



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

6 Rey

FALLA DE ORIGEN

EVALUACION DE LAS CONDICIONES
DE SITIO PARA ZONAS FORESTALES
DEL NEVADO DE TOLUCA

T E S I S

Que para obtener el Título de:

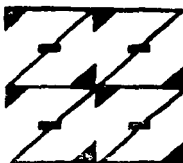
B I O L O G O

P r e s e n t a n :

CANDIDA CASTRO BARRALES

IRENE CASTILLO CHAIRES

Asesor: M. en C. J. L. Miguel Castillo González



LO HUMANO
EJE

2 NUESTRA REFLEXION

México, D.F.

Julio de 1995



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.

DEDICATORIAS

A mis padres Silvestre Castillo y Fidela Chaires por su amor y confianza y por brindarme el apoyo para seguir adelante a pesar de mis temores.

A mis hermanos porque siempre me hicieron sentir que yo era la responsable de mis actos y decisiones pero que siempre podía contar con su apoyo y cariño.

A mis sobrinos que son una de mis mayores alegrías y esperanzas.

A Candy porque su compañía, amistad y consejo en todo momento desde los primeros semestres de la carrera hasta ahora han sido muy importantes.

Irene.

A mi papá Celso Castro por su cariño, apoyo y su insistencia en que terminará la carrera.

A mi mamá Eustolia Barrales por darme amor, por tenerme confianza y por siempre estar conmigo en los momentos más difíciles, así como por su fortaleza a pesar de todas las adversidades.

A mis todos mis hermanos por brindarme su cariño y apoyo incondicional.

A una gran amiga Irene Castillo por su amistad y apoyo incondicional así como por formar parte de este trabajo el cual es un logro muy importante en nuestras vidas.

Cándida.

RECONOCIMIENTOS.

A Miguel Castillo por su paciencia, apoyo y constante insistencia en que se terminará este trabajo pero sobre todo porque más que un maestro ha sido un buen amigo.

A todos los compañeros que estuvieron con nosotros a lo largo de la carrera de quienes siempre tuvimos apoyo y amistad en especial a Sandra y Marí

A Remiro Ríos y Alfredo Bueno por su interés en nuestra formación académica así como por su ayuda incondicional

A todos y cada uno de las personas que forman parte del LIDET por su compañerismo, apoyo así como su amistad, en especial a la Maestra Marcela Arteaga por sus consejos y apoyo

A todas aquellas personas que contribuyeron a la elaboración de este trabajo, en particular a Enrique Morales por su ayuda en la culminación del mismo

INDICE

I.- Introducción.....	1-3
Justificación.....	3
II.- Descripción de la zona de estudio	
2.1 Localización.....	4-5
2.2 Geología.....	5-7
2.3 Topografía.....	7-9
2.4 Hidrología.....	10
2.5 Suelo.....	11-12
2.6 Clima.....	13
2.7 Vegetación.....	13-14
2.8 Fauna.....	14-15
2.9 Impacto antropogénico.....	16-18
2.10 Datos socioeconómicos.....	19-20
2.11 Problemática del área de estudio.....	20-23
III. Antecedentes de las comunidades forestales.	
3.1 Las comunidades forestales.....	23-25
3.2 Desarrollo de las comunidades forestales.....	25-27
3.3 Tipos de comunidades forestales representativas del área de estudio.....	27-28
3.4 Características de las coníferas.....	28-29
3.5 Plagas y enfermedades.....	29-31
3.6 Localización.....	31
3.7 Calidad de estación.....	33-34
3.8 Indicadores de calidad.....	35-38
3.9 Índice de localidad.....	38-41

IV. Manejo Forestal

4.1 Normalidad y rendimiento sostenido.....	42-43
4.2 Estrategias de manejo.....	43-45
4.3 Sistemas para el manejo forestal.....	45-47
4.4 Daños ocasionados por el pastoreo.....	47-48

V. Suelos Forestales

5.1 Los suelos forestales.....	48-49
5.2 Suelos derivados de cenizas volcánicas.....	49-52

VI Objetivos.....	53
--------------------------	-----------

VII Hipótesis.....	53
---------------------------	-----------

VIII. Métodos.....	54-56
---------------------------	--------------

IX. Resultados y Análisis

Características del relieve.....	58-59
Características edáficas.....	59-64
Características de la vegetación.....	65-69
Análisis estadístico.....	70-72

X. Conclusiones.....	73-74
	75

XI. Recomendaciones.....	76-79
---------------------------------	--------------

XII Bibliografía

Apéndice.....	80-91
----------------------	--------------

INDICE DE MAPAS

MAPA 1 Ubicación geográfica del Estado de México y el municipio de Zinacantepec.....	5
MAPA 2 Distribución de las principales plagas forestales en el país...	32
MAPA 3 Ubicación de los sitios de muestreo.....	57

I.- INTRODUCCION

Durante mucho tiempo el hombre fue una especie igual que las otras, sin ventajas en la naturaleza, pero conforme fue desarrollando nuevas tecnologías, obtuvo la capacidad de conseguir un mayor aprovechamiento y modificarla a su favor, momento en el cual fue olvidando paulatinamente su relación y su papel en la misma; esto lo ha conducido a sentirse parcialmente ajeno, viendo a la naturaleza como una fuente inagotable de recursos, creados exclusivamente para su provecho.

A pesar de que la estancia del hombre en la Tierra es muy reciente, geológicamente hablando, su acción sobre ella ha creado un desequilibrio de gran magnitud en la naturaleza, a tal grado que en algunos casos es imposible recuperar numerosos ecosistemas y otros se encuentran en el mismo destino, donde de no poner en práctica inmediatamente medidas de recuperación y control, se perderá toda posibilidad de recuperar el equilibrio y, como consecuencia, la vida sobre la Tierra primero habrá de ser más difícil y posteriormente habrá de desaparecer irremediamente; muestra de ello es la extinción de muchas especies tanto animales como vegetales, quienes han sufrido las consecuencias de la caza, sobreexplotación o destrucción de su hábitat natural.

El deterioro del ambiente es un problema mundial que gradualmente nos está colocando en una situación crítica, tanto para nuestra sobrevivencia como para la existencia en general de la vida sobre la Tierra y esto se debe principalmente a la explotación irracional de los recursos aunado al completo desconocimiento acerca de su manejo.

Por esta razón es necesario tomar conciencia de la interrelación existente entre todos los elementos que conforman un ecosistema y que la deficiencia o exceso de cualquiera de ellos, puede alterar el crecimiento, desarrollo y composición de un bosque o cualquier otro ecosistema, donde la constante interacción entre las especies y los factores físicos y químicos determinarán las características de uno y otro; ambos son interdependientes, ya que mientras el medio influye en el comportamiento y fenología de animales y

plantas, asimismo éstos tienen un papel determinante en los ciclos de nutrientes e hidrológico, entre otros, formándose así el sistema suelo-vegetación-fauna y atmósfera circundante.

En nuestro país los bosques han constituido un factor de gran importancia para la industria y las comunidades siendo hasta nuestros días una de las principales fuentes de energía y recursos tanto maderables como no maderables, destacando la acción del hombre como el factor determinante en la disminución acelerada de la superficie forestal, principalmente por deforestación, cambio de uso del suelo y falta de un reparto justo de la tierra; actividades que se han llevado a cabo de manera irracional.

Estos problemas ocasionan diferentes modificaciones en diversos ámbitos, por ejemplo pueden citarse cambios climáticos más extremos, deterioro físico y químico del suelo, perturbación en el balance hidrológico, azolvamiento de cuerpos acuáticos, extinción de especies, migración de fauna silvestre; así como marginación y migración de la población humana, entre otros.

Debido a la necesidad de preservar nuestros recursos naturales, es prioritario administrarlos más adecuadamente, en particular los bosques juegan un papel importante ya que de estos se obtienen importantes beneficios (recreación, fauna silvestre, captación hidrológica, estabilidad climática, conservación de suelos, así como una producción sostenida de madera, apoyo económico para la población y mejores condiciones de vida en general), una parte esencial para lograrlo es conocer la calidad de los bosques o la calidad de sitio, la cual está relacionada con los factores edáficos, climáticos y topográficos, así como con el crecimiento de los árboles y que indica la capacidad productiva de un área forestal específica para una especie determinada (Young, 1991).

De esta forma, al conocer las características de los sitios forestales, se tiene la posibilidad de elaborar un plan de manejo apropiado para una zona de acuerdo a sus características, de tal manera que se aprovechen los recursos sin alterar los ecosistemas, ya que la importancia de los bosques ahora, más que la obtención de madera y otros recursos, radica en la preservación

de una condición ambiental, regulación de la temperatura local, recarga de acuíferos, mejoramiento de la calidad del aire y conservación del suelo.

En el presente trabajo se evaluó la calidad de sitio de los terrenos forestales de la vertiente norte del Nevado de Toluca con el fin de conocer las principales características de los recursos existentes, su estado de conservación y problemática, para proponer alternativas de manejo forestal adecuados para su aprovechamiento.

JUSTIFICACIÓN

El Estado de México desde la época de la colonia ha sufrido una incesante sobreexplotación forestal, debido entre otras cosas a su cercanía con el centro de población más grande del país: la Ciudad de México, asociado a la demanda de madera y combustible. Aunado a lo anterior, el crecimiento acelerado de la población, ha ocasionado una fuerte presión demográfica, lo cual genera, de forma obligada, un cambio de uso del suelo con fines agrícolas, pecuarios, urbanos e industriales, repercutiendo en un notable deterioro en los bosques.

El Estado de México cuenta con una superficie de 23,244.22 km² (SARH, 1990) de las cuales el 34.9% (Secretaría de Gobierno, 1988) corresponden al área forestal, actualmente esos bosques han sido severamente dañados, a tal grado que el Gobierno Estatal se ha visto obligado a decretar una veda forestal temporal, de manera que puedan realizarse estudios para elaborar programas de manejo o proyectos encaminados a mejorar, restaurar y preservar los recursos forestales.

El presente trabajo realizado en la vertiente norte del Nevado de Toluca, es una contribución al estudio de la problemática del área, así como al planteamiento de alternativas de manejo de este recurso, importante para las condiciones económicas y ecológicas, tanto local como regionalmente.

II.-DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 LOCALIZACIÓN.

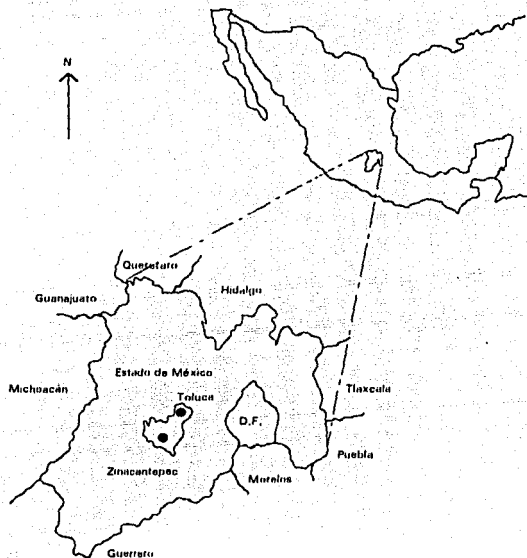
El volcán Nevado de Toluca, también conocido como Tzinantecatl que en nahuatl significa el Hombre Desnudo (existe una confusión con el nombre del volcán y en algunos escritos puede encontrarse como Xinantecatl), esta situado a 80 km WSW aproximadamente, de la Ciudad de México, la distancia por carretera es de aproximadamente 108 Km.

Fisiográficamente este volcán se encuentra dentro de la Provincia del Eje Neovolcánico y dentro de ésta, en la Subprovincia de los Volcanes y Lagos de Anáhuac en su límite SW. La montaña alcanza una altura de 4,565 metros, que lo ubica como el cuarto de los volcanes mayores de la Faja Volcánica Trans-Mexicana. El Nevado muestra pocos rasgos comúnmente asociados con un volcán, ya que las pendientes inferiores son bastante suaves y no presenta un cono en la cima. De hecho, la montaña está netamente alargada E-W y en la punta hay un cráter más o menos en forma elíptica, de un tamaño aproximado de 0.5 por 1.5 km (Bloomfield, 1974).

El área de trabajo se ubica en el Distrito de Toluca, municipio de Zinacantepec en las coordenadas 19°17' latitud Norte y 99°44' longitud Oeste, con una altitud de 2,740 m, abarca los ejidos de San Cristóbal Tecoliltl, San Juan de las Huertas, Loma Alta, La Puerta y las áreas que comprenden Raices y Ciervita de la vertiente Norte del Nevado de Toluca, (Mapa 1).

El Distrito Toluca tiene una superficie territorial aproximada de 302,604 ha, de la cual el 17.66% tiene un uso agrícola, 6.87% pecuario, 26.79% forestal, 2.82% suelo erosionado y 12.8% comprenden los usos urbano, cuerpos de agua y otros. (SARH, 1992)

Mapa 1. Ubicación geográfica del Estado de México y el Municipio de Zinacantepec.



2.2 GEOLOGÍA.

El Eje Neovolcánico Transmexicano constituye el elemento más característico de la tectónica de México. Esta cadena volcánica de edad Plio-cuaternaria, se extiende sobre más de 1,000 km del Océano Pacífico al Atlántico, con una orientación totalmente distinta a las demás unidades estructurales del país, de manera general se había aceptado desde Humboldt (1808) que el Eje Neovolcánico tenía una orientación E-W pero se han diferenciado cinco focos principales de actividad con orientación y

características distintas (Demant, 1978). Tal disposición es resultado de la historia reciente de esta parte meridional de la placa Norteamericana, causada por la abertura progresiva de la fosa de Acapulco durante el Oligo-Mioceno como consecuencia del movimiento diferencial entre Norteamérica y la Placa Caribeña y por el cambio del ángulo de rotación de la Placa de Cocos, el cual ocurrió en el Mioceno tardío (Demant, 1982).

El vulcanismo del Eje Transmexicano esta relacionado con la subducción de la Placa de Cocos, sin embargo se observan algunas variaciones en la química y geoquímica desde el oeste hasta el este, que parecen relacionarse con los cambios en la edad y espesor de la Placa de Cocos, muy reciente (<4 millones de años) al oeste y por lo tanto con temperaturas elevadas, situación que podría explicar la gran abundancia de actividad volcánica en la zona y también el aumento del espesor de la placa continental hacia el poniente (op cit.).

Existen numerosos trabajos acerca de la evolución geológica del Eje Neovolcánico pero ninguno explica de manera satisfactoria los aspectos petrográficos y geoquímicos de las diferentes áreas que lo forman, entre los más conocidos están los de Demant, (1978 y 1982) e incluso existen diferencias notables en las zonificaciones que hace en cada uno, en el primero menciona que el Eje puede ser dividido en cinco partes principales definidas por sus orientaciones y características vulcanológicas peculiares, y en el segundo propone que se diferencien tres partes principales, en relación a condiciones dinámicas diferentes para lo cual utiliza métodos topográficos y geoquímicos. Por otro lado también Moser, en 1975, hizo una división del Eje Neovolcánico pero él propuso la existencia de solo dos partes, una occidental al oeste de Chapala y la otra al oriente.

De acuerdo a Demant (1978), la zona de estudio se ubica en la cuarta parte de esta clasificación, al oriente de las fallas de San Miguel de Allende-Taxco y comprende los grandes Valles de Toluca, México y Puebla, caracterizados por la presencia de cuatro de los siete estratovolcanes principales del Eje, que son el Popocatepetl, el Iztaccihuatl, la Malinche y el Nevado de Toluca, las lavas que los constituyen presentan características muy semejantes; son rocas generalmente porfídicas, de composición dacítica, en las cuales

abundan los fenocristales de plagioclasa y de hornblenda, al microscopio se observa ortopiroxena y/o clinopiroxena de tamaño más reducido.

2.3 TOPOGRAFÍA.

El volcán Nevado de Toluca está caracterizado por crestas y picos elevados entre los cuales destacan el Pico del Fraile al sur (4,660 msnm), el Pico del Águila al noroeste (4,550 msnm) el Espinazo al centro oeste (4,500-4,550 msnm), Cerro Prieto al oeste (4,260 msnm), el Pico Negro al centro este (4,400 msnm) y el Espinazo del Portezuelo al noroeste (4,300 msnm). También presenta dos elevaciones alargadas que demarcan la parte abierta del cráter hacia el este-sureste y sureste, cuyas altitudes son de 4,100 y 4,110 m respectivamente, además del promontorio conocido como el Ombligo, que se encuentra en el centro del volcán y alcanza 4,320 m.

Por otro lado se tienen otras elevaciones que rodean los flancos del Nevado y que constituyen parte del macizo conocido como Mil Cumbres, en su porción suroeste, así como la Sierra de Tenango, al noreste. Del mismo modo, existen una serie de pequeños volcanes y otras elevaciones hacia el SE, N y E, que constituyen estructuras adventicias del mismo.

El Nevado de Toluca es un estrato volcán central, sus lavas son principalmente andesitas y dacitas porfídicas compuestas por los siguientes minerales: hornblenda, piroxena, plagioclasa y cuarzo, muy comunes de las regiones volcánicas del Centro y Oeste de México (Bloomfield, 1974). Por otro lado en un estudio de la composición química de los magmas en el cinturón volcánico Mexicano realizado por Aguilar y Vargas, (1987) determinaron que para la región del Nevado de Toluca se presenta una evolución típicamente calci-alcálina de los magmas extruidos por el volcán, de la misma forma que sucede en la mayoría de los volcanes monogenéticos de esta región.

Citado por Aguilar y Vargas, (1987), Cantegrel et al. (1981) exponen las diferencias que existen entre las lavas andesíticas correspondientes a la primera fase de evolución del Nevado de Toluca y sus productos más

diferenciados correspondientes a la segunda fase; la primera se caracteriza por contenidos bastante variables en aluminio, hierro, magnesio, calcio y sodio, en contraste con la línea de evolución más coherente que presenta la segunda fase.

Según Bloomfield y Valastro, 1977, la primera gran erupción explosiva de tipo vulcaniano alrededor de los 28,000 años antes del Pleistoceno produjo capas de lahares muy extendidas (con un grosor máximo 29 m) abanicados y seguidos durante los siguientes 8,000 años por erupciones más débiles, que ocasionaron la formación de los Valles de Lahares.

El volcán Nevado de Toluca fue formado por numerosos flujos sucesivos de lava emanando de un respiradero central hacia el fin del Pleistoceno, hace aproximadamente 30,000 años. Su última forma cónica fue posiblemente similar a la que tiene hoy día el Popocatepetl pero parece probable que haya sido más alta y más extendida.

Desde su formación aparecieron, durante la última gran edad de hielo, glaciares extendidos hacia abajo en los flancos a una altitud de 4,000 metros o menos. Después de la formación del estrato volcán, el respiradero central se bloqueó y se ahogó, produciendo una formación gradual de presión gaseosa desde abajo, que fue finalmente liberada en una enorme explosión paroxismal la cual voló la totalidad de la cima del volcán, esparciendo a gran distancia detritos de rocas, después de esta explosión ocurrieron dos erupciones más hace aproximadamente 24,500 y 11,600 años respectivamente, siendo la segunda la última erupción del Nevado de Toluca (Bloomfield 1974; 1978).

