

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
División de Estudios de Posgrado

*Caracterización de suelos e Índice de sitio edáfico para
cuatro especies de Pinus en Atenquique, Talisco.*

T E S I S

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS -EDAFOLOGIA- (BIOLOGIA)

P R E S E N T A

BIOL. MA. YOLANDA MARGARITA CHAVEZ HUERTA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1990.



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

	Página.
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
2. OBJETIVOS	4
3. ANTECEDENTES	5
3.1. De las especies de pinos en México	5
3.2. Métodos de clasificación de tierras forestales.	6
3.2.1. Clasificación según productividad forestal.	6
3.2.1.1. Índice de campo.	6
3.2.1.2 Tipos de vegetación.	8
3.2.2. Clasificación por propiedades del suelo.	11
4. MATERIALES Y METODOS	16
4.1. De gabinete.	16
4.2. De campo.	17
4.3. De laboratorio.	18
4.4. Localización y generalidades del área de trabajo	18
4.4.1. Localización	18
4.4.2. Geología	20
4.4.3. Generalidades de tectónica	26
4.4.4. Climatología	26
5. RESULTADOS	30
5.1. Suelos	30
5.2. Dasometría	30
5.3. Relación suelo-árbol	38
5.4. Modelaje	46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
7. BIBLIOGRAFIA CITADA	51
ANEXO	56

RESUMEN

Atendiendo a las nuevas Leyes ecológica y forestal, las autorizaciones de aprovechamientos maderables deberán ser respaldadas por un estudio medioambiental; Atenquique fué la primera Empresa Forestal mexicana que realizó un levantamiento integrado, para ello reunió a un grupo multidisciplinario de especialistas, el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Michoacán participó elaborando la parte de geología, clima y suelo, el presente estudio es una parte de ese trabajo.

Los objetivos son, caracterizar los suelos a nivel de gran visión y encontrar algunos modelos que expliquen el crecimiento de las especies de coníferas de mas amplia distribución en el área; para lograrlo se hizo un muestreo y con base en la variación de arcilla del horizonte B, se distribuyeron los 61 perfiles necesarios para obtener una precisión del 93 % en una escala 1:250 000.

Al centro de cada sitio de muestreo se ubicó, describió y muestreó por horizontes un perfil de suelo; en la zona circundante se hizo la descripción y medición de la masa forestal por pisos, mediante cuatro sitios de dimensiones variables orientados altitudinalmente; se identificaron las especies arbustivas y herbáceas mas conspicuas, el material colectado se depositó en el herbario MEXU.

Con los datos del arbolado y con 2,400 análisis troncales (proporcionados por la Empresa Forestal) se construyeron las curvas de Índice de Sitio para siete especies de coníferas. Se hicieron los análisis fisicoquímicos de suelos y con la información de campo y laboratorio de cada sitio se crearon modelos estadísticos para las cuatro especies de *Pinus* más frecuentes (*P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. maximinoi* y *P. oocarpa*).

Los resultados indican que la diversidad de suelos está en función del gradiente geotopoclimático, que hay gran variación topográfica, que la distribución de humedad del suelo obedece al patrón de climas y suelos y que la interacción de estos factores modifica sensiblemente el crecimiento de las especies. Los modelos explican el crecimiento del arbolado en más del 90 %.

Se concluye que el método utilizado permite un ahorro de tiempo considerable además de proporcionar información verídica, integrada y de aplicación práctica.

1. INTRODUCCION.

Se estima que en nuestro país los bosques de clima templado frío cubren 27.5 millones de hectáreas (29.25 según Santillán, 1986 y 27.51 según INIFAP, 1987) cuyas existencias maderables totales se aproximan a los 1987 millones de metros cúbicos en rollo, de los cuales el 75 % lo representan fundamentalmente especies de coníferas y el 25 % especies de latifoliadas. Las coníferas y particularmente los pinos son fuente primaria de abastecimiento en la industria forestal (CNIDS, 1985). Estos son datos que deben manejarse con reserva, ya que hay un deterioro continuo de las Áreas forestales, sin que exista una cuantificación precisa más reciente; sin embargo, para dar una aproximación de la magnitud del problema, Haiden (1985), menciona que entre 1970 y 1980 se perdieron 110 millones de hectáreas arboladas en el mundo, no aclarando cuales son los países con mayor tasa de deforestación.

La aplicación de un buen manejo de bosques implica tener los conocimientos básicos sobre el crecimiento de los árboles, ya que este proceso es influido tanto por factores genéticos como ambientales y en estos últimos el suelo juega un papel fundamental, por lo que es necesario conocer las relaciones suelo-planta.

El factor de mayor peso en los programas de manejo forestal para extracción maderable es la evaluación de la calidad productiva de las áreas, lo que se denomina Calidad de Sitio y lleva a determinar el crecimiento potencial de los árboles, por lo que es indispensable conocer este elemento para priorizar tratamientos y sistemas de manejo de los bosques.

La medición más usual de la calidad de sitio es la cuantificación de producción de los rodales, sin embargo para que estas mediciones sean confiables se requiere hacerlas en áreas no intervenidas por el hombre, lo que es cada vez más difícil de encontrar. La calidad del sitio puede ser evaluada en términos de índice de sitio e interpretación de los factores de índice edáfico respecto al crecimiento de los árboles (Yawney y Trimble, 1968).

La Empresa Forestal Atenquique, ubicada en el sur del estado de Jalisco es un complejo industrial forestal, que como la mayoría de los de la República, se abastece de materia prima proveniente de bosques que no son de su propiedad; para obtener la concesión de explotación forestal el 14 de septiembre de 1940 se formó una Unión Forestal con duración de 50 años (Chambille, 1983).

Atendiendo a la normatividad de las nuevas Leyes Forestal (1966) y Ecológica (1988), para conseguir las

concesiones de explotación o los permisos de aprovechamiento forestal se requiere tener el estudio de Impacto Ambiental del Área. Así, en 1987 la Empresa Forestal de Atenquique, se planteó la realización del levantamiento forestal integral, que a nivel operativo, fué el primero en la República; para efectuarlo se formó un grupo multidisciplinario de especialistas, el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Michoacán participó elaborando la parte de geología, clima, y suelo, el presente estudio es una parte de ese trabajo.

2. OBJETIVOS.

Generales.

2.1. Obtener una caracterización de suelos forestales mediante un muestreo multifactorial, en la zona de bosques concesionados a la Empresa Industrial Forestal Atenquique, Jalisco.

2.2. Obtener algunos modelos que expliquen las relaciones entre el crecimiento del arbolado de mayor importancia comercial y/o con más amplia distribución, con variables del medio ambiente físico.

Específicos.

2.3. Conocer cuantitativamente la distribución de suelos forestales en el área de estudio.

2.4. Probar un método rápido de muestreo multifactorial, con base en suelos para el levantamiento de grandes áreas forestales.

2.5. Definir la influencia de las variables de suelo y fisiografía en diferentes especies forestales arbóreas.

2.6. Utilizar los fisiogramas controlados como elementos de representación geográfica.

2.7. Aplicar técnicas de regresión múltiple para cuantificar relaciones de dependencia entre variables del medio físico y la vegetación.

2.8. Proporcionar bases técnicas para implementar el plan de manejo integral forestal en Atenquique, Jalisco; orientando la aplicación de métodos silvícolas.

3. ANTECEDENTES.

3.1. De las especies de pinos en México.

Los siguientes son algunos de los autores que colectaron en Jalisco y clasificaron o describieron ejemplares de las cuatro especies de pinos más frecuentes en el Área de trabajo (*Pinus devoniana* Lindl. (*P. michoacana* Martínez) *P. douglasiana* Martínez; *P. maximinoi* Moore (*P. tenuifolia* Benth.) y *P. oocarpa* Schiede.

En 1909 Shaw solamente menciona a *Pinus oocarpa*, el autor lo reporta presente en los Estados de Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Zacatecas.

Toca a Maximino Martínez (1948) describir y clasificar a *Pinus douglasiana* y *P. michoacana*, el primero distribuido en la costa del Pacífico, desde Sinaloa hasta Oaxaca y el segundo con una distribución más amplia que incluye los Estados de Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas. El mismo autor localiza a *Pinus oocarpa* desde Chiapas hasta Sonora hasta y a *P. tenuifolia* desde Chiapas hasta Sinaloa.

Eguiluz (1982) describe las condiciones climáticas en que se desarrollan las especies de pinos de México (Cuadro 1) y las ubica en las siguientes entidades:

- P. douglasiana*** Chiapas, Chihuahua, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa.
P. michoacana (*P. devoniana*) Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit y Oaxaca.
P. oocarpa Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Zacatecas.
P. tenuifolia (*P. maximinoi*) Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Tlaxcala.

El mismo autor (1985) recopila y sintetiza la descripción botánica de los pinos mexicanos.

Cuadro 1. Datos climáticos para las especies de *Pinus*; tomado de Eguiluz (1982).

Especie	Lat. norte	Long. oeste	Altitud en esna	Precipitación en mm	Temperatura en ° centígrados
<i>P. douglasiana</i>	14°30' 28°10'	96°40' 108°05'	1400 a 2500 óptima 2000	700 a 1600 media 1150	-2° a 44° C media 20° C
<i>P. michoacana</i> (<i>P. devoniana</i>)	16°35' 21°15'	92°15' 107°05'	1200 a 3000 óptima 1900	600 a 1600 media 1100	-7° a 45° C media 18° C
<i>P. oocarpa</i>	15°00' 27°10'	92°00' 108°50'	1000 a 2400 óptima 1800	650 a 2600 media 1300	0° a 45° C media 19° C
<i>P. tenuifolia</i> (<i>P. maximinoi</i>)	17°10' 25°40'	92°15' 107°55'	1500 a 2500 óptima 2000	600 a 1600 media 1000	-1° a 40° C media 19° C

3.2. Métodos de clasificación de tierras forestales.

Según Pritchett (1986), "...la finalidad principal de la mayor parte de los sistemas de clasificación en términos de 'producción potencial de volumen de madera', ha sido evaluar de manera precisa el hábitat en función de dicha producción...la clasificación de tierras forestales deberá considerarse en el sentido amplio de clasificar los hábitats en función de su potencial para resistir los efectos de las actividades recreativas, su importancia para la vida silvestre, su producción de agua de alta calidad, así como la construcción de caminos, obras de ingeniería y otros usos, además de la idoneidad para la producción de madera... Todos los sistemas tienen cierta utilidad bajo determinadas condiciones locales y según objetivos de manejo dados..."

Según el mismo autor: los sistemas de clasificación tienen varias categorías, que en orden de complejidad son:

3.2.1 Clasificación según la productividad forestal.

3.2.1.1. Índice de campo.

3.2.1.2. Tipos de vegetación.

3.2.2. Clasificación por propiedades del suelo.

3.2.1.1. Los métodos para medir productividad forestal se agrupan en métodos directos e indirectos, ya sea que el cálculo se base en alguna medición de la comunidad o bien en algunos rasgos ambientales locales, sin embargo estrictamente hablando no hay métodos directos (a menos que se haga la medición y recolección total de las comunidades maduras), y generalmente se cuantifican algunos aspectos de la productividad forestal y se estima la productividad total.

Según Pritchett (*Op.cit.*) a principios de siglo se usó ampliamente un enfoque empírico que conlleva algunas limitaciones, llamado Índice de Campo. Se fundamenta en calcular el crecimiento de una masa forestal, en función del crecimiento en altura del árbol dominante o codominante de una edad determinada. Este Índice de Campo se transformó y actualmente expresa la altura de los árboles dominantes y codominantes de una comunidad, proyectada a una edad estándar (o edad índice). Según Beck (1971), Spurr (1955), Spurr y Barnes (1982) y Maldonado (1983), la edad estándar es de 100 años en Europa, Canadá y norte de los Estados Unidos de América (EUA) y de 50 años en el sur de los EUA y norte de México.

En las comunidades más viejas o más jóvenes que la edad estándar, se requiere elaborar una serie de curvas edad/altura, para relacionar una altura media con la edad índice. Estas curvas se desarrollan midiendo la altura y la edad de muchas comunidades en un momento determinado, ajustando a estos datos una curva promedio de edad/altura (Figura 1) y construyendo una serie de curvas más altas o más bajas (Klepac, 1983).

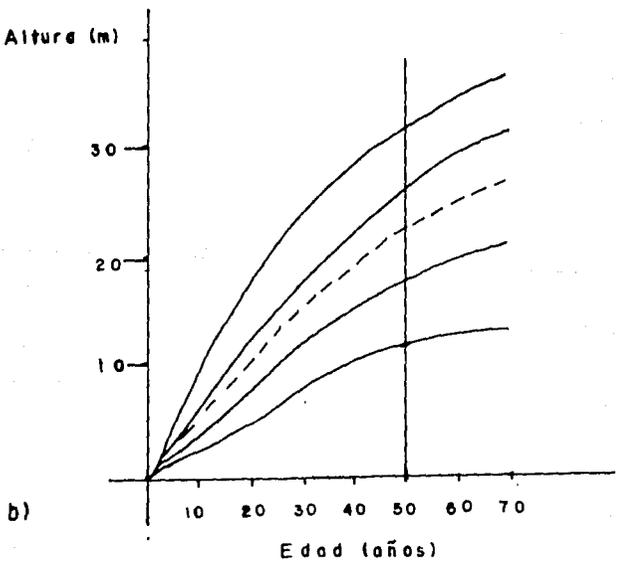
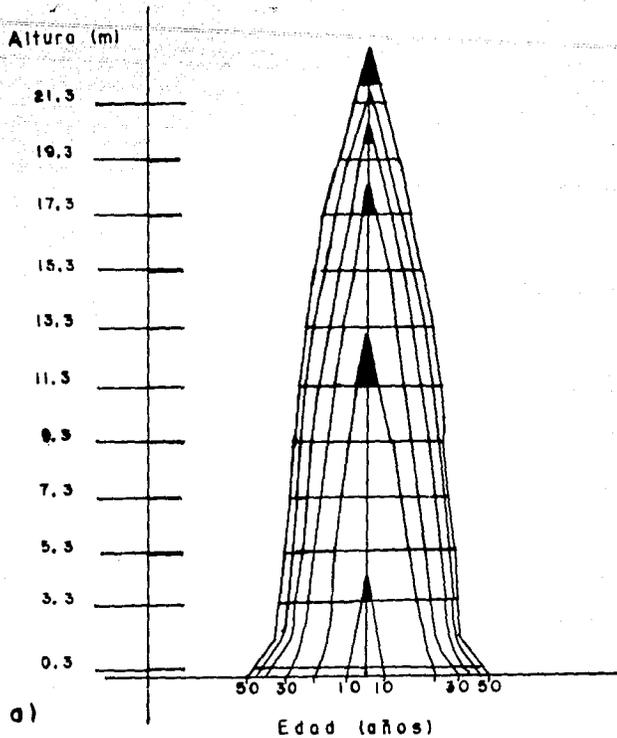


Figura 1. Ejemplo de construcción de curvas edad-altura
a) Perfil interior b) Curvas de calidad de sitio. (Klepac, 1983).

Las curvas generadas por este procedimiento pueden ser anamórficas (Figura 2), si se considera una curva promedio guía a partir de la cual se generan las demás curvas que tendrán la misma forma y tendencia que la anterior (lo cual indica una proporcionalidad, que en la realidad es difícil de encontrar) o curvas polimórficas (Figura 2), que varían en forma según la calidad de estación. Este último método fue desarrollado por Osborne y Schumacher (In Brickel, 1968) y se fundamenta en el criterio de que el grado de diversidad en la forma de las curvas varía tanto con la especie como con su ubicación, pues a pesar de que el crecimiento puede ser similar para muchas de ellas, el cambio de suelo condiciona distintas tasas de desarrollo.

Carmean (1970) demuestra que la tasa de crecimiento vertical aumenta rápidamente en los campos de mejor calidad y luego el crecimiento se vuelve relativamente lento, por otra parte las tasas de crecimiento en los suelos más deficientes, aumenta lentamente durante los primeros años pero se mantiene durante periodos más largos, de manera que las curvas polimórficas evidencian cambios de suelo o topografía.

Es claro que este sistema de clasificación proporciona una información limitada y que no es aplicable a terrenos que no tengan árboles, ni en aquéllos en los que crezcan especies exóticas, por lo que NO puede ser utilizado para predecir productividad potencial de un terreno sujeto a un manejo intensivo por medio de cultivos básicos, con labranza del suelo, obras de drenaje, uso de fertilización o uso de variedades mejoradas; pero representa una buena guía para determinar el crecimiento potencial de una especie determinada bajo condiciones específicas.

En México es el sistema de clasificación más empleado a nivel investigación y el que se está divulgando hacia las Unidades del operativo forestal; son numerosas las publicaciones de quienes determinan curvas Índice para diferentes especies de pinos en diversas áreas de la República (Cuadro 2), destacando entre ellas, Aguilar (1984), Maldonado (*Op.Cit.*), Arteaga (1983) y Zepeda y Rivero (1984).

Según Carmean (1975), la mejor forma de elaborar las curvas edad/altura es el análisis troncal, aunque también puede hacerse con taladro de Pressler. Pritchett (*Op.cit.*) indica que si la especie tiene verticilos conspicuos el Índice de campo puede elaborarse con las medidas internodulares, resultando curvas polimórficas.

