

29/211



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**DESCRIPCION DE LA VEGETACION DE LA
LADERA OESTE DEL VOLCAN EL PELADO,
MEXICO, D. F.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
AIDA SANDOVAL MONTAÑO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Ciudad Universitaria México, D. F.

Febrero 1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Contenido

Resumen	
1. Introducción	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Métodos de estudio de la vegetación	2
1.3. Antecedentes	4
1.4. Objetivos	6
2. Datos generales de la zona de estudio	7
2.1. Localización	7
2.2. Topografía	7
2.3. Geología	10
2.4. Geomorfología	10
2.5. Edafología	11
2.6. Clima	13
2.7. Hidrología	16
2.8. Vegetación	16
2.9. Fauna	17
2.10. Impacto humano	18
3. Método	20
3.1. Método de campo	20
3.2. Método de gabinete	23
4. Resultados	25
4.1. Dendrogramas de Similitud	25
4.2. Descripción de las comunidades vegetales	29
4.3. Características generales en el gradiente altitudinal	53
4.3.1. Distribución altitudinal de las comunidades propuestas	53
4.3.2. Coberturas por estrato en el gradiente altitudinal	55
4.3.3. Distribución altitudinal de familias y géneros	59
4.4. Estructura general del estrato arbóreo	61
5. Discusión	63
6. Conclusiones	77
7. Literatura citada	79
Apendice I	83
Apendice II	87

RESUMEN

Se realizó un estudio de descripción de la vegetación en la ladera Oeste del volcán El Pelado de acuerdo a la escuela de Zürich-Montpellier modificada para sistemas montañosos tropicales utilizando levantamientos como unidades de muestreo.

Se encontraron cuatro comunidades características; la primera de ellas corresponde a una vegetación secundaria con las especies *Festuca rosei*/*F. telucensis* y *Calamagrostis telucensis*. La segunda comunidad descrita está representada por *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis telucensis* y *Muhlenbergia nigra*. La tercera comunidad tiene como especies dominantes a *Pinus hartwegii* y *Alnus firsiifolia*. En la última comunidad dominan las especies *Pinus sonotrenae*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia sacraura* y *Festuca amplissima*. Todas estas comunidades tienen bien representado el estrato herbáceo con gramíneas amacolladas.

Existe una distribución altitudinal típica de las comunidades, aunque ésta se observa modificada en ocasiones por variaciones topográficas y microclimáticas.

1. INTRODUCCION

1.1. Generalidades

El Eje Neovolcánico Transversal, debido a su situación geográfica, posee características muy peculiares que hacen de esta zona un lugar de interés para realizar diversos estudios. Se considera que queda incluido en una área de solapamiento, compleja y variada entre las regiones biogeográficas neotropical y neártica que Halffter (1976) ha distinguido como "Zona de Transición Mexicana". Si bien dicha área no es un límite exacto de ambas, se presta a efectuar estudios comparativos de vegetación, ya que es una gran barrera orográfica.

Una manera de hacer estudios de vegetación en áreas montañosas es llevando a cabo muestreos en un transecto que otorguen datos que permitan obtener relaciones del ambiente, la dinámica temporal y la diversidad espacial en las comunidades vegetales (Mueller-Dombois et al., en prensa) y que puedan ser comparadas cada una de ellas.

El volcán Peñado, incluido en la parte central de la cordillera, presenta una vegetación relativamente conservada que necesita ser inventariada rápidamente, debido a que su cercanía a la ciudad de México ejerce gran presión al incrementarse las áreas urbanas y de cultivo.

Con base en esto se podrían realizar estudios regionales interdisciplinarios con el fin de proponer las mejores alternativas para su conservación y manejo.

1.2. Métodos de estudio de la vegetación

Existen cinco tendencias dentro de los métodos para describir la vegetación (Shimwell, 1971):

1. La europea iniciada por Warming (1895) y Drude (1905) que constituye la base de los trabajos fitosociológicos más detallados.

2. La de Clements, aplicada en América, quien sostiene que las comunidades son entidades orgánicas con un definido climax climático.

3. La británica que basa sus estudios en formaciones edáficas y relaciones sucesionales.

4. La tropical, mezcla de la escuela de Clements y la británica, pero con aplicaciones detalladas de formas de vida y clases de tipos de hojas.

5. La simbólica, desarrollada en los Estados Unidos, que consiste en la representación gráfica de tipos de vegetación por medio de letras y símbolos.

El presente trabajo tiene como base metodológica a la escuela europea, la cual se inició con descripciones fisionómicas y clasificación de la vegetación, llevadas a cabo en las ciudades de Zürich y Montpellier principalmente. Braun-Blanquet en 1913, desarrolló aspectos de descripción de comunidades y de clasificaciones por especies constantes y características considerando dominancias y fisionomía en el tratamiento de los datos de la vegetación (Shimwell, *op. cit.*). La esencia de dichas ideas establece las siguientes

premisas (Whittaker, 1973):

- (i) Las comunidades de plantas son concebidas como tipos de vegetación reconocidos por su composición florística.
- (ii) Algunas especies son más sensibles a ciertas relaciones que otras.
- (iii) Las especies diagnósticas son usadas para organizar a las comunidades en una clasificación jerárquica en la cual, la asociación es la unidad básica.
- (iv) Cada muestreo (Aufnahme, relevé o levantamiento), deberá ser representativo de la comunidad y deberá contener un análisis completo de la congregación de las especies.
- (v) Las asociaciones deberán ser agrupadas no por fisionomía, sino por composición florística.

El método que incluye estas premisas ha sido llamado comúnmente escuela de Zürich-Montpellier y se ha usado ampliamente en Europa y en algunas zonas montañosas de Africa y de Latinoamérica. Dentro de la fase analítica de muestreo, que va de acuerdo a la teoría de Unidad-Comunidad, se selecciona subjetivamente un lote de la zona de estudio (levantamiento); este debe ser homogéneo tanto estructural, ambiental y florísticamente, de carácter zonal y que cumpla con una cierta área mínima, con el fin de obtener una óptima representatividad de la comunidad (Wenger, 1974).

1.3. Antecedentes

Ejemplos de trabajos cercanamente relacionados con el presente estudio, se encuentran los efectuados en el Laboratorio de Biogeografía de la Facultad de Ciencias, UNAM, con el proyecto "Biogeografía de las comunidades montanas del Eje Neovolcánico Transversal", proyecto en el que queda incluida esta tesis. Por medio de él se ha estudiado la vegetación tanto alpina (Almeida, et al., en prensa) como boscosa (Almeida, et al., en prensa) del volcán Popocatepetl en su ladera Noroeste, describiendo las asociaciones vegetales de acuerdo a la escuela Zürich-Montpellier. Almeida, Luna y Herrera (en prensa), efectuaron un análisis sobre métodos de estudio integrales para las comunidades vegetales de la región central del Eje Neovolcánico.

González (1986), hace con el método, una descripción de la vegetación alpina del volcán Nevado de Toluca, Estado de México.

Algunos otros ejemplos de estudios llevados a cabo con modificaciones a este método, en comunidades boscosas y de páramo son los de Cleef (1979, 1983), Van der Haanen y Ruiz (1984), Cleef y Rangel (1984) y Wieland y Werger (1985).

En cuanto a estudios efectuados en el área y zonas aledañas, se encuentra el realizado por Espinosa (1962), en la Sierra del Chichinautzín, en el que hace un estudio de vegetación al noreste de Tepoztlán y en el declive sur del Chichinautzín, donde toma datos de densidad,

cobertura y estratificación, y caracteriza cuatro asociaciones vegetales. Melo y Dropeza (mimeo.), cita una recopilación de datos sobre los grupos vegetales en la cuenca de México y su estado actual de conservación, incluyendo al volcán Pelado en el grupo de vegetación de bosque de *Pinus hartwegii*. López y Alonso (com. pers.), llevan a cabo un reconocimiento de la vegetación en el estrato arbóreo del volcán El Pelado con base en mapas, fotografías aéreas y trabajo de campo. Rodalizaron estereoscópicamente la zona del volcán estableciendo en un mapa el tipo de vegetación presente. El porcentaje de área para cada uno de éstos fue: Bosque de Pino 37%, Bosque de Pino-latifoliada 36%, Pastizal 9%, Bosque de Latifoliada-Pino 6%, Bosque de Abies-Pino 3%, Bosque de Abies 2%, Bosque Latifoliado 2%, Bosque Pino-Abies 2%, Chaparral 1% y además delimitan las zonas de cultivo dentro del volcán que cubren un 2%.

Campos, Romero y López-Paniagua (1987) efectuaron estudios fitosociológicos de acuerdo a la escuela Zürich-Montpellier, para caracterizar el habitat de *Roserolagus diazi* en el volcán El Pelado.

Velázquez (en prensa) presenta un mapa de vegetación del volcán, enfocado a favor de la conservación del conejo *Roserolagus diazi*.

Por último, se encuentran los estudios generales realizados en 1974 por la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, para el inventario forestal del Distrito Federal y el

de González (1982) que efectúa una descripción geográfica del volcán y lo propone como una área de reserva natural.

1.4. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- Hacer una lista florística de los lugares correspondientes a los muestreos en la ladera Oeste del volcán El Pelado.
- Describir las comunidades representativas de la ladera en estudio.
- Relacionar aspectos físicos del área en el reconocimiento de la distribución de las comunidades.

2. DATOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Localización

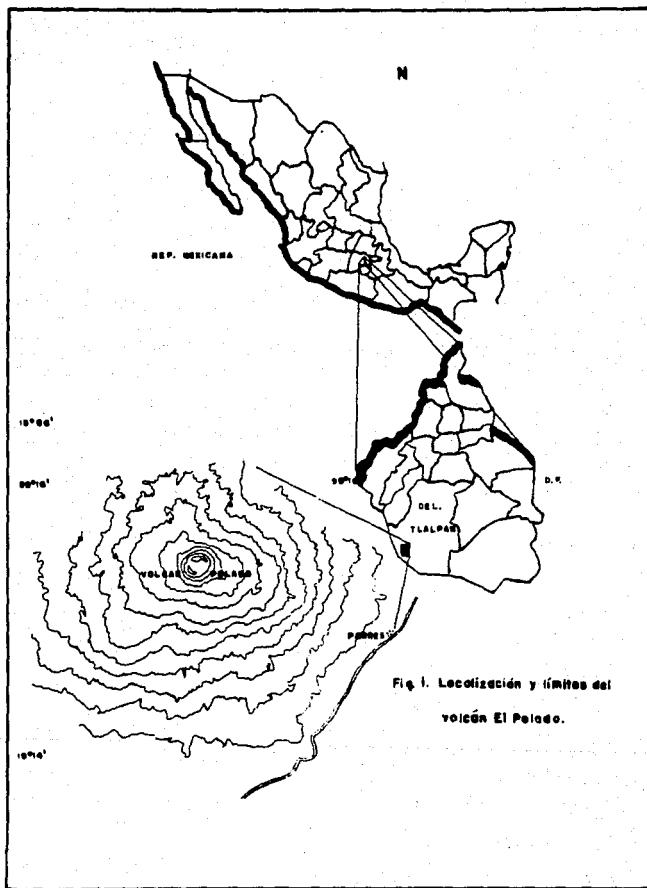
La zona de estudio se localiza entre los 19°06' y los 19°11' de latitud Norte y entre los 99°10' y los 99° 16' de longitud Oeste, en la parte central del Eje Neovolcánico Transversal, al Sur de la cuenca de México en la Sierra del Chichinautzin, que incluye los volcanes Pelado, Chichinautzin, Cuautzin y Tláloc.

El volcán Pelado se encuentra en el Sur de la delegación de Tlalpan del Distrito Federal y colinda con el estado de Morelos. Ocupa una superficie aproximada de 4800 ha (Hoth et al., 1987) comprendiendo ésta el cono del volcán y la mayor parte del derrame asociado al mismo (Fig. 1).

Hacia el Noroeste colinda con el volcán Ajusco; hacia el Oeste con el Malacatepec y el poblado El Capulín; hacia el Sur con los volcanes Raíces, Cajete y Tesoyo así como la estación La Cima, y hacia el Este con el poblado de Parres y la estación El Guarda (Fig. 2).

2.2. Topografía

Aparentemente no muestra grandes pendientes a lo largo del derrame, pero se pueden encontrar zonas accidentadas con elevaciones, lomeríos y hondonadas; González (1982), considera que este paisaje accidentado es producto de los basaltos que conforman el volcán. En el



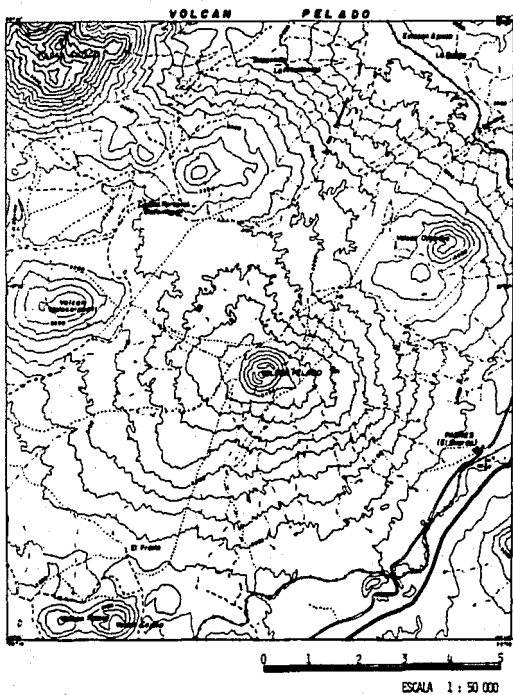


Fig. 2 Mapa de localización y límites del volcán El Pelado.

cono cinerítico las pendientes son de aproximadamente 35° y en el derrame no sobrepasan los 30°.

2.3. Geología

El material geológico consiste en lava basáltica en el derrame y ceniza volcánica en el cono (González, *op. cit.*). La carta geológica de CETENAL (1976) muestra que el volcán está formado por brecha volcánica en la parte del cono, basalto en el derrame y por suelos residuales en las partes bajas del mismo.

2.4. Geomorfología

La Sierra del Chichinautzin, por su intensa actividad volcánica durante el Pleistoceno-Holoceno, presenta un relieve muy joven, inferido de aproximadamente 60 000 años a partir de las dataciones existentes y de conceptos de vulcanología (Lugo, 1984).

El volcán Pelado, se cita con una altura absoluta de 3620 msnm y se cree que se formó sobre un relieve preexistente elevado, formándose una superficie de piroclastos alrededor del centro de erupción que por lo general no presenta espesor fuerte y que rodea al volcán que le dió origen (Lugo, *op. cit.*). Está formado por un cono cinerítico que va de los 3450 a los 3620 msnm y compone lo que propiamente se considera el edificio volcánico. A partir de los 3000 msnm se encuentra el derrame basáltico sobre el que se establece gran parte

de la superficie boscosa del volcán. En la ladera Oeste, a unos 1500 m del cráter se encuentra otro volcán de la misma naturaleza geológica que el Pelado. Este pequeño cono o volcán llamado Texoxocotl está considerado por González (1982) como un cono adventicio debido a las dimensiones notablemente menores a las del Pelado.

El volcán forma parte del parteaguas meridional de la cuenca de México al Norte y de la cuenca del Balsas al Sur, recargando los acuíferos subterráneos del Sur de la ciudad de México (González, *op. cit.*).