A esta intensa actividad volcánica le siguió un largo período de quietud, durante el cual los suelos y la vegetación se restablecieron en los flancos del volcán y la forma original del cráter fue modificada por el intemperismo; posteriormente ocurrió una nueva erupción menor de pómez que cayó en las pendientes de la parte noreste de la montaña durante este período, pero esto fue seguido por una nueva fase de formación de suelo y subsecuente erosión, después de muchos miles de años de una pacífica existencia y de una continuada erosión, el Nevado de Toluca fue presa de una segunda

erupción violenta que surgió del centro del cráter preexistente, el cual esparció bloques y pequeños fragmentos de pómez en todas direcciones volando parte del cráter, sus fragmentos cubren un área de, por lo menos, 1,700 km².

Aunque hubo dos o tres pulsaciones mayores, siendo probable que la erupción de ceniza haya sido solo en cuestión de días, por último, el respiradero central del volcán fue tapado por la lava, que sobresalió ligeramente en la superficie como un bajo domo. Esta es la actual colina llamada Omblijo y marca el término de la mayor actividad volcánica en el Nevado, es así como la forma actual de este volcán existe desde la última erupción pliniana, que fue seguida por el desarrollo del domo dacítico "del Omblijo" tapón de lava que obstruyó a la chimenea (Bloomfield y Valastro, 1977, citados por Bloomfield, 1978, 1974).

CUADRO 1. Cronología del Nevado de Toluca en el Cuaternario Tardío.

Edad (años, AP)	Evento	Productos
Prehistoria	Actividad fumarólica	Azufe sublimado
11,500	Taponamiento de la salida central	Domo de dacita
<11,600	Formación de los flujos de pómez cerca de la cumbre	Valles de lahares pomáceos.
11,600	Erupción pliniana mayor	Formación pómez superior Toluca
20,000	Erupción vulcaniana	Capas de ceniza lítica menor
24,000-20,000	Varias erupciones volcánicas seguidas por flujos de masa	Valles de lahares pomáceos y valles de lahares dacíticos
24,000	Erupción pliniana	Formación pómez inferior Toluca.
28,000	Erupción vulcaniana mayor	Unión de lahares antiguos
Pleistoceno tardío	Erupción central	Estrato (volcán dacítico)

Fuente: Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca Volcano, Central México. Overseas Geol and Miner. Resour. No 46 Great Britain 1977. (Grajales, Vargas y Arevalo, 1986)

2.4 HIDROLOGÍA.

La altitud del área de estudio varía entre 3,000 a 3,555 m y las pendientes van de 12 a 39°; pertenece a la cuenca hidrológica Lerma-Santiago, R-Lerma-Toluca, la cual ocupa el 25.53% de su superficie estatal (INEGI, 1992), cuenta con 2 arroyos intermitentes (La Ciervita y San Pedro).

Todos los escurrimientos superficiales que descienden del Nevado tributan a dos cuencas hidrográficas, correspondientes a los ríos Lerma y Balsas, a la primera en su vertiente Norte y a la segunda en su vertiente Sur; dentro de la Cuenca del Lerma, dichos afluentes son la fuente de abastecimiento de agua para las poblaciones cercanas a la ciudad de Toluca, para su zona industrial y 36,000 ha de riego (PROTINBOS, 1972) citado por González (1986); de la porción N-NW del volcán descienden los arroyos de La Fábrica, Terrerillos y Cano, que junto con el Zacango y Las Cruces provenientes de la ladera noreste, alimentando a los ríos Santiago, San Agustín, Calimaya, Mexicaltzingo y Verdiguél, todos ellos afluentes directos del río Lerma.

Del WNW bajan los arroyos La Hortaliza y Pichintogii, que tributan a la subcuenca del río Temazcaltepec la cual forma parte de la cuenca del río Balsas. De la ladera W parte el arroyo Agua Blanca, que se reúne aguas abajo con los arroyos del Jabali, Nava y Chiquihuitero que escurren del flanco SW para alimentar el cauce del río Sultepec y el de Amacuzac, ambos también situados en las cuencas del río Balsas.

Finalmente existen otros arroyos tributarios, La Cieneguilla SSE, el Grande SE y la Ciénaga al E, que aportan sus aguas al río Amacuzac, tributario del Río Balsas.

Por otro lado, existen dos cuerpos de aguas permanentes (Laguna del Sol y Laguna de la Luna) que ocupan parte de las depresiones del interior del cráter. Se encuentran además otras dos depresiones pequeñas que corresponden a lagunas intermitentes, localizadas al Norte y al sur de la Laguna de la Luna.

2.5 SUELO

Los suelos predominantes de la región, son derivados de cenizas volcánicas (Andosoles), poseen una morfología relativamente uniforme, que refleja en gran parte la influencia de materiales amorfos derivados del vidrio volcánicos presentes en el material parental. Los perfiles pueden presentar horizontes AC, A(B)C, ABC; lo cual nos indica que se trata de suelos que han presentado algún grado de evolución genética, es decir que han sufrido ciertos procesos de desarrollo tales como adiciones, pérdidas, transformaciones o translocaciones. Estos cambios pueden llevarnos a una clasificación del suelo en relación al tiempo o grado de madurez, así los ciclos de vida incluyen los estados de material de origen, suelo inmaduro, suelo maduro y suelo viejo; el primero se desarrolla en un periodo relativamente corto de tiempo si las condiciones son favorables, éste estado se caracteriza por la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo y por poco intemperismo, lavado o translocación de coloides. Sólo se encuentran presentes los horizontes A y C, las propiedades del suelo han sido heredadas en su mayor parte del material de origen. El estado maduro se obtiene por el desarrollo del horizonte B.

Eventualmente, si transcurre el tiempo suficiente, el suelo maduro llega a ser muy diferenciado, de tal forma que existen grandes diferencias en las propiedades de los horizontes A y B, este es el estado de edad avanzada (viejo) (Foth, 1980) la profundidad de estos perfiles oscilan entre los 50 cm hasta mas de 1 m de profundidad; son bien drenados y aireados (Hayama, 1971).

La FAO/UNESCO (1991) clasifica a estos suelos dentro de las Unidades de Suelo de tipo Andosol (AN). Estos suelos presentan propiedades ándicas hasta una profundidad de 35 cm, como mínimo, desde la superficie y tienen un horizonte A mólico o úmbrico, posiblemente por encima de un horizonte B cámbico, o un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbico; sin otros horizontes de diagnóstico; carecen de propiedades gléicas en una profundidad de 50 cm a partir de la superficie; carecen de las características que son diagnóstico para los Vertisoles y carecen de propiedades sílicas.

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis realizado, el suelo muestreado corresponde a la clasificación de Andosol mólico (ANm). Son andosoles que tienen un horizonte A mólico, una textura franco-limosa o más fina para la textura promedio de todos los horizontes comprendidos en una profundidad de 100 cm a partir de la superficie; carece de propiedades gléicas dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.

La clasificación que corresponde a la Soil Taxonomy (1985) para estos suelos es de Inceptisoles, suborden Andept y dentro del grupo de los Vitrandept.

Otro suelo presente en el área de estudio pertenece a la Unidad Phaeozems (Ph) según la carta edafológica escala 1:50,000 y FAO/UNESCO, (1991): Son suelos con un horizonte A mólico; carecen de un horizonte cálcico, de un horizonte gypico y de concentraciones de caliza pulverulenta blanda y tiene un grado de saturación del 50 % (por NH_4OAc) como mínimo en los 125 cm superiores del perfil; carecen de un horizonte B ferrálico, al igual de propiedades gléicas en una profundidad de 50 cm a partir de la superficie cuando no existe un horizonte B árgico y no presentan revestimiento los granos de arena y limo sobre las superficies de las unidades estructurales, cuando el horizonte A mólico tiene coloración oscura, hasta una profundidad de 15 cm por lo menos.

De acuerdo a FitzPatrick, 1985, estos suelos están confinados de manera casi exclusivamente a situaciones planas a ligeramente onduladas y están por completo ausentes en pendientes de moderadas a pronunciadas; estos suelos son relativamente jóvenes y tienen una elevada capacidad de retener agua.

2.6 CLIMA.

Para la zona de estudio se reporta un clima tipo C(w2)(w) big, que es templado subhúmedo con lluvias en verano, con un intervalo de temperatura media para el mes más frío de -3 a 18°C, precipitación del mes más húmedo de la mitad del año mayor de 10 veces que la del mes más seco, precipitación del mes más seco menor de 40 mm, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5%, es el más húmedo de los climas Cw y tiene un cociente de precipitación sobre temperatura > 55, oscilación anual de las temperaturas medias anuales <5°C, el mes mas caliente antes del solsticio de verano, templado con verano fresco y largo. A continuación se presenta el cuadro de temperatura y precipitación promedio por mes para el área de Toluca (García, 1973).

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Temp	10.1	11.4	13.2	14.4	14.7	14.3	13.3	13.4	13.3	12.8	11.2	10.4	Prom 12.7
Prec.	9.3	5.8	11.2	27.1	72.4	141.1	158.9	147.5	133.1	57.3	28.2	9.3	Total 801.2

Nota: Los datos registrados son un promedio de 27 años para temperatura por mes y de 28 años para precipitación también por mes

2.7 VEGETACIÓN.

En el estudio de PROTINBOS citado por González (1986), se señala que del área total del Nevado (48,557 Ha), tiene una distribución tal, que más de la mitad de la zona forestal corresponde a un bosque poco denso, talado y mezclados con zonas agrícolas, lo cual refleja la magnitud del daño existente en esos bosques, así como la elevada cantidad de zonas cubiertas con roqueros y arenales, en donde se encuentra asentada la vegetación alpina; existe una superficie del 0.07%, ocupada por las lagunas, en el cuadro 2 se presentan las áreas que comprenden cada una de las comunidades vegetales que existen en el área.

Cuadro 2. Distribución de la vegetación y uso del suelo en el Nevado de Toluca, según PROTINBOS.

Vegetación y uso del suelo	Área ocupada en (%)	Hectáreas
Zona forestal	77.24	37,505.42
Zona de cultivo	11.22	5,448.09
Pastizal inducido	8.40	4,078.78
Matorral secundario	0.81	393.31
Vegetación alpina	1.99	966.68
Cuerpos de agua	0.07	33.98
Total	100.00	48,557

El bosque templado de Oyamel (*Abies religiosa*), se encuentra en todas las vertientes a altitudes diferentes que oscilan entre los 3,000 y 3,500 m; es la asociación vegetal dominante, también se presentan asociaciones de Pino, entre las especies más frecuentes esta el *Pinus montezumae* registrado en el Este y Norte entre los 3,000 y 3,200 m; y *Pinus teocote*, (Voyas y Vela, inédito citado por González, 1986).

En zonas de menor pendiente se encuentran algunos cultivos característicos del área como son, maíz, papa y avena, así como áreas de pastizal para la cría de ganado, siendo el más común el ovino y caprino.

2.8 FAUNA.

Los trabajos faunísticos en el área del Nevado de Toluca son muy escasos; pero de acuerdo al trabajo de Almeida *et al.* (1985) y Villalpando (1968), en el volcán se encuentran especies como: *Silvilagus floridanus* (conejo castellano), *Silvilagus cunicularis* (conejo de monte), *Mephitis macroura* (zorrillo listado), *Lynx rufus* (lince), *Canis latrans* (coyote), *Corvus corax* (cuervo), *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Peromyscus melanotis* (ratón de campo), *Juncus phaenotus* y *Sceloporus gramicum microletus* (lagartija).

La fauna reportada en el siguiente cuadro es de acuerdo a la información proporcionada por lugareños y a la reportada por González (1986) para el área del Nevado de Toluca.

Nombre común	Nombre científico
Vivoras de Cascabel.	<i>Crotalus transversus</i>
Ardilla gris.	<i>Sciurus aureogaster</i>
Conejo castellano.	<i>Silvagus floridanus</i>
Conejo de monte	<i>Silvagus cunicularis</i>
Halcón peregrino.	<i>Falco peregrinus</i>
Aguiluila.	<i>Leptotyphlops maximus</i>
Tecolote enano.	<i>Gauquidium brasilianum</i>
Gallina de monte.	<i>Dendrortyx macroura</i>
Ratón de campo	<i>Peromyscus maniculatus</i>
Ratón común+	<i>Mus musculus</i>
Rata negra+	<i>Rattus rattus</i>
Rata gris+	<i>Rattus norvegicus</i>
Coyote	<i>Canis latrans</i>
Lince	<i>Lynx rufus</i>
Zorrillo listado	<i>Mephitis macroura</i>
Cuervo	<i>Corvus corax</i>
Lagartija	<i>Sceloporus gramicus</i> <i>microlepidotus</i>
Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>

Nota. + Especies vinculadas a las actividades humanas en esta zona.

2.9 IMPACTO ANTROPOGENICO.

La influencia de las actividades humanas se ha incrementado en el Nevado a partir de la década de los 30's, debido a la construcción de la carretera que llega hasta el interior del cráter. Para reducir la influencia de la tala y de otros factores de perturbación, en 1936 el Presidente Lázaro Cárdenas declara como Parque Nacional a todas aquellas porciones que se encuentran por arriba del límite de los 3,000 msnm, cota que fue recorrida a los 4,000 m al año siguiente de su promulgación como reserva, para permitir la explotación de los bosques por los pobladores de la región (González, 1986), confluyen en él siete municipios del Estado: Toluca, Zinacantepec, Tenango del Valle, Calimaya, Temascaltepec, Coatepec Harinas y Villa Guerrero. Sin embargo, la falta de esclarecimiento de la tenencia de la tierra así como el incumplimiento de las indemnizaciones, permite que sea afectado tanto por ejidatarios como por particulares sin que se pueda ejercer ninguna clase de control.

Cuadro 3. Distribución de superficie territorial del área del Nevado de Toluca.

TIPO DE PROPIEDAD	SUPERFICIE (Ha)	(%)
I.- EJIDAL	31,879	63.1
II.- COMUNAL	14,033	27.8
III.- PRIVADA	2,225	4.4
IV.- FEDERAL	2,388	4.7
TOTALES:	50,525	100.00

Fuente. Sandoval, 1987.

De acuerdo con este cuadro existen cuatro tipos de propiedad bien definidas, pero debido a que los límites físicos y legales no tienen una plena coincidencia, se ha ocasionado un buen número de problemas sociales que impactan directamente al bosque, favoreciendo la presencia de la tala clandestina y el pastoreo en zonas protegidas, dentro de las acciones más importantes.

En la revisión realizada por PROINBOS, citado por González (1986), existe aún la ambigüedad referente a la delimitación y superficies de cada propiedad; todo ello ha llevado a la existencia de litigios entre los distintos propietarios y municipios, retrasando así entre otras cosas la indemnización correspondiente, ya que a pesar de ser una reserva natural protegida existen problemas de tenencia de tierra sobre todo, en cuanto a la cantidad de hectáreas ejidales, comunales, privadas y federales.

El aprovechamiento forestal en el distrito de Toluca es principalmente de extracción de maderas, resinas, obtención de germoplasma y algunos otros recursos del bosque tales como hongos, herbáceas y tierra de monte, la mayoría de estas extracciones es de autoconsumo dado que no se reporta en la zona sitios de aserraderos ni ventas en volúmenes considerables o por hectáreas de arbolado. El volumen mayor de producción forestal maderable son reportados para pino y oyamel y los menores para el cedro; en cuanto a los no maderables el musgo y los hongos comestibles tienen un volumen de producción mayor y el menor es del follaje de zacatón.

Cuadro 4. Volumen de la producción forestal maderable en el distrito de Toluca (metros cúbicos en rollo).

Total	Coníferas			Latifoliadas	
	Pino	Oyamel	Cedro	Encino	Otras
5,218	4,128	504	29	443	114

INEGI, 1992

Estas especies son de interés principalmente por su madera y resinas que son utilizadas ampliamente en gran variedad de procesos industriales, esto junto con la cercanía de el Nevado a la Ciudad de México, lo hacen el principal centro de consumo fácilmente explotable.

Cuadro 5. Volumen de producción forestal no maderable (1992).

Producto	Volumen (m ³)
Musgo	110
Follaje de zacatón	2.0
Vara de perilla	92
Hongos comestibles	9.5
Tierra de monte	3,800

FUENTE. SARH, 1992.

Del cuadro anterior vemos que la Tierra de monte es el producto con mayor demanda, esta actividad se observó en los recorridos realizados en la zona, la extracción de tierra de monte ha dejado zanjas considerables de aproximadamente 10 cm de profundidad, esto es muy importante debido a que se favorece de manera determinante la rápida erosión del suelo y la formación de cárcavas.

2.10 DATOS SOCIOECONÓMICOS.

Zinacantepec cuenta con una población total de 83,197 personas de las cuales 41,465 son hombres y 41,732 son mujeres, donde la población económicamente activa es de 21,463 personas las que están distribuidas como sigue:

Cuadro 6. Población económicamente activa del municipio de Zinacantepec.

Sector de actividad.	Población (no. de personas)	% de población
Agricultura, caza y ganadería	4,139	19.28
Minería	26	0.12
Extracción de petróleo y gas.	11	0.05
Industria manufacturera.	5,348	24.45
Electricidad y agua	120	0.56
Construcción	2,862	13.33
Comercio	2,018	9.4
Transportes y comunicaciones	991	4.62
Servicios financieros	93	0.43
Administración pública y defensa	797	3.71
Servicios comunales y sociales	1,335	6.22
Servicios profesionales y técnicos	229	1.06
Servicios de restauran y hoteles	230	1.07
Servicios personales y mantenimiento	2,219	10.34
No especificado.	973	4.53
Total	21,463	100

Fuente: Censo general de población y vivienda, 1990.

El desplazamiento de la agricultura por otras actividades económicas ha provocado serios problemas económicos a la población, ya que como se observa en la tabla, cada vez es menor el número de personas que se dedican a la agricultura, debido a los escasos beneficios que de ella se obtienen, por otro lado no se generan los suficientes trabajos en actividades como servicios para ocupar a toda la población trabajadora, traduciéndose esto en un menor nivel de vida para las poblaciones y/o su migración.

Cuadro 7. Nivel de alfabetización en el municipio de Zinacantepec.

TOTAL	Alfabetas		Analfabetas		No especificado	
	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJ
83,197	21,731	19,369	2,348	5,453	22	37

Los datos de la tabla anterior muestran los niveles de alfabetización de la población, lo cual es importante para elaborar cualquier programa de desarrollo, tanto económico como ambiental, donde se requiere siempre tomar en cuenta el factor social que finalmente conlleva a un impacto en su entorno, ya que en la medida que las personas tienen acceso a más información les es posible valorar más los recursos con los que cuentan.

2.11 PROBLEMÁTICA DEL AREA DE ESTUDIO

En México, el 70% de la superficie de su suelo es de aptitud forestal; la cual está siendo empobrecida por la erosión y desmontes con fines agrícolas; así como por las plagas y enfermedades forestales y prácticas como el ocoteo y la resinación intensa.