3.2.1.2. Tipos de vegetación.

La clasificación de terrenos forestales con el método de plantas indicadoras es muy útil cuando no se pueden medir los árboles; según Pritchett (*Op.cit.*) el método se basa en los estudios de Post (1862) y Norrlin (1871), en donde se clasifica el ecosistema de acuerdo a su vegetación. Sin embargo dicho autor destaca que Cajander (1926) fue quien describió cinco agrupaciones vegetales principales y las

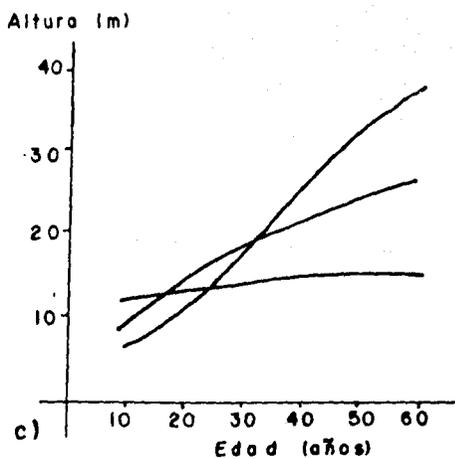
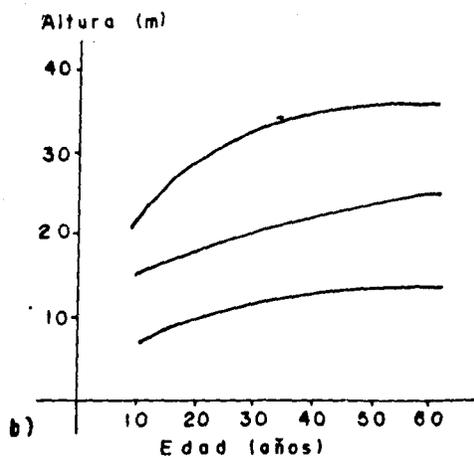
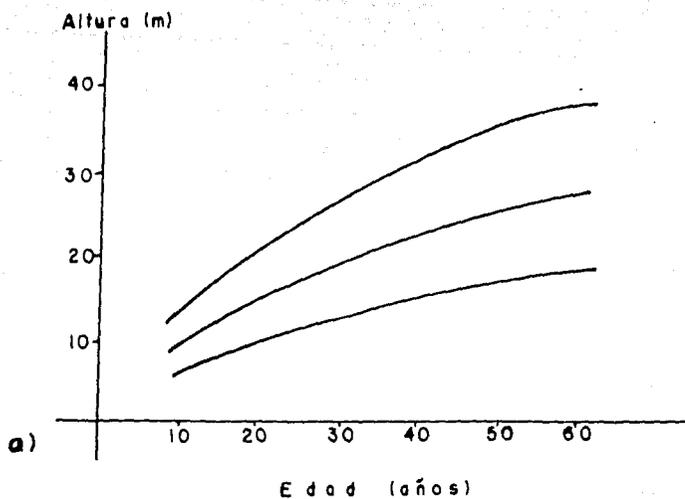


Figura 2. Curvas índice a) Anamórfica b) Polimórfica articulada
c) Polimórfica desarticulada. (Clutter et al 1983)

Cuadro 2. Estudios de índice de sitio para diferentes especies, en la República Mexicana (Fuente: Zepeda y Rivero, 1984)

Espece	Región	Referencia
<u>Pinus patula</u> y <u>P. patula</u> var. <u>longepedunculata</u>	Norte de Oaxaca	Castafios, 1962
<u>Pinus arizonica</u> y <u>P.</u> <u>engelmannii</u>	Noroeste de Durango	Cárdenas, 1970
<u>Pinus hartwegii</u>	Zoquiapan, México	Garzón, 1976
<u>Pinus arizonica</u>	Chihuahua	Musalem, 1977
<u>Pinus douglasiana</u> , <u>P.</u> <u>michoacana</u> , <u>P. lunholtzii</u> y <u>P. ayacahuite</u>	Atenquique, Jalisco	Musalem, 1977
<u>Pinus pseudostrabus</u> , <u>P.</u> <u>Herrerae</u> , <u>P. michoacana</u> , <u>P. lawsonii</u> y <u>Abies</u> <u>religiosa</u> .	Occidente de Michoacán	Mas, 1979
<u>Pinus arizonica</u> , <u>P.</u> <u>duranguensis</u> , <u>P.</u> <u>engelmannii</u> , <u>P.</u> <u>leiophylla</u> , <u>P. ayacahuite</u> ,	Chihuahua	Kiesslig, 1978 y 1980; Rarez, 1978; Rodríguez, , 1980 Orantes, 1980
<u>Pinus hartwegii</u>	Zoquiapan, México	Orantes, 1980
<u>Pinus douglasiana</u> y <u>P.</u> <u>lawsonii</u>	Centro de Michoacán	Aguilar, 1982
<u>Pinus pseudostrabus</u> , <u>P. tenuifolia</u> , <u>P. montezumae</u> , <u>P.</u> <u>oaxacana</u> y <u>P. ayacahuite</u>	Rancho Nuevo, Chiapas	Rosales et al., 1983

plantas características del segundo estrato; los autores suponen que la presencia de especies climax son indicadoras de la calidad de estación. Este sistema de clasificación es muy útil en los países escandinavos, pero está seriamente limitado en zonas con alta diversidad vegetal, como ocurre en México.

El método "tipos de hábitat" es una variante del anterior, pero aquí se incluyen algunos rasgos del medio físico, el trabajo de Wilde (1950) es la obra clásica de este método.

Yaungblood y Mauk (1985), en su descripción de hábitats de las coníferas de Utah, EUA y después de 15 años de muestreos múltiples (porcentaje de pendiente, exposición, posición en la pendiente, geoforma, altitud, dasometría, cobertura de las plantas vasculares del sotobosque y suelos), de más de 720 rodales definen 37 tipos de hábitats en siete series, con diferente potencial productivo.

Las únicas publicaciones mexicanas (consultadas) con este enfoque, son dos: Narváez (1990) quien trabajando en los bosques mixtos (coníferas-latifoliadas) del Campo experimental de Madera, Chihuahua, relacionó la productividad del suelo con la composición de la vegetación, en sus resultados destaca que la topografía influye marcadamente en la distribución de las especies, al integrarse con la pendiente, altitud y exposición; y que algunos tipos de vegetación corresponden claramente con la distribución de series de suelos.

El otro estudio es de Madrigal (1990), quien registró nueve tipos principales de vegetación forestal en el este de Michoacán, además de describir detalladamente los estratos vegetales, los evaluó respecto a las unidades de suelos, encontrando buena correspondencia entre bosques templados con Andosoles, Luvisoles y Acrisoles; y entre selvas y matorral subtropical con Cambisoles y Feozem.

3.2.2. Clasificación por propiedades del suelo.

Además de los levantamientos con fines pedogenéticos o taxonómicos, existen los levantamientos especiales de suelos; destacan entre los referentes a la interrelación suelo-bosque:

Coile, quien está entre los primeros autores que relacionó el crecimiento de los árboles con un número limitado de características físicas del suelo, fácilmente medibles u observables, en 1948 publicó el estudio realizado en *Pinus taeda* y *P. echinata* en el cual resalta el hecho de que el Índice de localidad depende de la profundidad del horizonte A y que este Índice decrece al aumentar el porcentaje de agua en el subsuelo, la explicación a esto último es la disminución de aireación por el exceso de agua. El mismo autor (1952), hizo una revisión de los estudios semejantes realizados en los EUA aclara que dependiendo de la especie y la zona, los factores y la forma en que afectan el crecimiento son distintos, entre los más frecuentes menciona la profundidad del horizonte A, la profundidad

total del suelo, la permeabilidad del subsuelo, la textura, el espacio poroso del subsuelo y la cantidad de materia orgánica; de manera general en esta síntesis se puede apreciar que los factores cambian para llegar al punto en el cual los árboles tengan suficiente espacio para exploración radicular, óptima aereación y buen drenaje.

Carmean (1961), examinó las relaciones entre suelos e índice de sitio para el encino negro, concluye que los factores más relacionados con el índice de sitio en el sureste de Ohio EUA son, suelo (profundidad del suelo, textura del subsuelo, contenido de piedras del subsuelo) y topografía (exposición, posición en la pendiente y su porcentaje).

Yawney (1964), trabaja en el oeste de Virginia EUA, y demuestra que la calidad de sitio del encino generalmente es mejor sobre suelos derivados de rocas calcáreas que sobre los originados de areniscas, aunque tengan texturas semejantes, debido a que los primeros tienen mejor balance nutricional.

Czarnowski *et al* (1966), utilizando los datos climáticos y edáficos de un grupo de plantaciones coetáneas de *Pinus radiata* establecidos en Australia, derivan una ecuación en que se expresa el índice de estación como función de las variables suelo y clima, la precisión es del 90 % y sugieren que algunas modificaciones a esta ecuación permitirán la interpolación de valores del índice de estación para otros climas o algunas extrapolaciones a climas no comprendidos en los límites de los datos.

Yawney y Trimble (*Op.cit.*), compararon la ecuación de Yawney en otra región de Virginia EUA y observaron que en las áreas con menor altitud, el modelo sobreestima el índice de sitio, concluyen sobre la conveniencia de diseñar modelos distintos para zonas diferentes.

Carmean (1967, 1970, 1975, 1977; *In Spurr y Barnes, Op. cit.*), hizo una revisión de más de 170 trabajos de EUA y Canadá, que relacionan el suelo con la calidad de estación; también realizó algunos trabajos en los que demuestra la utilidad de los factores del suelo para inferir la calidad de estación de coníferas y latifoliadas.

Jenkinson (1977) comparó el crecimiento de *Pinus ponderosa* (cuya semilla procedía de diferentes localidades) del Estado de California EUA, en distintos suelos y concluyó que a pesar de los fuertes contrastes del arbolado en campo, no hay marcadas diferencias genéticas y que los cambios en el desarrollo de las plantas pueden explicarse en función de la calidad de los suelos.

Graham (1982), al investigar la calidad de sitio del cedro rojo (*Juniperus virginiana*) del oeste de los EUA, encontró que en el pH más elevado el incremento en volumen de los árboles es menor, y que cuando los árboles crecen en suelos ricos en nitrógeno total, fierro y cobre tienen poco incremento, en cambio los árboles crecen más en suelos con acumulación de nitratos, amonio, sulfatos y potasio; también

observó que la exposición norte favorece el incremento en diámetro de los rodales.

Steinbranner (*In* Daniel *et al*, 1982), muestreó tres millones de acres en Washington y Oregon, diseñó un método rápido para determinación de Sitio basándose en la profundidad del horizonte A, profundidad efectiva del suelo, textura del horizonte B y altitud sobre el nivel del mar, con su técnica logró explicar un 83 % de las variables del Índice de sitio.

Summerfield *et al.* (1986), relacionaron las propiedades del suelo asociadas con los rodales climax de *Pinus monophylla* del oeste de Nevada EUA, encontrando que los mejores rodales están sobre suelos con epipedón mólico, horizonte argílico, lecho rocoso poco profundo, régimen de temperatura mesica y baja capacidad de retención de humedad.

Gessel, Cole y Chappell (1988), trataron de esclarecer los factores limitantes en la productividad forestal de Alaska, consideraron que las características del suelo como la temperatura (especialmente la baja), con excesos de humedad, la profundidad y textura; biología, con énfasis en el reciclaje de nutrientes, son determinantes, aunque subrayan la necesidad de hacer estudios más detallados en los que se incluyan otros parámetros medioambientales.

En México se han realizado unos cuantos estudios de índice de sitio edáfico, los cuales se mencionan a continuación.

Castaños (1962) es el primer autor que probó este tipo de criterios, en masas vírgenes incoetáneas de *Pinus patula* y determinó la calidad de estación mediante curvas edad-altura, diámetro-altura y algunas propiedades del suelo y topografía. Después de aplicar modelos de regresión múltiple, concluye que los factores con mayor influencia en el índice de localidad son profundidad total del suelo, altitud y exposición.

Flores (1966) trabajó en plántulas de *Pinus patula* y *P. montezumae*, con 17 tratamientos nutricionales para observar la respuesta a deficiencias de elementos mayores y menores. Señala que los síntomas más notorios son aquellos debidos a la falta de nitrógeno y fósforo.

Orantes y Musalem (1982), definieron las calidades de estación para *Pinus hartwegii* en Zoquiapan, México; identificando a la materia orgánica, a la capacidad de retención de humedad y al porcentaje de arcilla promedio, como los factores que definen el incremento periódico diamétrico y la altura del fuste limpio.

Arteaga (*Op.cit.*), reconoce las características fisiográficas y del suelo que influyen en el crecimiento de *Pinus radiata*, destacando a la exposición como el parámetro que ejerce mayor influencia.

Gómez-Tagle (1982), realizó un levantamiento de suelos forestales que sostienen rodales de *Pinus douglasiana* y *P. lawsonii*, logra definir que la distribución de suelos según

la geomorfología del terreno influye directamente en la altura, incremento y volumen de la masa forestal.

Aguirre (1982), menciona como elementos químicos importantes para el desarrollo de los pinos (estimación de Ronnie a 100 años) 502 Kg/ha de calcio, 225 Kg/ha de potasio y 52 Kg/ha de fósforo.

Chávez (1984), estudió las interrelaciones suelo-bosque en masas de pinos del Cerro de la Cruz, Michoacán; elaboró modelos de regresión para predecir los incrementos medios anuales en altura, diámetro, volumen y el incremento corriente anual; de donde resultó que la lámina de agua aprovechable y el porcentaje de pendiente aparecen como variables en tres de los cuatro modelos generados. Hay también una correlación positiva con la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico total del horizonte B.

Gómez-Tagle (1984), presentó un esquema experimental de trabajo aplicable a zonas de bosque templado, denominado Sistema Agrológico Forestal para evaluar los terrenos en términos de uso múltiple.

Gómez-Tagle (1985), en el levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, Mich., estudió las interacciones entre vegetación de coníferas, suelo, geofirma y topografía, señalando que el complejo geomorfológico y los tipos de suelo influyen notablemente sobre las características dasométricas de las masas forestales; sus correlaciones indican que las variables más involucradas en la calidad de estación corresponden a las propiedades físicas del suelo. Concluye que la pendiente del terreno y la profundidad del suelo representan las condiciones limitantes para el crecimiento de las coníferas de esta zona.

Arteaga (1985), determinó índices de sitio para *Pinus patula*, en una región de Puebla, practicó regresiones múltiples, obtuvo una ecuación de predicción en la cual las variables asociadas son: pendiente, posición del árbol en la pendiente y exposición.

Gómez-Tagle y Chávez (1986) hicieron un estudio de suelos forestales como parte de las bases necesarias para implementar el plan de manejo silvícola de Tapalpa, Jalisco. Concluyen que en los Andosoles el vigor, altura y regeneración de las coníferas tienen su mejor expresión, que en los Luvisoles y Cambisoles decrece el desarrollo de los pinos y aumenta el de los encinos y que en los Regosoles crecen mejor los encinares.

Gómez (1986) trabajó en el Cerro de Tlaluc, México, sus observaciones muestran a la textura como la característica que tiene mayor correlación con el crecimiento de las masas de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*. El autor continúa este trabajo y en 1987 concluyó que las variables que mejor explican el crecimiento del oyamel son la profundidad del horizonte A1, el espesor del subsuelo, la altitud y las interacciones pendiente-exposición, aunque aclara que no existe buena correspondencia entre las variables del suelo y el índice de sitio de esta especie. En cuanto al bosque de

pino las mejores variables son la profundidad efectiva del suelo, porosidad efectiva del subsuelo, la altitud, la posición en la pendiente y la interacción pendiente-exposición; para esta especie no logró obtener las curvas de Índice de sitio.

Nieto (1987), trabajando con *Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *Abies religiosa*, *Alnus firmifolia* y *Buddleia parviflora*, en la Serranía del Ajusco, D.F. relacionó algunas características físico-químicas de los suelos con el volumen de cada especie; determinó que el 95% del volumen maderable está en suelos franco arenosos, respecto a pH, color y profundidad del suelo, no hay una relación clara.

Narváez (*Op.cit.*), contrasta las características de suelo y topografía con el Índice de sitio, volumen total y diámetro promedio de *Pinus arizonica* y *P. duranguensis* del norte de Chihuahua, reconociendo que la variación en índice de sitio y volumen son explicadas (en un 69.4 % y 74.2 %, respectivamente) por el pH en KCl y contenido de arcilla del horizonte A; la lámina de agua aprovechable del subsuelo, la profundidad total y el coseno de la exposición.

4. MATERIALES Y METODOS.

Con fines descriptivos, la metodología se subdividió en tres fases, campo, laboratorio y gabinete.

4.1. Trabajo de gabinete.

4.1.1. Se hizo la revisión de la cartografía temática de INEGI (1981, 1982a, 1982b, 1983) tanto en escala 1: 250,000, como de las 14 cartas de escala 1:50,000 que abarcan el área; también se consultaron los mapas forestales. Se hizo la revisión bibliográfica correspondiente, poniendo énfasis en las especies arbóreas reportadas en el mapa dasonómico.

4.1.2. En la interpretación aerofotográfica se usaron los principios de fotointerpretación para reconocer geoformas, rodales y seleccionar los puntos de apoyo y muestreo (Moncayo *et al.* 1970).

4.1.3. En la caracterización climática se utilizaron los datos directos de caseta meteorológica o bien normales climáticas a nivel mensual, para un periodo mínimo de 15 años y la cartografía de INEGI en escala 1:500,000; además de los datos de las casetas climáticas citadas por García (1988). Para la descripción de climas se emplearon la precipitación, temperaturas máximas y mínimas extremas, oscilación térmica, porcentaje de lluvia invernal y horas frío. Siguiendo las recomendaciones de García (1980) y con el fin de mejorar la precisión, en lugar de manifestar la temperatura media, se usó el gradiente térmico, que relaciona la altitud con este factor.

Además de la descripción se diseñó la Hoja climática y parámetros asociados, que es un concentrado de datos climáticos y cálculo de riesgos de erosión del suelo según el método FAO-PNUMA (1980).

4.1.4. En cuanto a las características de crecimiento de las coníferas, se usaron las curvas de Índice de sitio de Gómez-Tagle *et al.* (1988), calculados con el modelo de Schumacker y con la información de los análisis troncales elaborados por la Empresa de Atenisque. Para *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., *Pinus oocarpa* Schiede, *P. maximinoi* Moore (*P. tenuifolia* Benth), *P. devoniana* Lindl. (*P. michoacana* Martínez), *P. pseudostrobus* Lindl., se usó como edad base 50 años; para *P. leiophylla* Schl. et Cham., 40 años y para *P. douglasiana* Martínez, 30 años. Con los datos de campo se calcularon volúmenes e incrementos maderables.

