

59
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGIA

LA VEGETACION ALPINA Y SUBALPINA
DEL DECLIVE OCCIDENTAL DEL VOLCAN
POPOCATEPETL, MEX.

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
MARTHA ELENA ESCAMILLA WEINMANN



MEXICO, D. F. 1996
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
La Vegetación Alpina y Subalpina del Declive Occidental del
Volcán Popocatepetl, Mex.

realizado por Escamilla Weinmann Martha Elena.

con número de cuenta 7926758-8 , pasante de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis M.C. Lucía Almeida Leñero.
Propietario

Propietario Biol. Ana Herrera Legorreta. *amh*

Propietario M.C. Nelly Diego Pérez *ncdiego*

Suplente Dr. José Alejandro Velázquez Montes. *JAV*

Suplente Biol. Martha Gual Díaz. *Martha Gual*

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

COORDINACIÓN
DE BIOLÓGICA

Cuanto más completo y detallado sea el conocimiento de la estructura y función de la vegetación, mayor será el aporte al manejo armonioso e inteligente de los ecosistemas, de los cuales el hombre es "parte y arte".

Matteucci y Colma, (1982).

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con todo cariño a mi esposo Marco Antonio por su comprension, apoyo y companero sin igual y a nuestra pequeña hija Marta Helena.

A mi Madre.

A mis Hermanos: Mary, Rosa, Blanca, Carlos, Gloria, Alma, Jorge, Juan, Laura y Diana por su apoyo y ayuda incondicional.

A mis Amigas y Amigos corredores (as).

A todas las personas que a lo largo de la historia han dedicado algo de su existencia a este magnifico volcan, mudo testigo de nuestra evolucion.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud, especialmente a la maestra Lucia Almeida, por la oportunidad brindada para realizar este trabajo. Tambien agradezco a los taxonomos que hicieron parte de la determinacion: Jose Garcia (familia Compositae), Biol. Bertha Rodriguez (familia Gramineae) y Biol. Alma Alfaro (Briofitas). A la maestra Monica Vizcaino que tan amablemente reviso este trabajo.

Hago un reconocimiento especial a los sinodales por sus vallosos comentarios y sugerencias:

Biol. Ana Herrera Logarreta.

M. C. Nelly Diego Perez.

Dr. Alejandro Velazquez Montes.

Biol. Martha Gual Diaz.

RESUMEN

El volcán Popocatepetl (5420 msnm) es una formación reciente que ha sido conformado en diferentes periodos geológicos. Se encuentra en una area biogeográficamente compleja, dentro de la region central del Eje Volcanico Transmexicano.

El reflejo mas notable de los diferentes factores ambientales que prevalecen en esta montaña, lo constituye sin duda la distribución en pisos de la vegetación. Esta característica provoca la formulación de hipótesis acerca de cuales son las asociaciones vegetales, como se comportan las especies que las componen y cuales son los factores que determinan su distribución.

Se muestreo un transecto de los 3400 a 4300 msnm dentro de las comunidades vegetales del zacatonal alpino y bosque de *Pinus hartwegii* utilizando la metodología fitosociológica propuesta por Braun Blanquet (1932) fundador de la escuela Zurich-Monpellier, la cual se basa en la descripción florística de la vegetación a través del empleo de levantamientos. Se seleccionaron parcelas homogéneas representativas de la comunidad vegetal estudiada, con dimensiones determinadas que equivalen al área mínima para el tipo de vegetación, elaborando un listado de especies y su cobertura en porcentaje, se ordenaron los resultados en una tabla fitosociológica para definir unidades de vegetación.

Se describen las características fisonómicas, composición florística, ecología y distribución de cuatro asociaciones vegetales zonales encontradas, tres dentro del zacatonal alpino: 1) *Festuca livida-Arenaria bryoides*, 2) *Senecio procumbens-Festuca toluensis*, 3) *Calamagrostis toluensis-Festuca toluensis* y una en el bosque subalpino, 4) *Pinus hartwegii-Festuca toluensis*.

Finalmente se interpreta ecológicamente cada comunidad vegetal por su estructura, espectros biológicos, fitodiversidad, distribución vertical de las especies, así como las propiedades físico-químicas del suelo.

CONTENIDO

- I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS
- II.- ANTECEDENTES
- III.- UBICACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO
 - a)-LOCALIZACION
 - b)-GEOMORFOLOGIA
 - c)-GEOLOGIA
 - d)-HISTORIA GEOLOGICA
 - e)-HIDROLOGIA
 - f)-EDAFOLOGIA
 - g)-CLIMATOLOGIA
 - h)-VEGETACION
 - i)-PARQUE NACIONAL
- IV.- METODO
- V.- RESULTADOS Y DISCUSION
 - A.-DESCRIPCION DE LAS COMUNIDADES VEGETALES
 - B.-FITODIVERSIDAD
 - C.-ESTRUCTURA y ESPECTROS BIOLOGICOS
 - D.-DISTRIBUCION VERTICAL
 - E.-ANALISIS ESTADISTICO
 - F.-RESULTADOS EDAFOLOGICOS
 - G.-PERTURBACION
 - H.-LISTA FLORISTICA
- VI.- CONCLUSIONES
- VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS
- VIII.- ANEXOS 1 2 y 3.

1- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Las variadas condiciones en altitud, fisiografía, clima y suelo, así como su historia geológica, su posición por demás estratégica en México y la migración de floras de procedencia diversa a través del tiempo, han permitido el establecimiento de diversas comunidades vegetales sobre la Cordillera Volcánica Transmexicana. Algunas de ellas, como las alpinas y subalpinas, que se encuentran en más de 10 montañas de este cinturón volcánico (Beaman, 1965), tienen particular interés botánico por tratarse de biotopos únicos en su género (Rzedowski, 1965).