Aunado a lo anterior, los incendios son otro factor determinante en la pérdida de este recurso, específicamente para el distrito de Toluca se registra una superficie forestal siniestrada total de 327.5 ha., en 1992, de las cuales 300.5 corresponde a pastos, 19 a hierbas y arbustos y 8 a renuevos (SARH, 1992). Se dice que las plagas han llegado a destruir bosques enteros cuando se encuentran debilitados y no se efectúan trabajos oportunos de combate. Los bosques de coníferas son los más susceptibles de ataques porque forman masas puras, y los factores debilitantes son más frecuentes en estos que en otro tipo de bosque; dentro de las coníferas, los pinos son los más frecuentemente atacados por insectos coleópteros de la Familia de los escolítidos, conocidos como descortezadores, de las especies *Dendroctonus adjunctus* y *D. valens*, principalmente.

Desde que el Nevado de Toluca fue decretado como Parque Nacional, ha existido una compleja problemática, primeramente por la existencia de las poblaciones humanas que se mantienen de las actividades agropecuarias y forestales; entre los principales problemas están: tenencia de la tierra, tala incontrolada, pastoreo y fuego, plagas forestales, agricultura y cambio de uso del suelo, incluyendo aquí toda clase de obra o actividad como construcción de carreteras, minería, zonas habitacionales, cuyas características más importantes se mencionan a continuación (González, 1986).

1. Tenencia de la Tierra. No existe a la fecha un estudio completo de catastro sobre los diferentes tipos de régimen de propiedad de la tierra dentro de esta área natural protegida, ya que la información recabada por la Secretaría de Reforma Agraria, presenta anomalías en su plano de catastro sobre las superficies de los ejidos, comunidades y propiedades privadas. En la revisión que hizo PROTINBOS en este aspecto aunque resulta incompleto por ser provisional, existe aún la ambigüedad referente a la delimitación y superficie de cada propiedad. Todo ello ha llevado a que haya litigios entre los distintos propietarios y municipios, retrasando así entre otras cosas la indemnización correspondiente.
2. Modificación de la vegetación nativa: Aunque la fisionomía general de este parque conserva rasgos propios de la vegetación nativa, ésta ha sido sometida a modificaciones dentro de sus límites principalmente por tres factores que son: el establecimiento de zonas agrícolas y de pastoreo, la tala inmoderada y la permanencia de pequeños núcleos de población humana.
3. Tala inmoderada: Esta actividad se realizó a fines del siglo pasado con fines de explotación forestal y para la creación de zonas agrícolas. Dentro de la vegetación nativa los bosques de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa* son los más afectados por esta actividad; la explotación es para fines comerciales (maderas, ornamentación, extracción de resinas entre otros). Esta tala ha creado el espacio para que se desarrollen diferentes especies de pastizales, ya sea de zacaton o de pastos secundarios y de arbustos persistentes de los géneros *Senecio*, *Lupinus* y *Baccharis*;

además acelera la pérdida de suelos, ya que al quedar desprotegidos son más susceptibles al arrastre por el agua o el viento.

Actualmente esta actividad es uno de los factores más importantes en la pérdida de suelo y vegetación que no se ha podido controlar, por un lado la comunidad extrae la madera para uso doméstico y por otro se observa una tala clandestina especializada que ocasiona pérdidas mayores de individuos cuyo fin parece ser comercial.

4. Pastoreo y fuego: La actividad agropecuaria es una de las más importantes en la economía de los poblados y rancherías de esta área. Existen diferentes tipos de ganados tales como el bovino, ovino, porcino y equino en mayor escala y un poco de caprino y aves de corral; situación que es favorecida por el amplio estrato herbáceo de pastizales o hierbas que presentan las comunidades vegetales. El pastoreo influye en que rápidamente acaba con los pastizales naturales, impide el crecimiento de las plántulas de especies arbóreas o arbustivas propias de la comunidad.
5. Plagas forestales: En 1984, se presentó una plaga ocasionada por el descortezador *Dendroctonus adjunctus*, que afectó a 2,300 hectáreas de diversas especies de pino en Santa María del Monte y otro caso similar se registró en 2 ha. de *Pinus hartwegii* durante 1985 con la misma especie; estas situaciones fueron controladas. Según la SARH, la presencia de este descortezador es natural en la región, sin embargo su densidad aumenta en época de calor o si existen fustes dañados derivados de la acción del fuego y del ocoteo.
6. Agricultura: La problemática ocasionada por la agricultura está vinculada a la tala, ya que al ser de temporal requieren de gran espacio disminuyendo así la superficie boscosa. El crecimiento de la agricultura ha sido palpable al Este y Norte del Tzinantecatl en los últimos 14 años, provocando un doble problema: por un lado debilita el suelo que es erosionado fácilmente cuando es abandonado y por otro en el mejor de los casos, la presencia de una mayor extensión de los pastizales inducidos, que se han establecido en varias porciones al Este y Norte.

De los trabajos realizados en el Nevado de Toluca, destaca el de Sandoval, 1987, donde aborda la problemática de la región y establece tres aspectos fundamentales: Tenencia de la Tierra, Erosión y Modificación de la Vegetación Nativa. Asimismo hace patente que aunque el estado de conservación no es aún caótico para el área, de continuar su deterioro puede acarrear desequilibrios irreversibles en las condiciones edáficas, hidrológicas y climáticas a nivel local y regional de gran parte del S y SO del Estado de México, por lo que deben implementarse en este Parque Nacional una zonificación adecuada para las condiciones particulares del área, basada en la creación de programas de manejo de este parque, que principalmente contemplen aspectos de conservación y recuperación de suelos de acuerdo a una política ecológica objetiva, complementados además con los de participación y beneficio social a las poblaciones de influencia del área de regularización de tenencia de la Tierra, Vigilancia y Desarrollo Turístico.

III.- ANTECEDENTES DE LAS COMUNIDADES FORESTALES.

3.1 Las comunidades forestales.

Los bosques constituyen, además de un importante recurso natural una reserva genética y pueden proporcionar suministro constante de productos forestales, siempre que sean manejados siguiendo una política que permita su aprovechamiento sin el exterminio del bosque.

El bosque puede definirse en diferentes formas. Puede ser considerado en función de los árboles que lo componen y que son los que le dan a la comunidad su fisonomía característica, o considerando las interrelaciones obvias que existen entre los árboles y la fauna o el clima predominantes del bosque, como un conjunto que vive en una asociación simbiótica o biocenosis (Pericchi, 1990); para la realización de este trabajo se considero el segundo concepto, de esta forma se le determina como una unidad más estrecha y explícitamente, que el tipo de bosque definido solamente con base en los árboles principales ya que los científicos forestales están interesados primariamente en el árbol forestal del ecosistema como

elemento básico sin considerar todo el complejo conjunto de interacciones que se vinculan directamente con su existencia.

Una comunidad forestal se desarrolla en un ambiente físico compuesto por la atmósfera que rodea las porciones aéreas y el suelo que rodea las partes subterráneas; esta comunidad no es estática sino dinámica ya que, cambia constantemente debido a diversos factores como la rotación de la Tierra, radiación solar, cambios atmosféricos y el efecto de la misma, actuando sobre el clima como sobre el suelo local. El bosque y su hábitat determinan en conjunto un sistema ecológico, en el cual los organismos constituyentes y sus ambientes se relacionan para completar los complejos ciclos del carbono, agua y nutrimentos (Spurr y Barnes, 1982).

Las funciones ecológicas del bosque son: evitar la erosión eólica e hídrica, regular el régimen hidrológico, proporcionar hábitat a la fauna silvestre, reducir los extremos térmicos de la temperatura y realizar parte de la conversión del bióxido de carbono (Gutiérrez, 1987).

Respecto a la temperatura los bosques atenúan los cambios bruscos, haciendo menos intensas las horas de frío y de calor en la región, además reducen la intensidad de los vientos hasta una altura coincidente con la copa de los árboles y favorecen la presencia de la lluvia contribuyendo al ciclo hidrológico.

La función de los bosques contra la erosión es determinadamente positiva, tanto contra la pluvial como con la eólica, no sólo los bosques sino también los matorrales y sobre todo, los pastizales, ya que son tenaces fijadores del suelo. Las plantas disminuyen la fuerza con que la lluvia cae sobre el suelo, favorece la infiltración más rápida del agua al suelo, evita el arrastre de material particulado y la evaporación rápida del agua.

El bosque se ve afectado directamente por las condiciones particulares existentes en el momento en que los individuos presentes se han establecido en ese lugar, pero también por todo lo que ha pasado hasta ese momento, incluyendo fluctuaciones climáticas y desarrollo del perfil del suelo, así como la historia de la explotación forestal, desmonte, desarrollo

urbano, incendios, huracanes, plagas de insectos y enfermedades, epidemias y todos los sucesos que afectan la vida y el crecimiento de los árboles, que en su conjunto influyen en la situación forestal actual (Spurr y Barnes, 1982).

Por lo antes mencionado, desde que el hombre tuvo uso de razón, ha tratado de desarrollar, primero prácticas, luego todo un sistema de técnicas que le permita perpetuar la renovación del bosque, sin dejar de incrementar la cosecha de productos que le aporta, lo que conlleva al desarrollo de investigaciones sobre las sucesiones ecológicas o desarrollo histórico de un bosque, así como todos los procesos que se llevan a cabo para su establecimiento. Actualmente una de las preocupaciones de todos los países es el establecimiento de toda una Legislación Ambiental para proteger los recursos naturales de una forma más efectiva. En México recientemente fue promulgada la Ley Forestal, con su respectivo reglamento, que norman las actividades a realizar en relación al bosque y sus elementos que le caracterizan.

3.2 Desarrollo de las comunidades forestales.

Los periodos que se requieren para producir un bosque maduro varían desde un lapso tan breve como 35 años en zonas de suelos maduros y profundos hasta más de 100 años en las montañas rocosas, el proceso de desarrollo incluye el establecimiento de individuos jóvenes de especies pioneras, su crecimiento y la sustitución por otras especies mediante un complejo conjunto de interacciones que forman la base de las relaciones ecológicas, esto es lo que denominamos sucesión ecológica, la cual se puede ver afectada por las prácticas silvícolas, es por esto que es importante conocer la dinámica y composición de una zona para poder planear el tipo de prácticas a desarrollarse en la misma.

Las etapas de desarrollo para un bosque de clima templado frío, según Santillan (1986), son las siguientes:

Brinzal. Corresponde al período de desarrollo en que los arbolillos alcanzan una altura máxima de 0.50 m.

Monte bravo. Cuando existe entrelazamiento entre las ramillas de los árboles jóvenes. En esta etapa resulta difícil caminar entre el bosque debido al gran número de individuos por unidad de superficie.

Vardazcal o Bajo latizal. Se distingue por la competencia entre los arbolillos de tal forma que se inicia una poda natural de ramas, los tallos comienzan a alargarse en busca de luz, comprende los árboles que tienen hasta 12.5 cm de diámetro normal (D.N.).

Alto latizal. Comprende los árboles que alcanzan de 12.6 a 20 cm de D.N.

Fustal. Esta etapa de desarrollo se inicia con un apreciable crecimiento en diámetro. Comprende árboles desde 20 cm de D.N. en adelante y se distinguen en ella 3 subfustales de desarrollo que son:

- a) Joven Fustal de 20 a 30 cm de D.N.
- b) Medio Fustal de 30 a 60 cm de D.N.
- c) Viejo Fustal de 60 cm en adelante de D.N.

En ocasiones es difícil expresar el potencial de crecimiento de una localidad particular debido a que el grado de crecimiento cambia con la edad, la composición y la densidad de la localidad. Además, las perturbaciones por insectos, enfermedades o daño por el viento o hielo pueden alterar la producción en forma cualitativa y cuantitativa. En última instancia, existe una necesidad de expresar la capacidad productiva de una localidad forestal en términos de su potencial ya sea para madera, agua, fauna silvestre o recreación (Pericchi, 1990).

Las condiciones que ocasionan que los árboles presenten una variedad con respecto al tamaño pueden ser ubicadas bajo tres grupos generales según Harold (1984).

- 1.- Capacidad específica de crecimiento.
- 2.- Magnitud del espacio libre de crecimiento.
- 3.- Condiciones favorables de una localización en particular.

Las plantas de segundo nivel abarcan una parte importante de cualquier ecosistema forestal, los insectos y los hongos tienen un papel importante consumiendo e infectando las plantas vasculares. Las aves y los mamíferos anidan, se aparean, obtienen alimento y abrigo del bosque afectando a su vez muchos de los aspectos funcionales del ecosistema, como el flujo de energía y el ciclaje de nutrimentos, entre otros (Young, 1991).

3.3 Tipos de comunidades forestales representativas del área.

Las comunidades forestales dominantes del Eje Neovolcánico son los bosques de coníferas (Pinos y Oyamel). A continuación se mencionan sus principales características.

BOSQUES DE OYAMEL. Se distribuye entre 2,700 y 3,500 msnm. sobre suelos profundos, bien drenados, húmedos y ricos en materia orgánica. La precipitación pluvial fluctúa entre 1,000 y 1,400 mm y la temperatura media anual varía de 7.5 a 13.5 °C. El bosque es perennifolio, denso, de 20 a 40 m de alto; presenta uno o dos estratos arbóreos y la densidad de la cubierta arbustiva y herbácea es escasa. La especie dominante es el Oyamel (*Abies religiosa*). En los estratos inferiores son comunes los géneros: *Symphoricarpos*, *Eupatorium*, *Senecio*, *Acaena*, *Brachypodium*, *Sigesbeckia*, *Alchemilla*, *Salvia* y *Thuidium*. Su distribución ocupa las serranías de la mitad meridional de la cuenca con algunos manchones en el norte (Rzedowski, 1983).

BOSQUE DE PINO. Se encuentra entre los 2,350 y 4,000 msnm., con diferentes especies dominantes según la altura. La precipitación anual fluctúa de 700 a 1,200 mm. Los suelos son profundos o someros y a veces bastante rocosos. presentan arbustos, pero con abundancia de gramíneas amacolladas. En el estrato herbáceo hay *Alchemilla*, *Archibaccharis*, *Arenaria*, *Bidens*, *Eryngium*, *Lupinus*, *Muhlenbergia*, *Senecio*, entre otros. En las partes secas entre los 2,700 y 3,000 msnm, prosperan bosques de pino como *Pinus rudis* de 10 a 20 m de alto; y entre los 2,900 y 4,000 msnm, se desarrollan pinares bastante abiertos de *Pinus hartwegii*, que miden de 5 a 20 m de alto; otros pinares de distribución más restringida son los de *Pinus teocote*, *P. pseudotrobus*, *P. patula* y *P. ayacahuite* (Rzedowski, 1983).

De acuerdo a la cartografía de la vegetación, escala 1:50,000; la zona de estudio, cuenta con un bosque natural de Pino, bosque de *Abies*, bosque mixto (*Pinus-Abies*), Vegetación secundaria, pastizal inducido, zonas de cultivo para agricultura permanente y temporal. Básicamente los bosques muestreados son de Pino y *Abies* en áreas que van desde perturbadas a poco perturbadas; algunos bosques de *Abies* presentan troncos débiles, así como troncos plagados tanto de *Abies* como de *Pino*; también sus renuevos están muy maltratados; se observa ahilamiento en el Bosque de *Pinus*, debido a la competencia que existe entre los individuos por espacio y luz, así como una gran cantidad de herbáceas y arbustos.

La zona de estudio cuenta con una área destinada a la producción de semillas, que pertenece al ejido de San Cristóbal Tecolilt; este germoplasma lo intercambian con PROBOSQUE por plantúlas de pino que no se producen a partir del mismo, las cuales son utilizadas para actividades de reforestación.

3.4 Características de las coníferas.

Los géneros *Abies*, *Picea* y *Pseudotsuga* tienen un carácter tolerante, es decir, pueden soportar la sombra durante sus primeras etapas de desarrollo y tienden a formar masas irregulares (forman estratos o pisos) es decir masas incoetáneas constituidas por árboles de múltiples edades. En cambio

la mayoría de los pinos son especies intolerantes por lo que normalmente forman comunidades coetáneas en las que los árboles prácticamente tienen la misma edad, con diferencias menores de 10 años.

Las coníferas en general se reproducen por semillas además presentan una característica muy importante en sus hábitos de regeneración, ya que debido a factores genotípicos y a la influencia de factores climáticos y de exposición, la floración y consecuentemente la producción de semillas no es regular año con año, sino de manera más o menos cíclica en periodos de 4 a 6 años se presentan periodos de semillación más abundante que se conocen como años semilleros, esto se debe principalmente a dos factores, el primero de ellos son las condiciones climáticas durante el periodo de uno o varios años y el segundo es la fenología propia de cada especie.

3.5 Plagas y enfermedades.

Las enfermedades como las fungosas, ocasionan la reducción del crecimiento, deterioro de la calidad de la madera con sus galerías, manchas y malformaciones, además de modificaciones en la sucesión vegetal, lo que finalmente puede ser la causa de mortandad generalizada en bosques y selvas.

Las plagas de los bosques de coníferas importantes en el país pertenecen a la superfamilia Scolytidae; las de mayor importancia económica son algunas especies del género *Dendroctonus*, y en orden de importancia son *D. mexicanus*, *D. adjunctus* y *D. frontalis*.

Estos insectos descortezadores viven en asociación con hongos, bacterias y levaduras; atacan diferentes especies de pinos, barrenando un agujero hasta la corteza interna del árbol, donde se alimentan del tejido floémico. La hembra del *Dendroctonus* es la primera que llega al pino y barrena la galería principal, el macho es atraído por feromonas y la copulación se lleva a cabo en el interior de la galería, estos insectos introducen esporas de los hongos (*Ceratocystis* sp. "hongo azul" y *Polyporus volvatus*, el primero degrada la madera y el segundo interviene en su pudrición).

Estas galerías constituyen receptáculos propicios para la germinación y crecimiento de estos hongos. *Ceratocystis* destruye las células del cambium, taponando las traqueidas que rodean la galería, impidiendo el flujo de savia a través del pino, este flujo de resina en condiciones normales inundaría la galería matando al insecto, este hongo produce además ciertas alteraciones bioquímicas en la madera, degrada la lignina a carbohidratos y proteínas, así las larvas al emerger, encuentran condiciones propicias para su desarrollo; se alimentan en los primeros estadios larvarios de la región del cambium a medida que avanza su desarrollo se alimentan del floema y al final de su desarrollo se instalan en la corteza externa donde pupan, de ahí el adulto emerge y ataca a otro pino. Estas especies de descortezadores atacan generalmente a los árboles debilitados, ya viejos o afectados por incendios, por sequías y actividades antropogénicas sin embargo también pueden atacar árboles vigorosos.

El pino que ha sido atacado por *Dendroctonus* presenta en su fuste, grumos de resina de color blanco, o blanco rojizo, el follaje al inicio del ataque es verde oscuro y se decolora posteriormente, pasando a verde limón, amarillo y por último a café rojizo, en este momento el árbol ha muerto (Martínez, 1985). En el mapa 2 se presenta la distribución de las principales plagas en el País.

