica en la capa superficial son de 6 a 7%, el pH tiende a la neutralidad, y son ricos en fósforo asimilable; las relaciones C/N con valores intermedios (18) indican

una actividad biológica media, propia de un humus de tipo moder o mor-moder, ya que los demás parámetros edáficos (pH, saturación de bases) y ambientales, favorecen un proceso de humificación cuyo resultado es un humus moderadamente evolucionado con mayor estabilidad de los ciclos biogeoquímicos, lo que favorece la productividad del sitio; asimismo presentan capacidades de intercambio catiónico moderadamente altas con valores de 33 a 40 meq/100g; por otra parte el contenido de grava es escaso, y las raíces son abundantes en el horizonte A, que en este caso representa la profundidad efectiva del suelo. El perfil tipo que engloba las características edáficas más representativas de la serie es el No. 10 que se describe a continuación.

- | | | |
|-----|------------|---|
| O1 | 6.5-4.0 cm | Hojarasca y ramillas de pino-encino. |
| O2 | 4.0-0 cm | Material en descomposición, difícil de reconocer su forma original. |
| A11 | 0-25 cm | Color en seco y húmedo pardo oscuro, que corresponde a las claves 7.5YR4/4 y 7.5YR3/4 en las Tablas de Munsell; textura migajosa con 35.2% arena, 40.4% limo y 24.4% arcilla; estructura granular desarrollada; la humedad aprovechable es de 20%; el espacio poroso es alto con 66.9%; el pH en H ₂ O y KCl es de 6.5 y 5.1 respectivamente; rico en materia orgánica y nitrógeno total con valores de 6.11 y 0.195% y una relación C/N de 18.28; La capacidad de intercambio catiónico es de 40.2 meq/100g y la saturación de bases de 25%; las raíces finas y medias son abundantes. |
| A12 | 25-60 cm | Color en seco, pardo fuerte (7.5YR4/6); en húmedo pardo oscuro (7.5YR4/4); textura migajón arcillosa con 28.0% arena, 43.4% limo y 28.6% arcilla; estructura en bloques subangulares de poco desarrollo, ligeramente plásticos; la humedad aprovechable es alta con 29%; el porcentaje de espacio poroso es de 62.8%; el pH en H ₂ O y KCl es de 6.6 y 5.4 respectivamente; el contenido de materia orgánica y nitrógeno es de 3.97% y 0.160% con un cociente C/N de 14.34; la capacidad de intercambio catiónico es de 40 meq/100g; y la saturación de bases es baja con 29.8%; hay moderada cantidad de raíces finas y medias. |
| A-C | 60-87 cm | Es un horizonte de transición, color en seco pardo claro, (7.5YR6/4), y en húmedo pardo oscuro (7.5YR4/4); textura migajón arcillosa con 31.6% arena, 38.0% limo y 30.4% arcilla; presenta abundante grava; la humedad aprovechable es de 19% y el espacio poroso 62.4%; el pH en H ₂ O y KCl es de 6.3 y 4.8 respectivamente; la materia orgánica y nitrógeno total presentan valores de 0.78 y 0.063% con una relación C/N de 7.11; la capacidad de intercambio catiónico es de 37 meq/100g, con una saturación de bases media 52.8%; no se presentan raíces. |

- C1 87-175 cm Este horizonte esta formado por roca en diversos estados de desintegración; los análisis que se obtuvieron, son de suelo que se esta formando entre la roca , cuyos resultados son: color en seco, pardo claro (7.5YR6/4) y en húmedo pardo obscuro (7.5YR4/4); textura arcilla, con 16.8% arena, 30.4% limo y 52.8% arcilla; la humedad aprovechable es de 16.5%; el pH en H₂O y KCl presenta valores de 6.7 y 5.0 respectivamente; son pobres en sus contenidos de materia orgánica (0.44%) y nitrógeno total (0.061%), la relación C/N es de 4.20 y la capacidad de intercambio catiónico total es de 36.7 meq/100g; con una saturación de bases moderada de 52.6%.
- R 175-X Roca andesita (Anexo B-5).

Son suelos profundos con horizonte A y C bien desarrollados, el subhorizonte A11 presenta una textura migajón arcillosa, con estructura granular bien definida; sus contenidos de materia orgánica y nitrógeno total son moderadamente altos, con porcentajes de 6.1 y 0.194 respectivamente; con una relación C/N de 18.28; la humedad aprovechable es de 20% y la capacidad de intercambio catiónico de 40.2 meq/100g; el pH en H₂O es de 6.5 y el fósforo asimilable de 19.4 ppm; la saturación de bases presenta un valor de 25.6%; en el subhorizonte A12, donde aumenta el contenido de arcilla, la textura es migajón arcillosa, y el agua aprovechable asciende a 29%; la capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases y pH son similares al subhorizonte anterior, y se presenta una disminución en los contenidos de materia orgánica (3.97%), nitrógeno total (0.160%), y la relación C/N (14.3); el fósforo asimilable también decrece a 11.2 ppm; en el subhorizonte subyacente A-C hay un descenso notable en los porcentajes de materia orgánica y nitrógeno total; la textura sigue siendo migajón arcillosa, pero aumentan considerablemente los valores de fósforo asimilable, así como la concentración de los cationes calcio y magnesio, lo que se traduce en una mayor saturación de bases (52.8%); en lo que toca al horizonte C, este se caracteriza por su baja relación C/N (4.20), por otra parte el fósforo, porcentaje de saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico no sufre cambios respecto al horizonte A-C (Fig. 13).

En la *Serie Madera ayacahuite*, se tienen las mejores calidades de estación para la especie *Pinus durangensis* con índices de localidad de 23.7 y 20.9 m en los sitios 10 y 14 respectivamente; lo que se refleja también en los valores promedio de diámetro y altura que van de 36.6 a 43.4 cm y de 19.0 a 20.9 m en el mismo orden; el volumen total que soportan los sitios de muestreo son similares, con cifras de 210.172 a 231.162 m³ ha⁻¹; la alta productividad de estas localidades, puede explicarse por la profundidad efectiva del suelo, la humedad que prevalece y los pH cercanos a la neutralidad, que se encuentran a través de todo el perfil; siendo en forma general los suelos con mayores valores en

esta característica tan importante. Cabe hacer notar que aunque *P. durangensis* alcanza buenos crecimientos; el número de ejemplares es escaso, no mayor de 10 en una superficie de 1000 m²; las condiciones ambientales favorecen el establecimiento de *Pinus ayacahuite var brachyptera*, especie de escaso valor comercial, que presenta abundante renuevo; dado lo anterior estas localidades no deberían considerarse para su aprovechamiento, sino más bien con fines recreativos, de protección de cuencas o de refugio para la fauna silvestre (Tablas 4 y 5).

Serie Madera Durangensis - arcilloso

Se describen dos perfiles de suelo dentro de la *serie Madera Durangensis*, en lugares con pendientes medias, de 20 a 25%, y altitudes de 2395 a 2485 msnm; el primero de ellos (7) corresponde a un rodal de *Pinus durangensis*, y el segundo (17) a un bosque de pino-encino; con dominancia de la especie de interés (*P. durangensis*). La principal característica de la serie, de acuerdo con Sánchez y Chacón (1986), es la presencia de un estrato arcilloso a partir de los 50 cm; sin embargo, con base en los análisis de suelo del presente trabajo; el cambio brusco en el contenido de arcilla se aprecia a partir de los 25 cm; son además suelos muy desarrollados con un horizonte B argílico, con saturación de bases media; los colores que predominan son el pardo y pardo rojizo, llegándose a presentar colores rojos en los estratos inferiores del perfil 17; los valores de materia orgánica en la capa superficial fluctúan de 7 a 9% con una relación C/N de 22 a 23; las características de este subhorizonte muy somero, son: elevados contenidos de materia orgánica, altas relaciones C/N, moderada saturación de bases y una acidez acentuada, que repercuten en una humificación, donde los residuos orgánicos son transformados de manera atenuada y producen un humus de tipo mor, al mismo tiempo la mayor evolución del perfil, permite pensar que el horizonte A de este suelo está muy alterado; las capacidades de intercambio catiónico en los distintos horizontes varían de 36 a 46 meq/100g; son también ricos en fósforo asimilable con más de 13 ppm, de reacción ligeramente ácida o tendiente a la neutralidad, y buena humedad aprovechable; la estructura es granular desarrollada en las primeras capas y prismática media en los estratos arcillosos, además son muy plásticos y adherentes (Anexos B-3 y B-8).

Descripción del perfil tipo (17)

O1	10-7 cm	Hojarasca de pino principalmente.
O2	7-0 cm	Material parcialmente descompuesto; aún puede reconocerse su forma original.
A1	0-10 cm	Color en seco y húmedo pardo rojizo, con valores de 5YR4/3 y 5YR3/3 respectivamente, en la escala de Munsell; la textura es migajón con 41.2% arena, 32.4% limo y 26.4% arcilla; la humedad aprovechable es alta con 19%; es rico en

materia orgánica y nitrógeno total con valores de 7.05 y 0.182%; y una relación C/N de 22; el pH en H₂O y KCl es de 6.2 y 4.7 respectivamente; la capacidad de intercambio catiónico es alta con 43.6 meq/100g y una saturación de bases de 37%; la estructura es granular, ligeramente plástico y adherente; se presenta una moderada cantidad de raíces finas y medias.

- A-B 10-25 cm Color en seco y húmedo, pardo rojizo que corresponden a las claves 5YR4/4 y 5YR3/4 respectivamente; la textura es migajón arcillosa con 33.6% arena, 33.2% limo y 33.2% arcilla; la humedad aprovechable es de 13.9%; medio en materia orgánica y nitrógeno con 2.07 y 0.099%; y una relación C/N de 12; el pH en H₂O y KCl es de 6.4 y 4.7 respectivamente, con una capacidad de intercambio catiónico de 37.8 meq/100g; la saturación de bases es media, con un valor de 46%; de estructura granular, ligeramente plásticos y adherentes; se presentan raíces finas, medias y gruesas.
- B1 25-42 cm Color en seco y húmedo, pardo rojizo con valores de 5YR4/4 y 5YR3/4 respectivamente; la textura es arcilla con 29.4% arena, 27.6% limo y 43.0% arcilla; la estructura es en bloques subangulares moderadamente desarrollados; plásticos y adherentes en húmedo y ligeramente duros en seco; el pH en H₂O es de 6.6; pobre en materia orgánica y nitrógeno con valores de 0.98 y 0.74%; y una relación C/N de 7.64; la capacidad de intercambio catiónico es alta con 36.5 meq/100g; con una saturación de bases de 49%; hay moderada cantidad de raíces, el cambio a la siguiente capa es abrupto.
- B2 42-80 cm Color en seco, rojo (2.5YR4/6), en húmedo, rojo oscuro (2.5YR3/6); textura arcillosa con 23.2% arena, 22.4% limo y 54.4% arcilla; de estructura prismática media y desarrollada, muy plástico en húmedo y duro en seco; la humedad aprovechable es de 16.9%; el pH en H₂O presenta un valor neutro; con un contenido de materia orgánica y nitrógeno total de 0.51 y 0.069% respectivamente y una relación C/N de 4.26; la capacidad de intercambio catiónico es de 37.7 meq/100g, con una saturación de bases media de 46%; no se presentan raíces.
- B3 80-115 cm Color en seco, rojo (2.5YR4/6) y en húmedo rojo oscuro (2.5YR3/6); de textura arcillosa, con 22.0% arena, 20.8% limo y 57.2% arcilla; de estructura prismática media y desarrollada, muy plástica y firme en húmedo y duro en seco; la humedad aprovechable es de 11.25%; con un pH en agua de 6.2; los porcentajes de materia orgánica y nitrógeno total son 0.30 y 0.066% respectivamente, con un cociente C/N de 2.66; la capacidad de intercambio catiónico es de 37.6

meq/100g; con una saturación de bases media de 41.8%, existe gran compacidad, lo que se refleja en la ausencia de raíces.

B-C 115-155 cm Color en seco 2.5YR4/6 rojo, en húmedo 2.5YR3/6 rojo oscuro; la textura es arcilla con 23.4% arena, 21.2% limo y 55.4% arcilla; sin estructura; con un pH en H₂O de 6.2, y una humedad aprovechable de 9%, pobre en materia orgánica (0.30%) y nitrógeno total (0.061%); con una relación C/N de 2.91; la saturación de bases es de 38% y la capacidad de intercambio catiónico de 37.6 meq/100g; no se presentan raíces (Anexo B-8).