El presente estudio se llevó a cabo en un transecto altitudinal en la vertiente oeste del volcán Popocatepetl, dentro de las comunidades de zacatonal alpino y bosque subalpino (*Pinus hartwegii*) desde los 3400 a 4300 msnm. Se utilizó el enfoque de la escuela fitosociológica Zürich-Montpellier cuyos fundamentos fueron delineados por Braun-Blanquet (1932). Se basa en la premisa de: La composición florística total de una porción de la vegetación, es la que mejor expresa la relaciones entre esta y su ambiente a través de los cambios de cobertura-abundancia de las especies que la componen. Algunas de las especies de la comunidad son más sensibles y expresan mejor esta relación que otras, resultando la asociación como la unidad básica y fundamental (Matteucci y Colma, 1982).

En México el estado de conocimiento actual de la cubierta vegetal es muy general, salvo en algunos estudios locales en los que se ha buscado la definición a nivel de asociación (Rzedowski, 1978). De estos estudios con muy diferentes objetivos, pocos han abarcado un completo y exhaustivo análisis de las comunidades alpinas y, solo recientemente algunos autores como Gonzalez (1986), Delgadillo (1987) y Almeida *et al.* (1994), entre otros, se han enfocado en aspectos comparativos entre sí dentro del país y en relación con otras partes del mundo.

Dentro de este contexto, es importante tener una visión general y partir de un conocimiento preliminar a nivel de asociación vegetal, el cual nos llevara en un futuro a niveles más explicativos en cuanto al entendimiento de las comunidades vegetales como un subsistema fundamental del sistema ecológico.

Este estudio forma parte del proyecto "Ecología de los Sistemas Montañosos Mexicanos" (ECOMMEX) llevado a cabo en el Laboratorio de Biogeografía y Sinecología de la Facultad de Ciencias, UNAM desde 1983. El cual está enfocado al conocimiento y descripción ecológica de los ecosistemas en la parte central de la Cordillera Volcánica Transmexicana. Este forma parte del proyecto mundial del estudio de los ecosistemas montañosos intertropicales (IUBC-UNESCO).

El objetivo general de este trabajo es contribuir al estudio de las asociaciones de la vegetación alpina y subalpina desde un punto de vista fisonómico-florístico y sus relaciones con los factores ambientales. Los objetivos particulares que se persiguen son:

-Ampliar el conocimiento de la vegetación alpina y subalpina del volcán Popocatepetl, Mex.

-Describir, caracterizar y delimitar en un gradiente altitudinal las asociaciones vegetales zonales alpinas y subalpinas de la vertiente oeste del volcán Popocatepetl.

-Conocer las relaciones causales entre los factores ambientales y la respuesta de la vegetación.

-Contribuir al conocimiento de la flora de la región central de la Cordillera Volcánica Transmexicana por medio de un inventario florístico.

II.- ANTECEDENTES

Los primeros trabajos acerca del volcán Popocatepetl datan de la época de la conquista y son de carácter histórico y anecdótico (Casanova, 1947).

En el siglo pasado, la zona alpina fue estudiada por primera vez con un enfoque científico por Alzate (1831), Hemsley (1879-1888), Ten Rzedowski, 19781, Aguilera y Ordóñez (1895). Recientemente, ha sido estudiada desde muy diversos puntos de vista. A partir de los años 60's se da comienzo a estudios con un enfoque botánico-ecológico. Algunos de estos trabajos son: Hernandez X. *et al.* (1957-1964) (en Rzedowski, 19781, enfocado a los pastizales donde por primera vez se mencionan los zacatonales alpinos. Beaman (1962 y 1965) realiza los primeros estudios ecológicos en donde describe el límite de la vegetación arborea (timberline) y las asociaciones alpinas y subalpinas. Cruz (1969) en su estudio de pastizales incluye el pastizal alpino y subalpino. Rzedowski (1978) reconoce a la vegetación alpina nombrándola zacatonal alpino y bosque subalpino. Lauer (1978) reporta datos ecológicos y climáticos de el timberline en la región central de México. Anaya, *et al.* (1980) estudian la relación suelo-vegetación en un transecto altitudinal en el volcán Iztaccuatl. Delgadillo (1971 y 1985) se enfoca al estudio de los musgos alpinos. Gonzalez (1986) describe la vegetación alpina del Nevado de Toluca.

Entre los trabajos más recientes sobresalen: Velázquez y Cleef (1993) en el que caracterizan 13 comunidades vegetales en los volcanes Tlaloc y Pelado relacionandolas con la Sierra Nevada. López (1994) enfoca su trabajo hacia la geoecología del paisaje y estima el impacto ambiental en la Sierra Nevada. Almeida, *et al.* (1994: prensa a y b) describen las comunidades alpinas y la fitodiversidad, fitogeografía y fitosociología los bosques de coníferas de la vertiente noroeste del volcán Popocatepetl.

En lo referente a estudios edafológicos de la zona, destacan Aguilera (1965) donde clasifica y describe los suelos de Ando Vallejo (1968) realiza perfiles de suelo en el nordeste del volcán Popocatepetl, Domínguez (1973) analiza el perfil del suelo en relación con el tipo de vegetación en este volcán, Werner (1978) reconoce cuatro tipos de Andosoles en un transecto Puebla-Flascala, Miethlich y Eru (1978) efectúan una clasificación fina de Andosoles de la Sierra Nevada, Orantes y Musalem (1982) Ien Etchevers, 19851 definen las características del suelo de *Pinus hartwegii* en Zoquiapan, Mex.