Algunos estudios han demostrado que los bosques naturales son menos susceptibles que los artificiales al ataque de plagas y enfermedades, y que los coetáneos son más susceptibles que los incoetáneos

De acuerdo con Santillan (1986), las plagas forestales se clasifican según las distintas partes que afectan en el árbol, tenemos así:

1. Descortezadores. insectos que se alimentan de los tejidos del cambium y de la corteza interna de los árboles.
2. Defoliadores. Insectos que se alimentan del follaje o que producen su caída.

3. Barrenadores. Insectos que producen perforaciones en el tronco y ramas comiendo a su paso el xilema.
4. Cogolleros. Insectos que comen las yemas terminales y/o laterales de los árboles.
5. Carpofagos. Insectos que se alimentan de fruta y semillas.


En la mayoría de las especies de insectos se presenta el llamado fenómeno de metamorfosis que comprende los estados biológicos fundamentales o generales: el huevecillo, larva, pupa y adulto; de los cuales el estado larvario es en el que los insectos son más voraces y dañinos. Un reporte del Departamento de Sanidad Forestal de México señala que en un período de 20 meses en los años de 1979 a 1980, el 90% de los problemas de mortandad en árboles fueron ocasionados por los descortezadores. El género *Dendroctonus* es el más extendido entre los bosques de pino, ataca anualmente una superficie de 70 mil Ha, lo que equivale a una reducción del 0.3% anual del recurso silvícola.

3.6 LOCALIZACIÓN.

Por localización se entiende el hábitat de la comunidad forestal o sea un área más o menos homogénea considerando las características del suelo, topografía, aspecto físico y clima, en la cual se puede esperar que se desarrolle un tipo de bosque con características muy semejantes. La suma de esos factores es la localización forestal o hábitat, además de los factores bióticos, las plantas y animales que ocupan el lugar y que influyen localmente al ambiente físico tanto de la atmósfera como del suelo; al momento de conocer estos factores es posible determinar diferentes localizaciones en el campo de acuerdo a los objetivos del estudio.

Mapa 2. Zonas en donde se detectaron las principales plagas que afectan las áreas forestales de México.



 Estados en los que se detectaron áreas plagadas.

 Estados en los que se efectuaron programas de combate.

Estado	Municipio o lugar	Especies de <i>Dendroctonus</i>
Michoacán	Todo el estado	<i>D. mexicanus</i>
Estado de México	Tlalmanalco	<i>D. mexicanus</i>
	Amecameca	<i>D. mexicanus</i>
	Atlixpala	<i>D. mexicanus</i>
	Tepetlixpa	<i>D. mexicanus</i>
	Ecatzingo	<i>D. mexicanus</i>
	Juchitepec	<i>D. mexicanus</i>
	Parque Nacional "Izta-Popo"	<i>D. adjunctus</i>
	Parque Nacional "Desierto de los Leones"	<i>D. adjunctus scolytus</i>
	Parque Nacional "Nevado de Toluca"	<i>D. adjunctus</i>
	Puebla	Amozoc
Morelos	Huitzilac	<i>D. mexicanus</i>
Chiapas	"Yairmulz"	<i>D. frontalis</i>
Nuevo León	Aramberri, Parque Nacional "Cumbres de Monterrey"	<i>D. frontalis</i>
Hidalgo	Huasca	<i>D. mexicanus</i>

Martínez, G. 1986.

3.7 CALIDAD DE ESTACION.

Se dice que la silvicultura halla su expresión más elevada en la ordenación de los árboles de un bosque por especies y edades, de manera que se aprovechen al máximo la capacidad productiva de un lugar en forma permanente; a esa capacidad productiva de un lugar en forma permanente, se le conoce también como calidad de estación y a la obtención permanente de productos y servicios se le llama rendimiento sostenido (Santillan, 1986). Asimismo Spurr y Barnes (1982), definen como calidad de localización, la suma total de todos los factores que afectan la capacidad productiva del bosque u otros tipos de vegetación y que son: factores climáticos, factores del suelo (edáficos) y factores biológicos; por otro lado Young (1991), nos dice que la calidad de sitio, indica la capacidad productiva de una área forestal específica para una especie determinada.

La utilidad de determinar la calidad de estación reside en diferenciar los rodales que crecen más o menos rápido para ajustar sus ciclos de corta a su propio ritmo de recuperación y es posible medirla directa o indirectamente; en el primer caso se evalúan el suelo, clima, topografía y otros factores del medio, en función de su análisis se determina la calidad del sitio o rodal; en el segundo caso se miden el crecimiento en diámetro, altura o en volumen de una muestra de árboles y a partir de estos datos se infiere la calidad de estación. La calificación de rodales en cuanto a calidad de estación, puede ser simple, designándolas en términos buena, regular o mala, o bien ser más elaborada según las necesidades planteadas por el manejo.

De acuerdo a Spurr y Barnes (1982), la estimación de la productividad forestal es de extrema importancia tanto en la ecología forestal como en la administración de la silvicultura. Esta productividad, o calidad real de la localización, puede ser determinada directamente sólo para unos pocos bosques donde han sido llevados registros precisos, a largo plazo, del desarrollo y crecimiento del lugar. Sin embargo, generalmente sólo se realiza una estimación indirecta utilizando una o más de las siguientes alternativas:

A. Vegetación del bosque.

1. Árboles (Índice de la localización).
2. Vegetación de la tierra (especies y grupos de especies indicadores)
3. Vegetación combinada del sotobosque y la masa arbórea.

B. Factores del ambiente físico.

1. Clima.
2. Suelo y topografía.

C. Factores múltiples o métodos combinados (utilizando algunos o todos los factores precedentes conjuntamente con la historia del uso de la tierra del bosque).

Existen tres fuentes generales de información sobre el crecimiento del bosque que cumplen con ser registros reales de crecimiento arbóreo, además de ser datos expresados de forma tal que se pueden elaborar curvas de crecimiento por separado, que puedan ser evaluadas y desarrolladas para diferentes condiciones de localización-suelo, evidenciando, en las formas de las curvas, las diferencias que se presentarían entre sitios, lo que no sucede cuando se consideran las técnicas de determinación de las curvas estándares de índice de la localización, que vienen a ser las curvas de promediar conjuntamente los valores de altura y edad en cuyas gráficas se analiza todo un rango regional de localización sobre las cuales se encuentran las especies.

La primera forma y la más efectiva son los registros de gráficas de muestreo permanente a largo plazo, en ausencia de suficientes datos de las gráficas se puede recurrir al análisis de los tallos que es la segunda forma en la que se seccionan los árboles desde el extremo superior al inferior, de esta manera se puede reconstruir el curso de su crecimiento.

La tercera fuente de información es la distancia internodal sobre los troncos de los árboles que implantan distintos verticilos anuales. Las curvas de crecimiento pueden ser determinadas por cualquiera de las tres técnicas mencionadas anteriormente o, mejor aun, por la combinación de las mismas.

3.8 INDICADORES DE CALIDAD.

Los indicadores de la calidad son aquellos factores que interactúan en un bosque, tales como los factores físicos, climáticos y topográficos, útiles para determinar el índice de calidad en forma aislada o en combinación. Para poder ser utilizado como índice, cualquier factor debe ser medible en forma simple y económica y además de estar altamente correlacionado con la producción forestal (Spurr y Barnes, 1982).

Es evidente la interdependencia que existe entre todos los factores que integran el ecosistema forestal; como en el caso de los suelos sobre el desarrollo vegetal, pues entre otras cosas ofrece un soporte mecánico, retiene y transmite el agua y gases, además sirven como hábitat para los macro y microorganismos, que transforman, intercambian y fijan sustancias nutritivas actuando en las reacciones bioquímicas, principalmente en los procesos catalíticos; asimismo el suelo se ve afectado en su composición mineral por otros factores tales como: clima, tiempo, topografía, roca madre y organismos (lombrices, mamíferos e insectos y vegetación que favorecen la infiltración del agua mediante los espacios que van creando con su actividad y la retención de humedad en el suelo). Dentro de estas relaciones podemos destacar la existente entre tres factores fundamentales del ambiente físico como son suelo, aire y agua.

Los estudios de la relación suelo-localización involucran mediciones o estimaciones de muchas variables edáficas y de la localización, denominadas variables independientes (por ejemplo, profundidad del suelo, textura, tipo de drenaje, posición de las pendientes y forma), relacionando éstas a través del análisis por regresión múltiple en función al promedio de la altura del arbolado o el índice de la localización.

Los factores del suelo que más frecuentemente se encuentran como principales determinantes de la calidad de los bosques son: la profundidad del horizonte A sobre un subsuelo compacto, la profundidad de la capa menos permeable (normalmente el horizonte B), la profundidad del suelo moteado (indicativo de la profundidad media al drenaje restringido) y el grosor del manto del suelo en el lecho rocoso. Le siguen en importancia las

características del perfil del suelo que afectan la humedad, drenaje y aireación del suelo; la naturaleza física del perfil, textura general y estructura del horizonte menos permeable (el horizonte B2). Sin embargo el microclima de la localización se encuentra estrechamente relacionado a la topografía y a las propiedades físicas del suelo que gobiernan las relaciones de humedad y aireación del mismo.

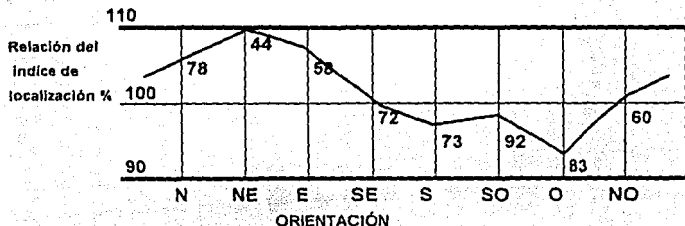
Carmean (1967) encontró que las ecuaciones basadas únicamente en los rasgos topográficos explicaban más del 75 % de la variación en la altura total del encino negro en el sudeste de Ohio.

Las estrechas relaciones entre la topografía y la localización se presentan porque la topografía está íntimamente asociada con los rasgos más importantes del suelo tales como la profundidad del horizonte A, textura del subsuelo, contenido de rocas y porcentaje de materia orgánica (Carmean, 1967), además de la profundidad del suelo, el desarrollo del perfil, estructura superficial y subsuelo, influenciando de esta manera la composición, desarrollo y productividad del bosque.

Los suelos tienen una influencia profunda tanto en la composición como en la productividad de un bosque. El suelo es una mezcla de sólidos orgánicos e inorgánicos, aire, agua y microorganismos, en donde todas estas fases influyen entre sí: las reacciones de los sólidos afectan la calidad del aire y del agua, éstos desgastan los sólidos y los microorganismos catalizan muchas reacciones, todo esto establece ciertas características en los suelos que lo hacen apto para sostener la vida vegetal.

A continuación se presenta una curva de productividad con el índice de la localización en función de la orientación, basado sobre 560 puntos de índice de localización sobre 27 series de suelos en un bosque mixto de encinos de los Montes Apalaches. Para calcular la función del índice de la localización se relaciona el índice de localización del punto con el índice de localización promedio de todos los puntos de esa serie de suelos (Spurr y Barnes, 1982), esto se representa en el siguiente diagrama.

Diagrama 1. Curva de productividad con el índice de la localización en función de la orientación.



El clima forestal se encuentra obviamente relacionado con el crecimiento del árbol, debido a que las coronas y troncos que viven en el aire, son afectados por éste; además las características del suelo que rodea las raíces han sido determinadas por diferentes factores, incluyendo el clima como uno de los más importantes. Los factores climáticos de la localización son generalmente útiles para proveer un índice amplio de la productividad entre regiones forestales adyacentes o entre distintas altitudes en una región geográfica, ya que determinan un buen número de las características de los sitios, importantes para un buen desarrollo en la vegetación, como por ejemplo la humedad y precipitación.

La altura de los árboles de crecimiento libre de una especie determinada que tienen una edad más o menos equivalente, está más estrechamente relacionada con la capacidad de la localización de producir madera de estas especies que con cualquier otro parámetro, además, la altura de los árboles es uno de los muchos parámetros de la calidad de la localización que se utiliza en las investigaciones ecológicas forestales y silvícolas (Spurr y Barnes, 1982).

Resumiendo, la naturaleza del material original, el perfil del suelo, la fauna y flora edáfica, el ciclo de los nutrimentos entre el suelo y arbolado, y las relaciones suelo-humedad y suelo-aire son particularmente importantes para determinar la calidad del suelo; a continuación se presenta un diagrama que muestra las relaciones existentes entre estos factores.

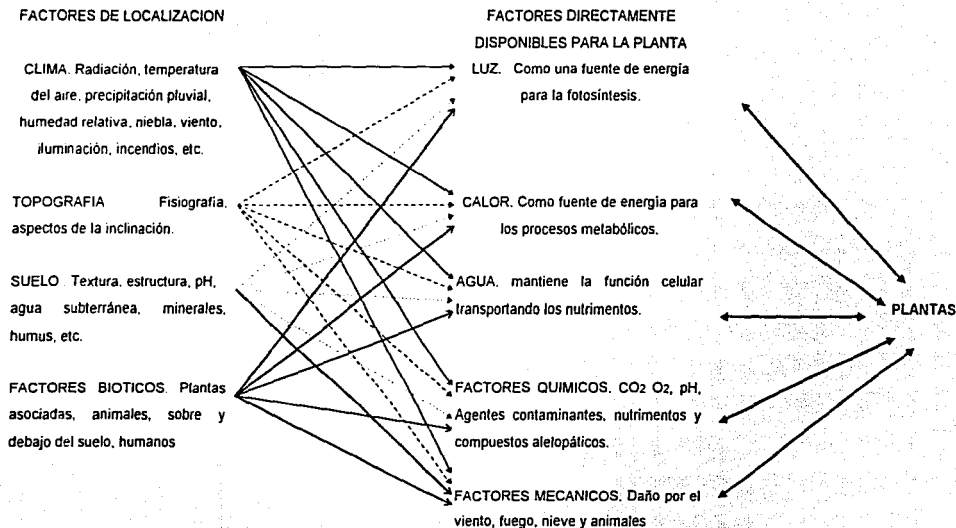
3.9 Índice de localidad.

En Estados Unidos se ha definido desde hace tiempo el índice de la localización como la altura promedio que presentan las porciones dominantes o dominantes y codominantes de un lugar de la misma edad específica (Spurr y Barnes, 1982).

La medición de la calidad de la localización, o la productividad de la localidad empleada más comúnmente es el índice de la localización, el cuál se estima con la altura desarrollada por los árboles dominantes en una localidad tomando como base una edad determinada; normalmente 50 o 100 años, debido a que en las altas latitudes el crecimiento forestal es muy lento, de ahí la necesidad de un tiempo de crecimiento tan largo; para las condiciones de México, la edad se reduce considerablemente.

El índice de la localización puede proveer una estimación conveniente y confiable de la productividad forestal. También es una guía útil para seleccionar las especies arbóreas más productivas para localizaciones específicas. Por lo tanto, los estudios de calidad de la localización y su clasificación, utilizando factores físicos de la vegetación y otros, son de gran interés, ya que no sólo proveen una base para estimar la productividad, sino que aportan la base ecológica para determinar las prácticas silvícolas que cumplan los diversos objetivos de la administración forestal

Diagrama 2. Influencia de los factores de la localidad en el desarrollo vegetal.



Relaciones entre los factores de localización o del hábitat y los factores directamente responsables de la vida vegetal. (Según Ellenberg, 1968). Tomado de Spurr y Barnes (1982).

El concepto índice de sitio no es muy adecuado para rodales incoetáneos y áreas cuya composición es de especies mixtas, ya que no poseen el mismo desarrollo en edad y altura, por lo que no es posible establecer una altura promedio para las especies dominantes en la zona, es decir no es posible conocer el índice de sitio.

El **Índice de Sitio** está correlacionado con los factores de suelo, topografía y clima, así como con el crecimiento de los árboles, de tal manera que la evaluación de estos factores y del lugar pueden ser utilizados para predecir el crecimiento del árbol, esta capacidad de predicción es de gran valor para la planificación de la industria relacionada con los productos forestales (Young, 1991).

En algunas especies de árboles se ha observado que el número de individuos disminuye con un incremento de la calidad de la localización para una edad determinada. De los árboles que se encuentran sobre mejores localizaciones, los que crecen más rápidamente sobreviven y los que crecen lentamente son eliminados tempranamente en su desarrollo, esto sucede principalmente con especies intolerantes. Esto sucede de manera natural en bosques no perturbados, idealmente se pensaría que podrían obtenerse masas coetáneas como las descritas acelerando el proceso natural mediante la práctica silvícola pero con los problemas económicos y de reparto de tierras principalmente no ha sido posible optimizar el aprovechamiento de este recurso.

La capacidad productiva de la localidad ha sido enfocada desde diferentes puntos de vista. En varios estudios la producción de materia seca (también denominada biomasa) se utiliza para medir las diferencias de calidad de localización (Harold, 1984) incluso se ha considerado el incremento de materia seca del tallo, ramas, ramitas, hojas y frutos de los árboles, En algunos casos también se pueden estimar el peso de la vegetación subordinada y los animales que habitan en una localidad. El aumento del peso de la materia seca es una medida aproximada más precisa del crecimiento que el incremento en volumen, debido a que el cambio de peso puede ser más sensible a las diferencias de calidad de las localizaciones,

particularmente en los casos donde se necesita considerar la densidad y composición de la localidad.

El análisis del incremento de biomasa tiene un valor considerable cuando se combina con el análisis del ciclo mineral y la comparación del crecimiento de las diferentes especies, porque se puede inferir el aprovechamiento de los recursos minerales del sitio por las especies vegetales de la zona de acuerdo a su crecimiento y desarrollo. Un estudio del crecimiento en diámetro de los árboles individuales determinó que el crecimiento de las especies podría predecirse por medio de estimaciones de la calidad de la localización y las clases individuales de coronas. El estudio incluye otras mediciones individuales de los árboles tales como la clase de vigor, longitud de la corona, ancho de la corona, radio vivo de la corona y área basal que rodea a los árboles individuales, sin embargo, no son tan importantes como la calidad de la localización y la clase de corona para predecir el crecimiento individual de un árbol, para esto se localizan parcelas en los bosques más viejos que representan la variedad de sitios y suelos de una determinada región, luego se toman mediciones del crecimiento del árbol y de las propiedades del suelo y se correlacionan mediante métodos estadísticos, las ecuaciones resultantes pueden utilizarse para predecir la "calidad del sitio" de los bosques que se cortan intensamente, incoetáneos, o que son demasiado jóvenes para las mediciones de los árboles (Harold, 1984).

Las características de los árboles que son más importantes en los estudios suelo-localidad, en general son aquellas que tratan con la profundidad, textura y el drenaje. Las propiedades químicas no intervienen en las características de suelo-localidad tan comúnmente como las propiedades morfológicas y físicas fácilmente mensurables de los factores de los suelos y de los factores de localidad. Los índices suelo-agua disponibles, lo mismo que las propiedades químicas raramente intervienen en las ecuaciones suelo-localidad. Los factores locales son muy importantes para el crecimiento de los árboles, en Estados Unidos, son por ejemplo, las latifoliadas del Este, responden a las diferencias en la pendiente, en su aspecto e inclinación, estos influyen en la humedad del suelo y en las relaciones de temperatura y el grado de erosión geológica. La variación en la elevación de la pendiente y la precipitación pluvial influyen en la

productividad de un bosque. La evolución de la calidad de los bosques supone el uso de las propiedades del suelo y otros factores locales, como los rasgos topográficos y climáticos para predecir el crecimiento del árbol y, por lo tanto, la productividad forestal (Young, 1991).