4.1.5. La clasificación de suelos se hizo en Soil Taxonomy con los criterios del USDA (1975).

4.1.6. Para elaborar el fisiograma controlado se usó la técnica de Gómez-Tagle y Chávez (1987), que consiste en la representación tridimensional de las áreas; con base en la

carta topográfica respectiva se obtienen las cotas planialtimétricas (coordenadas cartesianas x, y, z), en los vértices de la malla trazada mismas que se introducen en el programa de cómputo y después de una transformación (giro de ángulo), se grafican las coordenadas polares (x, y).

4.1.7. Los modelos estadísticos se obtuvieron contrastando la información dasométrica, topográfica y edafológica por medio del paquete STATGRAPHICS para computadora personal. La selección de los modelos se hizo después de un detallado análisis de residuales.

4.1.8. Sobre los fisiogramas se hizo la restitución temática.

4.2. Trabajo de campo.

4.2.1. El muestreo orientado estadísticamente consistió en 12 perfiles edafológicos. Con los resultados de variación del porcentaje de arcilla del horizonte B, se encontró que con 61 sitios el nivel de precisión sería del 93 %, para la escala de reconocimiento (1:250,000) y el tiempo (45 días en campo), que fueron solicitados por la empresa.

4.2.2. Siguiendo el patrón parteaguas-talud-barranca mediante perfiles practicados en triadas, en el muestreo suelo-vegetación además de tomar los datos de geoforma, pendiente, exposición, distancia al parteaguas y altitud, se hizo lo siguiente:

4.2.2.1. Suelo. Al centro de cada sitio se ubicó, describió y muestreó por horizontes mediante un perfil de suelo excavado hasta la roca, o a dos metros si el suelo era muy profundo; para las descripciones morfológicas se aplicaron los principales criterios de Cuanalo (1975); la compactación se midió con un penetrometro de bolsillo Soil Test, con escala 0-4.5 Kg/cm², para tener un indicador de fuerzas horizontales y verticales que afectan el desarrollo radicular de los árboles y que están en función del material de origen, el grosor de las capas y el grado de pendiente (Gill y Reaves, 1957).

4.2.2.2. Dasometría. En la zona circundante al perfil de suelo, se realizó la descripción y medición de la masa forestal por pisos mediante cuatro sitios de dimensiones variables orientados altitudinalmente, obteniendo la información de Área basal, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), coeficiente mórfoico, edad y tiempo de paso.

4.2.2.3. Se identificaron las especies arbustivas y herbáceas más conspicuas, colectando las que no se logró identificar en campo para su observación detallada en herbario.

4.3. Laboratorio.

4.3.1. En los suelos se practicaron las siguientes pruebas fisicoquímicas:

Color, por comparación (en seco y en húmedo), con las tablas de Munsell (1954); densidad aparente, por el método de Blake (1965); densidad real, por el método del picnómetro (Baver, 1956); constantes de humedad mediante el método de membrana de presión con límites a 0.3 y 15 atmósferas; los porcentajes de limo, arena y arcilla, se obtuvieron por el método de Bouyoucos modificado (Villegas, Aguilera y Flores 1978); la textura se determinó con la ayuda del triángulo de texturas; la materia orgánica se procesó por el método de combustión húmeda de Walkley y Black (*In* Jackson, 1964); el pH se obtuvo en agua y cloruro de potasio (1N y pH 7) en relación 1:2.5, las lecturas se hicieron con potenciómetro; la capacidad de intercambio catiónico se midió por el método de percolación (Page, 1982) con ACONH_4 1N pH 7 como saturante, el amonio se destiló con Kjeldahl y fue titulado con HCL 0.01N; los cationes intercambiables se extrajeron con acetato de amonio (1N pH7), el sodio y potasio se leyeron con fotoflamómetro y el calcio y magnesio se titularon con versenato, método Peech-English (*In* Page, *Op.cit.*); el porcentaje de saturación de bases se calculó como la suma de cationes intercambiables por cien, entre la CICT; el fósforo asimilable fue medido mediante el método de Bray (*In* Jackson *Op. Cit*) y el alofano mediante la técnica semicuantitativa de Fieldes y Ferrol (1966) y en caso de duda se midió, con potenciómetro, el pH resultante en la suspensión suelo-NaCl 1:50, después de 40 segundos de agitación.

4.3.2. La identificación botánica fue realizada en el herbario MEXU del Instituto de Biología, UNAM; siguiendo las técnicas de determinación convencionales; los ejemplares fueron depositados en el herbario MEXU.

4.3.3. La identificación de rocas se hizo por comparación con ejemplares de colección y corroborando por medio del microscopio petrográfico.

4.4. LOCALIZACION Y GENERALIDADES DEL AREA DE TRABAJO.

4.4.1. Localización.

La zona de Atenquique tiene como centro las coordenadas $17^{\circ} 30'$ de latitud norte y $103^{\circ} 22'$ de longitud oeste (Figura 3), con una superficie total de 1'018,000 ha y una superficie forestal de 276,004 ha, de las cuales 225,275 ha están arboladas con bosques mixtos de pino-encino (Chambille *Op.cit.*), cuya posibilidad de extracción para 1970 es de 525,000 m³, por los cuales se pagará a los dueños alrededor de \$ 20,000/m³, como derecho de monte; se obtendrán aproximadamente 111'300,000 pies tabla que en promedio serán vendidos entre \$ 2,000 y \$ 3,000 el pie.

El área de influencia de la Empresa Forestal Atenquique, comprende 16 municipios del sur de Jalisco y uno del estado de Colima: Cd. Guzmán, Gómez Farías, Concepción

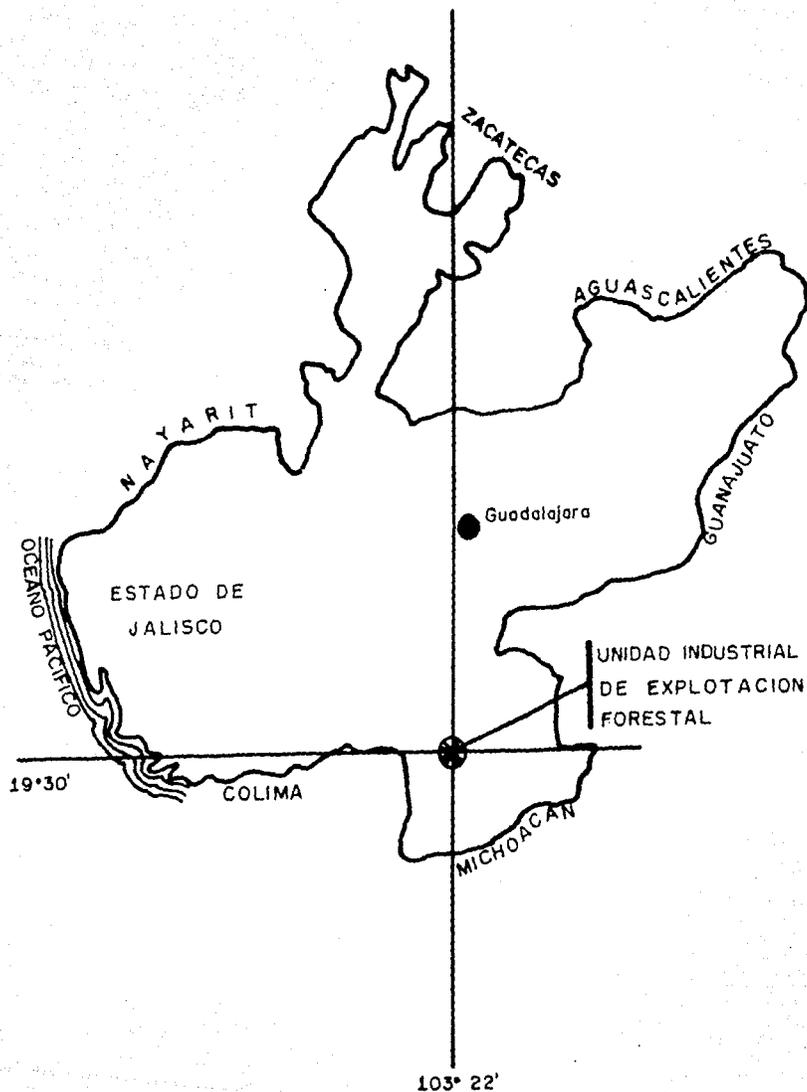


Figura 3. Situación geográfica de la Unidad Atenquique, Jalisco.

de Buenos Aires, La Manzanilla, Mazamitla, Valle de Juárez, Quitupan, Tamazula de Gordiano, Zapotiltic, Tecalitlán, Jilotlán de los Dolores, Pihuamo, Tuxpan, Tonila, Zapotitlán y Cd. Venustiano Carranza para Jalisco y Cuauhtémoc en Colima.

Según Chambille (*Op.Cit.*) Atenquique cuenta con el 0.8 % de los bosques templado frios de la República Mexicana (29'257,986 ha para todo el país) y los 33 millones de metros cúbicos de madera en rollo (m3 mr) representan el 1.6 % del volumen total de existencias reales del país para este tipo de bosques (para toda la República el autor lo estima en 2,133'561,821 m3 mr) cuadro 3.

En las figuras 4 y 5, se aprecia que los bosques de la zona se distribuyen en tres macizos forestales bien definidos, con ecología propia y marcada separación entre sí, por esto el Área ha sido dividida en tres Secciones de Ordenación Forestal.

Cuadro 3. Existencias de madera en Atenquique, en millones de m3 mr. (Fuente: Chambille, 1983).

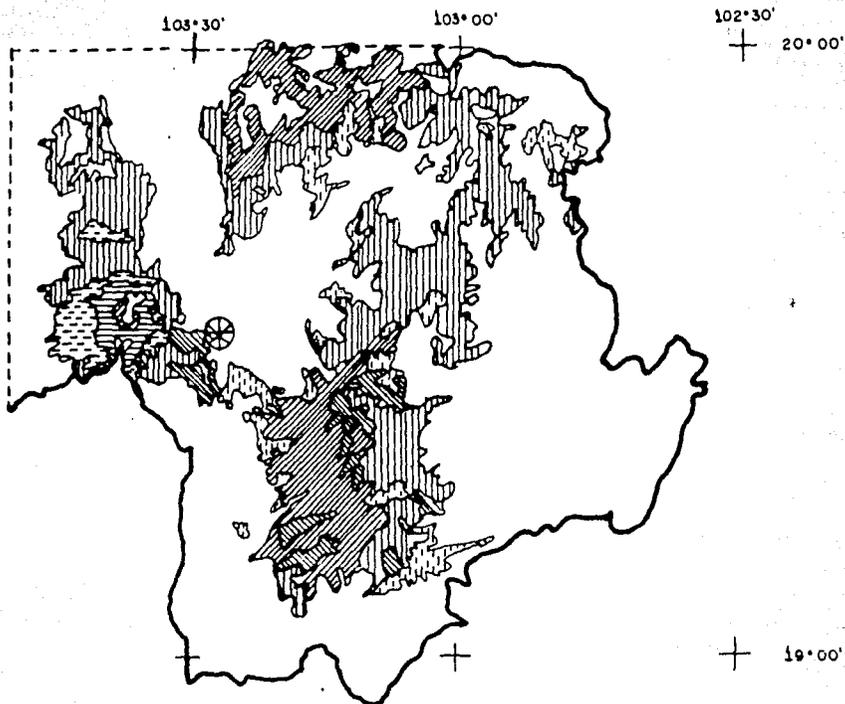
Grupo	Sección I	Sección II	Sección III	Total
Dyamel	1,574.076	-----	-----	1,574.076
Pino	4,220.796	8,332.535	8,306.947	20,860.276
Encino A.	565.793	-----	-----	565.793
Encino NA	2,627.337	1,964.256	3,381.802	7,973.395
Fresno	22.399	-----	-----	22.399
Hojosas	1,379.263	491.877	971.665	2,842.805
Sumas	10,389.664	10,788.668	12,669.414	33,838.746

A= aserrable NA= no aserrable.

Según Chambille (*Op.Cit.*) la Sección I ó del Volcán y Nevado de Colima, tiene terreno muy accidentado y presenta las altitudes más notables de la zona, su altura dominante está entre los 2,250 y los 3,000 msnm; la Sección II, ó de la Sierra del Tigre y estribaciones, tiene lomeríos de fácil acceso y altitud dominante de 2,000 msnm; la Sección III, ó de Tecalitlán y Sierra del Halo, es bastante accidentada, sin llegar a los extremos de la Sección I, su altura dominante está entre los 1,500 y 2,000 msnm.

4.4.2. Geología.

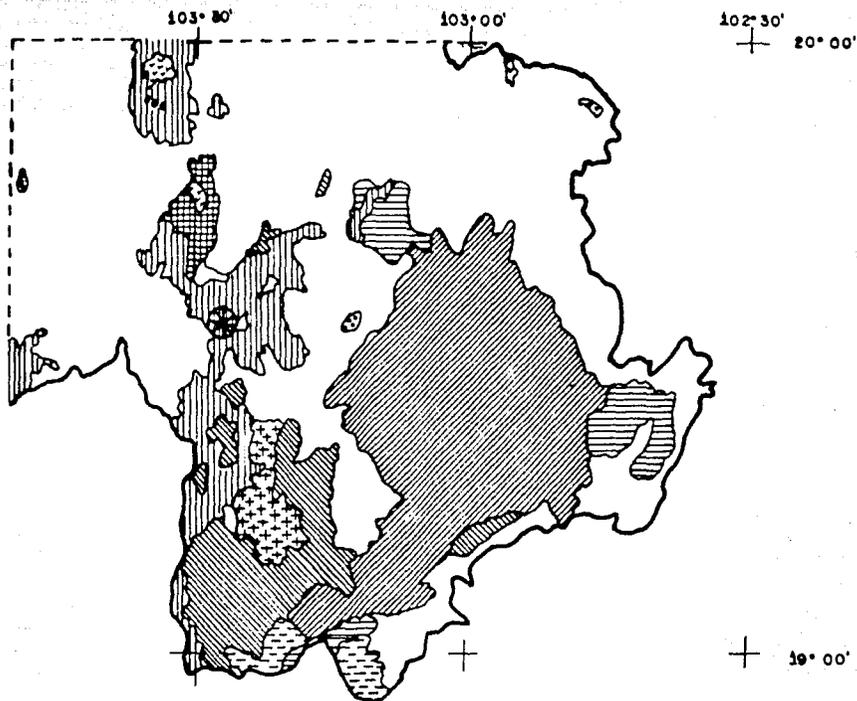
La cartografía de INEGI (Figura 6), los trabajos de Aguilera (1955 y 1962) Maldonado-Koerdell (1956), Cserrna, Mosiño y Benassini (1974), Bassols (1977), Fough (1976) y



ESC. 1:1 000 000

CLAVE	BOSQUE	CLAVE	BOSQUE
	Bosque de Oyamel		Bosque de Encino-Pino
	Bosque de Pino		Bosque de Encino
	Bosque de Pino-Encino		Bosque Mesófilo de Montaña
			Atenquique, Jalisco.

Figura 5. Bosques del área (INEGI, 1981)



ESC. 1:1 000 000

CLAVE	ROCAS	CLAVE	ROCAS
	Metamórficas del Jurásico		Igneos Intrusivos del Terciario
	Igneas Intrusivas del Cretácico		Igneas Extrusivas del Terciario
	Sedimentarias Clásticas del Cretácico		Sedimentarias Clásticas del Terciario
	Químicas del Cretácico		Sedimentarias Clásticas del Cuaternario
	Clásticas-Químicas del Cretácico		Suelos Aluviales del Cuaternario



Atenquique, Jalisco.

Figura 6. Geología del área (INEGI, 1981).

Puig (1979) los recorridos de campo y los materiales identificados en laboratorio corroboran que el área de trabajo se caracteriza por tener una amplia variación de rocas pertenecientes a dos Eras: Mesozoico (periodos Cretácico inferior y superior) y el Cenozoico (periodos Terciario inferior, superior y Cuaternario).

Debido a su ubicación la zona pertenece a provincias fisiográficas (Figura 7):

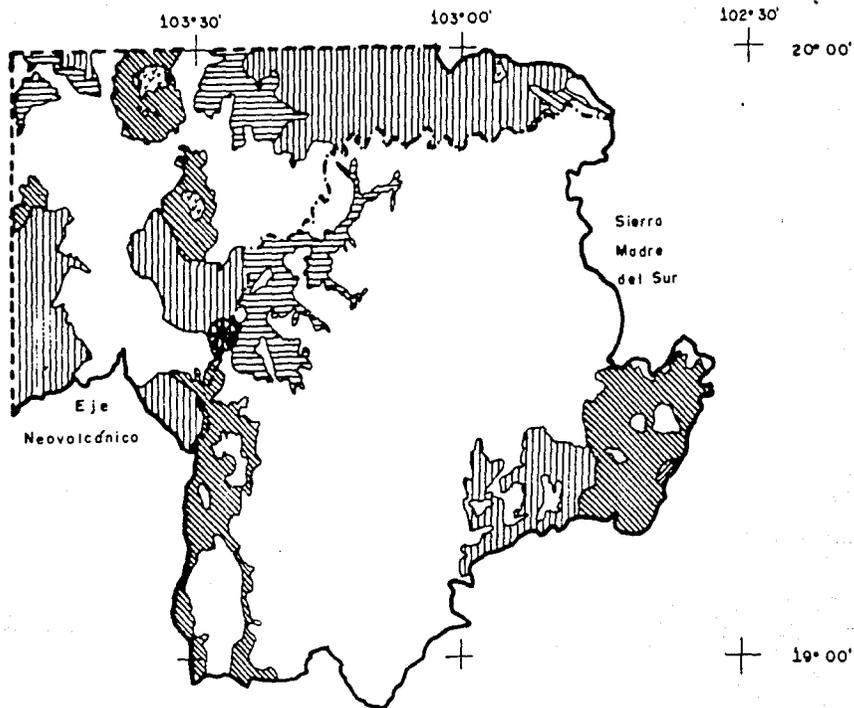
1. La Sierra Madre del Sur y
2. El Eje Neovolcánico Transversal.