Los suelos de esta serie, son los más profundos y desarrollados de toda el Area Experimental, presentan un horizonte B argílico que los ubica dentro del orden Alfisol; el subhorizonte A1 es de color pardo rojizo, con textura migajosa y estructura granular, el espacio poroso es de 66.6%, el pH en agua es ligeramente ácido 6.2, y su contenido en materia orgánica y nitrógeno son altos, con porcentajes de 7 y 0.182%, con una relación C/N de 22, la humedad aprovechable es de 19% y la capacidad de intercambio catiónico de 43 meq/100g, con baja saturación de bases (37%) y altos contenidos de fósforo aprovechable (21.4 ppm); en el subhorizonte A-B, el color es similar sin embargo, hay un aumento en el contenido de arcilla, que hace que la textura cambie a migajón arcillosa, su pH es de 6.4, existe una notable disminución en los porcentajes de materia orgánica (2.07) y nitrógeno total (0.099), lo que se refleja en la relación C/N (12); también se presentan decrementos en la capacidad de intercambio catiónico (37.8 meq/100g), espacio poroso (66.5%) y humedad aprovechable (13.9%), el porcentaje de saturación de bases aumenta a 46%, por otra parte el fósforo aprovechable es similar; estas dos capas representan la profundidad efectiva del suelo; en el subhorizonte B1 se aprecia un cambio bastante considerable en el porcentaje de arcilla que tiene un valor de 43%; cambiando la textura a arcilla; el pH sube a 6.6 y la humedad aprovechable a 19.6%; y la materia orgánica y nitrógeno disminuyen aún más, sus valores son de 0.98 y 0.074%, con una relación C/N de 7.64, el espacio poroso y capacidad de intercambio catiónico son semejantes al del estrato suprayacente, pero la saturación de bases y fósforo asimilable aumentan ligeramente a 49% y 30.7 ppm respectivamente; en la capa subyacente o subhorizonte B2 el color varía a rojo débil principalmente a la presencia de óxidos de hierro, y el contenido de arcilla alcanza un valor muy alto de 54%, lo que da una textura arcillosa, con una humedad aprovechable de 16.9%, el pH en H₂O sube a 7.0 y en KCl a 5.2, los contenidos de materia orgánica y nitrógeno total disminuyen a 0.51 y 0.069% respectivamente con una relación C/N de 4.26, la capacidad de intercambio catiónico es similar al subhorizonte anterior, y la saturación de bases es de 46%; con un valor de fósforo aprovechable de 28 ppm, en el subhorizonte B3 el color no cambia, el porcentaje de arcilla es muy similar al horizonte subyacente, pero la humedad aprovechable baja a 11.25%, igual el pH que disminuye a 6.2 en H₂O y

4.6 en KCl, la capacidad de intercambio catiónico no sufre variación y el porcentaje de saturación de bases decrece a 41.86%, la materia orgánica a 0.30% y el nitrógeno total a 0.066% ; el valor de fósforo es de 26.3 ppm; en el horizonte B-C los cambios que existen se manifiestan principalmente en la humedad aprovechable que disminuye a 9%; pH en KCl que baja a 4.4 y porcentaje de saturación de bases que decrece a 38.88% (Fig 13).

Es difícil establecer comparaciones en cuanto al crecimiento del arbolado en las localidades de muestreo; ya que mientras el sitio 7 es una masa joven con una gran densidad de individuos de *Pinus durangensis* (138), el 17 es un bosque maduro que cuenta con 65 árboles bien desarrollados, de los cuales 31 corresponden a *P. durangensis*; lo anterior se manifiesta en notables diferencias en las características dasométricas, principalmente en la altura promedio, que en el sitio 7 es de 12.7 m y en el 17 de 18.4 m, situación que se refleja en el volumen de *Pinus* y volumen total, cuyos valores respectivos son 217 022 y 220.492 m³ ha⁻¹ en el primer sitio, contra 362.656 y 392.146 m³ ha⁻¹ del segundo sitio. En lo que respecta al índice de localidad en el sitio 17 es de 20.9 m y en el 7 de 16.9 m, correspondiendo el más alto a una calidad de estación buena, siendo de todos los sitios de muestreo, incluyendo los de las otras series, el segundo mejor en este parámetro (Tablas 4 y 5).

El bajo índice de localidad del sitio 7 puede deberse a que se estimó con arbolado joven; medición que puede ser incorrecta, ya que se recomienda se haga con árboles bien desarrollados que sean dominantes o codominantes; condiciones que no presenta la masa; sin embargo, por sus características edáficas podría considerarse un sitio de buena productividad, ya que además de ser muy semejante al perfil 17, está menos intemperizado y presenta un mayor contenido de materia orgánica, así como una más alta capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases.

El conocimiento de los suelos donde prospera *Pinus durangensis* es muy escaso; Aguilera et al, (1962), reportan que son suelos profundos, de color pardo rojizo, con un horizonte B de estructura prismática, con altos contenidos de materia orgánica, nitrógeno total y calcio; resultados muy similares a los obtenidos en este trabajo.

Las principales diferencias que se encontraron en las series son las siguientes: la serie *Madera Durangensis* es la única que presenta un B argílico y son los suelos más desarrollados, observándose muy buenos crecimientos en el arbolado de *Pinus durangensis*; la serie *Madera Arizonica* se caracteriza por su textura migajón arenosa en los horizontes superficiales y buen drenaje, los bosques de *Pinus arizonica* son coetáneos, de similares crecimientos, con una calidad de estación media en la mayoría de los sitios, con un índice de localidad promedio de 18.5 m; la serie *Sirupa*, presenta gran rocosidad sobre la superficie y a través de todo el perfil, son de textura migajón a

migajón arcillosa, de moderada a alta saturación de bases, lo que está dado por la vegetación que predomina (encinos), ya que su hojarasca al mineralizarse aporta más bases al suelo, asimismo son los de más bajos niveles de fósforo asimilable, y se encuentran en las pendientes más pronunciadas y exposiciones más soleadas o sea hacia el sur; los suelos de la serie *Madera Ayacahuite* por su parte se localizan en los lugares más húmedos, con exposiciones hacia el Norte donde predomina la especie *Pinus ayacahuite* var *brachyptera*, los suelos son profundos con un horizonte A de 45 a 60 cm de espesor, la textura varía de migajón a migajón arcillosa con alta humedad aprovechable, son ricos en fósforo y en general son los de pH más cercanos a la neutralidad; en la serie *Madera*, predomina la textura media, son los más ricos en materia orgánica en la capa superficial, con valores mayores al 10%; son suelos delgados y su saturación de bases es baja; se localizan en pendientes medias y diferentes exposiciones; son los más comunes del Área Experimental Madera, la cartografía de las series de suelos se presenta en la Fig. 14.

En cuanto a la taxonomía de los suelos, no es posible hacer una buena clasificación de ellos con base al Soil Taxonomy (1975) ya que no se cuenta con los elementos necesarios, debido a la notable degradación que existe en la mayoría de los perfiles; sin embargo, pueden considerarse como suelos pardos y pardo rojizo forestales, que corresponderían a los órdenes Entisol e Inceptisol, debido al poco desarrollo del suelo y características generales de los perfiles y clima; a excepción de la serie *Madera Durangensis*, que presenta un horizonte B argílico que permite ubicarlo dentro del orden Alfisol.

4. Análisis estadístico

a) Características dasométricas y edáficas

Del análisis de la información obtenida, se aprecia que el índice de sitio presenta una media de 17.82 m, con una desviación estándar de 2.58 y un coeficiente de variación de 14.5%; el diámetro promedio de *Pinus* es de 29.25 cm, presentando una desviación estándar de 7.81 y un coeficiente de variación de 26.7%; la media del volumen total y de *Pinus* en los sitios, es de 194.897 y 164.379 m³ ha⁻¹ respectivamente, con coeficientes de variación de 49.4 y 60.8%.

Se encontró que el contenido de arcilla del horizonte A presenta una media de 21.58%, con desviación estándar de 4.1 y coeficiente de variación de 19.0%; en la capa subyacente aumenta considerablemente la media a 31.8% presentando una desviación de 11.4 y una variación de 35.8%; la humedad aprovechable de A promedia 20.19, su desviación es de 7.34 y su coeficiente de variación de 36.3%; en el horizonte B o subyacente su valor medio decrece a 12.17 con una desviación de 5.77 y un coeficiente de variación de 47.4%. Las características del arbolado y físico-químicas del suelo se presentan en la Tabla 6.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

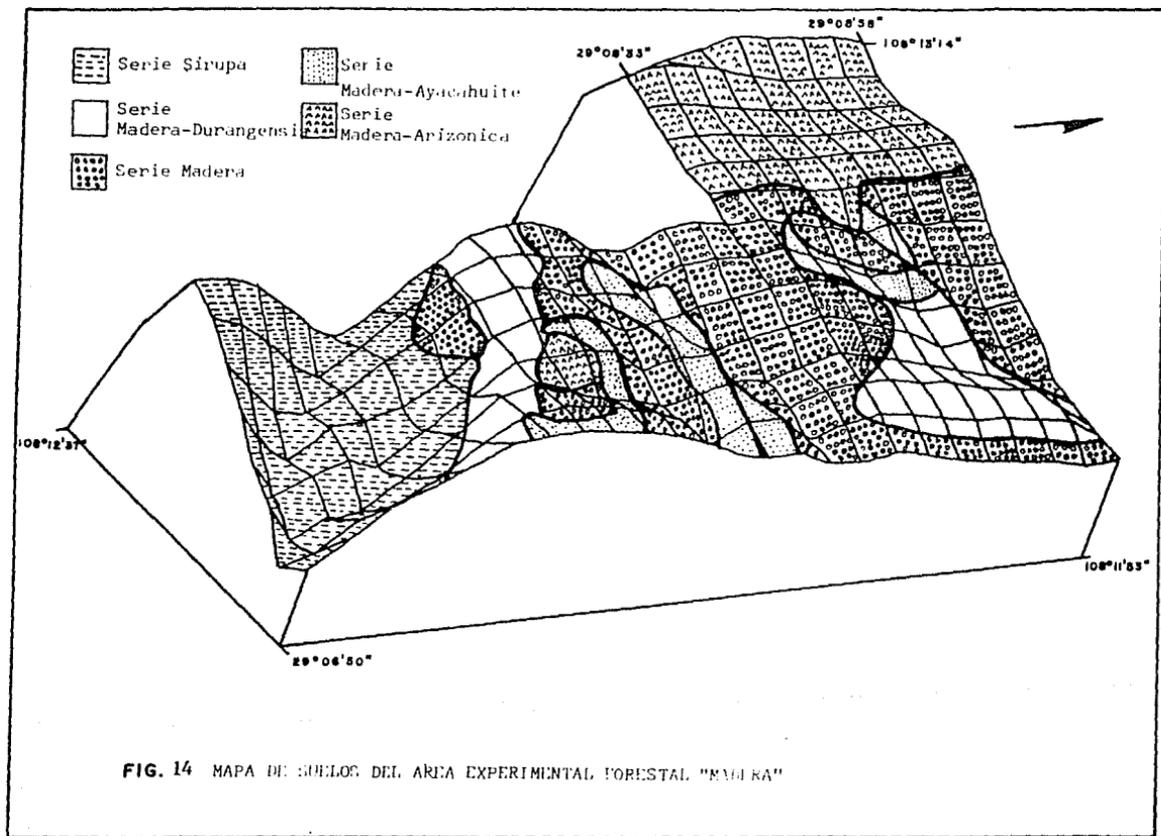


FIG. 14 MAPA DE SUELOS DEL AREA EXPERIMENTAL FORESTAL "MADERA"

Tabla 6. Media (\bar{X}), Desviación estandar (S) y coeficiente de variación (CV) de las variables dependientes (arbolado) e independientes (suelo-topografía).

Arbolado	\bar{X}	S	CV
Índice de sitio	17.825	2.584	14.5
Diámetro promedio	29.256	7.815	26.7
Volumen Pinus	164.379	100.073	60.8
Volumen total	194.897	96.273	49.4
Incremento medio anual en volumen	0.016	0.012	75.1
Incremento medio anual en diámetro	0.624	0.116	18.6

	Suelo-horizonte A			Suelo horizonte B o C		
	\bar{X}	S	CV	\bar{X}	S	CV
% arena	42.612	4.745	11.1	30.2	11.447	37.9
% limo	35.575	3.473	9.8	31.668	9.077	28.7
% arcilla	21.587	4.102	19	31.881	11.411	35.8
Capacidad de campo	50.571	9.02	17.8	35.362	10.876	30.7
Punto de marchitez permanente	30.649	5.052	16.5	23.191	7.378	31.8
Humedad aprovechable	20.198	7.343	36.3	12.175	5.77	47.4
Densidad aparente	0.871	0.073	8.5	0.965	0.267	27.7
Densidad real	2.508	0.17	6.8	2.373	0.657	27.7
Espacio poroso	65.206	2.752	4.2	55.918	15.159	27.1
pH en H ₂ O	6.262	0.162	2.6	6.1	1.639	26.9
pH en KCl	4.85	0.222	4.6	4.49	1.26	26.86
% materia orgánica	7.302	2.967	40.6	1.218	0.919	75.4
CIC meq/100 g	42.075	4.297	10.2	35.512	10.417	29.3
% saturación de bases	30.517	8.452	27.7	39.34	16.47	41.8
Calcio meq/100 g	8.072	2.376	29.4	8.803	4.957	56.3
Magnesio meq/100 g	3.2	1.441	45.1	5.247	3.06	58.3
Sodio meq/100 g	0.129	0.028	21.9	0.17	0.075	44.3
Potasio meq/100 g	1.365	0.332	24.3	0.983	0.415	42.3
Fósforo ppm	26.994	17.609	65.2	33.56	21.36	63.6
% nitrógeno total	0.217	0.079	36.7	0.08	0.034	42.8
Cm lámina de agua aprovechable	8.05	--	--	5.533	--	--

Suelo-topografía.	\bar{X}	S	CV
Cm profundidad efectiva	48.75	10.567	21.7
Cm profundidad total	82.5	50.957	61.7
Cm profundidad A+B	44.687	17.909	40.1
Cm lámina agua aprovechable total	13.438	--	--
% pendiente	21	10.733	51.1
Altitud msnm	2432	41.99	1.7

Con base a lo anterior, se determinó que las características dasométricas con menor variación son el índice de sitio y diámetro de *Pinus*; en cuanto a las propiedades edáficas, en el horizonte A la variabilidad es menor al 30%, excepto en la humedad aprovechable, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, magnesio y fósforo; estas mismas fueron las que presentaron mayores coeficientes de variación en la capa subyacente al A, incluyendo además los cationes calcio, sodio y potasio, así como el porcentaje de saturación de bases (Tabla 6).