IV.-MANEJO FORESTAL

4.1 Normalidad y rendimiento sostenido.

Aunque los elementos que inciden en la producción forestal son el clima, suelo, atmósfera, microorganismos y vegetación, es a través del manejo de las masas arboladas como se llega a ordenar y a dirigir la producción forestal hacia un determinado objetivo. Se pretende que esa producción sea óptima y además que sea sostenida, para lograrlo se requiere mantener o dirigir las masas boscosas hacia un estado en que aprovechando toda la capacidad productiva del sitio se obtenga el mayor rendimiento el cual se manifiesta en el mejor crecimiento distribuido en las especies de árboles seleccionados como los de mayor valor económico. Cuando esto se haya logrado se dice que la masa de árboles habrá alcanzado su estado normal y su producción continua año tras año, será su rendimiento sostenido. De manera que la continuidad de una determinada producción, será la finalidad prioritaria que persiga la ordenación forestal, asegurándose para ello de la regeneración de la masa, crecimiento y protección contra factores adversos (Santillan, 1986).

Para desarrollar un plan de manejo para comunidades forestales es necesario llevar a cabo estudios a nivel de rodal sobre el estado actual del bosque y evaluar su capacidad productora, así como determinar la cantidad y calidad de los productos o servicios que ofrece el recurso, esto es lo que se denomina un inventario de manejo el cual consta de tres aspectos sobresalientes:

- a) Estructura y composición de los rodales.
- b) Volúmenes (totales y de fuste limpio) e incremento.
- c) Calidad de estación.

Es importante mencionar que para cualquier trabajo silvícola la unidad a considerar es el rodal que se define como la porción del bosque que posee cierta homogeneidad en composición de especies, edad, espesura y altura. (Santillan, 1986)

Los puntos que se mencionan a continuación pueden ser considerados como los principales para conseguir una eficiente protección de los recursos forestales de manera general:

- Campañas informativas del valor de los ecosistemas forestales.
- Desarrollar una estrategia para disminuir el libre pastoreo.
- Establecer y dirigir una brigada en el combate de incendios y plagas.
- Promover el establecimiento de huertos frutícolas o actividades productivas para incrementar los ingresos, evitando así actividades destructivas a los bosques como la tala clandestina, incendios provocados, entre otros.

4.2 Estrategias de manejo.

A continuación se mencionan las principales características de las diferentes estrategias de manejo forestal según Young (1991), a fin de destacar sus actividades, ventajas y desventajas.

CORTA DE PREACLAREO (Grado A). Consiste en la remoción de los arbolillos muertos, dominados, algunos codominantes que se encuentran bajo fuerte competencia en la población, con una intensidad de corta desde 30-50% en número de árboles. Este tipo de corta se aplica en masas muy jóvenes en la etapa de vardascal (menos de 10 años en las pináceas) y no rinde productos comerciales, sin embargo pueden ser utilizados como combustible o para pulpa.

CORTA DE ACLAREO BAJA (Grado B). En este tipo de manejo se remueven los árboles muertos, decadentes, enfermos y doblados, así como también los "árboles látigo" y algunos de los subdominantes. La intensidad de corta en área basal o volumen es cuando mucho el 20%. Este grado de aclareo se aplica en masas jóvenes en etapa de latizal (de 10 a 15 años en pináceas) y generalmente es una corta que no tiene un objetivo comercial.

CORTA DE ACLAREO BAJA (Grado C). Se remueven los árboles mencionados para el grado B, más los subdominantes y la mayoría de los dominantes defectuosos. La intensidad de corta en área basal o volumen varía del 20 al 30%. Esta corta se aplica en masas en etapa de latizal y joven Fustal (de 15 a 25 años en pináceas).

CORTA DE ACLAREO ALTO (Grado D). Se remueven los árboles mencionados para el grado C y muchos de los codominantes bien formados y dominantes defectuosos, así como algunos de los dominantes bien formados. Bajo este régimen de aclareo únicamente quedan los árboles con copa normal y fuste bien formado, distribuidos tan regularmente como sea posible sobre el terreno. La intensidad de corta en área basal o volumen es de un 40% como máximo. Este grado de aclareo se aplica en masas en etapa de medio fustal (de 20 a 30 años en pináceas).

CORTA DE ACLAREO SELECTIVO. Se seleccionan los mejores árboles a dejar en pie y se cortan a su alrededor los árboles muertos, dominados, la mayor parte de los codominantes que no tengan buena conformación y algunos dominantes que estén defectuosos. La intensidad de corta en área basal o volumen puede variar de 25 a 40% según la etapa en que se encuentre la masa, pudiendo aplicarse este tipo de aclareo desde la etapa de joven fustal.

CORTA DE ACLAREO MECÁNICO. Se prefija un determinado espaciamiento y se corta indiscriminadamente todo tipo de árboles.

CORTA DE SANEAMIENTO. Se eliminan los árboles plagados, enfermos o fuertemente dañados por el viento, el pastoreo o el fuego. La intensidad de corta varía según la porción del daño en el arbolado.

CORTA FINAL. En caso de que la plantación haya llegado al término de su explotabilidad o turno, ya sea absoluto, técnico, comercial, económico o financiero, según las condiciones del lugar y los objetivos del manejo forestal o bien que el crecimiento del arbolado se encuentre estancado por no ser adecuada la especie a la calidad de estación del lugar y se decida eliminar la masa total para probar nuevas especies y métodos de reforestación en el lugar.

4.3 Sistemas para el manejo forestal.

Los sistemas silvícolas son esquemas de cosecha y manejo a largo plazo, diseñados para optimizar el crecimiento, regeneración y manejo de determinadas comunidades forestales, a fin de obtener un suministro de madera perpetuo y constante, (rendimiento sostenido). El uso de sistemas silvícolas implica hacer una prescripción total de los tratamientos de rodales a lo largo de la vida de un bosque, incluyendo el método de cosecha, por lo que se necesita una evaluación para saber si es necesaria la preparación de sitio o no, tipo de siembra, plantación y regeneración natural, y un programa de tratamientos intermedios.

Existen dos métodos de manejo, uno para masas coetáneas y otro para las incoetáneas para cada uno de ellos existen diferentes técnicas las cuales pueden elegirse de acuerdo a los objetivos del manejo, los recursos con los que se cuente, y el tiempo de que se disponga. Las técnicas para masas coetáneas son: Matarraza, Árbol semillero, Bosque de Protección y de Bosque Bajo; las técnicas para masas incoetáneas son: de Selección y Selección de Grupo.

Método para masas coetáneas.

En todas las formas de manejo de bosques coetáneos se logra un rendimiento sostenido cortando sucesivamente parte de la propiedad total a intervalos regulares, de manera que cuando se completa el ciclo, los árboles sobre la primera porción del terreno en la secuencia tienen la edad suficiente para ser cortados otra vez.

MATARRAZA. Consiste en la eliminación de todo el arbolado de un sitio seleccionado, sin embargo, tiene un impacto estético desfavorable, las limitaciones de las matarrazas son grandes para muchas especies de fauna silvestre, además de aumentar el riesgo de erosión.

ÁRBOL SEMILLERO. Se dejan los árboles maduros dispersos en el sitio para servir como una fuente de semillas para el nuevo bosque y para proveer una proporción más uniforme de las semillas. Se requiere preparación del sitio y especies firmes ante el viento. Esta técnica puede no tener mucho éxito en muchos casos, la dificultad más seria es que los árboles semilleros a menudo no dan una cantidad importante de semillas que queden establecidas especialmente en ausencia de preparación de sitio y sobre lugares que son susceptibles a una rápida invasión por arbustos, además no funciona bien con especies de enraizamiento superficial, ya que pueden ser derribados por el viento en etapas jóvenes de crecimiento al no tener la protección de un mayor número de árboles maduros.

BOSQUE DE PROTECCIÓN. Proporciona semillas de árboles y deja en pie una cantidad suficiente de árboles para proporcionar cierta sombra y protección a las nuevas plántulas. Cuando la plántula se establece los árboles residuales se cortan de manera que no supriman el crecimiento de un nuevo rodal. Esta técnica es ideal para especies con un nivel intermedio en cuanto a tolerancia a la sombra, además tiene menor impacto visual, ya que después de la corta de árboles residuales del primer nivel, el nuevo rodal ya tiene el tamaño de árbol joven; y se reduce también el riesgo de erosión al eliminar una etapa en la que el suelo se encuentre totalmente desprovisto de vegetación.

BOSQUE BAJO. Estos bosque por lo general se manejan por turnos cortos en donde no se permite que el árbol complete su ciclo de desarrollo y los productos pueden ser leña para combustible o para pulpa.

Método para masas incoetáneas.

TÉCNICA DE SELECCIÓN. En esta técnica se cortan los árboles dispersos o pequeños grupos de ellos, esta técnica tiene la característica de asegurar que los árboles sean de todas las edades, no hay necesidad de una extensa preparación de sitio o planeación, la regeneración tiende a ser confiable y más o menos automática, se obtiene un rendimiento sostenido a partir de un sólo rodal, los árboles se pueden cosechar a perpetuidad, la erosión y alteración del sitio son mínimas y el riesgo de incendios es bajo. Este sistema es sobre todo adecuado para especies tolerantes como: arces, abetos, cedros, piceas y abetos verdaderos.

Algunas desventajas del sistema de selección pueden disminuirse si se simplifica el método de cosecha, cortando pequeños grupos de árboles, en vez de individuos dispersos, y producir regeneración de especies intolerantes. La técnica de selección de grupos también mejorara el hábitat para animales silvestres, en especial las de interés cinegético.

4.4 Daños ocasionados por el pastoreo.

El pastoreo incontrolado ha sido un agente destructivo de grandes extensiones de cubierta forestal y propiciador de la erosión. En nuestro país cerca de 69 millones de has de terreno forestal se encuentran sujetas a un pastoreo incontrolado lo cual ocasiona diferentes alteraciones, como la compactación del suelo, muerte de renuevos y daños físicos al arbolado adulto. El pisoteo apelmaza el suelo, impidiendo la circulación del aire y del agua, vitales para los procesos biológicos y químicos y el desarrollo de las raíces, las hierbas desaparecen y el suelo queda expuesto a la erosión, además, las raíces de los árboles quedan expuestas y pueden ser atacadas por hongos y pudrirse, para finalmente ocasionar la muerte de los individuos.

Las diferentes clases de ganado tienen también diferentes hábitos alimenticios, el caprino, ovino y equino consumen hierbas y también ramonean arbustos y árboles jóvenes, en cambio el bovino es más selectivo

y prefiere las plantas herbáceas; los brinzales sufren graves daños debido a su tamaño, puede ser confundido con pastos y ser comido por las cabras, desenterrado por el ganado porcino o simplemente pisoteado por los rebaños. Los ovinos y las cabras ofrecen mayor peligro que los bovinos porque pastan en nutridos rebaños y su pisoteo es muy perjudicial al suelo, los ovinos y equinos cortan el forraje más a ras del suelo que otras clases de ganado y esto requiere un mayor cuidado en su manejo. En términos generales en el pastoreo incontrolado, las cabras son las más dañinas para los bosque y las vacas las menos peligrosas (Santillan, 1986).

Si se lleva a cabo de manera controlada, el pastoreo se convierte en un importante instrumento silvícola al eliminar gran cantidad de material combustible, como el caso de los pastos que al secarse son fácil presa de las llamas en los incendios forestales; también se eliminan muchas hierbas que compiten con la regeneración del arbolado, y de ahí que el pastoreo sea útil para la preparación del terreno en un rodal que ha recibido una corta de regeneración, por otro lado, el excremento del ganado contribuye a la fertilidad del suelo.

V.- SUELOS FORESTALES.

5.1 Los suelos forestales.

Se ha definido al suelo mineral forestal como un cuerpo natural con propiedades físicas, químicas y biológicas gobernadas por la interacción de cinco factores formadores del suelo: material parental, clima, organismos, topografía y tiempo, (Spurr y Barnes, 1982) mientras que FitzPatrick (1985), lo define como un continuo de espacio-tiempo que forma la parte superior de la corteza terrestre.

Los suelos son importantes para las comunidades forestales debido a que representan el sustrato en el cual se desarrollan, proporciona soporte y elementos nutritivos así como agua y gases; además de ser el hábitat de macro y microorganismos que son los encargados de retener, intercambiar y fijar las sustancias nutritivas.

El suelo puede diferenciarse de acuerdo a una gama de propiedades tanto físicas como químicas. La química de los suelos se relaciona estrechamente con la química de los coloides (química superficial), geoquímica, fertilidad, mineralogía, y microbiología (Bohn, 1993). Entre las propiedades químicas más comunes están la capacidad de intercambio catiónico, reacción al pH, elementos nutritivos y capacidad amortiguadora del suelo; dentro de las propiedades físicas se encuentran la textura, estructura, porosidad y densidad aparente del suelo.

5.2 Suelos derivados de cenizas volcánicas.

Las regiones de suelos derivados de cenizas volcánicas y materiales ígneos están ampliamente representados en México, en el área comprendida por el Eje Neovolcánico y presentan gran importancia económica en cuanto a la producción agrícola y forestal. Se localizan en climas fríos y templados, semiáridos, tropicales y de trópico-húmedos Aguilera (1969), citado por (Hayama, 1971) estos suelos son comúnmente llamados Andosoles; están asociados a la altitud la cual ejerce una gran influencia sobre la temperatura, precipitación y distribución de la vegetación (Grajales, Vargas y Arévalo, 1986).

Los Andosoles reciben su nombre a partir del Japonés An = oscuro y Do = tierra o suelo, connotativo de suelos formados de materiales ricos en vidrio volcánico y que por lo común tiene un horizonte superficial oscuro, así como un complejo de cambio dominados por materiales amorfos, 60% o más de cenizas volcánicas vítreas (FitzPatrick, 1985). Estos suelos tienen una alta capacidad de retención de humedad, horizonte A oscuro, friable, relativamente grueso, con un contenido alto de materia orgánica, una densidad aparente baja y escasa propiedad adhesiva. Pueden tener un horizonte B sin mostrar cantidades significativas de arcilla iluvial. Ocurren bajo condiciones climáticas húmedas o subhúmedas (Jonhson, citado por Chavez y Gómez, 1985).

La formación de Andosoles es un proceso muy rápido resultante de la gran caída aérea de la ceniza volcánica, que es el material materno, sobre la superficie y que bajo condiciones húmedas se comporta en forma única. El proceso principal es la hidrólisis que intemperiza las cenizas volcánicas (FitzPatrick, 1985).

Los sitios en los que se desarrollan varían en sus condiciones topográficas, pueden ser planos o tener pendientes fuertes, pero su mejor desarrollo se efectúa en condiciones más estables del área plana o con pendientes más suaves. En estos suelos en condiciones naturales se encuentra la superficie cubierta por hojarasca suelta, poseen un horizonte superior húmico, el contenido de arcilla es bajo (20 y 25%) la cantidad mayor se presenta en el horizonte superior y disminuye con la profundidad, tiene una alta porosidad (70%), el contenido de materia orgánica, por lo general es alto, y comúnmente existen valores de más de 20.5 en el horizonte superior, la capacidad de intercambio catiónico es alta en el horizonte superior y puede ser de más de 35%, debido al alto contenido de alófono tienen una elevada capacidad de retención de agua (op. cit.).

Dentro de la Clasificación de la FAO/UNESCO, 1991, existen seis subunidades de los Andosoles: Andosol háplico, mólico, úmbrico, vítricos, gléicos y gélicos, de los cuales el Andosol mólico es el que predomina en los suelos de la zona de estudio, sus características están asociadas a áreas que fueron glaciadas o expuestas a condiciones periglaciales e iniciaron su desarrollo en el inicio del periodo Holocénico.

Acciones realizadas para la conservación de recursos forestales en el Estado de México.

En el Estado de México se han realizado diversas acciones encaminadas a la protección de los recursos forestales de la entidad, destacando las siguientes:

1. Reunión Nacional, 1992.

En México se ha establecido un programa de conservación de suelos y agua por parte de la SARH que dependía del gobierno, recientemente (1991) se puso en vigor una estrategia en la que se ha hecho evidente que es indispensable la participación de los propietarios de las tierras haciéndoles ver los beneficios de conservar el recurso y asesorándolos para que lo aprovechen.

2. Manejo de recursos naturales y efecto sobre la calidad y cantidad del agua.

Los sistemas integrales de manejo deben considerar los recursos disponibles y potenciales, incluyendo el suelo, agua, aire, plantas, animales y el humano.

3. Se han llevado a cabo programas de trabajo que desarrolla la Dirección de Fomento y Protección Forestal (dependiente de PROBOSQUE) encaminadas a mejorar la situación de los bosques en el área del Nevado de Toluca que son:

- a) Mejoramiento Genético.
- b) Germoplasma forestal.
- c) Producción de planta.
- d) Acondicionamiento de suelos.
- e) Reforestación.
- f) Plantaciones forestales comerciales.
- g) Prevención y combate de incendios forestales.
- h) Inspección y vigilancia forestal.
- i) Sanidad Forestal.
- j) Cultivos forrajeros, como la veza de invierno.

En base a la información proporcionada por habitantes de la zona, los programas de reforestación que se han llevado a cabo no han tenido ningún efecto debido al abandono de las plántulas y a la falta de vigilancia para prevenir posibles daños ocasionados principalmente por las actividades ganaderas en las zonas reforestadas, actualmente los ejidatarios del área mantienen un acuerdo con PROBOSQUE en el cual tienen un intercambio

de semillas de especies arbóreas nativas por plantúlas de pinos que se encuentran dentro de las especies naturales del área del Nevado. Parte de las semillas que intercambian con PROBOSQUE provienen de una zona sembrera localizada cerca de Loma Alta en el ejido de San Cristóbal Tecoliltl, en está área se ha intentado establecer un control de Sanidad Forestal en donde al igual que en los aspectos generales de silvicultura se cuenta con el asesoramiento de la misma institución para cuestiones de reforestación y en las cortas de saneamiento, las cuales no se han realizado aún cuando los árboles dañados o plagados están marcados desde tiempo atrás, tratando de saber el por qué estos árboles no habían sido cortados los ejidatarios explicaban que para ellos no había razones suficientes para eliminar un árbol que les estaba produciendo semilla.

Con respecto al control y vigilancia pese a los esfuerzos que se han llevado a cabo no se ha logrado controlar totalmente la tala clandestina y el ocoteo, debido a que no se tienen los recursos suficientes para realizar una vigilancia adecuada, durante las visitas al área se encontró un gran número de árboles ocoteados, quemados y arboles derribados, así como zonas dañadas por el pastoreo y por la gente que transita en el área tanto lugareños como gente que utiliza el área como zona de recreo.