2.5. Edefología

Los suelos predominantes en la parte del derrame son litosoles y andosoles en el cono principal del Pelado y en el cono adventicio del Texoxocotl (CETENAL, 1976).

Según los estudios realizados por la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario (COCODDA) en 1984, se determinó que en la zona en estudio, dentro de áreas cerriles y montañosas, los suelos presentan un espesor menor de 50 cm, son de color café grisáceo oscuro, de texturas franca y franco-arenosas, abundante pedregosidad superficial, descansan en general sobre roca basáltica, andesítica y riolítica; poseen un grado de desarrollo joven, drenaje superficial que varía de moderado a rápido, sin problemas de manto freático, sales solubles y sodio intercambiable. Los suelos con características similares los agruparon dentro de una serie

y a cada una de éstas se le asignó el nombre de la población más cercana. Así, para el volcán El Pelado, las series que se consideraron más cercanas fueron: Parres, El Guarda y El Capulín.

La serie Parres se caracteriza por tener suelos de espesor moderado, color café amarillento en todo el perfil, descansan en roca basáltica, presentan pedregosidad superficial y en el perfil se localizan en lomeríos y terrazas artificiales. Los de la serie El Guarda se caracterizan por ser delgados, color café oscuro a café grisáceo oscuro, descansan en roca basáltica y se localizan en laderas de cerros. La serie El Capulín se caracteriza por tener suelos de espesor medio, color café grisáceo a café oscuro, descansan en arenas y cenizas volcánicas y presentan intercalaciones de lentes en todo el perfil, con grava.

Para las tres series, la capacidad de intercambio catiónico varía de baja a moderada, predominan el calcio y el magnesio, tienen bajo contenido de materia orgánica sobre todo en la capa inferior, son pobres en fósforo aprovechable y en carbonato de calcio, el pH es moderadamente ácido a ligeramente alcalino (5.8 a 7.5) y no tienen problemas de sales solubles ni de sodio intercambiable.

2.6. Clima

El clima del área es un C(W2)(W)(b'), templado subhúmedo, el más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano y cociente de temperatura-precipitación mayor a 55. El porcentaje de lluvia invernal es menor del 5% de la anual, semifrío, con verano fresco y largo y con temperaturas medias anuales entre los 5 y 12° (González, 1982), con el régimen de lluvias en verano ($p = 2t + 28$) propuesto por García et al. (1983). (Fig. 3)

Miranda y Hernández-X. (1963), citan que para este tipo de clima corresponden lugares con suelos más o menos someros de drenaje superficial rápido y con pinares como tipo de vegetación.

Dentro del volcán, se pueden distinguir tres isotermas: una, aproximadamente a los 3000 msnm de 9°C; otra, a los 3250 msnm de 8° C y la tercera, a los 3400 msnm de 7°C. En cuanto a la precipitación, también se observan cambios en dirección Sureste - Noroeste, notando un aumento de 1090 a 1660 mm de precipitación en dicha dirección (Alejo, A. com. pers.). (Fig. 4)

Rzedowski y Rzedowski (1979), mencionan que los vientos dominantes del Valle de México provienen del Noreste, aunque en la época seca también son frecuentes los que soplan del Noroeste.

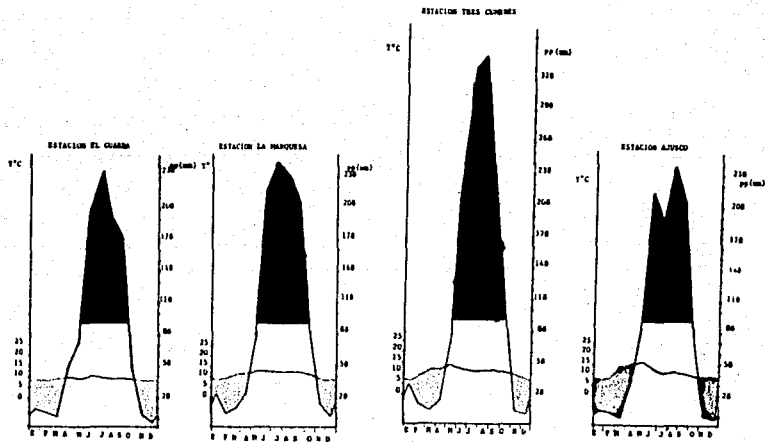
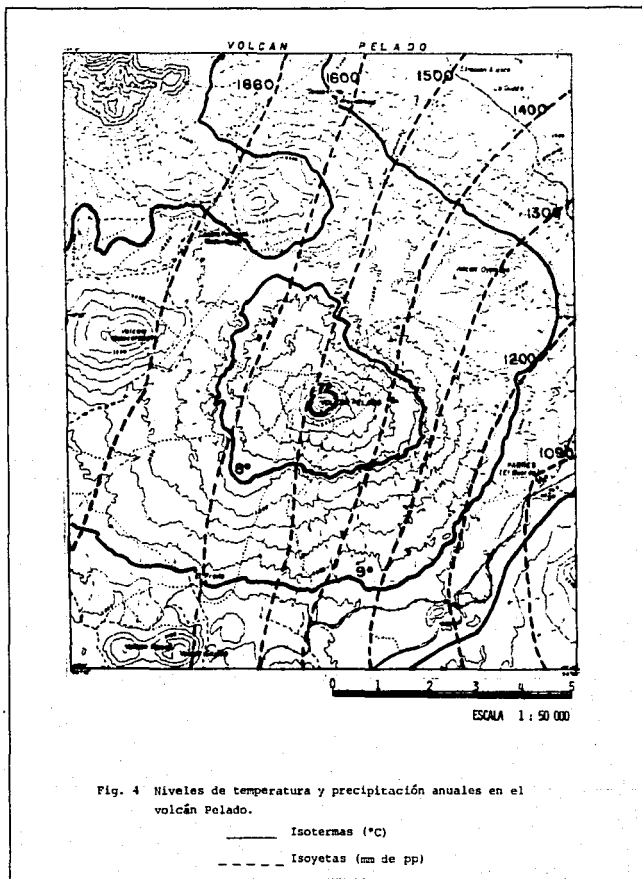


Fig. 3 Gráficas ombrotérmicas con la relación temperatura-precipitación. Los datos fueron tomados de las estaciones meteorológicas más cercanas al volcán Pelado. Se presentan datos promedio desde 1977. Relación $2t + 28$



2.7. Hidrología

El sistema hidrológico del volcán Pelado es de tipo radial, de las partes altas a las partes bajas. Por sus características litológicas se considera como una de las zonas de mayor permeabilidad dentro del Distrito Federal, lo que no permite que se formen cauces permanentes (González, 1982).

2.8. Vegetación

El tipo de vegetación que Rzedowski (1978) menciona para la zona montañosa del sur del valle de México es Bosque de coníferas, caracterizándolo como comunidades resistentes a heladas, a largos periodos de sequía, a incendios frecuentes, a pastoreo y que se establecen sobre suelos someros, rocosos, y casi siempre pobres en nutrientes minerales. Miranda y Hernández-X. (1963) denominan a este tipo de comunidades como Pinares y para la zona montañosa de la parte central de México notifican de los 3500 msnm al límite de la vegetación arbórea (aproximadamente a los 4000 msnm) pinares constituidos por *Pinus hartwegii*, por debajo de los 3500 msnm el pinar está representado por variedades de *Pinus sotozusa*.

A manera de grandes manchones y en el cráter del volcán se encuentra lo que Rzedowski (1975, 1978) y Miranda y Hernández-X. (1963) denominan como pastizal antropógeno o zacatonal de tipo subalpino, característico de las partes frías de casi todas las serranías altas de México. Como

vegetación primaria cubren suelos inclinados, rocosos o muy someros, o en su lugar, suelos planos, profundos y en cierto grado anegables. Estos zacatonales se establecen comúnmente debido al efecto continuo de tala, quema y pastoreo, o aun por efectos naturales como podría ser la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del zacatonal. Este tipo de vegetación secundaria prospera en bosques destruidos de *Pinus* y de *Quercus* en altitudes superiores a los 2800 msnm y está formado por gramíneas amacolladas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, *Muhlenbergia* y *Stipa*.

2.9. Fauna

Cervantes-Reza (1980), cita una diversa lista de especies animales para la zona sur del Valle de México. Romero (1987) también hace una recopilación de este tipo, pero puntualiza en las especies de mamíferos encontradas específicamente en el volcán El Pelado y zonas cercanas (Apéndice II), siendo los más característicos los lagomorfos *Reomerolagus diazi*, especialmente estudiado por considerarse especie relictual, *Sylvilagus floridanus orizabae* y *S. cunicularis cunicularis* y el lince *Lynx rufus escuinapae*.

2.10. Impacto humano

El crecimiento acelerado de la ciudad de México provoca presión sobre la vegetación del volcán. Entre los problemas más graves encontramos la tala no planeada, el pastoreo de vacas y borregos, y la quema continua, con el consecuente empobrecimiento del suelo. Además, se puede observar un incremento de áreas de cultivos agrícolas alrededor del derrame y dentro de zonas boscosas del volcán, depósitos irregulares de basura, gran cantidad de caminos y brechas, frecuentes visitas de cazadores furtivos, y a consideración, la dudosa calidad del aire proveniente de la ciudad. Si bien no existen reglas o leyes que prohíban lo anterior, tampoco hay claridad en lo que se refiere al tipo de propiedad en esta zona. De acuerdo al inventario forestal para el Distrito Federal, publicado por la Subsecretaría Forestal y de la Fauna en 1974, se señala que desde 1947 se constituyeron por decreto presidencial, las unidades industriales de explotación forestal quedando incluido El Peñado en la de Loreto y Peña Pobre, por lo que no tuvo que ver directamente en el inventariado. Recientemente, esta unidad industrial tuvo que salir del Distrito Federal.

Por otra parte, existe poca claridad en el tipo de propiedad de la tierra de los poblados aledaños: González (1982) y Campos, et al. (1987) lo citan como terrenos comunales del pueblo del Ajusco y de San Miguel Topilejo. Sin embargo, de acuerdo a la Relación de Ejidos y

Comunidades por Delegación del Departamento del Distrito Federal, está considerado como ejidos creados por dotación, para uso parcelario, linderos con pequeños propietarios y con zona urbana, propiedad privada, traspasos y como zona con problemas de posesión de la tierra.

3. METODO

La descripción de la vegetación se efectuó de acuerdo a la modificación de la escuela Zürich-Montpellier para sistemas montañosos tropicales (Mueller-Dombois et al., en prensa) basado en un sistema de clasificación florística (Matteucci y Colma, 1982), utilizando levantamientos como unidades de muestreo, que consideran además de la lista florística, valores de cobertura, abundancia, estructura y fisionomía (Wenger, 1974; Emberger et al., 1968; Godron, 1968).

3.1. Método de Campo

Se llevó a cabo un reconocimiento de campo preliminar a lo largo de la ladera occidental del volcán para establecer los lugares apropiados para los muestreos, auxiliados por mapas, altímetro y brújula, considerando sólo la vegetación zonal. Los levantamientos se realizaron aproximadamente cada 30 m de altitud, tanto en algunos meses de la temporada seca (Marzo y Abril de 1987) como en la de lluvias (Julio a Octubre de 1987). La delimitación de los levantamientos consideró una superficie homogénea aproximada al área mínima correspondiente para comunidades vegetales de zonas templadas, siendo de 200 a 500 m² para bosques y de 10 a 25 m² para lugares donde dominan pastos (Mueller-Dombois et al., 1974; Mueller-Dombois et al., *op. cit.*). Las coberturas fueron estimadas en porcentajes de manera subjetiva, que

mediante repeticiones y observaciones en conjunto, atenuaron el posible error en la medición. En cada sitio seleccionado (Fig. 5), se hicieron observaciones, medidas y colectas que se fueron anotando en un formato de campo que incluye:

- I. 1. Clave del levantamiento, colectores y fecha.
2. Localidad y Ubicación.
3. Altitud.
4. Exposición.
5. Pendiente.
6. Superficie levantada (muestreada).
7. Descripción fisionómica y fisiográfica.
8. Estado del tiempo.
9. Plantas dominantes y subdominantes.
10. Porcentaje subjetivo de la superficie del levantamiento
 - a) con vegetación
 - b) sin vegetación
 - c) suelo expuesto
 - d) afloramiento rocoso
 - e) fracciones de roca
 - f) hojarasca
 - g) plantas muertas en pie.
11. pH del suelo
12. Estructura de la comunidad
 - a) número de estratos
 - b) altura de los estratos
 - c) cobertura en porcentaje para cada estrato.

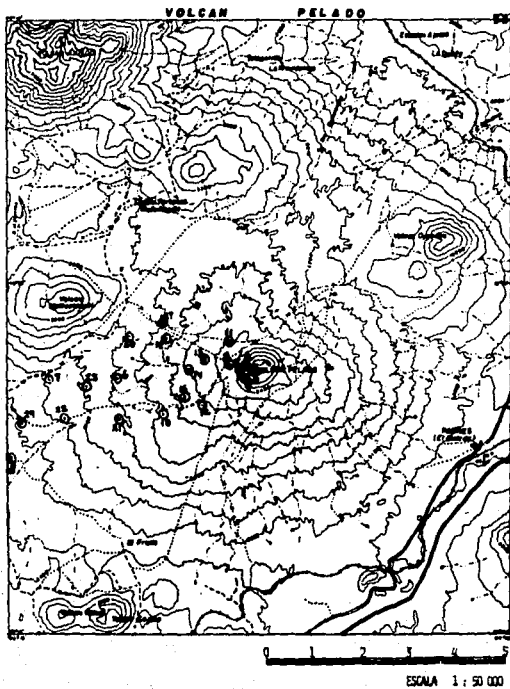


Fig. 5 Mapa con los puntos en que se efectuaron levantamientos.
 Los levantamientos no marcados no fueron localizados en el campo.

II. Listado florístico.

Colecta de las especies presentes en levantamiento indicando para cada una de ellas la cobertura en porcentaje, el estrato en el que se incluye, abundancia, características biológicas generales, color de la flor, tamaño de la planta.

III. Diagrama horizontal de la disposición de los árboles dentro del levantamiento, así como estimación y medida de su altura total, altura a la primera rama con hojas y su perímetro a la altura del pecho (PAP).

IV. Perfiles diagramáticos de la vegetación.

Dibujo de las especies dominantes vistas desde un punto de vista horizontal y otro vertical.

V. Observaciones generales (perturbación).

3.2. Método de Gabinete

La determinación de los ejemplares se basó en las claves para la Flora del Valle de México de Rzedowski y Rzedowski (1979 y 1985) y Sánchez (1968), la Flora de Guatemala (Standley y Steyermark, 1952; Swallen, 1953; Standley y Williams, 1970), Musgos de Guatemala (Bertram, 1949), helechos de Guatemala (Stolze 1976, 1981) y gramíneas de México (Ackerman, 1983). Gran parte de las gramíneas fueron enviadas para su determinación a la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) y algunas compuestas (en especial los

géneros *Eupaterius*, *Stevia* y *Onopeltium*) al Herbario Nacional de México (MEXU).