La primera es de origen sedimentario y formada por plegamiento, mientras que la segunda se formó por vulcanismo. Para este trabajo se exploraron principalmente las áreas forestales templadas de ambas provincias, pero la planimetría del Cuadro 4 corresponde a toda la zona.

Cuadro 4. Superficies por tipo de geología (planimetría hecha en cartas de INEGI, 1980).

Tipo de roca y su periodo (orden por antigüedad)	Hectáreas	Porcentaje
Metamórficas del Cretácico	2,690	0.38
Basalto del Cretácico	11,225	1.41
Diorita del Terciario	9,920	1.25
Arenisca y Conglomerado del Cretácico superior	19,945	2.51
Calizas del Creta	45,170	5.69
Granito del Terciario	185,392	23.50
Andesita-Basalto del Terc. sup.	331,475	41.80
Arenisca-Conglomerado del Terciario	113,063	14.25
Basalto del Cuaternario	45,370	5.72
Aluviones del Cuaternario	27,745	3.49
TOTAL *	792,995	100.00

* Nótese que las mediciones en este trabajo, no coinciden con las reportadas por otros autores, la diferencia podría atribuirse a la contracción de la superficie arbolada por el continuo desmonte de las áreas limítrofes.



ESC. 1:1 000 000

CLAVE TOPOFORMAS

	Sierras
	Mesetas
	Lomerios

CLAVE TOPOFORMAS

	Valles
	Llanuras
	Cuerpos de agua

 Atequique, Jalisco.

Figura 7. Provincias fisiográficas y topografías (INEGI, 1981).

4.4.3. Generalidades de Tectónica.

Tomando en cuenta la evolución geocronológica del área, la dinámica se puede explicar de la siguiente manera:

Durante el Cretácico inferior -136 millones de años-, ocurrió la formación de rocas metamórficas como los esquistos (Cserna, Mosiño y Benassini 1974), cuyas fracturas superficiales ayudaron a la degradación de la roca y el clima las transformó hasta arcillas; los plegamientos y fracturas son visibles en zonas de parteaguas entre San Juan de la Montaña y Puerta Quemada, también durante este periodo quedaron expuestas las lutitas y areniscas que se observan entre Tamazula y El Veladero (Gómez-Tagle *et al Op. Cit.*).

Posterior al metamorfismo, durante el Cretácico superior (65 millones de años), se presentó la formación del batolito granodiorítico; por la intrusión de este cuerpo ocurrió un intenso plegamiento, que culminó con elevaciones como la Sierra del Halo (Cserna, Mosiño y Benassini *Op.Cit.*); en esta se observan fracturas, fallas y hundimientos, como la que da origen al Río Jilotlán o bien la que va desde Tecalitlán hasta Las Alazanas (INEGI 1984).

Del mismo periodo, en el sur y circundando al batolito, existe una zona de areniscas, conglomerados y calizas, intensamente fracturadas (INEGI 1984). Al suroeste y norte, hay una zona basáltico-andesítica con tobas ácidas, básicas e intermedias y dacita, que apareció en el Terciario superior (12 millones de años), junto con los macizos Sierra de Mazamitla, Sierra del Tigre, Cerro Prieto y Cerro del Metate (Cserna, Mosiño y Benassini *Op.Cit.* y Correa, 1974).

En toda esta formación las numerosas fracturas se hacen presentes originando escarpas y laderas abruptas (INEGI, 1984).

A este mismo periodo en su fase tardía corresponde la formación de la Serranía del Nevado de Colima, en esta, especialmente por el proceso volcánico extrusivo (Yarza, 1971), se produce un plegamiento intenso en sentido norte-sur, que dió lugar a declives amplios que por el proceso erosivo y el mismo plegamiento formaron numerosos abarrancamientos que actualmente son cauces (Mooser, 1961).

Por ser un proceso violento, el vulcanismo irrumpe en la corteza formando materiales de *novó* que cambian la secuencia estratigráfica evolutiva normal e influyen profundamente en la distribución orográfica (Arenas, 1982).

Durante el Cuaternario (tres millones de años), existieron manifestaciones importantes, como la formación basáltica al norte de Mazamitla y el Volcán del Fuego, además de una pequeña área en Venustiano Carranza. Durante este periodo ocurrió la depositación de ceniza volcánica que cubrió diferentes sitios de geología extrusiva en las Secciones I y II (Demant *et al.*, 1976).

4.4.4. Climatología

En la complicada orografía que se formó por la tectónica del área, se presentan climas muy variados que

abarcán un intervalo muy amplio, de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen modificado para la República Mexicana por García (1980), hay desde climas cálidos-secos (Awo) y templados (Cw1), hasta los fríos húmedos (ETH), en total son 11 subtipos distintos. Para una mejor comprensión se proporciona el mapa climático (Figura 8).

Se tienen 19 estaciones climáticas dentro y en la periferia del Área, su ubicación altitudinal comprende de los 650 msnm hasta los 2,200 msnm y están situadas en los valles, de tal manera que registran información climática cuyo uso es más directo en la agricultura; sin embargo los macizos forestales de mayor importancia económica se encuentran entre los 1,070 msnm y 3,300 msnm, por lo que se hizo necesario realizar ajustes altitudinales (García, 1980) para conocer, las condiciones térmicas en las que se desarrollan.

En el anexo se presenta un ejemplo de las Hojas climáticas y diagramas ombrotérmicos de la zona; a continuación se describen los climas de las zonas boscosas presentes en el Área.

Clima ETH

Pertenece al grupo de climas fríos, se encuentra entre 3,800 msnm y 4,000 msnm, su temperatura media anual va de -2°C y 5°C; el mes más cálido tiene una temperatura que varía entre 0°C y 6.5°C; presenta una breve estación de crecimiento para plantas (líquenes, musgos, helechos, gramíneas y pinares de las especies *P. rudis* y *P. hartwegii*); es común la depositación de nieve, en el Área de trabajo solamente se presenta en la parte más alta del Nevado de Colima.

Clima C(w2)x'b'

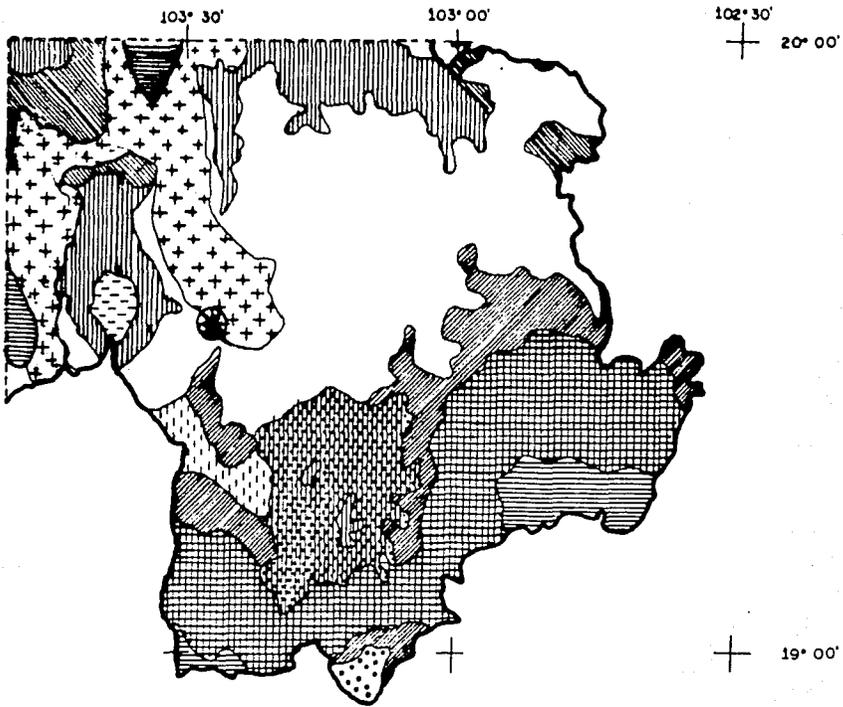
Pertenece al subgrupo templado subhúmedo, su precipitación anual es superior a 1,200 mm distribuidas durante el año; su temperatura media anual está entre 12°C y 18°C, el mes más cálido está entre 6.5°C y 22°C y ocurre antes del solsticio de verano, este es largo y fresco. Se localiza en la parte media del Volcán y Nevado de Colima.

Clima C(w2)(w)b(e)

Corresponde al subgrupo templado subhúmedo, es el más lluvioso de ellos, su temperatura media anual oscila entre los 12°C y los 18°C, con verano fresco y largo; su oscilación térmica está entre 7°C y 14°C, por lo que es extremoso; el régimen de lluvias es de verano y el registro medio es 1,300 mm anuales, el porcentaje de lluvia que cae durante el invierno es inferior al 5% (30 mm); está ampliamente distribuido hacia la Sierra del Tigre y Mazamitla.

Clima C(w2)(w)b(i')g

Templado subhúmedo, con aproximadamente 1,200 mm de precipitación anual; su temperatura media está entre los



ESC. 1: 1 000 000

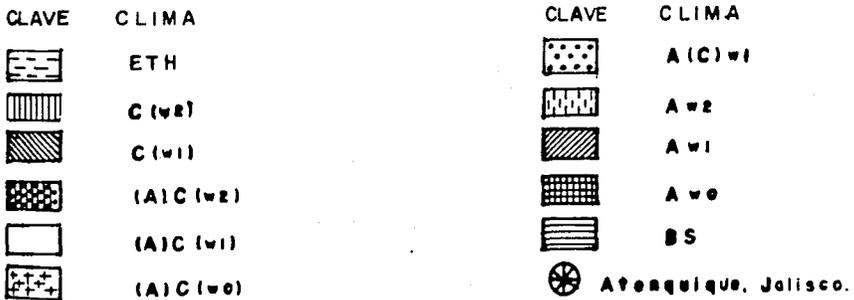


Figura 8. Clima del área (INEGI, 1981)

12°C y 18°C, el verano es fresco y largo debido a la presencia de las lluvias; su oscilación térmica es baja (entre 5°C y 7°C); Se presenta en las estribaciones del Volcán y Nevado de Colima.

Clima Cw1(w)(i')

Del grupo templado subhúmedo, con lluvias de verano cercanas a los 1,000 mm anuales, su lluvia invernal es de 4.4%; tiene poca oscilación térmica. Este clima se presenta en la Sierra del Halo, que latitudinalmente está más al sur que la Cd. de Colima, pero con una altitud media de 2,550 m.

Clima (A)Cw2(w)(i')g

Pertenece al subgrupo de los semicálidos, es el más fresco de ellos, con temperatura media anual mayor a 18°C y el mes más frío menor a 18°C; es el más húmedo del subgrupo, con precipitación en el verano, el cual es fresco; la isoyeta que lo delimita es la de 1000 mm; tiene poca oscilación térmica (5° a 7°C), la marcha de temperatura es tipo Ganges, donde el mes más caliente es mayo. Se localiza en San Juan de la Montaña y Puerta Quemada.

Clima A(C)w1(w)a(i')g

Es semicálido subhúmedo, con lluvias de verano e inferiores a 1,000 mm; su temperatura media anual es menor a 22°C, pero el mes más frío está por arriba de los 18°C y el más cálido es superior a 22°C; tiene poca oscilación térmica y un porcentaje de lluvia invernal inferior al 5% del total. Se localiza al sur del Nevado de Colima y cubre casi el 50% de la Sierra de Tecalitlán-Mexiquillo, en la Sección III.

5. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Suelos

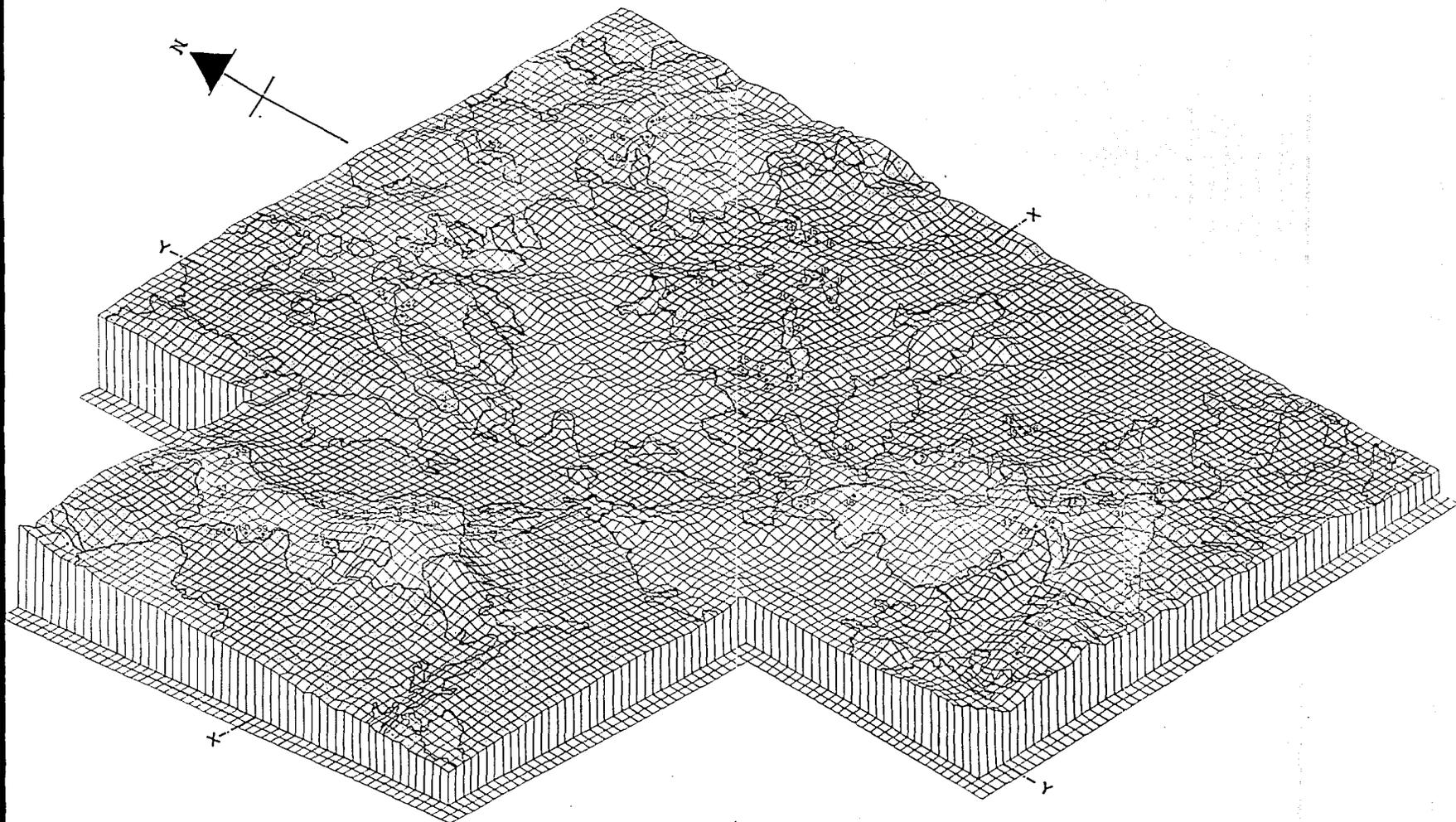
Generalidades por Sección de ordenación.

La formación de suelos depende de cinco factores (material de origen, clima, organismos, pendiente y tiempo). En el Área de trabajo la formación más antigua, es del Cretácico inferior, representada por esquistos, lutitas y areniscas; en la que actualmente domina un clima A(C)(w1), está fuertemente asociada con Alfisoles y Entisoles, por su altitud y exposición esta Área corresponde a la Sección III, ocupando partes del centro-norte y sur (Ahuijulio); los sitios estudiados mostraron que en parteaguas y talud, no se presenta un desarrollo considerable (los horizontes B están poco diferenciados), en cambio en las barrancas profundas hay un desarrollo mejor, además de acumularse material de derrubio (sitios 11, 13, 12 del cuadro 5, figura 9).

Por otro lado, en un 90 %, de los derivados de material granítico formado en el Cretácico, se presentan tanto Inceptisoles blancuzcos con elevada pedregosidad, como Alfisoles arcillosos y enrojecidos, en las zonas del Chilacayote y Palos Altos; también hay Entisoles, lo cual sugiere que las condiciones climáticas de formación deben haber sido distintas, (más cálidas y con mayor precipitación en las áreas con Alfisoles); actualmente hay Inceptisoles y Alfisoles en áreas de clima templado sin grandes diferencias topográficas y la zona de Entisoles se encuentra, ahora, en un clima semicálido y subhúmedo.

Partiendo del hecho de que la riqueza de nutrimentos y propiedades físicas están en función del material parental, se puede inferir que las cantidades de calcio y magnesio que ascienden a 20 y aún a 30 meq/100 g, están relacionadas con los feldespatos y la biotita graníticos (sitios 4 y 33, figura 7).

En el 85 % de la Sección II y una reducida Área al norte de la Sección III, a partir de materiales del Terciario se desarrollaron Alfisoles, Entisoles e Inceptisoles derivados de andesita y basalto. Desde el punto de vista físico y de manera general, la mayoría de estos suelos son de textura migajosa, habiendo una minoría de suelos pedregosos. Sin embargo durante el Cuaternario como resultado del vulcanismo, se produjeron depósitos de ceniza volcánica y estos suelos fueron cubiertos parcialmente, del arroyo se originaron los Andepts en la zona; posiblemente a esto se debe la presencia del subsuelo arcilloso, con alta captación hídrica; ellos tienen -desde luego- la buena aireación, drenaje, excelente retención de humedad, son buen medio para el desarrollo de la biota del suelo, etc. característica de los Andepts; esto se traduce en un efecto benéfico para el crecimiento de las coníferas que responden con buenos incrementos y alta regeneración natural, como en El Cucharero, Dos Aguas, San Gregorio, y El Calaque (sitios 1, 2, 45, 48 del cuadro 5, figura 9).