En todos los sitios visitados se encuentran grandes áreas de cultivos alrededor de los bosques de tal manera que en algunos sitios los bosques se presentan como pequeños manchones, lo cual representa un serio problema para el suelo puesto que se favorece la erosión y pérdida de nutrimentos, entre otros aspectos.

VI.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones de sitio del área que comprende las zonas forestales de la vertiente norte del Nevado de Toluca.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Evaluar las condiciones edáficas del área.

Conocer el desarrollo forestal de los sitios.

Describir la problemática ambiental del área de estudio.

Proponer alternativas para un manejo forestal más adecuado del área.

VII.-HIPÓTESIS.

Las características edáficas (pH, % Materia orgánica, Densidad aparente, Densidad real, Espacio poroso, Textura, Capacidad de Intercambio Catiónico y Nutrientes), topográficas (relieve, pendiente y altitud) y uso del suelo (pastoreo, agrícola o forestal), determinan la calidad de sitio para el desarrollo forestal; conociendo esta calidad de sitio es posible proponer alternativas viables para el manejo forestal adecuado del área de estudio.

VIII.- METODOS.

El conjunto de actividades realizadas en el presente trabajo se puede resumir de la siguiente forma:

1.- Análisis cartográfico del área. Para esta actividad se utilizaron los mapas topográfico, geológico, edafológico, vegetación, uso de suelo y clima del Nevado de Toluca, escala 1:50,000 elaborados por INEGI, 1980 además de una ortofoto aérea obtenida de la Subdirección Estatal para la Consulta del Territorio (SECTE), 1986.

2.- Ubicación, delimitación del área de estudio y selección de los puntos de muestreo (9 en total).

3.- Trabajo de campo.

3.1.- Muestreo y caracterización florística de los sitios.

i. Muestreo con la técnica "Punto centrado en un cuadrante", midiendo las siguientes variables:

Distancia Punto Planta (DPP).

Diámetro a la Altura del Pecho (DAP).

Altura.

Edad.

ii Determinación en el Herbario de la FES-Zaragoza, de las especies herbáceas presentes en cada sitio forestal.

3.2.- Muestreo y caracterización edáfica de los sitios.

i. Determinación de propiedades físicas.

Textura, por el método del Bouyocus.

Humedad Relativa, por el método gravimétrico.

Color, por comparación con las Cartas Munsell.

Densidad Real (D.R), por el método del picnómetro.

Densidad Aparente (D.A), por el método de la probeta.

Espacio Poroso (E.P.).

II.- Determinación de propiedades químicas.

pH por el método potenciométrico (1:2 con H₂O y KCl 0.1 M)

% Materia Orgánica (M.O), por el método de Wakley y Black.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), método del versenato.

Alófanos, método de la fenolftaleína y NaF.

Nutrientes (P, N, por el método colorimétrico, utilizando la solución extractora de Morgan. y Ca, Mg, Na, Fe y K, por Absorción atómica, la extracción se hizo mediante una digestión con ácido nítrico).

4.- Llevar a cabo recorridos en cada sitio para determinar el estado físico del área de estudio.

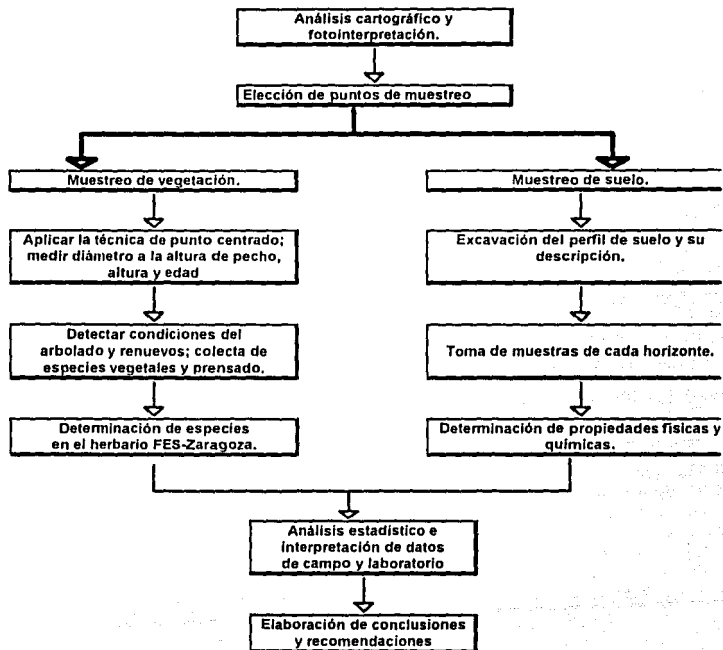
1.- Detectar árboles dañados, plagados, suprimidos, viejos y dominantes, tocones y renuevos.

5.- Análisis e interpretación de datos obtenidos.

6.- Proponer alternativas para un manejo forestal más adecuado de la zona.

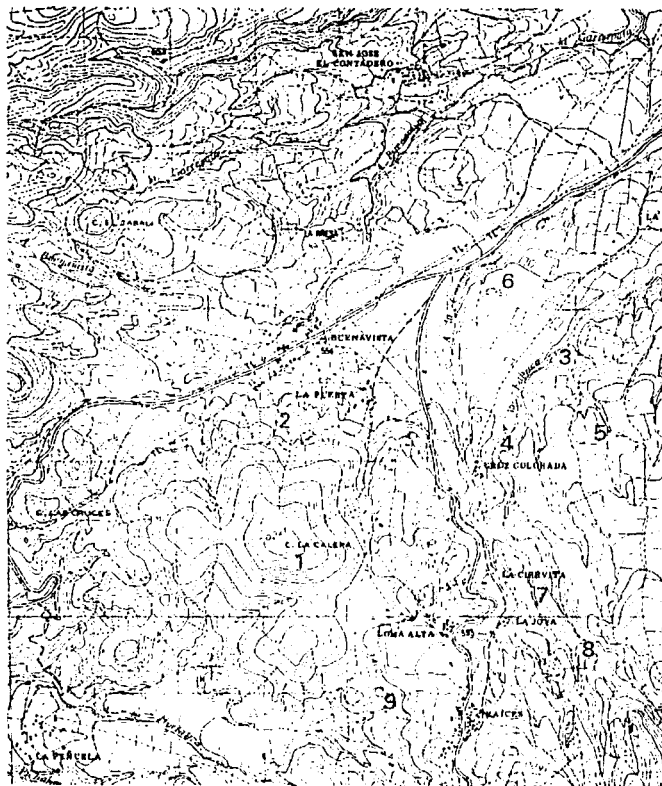
En la siguiente página se muestra el diagrama de flujo de la metodología de trabajo.

DIAGRAMA DE FLUJO



FALLA DE ORIGEN

Mapa 3. Ubicación de los sitios de muestreo.



Mapa topográfico del Nevado de Toluca, Edo. de México INEGI, 1986
Esc. 1:50 000

FALLA DE ORIGEN

IX. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se presentan las características generales de los sitios muestreados en la vertiente Norte del Nevado de Toluca y el análisis se realizará de la siguiente manera: características del relieve, suelo (propiedades físicas y químicas), vegetación (características del arbolado, composición florística e indicadores de perturbación) y correlación entre las variables del arbolado y las características del suelo.

CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE.

Los datos topográficos del área de estudio se presentan en el siguiente cuadro para su análisis, de tal manera que se determine su importancia en el desarrollo de las comunidades forestales establecidas en la zona, señalando las diferencias y similitudes existentes entre los diferentes sitios de muestreo.

CUADRO 8. Datos topográficos de cada sitio de muestreo en la vertiente norte del Nevado de Toluca.

Sitio	Localidad	Altitud (msnm)	Exposición	Pendiente (Grados)
1	Loma Alta	3,200	Oeste	15
2	La Puerta	3,100	Noroeste	12
3	La Ciervita	3,554	Noroeste	22
4	La Ciervita	3,550	Noroeste	20
5	La Ciervita	3,555	Oeste	25
6	La Puerta	3,553	Este	39
7	Loma Alta	3,100	Oeste	20
8	Loma Alta	3,315	Este	28
9	Raíces	3,000	Norte	23

En base a diferentes estudios se ha encontrado que la exposición y la pendiente así como la altitud son factores de suma importancia para el mejor desarrollo del bosque. Los sitios con exposiciones Noreste, Norte como es el caso del sitio 9 y Oeste como los sitios 1, 5 y 7 de acuerdo al

cuadro anterior, son favorables para el crecimiento de los árboles, es posible suponer que esto se debe a que la exposición a la radiación solar es la adecuada y por tanto evita una excesiva evapotranspiración permitiendo que se mantenga la humedad necesaria para los bosques, al mismo tiempo, es suficiente para que se lleven a cabo los diferentes procesos, como son la fotosíntesis y latencia de las semillas, entre los más relevantes; por otro lado las pendientes pronunciadas favorecen el escurrimiento del agua superficial, lo cual puede estar sucediendo en el sitio 6 donde se encontró una menor capacidad de campo y una pendiente de 39 grados, cabe mencionar que gracias a esta característica algunos sitios permanecen casi intactos debido a que no son adecuados para la agricultura, además de que su difícil acceso impide llevar a cabo una explotación forestal, debido a que se requiere de una gran inversión y esto los pone a salvo por el momento.

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS.

Los suelos muestreados son de tipo Andosol mólico, tienen pH ácido que varía de 4.5 a 6.8, los horizontes superiores presentan un color oscuro 10YR2/1 a 10YR5/6 en húmedo, la estructura es poliedrica subangular con numerosos micro y macroporos, la permeabilidad y drenaje son rápidos en estos suelos, las raíces son comunes y van de finas a gruesas, en estos suelos predomina el contenido de arena (51.12 a 88.4 %) por lo cual según el triángulo de textura de la USDA se clasifican como migajón-arenoso, son suelos ricos en materia orgánica con una capacidad de intercambio catiónico alta.

Los suelos muestreados presentan perfiles con horizontes AC en los sitios 1, 2, 3, 8 y 9 con una profundidad que va de 54 a 121 cm, en los sitios 4, 5, 6 y 7 los perfiles muestran un mayor grado de desarrollo con horizontes A(B)C cuya profundidad varía de 100 a 148 cm (ver el apéndice A), dada la importancia de los horizontes A y B, de acuerdo con el siguiente cuadro, el sitio 6 es el que posee una mayor profundidad de estos; la profundidad es uno de los factores que más afecta el crecimiento de los árboles puesto que la existencia de barreras que impidan el buen desarrollo de las raíces como la presencia de rocas y el grosor de los horizontes en particular los A y B

que abarcan la zona del perfil donde se desarrolla la mayor actividad biológica, así como la acumulación de nutrientes y agua.

CUADRO 9. Promedios de las propiedades físicas considerando horizontes A y B de los suelos del Nevado de Toluca.

SITIO	PROF. cm	% DE AGUA	D.A. g/cc	D.R. g/cc	% E.P.	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
1	72	24.4	0.83	2.1	61.36	56.3	35.36	8.3
2	93	23.8	0.85	2.06	58.88	60.73	31.73	5.36
3	40	30.25	0.81	2.0	59.5	58.69	29.3	11.99
4	67	30.1	0.84	2.38	64.36	61.7	22.34	12.9
5	86	22.54	0.98	2.12	52.48	73.28	5.62	20.96
6	107	17.1	1.01	2.11	48.97	70.0	13.45	16.4
7	86	41.26	0.86	2.53	66.15	75.58	18.19	6.14
8	48	38.9	0.81	1.81	50.89	65.45	20.08	15.45
9	52	42.4	0.78	2.22	59.41	62.12	22.2	10.68

En cuanto a la humedad los sitios 7, 8 y 9 son los que presentan un mayor porcentaje en contraste con lo que sucede en el sitio 6 que registra los valores más bajos, como se muestra en la tabla anterior, esta propiedad representa una condición esencial para el crecimiento del bosque y depende de varios factores entre los más importantes destacan la profundidad del suelo, textura, % de materia orgánica, exposición y pendiente

La clase textural (migajón-arenosa) de estos sitios determina la existencia de una D.A y D.R bajas considerando los horizontes A y B y el % E.P es alto mayor al 40 % en todos los sitios siendo el 7 el que tiene mayor porcentaje (66.15%), todo esto favorece la rápida infiltración del agua y una adecuada aireación que favorece el crecimiento radicular de los árboles.

CUADRO 10. Promedios de las propiedades químicas de los suelos considerando horizontes A y B, del Nevado de Toluca.

Sitios	pH		M.O. (%)	C.I.C. (meq/100 g.)
	H ₂ O	KCl		
1	5.36	5.03	7.96	22.57
2	5.76	5.27	2.93	11.89
3	5.41	5.89	5.6	20.79
4	5.32	5.16	6.54	23.40
5	5.68	5.68	4.28	25.23
6	5.14	4.92	4.37	21.83
7	5.71	4.86	8.71	18.20
8	5.55	4.53	13.87	40.09
9	5.63	4.71	13.06	34.66

En general los valores del pH no presentan variaciones considerables debido a que todos estos suelos son derivados del intemperismo de cenizas volcánicas ricas en vidrios volcánicos que presentan características específicas, destacando la presencia de material amorfo (alófono) que está compuestos principalmente por diferentes formas de óxidos de aluminio, sílice y agua ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ entre 0.5 y 2), se tiene un registro de valores de pH entre 5 y 6, clasificándose dentro de la categoría de ácidos y muy ácidos (John y Wolf, 1984 ; citados por Etchevers, 1989), ver cuadro E del apéndice. Esta característica afecta negativamente la actividad microbiana y en consecuencia disminuye la velocidad de degradación de la materia orgánica.

Según la clasificación de Fassbender y Bornemisza (1987), citado por Etchevers (1989), ver cuadro C del apéndice, los suelos de los sitios 2, 3, 5 y 6 están considerados como medianamente pobres, los sitios 1, 4 y 7 como suelos ricos y 8 y 9 como muy ricos, por lo que estos suelos permiten un mejor desarrollo de las comunidades forestales, ya que la materia orgánica es un factor determinante dentro de las propiedades del suelo, influye sobre las características físicas como la estructura y químicas como en el amortiguamiento de variaciones drásticas en el pH, favorece la infiltración y retención de agua en el suelo y el aumento de la actividad microbiana,

siendo el centro de casi todas las actividades biológicas, incluyendo la microflora, fauna y sistemas de raíces de plantas superiores, además contribuye al aumento de la capacidad de intercambio catiónico y suministra elementos nutritivos y en particular elementos esenciales, tales como N, P, S, y micronutrientes.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico y de acuerdo a la clasificación de Cottenie (1980), citado por Etchevers (1989), ver cuadro F del apéndice, el sitio 2 tiene una CIC baja, el 7 media, el 1, 3, 4, 5, 6, y 9 tienen una CIC alta y el 8 muy alta, lo que concuerda con las características de la zona de estudio, tipo de vegetación y clima principalmente, aún cuando en algunos sitios se encontraron bajas cantidades de materia orgánica, como en el sitio 2 (2.93 %, ver cuadro 10) que soporta una vegetación de Pino, aunado a que este suelo contiene menor porcentaje de arcilla, lo cual favorece una baja cantidad de sitios intercambiables y el sitio 5 que sustenta un bosque de Abies, a pesar de tener un porcentaje de materia orgánica bajo (4.28% , ver cuadro 10), presenta una alta CIC debido a que su porcentaje de arcilla es considerable siendo el mayor de todos los sitios, ver cuadro 9.

CUADRO 11. Promedios de valores para nutrimentos considerando horizontes A y B, en cada sitio de muestreo.

Sitios	NH ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	PO ₄ (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)
1	5.6	8.8	3.5	37.0	34.6	0.24	0.31
2	6.6	9.3	4.1	41.0	38.3	0.28	0.32
3	5.1	9.2	3.2	47.5	42.0	0.34	0.32
4	6.2	9.0	4.4	33.1	40.0	0.22	0.30
5	6.5	8.8	3.1	35.3	41.2	0.26	0.32
6	7.3	8.6	4.6	26.8	41.1	0.19	0.31
7	3.1	3.3	1.3	34.8	36.1	0.17	0.29
8	2.9	4.1	4.1	27.0	38.6	0.19	0.29
9	6.4	4.1	1.3	31.8	40.0	0.25	0.31

Nota. En las determinaciones para el Ca no fue detectado ningún valor y por lo tanto no se incluyó este elemento en el cuadro anterior.

El cuadro anterior muestra los contenidos de cationes intercambiables Ca, Mg, Na, K y NH₄, en la de la zona de estudio no se registraron valores para el Ca, lo cual puede deberse al tipo de suelos los cuales tienen un carácter ácido donde el Ca se pierde en forma de sales. El Mg es un constituyente importante de muchos minerales aluminosilicatos primarios y secundarios, por lo cual dadas las altas cantidades de estos en el suelo del área se esperaba encontrar considerables cantidades de Mg, de acuerdo al cuadro 11 es el segundo elemento más abundante en la zona de estudio después del Fe y según Moreno (1978); citado por Etchevers (1989), ver cuadro G, del apéndice, está clasificado como mediano en su contenido de Mg.

Según Moreno (1978); citado por Etchevers (1989), (ver cuadro G, del apéndice) el suelo muestreado se clasifica como muy pobre para todos los sitios en su contenido de potasio, es el tercer elemento fertilizante más importante después del N y P, es esencial para las plantas y se encuentra generalmente en cantidades marcadamente pequeñas en el suelo, lo cual puede representar una limitante dada su importancia en el metabolismo de aminoácidos y proteínas, así como en los procesos fotosintéticos ya que, una baja concentración de potasio se considera responsable de la pobre asimilación del anhídrido carbónico. Por otro lado el contenido de fósforo en la zona va de extremadamente pobre a pobre según la clasificación de Moreno, (1978) citado por Etchevers, (1989), dadas las características de humedad en estos bosques y a la acidez de los suelos, en los cuales predomina la presencia de alófanos y aluminio intercambiable, se favorece fuertemente la fijación del fósforo mediante la formación de complejos estables que no permiten que esté sea absorbido por las plantas, de tal manera que la mayor parte del fósforo del suelo se encuentra formando estos complejos y una pequeña parte se encuentra disponible para la planta en forma de H₂PO₄. Este elemento es importante debido a que es un constituyente del núcleo celular, esencial para el desarrollo de las células y de los tejidos meristemáticos además de que interviene en un gran número de reacciones enzimáticas las cuales dependen de la fosforilación.

El hierro tiene la capacidad de formar compuestos estables con el azufre, oxígeno y silicio su forma nativa es de Fe^{+3} y Fe^{+2} , es un catión metálico que es más soluble en suelos moderadamente ácidos que es el caso de los suelos muestreados, el hierro se considera como un oligoelemento cuya abundancia en el suelo lo convierte en un elemento abundante necesario en las plantas para la formación de la clorofila, cuando hay deficiencia de éste las plantas se tornan amarillentas. Los suelos del área de estudio son producto del intemperismo de cenizas volcánicas los cuales son ricos en materiales amorfos que favorece la presencia de hierro y otros elementos, los análisis realizados muestran que estos suelos no presentan deficiencia de este nutrimento, ya que es el que se encuentra en mayor cantidad en relación a los demás elementos determinados.