En resumen se puede decir, que son suelos con buena humedad aprovechable, ricos en nitrógeno, fósforo y materia orgánica, con alta capacidad de intercambio catiónico total y baja saturación de bases. Las características antes descritas, únicamente incluyen los suelos que se relacionaron con la productividad del sitio.

b) Correlación simple de las características del arbolado

Las correlaciones de las características dasométricas del arbolado, fueron significativas ($P \leq 0.05$) y altamente significativas ($P < 0.01$). El índice de sitio (altura total a la edad de 50 años) está estrechamente correlacionado con el volumen del género *Pinus* (VP) y el incremento medio anual en volumen (IMAV) de los árboles dominantes o codominantes del sitio de muestreo y en forma significativa está relacionado con el volumen total (VT) y diámetro promedio de las especies de pino dominante (DP). El volumen de *Pinus* presentó una correlación altamente significativa con el índice de sitio (IS), DP y VT, en menor proporción está correlacionado con el IMAV. Por otra parte el volumen total guarda una amplia correlación con el VP y está asociado con el IS, DP e IMAV. El diámetro promedio está correlacionado de manera significativa con el IS, VT e IMAV, también se encuentra altamente correlacionado con el VP. Asimismo, el incremento medio anual en volumen está estrechamente relacionado con el IS y presenta una buena correlación con el incremento medio anual en diámetro (IMAD), así como con el VT, DP, y VP. Por último, el IMAD sólo guarda correlación con el IMAV. Lo anterior concuerda en forma general con otros autores como Orantes y Musalem (1982) y Chávez y Gómez Tagle (1985). Los coeficientes de correlación se presentan en la Tabla.7.

Con base en lo anterior; se puede decir que el índice de sitio y el volumen de *Pinus*, son las características dasométricas que mejor representan la productividad del sitio, ya que la estimación de cualquiera de ellas, implica otras variables relacionadas con el crecimiento del arbolado.

Tabla 7. Correlación simple de las características dasométricas del arbolado.

	IS	DP	VT	VP	IMAV	IMAD
Indice de sitio		0.60*	0.62*	0.64**	0.63**	
Diametro promedio de Pinus	0.60*		0.61*	0.64**	0.52*	
Volumen total	0.62*	0.61*		0.98**	0.57*	
Volumen pino	0.64**	0.64**	0.98**		0.50*	
Incremento medio anual volumen	0.63**	0.52*	0.57*	0.50*		0.59*
Incremento medio anual diámetro						

* Significativo (P ≤ 0.05)

** Altamente significativo (P ≤ 0.01)

c) Correlación de las características dasométricas y edáficas

Se hicieron correlaciones simples entre las características del arbolado y las del sitio (edáficas y topográficas), para las cuales el nivel mínimo de significancia considerado para estas relaciones fue de $P \leq 0.1$; las correlaciones más notables son las que a continuación se indican.

El índice de sitio se encontró estrechamente correlacionado con el contenido de arcilla del horizonte (Arc.A) y mostró significancia con la misma variable del horizonte B (Arc.B), lámina de agua aprovechable de la misma capa (LAA.B), profundidad total del suelo (PT) y pH de la capa superficial (pH.A); asimismo existe una correlación negativa con el porcentaje de arena del horizonte A (Are.A).

El diámetro promedio presentó una correlación altamente significativa con la PT y manifestó significancia con la profundidad de los horizontes AB, profundidad efectiva del suelo (PE), lámina de agua aprovechable total(LAAT), y LAA.B, también guarda una relación negativa con Are.A; además mostró ligera asociación con Arc.A y pH.A.

El volumen total está ampliamente relacionado con la PT, asimismo manifiesta significancia con los contenidos de arcilla de los horizontes A y B. El volumen del género *Pinus* se correlacionó estrechamente con la PT, y en menor proporción con Arc.A, también mostró significancia con la capacidad de campo del horizonte B (CC.B) y Arc.B. El incremento medio anual en volumen se relaciona en forma muy significativa con PE, aunque también se asocia ligeramente con el porcentaje de materia orgánica del horizonte B (MO.B) y de manera negativa con la densidad aparente del horizonte A (DA.A). El incremento medio anual en diámetro guarda una amplia relación negativa con el contenido de calcio del horizonte A (Ca.A) y el porcentaje de pendiente, y manifiesta una correlación positiva con la PE (Tabla 8).

De lo anterior se deduce, que tanto las propiedades físicas como químicas del suelo, son importantes en el crecimiento del arbolado del Área Experimental Forestal Madera, lo que coincide con otros trabajos. La profundidad total y efectiva del suelo, así como el porcentaje de arcilla del horizonte A, son las que se encontraron más frecuentemente asociadas con las características dasométricas de las masas forestales; dichas propiedades representan un mayor volumen de suelo disponible para el almacenamiento de agua y nutrientes que la planta pueda aprovechar para satisfacer sus requerimientos; asimismo, el contenido de arcilla tiene una influencia directa en la retención de humedad, fertilidad del suelo y otras propiedades del sustrato. Otra característica importante fue el pH que juega un papel preponderante en la disponibilidad de nutrientes; la capacidad de campo y lámina de agua aprovechable del horizonte B, así como la lámina de agua aprovechable total

Tabla 8. Correlación simple de las características edáficas y dasométricas del arbolado.

	DAA	%ARC.A	%ARE.A	pH.A	CAA	%ARC.B	CCB	MOB	LAAB	LAAT	PT	P A+B	PE	% PEND
IS		.68***	.59***	.55**		.55**			.52**		.59**			
DP		.43*	.50***	.46*					.50**	.56**	.73***	.55**	.50**	
VT		.61**				.44*					.63***			
VP		.61**				.45*	.45*				.66***			
IMAV	.44**							.43*					.49**	
IMAD					.52***								.51**	.54***

*Significativo ($P \leq 0.1$)

**Muy significativo ($P \leq 0.05$)

***Altamente significativo ($P \leq 0.01$).

IS = Índice de sitio
 DP = Diámetro promedio de Pinus
 VT = Volumen total
 VP = Volumen Pinus
 IMAV= Incremento medio anual en volumen
 IMAD= Incremento medio anual en diámetro

DAA = Densidad aparente del horizonte A
 ARCA= Arcilla del horizonte A
 ARE. A= Arena del Horizonte A
 pH.A = pH del horizonte A
 CAA = Calcio del horizonte A
 ARC.B= Arcilla del horizonte B
 CCB= Capacidad de Campo del horizonte B
 MOB= Materia orgánica del horizonte B
 LAAB = Lámina de agua aprovechable horizonte B
 LAAT= Lámina de agua aprovechable total
 PT = Profundidad total
 P A+B= Profundidad de los Horizontes AB
 PE= Profundidad efectiva
 PEND = Pendiente.

manifiestan su relevancia en las condiciones de humedad del suelo; por otra parte, la densidad aparente tiene relación con la porosidad y aireación del suelo, lo que facilita el anclaje de las raíces y favorece la difusión de aire y agua en el sustrato, y permite que los ciclos biogeoquímicos del Ca, Mg y K se efectúen de manera óptima, debido a la adecuada actividad biológica cuando la aireación es buena.

d) Suelo-productividad forestal

Las relaciones suelo-productividad del sitio se estimaron con base a la especie *Pinus durangensis*. La condición actual del arbolado debido al historial de manejo y aprovechamiento a que estuvieron sujetos los rodales es en masas mezcladas e incoetáneas, lo que hace que se tengan diferencias importantes en los niveles de densidad y estructura de las masas; esta situación hace aún más difícil evaluar con precisión la productividad de estos sitios. Por medio de computadora y utilizando análisis de regresión y correlación múltiple, con la técnica de regresión por pasos (step-wise), se probaron 50 variables del sitio (edáficas y topográficas) en relación con el crecimiento del arbolado (Tabla 9), con el fin de seleccionar las mejores ecuaciones de regresión.

El índice de sitio que ha sido el método más ampliamente usado para estimar la productividad forestal o calidades de estación fue el que se consideró en primer lugar para relacionarlo con las características edáficas. La ecuación de regresión que mejor predice los cambios en el índice de sitio (Y_1) es la que se indica en las Tablas 10 y 16, la cual señala que el pH en KCl y porcentaje de arcilla del horizonte A fueron los factores del sitio más importantes; el coeficiente de correlación múltiple (R) tuvo un valor de 0.833 y el de determinación (R^2) de 0.694 ($P \leq 0.01$); o sea el 69.4% de la variación en el índice de sitio es explicada por las variables edáficas; el error estandar de estimación fue de ± 1.43 m con respecto al valor medio del índice de localidad (17.8 m). La influencia de ambos factores probablemente se manifiesta en la retención de humedad y fertilidad del suelo en la zona primaria de las raíces (horizonte A). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores como Rodríguez (1982), Chávez y Gómez Tagle (1985) y Mader (1976).

La ecuación para predecir el diámetro promedio de *Pinus* (Y_2) está en función de la profundidad del suelo (PT); el modelo presenta un valor de $R = 0.714$ y $R^2 = 0.51$ ($P \leq 0.01$), el error estandar de estimación para el valor medio del diámetro de *Pinus* (29.2 cm) fue de ± 5.48 cm. Cabe hacer mención que la profundidad es una de las características edáficas que más frecuentemente se encuentra asociada con el crecimiento del arbolado (Castaños 1962, Gómez Tagle 1985, Coile 1952 y Carmean 1975) Tabla 11.

Tabla 9 . Variables dependientes (Y) e independientes (X), que se probaron en los análisis de regresión y correlación.

X1 =	% arena horizonte A	X31 =	% espacio poroso horizonte B
X2 =	% limo horizonte A	X32 =	pH horizonte B en H ₂ O
X3 =	% arcilla horizonte A	X33 =	pH horizonte B en KCl
X4 =	Capacidad de campo horizonte A	X34 =	% materia orgánica horizonte B
X5 =	Punto de marchitez permanente horizonte A	X35 =	capacidad de intercambio catiónico del horizonte B meq/100g
X6 =	Humedad aprovechable horizonte A	X36 =	% saturación de bases horizonte B
X7 =	Densidad aparente horizonte A	X37 =	meq/100g calcio horizonte B
X8 =	Densidad real horizonte A	X38 =	meq/100g magnesio horizonte B
X9 =	% espacio poroso horizonte A	X39 =	meq/100g sodio horizonte B
X10 =	Cm espesor del horizonte A	X40 =	meq/100g potasio horizonte B
X11 =	pH del horizonte A en H ₂ O	X41 =	ppm fósforo horizonte B
X12 =	pH del horizonte A en KCl	X42 =	% nitrógeno total horizonte B
X13 =	% materia orgánica horizonte A	X43 =	Cm lámina de agua aprovechable horizonte B
X14 =	capacidad de intercambio catiónico del horizonte A en meq/100 g	X44 =	Cm profundidad efectiva del suelo
X15 =	% saturación de bases horizonte A	X45 =	Cm profundidad total del suelo
X16 =	meq/100g calcio horizonte A	X46 =	Cm profundidad del horizonte B
X17 =	meq/100g magnesio horizonte A	X47 =	% pendiente dominante
X18 =	meq/100g sodio horizonte A	X48 =	Cm lámina agua aprovechable total
X19 =	meq/100g potasio horizonte A	X49 =	Altitud msnm
X20 =	ppm fósforo horizonte A	X50 =	grados de exposición
X21 =	% nitrógeno total horizonte A	Y1 =	Índice de sitio (altura total a la edad de 50 años)
X22 =	Cm lámina agua aprovechable horizonte A.	Y2 =	Diámetro promedio de Pinus en cm
X23 =	% arena horizonte B	Y3 =	Volumen Pinus en m ³ ha ⁻¹
X24 =	% limo horizonte B	Y4 =	Volumen total en m ³ ha ⁻¹
X25 =	% arcilla horizonte B	Y6 =	Incremento medio anual en volumen en m ³ año ⁻¹
X26 =	Capacidad de campo horizonte B	Y5 =	Incremento medio anual en diámetro en cm año ⁻¹
X27 =	Punto marchitez permanente horizonte B		
X28 =	Humedad aprovechable horizonte B		
X29 =	Densidad aparente horizonte B		
X30 =	Densidad real horizonte B		

Tabla 10. Análisis de varianza para Y1

El modelo para Y1 es:

$$IS = -25.784624 + 0.553315X3 + 6.529565X12$$

IS = Índice de sitio de Pinus durangensis

X3 = Porcentaje de arcilla del horizonte A

X12 = pH en KCl del horizonte A

Modelo seleccionado para IS

Variable independiente	Coefficiente	Error estandar	Valor-t	Nivel de significancia
Constante	-25.784624	9.571324	-2.6939	0.0184
X3	0.553315	0.096313	5.745	0.0001
X12	6.529565	1.77841	3.6716	0.0028

Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
Regresión	2	73.6414	36.8207	18.0163	0.0002
Error	13	26.5686	2.04374		
Total	15	100.2100			

Análisis de varianza para las variables independientes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
X3	1	46.0908631	46.090863	22.55	0.0004
X12	1	27.5505295	27.55053	13.48	0.0028
Total	2	73.6413926			

R = 0.83311
 R2 ajustada = 0.69408
 Error estandar estimación = 1.429594
 Estadístico Durbin-Watson = 1.8707

Tabla 11. Análisis de varianza para Y2.

El modelo para Y2 es:

$$D = 20.131983 + 0.112299X45$$

D = Diámetro promedio de Pinus en cm.
X45 = Profundidad total del suelo en cm.

Modelo seleccionado para D

Variable independiente	Coefficiente	Error estandar	Valor-t	Nivel de significancia
Constante	20.131983	2.623195	7.6746	
X45	0.112299	0.027551	4.0761	0.0011

Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
Regresión	1	497.188	497.188	16.6144	0.0011
Error	14	418.951	29.9251		
Total	15	916.139			

R = 0.71414
R2 ajustada = 0.510035
Error estandar estimación = 5.47038
Estadístico Durbin-Watson = 2.43926

El volumen de las especies de pino (Y_3) se puede pronosticar en un 74.2% con base a la profundidad del suelo, lámina de agua aprovechable del horizonte B o capa subyacente a A, y el coseno de la exposición (azimut); el modelo presenta un coeficiente de correlación de 0.861 ($P \leq 0.01$) y un error estandar de estimación de $50.822 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respecto al volumen promedio ($164.379 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Los mejores volúmenes se presentan en los suelos más profundos, con exposiciones hacia el Norte (N, NE y NO).