CLAVE SUELO

	ALFISOL
	ENTISOL
	INCEPTISOL
	AREA AGRICOLA

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS

CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS
DE MICHOACAN CAMPO EXPERIMENTAL A URUAPAN

PROGRAMA: **USO MULTIPLE**
REGION: Unidad de Administración Forestal- ATENQUIQUE
FISIOGRAMA DE: SUELOS
RETICULA: 1000 x 1000 mis

ELABORO:	REVISO:
ING. IGNACIO SEGOVIA C.	M.C. ALBERTO GOMEZ TABLA ROMAS
APPROBO:	APPROBO:
MIG. MARIANO MORA VAREAS	M.C. EDUARDO VAZQUEZ COLLADO
URUAPAN, MICH., MAYO-88	

Cuadro 5 . Relación de suelo, altitud, sección, clima, roca y posición en la pendiente.

Subgrupos de suelos	Altitud msnm	Secc.	Clima	Roca	Posición
1 Entic Eutrandept	2,110	II	C(w2) (w)	Andesita	Parteag.
2 Typic Paleudalf	1,760	II	C(w2) (w)	Andesita	Talud
3 Typic Eutrandept	1,870	II	C(w2) (w)	Toba ac.	Talud
4 Typic Ustochrept /Lithic Ustropept	1,630	III	Cw1 (w)	Granito	Cañada
5 Oxíc Haplustalf	1,630	III	Cw1 (w)	Andesita	Parteag.
6 Lithic Haplustalf	1,550	III	A(C)w1	Andesita	Talud
7 Lithic Ustorthent	1,370	III	A(C)w1	Riodacita	Parteag
8 Umbric Vitrandept	3,300	I	Cw2x'b'	Andesita	Talud
9 Udic Eutrandept	2,600	I	C(w2) (w)	Toba And	Talud
10 Udic Eutrandept	1,900	I	C(w2) (w)	Toba And	Cañada
11 Oxíc Haplustalf	1,810	III	(A)Cw2	Esquisto	Parteag.
12 Oxíc Rhodustalf	1,725	III	(A)Cw2	Basalto	Talud
13 Typic Ustorthent	1,600	III	A(C)w1	Granito	Cañada
14 Oxíc Haplustalf	1,810	III	(A)Cw2	Bre.Sed.	Parteag.
15 Lithic Ustorthent	1,790	III	(A)Cw2	Esquisto	Talud
16 Typic Udorthent	1,650	III	A(C)w1	Esquisto	Cañada
17 Rhodudalf *	1,680	III	A(C)w1	Esquisto	Cañada
18 Lithic Ustropept	1,800	III	(A)Cw2	Pizarra	Talud
19 Ultic Hapludalf	1,780	III	(A)Cw2	Granito	Parteag.
20 Typic Ustorthent	1,650	III	A(C)w1	Toba And	Parteag.
21 Rhodudalf *	1,780	III	(A)Cw2	Toba And	Talud
22 Udic Haplustalf	1,715	III	(A)Cw2	Toba And	Parteag.
23 Lithic Ustorthent	1,400	III	A(C)w1	Granito	Talud
24 Typic Ustorthent	1,380	III	A(C)w1	Granito	Cañada
25 Typic Ustropept	1,200	III	A(C)w1	Granito	Cañada
26 Andic Ustochrept	1,680	III	A(C)w1	Andesita	Parteag.
27 Andic Ustochrept	1,500	III	A(C)w1	Riolita	Talud
28 Typic Ustorthent	1,320	III	A(C)w1	Granito	Cañada
29 Lithic Tropudalf	2,100	III	Cw1 (w)	Andesita	Parteag.
30 Lithic Hapludalf	1,900	III	A(C)w1	Andesita	Parteag.
31 Oxíc Tropudalf	2,030	III	Cw1 (w)	Andesita	Talud
32 Typic Vitrandept	2,550	III	C(w1)w	Granito	Parteag.
33 Typic Tropudalf	2,180	III	C(w1)w	Granito	Talud
34 Lithic Ustorthent	1,360	III	A(C)w1	Granito	Parteag.
35 Lithic Ustorthent	1,070	III	A(C)w1	Granito	Talud
36 Lithic Ustorthent	1,210	III	A(C)w1	Granito	Talud
37 Typic Tropudalf	1,930	III	C(w1)w	Riolita	Parteag.
38 Typic Hapludalf	1,730	III	(A)Cw2	Toba And	Talud
39 Udic Rodustlaf	1,440	III	A(C)w1	Andesita	Cañada
40 Andeptic Udorthent	1,740	III	(A)Cw2	Andesita	Talud
41 Typic Dystrandept	1,950	II	C(w2) (w)	Toba Bas	Parteag.
42 Rhodudalf *	1,630	II	C(w2) (w)	Andesita	Cañada
43 Ultic Hapludalf	1,870	II	C(w2) (w)	Basalto	Cañada
44 Typic Tropudalf	2,000	II	C(w2) (w)	Basalto	Parteag.
45 Typic Dystrandept	2,370	II	C(w2) (w)	Toba Bas	Parteag.
46 Rhodudalf *	2,250	II	C(w2) (w)	Andesita	Cañada

Cuadro 5. continuación.

47 Typic Udorthent	2,055	II	C(w2) (w)	Andesita	Cañada
48 Typic Dystrandept	2,200	II	C(w2) (w)	Toba And	Cañada
49 Udic Eutrandedpt	2,200	II	C(w2) (w)	Toba Bas	Talud
50 Udic Eutrandedpt	2,300	II	C(w2) (w)	Toba Int	Parteag.
51 Entic Eutrandedpt	2,125	II	C(w2) (w)	Toba And	Talud
52 Entic Dystrandept	1,990	II	C(w2) (w)	Basalto	Parteag.
53 Entic Eutrandedpt	2,230	I	C(w2) (w)	Andesita	Parteag.
54 Entic Eutrandedpt	2,190	I	C(w2) (w)	Toba Aci	Talud
55 Udic Eutrandedpt	2,005	I	C(w2) (w)	Bre.And.	Cañada
56 Typic Dystrandept	2,400	I	C(w2) (w)	Bre.And.	Parteag.
57 Typic Dystrandept	2,200	I	C(w2) (w)	Bre.And.	Talud
58 Andeptic Udorthent	2,100	I	C(w2) (w)	Bre.And.	Cañada
59 Typic Eutrandedpt	1,910	I	C(w2) (w)	Andesita	Parteag.
60 Entic Eutrandedpt	1,790	I	C(w2) (w)	Bre.And.	Talud
61 Typic Udorthent	1,650	I	C(w2) (w)	Bre.And.	Cañada

* Los subgrupos de los Rhodudalf no están definidos.

Finalmente en la Sección I se localizan los Andept mejor desarrollados del área, en ellos al igual que en la Sección II, la ceniza volcánica fina cayó principalmente sobre roca andesítica y basáltica (sitios 8, 9, 10, 53 y 54 del cuadro 5, figura 9), pero las capas formadas son mas gruesas, así que las propiedades de humectación, infiltración, mezcla organo-mineral del complejo coloidal de alofano y buen drenaje del suelo, en combinación con el efecto altitudinal permitieron el establecimiento y excelente desarrollo de las coníferas.

En el Cuadro 6 se observa que el Orden de suelos con

Cuadro 6. Clasificación de suelos en Soil Taxonomy (USDA, 1975).

Orden	Suborden	Gran grupo	Perfiles
Entisol	Orthent	Ustorthent	7, 13, 15, 20, 23, 24, 28, 34, 35, 36.
		Udorthent	16, 40, 47, 58, 61.
Inceptisol	Andept	Eutrandedpt	1, 3, 9, 10, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 59, 60.
		Dystrandept	41, 45, 48, 52, 56, 57.
		Vitrandedpt	8, 32.
	Tropept	Ustropept	18, 25.
	Ochrept	Ustochrept	4, 26, 27.
Alfisol	Udalf	Paleudalf	2.
		Hapludalf	19, 38, 43.
		Rhodudalf	17, 21, 42, 46
		Tropudalf	29, 31, 33, 37, 44.
	Ustalf	Haplustalf	5, 6, 11, 14, 22, 30.
		Rhodustalf	12, 39.

mayor intensidad de muestreo fué el de los Inceptisoles, 25 sitios descritos, de los cuales 20 corresponden al Suborden Andept.

El perfil 45 es representativo de los Andepts (Figura 10, análisis en el anexo), se abrió al sureste de Mazamitla, en la Sección II, aproximadamente a un Km de Dos Aguas, a 2,370 msnm, en parteaguas con 12 % de pendiente y 70 % de cobertura arbórea de pino-encino, con *Pinus douglasiana*, *P. devoniana*, *Quercus crassifolia*, *Q. castanea* y *Arbutus glandulosa*; en el estrato arbóreo además de estas especies se presentan *Crataegus mexicana*, *Ostrya virginiana*, *Buddleia cordata*, *Clethra mexicana* y *Prunus serotina*.

En el arbustivo: *Conarostaphylis discolor*, *Xylosma flexuosum*, *Acacia angustissima* (+), *Solanum hirsutum*, *Buddleia sessiflora* (+), *Ternstroemia lineana* subsp. *lineata*, *Baccharis heterophylla* y *Phytolacca icosandra* (+).

En el estrato herbáceo se encontraron: *Geranium lilacium*, *Perezia hooveri*, *Festuca amplissima*, *Stipa virescens*, *Cirsium ehrenbergii*, *Smilax* sp., *Lupinus montanus*, *Eryngium cymosum*, *Pteridium aquilinum* (+), *Monnina xalapensis*, *Rubus* sp., *Agave* sp., *Gnaphalium* sp. y *Adiantum* sp.

Este perfil (Typic Dystrandept) deriva de tobas y cenizas, sus horizontes son:

- O1** 7 a 5 cm, capa de hojarasca.
- O2** 5 a 0 cm, capa de material orgánico parcialmente degradado, separada del suelo mineral.
- A11** 0 a 8 cm, de color pardo muy oscuro (10YR2/2) en húmedo; densidad aparente de 0.67 g/cm³; con textura de migajón arenoso (46 % de arena, 46 % de limo y 8 % de arcilla), con estructura microgranular; de consistencia friable en húmedo y no pegajosa en mojado; no plástica; con abundantes raíces finas y delgadas; moderadamente ácida (pH 5.45); con alto contenido de materia orgánica (12.12 %) y elevada concentración de cationes intercambiables, dominando el calcio con 8.25 meq/100 g; muy rica en alofano.
- A12** 8 a 25 cm, de color pardo rojizo oscuro (5 YR 3/2) en húmedo; densidad aparente de 0.68 g/cm³; con estructura granular bien desarrollada; moderadamente compacto (1.5 Kg/cm²); friable en húmedo, no pegajoso y no plástico en mojado; con abundantes raíces finas, delgadas y medianas; con textura de migajón arenoso (46 % de arena, 46 % de limo y 8 % de arcilla), con menos de 3 % de arenas gruesas; ligeramente ácida (pH 6.0); con contenido medio de materia orgánica (6.23 %) elevada presencia de alofano.
- AB** 25 a 97 cm, en húmedo es pardo oscuro (7.5 YR 3/4), con densidad aparente de 0.72 g/cm³; con estructura en parte granular y en parte subangular; de consistencia friable en húmedo, ligeramente pegajosa en mojado; con 7%

(+) Plantas indicadoras de disturbio.



Figura 10. Perfiles de suelo representativos del área de trabajo

- a) Typic Dystrandept
- b) Rhodúdal f
- c) Lithic Ustorthent



de arena gruesa y textura de migajón limoso (36 % de arena, 54 % de limo y 10 % de arcilla); compactación de 1.5 Kg/cm²; con abundantes raíces, delgadas, medias y gruesas; moderadamente ácido (pH 6.4), pobre en materia orgánica (2.02%) y muy rica en alofano.

IIA 97 a 152 cm, de color negro (10 YR 2/1) en húmedo; con densidad aparente de (0.71 g/cm³); su compactación es moderada (2.25 Kg/cm²); sin arena gruesa, con textura de migajón arenoso (62 % de arena, 33 % de limo y 5 % de arcilla); sin estructura; no pegajoso, no plástico; con pocas raíces, delgadad, medias y gruesas; moderadamente ácido (pH 6.4); con alto contenido de materia orgánica (10.23 %) y muy rico en alofano.

IIAC 152 a 210 cm, de color pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; baja densidad aparente (0.71 g/cm³); moderadamente compacto (2.5 Kg/cm²); las raíces son muy raras, gruesas o muy gruesas; con abundantes tobas, el material fino tiene textura de migajón arenoso (64 % de arena, 31 % de limo y 5 % de arcilla); casi neutro (pH 6.5); el contenido de materia orgánica es de 2.49 % y altas concentraciones de alofano.

El segundo lugar en frecuencia lo ocupan los Alfisoles con 21 perfiles, a continuación se describe un perfil típico, el número 17 (Figura 10, análisis en el anexo) ubicado a 1,680 msnm, en la Sección III, en el Área de San Juan de la Montaña, aproximadamente 20 Km al sur de la población del mismo nombre, en la barranca El Tejacote. Tiene una cobertura arbórea del 75 %, no presenta erosión aparente, la vegetación es bosque de encino-pino, con *Quercus magnoliifolia*, *Q. rugosa*, *Q. scytophylla* y *Pinus maximinoi*.

Además de las ya mencionadas, las especies más conspicuas por estrato son:

Arboreo. *Clethra* ssp. *lanata*, *Carpinus caroliniana*, *Alnus* sp., *Symplocos prinosphylla* y *Ostrya virginiana*.

Arbustivo. *Eupatorium wairatianum*, *Heterocentron mexicanum*, *Ternstroemia lineata* subsp. *lineata*, *Baccharis conferta* (+), *Acacia farnesiana* (+), *Ferdinanda eminens*.

Herbáceo. *Agave* sp., *Salvia thyrsoiflora*, *Paspalum distichum*, *Sporobolus indicus*, *Crotalaria longirostrata*, *Cirsium* sp., *Vitis tilifolia*, *Clematis dioica* y *Suaeda* sp.

El suelo deriva de esquistos, se encuentra en la parte baja de la geoforma y aunque tiene un 30 % de pendiente la profundidad del *solum* es de 73 cm, no hay horizontes enterrados hasta los 210 cm observados.

Las capas u horizontes del perfil (Rhodudalf) son:

- O1** 15 a 3 cm, capa de hojarasca muy entreverada.
O2 3 a 0 cm, capa de material orgánico parcialmente degradado, separada del suelo mineral.
A 0 a 25 cm, cuyo color en húmedo es pardo intenso (7.5 YR 4/6); su textura es de migajón arcilloso (29 % de arena, 35 % de limo y 36 % de arcilla); su consistencia en húmedo es firme, muy pegajosa y muy plástica en mojado; hay escasa formación de nódulos rojizos muy

pequeños (de aproximadamente 1 mm de diámetro); aunque la humedad a capacidad de campo es buena (23.36 %), el porcentaje de agua aprovechable es de solamente 7.58%; tiene una compactación superior a los 4.5 Kg/cm²; moderada cantidad de raíces, delgadas y medias; es ligeramente ácida (pH 5.8); la cantidad de materia orgánica baja (1.33 %); su saturación de bases es buena (56.52%) dominando el catión calcio (3.58 meq/100 g).

Bt 25 a 73 cm, el color en húmedo es rojo (2.5 YR 5/8); su compactación en seco es alta (mas de 4.5 Kg/cm²); con pocas raíces, medias y gruesas; su consistencia en húmedo es firme y en mojado pegajosa y muy plástica; su estructura es subangular, bien desarrollada, con evidentes argilanes; su pH es 6.0; la concentración de calcio es de 3.49 meq/100 g; presenta una mayor acumulación de magnesio (3.20 meq/100 g) y es pobre en materia orgánica (0.6 %).

C 73 a 210 cm, material bastante intemperizado, en el cual hay pequeños fragmentos de esquistos reconocibles, el color dominante en húmedo es el rojo (2.5 YR 4/8), aunque presenta tonalidades crema y rosadas (7.5 YR 8/2 y 7.5 YR 8/4); con más del 70 % de gravas y gravillas; respecto al material fino su consistencia en seco es dura, en húmedo firme y pegajosa en mojado, es plástico; moderadamente ácido (pH 6.2); con escasas raíces, muy gruesas.

El tercer lugar en abundancia de muestreo corresponde al Orden Entisol, con 15 perfiles descritos; aquí se presenta la descripción del número 34 (Figura 10, análisis en el anexo). El perfil deriva de granito, está ubicado en la Sección III, en el Área de Huapala, en el paraje El Fedregal, a 1,350 msnm, en parteaguas, con una pendiente del 50 %, con evidencias de erosión laminar incipiente, con sobrepastoreo e incendio no muy reciente; debido a estos disturbios el bosque de pino-encino está abierto, tiene un estrato arbustivo poco aparente y con hierbas escasas, predominando las gramíneas; las especies por estratos son las siguientes:

Arbóreo. *Pinus devoniana*, *P. oocarpa*, *Quercus aff. conspersa*, *Q. praineana* y *Clethra mexicana*.

Arbustivo. *Acacia farnesiana*, *Verbesina fastigiata* (+), *Baccharis heterophylla* y *Calliandra grandiflora*.

Herbáceo. *Marina diffusa*, *Rhynchosia sp.*, *Eriocoma grandiflora*, *Setaria geniculata*, *Calea zacatechichi*, *Brickellia pacayensis*, *Aristida hintonii*, *A. apressa*, *Aeschynomene picta*, *Eupatorium adenospermum*, *Desmodium scorpioides*, *Gnaphalium nubicola* y *Pteridium aquilinum* (+).