III.-UBICACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

a) LOCALIZACION. El sistema orográfico 'Sierra Nevada' llamado así por sus glaciares y nieve, pertenece a la Sierra Volcánica Compleja o *POYAUHTECATL* dentro de la subprovincia fisiográfica de lagos y volcanes de Anáhuac. Es de extensión corta (80 x 33-40 km, IINEGI, 1978) con orientación NO-SE, está conformada principalmente por los volcanes Iztaccuhatl (5284 msnm) y Popocatepetl (5420 msnm), separando en su porción meridional, a más de 3000 m de altitud medía, la Cuenca de México y de Puebla (Madrigal, 1972). (Fig. 1).

El volcán Popocatepetl, en náhuatl se define 'montaña que humea' por la emisión de fumarolas, se localiza a 85 km al SE de la Ciudad de México. Su cima se encuentra entre los 19°01'17" lat. N y 98° 37'10" long. O, ocupa el 2do. lugar en altitud en el país y 5to en Norte y Centro América (Careaga, 1982). Comprende parte de los municipios de: Atlixtlia y Ecatzingo del Estado de México, San Nicolás de los Ranchos y Tochimilco en el Estado de Puebla y Tetela del Volcán en Morelos.

El área de estudio se localiza en la cara occidental del volcán Popocatepetl, la cual se limita al norte por la comada de Nexpayantla, al sur con el límite político de los Estados de

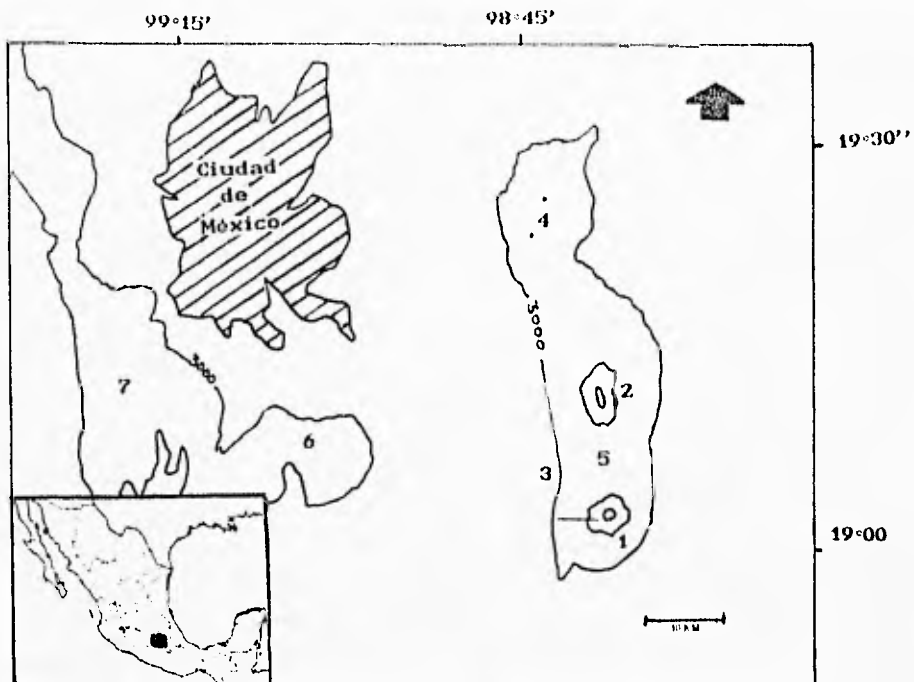


Fig. 1 Localización del Volcán Popocatepetl en la región central de la cordillera volcánica Transmexicana. La barra indica el transecto de estudio

- 1 Volcán Popocatepetl
- 2 Volcán Iztaccíhuatl
- 3 Sierra Nevada
- 4 Sierra Río Frio
- 5 Paso de Cortés
- 6 Sierra Chichinautzin
- 7 Sierra de las Cruces

Fuente: Atlas Nacional del Medio Físico, S. P. P. 1981.

Cota de nivel cada 1000 m apartir de los 3000 msnm

México y Morelos. Políticamente se encuentra en el Estado de México, en el municipio de Atlautla (Fig. 2). Topográficamente es una vertiente muy accidentada, destacan las cañadas Yancuacolo y Hueyatlaco y los cerros Tezanto (3660 msnm) y Tlalzacatepetl (3920 msnm) así como el punto más alto del volcán Pico de Anahuac.

b) **GEOMORFOLOGIA.** El Popocatepetl es un estrato-volcán orientado N-S de forma cónica, al norte se une con el volcán Iztaccihuatl por medio de un puerto o paso denominado de Cortes, que en su parte media alcanza los 3700 msnm. Este volcán se formó en diferentes intensidades de actividad volcánica conservando su forma original (Barrera, 1968).