La relación con la lámina de agua aprovechable es inversa lo que coincide con otros autores como, Chavez y Gómez Tagle (1985); Gómez Tagle (1985) y Coile (1948 en Castaños 1962); situación que es atribuida por el último autor, a aereaciones deficientes en subsuelos con altos porcentajes de agua disponible. (Tabla 12).

Por otra parte, la ecuación que mejor predice el volumen total del sitio (Y_4), incluye la profundidad total del suelo, potasio del horizonte B y lámina de agua aprovechable total, con un valor de $R=0.838$ y $R^2=0.702$ ($P \leq 0.01$) y un error estandar de estimación de $\pm 52.503 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ respecto a la media del volumen total ($194.897 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Tabla 13.

En lo que se refiere al incremento medio anual en volumen (Y_5), la ecuación resultante no es significativa, ya que presenta una baja correlación (0.572), y sólo el 32% de la variación en el IMAV es explicada por la profundidad efectiva del suelo y densidad aparente (Tabla 14).

El modelo para el incremento medio anual en diámetro (Y_6) transformado a logaritmo, introduce la altitud en msnm y la profundidad efectiva del suelo, con valores de $R=0.776$ y $R^2=0.603$ ($P \leq 0.01$) y error estandar de $0.11415 \text{ cm} \cdot \text{año}^{-1}$. (Tablas 15 y 16).

Con base en los coeficientes de correlación y determinación, valor de los residuales, F calculada y nivel de significancia de los coeficientes de regresión, se determinó que las mejores ecuaciones para pronosticar la productividad del sitio, son las relacionadas al índice de sitio y volumen de las especies de pino; además representan en sí, el volumen potencial de madera que se puede obtener de los sitios.

Cabe hacer notar que los modelos elegidos, incluyen variables tan importantes como el pH en KCl y contenido de arcilla del horizonte A, profundidad del suelo, lámina de agua aprovechable y potasio del subsuelo, exposición del terreno y altitud; características edáficas y topográficas que están muy relacionadas a la aereación, humedad y fertilidad del suelo.

Tabla 12. Análisis de varianza para Y3.

El modelo para Y3 es:

$$VP = 53.779599 + 1.994733X45 - 9.487216X43 + 79.106169X50$$

VP = Volumen de Pinus en m³ ha⁻¹

X45 = Profundidad total del suelo en cm.

X43 = Lámina de agua aprovechable del horizonte B o capa subyacente al horizonte A

X50 = Coseno de la exposición (azimut).

Modelo seleccionado para VP

Variable independiente	Coficiente	Error estandar	Valor-t	Nivel de significancia
Constante	53.779599	24.383092	2.2056	0.0477
X45	1.994733	0.331232	6.0222	0.0001
X43	-9.487216	3.06995	-3.0903	0.0094
X50	79.106169	20.879317	3.7887	0.0026

Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
Regresión	3	119460	39820.1	15.4168	0.0002
Error	12	30994.8	2582.9		
Total	15	150454.8			

Análisis de varianza para las variables independientes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
X45	1	69942.9	69942.9	27.08	0.0002
X43	1	12441.1	12441.1	4.82	0.486
X50	1	37076.2	37076.2	14.35	0.026
Total	3	119460.2			

R = 0.86167
R² ajustada = 0.742491
Error estandar estimación = 50.8222
Estadístico Durbin-Watson = 2.10841

Tabla 13. Análisis de varianza para Y4.

El modelo para Y4 es:

$$VT = 47.505021 + 1.986254X45 + 67.296803X40 - 5.861673X48$$

VT = Volumen total del sitio en m³ ha⁻¹

X45 = Profundidad total del suelo en cm.

X40 = Potasio en meq/100g del horizonte B o capa subyacente al horizonte A.

X48 = Lámina de agua aprovechable total en cm.

Modelo seleccionado para VT

Variable independiente	Coefficiente	Error estandar	Valor-t	Nivel de significancia
Constante	47.505021	40.187376	1.1821	0.2601
X45	1.9868254	0.345977	5.689	0.0001
X40	67.296803	32.651044	2.0611	0.0617
X48	-5.861673	1.693414	-3.4615	0.0047

Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
Regresión	3	105786	352614.9	12.7918	0.0005
Error	12	33079	2756.6		
Total	15	138865			

Análisis de varianza para las variables independientes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
X45	1	598222.8	59822.8	21.7	0.006
X40	1	12934.1	12934.1	4.69	0.0511
X48	1	33028.6	33028.6	11.98	0.0047
Total	3	105785.6			

R = 0.83797

R2 ajustada = 0.702236

Error estandar estimación = 52.5033

Estadístico Durbin-Watson = 2.76179

Tabla 14. Análisis de varianza para Y5.

El modelo para Y5 es:

$$\text{IMAV} = 0.05032 + 0.000551X44 - 0.069703X7$$

IMAV = Incremento medio anual en volumen en (m3 año⁻¹)

X44 = Profundidad efectiva del suelo en cm.

X7 = Densidad aparente del horizonte A en g/ml.

Modelo seleccionado para IMAV

Variable independiente	Coefficiente	Error estandar	Valor-t	Nivel de significancia
Constante	0.05032	0.033882	1.4852	0.1613
X44	0.000551	0.000248	2.225	0.0444
X7	-0.069703	0.035475	-1.9648	0.0712

Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
Regresión	2	0.0009524	0.0004762	4.64741	0.03
Error	13	0.00133206	0.00010247		
Total	15	0.00228446			

Análisis de varianza para las variables independientes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
X44	1	0.00055682	0.0005568	5.43	0.0365
X7	1	0.00039558	0.0003956	3.68	0.0712
Total	2	0.0009524			

R = 0.57201
 R2 ajustada = 0.327198
 Error estandar estimación = 0.0101225
 Estadístico Durbin-Watson = 1.04091

Tabla 15. Análisis de varianza para Y6.

El modelo para Y6 es:

$$\text{LOG. IMAD} = -7.580574 + 0.002791X49 + 0.006272X44$$

IMAD = Incremento medio anual en diámetro (cm año^{-1})

X49 = Altitud sobre el nivel del mar en m.

X44 = Profundidad efectiva del suelo en cm.

Modelo seleccionado para LOG. IMAD

Variable independiente	Coficiente	Error estandar	Valor-t	Nivel de significancia
Constante	-7.580574	1.724711	-4.3953	0.0007
X49	0.002791	0.000719	3.8804	0.0019
X44	0.006272	0.002858	2.1947	0.0469

Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
Regresión	2	0.322671	0.161335	12.3799	0.001
Error	13	0.169416	0.013032		
Total	15	0.492087			

Análisis de varianza para las variables independientes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor-P
X49	1	0.25989776	0.2598978	19.94	0.0006
X44	1	0.062773	0.062773	4.82	0.0469
Total	2	0.32267076			

R = 0.7764
R2 ajustada = 0.602753
Error estandar estimación = 0.114158
Estadístico Durbin-Watson = 1.9536

Tabla 16. Resumen de las ecuaciones de regresión y correlación múltiple entre características del suelo y topografía con el crecimiento del arbolado

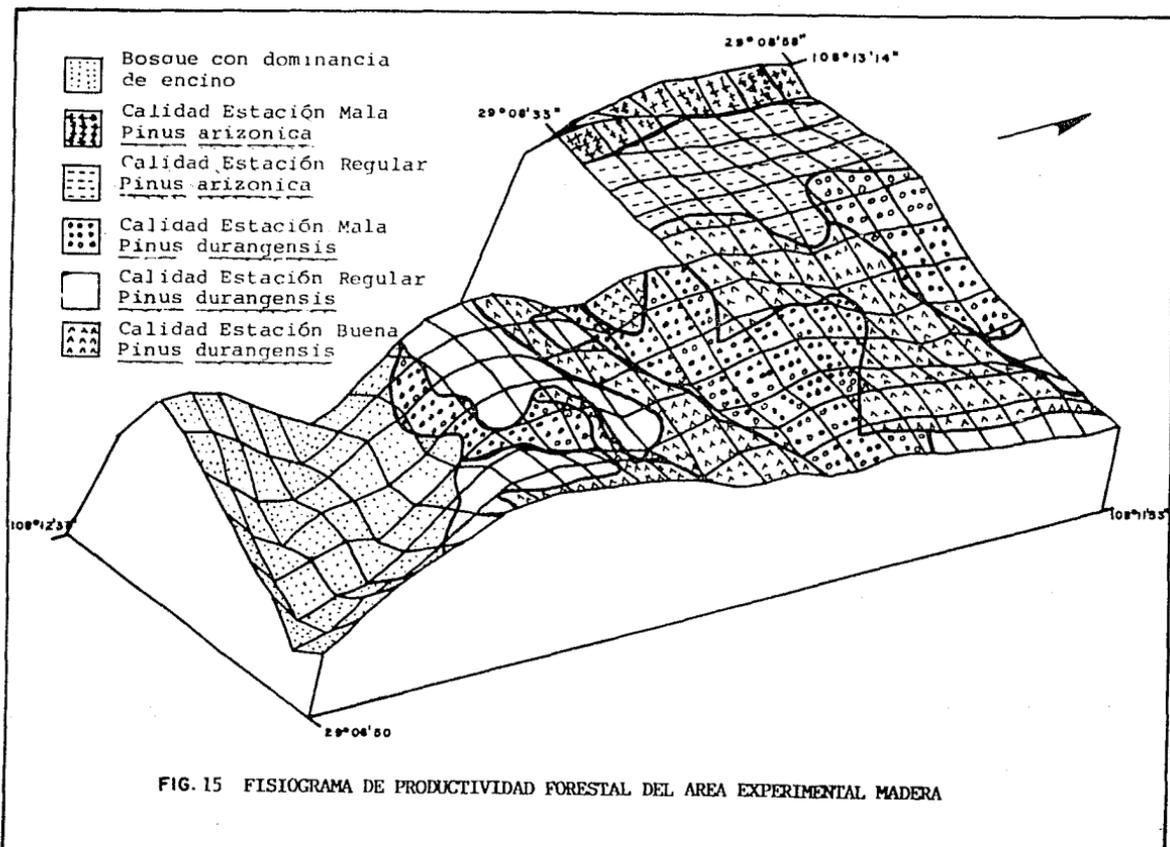
	R	R2	Nivel de Significancia
IS = $-25.784624 + 0.553315X3 + 6.529565 X12$	0.83311	0.69408	0.01
D = $20.131983 + 0.112299 X45$	0.71414	0.510035	0.01
VP = $53.779599 + 1.994733 X45 - 9.487216 X43 + 79.106169 X50$	0.86167	0.742491	0.01
VT = $47.505021 + 1.968254 X45 + 67.296803 X40 - 5.861673 X48$	0.83797	0.702236	0.01
IMAV = $0.05032 + 0.000551 X44 - 0.069703 X7$	0.57201	0.327198	0.05
LOG. IMAD = $-7.580574 + 0.002791 X49 + 0.006272 X44$	0.7764	0.602753	0.01

IS = Índice de sitio (altura total a la edad de 50 años)
 D = Diámetro promedio de Pinus en cm.
 VP = Volumen de Pinus en $m^3 \text{ ha}^{-1}$
 VT = Volumen total del sitio en $m^3 \text{ ha}^{-1}$
 IMAV = Incremento medio anual en volumen en $(m^3 \text{ año}^{-1})$
 IMAD = Incremento medio anual en diámetro (cm año^{-1})

X3 = Porcentaje de arcilla del horizonte A
 X7 = Densidad aparente del horizonte A en g/ml .
 X12 = pH en KCl del horizonte A
 X40 = Potasio en $meq/100g$ del horizonte B o capa subyacente al horizonte A.
 X43 = Lámina de agua aprovechable del horizonte B o capa subyacente al horizonte A
 X44 = Profundidad efectiva del suelo en cm.
 X45 = Profundidad total del suelo en cm.
 X48 = Lámina de agua aprovechable total en cm.
 X49 = Altitud sobre el nivel del mar en m.
 X50 = Coseno de la exposición (azimut).

El conocer la productividad de los sitios o clases de calidades de estación, puede ser útil en la planificación de los trabajos silvícolas (Castaños 1962) ya sea que se trate de selección de especies, de programas de reforestación, de valoración de montes, del monto de inversiones, de usos comerciales más apropiados del arbolado, de intensidades de explotación, de formulación de tablas de volúmenes o de estudios sobre predicción del crecimiento.

Con base a los análisis de suelo, mapa de calidades de estación, de González (1988 b), y la rodalización del área por exposición y pendiente; se elaboró el plano de productividad forestal del Area Experimental Madera (Fig. 15).



X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base a los antecedentes existentes y de los resultado obtenidos en este trabajo, se concluye lo siguiente:

- Los factores edáficos y topográficos influyen de manera determinante tanto en la composición de la vegetación, como en su productividad, en el Area Experimental Madera; por lo tanto, la hipótesis del estudio es aceptada.
- En cuanto a la topografía, se observa una clara distribución de los tipos de vegetación, en relación con las gradientes de pendiente, altitud y exposición; así el bosque de encino muestra preferencia por las altitudes bajas, pendientes pronunciadas y exposiciones hacia el sur, mientras la comunidad de pino se ubica en las elevaciones mayores, pendientes suaves y exposiciones zenitales; tales condiciones están asociadas a la profundidad del suelo, temperatura y humedad de los sitios.
- Algunos tipos de vegetación, presentan una distribución muy marcada con las series de suelo ; por ejemplo, en la serie *Sirupa-migajón*, con pendientes mayores al 40% y gran rocosidad sobre la superficie y a través del suelo es donde se ubica el encinar, mientras que en la serie *Madera Arizonica* de textura migajón arenosa, con pendientes suaves, se encuentra el bosque de *Pinus arizonica*. En suelos más desarrollados y con mayores contenidos de arcilla, la especie dominante es *Pinus durangensis*.
- Los suelos de la mayor parte del área de estudio, se encuentran muy degradados, tal vez debido al manejo que se le dio al bosque a principios de siglo.
- Algunas especies del sotobosque parecen estar relacionadas a la calidad del suelo y composición arbórea de la vegetación; se apreció que *Lupinus pringlei* se encuentra en forma abundante en los mejores sitios de *Pinus durangensis*; mientras *Ceanothus fendleri* es muy frecuente en los suelos de baja calidad donde predomina el género *Quercus*; por otra parte *Lupinus mashallianus* es un componente constante del bosque de *Pinus arizonica*.
- Las características dasométricas, se encontraron estrechamente asociadas entre sí, excepto el incremento medio anual en diámetro.