Los horizontes del perfil (Lithic Ustorthent) son los siguientes:

O 15 a 0 cm, capa de hojarasca.

AC 0 a 25 cm, color en húmedo pardo oscuro (10 YR3/4), con fragmentos de arena clara; con textura de migajón arenoso (71 % de arena, 19 % de limo y 10 % de arcilla); de estructura granular; de consistencia firme

en húmedo y ligeramente pegajoso en mojado, moderadamente plástico; la humedad a capacidad de campo es de 16.11 %, pero la humedad aprovechable es relativamente alta (11.35 %); su compactación es muy alta (mas de 4.5 Kg/cm²); con pocas raíces, finas, delgadas y medias; es moderadamente ácida (pH 6.1); el contenido de bases materia orgánica es de 1.72 % y la saturación de bases muy alta (82.92 %), debido en parte a la baja capacidad de intercambio catiónico (8.55 meq/100 g) y en parte a la concentración de calcio (3.92 meq/100 g) y magnesio (2.57 meq/100 g).

- C 25 a 124 cm, de color pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo; con textura de migajón arenoso gravoso (43 % de gravillas, 35 % de arena, 14 % de limo y 8 % de arcilla); el material fino es de consistencia firme en húmedo y ligeramente pegajoso y plástico en mojado; la humedad a capacidad de campo es de 19.45 %, pero la humedad aprovechable es de 7.28 %; su compactación es superior a 4.5 Kg/cm²; con muy escasas raíces y moderadamente ácido (pH 6.0).

5.2. Dasonometría.

Las características de crecimiento de las coníferas, se presentan en las curvas de Índice de sitio (Figura 11) para siete especies encontradas en el Área; de otras como *Pinus herrerae*, *P. rudis* y *P. hartwegii*, no fue posible elaborar las curvas porque la primera es muy escasa y las dos últimas tienen una distribución muy localizada (en la parte alta del Nevado de Colima).

Nótese que hay fuertes diferencias de crecimiento entre las especies, aunque en todos los casos se hicieron tres calidades de estación, los crecimientos a una misma edad son distintos, siendo los mas altos los correspondientes a *Pinus pseudostrobus*, *P. douglasiana*, *P. leiophylla* y *Abies religiosa* y las curvas mas bajas las de *P. oocarpa*.

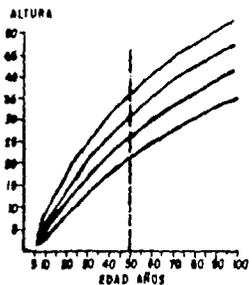
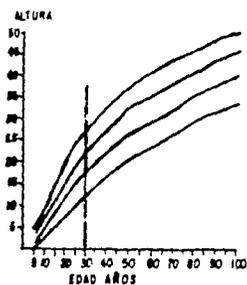
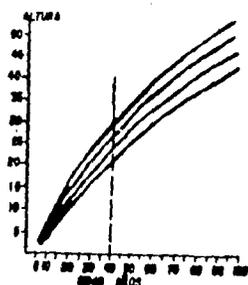
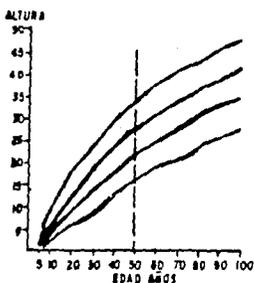
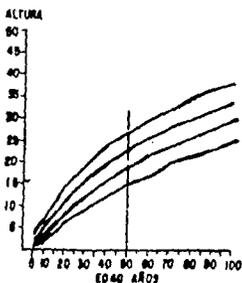
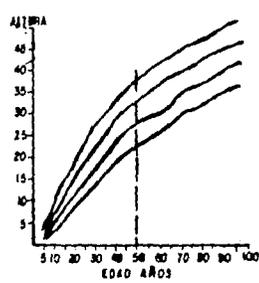
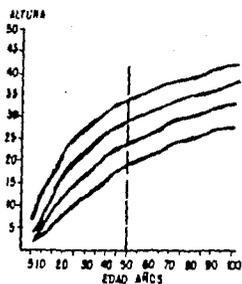
Por otra parte los datos dasonométricos tomados hacia los cuatro puntos cardinales en la cercanía de cada perfil de suelo, se sintetizaron y se obtuvo la media de crecimiento por especie de conífera, por estrato y por perfil; los datos usados en el manejo estadístico son los del primer estrato por especie y por perfil.

5.3. Relación suelo árbol.

Para calificar los suelos en función del bosque maderable se usó el Índice de Storie-Wieslander (1948. In Storie 1970) en el cual se incluyen cinco factores:

1. Clima y lluvia total.
2. Profundidad y textura del suelo.
3. Permeabilidad del suelo.
4. Propiedades químicas del suelo.
5. Drenaje y escurrimiento.

En el cuadro 7, se incluye el Índice de Storie-Weislander y los Índices de sitio para las especies del estrato dominante de cada perfil.

Abies religiosa Sección IP. douglasiana Sección I y IIP. microphylla Sección IIP. devoniense Sección I y IIIP. oocarpa Sección II y IIIP. pseudostrobus Sección I y IIP. maximinoi Sección I, II y III

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Figura Curvas de Índice de Sitio para siete especies de Atenquique, Jalisco.

Fuente: Gómez-Togler et al 1988.

Cuadro 7. Comparación del Índice de Storie-Weislander (S-W) con las calidades de sitio por especie y por perfil de suelo muestreado.

Especie Perfil	Indice S-W	<i>Pinus douglasiana</i>	<i>Pinus devoniana</i>	<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinus maximoi</i>
1	30 %	III			
2	30 %	III	II	I	
3	76 %				II
4	32 %	III	II		I
5	2 %	I		I	
6	6 %	III		III	III
7	19 %			III	
10	90 %				II
11	32 %	II		II	
12	45 %	II		I	
13	8 %	II		I	
14	3 %	III		II	II
15	4 %			I	I
16	43 %	II		I	I
17	13 %	I		I	I
18	54 %	I		I	I
19	26 %	I		II	II
20	22 %		III	II	
21	18 %			II	I
22	60 %			III	
23	12 %		II		
24	12 %		II		
25	36 %		III		
26	100 %			I	I
27	77 %		II	II	
28	40 %		III		
29	18 %		III	III	II
30	32 %			II	II
31	5 %		II	II	I
33	90 %		II		I
34	18 %		II		
35	25 %		II	II	
36	25 %		II		
37	14 %				I
38	54 %				II
39	4 %			II	I
40	29 %				I
41	64 %				II
42	17 %				II
43	6 %				II
44	1 %			III	III
45	100 %	III	I		
46	15 %	II	II	I	
47	31 %	II			
48	85 %	I			
49	70 %	II			
50	30 %	III			

Cuadro 7.... continuación

51	65 %	II			
52	75 %	III	II		
53	61 %		I		
54	95 %		III		
57	71 %				I
58	95 %				I
59	8 %		II	I	II
60	80 %			I	II
61	80 %				II

Claves

Indice de Storie-Weislander		Calidad de sitio
Alto	de 75 a 100 %	Alta I
Medio	de 50 a 74 %	Media II
Bajo	de 30 a 49 %	Baja III
Sin madera	menor de 30 %	

NOTA: Los sitios no incluidos (8, 9, 32, 55 y 56) sustentan especies -*Pinus pseudostrabus*, *P. leiophylla*, *P. rudis*, *P. hartwegii*, *P. herrerae* y *Abies religiosa*- con distribución reducida.

Como puede deducirse del cuadro 7 las medidas reales del arbolado y el Índice Storie-Weislander, no tienen buena coincidencia al calificar la producción de madera, lo cual puede deberse a la diferencia de necesidades ambientales para el crecimiento de las especies estadounidenses y las mexicanas; estos resultados propiciaron el interés por identificar los factores abióticos de mayor importancia para las especies de coníferas más abundantemente muestreadas.

En el cuadro 8 y figura 12, se presenta el número de árboles muestreados por especie, estrato y sección; de aquí se desprende que las encontradas con mayor frecuencia son *Pinus douglasiana*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa* y *P. devoniana*; por lo tanto estas se convierten en las especies de mayor interés, reuniendo al resto en un grupo aparte.

Pinus douglasiana se encontró en el estrato dominante de 22 sitios, que comprenden un intervalo altitudinal de 830 m, siendo la mínima 1,550 msnm y la máxima 2,370 msnm, esto coincide con los rangos reportados por Eguiluz (1982); ocho de estos sitios están en la Sección II y el resto en la III.

En 10 sitios el clima es semicálido subhúmedo, en 12 es templado subhúmedo. En ocho sitios se aplicó el muestreo en parteaguas, en siete en talud y en ocho en cañadas; respecto al material parental, en ocho perfiles es Andesita, en tres Granito, en cuatro Esquistos, en cuatro Tobas y Cenizas volcánicas, en dos Basalto y en uno Pizarra. La profundidad del suelo va de 30 a 210 cm.

En el cuadro 9 se observa que esta especie presenta un buen desarrollo en suelos profundos y ricos como los Andept, Hapludalf y Haplustalf, pues aunque crece en otros

Cuadro B. Número de árboles de cada especie muestreados por Sección y por estrato.

Especie Estratos	Sección I			Sección II			Sección III			Total
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
<u>Abies religiosa</u>	11	11	6							27
<u>Pinus douglasiana</u>				63	52	40	39	37	33	264
<u>Pinus maximiqi</u>	30	28	22	41	34	32	96	68	64	415
<u>Pinus oocarpa</u>	5	3	2	3	8	7	63	65	54	210
<u>Pinus devoniana</u>	7	8	8	13	16	11	40	44	28	175
<u>Pinus pseudostrobus</u>	25	21	21							67
<u>Pinus leiophylla</u>	11	10	10							31
<u>Pinus herrerae</u>							10	8	7	25
<u>Pinus rudis</u>	7	6	6							19
<u>Pinus lawsonii</u>							3	3	3	9
SUBTOTALES	96	87	75	120	110	90	251	225	189	
TOTALES	285			320			665			1243

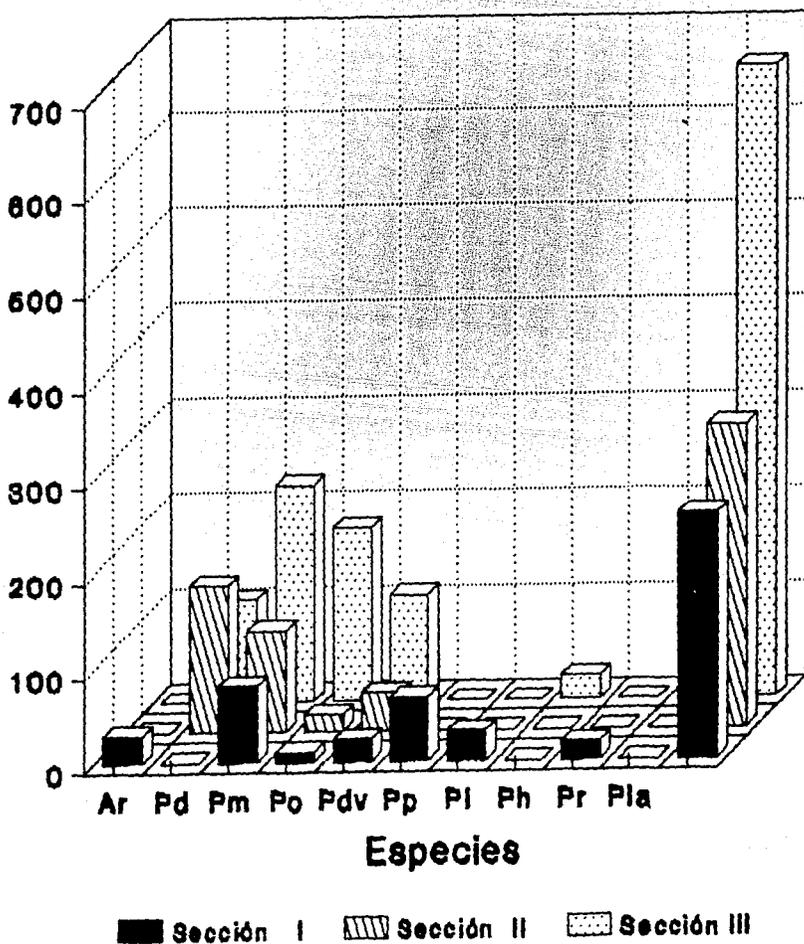


Figura 12. Número de árboles muestreados por Sección de Ordenación, en Atenquique Jalisco.

Cuadro 9. Relaciones entre especies forestales, grandes grupos de suelos, posición del sitio en la pendiente y calidad de estación.

Gran Grupo de suelos	Pinus douglasiana	Pinus maximinoi	Pinus oocarpa	Pinus devoniana	Otras spp.
Eutrandept	3p, 3p, 2t 2t	2t, 2t, 2c	1t	1p, 3t	1t, 1c, 1c
Dystrandept	3p, 3p, 1c	2p, 2p, 1t	1p	1p, 2p, 2p	1p, 1t
Vitrandept					1p, 2t
Ustropept	1t		1t	3c	1t
Ustrochept	3c	2t, 1c	1p	2t, 2c	1p
Hapludalf	2p, 3p, 3t	2p, 1p, 3p, 2t, 2c	1p, 2p, 3p 2c	2c	
Haplustalf	2p, 3p, 3t	2p, 2p, 3t	2p, 2p, 3p 2p, 3t		
Rhodudalf	1c	1t, 1c, 2c	2t, 1c		
Rhodustalf	2t	1c	2c		
Paleudalf	3t		1t	2t	
Tropudalf		2p, 1t	3p, 2t, 1t	3p, 2t, 2t 2c	2t
Udorthent	2c	1t	3p, 2p, 2p 1t, 1c, 2c	3p, 2p, 2t 2t, 3c, 2c	1c
Ustorthent	2c, 2c	1t, 1c, 1c, 2c	1c		

Clave: 1= calidad de estación I o alta
 2= calidad de estación II o media
 3= calidad de estación III o baja
 p= posición en parteaguas.
 t= posición en talud.
 c= posición en cañada.

Inceptisoles, Alfisoles y en Entisoles, esto solo ocurre cuando están en taludes o cañadas.

Pinus devoniana, se registró en 19 sitios, dentro del estrato dominante; sus altitudes van de 1,070 msnm a 2,370 msnm (intervalo de 1,300 m), la altitud mínima es inferior por 130 m a la reportada por Eguiluz (1982). De los 19 perfiles, tres están en la Sección I, cuatro en la II y 12 en la III.

En cuanto a clima, ocho sitios pertenecen al subtipo semicálido y 11 al templado. Seis sitios están en parteaguas, siete en talud y seis en cañada. El material parental más frecuente es el Granito con ocho sitios, después la Andesita con cinco, cuatro provienen de Tobas y Cenizas volcánicas y solamente uno de Basalto y otro de Felsita.

Del cuadro 11 se deduce que la calidad de estación de esta especie parece estar más ligada al agua disponible, nótese que es mejor en los Inceptisoles profundos, que cuando está presente en otros Inceptisoles es preferentemente en cañadas y que tanto en Alfisoles como en Entisoles solo se presenta en los que tienen régimen údico.

Pinus oocarpa, forma parte del primer estrato en 28 perfiles; asentados entre los 1,070 msnm y los 2,250 msnm, lo que comprende un intervalo altitudinal de 1,180 m, que concuerda con lo reportado por Eguiluz (1982). Esta especie es más frecuente en la Sección III, 22 sitios, escasa en la I, dos lugares, y cuatro sitios en la II.

La mayor intensidad de muestreo se aplicó dentro del clima semicálido, 19 perfiles; en el templado solo se trabajaron nueve sitios. Se presenta más comúnmente en parteaguas, 12 veces, que en talud, 11 sitios, o en cañada, cinco lugares.

La especie se distribuye sobre suelos formados en todos los materiales parentales detectados en el área, la frecuencia fue, 10 en Andesita cuatro en Esquistos, tres en Granitos, dos en Tobas, dos en Pizarras, dos en Pórfidos, dos en Basalto, uno en Brecha Sedimentaria y otro en Brecha Volcánica.

La profundidad de los suelos en los cuales se desarrolla va de 20 a 157 cm; se le registró en todos los Grandes Grupos de suelos, se presenta escasamente en Inceptisoles, aunque siempre con calidad de estación alta; es abundante en Alfisoles y Entisoles, en los cuales puede tener todas las calidades; observese que esta especie no presenta calidad baja en las cañadas.

A *Pinus maximoi* se le encontró en el primer estrato de 29 perfiles, con un intervalo altitudinal de 760 m, de 1,440 msnm a 2,200 msnm, la menor altitud es ligeramente inferior a la reportada por Eguiluz (1982); corresponden a la Sección I seis sitios, cinco a la segunda y 18 a la tercera.

El clima es semicálido en 16 sitios, en 13 es templado; respecto a la posición en la geoforma tenemos nueve en parteaguas, 11 en talud y nueve en cañada. El material de origen más frecuente en los suelos que sustentan esta especie fue Andesita, ocho sitios, le siguen las Tobas y Cenizas Volcánicas con seis perfiles, el Granito y los Pórfidos con tres sitios cada uno, luego la Brecha Sedimentaria, la Brecha Volcánica, el Basalto y los Esquistos con dos sitios cada uno y finalmente la Fizarra con uno.

Esta especie es más frecuente en los Hapludalf, Haplustalf, en los Andept y en los Ustorthent; llama la atención la alta calidad que alcanza en las cañadas de estos últimos.