Con los datos de campo y las especies determinadas se elaboró una tabla burda clasificando especies y levantamientos de acuerdo a las similitudes en sus coberturas. A partir de ésta se hizo una tabla ordenada en la que se determinaron las agrupaciones de especies con los datos de los levantamientos correspondientes. Los resultados obtenidos se corroboraron con programas estadísticos utilizándose el índice de similitud para métodos multivariados de FLEXCLUS y el índice de similitud de Pearson (Quiroz y Fournier, 1988).

Se obtuvieron las formas de vida para cada especie siguiendo la clave de Raunkier modificada por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974).

4. RESULTADOS

4.1. Dendrogramas de Similitud

Una manera de obtener un análisis relativamente objetivo de mediciones efectuadas en muestreos múltiples y dependientes entre sí, es la utilización de métodos estadísticos multivariados, que consisten esencialmente en clasificaciones y ordenaciones.

En este trabajo se utilizaron métodos de clasificación, que conjuntan grupos por similitudes de manera jerárquica. Los resultados que se muestran proceden de tablas de similitud con valores absolutos (sin manejo de umbrales, tamaño mínimo o máximo de los grupos, etc.)

El primer dendrograma (Fig. 6) fue obtenido a partir de una Correlación de Pearson (Quiroz y Fournier, 1988) y muestra cuánta relación existe entre los valores de una variable con respecto a los de las otras (correlación múltiple). El coeficiente de correlación se obtiene:

$$r = \text{Cov}(x,y) / S(x) S(y)$$

donde r = coeficiente de correlación

$\text{Cov}(x,y)$ = covarianza de x y y

$S(x)$ = desviación estándar de x

$S(y)$ = desviación estándar de y

Se obtienen como resultado cuatro grupos principales:

(i) Levantamientos 11, 9, 7, 6, 8, 17, 20, 12, 10, 14, 15 y 19.

(ii) Levantamientos 13, 18, 16 y 21.

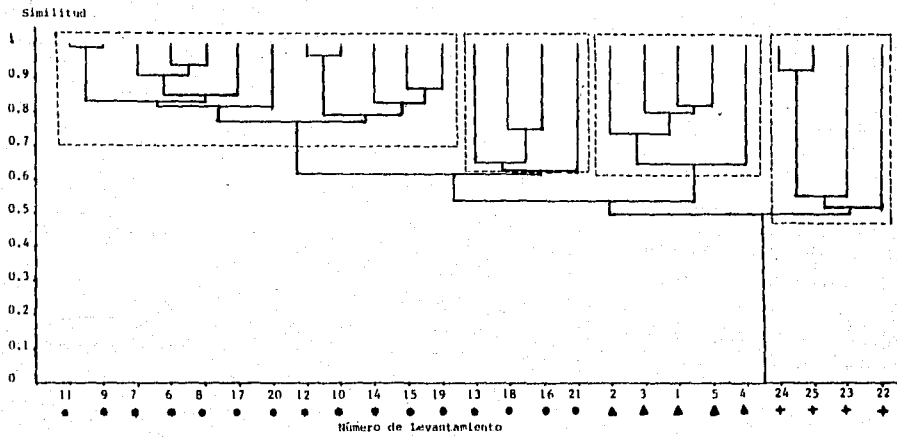


Fig. 6 Dendrograma obtenido por la correlación de Pearson.

(iii) Levantamientos 2, 3, 1, 5 y 4.

(iv) Levantamientos 24, 25, 23 y 22.

La numeración de los levantamientos corresponde a la de la tabla fitosociológica anexa (Fig. 8) y se relacionan los grupos obtenidos finalmente en la tabla y los identificados por los dendrogramas por medio de símbolos.

El segundo dendrograma obtenido (Fig. 7) es el resultado de la utilización del índice de similitud utilizado en el programa FLEXCLUS de métodos multivariados:

$$\text{Similitud} = \sum x_i y_i / \sqrt{\sum x_i^2 + \sum y_i^2} - x_i y_i$$

Al igual que con el dendrograma anterior, pero con diferencias menos marcadas entre las agrupaciones, se obtienen cuatro grupos principales:

(i) Levantamientos 11, 9, 12, 10, 20, 17, 7, 8 y 6.

(ii) Levantamientos 14, 19, 15, 3, 2, 1 y 13.

(iii) Levantamientos 21, 18, 16, 5 y 4.

(iv) Levantamientos 23, 24, 25 y 22.

Estos datos sirvieron como referencia para la obtención de las agrupaciones finales de los levantamientos. Así mismo, fueron apoyo para la detección de irregularidades observadas en los datos de campo.

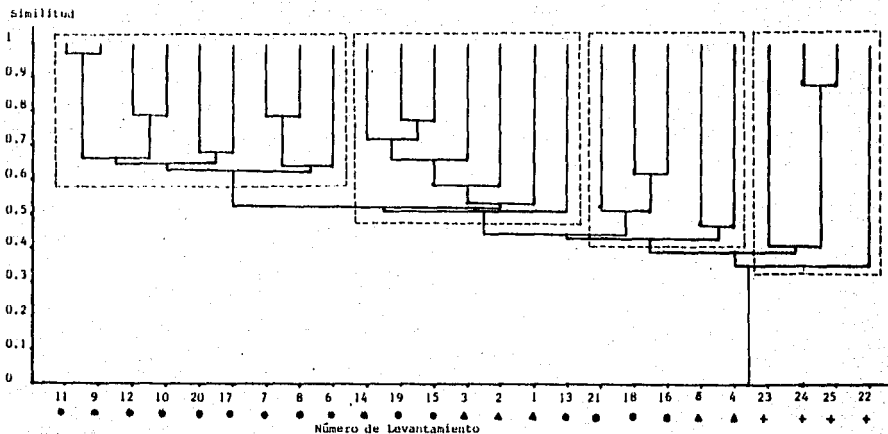


Fig. 7 Dendrograma obtenido de acuerdo a la clasificación de FLEXCLUS.

Fig. 2. TABLE OF THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE DATA

Species	Year												Total	Sex	Age	Status	Remarks
	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961					
Group I																	
Group II																	
Group III																	
Group IV																	
Group V																	
Group VI																	
Group VII																	
Group VIII																	
Group IX																	
Group X																	
Group XI																	
Group XII																	
Group XIII																	
Group XIV																	
Group XV																	
Group XVI																	
Group XVII																	
Group XVIII																	
Group XIX																	
Group XX																	
Group XXI																	
Group XXII																	
Group XXIII																	
Group XXIV																	
Group XXV																	
Group XXVI																	
Group XXVII																	
Group XXVIII																	
Group XXIX																	
Group XXX																	
Group XXXI																	
Group XXXII																	
Group XXXIII																	
Group XXXIV																	
Group XXXV																	
Group XXXVI																	
Group XXXVII																	
Group XXXVIII																	
Group XXXIX																	
Group XL																	
Group XLI																	
Group XLII																	
Group XLIII																	
Group XLIV																	
Group XLV																	
Group XLVI																	
Group XLVII																	
Group XLVIII																	
Group XLIX																	
Group L																	

1 = Female, 2 = Male, 3 = Unknown

4.2. Descripción de las comunidades vegetales

A lo largo de la ladera pueden diferenciarse preliminarmente cuatro comunidades:

I. Comunidad de *Festuca rosei*/*F. toluensis* y

Calamagrostis toluensis.

II. Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis*

toluensis y *Muhlenbergia nigra*.

III. Comunidad de *Pinus hartwegii* y *Quercus agrifolia*.

IV. Comunidad de *Pinus bentzenae*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia sacraura* y *Festuca amplissima*.

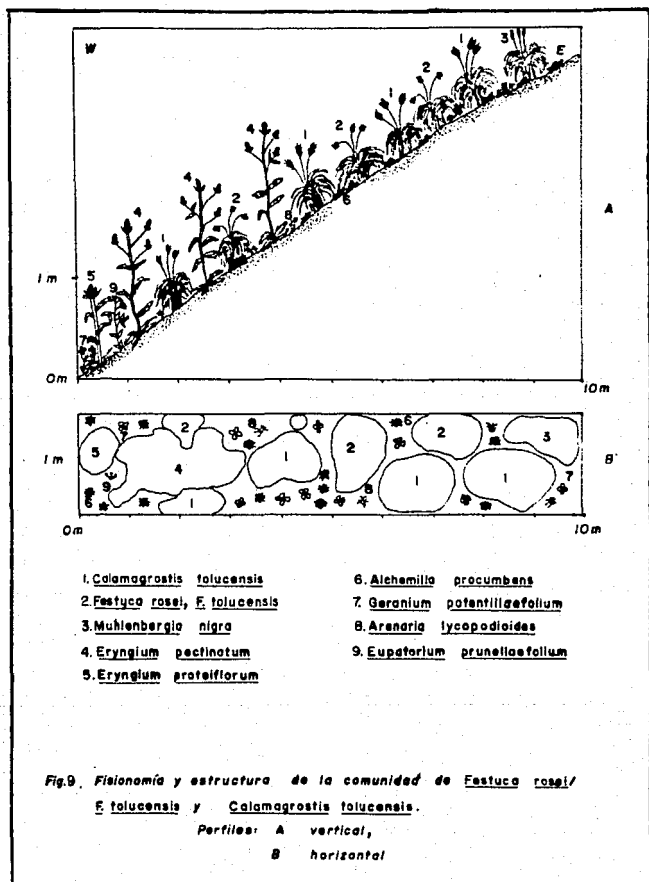
I. Comunidad de *Festuca rosei*/*F. toluensis* y

Calamagrostis toluensis

(Fig. 8, apartado I).

Es una comunidad de vegetación secundaria en donde dominan los pastos amacollados, localizada en el cono del volcán, entre los 3550 y los 3450 asna (Fig. 9).

Fisionomía. El estrato dominante es el herbáceo con una altura entre 0.5 y 1 m; el rasante es de hasta .05 m. El arbustivo pocas veces está presente, pero llega a alcanzar 1.5 m de altura. El estrato arbóreo está pobremente representado, y cabe mencionar que se pueden observar algunos tocones, árboles muertos en pie y caídos.



Las gramíneas del estrato herbáceo dominante cubren entre el 20 y el 90% de la superficie de la comunidad, el resto de herbáceas están mejor representadas en la parte inferior cubriendo entre un 30 y un 50%; la cobertura del estrato rasante es considerable, del 3 al 8%; los musgos, cuando presentes, llegan a cubrir el 2% (Fig. 10a).

Gran parte del terreno no presenta vegetación (entre el 10 y el 60%), encontrándose directamente expuesta.

Composición. Definen la comunidad *Festuca rosei* / *F. toluensis* (especies características) con valores de cobertura entre el 15 y el 30%, así como *Calamagrostis toluensis* (especie acompañante) con coberturas entre el 10 y el 40%. Con valores importantes se encuentra también *Muhlenbergia nigra* (5 al 30%) y *Alchemilla precubens* (2 al 5%). En las partes bajas de la comunidad está bien representada *Eryngium pectinatus* (15 al 40%) y con valores bajos pero siempre representados en la comunidad se encuentran *Geranium potentillaeifolium*, *Eryngium proteiflorum*, *Eupatorium prunellaeifolium* y *Oxalis alpina*.

Observaciones generales. El tipo de suelo es andosol, sin hojarasca superficial. El pH de la capa superficial varía de 4.9 a 5.4 y la pendiente del terreno es de aproximadamente 35°. En cuanto a las formas de vida abundan las hemicriptofitas (70% de las especies de la comunidad y 90% de cobertura total), presentando una floración durante

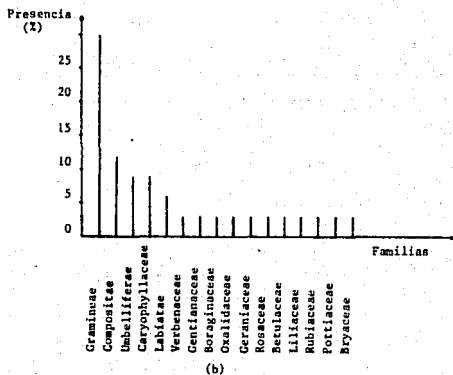
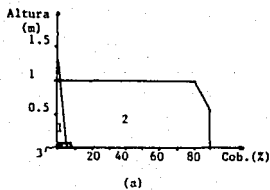


Fig. 10 Comunidad de *Festuca rosei*/F. *tolucensis* y *Calamagrostis tolucensis*.

- (a) Relación cobertura-altura para cada estrato de la vegetación.
 1. Estrato arbustivo, 2. Estrato herbáceo, 3. Estrato rasante.
 (b) Porcentaje de especies por familia presentes en la comunidad.

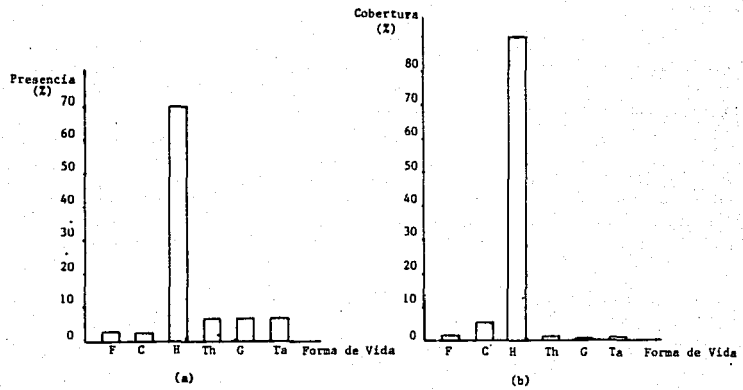


Fig. 11 Comunidad de *Pestuca rosei* / *F. toluensis* y *Calamagrostis toluensis*.

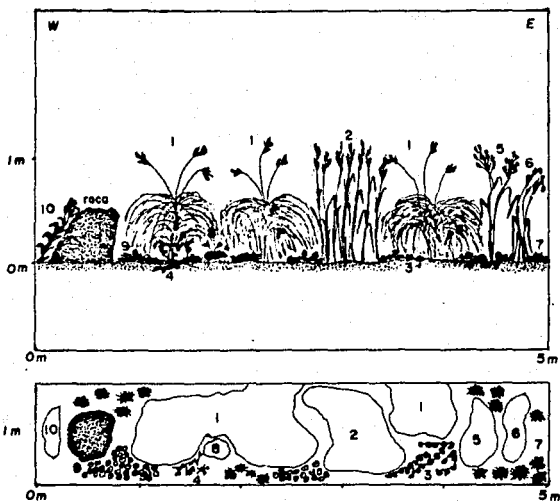
(a) Porcentaje de las formas de vida presentes en la comunidad.

(b) Porcentaje de cobertura ocupado por cada una de las formas de vida presentes en la comunidad.

F= fanerofitas; C= camesitas; H= hemcriptofitas; Th= terofitas; G= geofitas; Ta= talohemcriptofitas

el verano (Fig. 11). Las familias mejor representadas son Gramineae (30.3%), Compositae (12.1%), Umbelliferae (9.0%), Caryophyllaceae (9.0%) y Labiatae (6.0%). (Fig. 10b)

El levantamiento realizado en el cráter del volcán, se describe provisionalmente, pues se considera necesario realizar más levantamientos (Fig. 12). Dominan gramíneas como *Festuca rosei*, *Trisetum spicatum* y *Peyritschia koelerioides*; y en menor proporción *Muhlenbergia pusilla*, *Elepharoneuron tricholepis* y *Muhlenbergia resinosa*. Además, es notable la presencia de *Arenaria bourgaei*, *Aichemilia procumbens* y *Verbena teucriifolia*. Tiene dos estratos, el herbáceo y el rasante, de 0.8 y 0.05 m de altura y 70 y 10% de cobertura respectivamente. La superficie de suelo sin vegetación y expuesta son considerables, el pH del suelo superficial es 5.0 y ocupa un terreno plano. Abundan las hemicriptofitas y las especies raras.



- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. <u>Festuca rosei</u> | 6. <u>Peyrisschie koelerioides</u> |
| 2. <u>Trisetum spicatum</u> | 7. <u>Alchemilla procumbens</u> |
| 3. <u>Arenaria bourgaei</u> | 8. <u>Muhlenbergia pusilla</u> |
| 4. <u>Cerastium nutans</u> | 9. <u>Verbena teucriifolia</u> |
| 5. <u>Blepharoneuron tricholepis</u> | 10. <u>Gentiana ovalloba</u> |

Fig.12. Vegetación del cráter correspondiente a la ladera Oeste del volcán El Pelado.

II. Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis telucensis* y *Muhlenbergia nigra*.

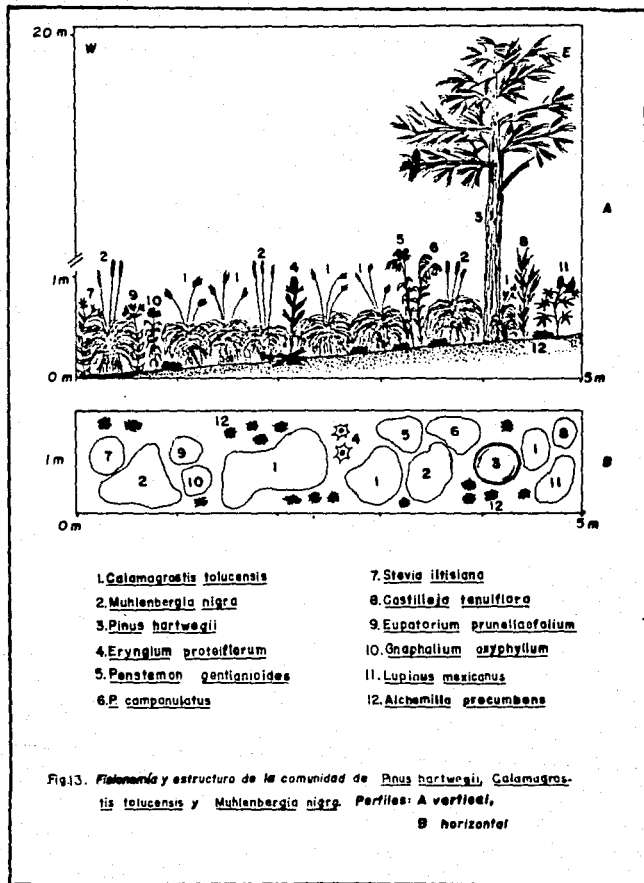
*Fig. 8, apartado II.

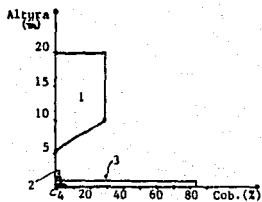
Es una comunidad de vegetación boscosa con un sotobosque dominado por gramíneas. Se encuentra localizada de los 3430 a los 3350 msnm y de los 3200 a los 3100 msnm (Fig. 13).

Fisionomía. Presenta cuatro estratos y domina el arbóreo con *Pinus hartwegii* como única especie, alcanzando coberturas promedio del 30% y una altura aproximada de 20 m. El arbustivo no siempre se presenta, y sus valores de cobertura son significativamente bajos, pero llega a alcanzar alturas entre 1 y 1.5 m. El estrato herbáceo, bien representado por gramíneas amacolladas, presenta valores de cobertura entre 40 y 90%, con alturas entre 0.5 y 1.5 m; el resto de las herbáceas cubre del 1 al 15% de la comunidad y llega a tener alturas entre 0.6 y 1.5 m. El estrato rasante es de cobertura variable (1 al 20%), pero siempre está presente con alturas de hasta 0.05 m, así como los musgos que llegan a cubrir hasta el 2% (Fig. 14a).

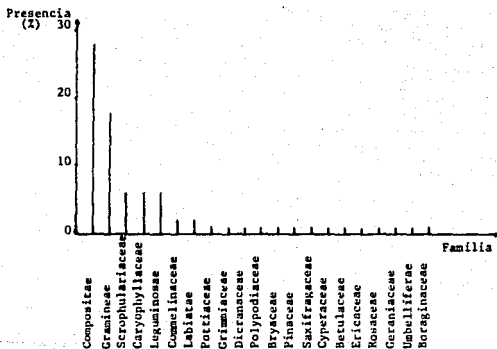
La superficie cubierta por vegetación es alta (80 al 99%), por lo que el suelo expuesto es escaso y los afloramientos rocosos son característicos en la parte más baja de la comunidad (2 al 3%).

Composición. Son especies características de la comunidad *Pinus hartwegii* con valores de cobertura entre 15 y 50%, *Calamagrostis telucensis* con valores entre 5 y 50%





(a)



(b)

Fig. 14 Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Calamagrostis toluensis*.

- (a) Relación cobertura-altura para cada estrato de la vegetación.
 1. Estrato arbóreo, 2. Estrato arbustivo, 3. Estrato herbáceo.
 4. Estrato rasante.
 (b) Porcentaje de especies por familia presentes en la comunidad.

y *Muhlenbergia nigra* con 5 a 30%. Es considerablemente importante también *Muhlenbergia quadridentata* en las partes alta y baja de la comunidad. *Peyritschia keelerioides* también es notable presentándose en las partes inferiores. Están siempre presentes, *Alchemilla procumbens* con valores de cobertura de hasta el 10%; con valores bajos, se encuentran *Senecio cinerarioides*, *Penstemon campanulatus*, *P.gentianoides*, *Gnaphalium oxyphyllum*, *Arenaria lycopodioides*, *Conselina coelestis*, *Eryngium proteiflorum* y *Bryum argenteum*.

Observaciones generales. El pH de la capa superficial del suelo va de 5.1 a 5.6 y presenta considerable cantidad de hojarasca (1 a 10%). En general, la pendiente no es muy pronunciada (3 a 5°), aunque en la parte superior de la comunidad es mayor. Se presentan en gran cantidad las hemipterofitas (68% de las especies de la comunidad y 68% de cobertura total) y a excepción de algunas compuestas, la floración ocurre en verano (Fig. 15). Las familias mejor representadas son: Compositae (28%), Gramineae (18%), Scrophulariaceae (6%), Caryophyllaceae (6%) y Leguminosae (6%). (Fig. 14b)

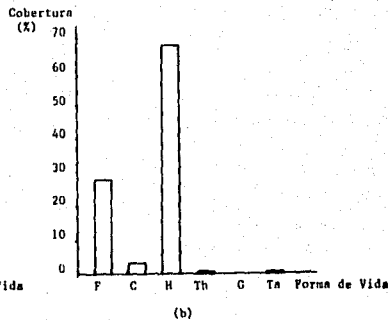
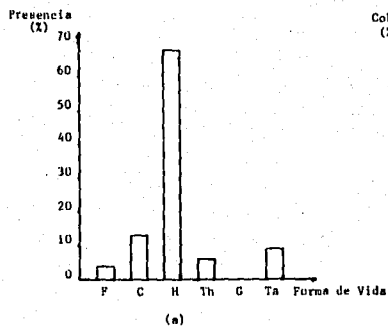


Fig. 15 Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Calamagrostis toluensis*.

(a) Porcentaje de las formas de vida presentes en la comunidad.

(b) Porcentaje de cobertura ocupado por cada una de las formas de vida presentes en la comunidad.

F= fanerofitas; C= caméfitas; H= hemcriptofitas; Th= terofitas; G= geofitas; Ta= Talohemcriptofitas

III. Comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alnus firmifolia*.

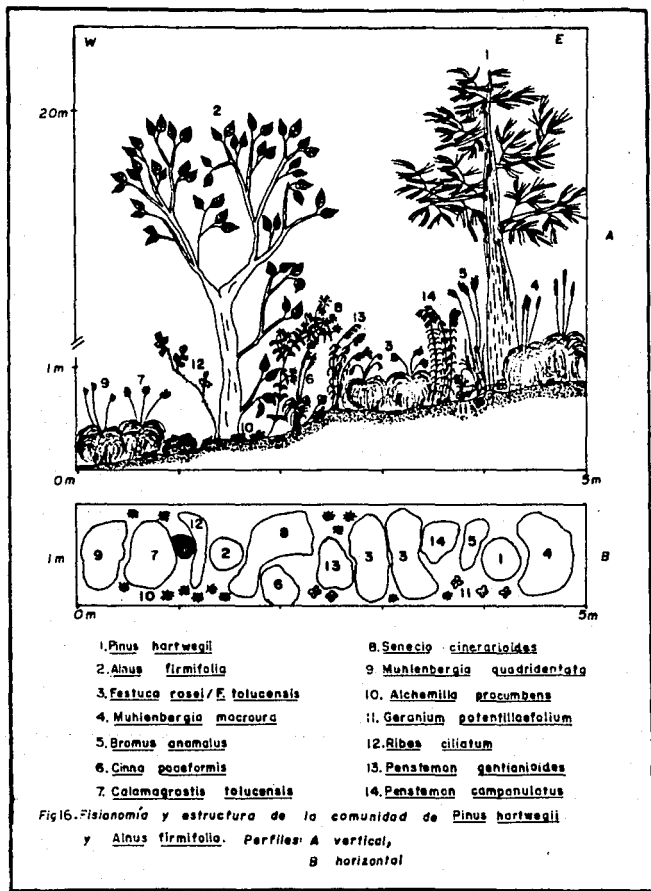
Fig. 8, apartado III.

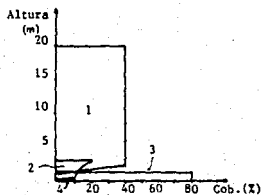
Comunidad de vegetación boscosa en donde dominan dos especies de árboles y se observan varios estratos bien representados. Ocurre de los 3350 a los 3190 msnm y en ocasiones a los 3150 msnm (Fig. 16).

Fisionomía. Siempre presenta cuatro estratos definidos: el arbóreo, con *Pinus hartwegii* y *Alnus firmifolia*, alcanza coberturas totales entre 25 y 50% y alturas variables de alrededor de 20 m, siendo los pinos por lo general más altos que los alces. El estrato arbustivo tiene valores de cobertura entre 1 y 20% y alturas que van desde 1.2 hasta 3 m. El herbáceo está bien representado y dominan gramíneas amacolladas con coberturas entre 40 y 70% y alturas de 0.7 a 1.3 m; las demás hierbas alcanzan valores de cobertura hasta de 25% y alturas entre 1 y 1.5 m. El estrato rasante también está presente siempre con valores de cobertura entre 1 y 25% y una altura de hasta 5 cm, aunque en ocasiones llega a rebasarlas. Los musgos, cuando presentes, alcanzan el 5% de cobertura (Fig. 17a).

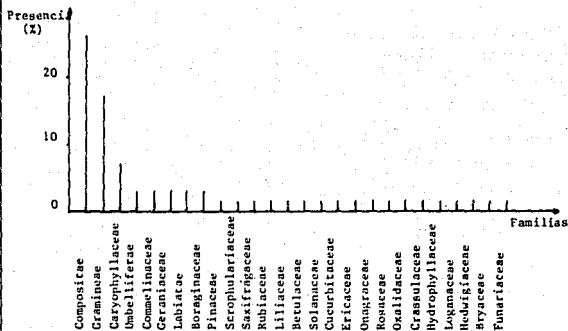
La superficie con vegetación es considerablemente alta (del 90 al 99%), por lo que casi no existe suelo expuesto.

Composición. Son dominantes en la comunidad las especies arbóreas *Pinus hartwegii* con valores de cobertura entre 10 y 40% y *Alnus firmifolia* con valores entre 10 y 30%. Las gramíneas *Muhlenbergia quadridentata*, *N. sacrourea* y *N.*





(a)



(b)

Fig. 17 Comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alnus firmifolia*.

- (a) Realación cobertura-altura para cada estrato de la vegetación.
 1. Estrato arbóreo, 2. Estrato arbustivo, 3. Estrato herbáceo.
 4. Estrato rasante.
 (b) Porcentaje de especies por familia presentes en la comunidad.

nigra, se encuentran regularmente representadas con valores importantes. *Festuca rosei*/ *F.toluensis* se presenta con valores de cobertura altos (del 20, al 40%) en la parte superior del gradiente altitudinal de la comunidad y *Calamagrostis toluensis*, presente en las partes bajas tiene coberturas entre 10 y 40%. Con valores importantes se encuentra *Senecio cinerarioides* (entre 3 y 20%) y *Alchemilla procumbens* (entre 1 y 25%). Se encuentran bien representados en la comunidad *Bromus anomalus*, *Solanum debissum*, *Geranium seebanii*, *Senecio sanguisorbae*, *Cinna poaeformis* y *Cunila lythrifolia*.

Observaciones generales. La cantidad de hojarasca en la superficie del suelo es alta (1 al 10%) y el pH varía entre 5.2 y 6.2. La pendiente del terreno es muy variable, desde 2 hasta 15° de inclinación. Las formas de vida de las especies presentes son variadas, aunque se encuentran en mayor proporción las hemcriptofitas (56% de las especies de la comunidad y 55% de cobertura total) (Fig.18). Las especies tienen en su mayoría una floración de verano y algunas pocas, de invierno. Las familias mejor representadas son Compositae (26%), Gramineae (17%), Caryophyllaceae (7%), Umbelliferae (3%), Commelinaceae (3%), Geraniaceae (3%), Labiatae (3%) y Boraginaceae (3%). (Fig. 17b)

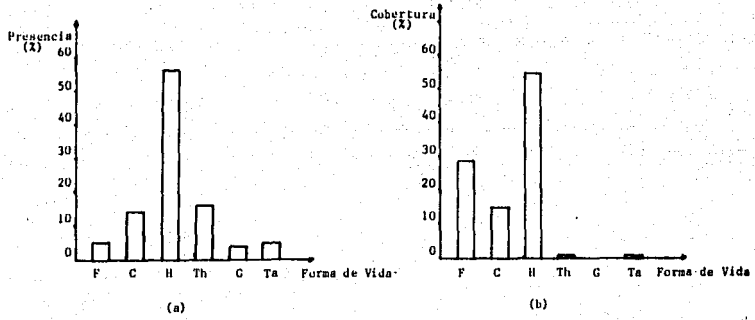


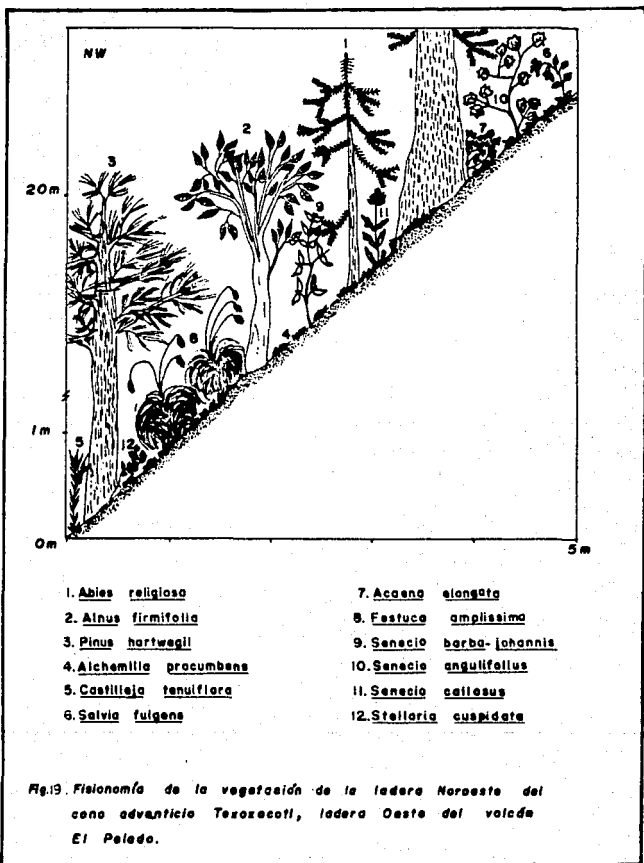
Fig. 18 Comunidad de Pinus hartwegii y Alnus firmifolia.