- Las propiedades del suelo que presentan mayor variabilidad son: los porcentajes de humedad aprovechable, materia orgánica, nitrógeno total y saturación de bases, así como los cationes intercambiables calcio, magnesio, sodio y potasio, además del fósforo.
- En las correlaciones simples, el contenido de arcilla del horizonte A, profundidad total y efectiva del suelo, pH de la capa superficial, lámina de agua aprovechable y porcentaje de arcilla del subsuelo, fueron las características edáficas que más frecuentemente se asociaron con el crecimiento del arbolado.
- Las ecuaciones de regresión múltiple, en las cuales las variables del suelo pronostican con mayor precisión la productividad del sitio, son las referidas al índice de sitio y volumen de *Pinus*, ya que presentaron los más altos coeficientes de correlación (0.833 y 0.861), menor error estándar de estimación y una confiabilidad del 99%.
- El 69.4 y 74.2% de la variación en el índice de sitio y volumen de las especies de pino, es explicada por las variables del suelo: pH en KCl y contenido de arcilla del horizonte A, además de la lámina de agua aprovechable del subsuelo, profundidad total y coseno de la exposición (azimut).
- Dichas propiedades están muy relacionadas con la humedad y fertilidad del suelo, que proporcionan el habitat adecuado para el desarrollo de las especies arbóreas del Area de Estudio.
- El grado de correlación, determinación y significancia alcanzada, se considera aceptable, dadas las características de las masas arboladas en cuanto a su incoetaneidad, mezcla de especies y variabilidad en sus densidades y estructuras.

RECOMENDACIONES

- Intensificar los estudios edafológicos en el macizo boscoso del estado de Chihuahua, con el fin de determinar la productividad de los suelos forestales, para que su conocimiento sirva de base a las áreas operativas y Unidades de Administración Forestal, en la planificación del manejo del bosque y uso múltiple de los recursos forestales.
- Se recomienda que dentro de los planes de manejo silvícola, que se vayan a llevar al cabo en el Area Experimental Madera, se consideren los resultados obtenidos en el presente trabajo, en especial las características del suelo que mostraron estar asociadas con el crecimiento del arbolado, ya sea en programas de reforestación o en los tratamientos silvícolas que se vayan a aplicar.
- Es necesario como lo señalan un gran número de autores, refinar las series de suelo, incorporando factores edáficos y topográficos específicos que se encuentren estrechamente relacionados a la productividad forestal; ya que las clasificaciones edafológicas se basan principalmente en características de suelos agrícolas, por lo tanto no incluyen propiedades importantes de los suelos forestales.
- Se recomienda hacer estudios sobre la erodabilidad de los suelos y determinar que factores influyen para ello, ya que la mayoría de los suelos del Area Experimental presentan una notable degradación.
- Se considera importante que estudios como el presente, se realicen en masas coetáneas, uniespecíficas y sin disturbio, con el fin de estimar con mayor precisión la productividad del sitio en relación con el suelo y topografía.

XI.- RESUMEN

En el Area Experimental Forestal Madera, ubicada en la parte Noroeste del estado de Chihuahua, se efectuó el estudio de los suelos en relación con la composición de la vegetación y su productividad con el objeto de definir los requerimientos básicos de suelo de las principales especies de pino y encino, y así planear adecuadamente el manejo silvícola de estos recursos y aprovechar mejor la capacidad productiva de los suelos. Como parte complementaria del estudio, se hace una descripción de la vegetación y se evaluó cómo influyen los factores topográficos en la distribución y formas de asociación de la vegetación de coníferas y latifoliadas.

Se emplearon métodos de regresión y correlación, con el fin de determinar las interrelaciones entre el sustrato y el arbolado; se probaron 50 variables del sitio (suelo-topografía) en relación con el índice de sitio, volumen total, volumen de *Pinus*, diámetro promedio de la especie de pino dominante, e incremento medio anual en volumen y diámetro de los árboles dominantes y codominantes.

Los modelos de regresión que mejor predicen la productividad del sitio, son los referidos al índice de sitio y volumen de las especies de pino; se encontró que el 69.4 y 74.2% de la variación en los dos parámetros, es explicada por las variables edáficas, entre las que destacan el pH y contenido de arcilla del horizonte A, así como la profundidad total del suelo, lámina de agua aprovechable del horizonte B y exposición del terreno.

La topografía es fundamental e importante en la distribución de la vegetación; se determinó que el bosque de pino muestra preferencia hacia las pendientes suaves (0-15%), exposición Zenital y elevaciones mayores; mientras el encinar se ubica en las pendientes escarpadas, exposiciones hacia el sur y altitudes bajas.

Con base al mapa de calidad de estación (González 1988 b), rodalización de la vegetación por exposición y pendiente y los análisis de suelo se elaboró el plano de productividad forestal del Area Experimental Madera.

XII.- BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, H.N. ; T. Mcleran Dow y R. Hernández S. 1962. Suelos, problemas básicos de silvicultura. En: seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas. Pub. Esp. No. 1, INIF. SAG. FAO. México. 108-131 p.
- Aguirre, B.C. 1982. Labores silvícolas complementarias al suelo. Bol. Tec. 93. INIF. México. 44 p.
- Anaya, L.A.L., R. Hernandez S. y X. Madrigal S. 1980. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccihuatl. Bol. Tec. 65. INIF. SFF. México. 79 p.
- Anónimo. 1960. Carta geológica Mexicana Esc. 1:2000 000 compilada por el comité de la carta geológica de México.
- Anónimo. 1970. Mesas redondas sobre Chihuahua y sus recursos renovables. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Tall. de la Ed. Libros de México. México. 179. p
- Anónimo. 1981. Atlas nacional del medio físico. SPP. 1a. Ed. Talleres gráficos de la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. 209 p.
- Anónimo. 1989. Desarrollo Rural Integral de la Alta Babilcora Chihuahua. INEGI. México. 15 p.
- Arteaga, M.B. 1989. Evaluación de la productividad de sitios forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Div. Ciencias Forestales. México. 75. 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
- Barreto, V.F. y E. Hernández X. 1970. Relación suelo- vegetación en la región de Tuxtepec, Oax. Bol. Esp. INIF. Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido- húmedas de México. 63-118p.
- Bartelli, J.L. y J. DeMent. 1970. Soil survey-A guide for forest management decisions in the Southern Appalachians. In: Younberg, T.C. and B.D. Charles. Tree growth and forest soils. Corvallis. Oregon State University Press. U.S.A. 427-434 p.
- Baver, L.D. 1956. Soil physics. 3rd. Ed. New York, Wiley. 181 p.
- Blake, C.R. 1965, Methods of soil analysis. Agronomy No. 9. 374-390p.
- Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43:432-473.
- Carmean, W.H. 1954. Site quality for Douglas-fir in Southwestern Washington and its relationships to precipitation, elevation and physical soil properties. Soil. Soc. Amer. Proc. 18:330-334
- Carmean, W.H. 1975. Forest site quality evaluation in the United States. Adv. Agronomy, 27:209-269
- Castañón, M.L.J. 1962. Evaluación de la calidad de estación de *Pinus patula* en el Norte de Oaxaca. Bol. Téc. INIF 2: 32 p.
- CETENAL 1970. Cartas climáticas. UNAM. Instituto de Geografía.

- Chacón, S.J.M. y Manzanilla, B.H. 1983. Establecimiento de aclareos en una masa joven de pino. Memoria IX Reunión México-Norteamericana de Ingenieros Forestales. Chihuahua, México. 79-82 p.
- Chávez, H.M.Y. y A.F. Gomez Tagle R. 1985. Principales interacciones entre los suelos forestales y las coníferas del Cerro de la Cruz, Mich. Bol. Téc.No.10. INIF. México. 32 p.
- CNIDS, 1986. Memoria económica 1985-1986. Los recursos forestales. Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura. México. 81 p.
- Coile, T.S. 1952. Soil and the growth of forests. In: A.G. Norman (Ed.) Advances in Agronomy IV. Am. Soc. of Agronomy. Madison, Wisconsin. 329-398.
- Coile, T.S. and F.X. Schumacher. 1953. Relation of soil properties to site index of loblolly and shortleaf Pines in the Piedmont region of the Carolinas, Georgia and Alabama. Journal of Forestry. 51:739-744.
- Cota, M.R. 1989. Fotointerpretación del Area Experimental Forestal Madera, Chihuahua. INIFAP-CIFAP-Chihuahua. Inédito.
- Cuanato, C.H. 1981. Suelos del Campo Experimental Forestal "El Tormento", Campeche. Bol. Téc. No.15. INIF. SFF. México. 32 p.
- Daniel, P.W., E.U. Helms y S.F. Baker. 1982. Principios de silvicultura. Mc Graw-Hill, México. 490 p. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. 1982. Carta topográfica. San Pedro Madera, Chihuahua. Clave HI2D49. SPP. México, D.F. escala 1:50 000.
- Doolittle, W. 1957. Site index of scarlet and black oak in relation to Southern Appalachian soil and topography. Forest Science. 3(2):114-124
- Eguiluz, P.T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. Ciencia Forestal. 7(38):30-44
- Einspahr, D. y A.L. McComb. 1951. Site index of oaks in relation to soil and topography in Northern Iowa. Journal of Forestry. 49(10):719-723
- Flores, C.E. 1969. Determinación de los ciclos de semillación de los pinos ponderosa del estado de Chihuahua, México y sus bosques. Publ. Bimestral. Epoca III. 29:12-27.
- Flores, C.E. 1983. Bienvenida a los bosques de la Unidad de Administración Forestal No. 2 "El Largo-Madera" y reseña histórica de los aprovechamientos forestales en el área. Memoria IX Reunión México-Norteamericana de Ingenieros Forestales. Chihuahua, México. 68-78 p.
- Forristall, F.F. y S.P. Gessel. 1955. Soil properties related to forest cover type and productivity on the Lee Forest, Snohomish County, Washington. Soil Sci. Soc. Am. Proceedings 19:384-389.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática, Instituto de Geografía, UNAM. 2a. Ed. México. 246 p.
- García, V.E.R. 1986. Flora del Area Experimental Forestal "Madera" Chihuahua. INIFAP. Ciencia Forestal. 11(60):3-20.

- Garfias, R.V. y Chapin, C.T. 1949. Geología de México, Ed. Jus. México, D.F.
- Gessel, S.P. y W.J. Lloyd. 1950. Effect of some physical soil properties in Douglas-Fir site quality. *Journal of Forestry*. 48:405-410
- Geyer, W.A., R.D. Marquard y J.F. Barber. 1980. Black walnut site quality in relation to soil and topographic characteristics in Northeastern Kansas. *Journal of Soil and Water Conservation*. 135-137 p.
- Godron, M. 1981. Curso de ecología forestal. (mimeografiado). INIF. México. 40 p.
- Golden Software, 1987. Manual reference surfer. Versión 3.00 Golden software Inc. 807 14th St. P.O.Box81, Golden, Colo. U.S.A. 232 p.
- Gómez Tagle, R.A.F. 1985. Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. México. 135 p.
- Gómez Tagle, R.A. y Y. Chávez H. 1986. Aplicación de los criterios de agrología forestal al estudio de los suelos de bosque en la zona oeste de Tapaipa, Jalisco. *INIFAP. Ciencia Forestal*. 11(59):65-89. México.
- González, G.H.J. 1988 a. La aplicación de calidades de estación en el manejo silvícola. Memoria del X Aniversario de la Investigación Forestal en el estado de Chihuahua. INIFAP-CIFAP-Chihuahua. Campo Experimental Madera.
- González, G.H.J. 1988 b. Determinación de calidades de estación para *Pinus arizonica* Engelm. y *P. durangensis* Martínez, en el Area Experimental Forestal Madera, Chih. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Agronomía. 70 p.
- González, G.H.J. 1988 c. El sector operativo y su problemática en la actividad forestal en el estado de Chihuahua. Memoria X Aniversario de la Investigación Forestal en el estado de Chihuahua. INIFAP-CIFAP Chihuahua-Campo Experimental Madera.
- Gordon, A.G. 1968. Ecology of *Picea chihuahuana* Martínez. *Ecology*. 49(5):880-896. U.S.A.
- Heiberg, S.O. y D.P. White. 1956. A site evaluation concept. *Journal of Forestry*. 54:7-10.
- Hernández, S.R. y J. Sánchez C. 1973. Guía para la descripción de suelos de Areas Forestales. Bol. Div. 32. INIF. SFF. México. 87 p.
- Hill, W.W., A. Arnst y R.M. Bond. 1948. Methods of correlating soils with Douglas-Fir site quality. *Journal of Forestry*. 46:835-841
- Islas, G.F. 1987. Un modelo de regeneración y mortalidad para *Pinus arizonica* Engelm. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 81 p.
- Islas, G.F. y Mendoza, B.M.A. 1989. Un modelo de simulación silvícola para *Pinus arizonica*. Universidad Autónoma de Chapingo. Inédito. México. 20p.
- Jackson, M.L. 1964. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega, S. A. Barcelona, España.