5.4. Modelaje.

Con el propósito de identificar los factores que más influyen en el crecimiento en altura de árboles de 50 años con la información de suelos y fisiografía, se diseñó una matriz de datos por especie y se sometió al análisis estadístico. Los mejores modelos se presentan a continuación:

En el cuadro 10 se observa que para *Pinus douglasiana*, las variables físicas (Limo del horizonte A, Capacidad de campo y compactación del mismo, densidad real del horizonte B) más relacionadas con el parámetro Altura a 50 años están asociadas con la retención de agua. Resulta interesante detectar que el aumento en la retención de humedad del horizonte A o el aumento en la densidad real o compactación del horizonte B influyen negativamente en el desarrollo del arbolado; estos cambios disminuyen el drenaje del suelo y la aireación de las raíces, lo cual posiblemente hace decrecer la eficiencia de la micorrización; esto coincide con las observaciones de Coile (1952) y Carmean (1961).

Por otra parte, para esta especie el mayor número de variables incluidas en el modelo son químicas (Ca⁺⁺ del horizonte A, pH del horizonte B, S.B. *solum*, Mg⁺⁺ *solum*, CIC, SR, de todo el perfil); el aumento en CICT o en SR total, también tienen una influencia negativa, el efecto del último factor se encuentra, probablemente, relacionado con la riqueza en feldespatos y biotita del granito del Área de Tecalitlán y San Juan de la Montaña donde los suelos son muy someros; sin embargo el aumento del calcio, magnesio, pH y saturación de bases del *solum* influyen positivamente; tal vez porque esta vegetación tiene su mejor expresión en condiciones ligeramente ácidas, y a que los nutrientes tienden a lixiviarse de las capas superficiales, pudiendo convertirlos en factores limitantes para el desarrollo del árbol.

Cuadro 10. Modelo múltiple para explicar la altura a 50 años de *Pinus douglasiana* en Atenquique, Jalisco.

Alt. a 50 años = 51.49873 - 0.31253 (Capacidad de campo ho. A) + 4.11967 (pH ho. B) - 0.80915 (CICT) 0.34608 (Compactación ho. A) - 0.47419 (SB total) + 0.30257 (Mg++ *solum*) + 0.57909 (Ca++ ho. A) + 0.19787 (Limo del ho. A) + 0.27648 (Saturación de bases del *solum*) - 9.02812 (Densidad real ho. B).

R² = 0.96618 R² ajustada = 0.93544
 Error Std. = 0.99853 Significativo al 99 %

Cuadro 11. Modelo múltiple para explicar la altura a 50 años de *Pinus devoniana* en Atenquique, Jalisco.

Alt. a 50 años = - 6.18460 + 0.15191 (% Sat. de agua ho. B) + 0.11733 (% pendiente) - 0.01216 (Profundidad total en cm) + 0.495 (Exposición en grados) - 1.17454 (Lámina de agua aprov. ho. A) + 3.36028 (pH total) + 0.39635 (Alofano ho. B) - 0.54611 (% Materia orgánica ho. B) + 0.09247 (% humedad aprovechable ho. B).

R² = 0.94528 R² ajustada = 0.89056
 Error Std. = 1.15291 Significativo al 99 %

Cuadro 12. Modelo múltiple para explicar la altura de *Pinus oocarpa* a los 50 años, en Atenquique, Jalisco.

Alt. a 50 años = -19.71621 + 5.67069 (Alofano ho. A) + 7.44337 (pH ho. B) - 5.44587 (pH en cloruro de potasio del ho. A) + 0.35271 (Capacidad de intercambio catiónico ho. A) - 1.19279 (Lámina de agua aprov. ho. A) + 2.50697 (Compactación del ho. B) - 1.79811 (Na+ *solum*) + 0.22624 (cm de ho. A) + 0.23844 (Ca++ total) + 1.43503 (% de materia orgánica) + 0.09182 (% piedras ho. A).

R² = 0.91820 R² ajustada = 0.86197
 Error Std. = 1.95907 Significativo al 99 %

Cuadro 13. Modelo múltiple para explicar la altura a 50 años de *Pinus maximoi* en Atenquique, Jalisco.

Alt. a 50 años = 11.47908 + 0.08952 (Distancia al parteaguas) + 0.30778 (% de pedregosidad total) - 0.16788 (% piedra del ho. B) - 0.71571 (Ca++ ho. A) + 0.30656 (CICT) + 0.02781 (Profundidad total en cm) + 0.07852 (Limo ho. A) + 0.07847 (Limo ho. B) - 1.28234 (Compactación del ho. B)

R² = 0.86796 R² ajustada = 0.80542
 Error Std. = 1.89247 Significativo al 99 %

En el caso de *Pinus devoniana* (*P. michocana* y *P. michocana* var. *cornuta*), se requieren únicamente nueve variables (Cuadro 11), para obtener un coeficiente de correlación de 0.97; para esta especie seis de las variables son de tipo físico y se relacionan en grado variable con el contenido de humedad del suelo, otras dos (% MO y alofano) son de carácter fisicoquímico y también están parcialmente involucradas en la retención de humedad; y solamente una variable del modelo (pH) es de índole netamente química. La influencia de las variables se puede explicar como sigue:

Evidentemente hay un efecto combinado en donde el % de saturación de humedad del horizonte B, la humedad aprovechable del horizonte B, la lámina de agua aprovechable del horizonte A, la pendiente, exposición, y profundidad total, influyen sobre la altura a los 50 años, para *P. devoniana* (*P. michocana* var. *cornuta*) como especie en bosque marginal (coexistiendo con *P. maximinoi* y *P. oocarpa*), la saturación de agua del horizonte B y la humedad aprovechable de este, observan un comportamiento lógico en función de que la especie crece en parte en clima semicálido, donde la disponibilidad de agua constituye una limitante hay que aclarar que el efecto del alofano es muy claro solamente en los suelos de origen volcánico.

La especie *Pinus oocarpa* (cuadro 12) es de características típicamente marginales o sea que se desarrolla en bosques de baja altitud, con climas semicálidos, quizá por ello las variables físicas que incluye el modelo son solamente pedregosidad del horizonte A, lámina de agua del horizonte A, compactación del horizonte B y grosor del horizonte A, esto posiblemente se relaciona con la rusticidad de la especie y su necesidad de aireación. En cuanto al alofano, pH del horizonte B, CICT, calcio total y materia orgánica tienen una lógica relación positiva, por influir normalmente en el crecimiento del árbol.

Finalmente *Pinus maximinoi*, es una especie en la que se denota también con bastante claridad la influencia de factores físicos del medio; en el modelo obtenido (cuadro 13) las variables incluidas se explican relativamente de la siguiente manera:

Para *P. maximinoi* por ser una especie de gran plasticidad y adaptación, la distancia al parteaguas es importante, probablemente la rusticidad de la especie (semejante a *P. oocarpa*) hace que progrese más en lugares pedregosos y cercanos a la cima de los cerros de baja altura. Sin embargo requiere de la fracción limosa de los horizontes A y B, lo que puede relacionarse con la humedad disponible, lo mismo ocurre con el comportamiento positivo de la compactación que impide la ruptura de la capilaridad del suelo; pero en cuanto al calcio del horizonte A, la relación es inversa, sin que la explicación sea satisfactoria.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados se pueden plantear las siguientes conclusiones:

6.1. Generales.

6.1.1. La diversidad de suelos está en función del gradiente geotopoclimático, de manera que en la parte norte por el clima templado, la geología volcánica y la altitud (mayor a 1900 msnm), se presentan mas comunmente Inceptisoles (preferentemente Andept) y Alfisoles; en cambio, en la parte centro y sur, es posible observar una distribución más amplia de los Entisoles.

6.1.2. El muestreo multifactorial permitió identificar a la vez, suelos, fisiografía, vegetación, geología, topografía y desarrollo de los árboles, con una precisión aceptable para el tamaño del área y el tiempo empleado. También permitió integrar la información desde que se inició el trabajo de campo, hasta que se obtuvieron los modelos estadísticos.

6.1.3. Existen claras diferencias en la capacidad productiva de los suelos forestales, debido al material de origen, su interacción con los tipos de clima y las especies presentes.

6.1.4. El estudio permitió orientar, dentro del plan general, las acciones silvícolas por Sección de ordenación, implementando en los sitios mas productivos la silvicultura intensiva y en los de menor productividad los métodos de selección.

6.1.5. El grado de dificultad para llevar a cabo una caracterización de suelos forestales cuantitativa-interactiva es alto, sin embargo el método utilizado permitió un ahorro de tiempo considerable y obtener información verídica de aplicación práctica.

6.1.6. Trabajos semejantes a este ayudan a obtener criterios de interpretación integral del ecosistema y en la formación profesional del investigador forestal.

6.2. Especificas.

6.2.1. Las propiedades del suelo con mayor impacto en el crecimiento en altura de las coníferas, cambian según la especie; las de mayor influencia son las variables relacionadas con la humedad disponible, compactación de horizontes, pH, materia orgánica y las fisiograficas.

6.2.2. El grado de evolución de los suelos tiene un fuerte contraste en el espesor de los horizontes, captación

6.2.2. El grado de evolución de los suelos tiene un fuerte contraste en el espesor de los horizontes, captación hídrica, cantidad y saturación de bases, posición en la pendiente, distribución de gravas, rocas, compactación y pH; ello redundará en el desarrollo diferencial del arbolado.

6.2.3. Las zonas con Entisoles que sustentan *Pinus maximinoi* y *P. oocarpa* y que coinciden con los climas menos húmedos y más calientes, probablemente pertenecen a las etapas de vegetación seral y no de climax de vegetación o suelos, por lo que su alteración por derribos, incendios, erosión, entre otros factores, lleva al ecosistema forestal a una rápida degradación.

6.2.4. Debido a la importancia de las variables relacionadas con la disponibilidad de humedad en el crecimiento de las especies estudiadas, se sugiere a la Unidad de Administración Forestal y a la Empresa Forestal Atenquique, que instalen casetas meteorológicas que a futuro permitan contar con información climática confiable para correlacionarla con zonas de diferente capacidad productiva.

6.2.5. Se considera muy importante realizar otras investigaciones donde se cuantifiquen las relaciones entre el material geológico y el desarrollo de las coníferas con base en Área y especie

6.2.6. Se requiere utilizar los modelos aquí presentados y validarlos en el tiempo para su mejor ajuste, por lo que se recomienda que se establezcan sitios de medición permanente.

6.2.7. El Índice de Storie-Weislander, usado tradicionalmente en los EUA, presenta grandes variaciones respecto a las especies y suelos mexicanos, por ello es indispensable generar modelos propios.

6.2.8. El fisiograma obtenido permite entender mejor la distribución altitudinal y latitudinal de suelos, juzgar el índice de sitio edáfico y delimitar las zonas con diferente capacidad productiva.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA.

- Aguilar R, M. 1984. Estudio del crecimiento en *Pinus douglasiana* y *Pinus lawsonii* en la región centro de Michoacán Tesis, Fac. de Agrobiología UMSNH. Uruapan, Mich. México. 86 pp
- Aguilera H., N. 1955. Estudio preliminar del contenido arcilloso de un perfil de Tepatitlán, Jal. Revista Chapingo, Escuela Nacional de Agricultura, México. 64:1-4
- 1962. Algunas notas sobre los suelos de coníferas de México. Seminario y viaje de estudio de Coníferas latinoamericanas. FAO Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SAG. Publ. Especial No 1 México. 138 p
- Aguirre B., C. 1982. Técnicas para el diagnóstico y corrección de la fertilidad en los suelos forestales. Bol. Tec. Inst. Nac. Inv. For. México. 92: 1-52.
- Arenas M., J. 1982. Geología para estudiantes de ingeniería. Edit. Diana. México. 225 pp.
- Arteaga M., B. 1983 Influencia del suelo y las características fisiográficas en el crecimiento de *Pinus radiata*. D. Don en Ayototla, Gro. Tesis Profesional, Chapingo México. 145 pp.
- Arteaga M., B. 1985. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados de la SARH. México. 181 pp.
- Bassols B., A. 1977. 7a Ed. Recursos naturales de México. Teoría, conocimiento y uso. Edit. Nuestro Tiempo. 345 pp.
- Baver L., D. 1956. Soil Physics. Wiley. New York. 280 pp.
- Beck D., E. 1971. Growth Intercept as an Indicator of Site Index in Natural Stands of White Pine in the Northern Appalachians. USDA Forest Service, Southeastern Forest Exp. Sta. Research Note SE 154:1-8.
- Blake G., R. 1965. Methods of Soil Analysis. Agronomy 16: 320- 390.
- Brickel J., E. 1968. A Method for Construction Site Index Curves from Measurements of Trees Age and High it's Application to Englan Douglas-Fir. USDA. Forest Service Research. INI-47:1-12 pp.
- Carmean W., H. 1961. Soil Survey Refinements Needed for Accurate Classification of Black Oak site Quality in South eastern Ohio. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:394-397.
- 1970. Site Quality for Eastern hard Woods. The Silviculture of Oaks and Associated Species. 36-56. USDA For. Serv. Northeastern For. Expt. Sta. Res. Pap. NE-144. 38 pp
- 1975. Forest Quality Evaluation in the Unites States Adv. Agronomy 27:209-269.
- Castafios M, L.J. 1962. Evaluación de la calidad de estación de *Pinus patula* en el norte de Oaxaca. Bol. Tec. INIF. México. 2: 32 pp.
- Clutter J., L. Forston J, C. Piennar L, V. Brister G, H y Baily R, L. 1983. Timber Management: a Quantitative Approach. John Wiley and Sons. New York. 333 pp.

- CNIDS. 1985. Memoria económica 1984-1985, Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura, México. 80pp
- Coile T., S. 1948. Relations of Soil Characteristics to Site Index of Loblolly Shortleaf Pines in Lower Piedmont Region of North Carolina Dukeschool Forestry Bull 13:1-78
- 1952. Soil and the Growth of Forest. In: A.G. Norman Edit., Adv. in Agron. IV Am. Soc. of Agronomy, Madison Wisconsin, USA. 329-398.
- Correa P., G. 1974. Geografía del Estado de Michoacán T.1, Geografía física; Gobierno del Estado y EDDISA. México. 454 p
- Cserna Z., Mosiño P., A. y Benassini O., 1974. El escenario geográfico, introducción ecológica, Primera parte. Secretaría de Educación Pública. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. 306 pp.
- Czarnowski M., S. et al 1966. Site Index as Function of Soil and Climatic Characteristics. World Symposium on Man-made Forest and their Industrial Importance. Canberra, Australia. 1-8
- Cuanalo C., H.E. 1975. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. 40 pp.
- Chambille, K. 1983. Atenquique, los bosques del sur de Jalisco. Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM. México. 181 pp.
- Chávez H., Y.. 1984. Los Suelos forestales del Cerro de la Cruz, Michoacán. Tesis profesional, Fac. de Ciencias UNAM México. 100 pp.
- Daniel P., W; Helmes U., E. y Baker F., S. 1982. Principios de silvicultura, Mc Graw Hill. México. 492 pp.
- Demant, A. et al. 1976. El eje neovolcánico transmexicano. III. Congreso Latinoamericano de Geología. Excursión No. 4. Inst. de Geografía. UNAM. México. 26 pp.
- DETENAL, SPP. 1980. Carta de climas Guadalajara, Escala 1:1'000,000 Dirección General de Geografía, México.
- Eguiluz, P.T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México INIF. Ciencia Forestal 38(7):30-44.
- 1985. Descripción Botánica de los pinos mexicanos. FAO-SARH IX Congreso Forestal Mundial, México. 45 pp
- FAO-PNUMA 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. UNESCO. Roma. 80 pp.
- Fieldes, M. y Perrot K., W. 1966. The nature of allophane in soil. N. Z. Jour. Sci. 9:623-629.
- Flores, R.D. 1966. Síntomas por deficiencia mineral en *Pinus patula* Schl et Cham y *Pinus montezumae* Lamb. Tesis profesional. Facultad de Ciencias UNAM. México. 50 pp.
- García, E. 1980. Apuntes de climatología UNAM México. 153 pp
- 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Sin Edit. México. 277 pp.
- Gessel P., S; Cole D., W. and Chappell H., N. 1988. Assessing Soil Properties Which Limit Forest Productivity. USDA. For. Serv. Res. Pap. PNW-GTR-219. 29-36.
- Gill W., and Reaves C., A. 1957. Compaction Patterns of Smooth Ruber Tires. Agr. Eng. 37:677-680.

- Gómez G.,A. 1986. Relación entre algunas propiedades edáficas y el crecimiento de coníferas al oeste del Tláloc, Estado de México. Tesis Profesional, Fac. de Agrobiología UMSNH, Uruapan, Mich. México. 81 pp.
- 1987. Relación entre algunas condiciones edáficas y topográficas con los índices de sitio y de terreno de dos coníferas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados de la SARH. 113 pp.
- Gómez-Tagle R.A.F. 1982. Levantamiento de suelos forestales del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Mich. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México. XV: 20
- 1984. Sistema Agrológico Forestal. *Ins Memoria de la primera Reunión Nacional sobre Métodos de evaluación.* Inst. Nac. Invest. For. Chihuahua, México. 215-234.
- 1985. Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Tesis de Maestría Fac. de Ciencias UNAM. México. 135 pp.
- Gómez-Tagle R.,A. y Chávez H.,Y. 1986. La Agrológica Forestal Aplicada a los terrenos forestales en la zona oeste de Tapaipa, Jalisco. Ciencia Forestal INIFAP, México 59 (11): 65-87.
- 1987. Técnica para la elaboración de Fisiogramas Controlados. Bol. Tec. INIFAP. México. 142: 1-35.
- Gómez-Tagle R.,A; Chávez H.,Y; Carmona C.,G; Segovia C., I. y Aguilar R.,M. 1988. Levantamiento Agrológico Forestal en el área de Atenquique, Jalisco. Informe Técnico. Archivo de la Empresa Ftal. Atenquique y de la Unidad de Administración Forestal Atenquique. 70 pp. y Anexo cartográfico.
- Graham R.,I. 1982. Influence of Tree and Site Factors On Western Redcedar's Responce to Release: A modeling Analysis USDA. For. Serv. Res.Pap. INT-296: 1-19
- Haiden, G. 1985. Implicaciones internacionales de la contaminación atmosférica. Disertación en el IX Congreso Forestal Mundial. Mexico. 1-11
- INEGI 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco y anexo cartográfico. Secretaría de Programación y Presupuesto, México. 306 pp.
- 1982a Cartas Topográfica, Edafológica, Geológica, Uso actual del suelo, Uso potencial (E14B, E15B, E16B, E17B, E23B, E24B, E25B, E26B, E34B, E35B, E36B, E44B, E45B, E46B). Escala 1: 50,000 Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- 1982b Carta Geológica, Colima (E13-3). Escala 1:250,000 Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- 1983. Carta Edafológica, Colima (E13-3). Escala 1:250,000 Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- 1984. Geología de la República mexicana. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.