(a) Porcentaje de las formas de vida presentes en la comunidad.

(b) Porcentaje de cobertura ocupado por cada una de las formas de vida presentes en la comunidad.

F= fanerofitas; C= caméfitas; H= hemicriptofitas; Th= terofitas; G= geofitas; Ta= Talohemicriptofitas

Es importante mencionar que además de esta comunidad típica, en el cono adventicio del Texococotl, a los 3330 msnm, se puede observar un pequeño manchón de vegetación posiblemente de carácter azonal, correspondiente a un bosque en el que dominan *Pinus spp*, *Alnus firmifolia* y *Abies religiosa* (Fig. 19) . La pendiente es fuertemente pronunciada, el suelo muy húmedo y en general se puede decir que es un bosque cerrado. Las especies típicamente encontradas en este lugar son *Castilleja tenuiflora*, *Salvia fulgens*, *Acaena elongata*, *Festuca amplissima*, *Senecio barbajohannis*, *Senecio angulifolius*, *Senecio callosus* y *Stellaria cuspidata*.



- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. <u>Abies religiosa</u> | 7. <u>Acena elongata</u> |
| 2. <u>Ainus firmifolia</u> | 8. <u>Festuca amplissima</u> |
| 3. <u>Pinus hartwegii</u> | 9. <u>Senecio berba-johannis</u> |
| 4. <u>Alchemilla procumbens</u> | 10. <u>Senecio angulifolius</u> |
| 5. <u>Castilleja tenuiflora</u> | 11. <u>Senecio callosus</u> |
| 6. <u>Salvia fulgens</u> | 12. <u>Stellaria cuspidata</u> |

Fig.19. Fisionomía de la vegetación de la ladera Noroeste del cono avanzado Texozacoti, ladera Oeste del volcán El Pelede.

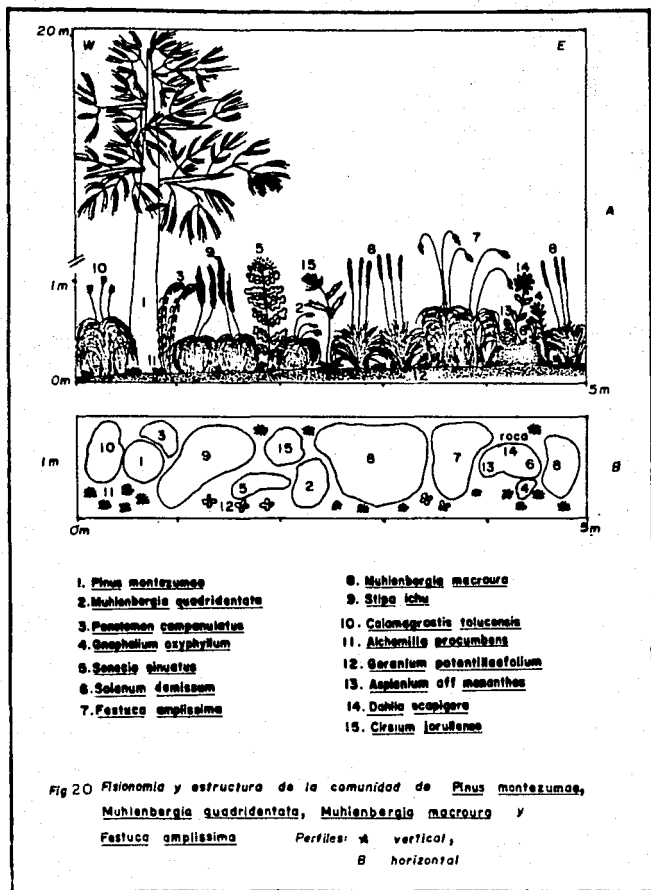
IV. Comunidad de *Pinus montezumae*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia sacraura* y *Festuca aplissina*.

Fig. 8, apartado IV.

Comunidad de vegetación boscosa en donde dominan especies de pinos altamente hibridizados, pero sus características taxonómicas tienden a englobarlas dentro de la especie *Pinus montezumae*. Se localiza en la parte inferior de la ladera entre los 3150 y los 3000 msnm (Fig. 20).

Fisionomía. Casi siempre presenta cuatro estratos definidos. El arbóreo presenta valores de cobertura entre 40 y 60% y alturas promedio de 20 m, dominando los pinos y en ocasiones, de manera aislada, los ailes. El arbustivo, cuando presente, no alcanza valores importantes de cobertura, sin embargo llegan a tener hasta 1.5 m de altura. El herbáceo, mejor representado por las gramíneas amacolladas, tiene alturas entre 0.8 y 1.8 m, valores de cobertura para pastos de 50 a 90% y para otro tipo de hierbas 10 a 40%. El rasante tiene valores de cobertura del 1 al 15% y una altura de hasta 0.05 m (Fig. 21a).

La superficie del terreno con vegetación es considerablemente alta (del 90 al 99%), por lo que el suelo expuesto es escaso. Los afloramientos rocosos sólo son observados en las partes más bajas y más planas de la comunidad.



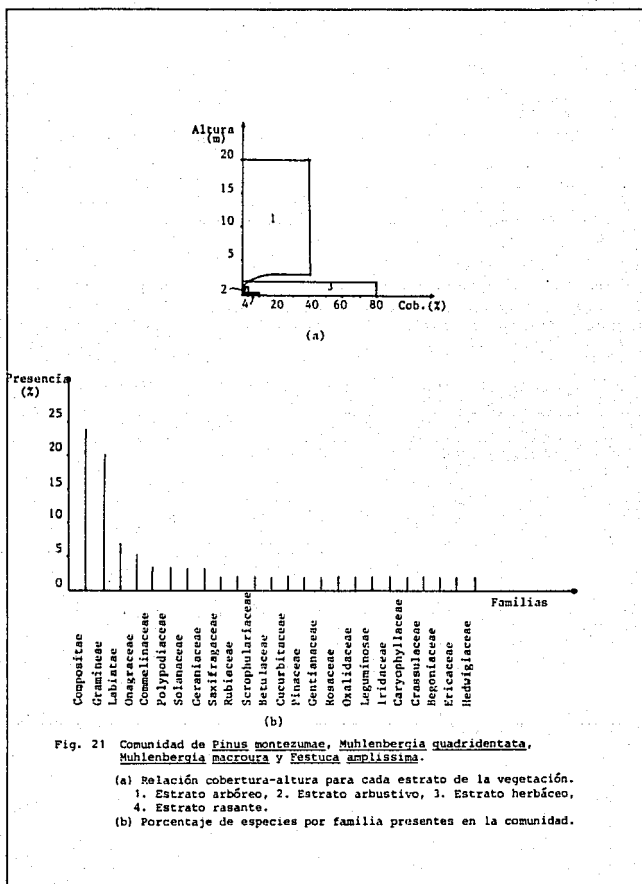


Fig. 21 Comunidad de Pinus montezumae, Muhlenbergia quadridentata, Muhlenbergia macrooura y Festuca ampliissima.

(a) Relación cobertura-altura para cada estrato de la vegetación.

1. Estrato arbóreo, 2. Estrato herbáceo, 3. Estrato arbustivo, 4. Estrato rasante.

(b) Porcentaje de especies por familia presentes en la comunidad.

Composición. *Pinus montezumae* caracteriza la comunidad con valores de cobertura de 20 a 40%, *Muhlenbergia quadridentata* con 10 a 20%, *Muhlenbergia sacroura* con 25%, y *Festuca aplissina* con 20 a 25%. En las partes altas de la comunidad se observa además a *Calamagrostis telucensis*, con valores de hasta 20% y en la parte baja a *Stipa ichu* con valores entre 10 y 15%. Se presentan con valores considerables *Alchemilla precubens* y *Geranium potentillaefolium*; con valores más bajos pero de importancia para la comunidad son *Senecio sinuatus* y *Cirsium jerullense*.

Observaciones generales. El pH de la capa superficial del suelo varía entre 5.1 y 5.7 y presenta cantidad considerable de hojarasca. No se presentan pendientes en el terreno, en caso de existir, son muy ligeras. La forma de vida dominante es de hemicriptofita (59% de las especies de la comunidad y 56% de cobertura total) (Fig. 22) y la floración importante ocurre durante el verano. Las familias mejor representadas son: Compositae (24%), Gramineae (20%), Labiatae (7%) y Onagraceae (5%). (Fig. 21b)

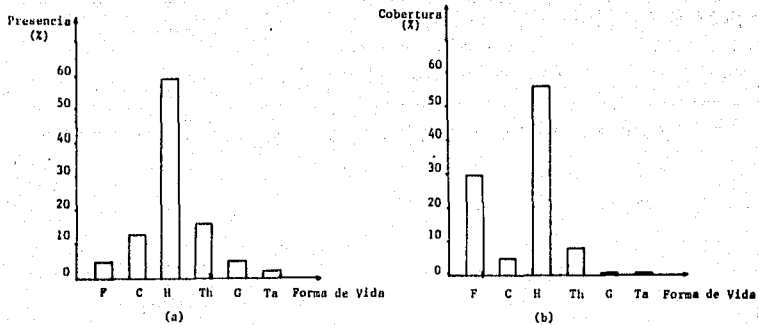


Fig. 22 Comunidad de Pinus montezumae, Festuca amplissima, Muhlenbergia macroura y Muhlenbergia quadridentata.

(a) Porcentaje de las formas de vida presentes en la comunidad.

(b) Porcentaje de cobertura ocupado por cada una de las formas de vida presentes en la comunidad.

F= fanerofitas; C= caméfitas; H=hemicriptofitas; Th= terofitas; G= geofitas; Ta= talohemicriptofitas

4.3. Características generales en el gradiente altitudinal

4.3.1. Distribución altitudinal de las comunidades propuestas

A manera de resumen del punto anterior, las comunidades propuestas siguen un gradiente altitudinal (Fig. 23). La comunidad de vegetación secundaria de *Festuca rosei*/*F. toluensis* y *Calamagrostis toluensis* ocupa un intervalo altitudinal que va de los 3550 a los 3450 msnm.

La comunidad de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis toluensis* y *Muhlenbergia nigra*, ocupa un doble intervalo: de los 3430 a los 3350 msnm y de los 3200 a los 3100 msnm.

La comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alopecurus firmifolius* se establece en intervalos con oscilaciones irregulares entre los 3350 y los 3190 msnm.

La comunidad de *Pinus montezumae*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia macroura* y *Festuca amplissima* se encuentra en un intervalo también variable entre los 3150 y los 3000 msnm.

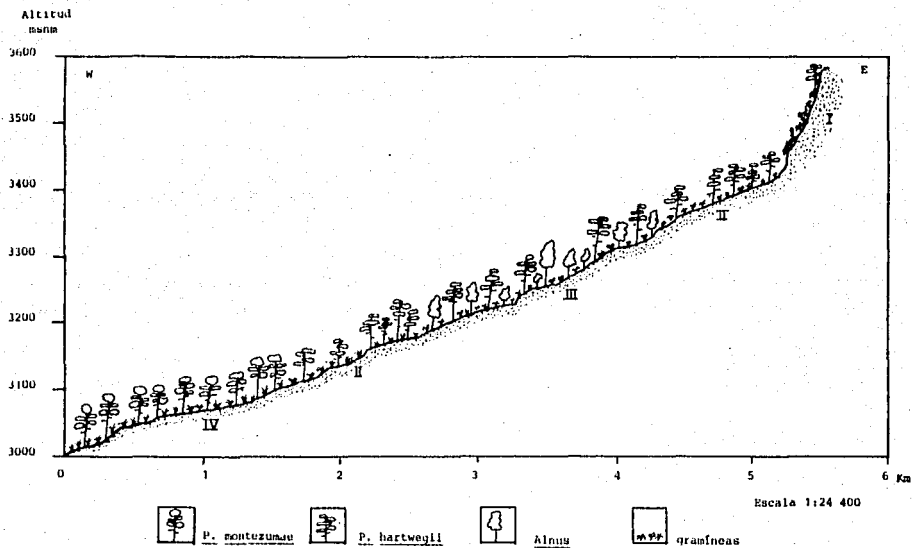


Fig. 23 Gradiente altitudinal seguido por las comunidades propuestas en la ladera Oeste del volcán.

- I Comunidad de Festuca rosei/Festuca tolucensis y Calamagrostis tolucensis.
 II Comunidad de Pinus hartwegii, Calamagrostis tolucensis y Muhlenbergia nigra.
 III Comunidad de Pinus hartwegii y Alnus firmifolia.
 IV Comunidad de Pinus montezumae, Muhlenbergia quadridentata, Muhlenbergia macroura y Festuca amplissima.

4.3.2. Coberturas por estrato en el gradiente altitudinal

La cobertura vegetal a lo largo del gradiente altitudinal no parece tener variaciones notables en los estratos más conspicuos, sin embargo se pueden observar ciertas relaciones de acuerdo al tipo de comunidad a que corresponde para cada altitud en los estratos rasante, herbáceo y arbustivo (Fig. 24).

Si bien el estrato arbóreo y de gramíneas oscila con valores de cobertura de 30 a 60% y 40 a 90% respectivamente, se puede considerar que permanecen de mayor o menor manera constantes. El estrato rasante se encuentra con valores de cobertura mayores entre los 3100 y 3400 msnm, que corresponde a las comunidades de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis toluensis*, *Muhlenbergia nigra* y a la de *Pinus hartwegii* - *Alnus firsiifolia*. Para el estrato herbáceo (excluyendo las gramíneas) se pueden observar dos picos con coberturas considerables: alrededor de los 3150 msnm y de los 3500 msnm. El estrato arbustivo se encuentra mejor representado en el intervalo de 3200 a los 3350 msnm que corresponde a la comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alnus firsiifolia*.