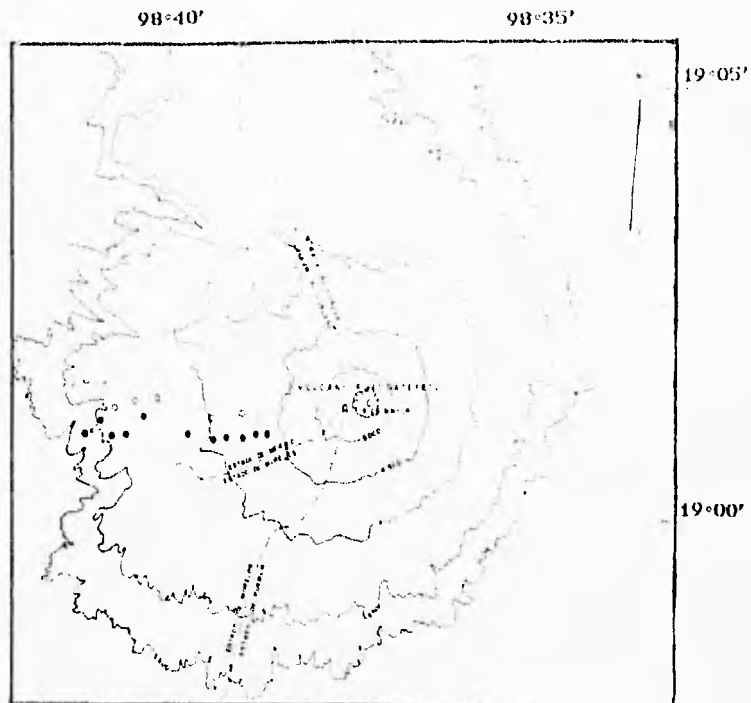
El edificio volcánico es interrumpido por un pico al costado noroeste que es el vestigio del cráter antecesor llamado Ventorrillo o Nexpayantla (5000 msnm) que quedó sepultado por el cono actual. El cráter es amplio, ligeramente elíptico, de diámetro medio de 756 m y profundidad hasta de 500 m (Aguilera y Odoñez, 1895), en el fondo hay una laguna intermitente (Careaga, 1982).

Todo el volcán tiene una altura relativa de 15 km en un gradiente altitudinal de 3000 m (2450-5452 msnm) con pendiente promedio de 30° (Lugo, 1984).

La elevación del volcán y la orientación de las laderas N-NO han favorecido el desarrollo de tres glaciares del tipo sub-polar, estos se encuentran de los 4690 a 5300 msnm abarcan una superficie de 0.72 km² (Lorenzo, 1964 (en Lugo, 1984)), dos de ellos parecen ser remanentes de glaciares anteriores. (Casanova, 1987).






En los últimos años García (1981) ha notado un retroceso del frente glaciar de la Sierra Nevada, Lugo (1984) lo relaciona con un aumento en la concentración de contaminantes en el sur de la Cuenca de México.

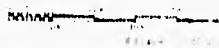
Lugo (1984) clasifica morfológicamente tres formas de relieve



**Fig. 2 Carta Topográfica del Volcán Popocatepetl
Localización de los levantamientos en la
época seca y húmeda en la vertiente Oeste (área de estudio)**

SIMBOLOGIA

-  Depresión
-  Equidistancia entre curvas de nivel 500 metros
-  Límite estatal
-  Época seca
-  Época húmeda



S.P.P. 1983.

para esta zona: 1) Endógeno, originado por la expulsión de material dentrítico en forma violenta en etapas sucesivas del tipo efusivo-explosivo-piroclástico. 2) Endógeno-modelado, se presenta de los 4400-4900 msnm, donde intervienen los procesos: glaciares antiguos (Pleistoceno), nivales actuales (curso del año) y de gravitación del material no consolidado. 3) Exógeno, este último se presenta de los 4400 msnm hasta el pie de monte, con el proceso erosivo-constructivo, de origen fluvial lateral a bajo, colico y nival en la parte superior. (Fig. 3).

c) GEOLOGIA. El volcán Popocatepetl, está conformado por capas de colados lávicos y ceniza andesítica desde el cráter, con fragmentos de rocas piroclásticas (INEGI, 1978), son comunes los basaltos, andesitas y sus respectivas lobas y brechas. (Fig. 4).

Los materiales volcánicos más recientes son andesitas de hiperstena, negra y viscosa, diferentes a las andesitas con piroxena, grises y rojas del antiguo Nexpayantla.

El cono está cubierto por ceniza negra arenosa que es considerada poco intemperizada en comparación con el Iztaccihuatl (Beaman, 1962). Mooser (1975) agrupa este volcán en la serie andesítica Tláloc-Telopán.

d) HISTORIA GEOLOGICA. La región central de la Cordillera Transmexicana es el resultado de un periodo de actividad volcánica iniciado hace 2 millones de años en el Plió-Cuaternario (Demant, 1978).

El comienzo del levantamiento de esta cordillera volcánica se remonta al Eoceno (Palacios, 1985). Se debe a que se encuentra ubicada entre dos zonas de fractura que se originan en la falla de San Andrés y alto Pacífico, Oriental, primero la fractura de Glarión o de Humboldt da origen a la base de la Sierra Nevada y posteriormente la fractura Chapala-Acambay forma una parte del

98°42'30"

98°37'30"

19°05'

19°00'



**Fig. 3 Carta Geomorfológica
Vertiente Oeste del Volcán Popocatépetl**

S I M B O L O G Í A

I-RELIEVE ENDOGENO

- Volcanes compuestos
- Domes de lava
- Coladas de lava
- Laderas de lava
- Laderas de lava y piroclastos

- Escarpes erosiva fluviales
- Escarpes tectónico erosivos
- Circos glaciaras
- Circos glaciaras erosiva fluviales
- Circos erosivos poco profundos
- Circos erosivos profundos

II-RELIEVE ENDOGENO MODELADO

- Laderas superiores de conos volcánicos con modelado de procesos glaciales, nivales y gravitacionales.
- Laderas de volcanes antiguos modeladas por la erosión.

- Glaciares
- Cimas nivales
- Cráteres
- Volcanes semisepultados
- Depresiones de lava

III-RELIEVE EXOGENO

- Laderas de valles manteniéndose originados por la erosión fluvial y procesos gravitacionales
- Mantos de acumulación proluvial (conos de deposición)
- Mantos de acumulación aluvial-volcánica al pie de las elevaciones jóvenes
- Mantos de aluvión

TOMADO DE LUGO (1984)



ESCALA 1:100,000







98°40'

98°35'

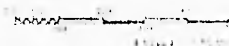
19°05'



Fig. 4 Carta Geológica del Volcán Popocatépetl, Mex.