- Kotar, J. 1986. Soil-habitat type relationships in Michigan and Wisconsin. *Journal of Soil Water Conservation*. 348-350 p.
- Lemmon, P.E. 1955. Factors affecting productivity of some lands in the Willamette of Oregon for Douglas-Fir. *Journal of Forestry*. 53:323-330
- Locke, S.S. 1941. The use of soil-site factors in predicting timber yields. *Soil Science Society American Proceedings*. 6:399-402
- Mader, D.F. 1976. Soil-site productivity for natural stands of white pine in Massachusetts. *Soil Science Society American Journal*. 40:112-115
- Madrigal, S.X. 1967. Algunos aspectos ecológicos de los bosques de coníferas mexicanas. México y sus Bosques. 3 (16):11-16
- Madrigal, S.X., T.F. Takaki y J. Sánchez C. 1970. Instructivo para la caracterización ecológica de los sitios de muestreo del estudio ecológico-forestal del Eje Neovolcánico. Bol. Div. INIF.No. 24. México.
- Madrigal, S.X. 1977. Características generales de la vegetación del estado de Durango. *Ciencia Forestal*. 7(2):30-58
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Ed. Botas. México. 361 p.
- Meeuwig, R.O. y S.V. Cooper. 1981. Site quality and growth of Pinyon-Juniper stands in Nevada. *Forest Science*. 29(3):593-601
- Mendoza, B.M.A. 1985. Response of ponderosa pine stands with a history of selective management to simulated even-aged and uneven-aged silviculture. Ph D. Thesis. University of Idaho, U.S.A. 172 p.
- Mirov, N.T. 1967. The genus *Pinus*. The Ronald Press Company, New York. 602 p.
- Munsell. 1954. Munsell Soil Color Charts. Edition Munsell Color Co. Inc. Maryland, U.S.A.
- Negrete, L.F. y M.C. Flores. 1983. Contribución al conocimiento de *Pinus arizonica*. SARH. SFF INIF. Ciclo de Conferencias del CIFONOR. Inédito. 22 p. México.
- Orantes, G.F.R. Y M.A. Musalem S. 1982. Determinación de calidad de estación de *Pinus hartwegii* Lind. en Zoquiapan, México. INIF. *Ciencia Forestal*. 7(35):3-20
- Ortega, C.C. y L. Iglesias G. 1988. Epoca de recolección de germoplasma de tres especies de pino en el estado de Chihuahua. Memoria del X Aniversario de la Investigación Forestal en el estado de Chihuahua. INIFAP-CIFAP Chihuahua-Campo Experimental Forestal Madera.
- Pawluk, S. y H.F. Arneman. 1961. Some forest soil characteristics and their relationship to Jack Pine growth. *Forest Science*. 7(2):160-173
- Pregitzer, K.S., B.V. Barnes y G.D. Lemme. 1983. Relationship of topography to soil and vegetation in an Upper Michigan Ecosystem. *Soil Science Society American Journal*. 47:117-123
- Pritchett, W.L. 1986. Suelos Forestales, propiedades, conservación y mejoramiento. Ed. Limusa. 1a. Ed. México. 634 p.

- Resendiz, V.P. 1984. Resumen del inventario forestal de las UAF del estado de Chihuahua. SARH-SFF-INIF. Bol. Div. 65, México 52p.
- Robert, M.F. 1979. Ensayo sobre la evolución de los bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental. INIF. Ciencia Forestal. 4(21):3-16.
- Robbins, K. 1984. Annosus root. Rot and eastern conifers, forests insects and diseases. Leaflet No. 76. USDA. Forest Service. 9 p.
- Rodríguez, F.C. 1982. Determinación de calidad de estación de *Pinus montezumae* Lamb., a través de análisis troncales en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 134 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 423 p.
- Salmón, M.J. 1979. Influencia de la humedad invernal en el crecimiento en altura de los pinos en el estado de Chihuahua. La Investigación Forestal en las Unidades Forestales y Organismos Descentralizados. INIF. Publ. Especial No. 15 México. 23-33 p.
- Salmón, M.J. 1983. El manejo de los bosques de la Unidad de Administración Forestal No.2 El Largo, Madera. Memoria IX Reunión México-Norteamericana de Ingenieros Forestales. Chihuahua, México. 83-92 p.
- Sánchez, M.N. y L. Huguet. 1959. Las Coníferas de México. Unasylva. 13(1):24-35.
- Sánchez, C.J. y J.M. Chacón S. 1986. Relación suelo-vegetación del Area Experimental Forestal Madera. INIFAP. Ciencia forestal. 11(59):41-64.
- Shoulders, E. y A.E. Tiarks. 1980. Predicting heighth and relative performance of major Southern pines from rainfall, slope and available soil moisture. Forest Science. 26(3):437-447 p.
- Soil Taxonomy, 1975. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook No. 436. USDA. 754 p.
- Spies, T.A. y B.V. Barnes. 1985. A multifactor ecological clasification of the Northern hardwood and conifer ecosystems of Silvania Recreation Area Upper Peninsula, Michigan. Canadian Journal Forestry Research. 15:949-960.
- Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1982. Ecología forestal. AGT Editor, S. A. México. 690 p.
- Steinbrenner, E.C. 1957. An introduction to forest soils of the Douglas-Fir Region of the Pacific Northwest. Forest Soil Committee of the Douglas-Fir Region. Anderson Hall University of Washington Seattle.
- Tarrant, R.F. 1949. Douglas-Fir site quality and soil fertility. Journal of Forestry. 47:716-720
- Taylor, R.J. Y T.F. Patterson. 1980. Biosystematics of mexican spruce species and populations. Taxon. 29(4):421-469.
- Vázquez, S.J., W. Barret y E. Little Jr. 1962. Consideraciones generales sobre coníferas mexicanas. En: Seminario y Viaje de Estudios de Coníferas Latinoamericanas. Publ. Especial. No.1. INIF. SAG. FAO. México. 12-65 p.

- Verduzco, J., B.R. Fuller., R. Murandini, Y. Faure y J. Mahive. 1962. Ecología y silvicultura. En: seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas. Publ. Especial No. 1. INIF. SAG. FAO. México. 77-107 p.
- Westveld, M. 1951. Vegetation mapping as a guide to better silviculture. *Ecology* 32 (3): 508-517.
- Zahner, R. 1962. Loblolly pine site curves by soil groups. *Forest Science*. 8(2):105-110

ANEXO A

Datos de abundancia de los tipos de vegetación en las clases de exposición.

BOSQUE	PINO	PINO-ENCINO	ENCINO-PINO	ENCINO	TOTAL
EXPOSICION					
Zenital	13	3	0	0	16
Norte	0	9	0	0	9
Sur	2	0	1	1	4
Este	1	25	9	2	37
Oeste	7	8	1	0	16
Noreste	3	15	0	0	18
Sureste	1	10	3	3	17
Suroeste	0	4	4	0	8
Total	27	74	18	6	125

Perfil ecológico e índice del bosque de pino en relación a clases de exposición

EXPOSICIÓN	ZENITAL	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	NORESTE	SURESTE	SUROESTE	TOTAL
PERFIL									
Ensamble	16	9	4	37	16	18	17	8	125
Frecuencias absolutas	13	0	2	1	7	3	1	0	27
Frecuencias relativas	0.81	0	0.5	0	0.44	0	0	0	
Frecuencias corregidas	3.75	0	2.32	0	2.04	0	0	0	
Índice	+++	-0-	-0-	-	+	-0-	-0-		

Perfil ecológico e índice del bosque de pino-encino en relación a clases de exposición.

EXPOSICIÓN	ZENITAL	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	NORESTE	SURESTE	SUROESTE	TOTAL
PERFIL									
Ensamble	16	9	4	37	16	18	17	8	125
Frecuencias absolutas	3	9	0	25	8	15	10	4	74
Frecuencias relativas	0.187	1	0	0.675	0.5	0.833	0.588	0.5	
Frecuencias corregidas	0.316	1.69	0	1.14	0.845	1.407	0.993	0.845	
Índice	-	++	-	-0-	-0-	++	-0-	-0-	

Perfil ecológico e índice del bosque de encino-pino en relación a clases de exposición.

PERFIL	EXPOSICION	ZENITAL	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	NORESTE	SURESTE	SUROESTE	TOTAL
Ensamble		16	9	4	37	16	18	17	8	125
Frecuencias absolutas		0	0	1	9	1	0	3	4	18
Frecuencias relativas		0	0	0.25	0.243	0.062	0	0.176	0.5	
Frecuencias corregidas		0	0	1.735	1.688	0.43	0	1.221	3.47	
Índice		-0-	-0-	-0-	+	-0-	-	-0-	++	

Perfil ecológico e índice del bosque de encino en relación a clases de exposición

PERFIL	EXPOSICION	ZENITAL	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	NORESTE	SURESTE	SUROESTE	TOTAL
Ensamble		16	9	4	37	16	18	17	8	125
Frecuencias absolutas		0	0	1	2	0	0	3	0	6
Frecuencias relativas		0	0	0.25	0.054	0	0	0.176		
Frecuencias corregidas		0	0	5.207	1.126	0	0	3.675	0	
Índice		-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	+	-0-	

Datos de abundancia de los tipos de vegetación en rangos de pendiente y altitud.

BOSQUE PENDIENTE %	PINO	PINO-ENCINO	ENCINO-PINO	ENCINO	TOTAL
0 - 15	25	12	0	0	37
16 - 30	2	34	4	1	41
31 - 45	0	11	9	0	20
46 - 60	0	17	5	5	27
TOTAL	27	74	18	6	12.5

BOSQUE ALTITUD msnm	PINO	PINO-ENCINO	ENCINO-PINO	ENCINO	TOTAL
2200 - 2300	0	6	5	0	11
2301 - 2400	0	26	8	4	38
2401 - 2500	22	40	5	2	69
2501 - 2600	5	2	0	0	7
TOTAL	27	74	18	6	125

Perfil ecológico e índice del bosque de pino en relación a rangos de pendiente y altitud.

PENDIENTE %	0-15	16-30	31-45	46-60	TOTAL
PERFIL					
Ensamble	37	41	20	27	125
Frecuencias absolutas	25	2	0	0	27
Frecuencias relativas	0.675	0.048	0	0	
Frecuencias corregidas	3.13	0.222	0	0	
Indice	+++	--	-	-	

ALTITUD msnm	2200-2300	2301-2400	2401-2500	2501-2600	TOTAL
PERFIL					
Ensamble	11	38	69	7	125
Frecuencias absolutas	0	0	22	5	27
Frecuencias relativas	0	0	0.319	0.714	
Frecuencias corregidas	0	0	1.48	3.3	
Indice	-0-	-	+++	++	

Perfil ecológico e índice del bosque de pino-encino en relación a rangos de pendiente y altitud.

PERFIL	PENDIENTE %	0-15	16-30	31-45	46-60	TOTAL
Ensamble		37	41	20	27	125
Frecuencias absolutas		12	34	11	17	74
Frecuencias relativas		0.324	0.829	0.55	0.629	
Frecuencias corregidas		0.547	1.401	0.929	1.064	
Índice		- - -	+ + +	-0-	-0-	

PERFIL	ALTITUD msnm	2200-2300	2301-2400	2401-2500	2501-2600	TOTAL
Ensamble		11	38	69	7	125
Frecuencias absolutas		6	26	40	2	74
Frecuencias relativas		0.545	0.684	0.579	0.285	
Frecuencias corregidas		0.921	1.156	0.978	0.481	
Índice		-0-	-0-	-0-	-0-	

Perfil ecológico e índice del bosque de encino-pino en relación a rangos de pendiente y altitud.

PENDIENTE %	0-15	16-30	31-45	46-60	TOTAL
PERFIL					
Ensamble	37	41	20	27	125
Frecuencias absolutas	0	4	9	5	18
Frecuencias relativas	0	0.097	0.45	0.185	
Frecuencias corregidas	0	0.673	3.123	1.285	
Indice	- - -	-0-	+++	-0-	

ALTITUD msnm	2200-2300	2301-2400	2401-2500	2501-2600	TOTAL
PERFIL					
Ensamble	11	38	69	7	125
Frecuencias absolutas	5	8	5	0	18
Frecuencias relativas	0.454	0.210	0.072	0	
Frecuencias corregidas	3.15	1.457	0.499	0	
Indice	++	-0-	--	-0-	

Perfil ecológico e índice del bosque de encino en relación a rangos de pendiente y altitud.