Sin embargo, es de importancia mencionar que existe una estacionalidad marcada relacionada de manera general a la temporada de lluvias y a la seca. Durante esta última, se pueden observar diferencias sobre todo en el estrato

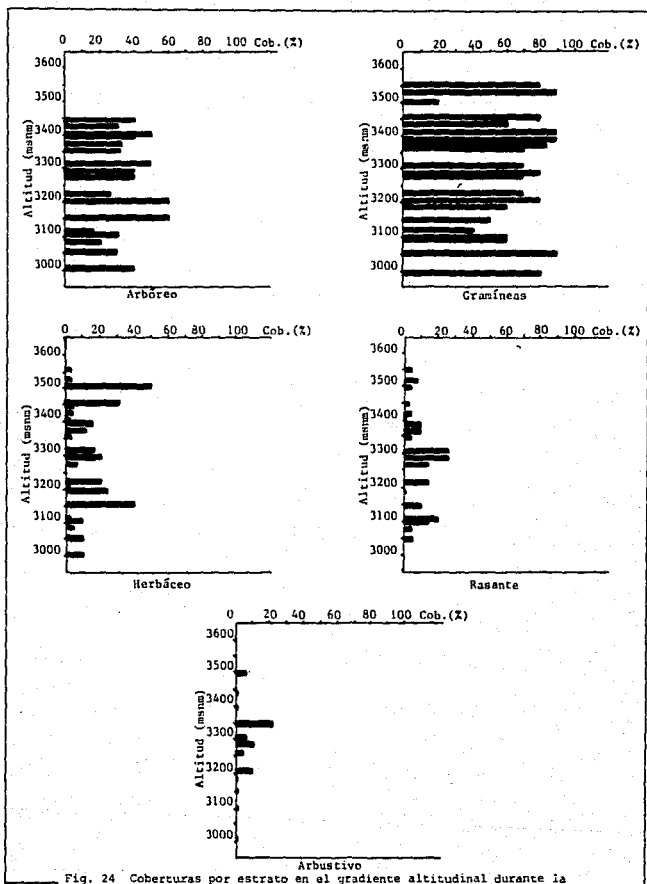


Fig. 24 Coberturas por estrato en el gradiente altitudinal durante la temporada total de muestreo.

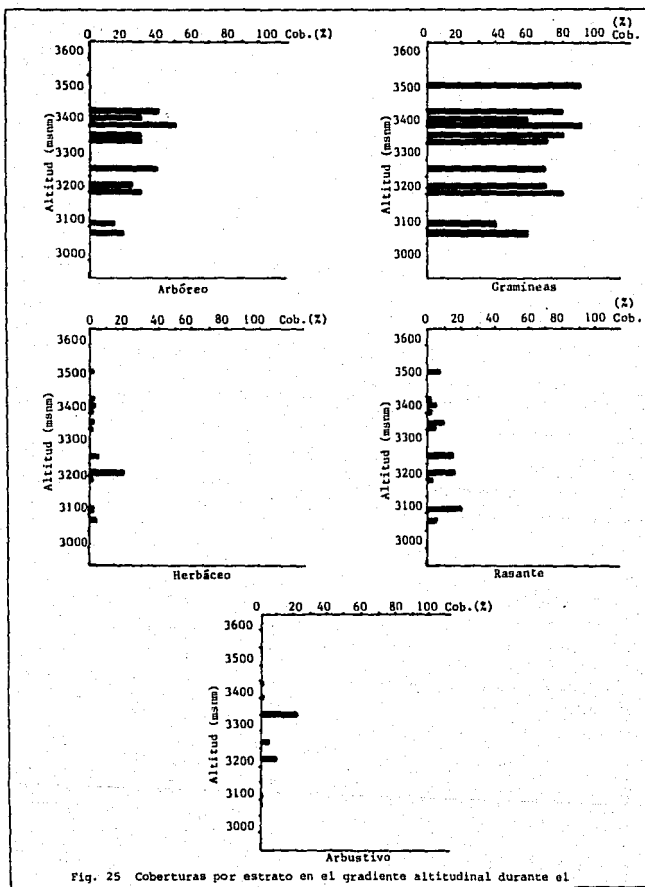


Fig. 25 Coberturas por estrato en el gradiente altitudinal durante el muestreo de la temporada seca (Marzo y Abril de 1987).

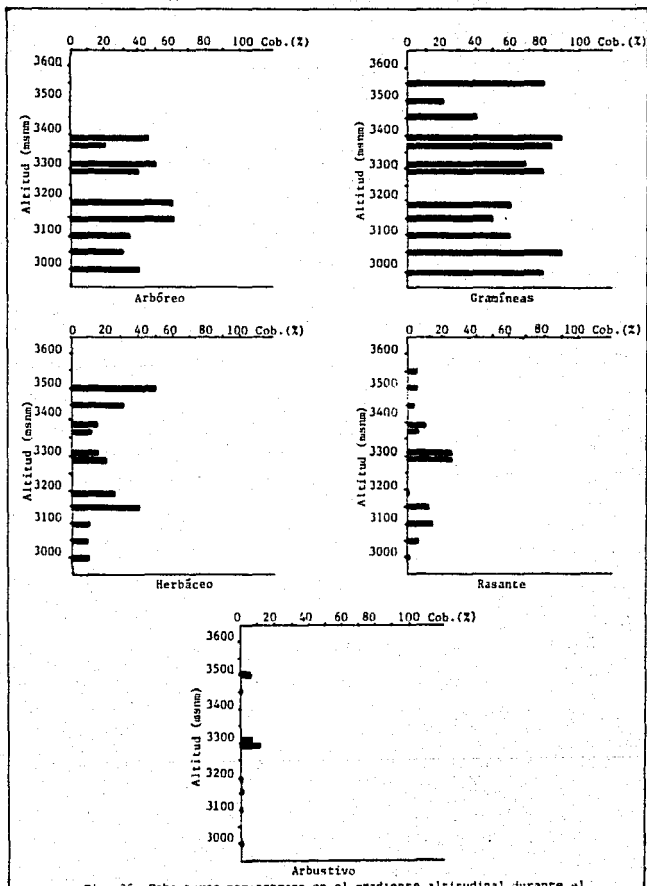


Fig. 26 Coberturas por estrato en el gradiente altitudinal durante el muestreo de la temporada de lluvias (Julio a Octubre de 1957).

herbáceo, que tiene valores de cobertura pequeños durante la temporada seca y notablemente superiores durante la de lluvias. El estrato rastrante y el arbustivo no presentan grandes variaciones, aunque entre los 3300 y los 3500 msnm aumenta durante la temporada de lluvias la cobertura de ambos (Figs. 25 y 26).

4.3.3. Distribución altitudinal de familias y géneros

La distribución de las familias y los géneros a lo largo del gradiente altitudinal de la ladera en estudio presenta datos que se pueden comparar fácilmente con la tabla fitosociológica. Sin embargo, debido a que no se colectó en las mismas fechas en todas las localidades y teniendo en cuenta el número de especies por familia, es arriesgado establecer un intervalo exacto y definitivo de su distribución altitudinal. Pero de manera general se observa que las familias Gramineae, Compositae, Caryophyllaceae, Rosaceae y Geraniaceae se presentan en todas las comunidades y los géneros que mejor las representan son *Muhlenbergia*, *Festuca* y *Calamagrostis* para gramíneas; *Eupatorium* y *Stevia* para compuestas; *Arenaria* y *Cerastium* para Caryophyllaceae, *Alchemilla* para Rosaceae; y *Geranium* para Geraniaceae. Existen otras familias con intervalos amplios de distribución pero que no llegan a cubrir todo el gradiente como Rubiaceae con *Galium*, Labiatae con *Salvia*, Oxalidaceae

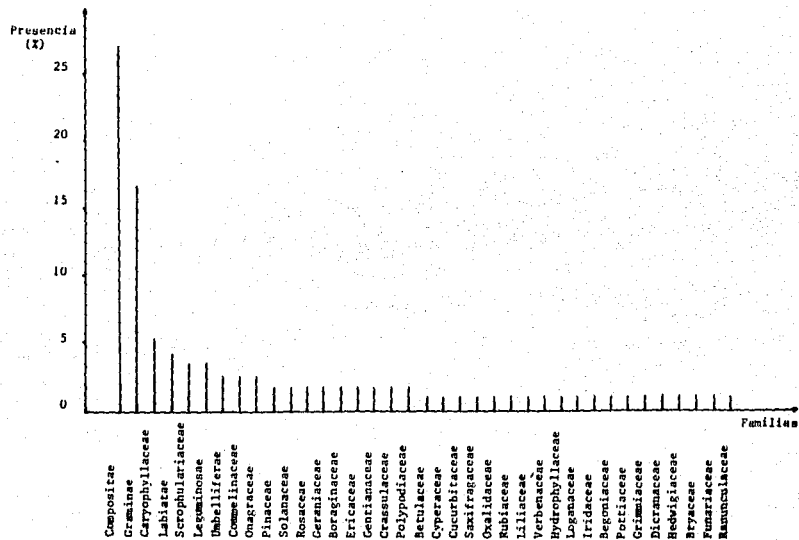


Fig. 27 Porcentaje de especies por familia presentes a lo largo de la ladera Oeste del volcán.

con *Oxalis*, Umbelliferae con *Eryngium*, Betulaceae con *Alnus*, Pinaceae con *Pinus*, Scrophulariaceae con *Penstemon*, Commelinaceae con *Commelina*, Saxifragaceae con *Ribes*, así como Compositae con *Senecio*, *Gnaphalium* y *Cirsium*. Las familias restantes corresponden a uno o varios géneros que tienen distribución más restringida y que en muchos casos son especies raras.

La proporción de especies por familia para la ladera en estudio es notablemente mayor para las compuestas (27%) y para las gramíneas (16.5%). Entre las familias que tienen valores de porcentaje menores que las anteriores pero con valores importantes se encuentran Caryophyllaceae (5.2%), Labiatae (4.3%), Scrophulariaceae (3.5%), Leguminosae (3.5%), Umbelliferae (2.6%), Commelinaceae (2.6%) y Onagraceae (2.6%). (Fig.27)

4.4. Estructura del estrato arbóreo

El patrón espacial de las comunidades propuestas es aleatorio, aunque *Alnus firsiifolia* en ocasiones parece seguir un patrón agregado.

La altura del estrato arbóreo parece ser constante a lo largo de la ladera aunque en las partes más altas ésta llega sólo hasta los 18 m. En las partes de bosque de *Pinus*, las copas de los árboles cubren en promedio un intervalo que va de los 10 a los 20 m de altura. En los lugares donde existe el bosque mixto de *Pinus-Alnus*, este intervalo es más

amplio, pues ocurre desde los 0.5 hasta los 20 m ocupando principalmente las alturas más bajas las frondas de los ailes (*Alnus firmifolia*) y las superiores las de los pinos.

La comunidad de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis telucensis* y *Muhlenbergia nigra* presenta árboles con troncos que tienen diámetro promedio entre 0.36 m con un mínimo de 0.27m y uno máximo de 0.43 m.

En la comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alnus firmifolia* los pinos tienen diámetro de 0.37 m con un mínimo de 0.20 y un máximo de 0.53 m. Los ailes tienen diámetro promedio de 0.25 m con un mínimo de 0.07 m y uno máximo de 0.47 m.

La comunidad de *Pinus montezumae*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia sacroara* y *Festuca amplissima*, presenta troncos con diámetro promedio de 0.51 m, con un mínimo de 0.48 m y uno máximo de 0.53 m.

5. DISCUSION.

Los dendrogramas obtenidos a partir de los índices de similitud, muestran semejanzas con las comunidades propuestas y explicadas anteriormente. El dendrograma obtenido de la correlación de Pearson, muestra agrupaciones semejantes a las que se consideraron finalmente en la tabla. Separa claramente los levantamientos correspondientes a la vegetación secundaria del cono del volcán y los del bosque de *Pinus montezumae*. El bosque de *Pinus hartwegii* queda en su mayor parte incluido en la primera agrupación, aunque en ésta también se incluyen levantamientos de bosque de *Pinus hartwegii* y *Alnus firsiifolia*; este último además queda incluido en la segunda agrupación. El aspecto anterior es fácilmente observable en la tabla fitosociológica, que muestra un grupo grande encabezado por la especie *Pinus hartwegii* y del que se observa un subgrupo bien diferenciado con *Alnus firsiifolia*.

El dendrograma obtenido por el índice de similitud de FLEXCLUS muestra semejanzas menos obvias que el anterior. Sin embargo, al igual que el índice de similitud anterior, muestra un primer grupo que incluye la mayor parte de los levantamientos de bosque de *Pinus hartwegii* y algunos del bosque de *Pinus hartwegii* y *Alnus firsiifolia*. Se observa una mezcla considerable de levantamientos de vegetación secundaria y de bosque mixto, pero también hace una

diferencia clara de los levantamientos de bosque de *Pinus montezumae*.

Es importante hacer notar que por medio de ambos índices, siempre se agrupan los levantamientos más parecidos como 11 y 9, 12 y 10, 24 y 25, y 6,7 y 8. Además confirmaron la presencia de una vegetación secundaria que correspondía a un bosque así como la separación definitiva de los bosques de *Pinus hartwegii* y *Pinus montezumae*.

Con base en los resultados obtenidos, se proponen cuatro comunidades características en la ladera Oeste del volcán, de las cuales, una corresponde a vegetación secundaria y las restantes a vegetación boscosa con las especies arbóreas *Pinus hartwegii*, *Alnus firnifolia*, *Pinus montezumae* y *Pinus spp.*

La primera comunidad descrita en este trabajo es la de *Festuca rosei/F. toluensis* y *Calamagrestis toluensis*. En realidad, el límite altitudinal superior de la vegetación arbórea en la parte central de México es a los 4000 msnm con la especie *Pinus hartwegii* (Lauer, 1978), pino encontrado inmediatamente por debajo de la comunidad a la que nos estamos refiriendo. A pesar de haber observado en la comunidad tocones, árboles caídos y árboles juveniles de menos de un metro de altura completamente quemados, se consideró que dicha comunidad difícilmente podría corresponder a una vegetación boscosa en mayor grado de perturbación, por lo que se describió como vegetación secundaria. Como lo menciona Lauer (op. cit.), es evidente

que el límite de vegetación boscosa no coincide siempre con la altitud establecida, pues también se deben considerar el clima, las condiciones y tipo de suelo, la exposición y las quemaduras continuas que bajan rápidamente dicho límite.

Esto último se considera como causa principal de la degradación de la comunidad boscosa existente, pues durante el mes de Marzo de 1987, se encontró completamente quemados el cono del volcán en su vertiente Oeste y parte de la Sur y en el cráter, situación que limitó el muestreo a la temporada de lluvias de ese mismo año. Cabe mencionar que en las otras laderas del cono del volcán se pueden observar manchones de bosques abiertos de pino y aún bosque de *Abies religiosa* en la parte sur del cono a esa misma altitud. Es necesario incluir en estudios posteriores una superficie de levantamiento superior a la ocupada en este trabajo con el fin de poder considerar el estrato arbóreo que aún permanece presente.

La dualidad de la *Festuca* dominante a la comunidad (*Festuca rosei*/*F. toluensis*) es debido a que la diferencia entre una especie y otra es a nivel microscópico y que además crecen muy próximas la una de la otra, por lo que se dificultó la observación y estimación de cobertura en el campo ya que no podían ser diferenciadas, motivo por el cual se acordó mencionarlas juntas y como si fueran una sola.

En la parte baja de la comunidad es notable la presencia de *Eryagium pectinatum*, especie probablemente presente por la quema continua o relacionada con la presencia de ganado

(Cleef, com. pers.). Existe poca cantidad de hojarasca acumulada en la superficie del suelo y gran cantidad de suelo expuesto, que aunado con la inclinación pronunciada del terreno, trae como consecuencia un alto riesgo de erosión.