Los contenidos de nitrógeno en los suelos muestreados no representan una limitante para el desarrollo del bosque, aunque sólo se consideró el nitrógeno amoniacal y el de nitratos, estos muestran valores altos en la mayoría de los sitios. El Nitrógeno es el nutriente del suelo cuya deficiencia restringe con mayor frecuencia el crecimiento de los vegetales dado que es un constituyente de todas las proteínas, se absorbe en forma de iones amonio y nitrato y estos junto con los carbohidratos son convertidos a aminoácidos en la hoja lo cual provoca un crecimiento en las mismas. Los altos contenidos de nitrógeno en los suelos muestreados se justifica por la cantidad de material orgánico presente en todos los sitios cuya degradación favorece que este elemento sea constantemente renovado gracias a la actividad microbiana.

CARACTERÍSTICAS DE LA VEGETACIÓN.

La zona de estudio se encuentra representada por bosques de Pino en los sitios 1 y 2 pertenecientes a las localidades de Loma Alta y La Puerta y bosques de Abies que son los que predominan en la zona encontrándose distribuidos en los sitios del 3 al 9, la composición herbácea es muy homogénea en todos los sitios. En promedio las comunidades de Pino son más jóvenes que las de Abies, sin embargo estos últimos presentan áreas de regeneración que no se observaron en los bosques de Pino en donde se realizan reforestaciones sin llegar al establecimiento de las plántulas que mueren en etapas tempranas de su desarrollo.

En campo estas comunidades se encuentran distribuidas en altitudes que van de los 3100 a los 3200 m para los Pinos y de 3000 a 3555 para Abies, los cambios de altitud están relacionados con factores climáticos tales como la temperatura y precipitación que tienen una influencia en la forma como se distribuye y crece la vegetación, a una mayor altitud existe una disminución de temperatura, en consecuencia hay una reducción de la actividad microbiana en el suelo, así como en el crecimiento y abundancia de las plantas; por otro lado la precipitación se ve favorecida con la altitud por tanto, existe un aumento en el contenido de humedad del bosque, todos esto influyen en la composición florística existente ya que solo algunas plantas debido a sus características propias, son capaces de soportar ciertas condiciones, sobrevivir y reproducirse de tal manera que se establece un cierto tipo de selección para la vegetación a esto se atribuye que en el muestreo realizado se encontrará que la composición de la vegetación herbácea en todos los sitios es muy semejante, en el cuadro 12 se reportan las especies que se determinaron en el herbario, no fue posible determinar todos los ejemplares colectados por falta de las estructuras necesarias para su identificación, para completar esta información se consideró las especies reportadas por Gómez (1994) para esta zona.

CUADRO 12. Listado de las plantas reportadas y colectadas en el sotobosque de los sitios muestreados para el área del Nevado de Toluca.

<i>Cerastium molle</i> *	<i>Asplenium monanthes</i>
<i>Flavina trinervia</i> *	<i>Achaetogeron mexicanus</i>
<i>Alchemilla procumbens</i> *	<i>Achillea lanulosa</i>
<i>Eupatorium folium</i> *	<i>Cirsium nivale</i>
<i>Senecio deformis</i> *	<i>Hierasium mexicanum</i>
<i>Bidens triplinervia</i> *	<i>Senecio belledifolius</i>
<i>Flavina angustifolia</i> *	<i>Senecio mairetianus</i>
<i>Senecio angustifolius</i> *	<i>Senecio procumbens</i>
<i>Eryngium proteiflorum</i>	<i>Senecio roseus</i>
<i>Oreomyza toluca</i>	<i>Potentilla danunculoides</i>

Fuente: Gómez, (1994)

* Colecta y determinación florística

En los recorridos realizados se observó una cubierta vegetal abundante en la mayoría de los sitios, aunque todos presentaron cierto grado de perturbación, evidenciada por la presencia de especies indicadoras tales como el *Bacharis sp.* (jarilla) y *Lupinus sp.* (garbancillo), los indicadores de perturbación que se considerarán fueron plagas, ocoteo, tocones y claros ver cuadro 13.

CUADRO 13. Datos de perturbación en la vegetación registrados en cada sitio de muestreo en el área del Nevado de Toluca.

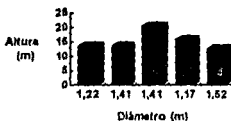
Sitio	Sp. Dominante	Intervalo de edad	Perturbaciones			
			Plagas	Ocoteo	Tocones	Claros
1 Loma Alta.	<i>Pinus</i>	13-30	*	*	-	-
2 La Puerta.	<i>Pinus</i>	30-35	-	-	-	-
3 La Ciervita.	<i>Abies</i>	24-50	-	*	21	-
4 La Ciervita.	<i>Abies</i>	25-40	*	*	40	-
5 La Ciervita.	<i>Abies</i>	35-50	-	*	33	-
6 Loma Alta.	<i>Abies</i>	35-50	-	*	20	*
7 Loma Alta.	<i>Abies</i>	35-45	-	*	20	*
8 Loma Alta.	<i>Abies</i>	35-40	*	*	39	-
9 Raíces.	<i>Abies</i>	50-55	*	*	37	-

- No detectado. * Detectado.

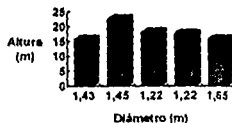
De acuerdo al cuadro anterior los sitios 4, 8 y 9 presentaron una mayor perturbación con amplias áreas dañadas, tanto por pastoreo, eliminación del estrato arbóreo, ocoteo e incendios lo cual favorece la presencia de plagas, el sitio 9 es el más susceptible al ataque debido a que es el rodal con árboles de mayor edad (ver cuadro B del apéndice), además estos tres sitios tienen el número mayor de tocones en relación a los otros sitios, lo cual indica la continua tala de árboles sin ninguna planeación, el ocoteo aún cuando es una actividad de autoconsumo representa un serio problema para el bosque y se detectó en la mayoría de los sitios a diferencia de los claros que fueron menos frecuentes reportándose sólo en los sitios 6 y 7 estos son problemas que hay que controlar debido a que favorecen la proliferación de plagas en el arbolado. El sitio 2 es el menos deteriorado ya que no se detectó ninguno de los indicadores utilizados para este estudio.

El desarrollo del arbolado muestra que las mayores alturas no corresponde a los mayores diámetros lo cual es más evidente en los bosques de Pino como se observa en las gráficas 1 y 2 que se presentan a continuación.

Gráfica 1. Altura vs Diámetro del bosque de Pino (sitio 1)



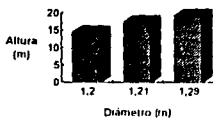
Gráfica 2. Altura vs Diámetro del bosque de Pino (sitio 2)



Las comunidades de Pino son las únicas donde se han implementado programas de aprovechamiento como el establecimiento de áreas semilleras en las que los árboles dañados o plagados han sido marcados para su posterior corta, pese a esto presentan problemas de ahilamiento que se deben principalmente a que esos programas no se han realizado de forma adecuada ocasionando competencia entre los individuos al ser insuficiente el espacio con que cuentan para su crecimiento, por otro lado, no existe una comunicación real entre las Instituciones encargadas de los programas y la población por lo cual no se han llevado a cabo las cortas programadas intensificando así los problemas de perturbación tales como plagas, ocoteo, tala clandestina entre otros, aún cuando se trata de comunidades jóvenes con un intervalo de edad entre 18 y 35 años (ver cuadro B, del apéndice).

Las comunidades de Abies no presentan problemas en cuanto a su crecimiento arbóreo, estos tienen un adecuado crecimiento en su diámetro, en las gráficas 3 a 9 se puede apreciar la relación existente entre el diámetro y la altura del arbolado, su edad varía de un sitio a otro encontrando comunidades maduras de 30 a 40 años y viejas con un intervalo de edad de 45 a 55 años, además de encontrarse dentro de estos frecuentes áreas de regeneración que abarcan las etapas tempranas del desarrollo como brinzal, montebravo y bajo latizal. Las dificultades existentes para el desarrollo del bosque se deben principalmente a alteraciones de tipo antropogénico.

Gráfica 3. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 3)



Gráfica 4. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 4)



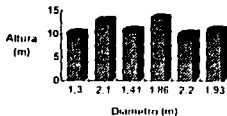
Gráfica 5. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 5)



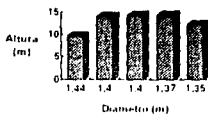
Gráfica 6. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 6)



Gráfica 7. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 7)



Gráfica 8. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 8)



Gráfica 9. Altura vs Diámetro del bosque de Abies (sitio 9)



ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENTRE LAS VARIABLES DEL ARBOLADO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

A pesar de que todas las características del suelo influyen en el desarrollo de un bosque existen variables que tienen mayor influencia, para determinar estas, la regresión múltiple es un análisis estadístico que permite conocer el grado de relación existente entre variables, en éste caso entre las características del arbolado (altura y diámetro) con las características edáficas (profundidad, pH, Materia orgánica, Textura, etc), que se realizó para cada una de las comunidades arbóreas debido a las diferencias existentes entre las dos especies (Abies y Pino) presentes en el área.

Para la determinación del estado en que se encuentra las comunidades forestales presentes en el área de estudio se consideraron las variables: altura, diámetro y edad que son las que entre otras proporciona información directa y confiable del estado actual de un bosque.

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis de regresión múltiple y al correlacionar las variables del arbolado con las propiedades físicas y químicas del suelo se obtuvieron las siguientes interacciones, (ver cuadro 14) para la comunidad de Pino el % de agua y magnesio son las características edáficas que tienen mayor correlación con el diámetro del arbolado, en relación a la altura, las propiedades con mayor correlación son % agua, densidad aparente y % arcilla.

CUADRO 14. Resultados del análisis de regresión entre las variables del arbolado de la comunidad de Pino con las propiedades del suelo.

Propiedades del suelo	Diámetro r^2	Altura r^2
% de Agua (Capacidad de Campo)	0.9922	0.9618
Densidad Aparente		0.9696
% de Arcilla		0.9588
Magnesio	0.9689	

Nota: Se consideraron niveles de significancia a partir de 95%.

En el caso de la comunidad de Abies y de acuerdo a los datos reportados en el cuadro 15, se observó que el % agua es la única característica edáfica que presentan un grado de correlación mayor al 95% con el diámetro del arbolado, con respecto a la altura el % de espacio poroso presenta una mayor correlación. Varios estudios confirman algunas de estas correlaciones, por ejemplo los realizados por Chavez y Gómez, (1985), reportan que la distribución de las partículas influye notablemente en el desarrollo de los árboles; así como algunos autores citados en su trabajo mencionan que existe una influencia significativa de las características del suelo con el desarrollo del arbolado como textura, espacio poroso, retención de humedad, materia orgánica.

CUADRO 15. Resultados del análisis de regresión entre las variables del arbolado de la comunidad de Abies con las propiedades del suelo.

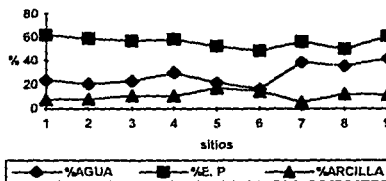
Propiedades del suelo	Diámetro r^2	Altura r^2
% de Espacio Poroso		0.9939
% de Agua (Capacidad de Campo)	0.9817	

Nota: Para la comunidad de Abies se consideraron niveles de significancia mayores al 95%.

A continuación se presentan las gráficas de las características edáficas que tienen mayor correlación con las características de la vegetación, utilizando promedios por perfil de cada sitio.

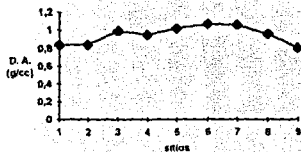
En la gráfica 10 se muestra los porcentajes de agua, arcilla y espacio poroso en todos los sitios muestreados, observándose un comportamiento muy homogéneo a excepción del agua, la cual presenta un incremento en los tres últimos sitios.

Gráfica 10. Determinaciones del porcentaje de agua, arcilla y espacio poroso de suelos del Nevado de Toluca.

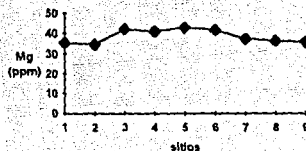


Las gráficas 11 y 12 muestran que las características de densidad aparente y contenido de magnesio no tienen variaciones considerables de un sitio a otro.

Gráfica 11. Densidad Aparente de suelos del Nevado de Toluca.



Gráfica 12. Contenidos de Mg de suelos del Nevado de Toluca.



X. CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos del trabajo de campo, laboratorio y su análisis, se tienen las siguientes conclusiones.

1. Las características edáficas y topográficas no representan una limitante para el desarrollo del bosque.
2. El suelo que predomina en la vertiente Norte del Nevado de Toluca pertenece a la Unidad Andosol mólico, de acuerdo a la Clasificación FAO/UNESCO, 1991.
3. En todos los sitios la textura es de tipo migajón-arenosa, los pH registrados son ácidos y los contenidos de materia orgánica son medianos y altos, lo que favorece el aporte de nutrimentos al suelo y su disponibilidad para la vegetación, como lo indica la alta capacidad de intercambio catiónico.
4. Las características de estos suelos favorecen un buen crecimiento radicular, drenaje adecuado, permeabilidad y aireación, lo cual es importante para el desarrollo de los bosques.
5. Considerando toda la información obtenida se determino que el sitio 4 es el que presenta las peores condiciones de sitio y el 7 el que posee las mejores condiciones.
6. En los bosques de Pino los factores que tienen mayor correlación con el crecimiento de los árboles en diámetro son: % de agua, % de arena y magnesio; en relación a la altura son: % de agua, densidad aparente y % de arcilla.
7. En los bosques de Abies los factores que tienen una mayor correlación con el crecimiento de los árboles en el caso del diámetro unicamente es el % de agua y en relación a la altura son: la densidad aparente y el % de espacio poroso.

8. En general las condiciones de sitio evaluadas de forma directa, es decir considerando características edáficas y topográficas se clasifican como buenas para la zona de estudio, de manera indirecta, tomando en cuenta la vegetación, las condiciones de sitio van de regulares a buenas debido a la influencia del factor antropogénico y al mal manejo de la zona las cuales son determinantes en su deterioro.
9. Los factores que determinan el deterioro del bosque son la actividad humana y el manejo inadecuado de los recursos.
10. Los indicadores de perturbación más frecuentes en la zona son: tocones y ocoteo; el ataque por plagas es el menos frecuente, sin embargo, la actividad humana está favoreciendo su expansión.

XI. RECOMENDACIONES

1. Definir zonas bien delimitadas para la práctica del pastoreo y el aprovechamiento maderable y derivados, realizando una calendarización para la corta de los árboles de cada zona de tal forma que tenga un rendimiento sostenido.
2. Realizar una selección de árboles padre para la obtención de germoplasma de especies nativas de buena calidad, que sería destinado posteriormente a programas intensivos de reforestación. En el caso de los bosques de Pino el sitio 2 es el más adecuado y el 3 y 7 para comunidad de Abies.
3. Realizar una corta de aclareo baja (grado B) en la que se eliminan árboles enfermos, plagados, decadentes y dañados para los sitios 1, 4, 8 y 9 en donde la existencia de árboles plagados representan un foco de infección para los demás individuos.
4. Para los sitios 5, 6 y 7 se recomienda aclareo bajo (grado A) para eliminar los árboles dañados principalmente, ya que son los sitios en los que las principales perturbaciones se deben al ocoteo y la tala, por lo que es necesario establecer un programa de reforestación intensivo, la cual es conveniente que se realice en los claros del bosque, para inducir al establecimiento de una masa arbórea continua, además hay que llevar un seguimiento del desarrollo de las plántulas.

XIV. BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar, V.H.; Vargas y Verma, S.P. 1987. "Composición química (elementos mayores) de las magmas en el Cinturón Volcánico Mexicano. Geofísica Internacional, Vol. 26-2, pp.195-272.

Bohn, L.H., 1993. Química de Suelos. Ed. Limusa. México. pp.14-20.

Bloomfield, K. 1974. "Reconocimiento geológico en el Nevado de Toluca". Instituto de Geología (UNAM). Serie de divulgación, # 2, 1ª Edición. Departamento de Publicaciones C.U., México. pp.43-47.

Carmean, W. H. 1968. Tree Height-Growth Patterns in Relation to Soil and site in tree Growth and forest soils. Edited by Chester, Youngberg and Davey. Oregon State University Press. pp.499-512.

Chavéz, H. Y ; Gómez, T. R. 1985. Principales interacciones de los suelos forestales y las coníferas del Cerro de la Cruz, Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH. México, D.F. pp.4-29.

Demant, A. 1982. "Interpretación Geodinámica del Volcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Revista, Vol. 5; Núm. 2, pp.217-218 y 220.

Demant, A. 1978. "Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de Interpretación". UNAM. Instituto de Geología. Rev. Vol. 2, No. 2. pp.176-177.

Etchevers, D. J. 1989. Interpretación de los Análisis Químicos del suelo. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. Pp.181-196.

FAO-Unesco 1991. "Mapa Mundial de Suelos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp 46, 47 y 54.

Fassbender y Bornemisza, 1987. Química de Suelos. 2a. Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica. pp. 50.

FitzPatrick, E. A. 1985. Suelos. 2a. Impresión. Ed. Continental. S.A. México. pp.233-237 y 296-300.

Fonth, H. D. 1980. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía editorial Continental, S.A. México. pp.237-243.

García, E. 1973. "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen". UNAM, 2º Edición. México, D.F. pp. 18, 37-51 y 137.

González, T. M. A. 1986. "Descripción y Aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Edo. de México". Tesis de Licenciatura. UNAM, México, D.F. pp.110.

Grajales S.W., Vargas, J. y Arévalo, G.G. 1986. Tesis. "Cartografía y Génesis de los suelos derivados de cenizas volcánicas del área de influencia del " Departamento de suelos. Chapingo, México. pp.1-8, 11 y 109-120.

Gutiérrez, P. A. 1987. Importancia de los Bosques. Bosques y Fauna. México. pp.23-35.

Hayama, T. L. 1971. Estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas del Nevado de Toluca. UNAM. Tesis de Licenciatura. pp.30 y 31.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1992. Censos económicos para el Estado de México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).1987. Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de México. Pp. 3-5.

Munsell, 1975. "Soils Charts". Munsell Color Co. Maryland. USA..

Pericchi, D. 1990. El Bosque Productor. Bosque y Fauna. México. pp.17-21.

Ruiz Figueroa F. 1993. "Manejo y conservación del suelo y agua" Primera reunión nacional 12-15 de Agosto 1992. Unidad de Congresos del Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. pp.283-287 y 302-306.

Sandoval B, A. J. 1987. "Actualización y análisis Cartográfico sobre usos del suelo y vegetación del Parque Nacional 'Nevado de Toluca', Edo. de México". Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM.

Santillan, P. J. 1986. "Elementos de Dasonomía". Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales. pp.7,104-105.

SARH. 1984. "Instructivo para el registro de datos del inventario para manejo silvícola de plantaciones forestales de clima templado y frío". Boletín Divulgativo No. 67.

SARH, 1986. "La Reforestación en México". Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Agropecuario y Forestal.