ROCAS		ACCIDENTES TECTONICOS	
	IGNEA TOBA ANDESITICA		FALLA
	ASOCIACION DE TOBA Y BRECHA ANDESITICA		FRACTURA
	ASOCIACION DE ANDEBITA Y TOBA ANDESITICA		
	IGNEA ANDEBITA		

Fuente: S. P. P. 1991.



Iztaccihuatl (Mooser, 1975) y el Nexpayantla antecesor del Popocatepetl (Valdéz, 1983).

En el Mioceno y Plioceno se registró un cambio climático de seco a húmedo, la zona sufrió una intensa erosión formando los abanicos aluviales de la Formación Tarango (Bryan, 1948; Mooser, 1957, 1963) (en Valdéz, 1983). Cuando la erosión terminó de destruir el Nexpayantla, a principios del Pleistoceno aparece el actual volcán Popocatepetl, con gran actividad que se extiende hasta fines de esta época (Lugo, 1984; Palacios, 1985).

En general, el levantamiento de la porción central de la Cordillera Volcánica Transmexicana contribuyó por una parte a elevar la porción meridional de la Altiplanicie Mexicana conectando las sierra Madre Oriental y Occidental, y por otra a la formación de la Depresión del Balsas dando lugar a dos cuencas de gran importancia: la del Valle de México y del Balsas. Los registros de la actividad del Popocatepetl datan de 1345 (Careaga, 1982) y otra en 1920-21 (Barrera, 1968). Demant (1978) lo clasifica como un volcán activo que se encuentra en fase fumarólica que ha alcanzado en su evolución un estado de madurez. Sin embargo, desde diciembre de 1994 la sismicidad del volcán, la expulsión de gases y cenizas han ido en aumento y para abril de 1996 el cráter se encuentra lleno de lava por lo que los científicos no descartan se presente una erupción mayor.

e) **HIDROLOGIA.** El volcán Popocatepetl, presenta una red fluvial superficial del tipo paralelo-punifirme, toda la sierra se corta transversalmente en una sola línea de parteaguas (Fig. 5).

El desarrollo hidrológico depende de algunos factores como: la fuerte pendiente de la zona, que origina los cauces de arroyos y ríos, gran parte de estos nace de los escurrimientos de los glaciares y las nieves por lo que existe diferencia del volumen de agua que llevan sus cauces en el año, estos generalmente son de

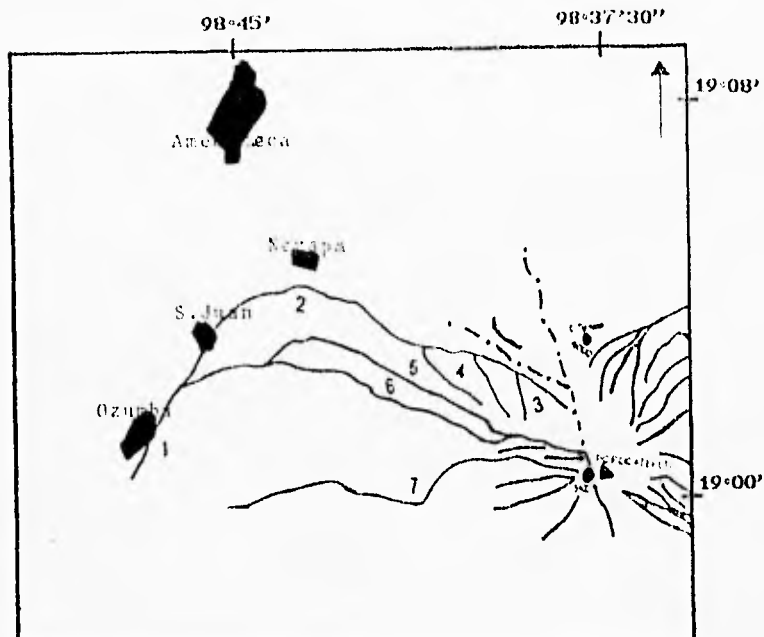
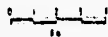


Fig. 5. Corrientes fluviales principales
Volcán Popocatepetl, Méx.

R I O S

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1) C. Nexapa | 5) C. Coyoco |
| 2) C. Nexpayantla | 6) C. Hueyatlaco |
| 3) C. Ventorrillo | 7) C. Yancuecole |
| 4) C. Coquila | |



FUENTE: López (1964)

escasa profundidad (Lugo, 1984) explicable porque la permeabilidad del suelo favorece la infiltración (Lopez, 1994). Los lagos y las lagunas prácticamente no existen.

Las corrientes de las cañadas Hueyatlaco y Yacuecole en la cara occidental del Popocatepetl, se fusionan en un solo cauce llamado Nexapa que desagua hacia la población de Ozumba de Alzate y después al sur hacia el río Cuantla formador del Amacuzac, tributario del río Balsas que desemboca en el océano Pacífico (Vidal, 1976). Forma parte de la cuenca de río Grande de Amacuzac en la subcuenca intermedia río Cuantla (Lugo, 1984). Estas corrientes son de menor profundidad que la gran cañada Nexpayantla proveniente de la cara noroeste que desemboca hacia la cuenca del Valle de México.

f) EDAFOLOGIA. El suelo del volcán Popocatepetl corresponde al grupo denominado de cenizas volcánicas y de Ando (Palacios, 1985). Aguilera y Ordóñez (1995) los determina como suelos zonales hidromórficos porque reflejan la influencia de los factores locales sobre el material de origen. Estos suelos se caracterizan por estar formados *in situ*, son jóvenes, inmaduros, profundos y húmedos por debajo de la superficie.