Comparando con los trabajos de Rzedowski (1978), los géneros dominantes de las gramíneas de la comunidad tales como *Festuca*, *Muhlenbergia* y *Calamagrostis*, corresponden a los que él menciona como típicos de zacatonales antropógenos. González (1986) cita también a *Calamagrostis toluensis* como especie importante en las partes bajas del zacatonal alpino del Nevado de Toluca, aunque a altitudes superiores dominan otro tipo de gramíneas; como especie codominante, al igual que en este trabajo, reporta a *Festuca toluensis* y define una de las subasociaciones *Eryngium proteiflorum*; aunque se difiere en la especie, en la zona del Pelado se encuentra preferencialmente *Eryngium pectinatus*. El estudio fitosociológico realizado por Campos et al. (1987) en el Pelado, describen una asociación en donde la especie que le da el nombre es *Calamagrostis toluensis*. Velázquez (en prensa), quien realizó observaciones en el volcán Pelado, menciona una comunidad vegetal que correspondería a la citada en este trabajo, nombrándola comunidad de *Calamagrostis toluensis* - *Festuca toluensis* y la limita al cono y al cráter del volcán. El levantamiento realizado en este trabajo en el cráter del volcán no es un apoyo fuerte para describir una comunidad,

es de considerarse que en el cráter existe un complejo mosaico de vegetación y que de manera general pueda englobarse en una sola comunidad; este planteamiento sólo podrá ser comprobado o rechazado efectuando un muestreo más amplio y detallado en el mismo. En cuanto a los trabajos realizados por Almeida *et al.* (en prensa) sobre el pastizal alpino de la vertiente Noroeste del volcán Popocatepetl se coincide esencialmente en la presencia dominante de *Calamagrostis toluensis*; las diferencias observadas tanto en los trabajos de este autor como en los de los anteriores pueden estar dadas por factores como la diferencia altitudinal, el tipo de suelo, el clima y los microclimas, atributos de las especies, etc.

La segunda comunidad descrita es la de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis toluensis* y *Muhlenbergia nigra*. Se distribuye tanto en terrenos superiores como en inferiores de los límites de la comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alnus firsiifolia* y ambos cinturones son muy parecidos. Las diferencias a considerar entre la parte alta y la baja de la comunidad corresponden a la dominancia y presencia de ciertas especies, como *Muhlenbergia quadridentata* que parece ser más constante y con mayores valores de cobertura en altitudes más bajas, comparándola con *Calamagrostis toluensis* que presenta muy baja dominancia en dichas partes. Es importante mencionar que *Muhlenbergia quadridentata* es la gramínea característica para las comunidades boscosas de esta ladera del volcán.

El terreno en el que se encuentra esta comunidad boscosa es por lo general de poca inclinación aunque en el campo se pueden observar numerosas hondonadas y ondulaciones que llegan a modificar la distribución espacial de los pinos. En las partes bajas de esta comunidad existe una mayor cantidad de suelo expuesto, debido probablemente a la época de sequía en la que desaparecen ciertas herbáceas y a una alta frecuencia de quemas.

La comunidad corresponde al bosque de coníferas típico, descrito por Rzedowski (1978) y específicamente al de *Pinus hartwegii*. Como él lo menciona, los cambios fenológicos en el sotobosque son notables, ya que existe una estacionalidad marcada favorable a ciertas especies, encontrándose el mayor número de ellas en floración durante la época húmeda y durante la seca, varias compuestas, en especial del género *Senecio*. El trabajo de Velázquez (en prensa) en El Pelado, describe una comunidad de *Pinus hartwegii* que coincide con la distribución altitudinal superior de esta comunidad. En cuanto al realizado por Campos et al. (1987), describen tres asociaciones que podrían corresponder a la comunidad descrita en este trabajo para el bosque de *Pinus hartwegii*. El estudio realizado por Almeida et al. (en prensa) en el volcán Popocatepetl describe un bosque de *Pinus hartwegii* asociado con *Festuca tolucensis*, graminea que en la comunidad a que nos estamos refiriendo no se encuentra. Sin embargo se coincide con la presencia importante de especies como *Calamagrostis tolucensis*, *Penstemon gentianoides* y

Geranium potentillaefolium.

En cuanto a la comunidad de *Alnus firmifolia* y *Pinus hartwegii*, limitada por la comunidad antes mencionada, se puede decir que tiene un aspecto muy característico, que se lo otorgan principalmente las dos especies arbóreas que la componen. En la mayor parte de los casos se distingue por la formación de dos niveles dentro del mismo estrato arbóreo; el comprendido por *Alnus firmifolia*, más bajo y espeso y el correspondiente a *Pinus hartwegii*, más alto y con menor número de individuos. Es importante hacer notar que dentro de esta comunidad en cuanto a las gramíneas existe la marcada dominancia en ciertos levantamientos de *Festuca rosei/F. toluensis* y en otros de *Calamagrostis toluensis*, lo que daría la posibilidad de que estas unidades pudiesen constituir dos subasociaciones bien diferenciadas en el caso de un estudio fitosociológico más fino y comparable. Al igual que en la comunidad anterior, *Muhlenbergia quadridentata* está constantemente presente y *Senecio cinerarioides* característicamente se encuentra de manera óptima en la comunidad, pudiendo constituir un tipo de especie preferencial; además Rzedowski (1985) la menciona como especie indicadora de la previa existencia de áreas abiertas y zonas de disturbio, hecho fácilmente comprobable en campo ya que esta compuesta se encuentra en cantidades considerables a la orilla de casi todos los caminos y brechas del volcán.

En esta comunidad se observa el crecimiento tanto de

Muhlenbergia macrooura como de *Muhlenbergia nigra*, especies de gramíneas que presentan diferencias sólo observables al hacer una determinación taxonómica cuidadosa. Esto nos presenta una situación similar a la ocurrida con *Festuca rosei* y *Festuca teluensis*, pero en este caso se puede observar claramente un intervalo restringido para *Muhlenbergia macrooura* a diferencia de *Muhlenbergia nigra* que es especie de carácter acompañante. Otro rasgo notable en esta comunidad es que en ella se presentan los valores de cobertura más altos para *Alchemilla procumbens*, que aunado a la presencia de *Ribes ciliatum*, parece ser una comunidad considerablemente perturbada. Por otra parte, *Ailus firmifolia* parece tener características peculiares, ya que aunque se encuentra en cierto rango de manera óptima es frecuente encontrarla fuera de su comunidad, aspecto interesante a estudiar pues los sitios en que se llegó a observar, no parecen presentar características físicas o biológicas similares. En promedio, la inclinación de este bosque es más pronunciada que la de las otras comunidades boscosas y al parecer no tiene mucho que ver con la cantidad de afloramientos rocosos, pero sí con la topografía accidentada, pues se observan pequeñas cañadas y loseros que podrían hacer exitoso el desarrollo de esta comunidad aún en zonas donde proliferaran bosques de pino.

De acuerdo con Rzedowski (1978), esta comunidad quedaría incluida dentro del tipo de vegetación de bosque de coníferas, el cual puede presentar especies arbóreas

diversas, entre ellas del género *Alnus* y otras plantas como *Eupatorium*, *Senecio*, *Baccharis*, *Stevia*, *Ribes* y *Pernettya*, entre otras, que coinciden con algunas que se mencionan en este trabajo. El reporte hecho por Almeida et al. (en prensa) para el volcán Popocatepetl no menciona un bosque de pino combinado con *Alnus virifolia*. Velázquez (en prensa) describe para El Pelado una comunidad de *Pinus* - *Alnus* - *Muhlenbergia* y otorga peso importante a *Muhlenbergia macroura*, *Alchemilla procumbens* y *Festuca amplissima*; esta última gramínea no se encuentra localizada en esta comunidad. La asociación correspondiente a este bosque en el trabajo de Campos et al. (1987) es la de un bosque de pino con ailes y con gramíneas de los géneros *Muhlenbergia* y *Calamagrostis*.

La vegetación encontrada en una de las pequeñas laderas del cono adventicio Texoxocotl, situado en la ladera, es peculiar ya que consiste de un bosque mixto predominantemente de *Abies religiosa* combinado con *Pinus hartwegii* y *Alnus virifolia*, encontrando además principalmente a *Festuca amplissima*, *Senecio barba-johannis*, *Senecio angulifolius*, *Senecio callosus*, *Acaena elongata*, *Salvia fulgens*, *Castilleja tenuiflora* y *Stellaria cuspidata*, especies que coinciden para el bosque de *Abies* descrito por Rzedowski (1978) y Almeida et al. (en prensa). Su presencia puede estar dada por encontrarse en una ladera pronunciada y protegida de vientos fuertes, condiciones que ofrecen un microclima propicio (Rzedowski, op. cit.).

La última comunidad descrita, la de *Pinus montezumae*, *Nuhlenbergia quadridentata*, *M. sacroure* y *Festuca amplissima* es la que más se puede prestar a controversia por la confusa situación a nivel taxonómico al que se están tratando los pinos. Al revisar los ejemplares recolectados de pinos, se observó que no coincidían del todo con las claves específicas para determinarlos, por lo que finalmente se decidió nombrarlos con la especie de *Pinus* que más características compartiera con el ejemplar, ya que se detectó que en ciertas zonas de la ladera en estudio del volcán, sobre todo las más bajas, se presenta una hibridación entre las especies de *Pinus montezumae*, *P. hartwegii* y *P. rudis* principalmente. Para fines de ordenamiento de la tabla se les consideró como una sola especie, *P. montezumae*.

Aunque aparentemente en el campo presenta mucha similitud con la comunidad de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis telucensis* y *Nuhlenbergia nigra*, al revisar los datos se observa una marcada diferencia entre ellas, ya que existen especies diferenciales para esta comunidad como *Festuca amplissima*, *Stipe ichu* y *Cirsium jerullense*, así como *Nuhlenbergia sacroure* que no se presenta en la otra comunidad. La diferencia también se observa en las pendientes del terreno que son muy poco pronunciadas y la altura de las gramíneas es considerablemente mayor. Rzedowski (1978) menciona que el bosque correspondiente a esta comunidad es muy abundante en el Eje Volcánico

Transversal a altitudes de hasta 3000 msnm., aunque en el presente estudio supera ese límite. Velázquez (en prensa) menciona una comunidad similar sin nombrar una especie de pino específica.

La cantidad de especies conforme se asciende en altitud no parece presentar un patrón especial aunque sí son mucho menos en la parte del cono del volcán. Si bien es difícil llegar a plantear el número exacto de especies para cada comunidad, se consideran en este apartado las especies encontradas en temporada húmeda, ya que en ésta se pueden llegar a observar la mayoría de las terofitas y geofitas que en la temporada seca difícilmente se pueden encontrar. Fisionómicamente se observa el bosque de *Pinus* - *Alnus* más diverso pero presenta menos especies en promedio que en el bosque puro de *Pinus*. La abundancia de especies puede depender del grado e intensidad de perturbación y en el nivel de sucesión en el que se encuentre la comunidad (Souza, 1984).

La vegetación de la ladera nos muestra relaciones con los datos de clima del volcán. Los pinos, al encontrarse a altitudes superiores, disminuyen su tamaño. Esto, de acuerdo con Lauer (1978), además de disminuir el tamaño de sus hojas, tiene la función de compensar la acelerada transpiración que ocurre a estas altitudes durante las horas de la mañana donde la insolación directa está a su máximo.

Las isotermas e isoyetas establecidas en la Fig. 4, no muestran explicaciones contundentes para la distribución de las comunidades que se describen en este trabajo, pero es interesante observar que existen diferencias sobre todo en cuanto a los niveles de precipitación, que son mayores en la ladera Oeste. Esto plantea el interés de llevar a cabo estudios comparativos entre una ladera y otra, pues Lauer (op.cit.) considera que la distribución de la vegetación depende en gran parte de las diferentes condiciones de radiación a lo largo del día, resultando las laderas occidentales más húmedas y sombreadas que las orientales, lo que puede estar reflejado en las diferencias de precipitación. Comenta que bosques de *Pinus montezumae* y *Alnus firmifolia* son característicos de laderas expuestas a las condiciones de humedad y ligeramente más cálidas. Desafortunadamente no se cuenta con datos de este tipo para poder analizarlos.

En cuanto a la relación de la vegetación con un suelo de rocas volcánicas, Rzedowski (1978) menciona varias posibles causas:

Las coníferas tienen preferencias por suelos ácidos, carácter que proporcionan las rocas ígneas en condiciones de clima semihúmedo,

Por causas de tipo histórico, ya que la evolución de muchas especies mexicanas del género *Pinus* estuvo ligada cronológicamente con épocas de intensa actividad volcánica.

Se coincide con el anterior autor en cuanto a que el

suelo de las comunidades descritas se halla siempre cubierto por hojas de pino, salvo en los casos de previa quema y como se menciona en los estudios de suelo realizados para las zonas adyacentes del volcán, son deficientes en varios componentes minerales y con pobre o moderada cantidad de materia orgánica.

La utilidad del método usado consiste en la necesidad de inventariar lo más rápido posible la vegetación debido a la inminente pérdida de éstas por razones diversas. Se obtiene de él información tan fina o tan gruesa que se puede adaptar a las necesidades del investigador y que además es relativamente fácil de analizar. Si bien, por un lado, no arroja los elementos necesarios para un análisis ecológico profundo, considero que es un buen comienzo para el análisis de inventarios y para estudios biogeográficos en lo referente a distribuciones.

Este estudio tiene un carácter fitosociológico, pero el establecimiento de asociaciones aún implica un conocimiento más profundo no solo del volcán, sino también del sistema de volcanes completo, que nos permitiría hacer comparaciones para el establecimiento de dichas relaciones.

Es necesario efectuar estudios taxonómicos más profundos tanto para la correcta y definitiva determinación de los ejemplares como para reconocer historias filogenéticas de los elementos importantes de estas comunidades y llegar a estudios biogeográficos profundos. Sin embargo, a partir de

esta primera etapa de estudio se pueden iniciar programas serios para conocer el funcionamiento de ecosistemas, de cómo ha influido el humano en las comunidades vegetales, para mapeos de fuentes de recursos y delimitaciones de zonas de protección especial.

6. CONCLUSIONES

Se encontraron cuatro comunidades características en la ladera Oeste del volcán El Pelado:

- (i) Comunidad de *Festuca rosei* / *F. toluensis* y *Calamagrostis toluensis*.
- (ii) Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Calamagrostis toluensis* y *Muhlenbergia nigra*.
- (iii) Comunidad de *Pinus hartwegii* y *Alnus firmifolia*.
- (iv) Comunidad de *Pinus montezumae*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia sacroure* y *Festuca amplissima*.

Los índices de similitud de Pearson y de FLEXCLUS corroboraron la tabla fitosociológica presentada. El índice de FLEXCLUS debe manejarse complementando los datos que pide el programa de computadora mismo con el fin de obtener diferencias más claras entre los grupos. Programas de computadora para métodos multivariados que también se pueden utilizar son TWINSpan, DECORANA y CANOCO.

Las especies *Calamagrostis toluensis*, *Muhlenbergia nigra* y *Alchemilla precumbens* son especies acompañantes típicas, ya que se encuentran a todo lo largo de la ladera y no hacen diferencias entre comunidades. Así mismo, *Muhlenbergia quadridentata*, *Penstemon campanulatus* y *Gnaphalium oxyphyllum* son las principales especies acompañantes para las comunidades boscosas.