- INIFAP. 1987. La ciencia forestal y agropecuaria en México, Documento de trabajo de la Reunión Nacional de análisis y perspectivas del sistema de investigación de la SARH. SARH-INIFAP. México. 254 pp.
- Jackson M., L. 1964. Análisis Químico de suelos. Ed. Omega. España. 662 pp.
- Jenkinson J., L. 1977. Edaphic Interactions in First-Year Growth of California Ponderosa Pine USDA For. Serv. Res. Paper POW-127, 1-16
- Jones J., R. 1969. Review and Comparison of Site Evaluation Methods. USDA. For. Serv. Res. Paper RM-51:27
- Klepac, N. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 365
- Ley forestal. 1983. Diario Oficial, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. CCCXCVI (17):13-28.
- Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente. 1988. Diario Oficial, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. 28 de enero. 42 pp.
- Madrigal G., X. 1990. Ensayo metodológico para la determinación del estado natural forestal en la región oriental del estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias UNAM. México. 124 pp.
- Maldonado Koerdell, M. Edit. 1973. Congreso Geológico Internacional, Excursión A-16. 59 pp. y anexo cartográfico.
- Maldonado, R.F. 1983. Índice de sitio, una metodología para determinar la capacidad productiva de los suelos forestales. Resúmenes del XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Oaxaca, México. 42
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2a Ed. Edit. Bolas, México. 361 pp.
- Moncayo R., F. et al. 1970. Manual para uso de fotografías aéreas en dasonomía. Dir. Gral. Inv. Nac. For. México. 16:120.
- Mooser, F. 1961. Los volcanes de Colima. Universidad Nacional Autónoma de México. Pol.61:1-25.
- Munsell. 1954. Munsell Soil Color Chart Edition Munsell Color Co. Inc. Maryland USA. 1-16.
- Narváez F. R. 1990. El suelo en relación con los tipos de vegetación y su productividad en el área experimental forestal Madera, Chih. Tesis maestría Fac. de Ciencias UNAM. México. 128 pp.
- Nieto de Pascual F., C.G. 1987. Análisis estructural de las comunidades forestales de la Sierra del Ajusco, Mexico. Tesis de maestría. Fac. de Ciencias UNAM. México. 76 pp
- Orantes G. y Musalem, M.A. 1982. Determinación de la calidad de estación para *Pinus hartwegii* Lind. en Zoquiapan, México. Ciencia Forestal Inst. Nac. Invest. for. 7(33):3-20.
- Page A., L. Edit. 1982. Methods of Soil Analysis (Part 2) 2a Ed. Chemical and Microbiological Properties. AGRONOMY. USA. 1159 pp.
- Pough, F. 1976. A Field Guide to Rocks and Minerals. 4a Ed. Houghton Mifflin Co. Boston. USA. 317 pp.

- Pritchett W.,L. 1986. Suelos Forestales (propiedades, conservación y mejoramiento) LIMUSA, México. 634 pp.
- Puig J.,B. 1979. Geología Aplicada. Sin Editorial. México. 363 pp.
- Santillan P.,J. 1986. Elementos de dasonomía. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 348 pp.
- SARH. 1984. México Forestal SARH, Subsecretaría Forestal, México. 59 pp.
- Schalafer T.,A. 1972. Soil resource guide Southern region. USDA. For. Serv. S.O.Region B-48.
- Schumann, W.1974.Rocas y minerales.Edit.Omega.España.226 pp
- Shaw R.,G. 1909 Los pinos de México (Facsimil de 1978) SARH Comisión Forestal de Michoacaa. Serie Técnica Ng 15. México. 30 pp.
- Spurr S.,H.1955. Soil in Relation to Site Index Curves.Proc. Soc. Amer. For. 58: 724-725.
- Spurr S.,H. y Barnes B.,V.1982. Ecología Forestal. AGT Edit. México. 690 pp.
- Storie R., E. 1970. Manual de evaluación de suelos. UTEHA. México. 165-170.
- Summerfield, H.B; Miles, R. L; Leonard, S.G. & Everett, R.L. 1986.Edaphic Relationships in Climax Singleleaf Pinyon Stands of Western Nevada USDA.For.Serv.Res.INT-364.3 pp
- USDA. 1975. Soil Taxonomy, A basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA. Agriculture Handbook no. 436. USA. 754 pp.
- Villegas S., M; Aguilera H., N. y Flores D.,L. 1978. Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo. Rev. del Inst. de Geol. de la UNAM, México. 2(2):188-193.
- Wilde, S.A. 1958. Forest Soils, Their Properties and Relation to Silviculture. The Ronald Press Co.New York,USA. 537 pp.
- Yarza T.,E. 1971. Volcanes de México. 2ª Ed. Edit. Aguilar México. 237 pp.
- Youngblood P.,A.and Mauk, R. L.1985.Coniferous Forest Habitat Types of Central and Southern Utah USDA For. Serv. Paper INT-187:1-90.
- Yawney H.,W. 1964. Oak Site Index on Belmont Limestone Soils in the Allegheny Mountains of West Virginia U.S. For. Serv.Res. Pap. NE-30:1-16.
- Yawney W.,H. and Trimble G.,R. 1968. Oak Soil-site Relationships in the Ridge and Valley Region of West Virginia and Maryland US For. Serv. Res. Paper NE-96.1-19.
- Zepeda, B. y Rivero B.,P. 1984. Construcción de curvas anamórficas de índice de sitio. Ejemplificación del método de la curva guía.Ciencia Forestal México.9(51):3-38.
- Zinke P.,J. 1958. Site quality for douglas fir and Ponderosa Pine in Northwestern California as related Climate, Topography and Soils. Proc. Soc. of Am.Forest.167-171.

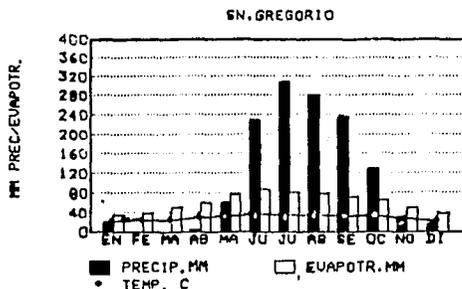
ANEXO

Lugar : Sn. Gregorio, Jal. Conrd 19° 44' 103° 16' Clima : C(w2)(w)b(e)
 Sitio : Sec II 48° s. Veget. Bosque templ. Suelo : Luvisol crom.
 Altitud : 1,845 m Geol. Sierra basalt. Uso : Forestal

Precipitación	mm	Temperatura	°C	Evapotransp. pot.	mm
Enero	20.30		11.5		35.99
Febrero	2.50		12.4		37.93
Marzo	2.60		13.6		49.51
Abril	6.00		15.4		60.57
Mayo	60.20		17.6		79.45
Junio	230.70		18.9		86.29
Julio	309.60		17.7		80.87
Agosto	278.70		17.6		77.30
Sept.	235.70		17.5		72.37
Octubre	128.90		16.4		64.82
Nov.	30.70		14.3		49.34
Dic.	13.10		12.2		39.42
ANUAL	1319.00	Tem. med	15.4	ETP =	733.84
Maxima	309.60	Jul.	Maxima	18.9	Jun.
Minima	2.50	Feb.	Minima	11.5	En.
% Invernal	2.92	Osc. ter	7.4		
% Prob. anual	47.71				
# Meses seq.	5.00				
% Inten. seq.	41.67				

Erosividad (SUM 1=1-12 p /F)	Horas frío
Febr/Mayo	Noviem. 77.3
Jun/Sept	Diciem. 137.2
Oct/En	Enero 157.1
ANUAL	Febrero 131.5
	TOTAL = 503.0

Riesgo	Ton/ha/a
Unid. suelo Luvisol crom.	
Erosiv/An	230.57
Erodabil.	1.00
Textura	0.10
Pendiente	3.50
Cobertura	0.18
RIESGO ton/ha/a	14.53



Ejemplo de Hoja climática y parámetros asociados.

Perf. = 17 Region= Atenquique Seccion = III Localidad = Sn Juan M. Alt. = 1680 msn
 Pend. = 30 Uso = Forestal Vegetac. = Pino-encino Suelo=Rhodudalf Clima= A(C)W

ANÁLISIS FÍSICOS

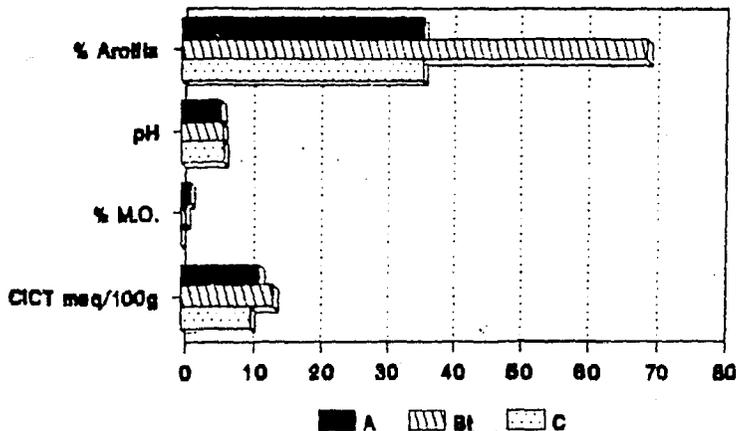
Prof.ca	Ho	Arena%	Limo%	Arcil.%	Color s.	Color h.	Comp	CCI	PMP	HAI	Laa cm	Da	Dr	Ep%	Pedr.%
15-3	A00				H O J A R A S C A										
3-0	A0														
0-25	A	29	35	36	7.5YR6/6	7.5YR4/6	4.5	23.36	15.78	7.58	2.10	1.11	2.63	57.79	23.60
25-73	Bt	4	27	69	5 YR6/8	2.5YR5/8	4.5	37.00	33.33	3.67	2.12	1.00	2.60	61.53	0.90
73-210	C	3	61	36	5 YR6/8	2.5YR4/8	4.5	40.50	17.64	22.86	28.81	0.92	2.65	65.28	70.1

ANÁLISIS QUÍMICOS

Prof.ca	Ho	pH	MO%	CICT me/100g	SBL	Ca++	Mg++ me/100 g	Nat	K+	P	Alol.
15-3	A00				H O J A R A S C A						
3-0	A0										
0-25	A	5.80	1.33	11.34	56.52	3.56	1.91	0.54	0.38	3.00	+
25-73	Bt	6.00	0.60	13.33	58.81	3.49	3.20	0.65	0.48	2.00	+
73-210	C	6.20	0.03	10.18	53.33	1.97	2.78	0.43	0.25	3.00	+

Graficación de propiedades fisicoquímicas, perfil 17

Propiedades



Perf. = 34 Region= Atenuique Seccion = III Localidad = Huapala Alt. = 1630 esnm

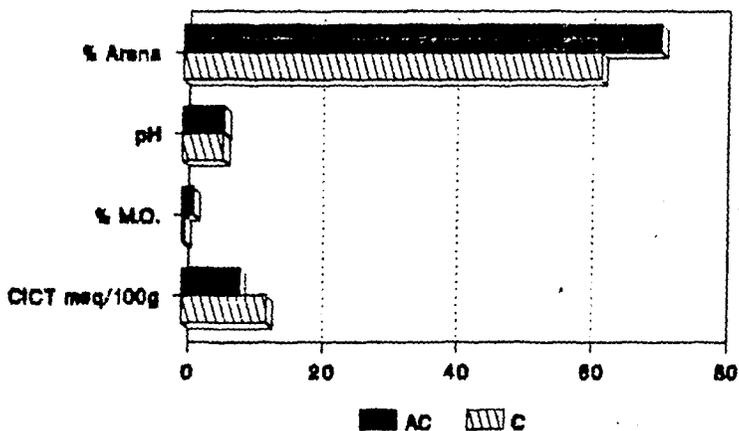
Pend. = 50 Uso = Forestal Vegetac. = Pino-encino Suelo= Lithic Ustorthent Clima= A(C)w

ANALISIS FISICOS															
Prof. cm	Ho	Arena%	Liso%	Artil. %	Color a.	Color h.	Comp	CCl	PMP1	HAl	Laa ca.	Da	Dr	EpI	Pedr. %
15-0	AOO			H D	J A R A S	C A									
0-25	AC	71	19	10	10 YR6/3	10 YR3/3	4.5	16.11	4.76	1.35	3.31	1.17	2.64	55.68	10.70
25-124	C	62	24	14	10 YR4/4	10 YR5/6	4.5	19.04	11.76	7.28	8.07	1.12	2.62	57.25	15.90

ANALISIS QUIMICOS													
Prof. cm	Ho	pH	NO ₃	CICT me/100g	SBZ	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ en me/100 g	Na ⁺	K ⁺	P	Alot.		
15-0	AOO			H D	J A R A S	C A							
0-25	AC	6.10	1.72	8.50	82.92	3.94	2.57	0.32	0.25	42.00	---		
25-124	C	6.00	0.36	12.49	48.43	2.30	3.33	0.26	0.16	37.00	---		

Graficación de propiedades fisicoquímicas, perfil 34

Propiedades



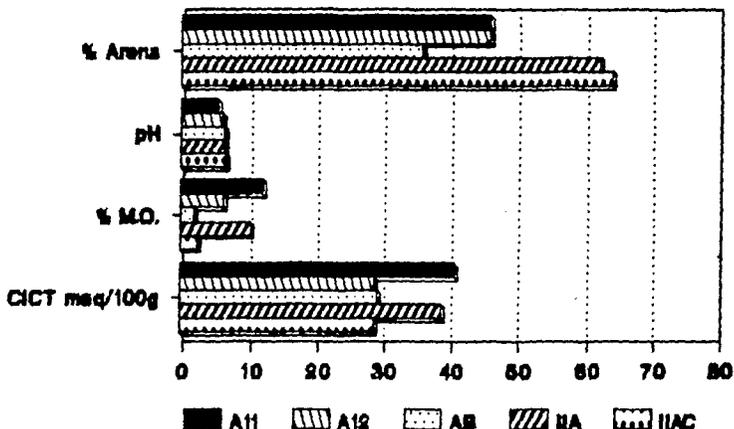
Perf. = 45 Region = Atunquique Sección = II Localidad = Dos aguas Alt. = 2370 esna
 Pndr. = 12 Uso = Forestal Vegetac. = Pino-encino Suelo = Typic Dystrandept Clima = C(wllw)

ANÁLISIS FÍSICOS															
Prof. cm	Ho	Arena %	Limo %	Arcilla %	Color s.	Color h.	Cosp.	CCI	PMPI	HA2	Laa ca	Da	Dr	Ep %	Padr. I
7-5	A00														
5-0	A0			H D	J A R	A S C A									
0-0	A11	46	46	8	10 YR4/3	10 YR2/2	2.1	83.50	31.75	31.75	1.70	0.67	2.13	68.54	0.00
0-25	A12	46	46	8	7.5YR4/4	5 YR3/2	1.9	57.50	28.75	28.75	3.32	0.68	2.20	69.09	2.90
25-97	AB	36	34	10	7.5YR5/6	7.5YR3/4	1.5	54.50	27.25	27.25	14.13	0.72	2.14	66.35	7.20
97-152	11A	62	33	5	7.5YR5/2	10 YR2/1	2.2	47.50	23.75	23.75	9.27	0.71	2.02	64.05	0.00
152-210	11AC	44	31	5	10 YR5/4	10 YR3/4	2.5	49.80	23.06	26.74	11.01	0.71	2.08	66.01	0.00

ANÁLISIS QUÍMICOS											
Prof. cm	Ho	pH	MO%	CICT mg/100	SB%	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ en mg/100 g	Na ⁺ en mg/100 g	K ⁺	P	Alóf.
7-5	A00										
5-0	A0										
0-0	A11	5.45	12.12	40.08	30.40	8.25	2.42	1.03	0.73	5.00	++++
0-25	A12	6.00	6.23	28.94	37.42	7.62	2.03	0.70	0.48	3.00	++++
25-97	AB	6.40	2.02	29.39	30.35	6.62	0.54	1.03	0.73	5.00	++++
97-152	11A	6.40	10.23	36.92	31.19	9.05	1.95	0.70	0.44	3.00	++++
152-210	11AC	6.50	2.49	28.94	27.33	3.49	3.36	0.85	0.41	1.00	++++

Graficación de propiedades fisicoquímicas, perfil 45

Propiedades



ANALISIS DE VARIANZA

Análisis de varianza del modelo para *Pinus douglasiana*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada
Regresión	10	313.35099	31.33509	31.42753
Residuales	11	10.96764	0.99705	**
Total	21	324.31863	15.44374	

Análisis de varianza del modelo de *Pinus devoniana*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada
Regresión	9	206.65496	22.96166	17.27461
Residuales	9	11.96293	1.32921	**
Total	18	218.61787	12.14543	

Análisis de varianza del modelo para *Pinus oocarpa*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada
Regresión	11	689.33345	62.66667	16.32805
Residuales	16	61.40762	3.83797	**
Total	27	750.74107	27.80522	

Análisis de varianza del modelo para *Pinus maximinoi*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada
Regresión	9	447.32234	49.70248	13.87766
Residuales	19	68.04801	3.58147	**
Total	28	515.37035	18.40608	

** Signifiativo al 99 %