PERFIL	PENDIENTE %	0-15	16-30	31-45	46-60	TOTAL
Ensamble		37	41	20	27	125
Frecuencias absolutas		0	1	0	5	6
Frecuencias relativas		0	0.024	0	0.185	
Frecuencias corregidas		0	0.508	0	3.853	
Índice		-0-	-0-	-0-	+++	

PERFIL	ALTITUD msnm	2200-2300	2301-2400	2401-2500	2501-2600	TOTAL
Ensamble		11	38	69	7	125
Frecuencias absolutas		0	4	2	0	6
Frecuencias relativas		0	0.105	0.029	0	
Frecuencias corregidas		0	2.187	0.603	0	
Índice		-0-	+	-0-	-0-	

ANEXO B

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 1
PENDIENTE: 80%LUGAR: Área Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encinoALTITUD: 2280 m
MATERIAL PARENTAL: granodiorita

EXPOSICION: noreste

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A1	0-5	10YR 4/3 Pardo obscuro	10YR 2/2 Pardo muy obscuro	35.20	38.20	26.60	mgajón	42.58	22.15	20.43	0.85	2.48	65.70
A-C	5-40	7.5YR 5/4 Pardo	7.5 YR 3/4 Pardo obsc	29.20	39.00	31.80	mgajón arcilloso	28.49	16.07	12.40	1.01	2.56	60.50
R	40-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	C/C mgq/100g	mgq/100g			S/B %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A1	0-5	6.70	5.50	8.92	0.241	5.170	21.45	40.00	18.25	5.32	0.082	0.785	81.09	11.80
A-C	5-40	6.60	4.80	2.44	0.121	1.420	11.63	29.57	8.35	5.81	0.095	0.391	49.53	0.80
R	40-X													

PERFIL No. 2
PENDIENTE: 45%LUGAR: Área Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encinoALTITUD: 2360 m
MATERIAL PARENTAL: basalto

EXPOSICION: sur

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A1	0-8	10YR 4/3 Pardo obscuro	10YR 2/2 Pardo muy obscuro	37.20	44.00	18.80	mgajón	33.55	14.58	18.96	1.00	2.55	60.70
A-C	8-45	7.5YR 5/4 Pardo	7.5 YR 3/4 Pardo obsc	35.20	40.00	24.80	mgajón	26.97	14.87	12.10	1.06	2.40	55.80
R	45-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	C/C mgq/100g	mgq/100g			S/B %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A1	0-8	6.20	4.80	6.20	0.194	3.590	18.54	31.60	10.50	4.70	0.182	1.190	52.44	3.80
A-C	8-45	6.50	4.90	1.66	0.108	0.960	8.93	29.00	10.00	5.10	0.043	0.930	55.42	1.00
R	45-X													

CC Capacidad de campo
PMP Punto de marchitez permanente
HA Humedad aprovechable
DA Densidad aparente
DR Densidad real
EP Espesor poroso

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 3
PENDIENTE: 52%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encinoALTITUD: 2250 m
MATERIAL PARENTAL: andealta

EXPOSICION: noroeste

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	C.C %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A1	0-10	7.5YR 4/4 Pardo obsc.	7.5YR 3/2 Pardo obsc.	32.40	42.80	24.80	mgajón	34.37	18.92	15.45	0.90	2.47	63.50
A-C R	10-55 56-X	7.5YR 5/4 Pardo	7.5 YR 3/4 Pardo obsc.	29.80	33.40	36.80	mgajón arcilloso	26.00	14.04	11.98	1.04	2.80	60.00

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5		MÓ %	NITRÓGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A1	0-10	6.50	5.40	6.54	0.198	3.795	19.28	33.40	15.85	4.61	0.108	1.070	64.18	12.70
A-C R	10-55 56-X	6.50	4.90	1.52	0.072	0.886	12.30	30.80	13.50	4.29	0.139	0.700	60.48	3.80

PERFIL No. 5
PENDIENTE: 38%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encinoALTITUD: 2340 m
MATERIAL PARENTAL: andealta

EXPOSICION: sur

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	C.C %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A1	0-10	10YR 4/2 Pardo obsc.	10YR 2/2 Pardo obs.	29.00	42.20	28.80	mgajón arcilloso	43.07	24.92	18.15	0.70	2.30	69.50
A-C R	10-60 60-X	7.5YR 5/4 Pardo	10YR 3/6 Pardo Amarel obs.	25.40	43.80	30.80	mgajón arcilloso	29.82	15.78	14.04	0.90	2.87	66.30

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5		MÓ %	NITRÓGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A1	0-10	6.20	5.00	10.11	0.318	5.860	18.39	43.00	14.18	3.73	0.143	1.940	47.93	8.70
A-C R	10-60 60-X	6.40	4.90	2.99	0.171	1.730	10.09	35.00	10.80	4.80	0.269	1.350	48.82	1.00

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 6
PENDIENTE: 12%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: area quemadaALTITUD: 2500 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: sur

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-5	10YR 4/3 Parto obsc	10YR 2/2 Parto muy obscuro	53.20	30.20	16.60	mpañado amarillado	51.59	30.41	21.18	0.84	2.52	88.80
A-C	5-30	7.5YR 4/4 Parto muy obscuro	7.5YR 3/2 Parto obsc	48.00	31.00	21.00	mpañado	32.98	17.28	15.70	1.01	2.78	83.60
C1	30-55	10YR 4/4 Parto amaril obscuro	10YR 3/4 Parto amaril obscuro	39.20	24.20	26.60	mpañado	31.11	17.10	14.10	1.05	2.66	60.50
R	55-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A11	0-5	6.50	5.20	12.30	0.274	7.090	25.88	43.80	6.00	3.27	0.091	2.080	32.97	17.40
A-C	5-30	6.60	4.80	1.90	0.097	1.100	11.37	32.60	4.90	4.57	0.104	1.380	33.60	3.70
C1	30-55	6.90	4.80	1.05	0.072	0.810	8.48	26.40	3.90	4.39	0.269	0.940	32.30	2.40
R	55-X													

PERFIL No. 7
PENDIENTE: 20%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de Pinus durangensisALTITUD: 2488 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: sureste

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A1	0-10	10YR 4/3 Parto obsc	10YR 2/2 Parto muy obscuro	51.20	27.80	21.00	mpañado	50.32	29.32	21.00	0.90	2.40	62.50
A-B	10-25	7.5YR 5/4 Parto	7.5YR 3/4 Parto obsc	32.20	40.20	27.60	mpañado amarillado	32.84	18.10	14.84	1.10	2.86	61.50
B1	25-90	7.5YR 5/6 Parto Leta	7.5YR 3/4 Parto obsc	27.20	32.40	40.40	mpañado amarillado	40.00	22.83	17.17	1.10	2.59	57.50
B2	90-180	5YR 5/3 Parto rojo	5YR 4/6 Parto amaril	21.00	23.80	55.20	areno	55.62	30.97	24.83	1.10	2.55	56.80
C1	180-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A1	0-10	6.20	4.80	9.09	0.221	5.270	23.78	46.00	11.05	6.56	0.068	2.190	43.19	13.70
A-B	10-25	6.40	4.60	1.39	0.088	0.800	9.11	36.70	8.12	6.18	0.152	1.410	43.18	11.10
B1	25-90	6.60	4.80	0.64	0.077	0.370	4.82	43.50	11.20	13.49	0.290	0.990	84.09	38.00
B2	90-180	6.70	5.00	0.30	0.038	0.170	4.37	43.00	12.00	12.55	0.274	0.870	99.75	33.50
C1	180-X													

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 6
PENDIENTE: 35%

LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pino

ALTITUD: 2420 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: este

Análisis Físicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
	SECO	HUMEDO										
A11 0-5	10YR 3/3 Pardo obsc	10YR 3/2 Pardo grisáceo muy obscuro	47.60	34.00	18.40	mgapln	59.09	34.26	24.83	0.74	2.18	88.00
A-C 5-30	10YR 4.4 Pardo amaril obscuro	10YR 3/2 Pardo grisáceo muy obscuro	34.00	39.40	26.60	mgapln	42.82	23.96	18.86	0.91	2.45	82.80
R 30-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	H ₂ O	pH 1:2.5		MO	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g			S %	P ppm
		KCl							Ca	Mg	Na		
A11 0-5	8.30	5.10	11.38	0.285	8.600	23.13	43.50	9.55	2.42	0.160	1.810	31.58	22.30
A-C 5-30	6.00	4.20	3.90	0.138	2.260	18.35	37.50	4.80	2.84	0.174	0.780	22.41	40.00
R 30-X													

PERFIL No. 8
PENDIENTE: 5%

LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pino

ALTITUD: 2470 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: zentral

Análisis Físicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
	SECO	HUMEDO										
A11 0-10	7.5YR 4/4 Pardo obsc	7.5YR 3/2 Pardo obsc	45.80	38.00	16.40	mgapln arenoso	83.80	32.35	31.45	0.80	2.28	84.60
A12 10-40	7.5YR 5/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc	44.40	40.40	15.20	mgapln arenoso	51.51	25.85	25.66	0.90	2.48	63.70
C1 40-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	H ₂ O	pH 1:2.5		MO	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g			S %	P ppm
		KCl							Ca	Mg	Na		
A11 0-10	6.00	4.80	9.85	0.224	5.710	25.46	43.50	4.55	1.35	0.143	0.970	16.12	4.60
A12 10-40	6.30	5.20	2.88	0.158	1.670	12.09	36.70	5.05	1.72	0.121	1.120	21.82	8.30
C1 40-X													

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 10
PENDIENTE: 40%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pinoALTITUD: 2430 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: norte

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-25	7.5YR 4/4 Pardo obsc	7.5YR 3/4 Pardo obsc	35.20	40.40	24.40	mgajón	46.66	26.42	20.24	0.80	2.42	68.90
A12	25-60	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 4/4 Pardo obsc	28.00	43.40	26.60	mgajón arciloso	56.30	30.22	29.08	0.90	2.42	62.80
A-C	60-87	7.5YR 6/4 Pardo claro	7.5YR 4/4 Pardo obsc	31.60	38.00	30.40	mgajón arciloso	43.79	24.02	19.77	1.00	2.86	67.40
C1	87-175	7.5YR 6/4 Pardo claro	7.5YR 4/4 Pardo obsc	18.80	30.40	52.80	areola	38.46	21.90	16.56	1.10	2.84	58.30
C2	175-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MG %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g		Na %	K %	SB %	P ppm
		H2O	KCl						Ca	Mg				
A11	0-25	6.50	5.10	6.11	0.184	3.540	18.28	40.20	6.18	2.54	0.147	1.250	25.18	19.40
A12	25-60	6.60	5.40	3.97	0.160	2.310	14.34	40.00	8.32	2.17	0.113	1.320	29.80	11.20
A-C	60-87	6.30	4.80	0.78	0.063	0.450	7.11	37.00	13.28	5.24	0.113	0.920	52.84	59.50
C1	87-175	6.70	5.00	0.44	0.061	0.250	4.20	36.70	11.51	7.11	0.282	0.430	52.67	58.50
C2	175-X													

PERFIL No. 11
PENDIENTE: 10%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pinoALTITUD: 2460 m
MATERIAL PARENTAL: basalto

EXPOSICION: zenital

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-8	10YR 4/3 Pardo Obsc	10YR 2/2 Pardo muy obscuro	37.60	41.80	20.60	mgajón	68.14	36.10	32.04	0.70	2.05	65.80
A-C	8-25	7.5YR 5/4 Pardo	7.5YR 3/4 Pardo obsc	35.20	40.40	24.40	mgajón	54.83	30.62	24.21	0.90	2.10	57.10
C1	25-55	7.5YR 5/4 Pardo	7.5YR 3/4 Pardo obsc	31.20	34.20	34.60	mgajón arciloso	38.54	21.28	17.28	1.00	2.13	53.10
R	55-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MG %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g		Na %	K %	SB %	P ppm
		H2O	KCl						Ca	Mg				
A11	0-8	6.30	5.10	11.55	0.354	6.700	20.66	48.80	7.46	3.97	0.126	1.580	27.02	16.60
A-C	8-25	6.50	5.10	4.11	0.163	2.380	14.58	37.00	7.89	2.09	0.152	1.660	31.33	22.50
C1	25-55	6.30	4.80	1.73	0.102	1.000	9.80	35.00	6.50	2.92	0.185	1.430	31.47	14.70
R	55-X													

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 12
PENDIENTE: 30%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pinoALTITUD: 2450 m
MATERIAL PARENTAL: basalto

EXPOSICION: oeste

Análisis Fisicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-10	10YR 4/3 Pardo obsc.	10YR 2/2 Pardo muy obscuro	45.60	38.20	16.20	mg/gfn	67.93	35.26	32.85	0.80	2.53	68.40
A-C R	10-25 25-X	7.5YR 5/4 Pardo	7.5YR 3/4 Pardo obsc	42.20	33.40	24.40	mg/gfn	53.54	3.28	23.28	0.90	2.51	64.10

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A11	0-10	6.40	5.00	12.83	0.291	7.440	25.27	50.10	9.46	2.17	0.104	1.530	26.47	29.50
A-C R	10-25 25-X	6.20	4.70	4.01	0.158	2.320	14.72	43.40	13.05	4.34	0.221	1.200	43.34	26.90

PERFIL No. 13
PENDIENTE: 30%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pinoALTITUD: 2420 m
MATERIAL PARENTAL: andesito

EXPOSICION: sureste

Análisis Fisicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-15	10YR 4/3 Pardo obsc.	10YR 2/2 Pardo muy obscuro	41.60	41.20	17.20	mg/gfn	64.44	37.03	27.41	0.80	2.26	64.60
A-C R	15-50 50-X	7.5YR 4/4 Pardo	7.5YR 3/2 Pardo obsc	43.60	36.00	20.40	mg/gfn	56.33	32.60	25.73	1.00	2.47	59.50

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A11	0-15	6.10	4.90	12.08	0.343	6.990	20.36	47.60	13.83	2.38	0.234	1.810	38.37	31.60
A-C R	15-50 50-X	6.00	4.60	3.50	0.202	2.030	10.03	40.20	8.78	3.07	0.156	0.920	32.15	29.90

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 14
PENDIENTE: 40%LUGAR: Área Experimental Forestal Madera
VEGETACIÓN: bosques de pino-encinoALTITUD: 2360 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICIÓN: noreste