Es necesario realizar un mayor número de levantamientos con el fin de detectar diferencias importantes entre las comunidades, así como reconsiderar el tipo de mediciones efectuadas en el estrato arbóreo.

Existe una distribución altitudinal típica de las comunidades, aunque existen lengüetas de vegetación que bajan o suben el rango supuesto debido a variaciones topográficas y microclimáticas.

La modificación al método de la escuela Zürich-Montpellier otorga los datos necesarios para descripciones de vegetación de sistemas montañosos tropicales y trabajos fitosociológicos.

Las comunidades propuestas se enmarcan en un espacio temporal, por lo que es necesario llevar a cabo muestreos sistemáticos y repetitivos en un intervalo de tiempo más amplio.

7. LITERATURA CITADA

Ackerman, A. 1983. *Las gramíneas de México*. COTECOCA, SARH, México. 259 pp.

Alcida, L., I. Luna y A. Herrera. 1988. Método de estudio integral de las comunidades vegetales de la región central del Eje Neovolcánico. En: *Las áreas naturales protegidas de México*. UNAM-ENEP Iztacala. México.

Alcida, L., A. Cleef, I. Luna, A. Herrera y A. Velázquez. (en prensa). Estudio fitosociológico de los bosques de la vertiente NW del volcán Popocatepetl, México.

Alcida, L., A. Cleef, I. Luna, A. Herrera, y A. Velázquez. (en prensa). El zacatonal alpino de la vertiente NW del volcán Popocatepetl, México.

Bartram, E.B. 1949. Mosses of Guatemala. *Fieldiana Botany* 25: 1-442.

Campos, B., F.J. Rosero y J. López-Paniagua 1987. Estudios fitosociológicos para caracterizar el habitat de *Romerolagus diazi* Ferrari-Pérez 1893 (Mammalia, Lagomorpha). *Reporte de Biología de Campo*. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Cervantes-Reza, F. A. 1980. Principales características biológicas del conejo de los volcanes *Romerolagus diazi* Ferrari Pérez 1893 (Mammalia: Lagomorpha). *Tesis Biólogo*. Facultad de Ciencias, UNAM. 137 pp.

CETENAL. 1976. Cartas edafológica, geológica y de uso del suelo. Hoja Milpa Alta E-14-A-49. Escala 1:50 000. SPP.

Cleef, A. 1979. The phytogeographical position of the Neotropical Vascular Paramos Flora with special reference to the Colombian Cordillera Oriental. En: *Tropical Botany*. (K. Larsen & L.B. Holm Nielsen, eds.): 175-184. London-N.Y.-San Francisco Academic Press.

Cleef, A. 1983. Fitogeografía y Composición de la Flora Vascular de los Páramos de la Cordillera Oriental Colombiana. (Estudio comparativo con altas montañas del trópico). *Revista Acad. Colomb. Ci. Exac.* 15(58):23-29.

Cleef, A. y O. Rangel. 1984. La vegetación de las selvas del transecto Buritaca. En: *Estudios de Ecosistemas Tropandinos-La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Transecto Buritaca-La Cumbre*. Cramer Ed. Vol.2 267-338 p.

Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario. 1984. Programa Rector de Uso del Suelo y Desarrollo Agroforestal del Distrito Federal. Departamento de Estudios y Metodología. México, COCODA-DDF. 561 pp.

Emberger, L., M. Godron, E. Le Floch y Ch. Sauvage. 1968. L'analyse phytosociologique de la végétation. *En: Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu.* (L. Emberger, ed.): 41-63. CNRS, Paris.

Espinosa, G.J. 1962. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente, localizada en el declive meridional de la Sierra del Chichinautzin. *Bol. Soc. Bot. México* (27):67-111.

García, E., M.E. Hernández y M.D. Cardoso. 1983. Las gráficas ombrotérmicas y los regímenes pluviométricos en la República Mexicana. *Soc. Mex. de Geog. y Est.*

González, A. 1986. Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Estado de México. *Tesis Biólogo.* Facultad de Ciencias, UNAM. 63 pp.

González, J.G. 1982. El Volcán El Pelado como Reserva Natural. *Tesis Geógrafo.* Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 79 pp.

Godron, M. 1968. L'identification de relevé et les caractères régionaux et climatiques. *En: Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu.* (L. Emberger, ed.): 7-39. CNRS, Paris.

Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos de la zona de transición mexicana. Relaciones con la entomofauna de norteamérica. *Folia. Entom. Mex.* 35:1-64.

Hoth, J., A. Velázquez, F.J. Romero, L. León, M. Aranda y D.J. Bell. 1987. The volcano rabbit and shrinking distribution and a threatened habitat. *Oryx* 21(2): 85-91.

Lauer, M. 1978. Timberline studies in Central Mexico. *Arctic and Alpine Research* 10 (2): 383-396.

Lugo, J. 1984. *Geomorfología del Sur de la Cuenca de México.* Serie Varia. Inst. de Geografía, UNAM. 1(8). 95 pp.

Matteucci, S.C. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación.* OEA. Serie de Biología. Monogr. No. 22. Washington, D.C. 82 pp.

Meikle, R.D. (comp.). 1980. *Draft index of author abbreviations compiled at the herbarium royal botanic gardens kew*. Herbarium Royal Botanic Gardens Kew. Londres. 255 pp.

Melo, C. y Oropeza, O. Los grupos vegetales en la cuenca de México y su estado actual de conservación. Inst. de Geografía, UNAM. 13 p. (mimeo.).

Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín Soc. Bot. México* 28:129-179.

Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto. p. 137-176.

Mueller-Dombois, D., M. Little y T. Van der Hammen (eds.). (en prensa). *Manual of Methods for Transect Studies (First approximation). Comparative studies of tropical mountain ecosystems*. International Union of Biological Sciences - Decade of the Tropics. 65 pp.

Quiroz, B. y L. Fournier. 1988. *SPSS. Enfoque aplicado*. McGraw Hill. México. 230 pp.

Romero, F. 1987. Análisis de la alimentación del lince (*Lynx rufus escuinape*) en el volcán Pelado, Ajusco, Distrito Federal, México. *Tesis Biólogo*. Facultad de Ciencias, UNAM. 93 pp.

Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of grasslands of Mexico. *Taxon* 24(1):67-80

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 431 pp.

Rzedowski, J. y G. Rzedowski. 1979. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. I. Compañía Editorial Continental. México. 399 pp.

Rzedowski, J. y G. Rzedowski. 1985. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. II. Esc. Nat. Ciencias Biológicas, IPN e Inst. Ecología. México. 674 pp.

Sánchez, O. 1968. *La Flora del Valle de México*. Herrero. México. 513 pp.

Shawell, D. 1971. Some examples of Structural-Functional descriptive and classificatory methods. *En: The description and classification of vegetation*. Sidgwich. London. p. 156-181.

Sousa, M.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Ann.Rev.Ecol.Syst.* 15:353-391.

Subsecretaría Forestal y de la Fauna. 1974. Inventario Forestal del Estado de México y Distrito Federal. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. México.

Standley, P. y J.A. Steyermark. 1952. Flora de Guatemala. *Fieldiana Botany*. p. 1-41.

Standley, P. y L.O. Williams. 1970. Flora de Guatemala. *Fieldiana Botany* 71: 1-417.

Stolze, R. 1976. Ferns and Fern Allies of Guatemala. Part I. Ophioglossaceae through Cyatheaceae. *Fieldiana Botany* 39:12-4.

Stolze, R. 1981. Ferns and Fern Allies of Guatemala. Part II. Polypodiaceae. *Fieldiana Botany* 6:4-11.

Swallen, J.R. 1955. Flora de Guatemala. Part III: Grasses of Guatemala. *Fieldiana Botany* 1: 1-390.

Van der Hammen y P.M. Ruiz. 1984. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos. La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Transecto Buritaca-La Cumbre. Vol.2.* J.Cramer Ed. 603 pp.

Velázquez, A. (en prensa). Landscape ecological map of the volcano "Pelado", Mexico. *Jour. ITC, Enschede*.

Wenger, M.J.A. 1974. On concepts and techniques applied in the Zurich-Montpellier method of vegetation survey. *Buthalia* 11:309-323.

Whittaker, R.H. 1973. *Handbook of Vegetation Science*. Vol. V. Ordination and Classification of Vegetation. p. 619-630. Junk, the Hague.

Wieland, R.G. y M. J. A. Wenger. 1985. Land types and vegetation in the Luuq district of south-western Somalia. *Journ. Trop. Ecology* 1: 65-87.

APENDICE I

LISTA FLORISTICA

Plantas Vasculares

Familia Begoniaceae

Begonia gracilis Kunth

Familia Betulaceae

Alnus firmifolia Fern.

Familia Boraginaceae

Hackelia mexicana (Schidl. et Cham.) Johnston
Lithospermum distichum Ortega

Familia Caryophyllaceae

Arenaria bourgaei Hemsley
A. lycepodisoides Willd. ex. Schidl.
A. reptans Hemsley
Cerastium nutans Raf.
C. vulcanicum Schidl.
Stellaria cuspidata Willd.

Familia Commelinaceae

Commelina alpestris Standley et Steyerh.
C. coelestis var *bourgeaui* C.B. Clarke
Gibasis pulchella (Kunth) Rohw.

Familia Compositae

Achillea millefolium L.
Baccharis conferta Kunth
Cirsium ehrenbergii Schltr. Bip
C. ferulense (Kunth) Sprengel
Conyza schiedeana (Less.) Cronq.
Dahlia scapigera (A. Dietr.) Knowles et Westc.
Eupatorium pazcuarensis Kunth
E. prunellaefolium Kunth
E. schaffneri Schltr. Bip
Onopalius conideus Kunth
G. oxyphyllum DC.
Haplopappus stoloniferus DC.
Hieracium abscissum Less. in Schidl. et Cham.
Jaegeria hirta (Lagasca) Less.
Piqueria pilosa Kunth
Sabazia humilis (Kunth) Cass.
S. sultiradiata (Seaton) Longpre
Selloa plantaginea Kunth
Senecio angulifolius DC.
S. barba-johannis DC.
S. bellidifolius Kunth
S. callosus Schltr. Bip
S. cinerarioides Kunth
S. roseus Schltr. Bip

- S. salignus* DC. DC.
S. sanguisorbæ DC.
S. sinuatus Kunth
S. toluccanus DC.
Stevia iltisiana Grashoff.
S. bonardifolia Kunth
- Familia Crassulaceae
Echeveria mucronata (Baker) Schldl.
Villadia batesii (Hemsley) Rose
- Familia Cucurbitaceae
Sicyos parviflorus Willd.
- Familia Cyperaceae
Carex sp. L.
- Familia Ericaceae
Arbutus glandulosa Martens et Galeotti
Pernettya ciliata (Schldl. et Cham.) Small
- Familia Gentianaceae
Gentiana ovatiloba Kunth.
Malenia brevicornis (Kunth) G. Don
- Familia Geraniaceae
Geranium potentillaefolium DC.
G. seemannii Payr.
- Familia Gramineae
Agrostis toluensis Kunth
Elepharoneuron tricholepis (Torrey) Nash
Brosus anomalus Rupr. et Fourn.
Calamagrostis toluensis (Kunth) Trin.
Cinna poaeformis (Kunth) Scribner et Merr.
Festuca amplissima Rupr.
F. rosei Piper
F. toluensis Kunth
Muhlenbergia macrochaeta (Kunth) Hitchc.
M. nigra Hitchc.
M. pusilla Steudley.
M. quadridentata Kunth
M. raculosa (Kunth) Swallen
Peyritschia keulerioides Fourn.
Piptochaetium seleri (Pilger) Henr.
P. virescens (Kunth) Parodi
Trisetum irazuense (Kuntze) Hitchc.
T. spicatum (L.) Richter
Stipa ichu (Ruiz et Pavón) Kunth
- Familia Hydrophyllaceae
Phacelia platycarpa (Cav.) Sprengel

- Familia Iridaceae
Sisyrinchium bracteatum Greenman
- Familia Labiatae
Cunila lythrifolia Benth.
Nedeena piperitum Benth.
Salvia fulgens Cav.
S. prunelloides Kunth
Stachys coccinea Jacq.
S. repens Martens et Galeotti
- Familia Leguminosae
Astragalus tolucanus Robb. et Seaton
Lupinus mexicanus Cerv. in Lagasca
L. sentanus Kunth
Trifolium anabile Kunth
- Familia Liliaceae
Stenanthium frigidum Kunth
- Familia Loganiaceae
Muddleia parviflora Kunth
- Familia Onagraceae
Fuchsia thymifolia Kunth
Oenothera deserticola (Loes.) Munz
O. purpusii Munz
- Familia Oxalidaceae
Oxalis alpina (Rose) Knuth
- Familia Pinaceae
Abies religiosa Schldl.
Pinus hartwegii Lindley
P. montezumae Lamb.
- Familia Ranunculaceae
Ranunculus petiolaris Kunth ex DC.
- Familia Rosaceae
Acaena elongata L.
Alchemilla procumbens Rose
Potentilla ranunculoides Humb. et Bonpl.
- Familia Rubiaceae
Galium sentenii Greenman
- Familia Saxifragaceae
Ribes ciliatum Humb. et Bonpl.
- Familia Scrophulariaceae
Castilleja scorzenerifolia Kunth
C. tenuiflora Benth.

Penstemon campanulatus (Cav.) Willd.
P. gentianoides (Kunth) Poir.

Familia Solanaceae

Physalis pringlei Greenman
Solanum demissum Lindley

Familia Umbelliferae

Eryngium carlinae Delar.
E. pectinatum Presl
E. proteiflorum Delar.

Familia Verbonaceae

Verbena teucriifolia Martens et Galeotti.

Familia Polypodiaceae

Asplenium aff. *sonanthes*
Cystopteris fragilis (L.) Bernh.
Placosorus speciosissimus (A. Brown) Moore

Musgos

Familia Bryaceae

Bryum argenteum Hedwig

Familia Dicranaceae

Campylopus sp. Brid.

Familia Funariaceae

Funaria sp. Hedwig

Familia Grimmiaceae

Grimmia sp. Hedwig

Familia Hedwigiaceae

Braunia sp.

Familia Pottiaceae

Leptodontium sp. Hampe

!!! Las abreviaturas de los autores fueron tomadas de Meikle (1980).

APENDICE II

LISTA FAUNISTICA

Romero (1987) hace la siguiente recopilación de especies de mamíferos reportados para el volcán El Pelado y zonas adyacentes (Parres, El Capulín, La Cima).

Familia Dasypodidae

Dasypus novaeacinctus mexicanus

Familia Leporidae

Romerolagus diazi

Sylvilagus floridanus erizabae

S. cunicularis cunicularis

Familia Sciuridae

Spermophilus variegatus variegatus

Sciurus oculatus oculatus

Familia Geomyidae

Thomomys umbrinus peregrinus

Pappogeomys merriami

Familia Cricetidae

Reithrodontomys megalotis

R. chrysopsis chrysopsis

Peromyscus maniculatus

P. melanotis

P. truei gratus

Neotomodon alstoni alstoni

Neotoma mexicana torquata

Nicrotus mexicanus mexicanus

Familia Canidae

Canis latrans caeottis

Lynx rufus escuinapae