Los componentes piroclásticos fueron depositados directamente durante las tres últimas erupciones, en cada una hubo dos fases, una de pómez y otra de ceniza andesítica fina. Las principales fracciones minerales del suelo son: vidrios claros y cafés de cristobalita, sanidina y tobas (Miehlich y Ern, 1978).

Con base en la carta estatal 1:50,000 de suelos (INEGI, 1978) las unidades de clasificación en la vertiente oeste de Popocatepetl son: de los 4500 msnm a la altura máxima (Pico de Anahuac) predomina el Litosol, con suelo secundario tipo Regosol Eutrítico y Géllico con clase textural gruesa. De la cota de 3400 a los 4500 msnm predominan el Litosol con suelo secundario de

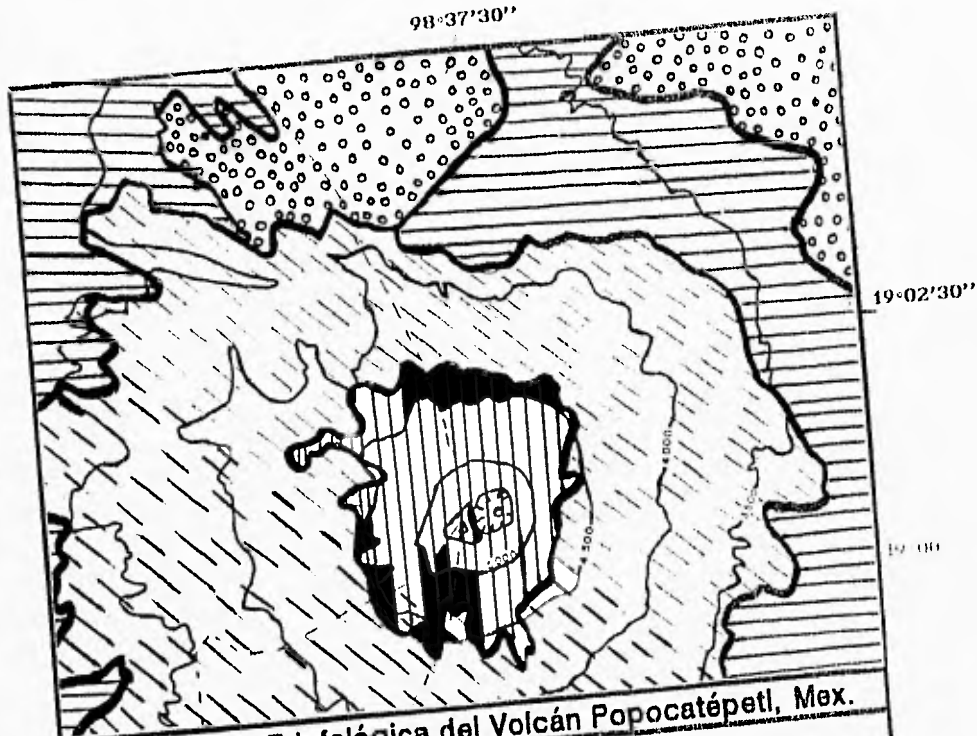






Fig. 6. Carta Edafológica del Volcán Popocatepetl, Mex.

	SUELO PREDOMINANTE LITOSOL	SUELO SECUNDARIO REGOSOL EUTRICO Y GELICO	TEXTURA GRUESA
	LITOSOL	REGOSOL DISTRICO Y EUTRICO	GRUESA
	REGOSOL EUTRICO	LITOSOL Y ANDOSOL VITRICO	GRUESA
	ANDOSOL HUMICO	REGOSOL DISTRICO	GRUESA

ESTADO DE TEXMOCO

Fuente: S.P.P. 1983.

Regosol Districo y Eutrico con textura gruesa y una fase pedregosa (Cepetate) con excesivo drenaje. De los 3400 msnm al pie de monte predominan los suelos de Regosol Eutrico con suelo secundario tipo Litosol y Andosol Vitrico con textura gruesa gravosa. (Fig. 6).

La capa de pómez del Popocatepetl más reciente ha sido fechada en 400 años y la más antigua en 14,700 años (Miellich y Ern, 1978). Palacios (1985) concluye que los suelos de este volcan, estan madurando con el tiempo ayudados por la altitud, el clima y la vegetación entre otros factores.

g) CLIMATOLOGIA. En Mexico, no se cuenta con estación meteorológica a más de 4000 msnm, por lo que los datos de las condiciones climatológicas de la zona de estudio se tomaron de las estaciones más cercanas, la información de los trabajos de Lauer (1978; 1981) y Lauer y Klaus (1975).

Seguendo a García (1981) la zona alpina corresponde al tipo E(T)CHI, frío característico de gran altitud con temperatura media anual entre -2 y 5°C, la del mes más frío sobre 0°C (enero) y la del mes más caliente entre 0 y 6.5°C (agosto). A 4000 msnm Lauer y Klaus (1975) reportan en el Pico de Orizaba una precipitación total anual de 900 mm (Fig. 7).

En el zacatonal subalpino de el Paso de Cortes a los 3650 msnm se encuentra la estación meteorológica llamada repetidora de T.V. El clima corresponde al tipo C(w'2)(w)clg templado semifrío, el más frío de los templados, la temperatura media anual es mayor de 5°C. La temperatura del mes más frío (febrero) es de 4°C y la del mas caliente (marzo) de 6.2°C. La precipitación anual es de 877 mm máxima en julio con 163 mm, el verano es fresco y corto.