SARH, 1990. "Programa Nacional de Reforestación 1990-94". Proyecto.

SARH, 1990. "Programa Nacional de Reforestación 1990-94". Folleto.

SARH, 1990. "Programa Nacional de Reforestación 1990-94". Resumen.

Soil Taxonomy, 1985. Soil Management Support Services, Agronomy Department Cornell University, Ithaca, New York. pp.141-145.

Spurr y Barnes, 1982. Ecología Forestal. AGT EDITOR S. A. México. pp.298-335

Villalpando, B. O. 1968. Algunos aspectos ecológicos del volcán Nevado de Toluca. Tesis profesional. UNAM. México. pp.7-10.

Young, A. 1991. "Introducción a las Ciencias Forestales", Ed. Limusa, México, pp.133, 250 y 255.

CARTOGRAFÍA.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta Topográfica del Nevado de Toluca. Escala 1:50,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta Edafológica del Nevado de Toluca. Escala 1:50,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta Geológica del Nevado de Toluca. Escala 1:50,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta de Vegetación del Nevado de Toluca. Escala 1:50,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta de Uso del Suelo del Nevado de Toluca. Escala 1:50,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta de Climas del Nevado de Toluca. Escala 1:50,000.

Subdirección Estatal para la Consulta del Territorio (SECTE). 1986. Ortofoto aérea.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

APENDICE

CUADRO A. Datos registrados del análisis de las propiedades químicas y físicas de los suelos de la vertiente Norte del Nevado de Toluca.

Perfil	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	21	10YR3/1	10YR4/2	0.8	2.1	63.5	55.2	33.4	11.4	mezclón arenoso	22.8
A2	17	10YR3/1	10YR4/2	0.9	2.0	56.5	56.6	35.5	5.6	mezclón arenoso	25.7
A3	13	10YR3/1	10YR4/2	0.8	2.2	64.1	57.1	37.2	7.9	mezclón arenoso	24.8
C1	21	10YR2/2	10YR5/2	0.9	2.3	62.6	57.3	32.2	6.5	mezclón arenoso	22.8
C2	20	10YR4.4	10YR7/3	0.8	2.3	61.9	57.9	33.5	6.3	mezclón arenoso	22.5

Perfil	pH H ₂ O	pH KCl	M.O (%)	ClCT (meq/g)	NH ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	PO ₄ (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.2	4.9	4.9	18.19	5.5	9.2	2.5	36.5	0.31	35	0.31
A2	5.6	5.2	9.3	21.08	5.4	9.2	3.2	36.5	0.32	32	0.22
A3	5.4	5.0	9.7	25.72	5.8	8.2	4.7	38.0	0.31	34	0.21
C1	5.3	5.2	3.1	11.4	5.8	8.2	2.7	49.0	0.39	37	0.33
C2	5.7	5.0	0.6	6.24	5.8	8.6	5.5	40.0	0.39	38	0.32

Perfil 2	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	21	10YR3/1	10YR4/2	0.85	2.0	58.13	57.32	31.32	11.36	migajón arenoso	29.1
A2	13	10YR3/2	10YR5/3	0.85	2.1	59.96	60.87	32.61	6.52	migajón arenoso	20.7
A3	25	10YR3/2	10YR5/3	0.87	2.1	58.57	64.0	31.28	4.72	migajón arenoso	21.7
C1	31	10YR3/3	10YR6/3	0.83	2.0	58.5	65.22	26.09	8.69	migajón arenoso	19.6
C2	21	10YR3/3	10YR6/4	0.84	2.0	58.09	63.34	28.45	7.29	migajón arenoso	10.6

Perfil 2	pH H2O	pH KCl	M.O (%)	CICT (meq/g)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.4	5.0	3.6	16.29	8.2	9.7	3.9	44.5	0.34	38	0.34
A2	6.0	5.4	3.0	11.22	6.5	8.6	4.6	40.0	0.31	39	0.28
A3	5.9	5.4	2.2	8.18	5.1	9.7	3.8	38.5	0.30	38	0.23
C1	6.5	5.5	1.8	10.55	6.2	8.2	5.2	40.0	0.31	22	0.42
C2	6.6	5.7	1.8	9.43	5.8	8.2	4.6	26.5	0.32	37	0.23

Perfil 3	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	13	10YR2/2	10YR3/3	0.81	2.0	59.5	58.69	29.3	11.99	migajón arenoso	30.25
A2	27	10YR4/4	10YR5/4	1.05	2.4	55.90	63.04	26.03	10.86	migajón arenoso	18.34
C1	24	10YR3/4	2.5Y6/4	1.13	2.5	54.8	61.35	28.42	9.53	migajón arenoso	19.98

Perfil 3	pH H2O	pH KCl	M.O (%)	CICT (meq/g)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.4	5.9	5.6	20.79	5.1	9.2	3.2	47.5	0.32	42	0.34
A2	6.3	6.1	2.6	13.88	5.4	8.2	4.9	55.5	0.42	43	0.21
C1	6.7	6.0	1.6	10.82	6.3	8.6	5.9	38.0	0.32	42	0.16

Perfil 4	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	10	5YR2.5/2	10YR4/2	0.8	2.0	61.5	63.5	20.91	15.6	migajón arenoso	33.17
A2	9	5YR2.5/2	10YR3/3	0.8	2.6	69.2	61.8	29.4	8.7	migajón arenoso	31.1
A3	8	5YR2.5/1	10YR4/3	0.8	2.3	63	70.8	17.5	11.6	migajón arenoso	31.02
B1	20	10YR3/1	10YR6/4	0.9	2.6	66.1	64.0	19.4	12.5	migajón arenoso	24.56
B2	18	10YR2/2	10YR4/3	0.9	2.4	62.0	58.4	24.5	16.1	migajón arenoso	32.98
C1	15	10YR4/3	10YR6/3	1.0	2.5	69.2	48.8	46.1	5.1	migajón arenoso	28.71
C2	20	10YR4/3	10YR6/1	1.0	2.6	68.7	50.8	11.2	5	migajón arenoso	28.48

Perfil 4	pH H ₂ O	pH KCl	M.O (%)	ClCT (meg/l)	NH ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	PO ₄ (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.2	4.8	13.0	38.5	6.5	9.2	4.0	31.5	0.31	40	0.26
A2	5.3	4.8	3.6	14.16	5.4	9.2	4.7	36.5	0.27	39	0.25
A3	5.3	5.1	6.9	23.08	6.6	8.2	3.8	33.5	0.31	40	0.21
B1	5.6	5.9	3.9	17.8	6.4	9.2	5.7	30.0	0.30	41	0.18
B2	5.3	5.2	5.3	23.5	6.0	9.2	3.9	34.0	0.31	41	0.21
C1	5.4	4.9	1.1	6.28	6.5	8.6	2.6	47.5	0.31	43	0.34
C2	5.5	5.5	0.9	5.8	6.0	7.7	1.7	49.0	0.31	44	0.40

Perfil	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	13	10YR2/2	10YR3/3	1.0	2.1	51.8	73.4	5.2	20.2	migajón arenoso	20.76
A2	17	10YR4/4	10YR6/4	0.9	2.1	54.7	72.0	8.8	19.2	migajón arenoso	33.0
A3	20	10YR4/4	10YR7/4	1.0	2.3	54.9	74.0	6.0	20.0	migajón arenoso	17.26
B1	22	10YR4/4	10YR7/4	1.0	2.0	51.0	70.8	5.6	23.5	migajón arenoso	21.75
B2	24	10YR3/4	10YR6/4	1.0	2.1	50.0	76.2	2.5	21.3	migajón arenoso	19.96
C1	9	10YR4.4	10YR6/4	1.0	2.1	51.9	79.9	12.3	7.8	migajón arenoso	20.64
C2	20	10YR3.4	10YR6/4	1.3	2.6	51.4	87.2	5.3	7.5	migajón arenoso	16.85

Perfil s	pH MZO	pH KCl	M.O (%)	CICT (meq g)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.3	5.6	6.6	29.36	6.5	8.6	2.4	37.0	0.33	46	0.34
A2	5.2	5.6	4.6	24.56	6.2	9.2	4.1	38.5	0.30	43	0.23
A3	6.5	5.8	3.4	22.8	6.9	9.7	2.0	33.0	0.31	38	0.24
B1	5.6	5.7	3.3	25.4	7.1	9.2	3.2	38.0	0.34	37	0.28
B2	5.8	6.0	3.5	24.04	6.8	7.7	4.1	30.0	0.31	42	0.19
C1	6.7	5.6	3.7	13.64	6.5	8.6	6.4	28.5	0.31	47	0.22
C2	6.8	5.6	2.6	11.2	0	0	0	30.0	0.31	48	0.27

Perfil 6	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A11	7	10YR3/2	10YR5/2	1.0	2.0	51.3	69.9	5.1	24.9	mirajón arenoso	19.59
A12	12	YR2/2	YR4/2	0.4	2.3	58.7	69.0	5.1	25.8	mirajón arenoso	19.17
A13	8	10YR2/2	10YR5/2	1.0	2.0	50.0	69.0	21.7	8.3	mirajón arenoso	20.56
A2	20	10YR3/2	10YR5/3	1.1	2.1	49.2	69.8	5.9	24.4	mirajón arenoso	17.57
A3	12	10YR4/3	10YR6/3	1.1	2.0	44.0	70.7	15.9	13.3	mirajón arenoso	14.79
B1	24	10YR3/3	10YR6/3	1.2	2.2	45.5	68.6	20.1	11.3	mirajón arenoso	14.84
B3	24	10YR4/3	10YR7/3	1.3	2.2	44.1	72.7	20.5	6.8	mirajón arenoso	13.18
C1	21	10YR4/3	10YR7/3	1.3	2.5	47.2	78.6	12.9	8.5	mirajón arenoso	14.21
C2	20	10YR5/2	10YR7/2	1.3	2.4	43.6	75.3	17.8	6.9	mirajón arenoso	14.73

Perfil 6	pH H2O	pH KCl	M.O (%)	ClCT (meq/g)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A11	5.2	5.5	6.0	31.92	8.0	9.2	5.9	28.0	0.30	40	0.21
A12	5.5	5.1	6.2	33.04	7.4	9.2	3.2	29.5	0.31	38	0.22
A13	6.3	5.4	6.5	19.64	7.3	8.6	5.2	32.0	0.41	31	0.17
A2	5.0	4.8	6.0	31.52	8.0	8.2	6.4	30.5	0.32	44	0.18
A3	4.5	4.8	2.9	16.44	6.9	8.6	6.8	15.0	0.32	39	0.15
B1	4.9	4.8	1.9	12.84	5.5	8.2	3.6	28.0	0.22	37	0.19
B3	4.8	4.1	1.0	7.44	6.8	8.2	4.4	25.5	0.32	48	0.26
C1	4.8	4.5	0.8	8.4	7.4	7.7	9.0	28.5	0.21	44	0.16
C2	4.9	4.8	0.9	7.32	5.4	8.6	4.6	19.5	0.31	44	0.32

Perfil 7	Prof. (cm)	Color humedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Leno (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	14	10YR2/1	10YR3/2	0.61	1.85	64	73.72	20.32	5.96	migajón arenoso	42.1
A2	13	2.5Y2.5/ 1	2.5Y3/2	0.72	2.7	73.33	61.0	33.0	5.60	migajón arenoso	44.0
A3	13	2.5Y3/1	2.5Y5/3	0.81	2.5	67.6	72.4	24.0	3.6	migajón arenoso	43.0
B1	21	2.5Y3/1	2.5Y4/3	0.97	2.9	66.55	82.4	9.64	7.95	migajón arenoso	42.0
B2	25	2.5Y3/2	2.5Y3.5/ 3	1.12	2.7	55.25	88.4	4.0	7.60	migajón arenoso	35.2
C1	20	2.5Y4/4	2.5Y7/6	2.07	2.17	4.76	90.72	6.92	2.30	migajón arenoso	26.0

Perfil 7	pH H ₂ O	pH KCl	M.O (%)	CICT (meq/g)	NH ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	PO ₄ (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.7	4.7	17.05	38.87	3.2	2.8	1.1	34.5	0.28	39	0.23
A2	5.6	4.8	13.52	31.52	3.6	3.0	1.4	34.5	0.32	38	0.18
A3	5.8	4.8	3.45	9.78	3.8	3.2	1.6	35.5	0.30	33	0.15
B1	6.7	5.1	6.21	18.79	2.5	3.8	1.8	37.5	0.29	33	0.16
B2	5.8	5.0	3.33	12.74	2.6	4.0	0.9	32.0	0.30	37	0.18
C1	5.6	4.9	1.79	5.42	2.3	3.4	0.9	31.0	0.32	44	0.20

Perfil #	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A1	10	10YR3/2	10YR3/1	0.64	1.06	36.0	73.12	8.0	18.98	micajón arenoso	43.4
A2	8	10YR2/1	10YR3/2	0.90	2.38	62.18	51.12	24.0	24.8	micajón arenoso	39.2
A3	12	10YR2/1	10YR4/1	0.91	2.0	64.5	69.12	28.24	2.6	micajón arenoso	34.2
C1	18	10YR4/3	10YR6/3	1.16	2.0	42.0	77.12	21.24	1.64	micajón arenoso	31.2
C2	20	10YR5/3	10YR8/4	1.21	2.6	53.84	63.12	24.0	12.88	micajón arenoso	28.6

Perfil #	pH H2O	pH KCl	M.O (%)	CCT (m ² g/g)	CaH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A1	5.6	4.6	17.94	50.98	2.9	5.4	6.8	29.0	0.29	43	0.25
A2	5.5	4.5	14.84	49.52	3.1	3.4	3.3	25.0	0.31	35	0.16
A3	5.6	4.6	8.85	19.78	2.6	3.4	2.3	27.0	0.30	34	0.16
C1	5.7	4.8	3.33	7.97	6.3	6.2	0.2	24.0	0.32	33	0.20
C2	5.8	4.6	0.69	11.68	6.5	6.2	3.1	20.5	0.30	31	0.22

Perfil 9	Prof. (cm)	Color húmedo	Color en seco	D.A (g/cc)	D.R (g/cc)	E.P (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Agua (%)
A0	5	2.5Y2.5/1	2.5Y3/2	0.69	3.12	80.64	57.12	20.0	22.88	migajón arenoso	44.8
A1	12	10YR2/1	10YR3/2	0.79	1.51	47.68	63.12	31.6	15.28	migajón arenoso	45.0
A2	9	10YR3/1	10YR3/2	0.87	1.78	48.87	65.12	33.6	1.28	migajón arenoso	42.8
A(B)	10	10YR2/1	10YR4/2	0.87	2.27	60.45	63.12	33.6	3.28	migajón arenoso	37.0
C1	16	10YR4.4	10YR5.4	0.92	2.27	58.18	57.12	30.0	12.88	migajón arenoso	44.0
C2	20	10YR5.6	10YR7.4	0.81	2.5	67.6	49.12	28.0	12.88	migajón arenoso	38.0

Perfil 9	pH H2O	pH KCl	M.O (%)	ClCT (meq/g)	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
A0	5.9	5.0	17.49	53.28	5.4	5.0	1.4	29.0	0.34	45	0.30
A1	5.5	4.4	15.06	42.34	6.7	3.8	0.6	32.0	0.31	42	0.22
A2	5.6	4.7	8.63	18.28	6.2	3.8	1.8	32.5	0.32	33	0.22
A(B)	5.6	4.8	11.06	24.74	7.2	4.0	1.6	34.0	0.32	37	0.25
C1	5.7	4.8	3.56	17.42	5.4	4.0	2.2	36.5	0.29	29	0.26
C2	5.7	4.5	1.57	13.44	4.0	6.2	3.6	43.0	0.28	29	0.20

Cuadro B. Valores obtenidos en las mediciones del arbolado en los sitios de muestreo.

SITIO 1	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años.	SITIO 6	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años
	13.24	1.22	20		13.94	1.37	35
	13.30	1.41	22		16.16	1.13	40
	20.11	1.41	30		18.13	1.19	45
	15.58	1.17	25		18.12	1.21	45
	12.41	1.52	18		12.35	0.80	35
SITIO 2	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años		19.37	1.45	45
	15.72	1.43	25		15.54	1.21	40
	22.48	1.45	35		15.13	1.30	40
	18.05	1.22	30		11.99	0.90	35
	17.57	1.22	30	SITIO 7	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años
	15.72	1.65	25		10.30	1.30	40
SITIO 3	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años		12.94	2.10	45
	14.32	1.20	40		10.95	1.41	40
	17.29	1.21	40		13.51	1.88	45
	19.20	1.29	45		10.12	2.20	40
SITIO 4	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años		11.01	1.93	40
	12.51	1.28	40	SITIO 8	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años
	13.93	1.87	40		9.74	1.44	30
	8.75	1.24	32		14.14	1.40	40
	7.90	0.88	32		14.42	1.40	40
	8.49	1.01	32		14.46	1.37	40
	11.04	1.43	35		12.41	1.35	35
	10.48	1.34	35	SITIO 9	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años
SITIO 5	Altura (mts)	Diam. (mts)	Edad años		11.74	1.63	45
	9.56	1.47	32		10.93	1.59	45
	8.94	1.28	30		26.36	2.34	55
	17.34	0.95	40		13.60	1.30	50
	21.17	1.10	50		25.44	1.59	55
	13.0	1.37	35		12.71	2.07	50
	8.66	1.02	30				
	8.38	1.19	30				

CUADRO C. Clasificación de Materia Orgánica en suelos derivados de cenizas volcánicas (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Clase	Carbono Orgánico	%M.O
Muy pobre	<1.2	<2.0
Pobre	1.2-2.9	2.0-5.0
Mediano	2.9-4.6	5.0-8.0
Rico	4.6-8.5	8.0-15.0
Muy rico	>8.7	>15.0

CUADRO D. Clasificación de N en suelos según Tavera (1985).

Clase	Nitrógeno total (%)
Muy pobre	<0.05
Pobre	0.05-0.10
Medio	0.10-0.15
Rico	0.15-0.25
Muy rico	>0.025

CUADRO E. Clasificación de pH en suelos (Jones y Wolf, 1984).

Categoría	Escala de pH
Muy ácido	<5.5
Acido	5.6-6.0
Ligeramente ácido	6.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Alcalino	7.4-8.3
Fuertemente alcalina	>8.3

CUADRO F. Clasificación de CICT (Cottenie, 1980).

Clase	CICT (meq/100g)
Muy baja	<5.0
Baja	5-15
Media	15-20
Alta	20-40
Muy alta	>40

**CUADRO G. Clasificación de K, Ca y Mg intercambiables
(Moreno Dahme, 1992).**

Clasificación	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Muy rico	<320	<5000	<120
Rico	201-320	2500-5000	60-120
Mediano	81-200	1000-2500	31-60
Pobre	40-80	500-1000	15-30
Muy pobre	>40	>500	>15

**CUADRO H. Clasificación para Fósforo extractable por Morgan
(Moreno, 1978).**

Clase	Fósforo extractable (ppm)
Extremadamente pobre	<3
Pobre	3-5
Mediano	5-10
Medianamente rico	10-20
Rico	20-30
Extremadamente rico	>30