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-10	10YR 4/3 Pardo obsc.	10YR 3/2 Pardo grisáceo muy obscuro	41.60	34.00	24.40	magajón	50.00	30.30	19.70	0.87	2.47	64.50
A12	10-45	5YR 5/4 Pardo rojo	5YR 3/4 Pardo rojo oscuro	39.60	30.20	30.20	magajón arcilloso	32.57	23.80	8.77	1.00	2.63	61.90
A-C	45-55	5YR 5/4 Pardo rojo	5YR 3/4 Pardo rojo oscuro	24.80	38.80	36.40	magajón arcilloso	34.73	19.79	14.94	1.10	2.57	57.20
C1	55-75	7.5YR 5/4 Pardo	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	21.20	40.40	38.40	magajón arcilloso	33.64	27.17	8.47	1.18	2.63	55.90
C2	75-100	7.5YR 5/4 Pardo amaril.	10YR 3/6 Pardo amaril.	27.60	34.80	37.60	magajón arcilloso	25.92	24.39	1.53	1.19	2.66	55.20
R	100-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITRÓGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A11	0-10	6.50	5.00	7.39	0.188	4.280	22.74	40.60	9.87	2.39	0.095	1.530	34.19	48.80
A12	10-45	6.60	4.70	2.10	0.094	1.220	12.96	33.60	9.05	2.84	0.130	1.020	38.80	54.40
A-C	45-55	6.70	4.70	0.92	0.085	0.530	6.19	34.00	12.46	5.24	0.100	0.580	54.00	52.30
C1	55-75	6.70	4.60	0.57	0.085	0.330	3.90	35.70	8.96	4.20	0.108	0.330	38.08	33.30
C2	75-100	7.00	5.00	0.30	0.055	0.170	3.20	35.90	9.80	4.27	0.165	0.460	40.37	58.40
R	100-X													

PERFIL No. 15
PENDIENTE: 12%LUGAR: Área Experimental Forestal Madera
VEGETACIÓN: bosques de pino-encinoALTITUD: 2240 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICIÓN: este

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN.	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-10	10YR 3/3 Pardo obsc.	10YR 2/2 Pardo muy obscuro	40.00	40.40	19.60	magajón	72.56	48.14	24.42	0.70	2.20	68.10
A-C	10-30	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	42.00	40.80	17.20	magajón	51.85	34.61	17.24	0.90	2.72	66.80
C1	30-60	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	31.20	37.40	31.40	magajón arcilloso	43.61	30.76	12.85	1.00	2.65	62.20
R	60-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITRÓGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			SB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A11	0-10	6.00	4.60	15.55	0.438	9.020	20.59	48.20	4.00	0.90	0.104	0.820	12.08	16.20
A-C	10-30	6.10	4.70	4.21	0.177	2.440	13.78	35.00	2.82	0.66	0.104	0.740	12.35	11.40
C1	30-60	6.80	4.90	2.24	0.133	1.300	9.77	35.20	4.32	0.97	0.087	0.970	18.03	21.10
R	60-X													

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 16
PENDIENTE: 15%

LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de pino - encino

ALTITUD: 2445 m
MATERIAL PARENTAL: basalto

EXPOSICION: noroeste

Análisis Físicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DB g/ml	EP %		
	SECO	HUMEDO												
A-1 0-10	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc	41.20	40.40	18.40	mgayón	60.39	28.07	31.32	0.80	2.43	87.00
A-C 10-30	7.5YR 5/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc	46.60	33.20	20.20	mgayón	48.12	28.83	19.29	0.90	2.85	86.00
C1 30-50	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc	34.40	33.20	32.40	mgayón arcilla	38.02	26.37	11.65	1.00	2.59	81.40
R 50-X														

Análisis Químicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	H2O	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			BB %	P ppm
		RCI	%						Ca	Mg	Na		
A11 0-10	6.40	5.10	12.06	0.285	8.990	24.51	47.70	9.55	2.82	0.078	1.330	28.46	24.30
A-C 10-30	6.60	5.10	4.35	0.182	2.520	13.78	39.50	8.20	2.80	0.122	1.540	32.05	23.70
C1 30-50	8.80	5.00	2.31	0.122	1.340	10.99	37.70	7.37	4.04	0.174	1.540	35.27	21.70
R 50-X													

PERFIL No. 17
PENDIENTE: 21%

LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de pino - encino

ALTITUD: 2385 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: noroeste

Análisis Físicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DB g/ml	EP %		
	SECO	HUMEDO												
A1 0-10	5YR 4/3	Pardo rojo	5YR 3/3	Pardo rojo obsc	41.20	32.40	26.40	mgayón	48.80	29.37	19.43	0.80	2.70	86.80
A-B 10-25	5YR 4/4	Pardo rojo	5YR 3/4	Pardo rojo obsc	33.60	33.20	33.20	mgayón arcilla	44.50	30.58	13.92	1.00	2.67	82.50
B1 25-42	5YR 4/4	Pardo rojo	5YR 3/4	Pardo rojo obsc	29.40	27.60	43.00	arcilla	45.07	25.48	19.59	1.00	2.67	82.50
B2 42-80	2.5YR 4/6	rojo	2.5YR 3/6	Rojo obsc	23.20	22.40	54.40	arcilla	42.05	25.13	16.92	1.00	2.66	82.40
B3 80-115	2.5YR 4/6	Rojo	2.5YR 3/6	Rojo obsc	22.00	20.80	57.20	arcilla	41.98	30.73	11.25	1.00	2.40	58.30
B-C 115-155	2.5YR 4/6	Rojo	2.5YR 3/6	Rojo obsc	23.40	21.20	55.40	arcilla	44.38	35.00	9.38	1.00	2.40	58.30
C 155-X														

Análisis Químicos

HORIZONTE PROFUNDIDAD cm	H2O	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g			BB %	P ppm
		RCI	%						Ca	Mg	Na		
A1 0-10	6.20	4.70	7.05	0.182	4.090	22.36	43.60	10.70	4.11	0.065	1.450	37.44	71.40
A-B 10-25	6.40	4.10	2.57	0.099	1.200	12.05	37.80	10.50	5.78	0.100	1.060	48.18	22.30
B1 25-42	6.80	4.70	0.98	0.074	0.570	7.64	36.50	9.80	8.58	0.150	1.580	49.01	30.70
B2 42-80	7.00	3.20	0.51	0.069	0.290	4.26	37.70	9.40	8.86	0.143	1.150	48.02	28.30
B3 80-115	6.20	4.80	0.30	0.066	0.170	2.66	37.60	8.70	5.92	0.360	0.780	41.86	26.30
B-C 115-155	6.20	4.40	0.30	0.061	0.170	2.91	37.60	8.30	5.10	0.430	0.790	38.88	32.50
C 155-X													

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 18
PENDIENTE: 22%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de pino - encinoALTITUD: 2380 m
MATERIAL PARENTAL: basalto

EXPOSICION: sureste

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	C.C %	P.M.P %	NA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-5	10YR 4/3 Pardo obsc	10YR 2/2 Pardo muy obsc	47.20	36.00	16.80	migajón	31.68	20.80	10.88	0.70	2.74	74.40
A-C	5-20	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc	51.60	29.80	18.60	migajón	37.84	27.27	10.37	1.02	2.58	60.40
R	20-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5	H ₂ O	KCl	MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g				BB %	P ppm
										Ca	Mg	Na	K		
A11	0-5	6.00	4.70	11.30	0.318	6.550	20.58	47.50	36.80	6.10	1.72	0.128	0.020	17.92	27.10
A-C	5-20	6.40	4.90	2.68	0.138	1.550	11.23	36.80	6.10	2.55	0.128	1.090	26.80	24.30	
R	20-X														

PERFIL No. 18
PENDIENTE: 23%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de pino-encinoALTITUD: 2380 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: sureste

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	C.C %	P.M.P %	NA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-10	10YR 3/3 Pardo obsc	10YR 2/2 Pardo muy obsc	46.20	37.00	16.80	migajón	57.77	34.78	22.99	0.75	2.57	71.00
A-C	10-45	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc	32.80	36.40	30.80	migajón arcilloso	33.33	27.74	5.59	1.00	2.56	60.90
C1	45-65	10YR 5/6 Pardo amaril	0YR 3/6 Pardo amaril obs	35.00	30.20	34.80	migajón arcilloso	29.14	28.64	0.50	1.00	2.10	47.60
R	65-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH 1:2.5	H ₂ O	KCl	MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC meq/100g	meq/100g				BB %	P ppm
										Ca	Mg	Na	K		
A11	0-10	6.20	5.30	16.48	0.465	9.560	20.53	55.00	10.85	5.26	0.104	1.630	32.44	54.40	
A-C	10-45	6.10	4.40	3.77	0.155	2.180	14.09	36.00	8.95	4.36	0.113	1.350	35.48	62.20	
C1	45-65	6.40	4.80	1.32	0.091	0.760	8.40	42.40	10.50	6.33	0.247	1.170	43.03	35.00	
R	65-X														

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 20
PENDIENTE: 20%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de encino - pinoALTITUD: 2450 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: este

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-5	10YR 3/3 Pardo obsc.	10YR 2/2 Pardo muy obsc.	52.20	29.00	18.80	mgapón	40.96	36.55	4.41	0.80	2.59	89.10
A-C	5-33	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	41.20	31.40	27.40	mgapón	37.14	34.33	2.81	1.00	2.71	83.10
C1	33-55	7.5YR 4/4 Pardo obsc.	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	33.80	34.20	32.00	mgapón arcilloso	35.23	27.86	7.37	1.10	2.84	58.30
R	55-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N %	CIC mg/100g	mg/100g				SB %	P ppm
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na	K		
A11	0-5	5.50	4.30	10.19	0.263	5.910	22.48	42.80	5.05	2.55	0.139	1.820	21.86	85.10
A-C	5-33	6.10	4.80	5.33	0.172	3.090	18.01	39.10	7.70	4.28	0.113	2.430	37.14	53.10
C1	33-55	6.60	4.80	1.15	0.077	0.670	8.63	42.30	9.45	8.72	0.208	1.350	46.63	53.50
R	55-X													

PERFIL No. 21
PENDIENTE: 8%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de pino - encinoALTITUD: 2480 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: zenital

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. %	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %
		SECO	HUMEDO										
A11	0-10	10YR 4/3 Pardo obsc.	10YR 2/2 Pardo muy obsc.	42.60	38.80	18.80	mgapón	57.88	41.48	16.41	0.70	2.84	73.40
A-B	10-35	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	41.80	30.00	28.40	mgapón arcilloso	47.84	35.86	11.88	0.90	2.59	85.20
B	35-55	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	26.00	34.40	39.60	mgapón arcilloso	41.75	31.57	10.18	0.90	2.49	63.80
B-C	55-70	7.5YR 4/6 Pardo fuerte	7.5YR 3/4 Pardo obsc.	29.00	32.40	38.40	mgapón arcilloso	38.20	27.36	8.84	1.00	2.87	62.50
R	70-X												

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITROGENO TOTAL %	C %	C/N %	CIC mg/100g	mg/100g				SB %	P ppm
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na	K		
A11	0-10	8.10	4.50	13.34	0.310	7.730	24.92	46.50	6.50	1.89	0.130	1.330	21.18	18.80
A-B	10-35	6.20	4.80	3.50	0.130	2.030	15.58	37.90	5.30	2.22	0.158	1.170	23.34	9.20
B	35-55	6.30	4.80	7.88	0.118	1.550	13.37	38.70	6.50	2.68	0.191	1.090	26.65	11.00
B-C	55-70	6.60	4.90	1.68	0.088	0.960	10.89	37.70	8.35	4.36	0.260	1.200	37.58	7.70
R	70-X													

CAMPO EXPERIMENTAL MADERA

PERFIL No. 23
PENDIENTE: 9%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de Pinus arizonicaALTITUD: 2480 m
MATERIAL PARENTAL: basalto

EXPOSICION: zenital

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. mg/g	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %		
		SECO	HÚMEDO												
A11	0-30	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc.	49.20	34.80	18.00	mg/g	45.82	30.28	15.34	1.00	2.48	58.80
A12	30-70	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc.	37.80	30.80	31.80	mg/g arcilloso	40.93	27.90	13.03	1.10	2.85	58.50
C1	70-175	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc.	34.20	27.00	38.80	mg/g arcilloso	29.04	24.50	4.54	1.10	2.53	58.50
R	175-X														

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITRÓGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g			BB %	P ppm	
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K
A11	0-30	8.70	5.20	8.54	0.202	3.790	18.75	36.00	4.55	1.81	0.130	1.508	22.21	18.80
A12	30-70	8.50	5.20	2.41	0.124	1.400	11.22	35.80	3.65	1.89	0.126	0.639	17.81	13.30
C1	70-175	8.70	5.00	0.71	0.063	0.410	6.49	30.60	6.15	4.77	0.221	0.844	39.18	58.80
R	175-X													

PERFIL No. 24
PENDIENTE: 9%LUGAR: Area Experimental Forestal Madera
VEGETACION: bosque de Pinus arizonicaALTITUD: 2480 m
MATERIAL PARENTAL: andesita

EXPOSICION: zenital

Análisis Físicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	COLOR		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	DENOMIN. mg/g	CC %	PMP %	HA %	DA g/ml	DR g/ml	EP %		
		SECO	HÚMEDO												
A11	0-15	10YR 4/4	Pardo amaril.	10YR 2/2	Pardo muy obsc.	56.20	29.00	14.80	mg/g arcilloso	42.85	26.31	16.54	0.80	2.13	62.40
A12	15-45	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc.	44.00	33.00	23.00	mg/g	55.33	30.32	25.01	1.00	2.50	60.00
C1	45-80	7.5YR 4/6	Pardo fuerte	7.5YR 3/4	Pardo obsc.	34.80	32.40	32.80	mg/g arcilloso	35.75	22.59	13.16	1.00	2.49	59.80
R	80-X														

Análisis Químicos

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	pH 1:2.5		MO %	NITRÓGENO TOTAL %	C %	C/N	CIC mg/100g	mg/100g			BB %	P ppm		
		H2O	KCl						Ca	Mg	Na			K	
A11	0-15	6.50	5.10	9.94	0.271	5.760	21.22	39.30	7.95	2.22	0.122	0.718	28.01	14.70	
A12	15-45	8.50	5.10	3.70	0.180	2.150	11.92	31.00	5.50	2.55	0.130	1.023	29.84	27.30	
C1	45-80	6.70	5.00	1.68	0.118	0.960	8.79	35.00	5.40	2.71	0.126	0.895	26.08	42.00	
R	80-X														