A los 3557 msnm en el bosque de *Pinus hartwegii* se encuentra la estación meteorológica de Hueyatlaco en la vertiente oeste del volcan Iztacchíuatl, el clima corresponde al tipo C(w'2)(w)clg templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación del mes más

seco (febrero) menor de 40 mm, coeficiente P/T mayor a 5, con una época seca de noviembre a abril y época interestival (julio-agosto), porcentaje de lluvia invernal menos de 5% de la anual, semifrio con verano fresco y corto, menos de 4 meses con temperatura mayor de 10°C, isotermal y con marcha de temperatura tipo Ganges. La temperatura media anual es de 7.7°C, la del mes más caliente 9.2 (abril) y la del más frío 6.4 (enero). La precipitación media anual es de 1,188 mm con un máximo en septiembre de 204 mm. (Fig. 7)

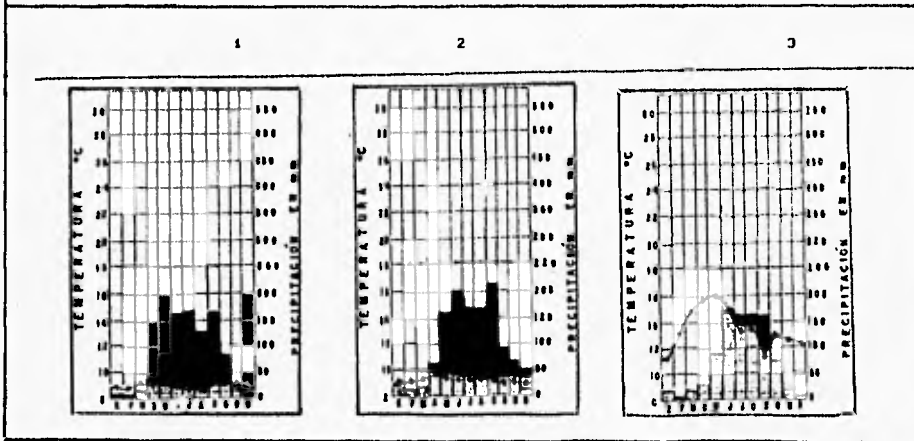
A los 2625 msnm en el volcán Popocatepetl, dentro de la ladera de estudio se encuentra la estación de San Pedro Nexapa con clima C(w2)big que corresponde al templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano y coeficiente P/T mayor a 55, más de 5% de precipitación invernal, verano fresco y largo. Temperatura media anual de 13.5°C, la del mes más frío 11.5°C (diciembre) y del más caliente 16°C (mayo), isotermal con marcha de temperatura tipo Ganges. La precipitación media anual es de 910 mm con un máximo de 168 mm en junio. (Fig. 7).

En general para la zona de estudio el régimen pluviométrico presenta dos temporadas definidas invierno seco (diciembre a abril) y veranos lluviosos (mayo a octubre) donde se recibe más del 84% de la precipitación anual. La precipitación es en general alta mayor, de 800 mm, alcanzando un máximo (1,200 mm) hacia los 3500 msnm. El gradiente térmico local es de 0.64°C por 100 m de altitud. La forma de precipitación es muy diversa como lluvia, aguanieve, granizo, escarcha, rocío y ocasionalmente en invierno la zona alpina puede ser cubierta por nieve.

Aumenta con respecto a la altura el número de días despejados, con neblina, granizo, hielo (frost change) y la duración del hielo (horas frost), este último a razón de una hora por cada 100 m de altitud (Lauer y Klaus, 1975). La mayoría de las tormentas se producen en el este y son dirigidas por los

Fig. 7. Clasificación Climática
según Köppen modificado por García (1981)

DATOS/ESTACION	T.V.1	HUEYATLACO2	NEXAPA3	Lauer*
ALTITUD (msnm)	3650	3557	2625	4000
LATITUD (N)	19°02'	19°05'	19°05'	
LONGITUD (W)	98°38'	98°39'	98°44'	
Tem.med.anual (°C)	5.2	7.7	13.5	5
Tem.mes más frío	4.0 (Feb)	6.4 (Ene)	11.5 (Dic)	3 (Ene)
Tem.mes más caliente	6.2 (Mar)	9.2 (Abr)	16 (May)	7 (Ago)
pp.anual (mm)	877.7	1,188	910.2	900
pp.mes más seco	5.9 (Ene)	13.5 (Feb)	9.2 (Dic)	
pp.mes más húmedo	162.8 (Jul)	203.9 (Sep)	168 (Jun)	
% lluvia invernal	3.0%	4.8%	5.1	
Régimen de lluvia	verano	verano	verano	
Fórmula rh	2t+28	2t+28	2t+28	
rh= (mm)	38.4	43.4	55	
Clima que pertenece	no es seco	no es seco	no es seco	
	C	C	C	
	subhúmedo	subhúmedo	subhúmedo	
	semifrío	semifrío	templado	
P/T	168.8	154.3	67.4	
	(w2)(w)	(w2)(w)	(w2)	
Presencia de canícula	sí	sí	no	
Condiciones de T°	semifrío Cc	semifrío Cc	semifrío Cb	
oscilación térmica	2.2°C	2.8	4.5	
letra de oscilación	i	i	i	
marcha anual T°	Ganges	Ganges	Ganges	
letra de la marcha	g	g	g	
Localización marcha	intertrop.	intertrop.	intertrop.	
Clasificación	C(w'2)(w)cig	C(w'2)(w)cig	C(w2)big	



* Datos reportados por Lauer y Klaus (1975) en el Pico de Orizaba.

vientos hacia el oeste recorriendo todo el volcan. En relacion a los vientos dominantes la zona esta afectada por los vientos Alisios del noreste y los ciclones Tropicales que determinan la estacion humeda, los vientos altos del este determinan la epoca seca, las lluvias ocasionales son producidas por los llamados Nortes del Golfo de Mexico.

h) **VEGETACION.** Las comunidades vegetales en el área de estudio forman pisos o cinturones bien definidos determinados principalmente por las condiciones climáticas (Rzedowski, 1975). Se encuentra un piso forestal uniespecifico de *Pinus hartwegii* y una comunidad de gramineas amacolladas denominada Zacatonal Alpino (Rzedowski, 1978).

Bosque de *Pinus hartwegii*. Tambien es llamado bosque subalpino (Beaman, 1962) o de media montaña (Casanova, 1987), se desarrolla entre los 3000 y 4000 msnm, forma el limite de la vegetación arborea en las montañas de México y Guatemala, presentando un mejor desarrollo en la Cordillera Volcánica Transmexicana. De acuerdo a Lauer (1978) las bajas temperaturas, la precipitación y el suelo determinan el limite superior de la comunidad formando una linea de árboles o timberline. Beaman (1962) reporta esta linea de arboles en el oeste del volcan Popocatepetl sobre la cota de 3900 msnm \pm 82 m con relacion directa con la topografía y los recientes depositos de ceniza volcánica.

Generalmente presenta un sotobosque florísticamente pobre con gramineas rígidas y amacolladas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Muhlenbergia* así como algunas latifoliadas, los estratos son abiertos, de estructura sencilla, característica de las comunidades de alta montaña (Maass, et al. 1981).

Por debajo de los 3700 m de altitud frecuentemente se mezcla con *Pinus montezumae*, *Alnus firmifolia* y *Abies religiosa*, por

arriba de esta cota generalmente forma asociaciones puras. Hacia los 4000 msnm constituye un bosque achaparrado y muy abierto (Rzedowski, 1978). En los claros donde el bosque por alguna causa ha sido desplazado, la especie de *Festuca tolucensis* es sustituida por *Muhlenbergia quadridentata*, dando lugar al zacatonal subalpino "sui generis" (Beaman, 1962).

Los árboles de *Pinus hartwegii* presentan un crecimiento rápido, de 1.20 cm de diámetro anual en la primera mitad de vida, hasta alcanzar una edad media máxima de 66 años (Beaman, 1962). El árbol joven presenta ramificación excurrente, al envejecer tiende a una copa esférica (Madrigal, 1972). Guarda cierta proporción en forma, diámetro y altura en cada etapa de crecimiento (Obieta, 1977).

En general, esta comunidad presenta pocas epifitas en los troncos de los árboles lo que indica que la humedad atmosférica no es alta (Rzedowski, 1978). En algunos lugares son abundantes las plantas parásitas de muerdago *Sarcocaulis vaginatum* y *A. globosa*, actualmente los árboles son afectados por los descortezadores *Dendroctonus adjunctus* y *D. valens* (Madrigal, 1972).

Zacatonal alpino. Los pastizales o *graminetum* mexicanos ocupan entre el 10-12% del territorio nacional, pero solo el 1% corresponde a la comunidad de zacatonal alpino (Rzedowski, 1975).

El zacatonal alpino es un biotopo único por el número de especies de origen autoctono relativamente reciente (Terciario superior) (Rzedowski, 1978). Además de ser una comunidad fría que se encuentra en una posición intertropical. Su distribución está determinada principalmente por condiciones climáticas (Rzedowski, 1978), desarrollándose en las cumbres de los principales volcanes de la Cordillera Volcánica Transmexicana, en el volcán Tacaná y cerro Potosí (Rzedowski, 1975).

Este biotopo ha sido nombrado en México con diferentes términos (Cuadro 1.).

El límite superior de esta comunidad se sitúa alrededor de 4300 msnm sin embargo, algunas especies de plantas llegan a los 4500 msnm, el límite inferior se encuentra marcado por la vegetación arborea hacia los 4000 msnm, y por debajo puede formar amplios claros dentro del bosque de *Pinus hartwegii* llegando hasta los 3700 msnm donde es llamado zacatonal subalpino (Beaman, 1965).

Cuadro 1. Terminos empleados en Mexico para designar la comunidad de zacatonal alpino.

TERMINO	AUTOR	AÑO
MESQUITE/GRASSLAND	Leopold	1950
SAVANNA o PARAMO	Beard	1955
ALPINE MEADOW	Beaman	1962
PARAMO DE ALTURA	Miranda/Hernández X.	1963
TROPICAL-ALPINE-PARAMO	Billings	1973
PASTIZAL TEMPLADO	Gomez-Pompa	1974
ZACATAL DE ALTURA	Lauter	1975
ZACATONAL ALPINO	Rzedowski	1978

*on Rzedowski, 1978.

Se conocen aproximadamente 300 especies pertenecientes a 50 familias vasculares donde las compuestas y gramíneas son las mejor representadas (Beaman, 1962).

Por sus características es frecuentemente comparado con la tundra (Billings, 1973), la puna y el páramo sudamericano (Rzedowski, 1978). La vegetación se caracteriza por el tamaño reducido de las plantas y el arreglo en cojines, macollos, rosetas y por ser crasas, pubescentes y la mayoría perennes (Almeida, et al. 1994).

Consideraciones fitogeográficas. La flora alpina presenta características insulares, baja captabilidad en dispersión, baja capacidad competitiva y radiación adaptativa (Billings, 1973).

Rzedowski (1965) caracteriza la flora alpina con una distribución discontinua y destaca a nivel de genero el predominio

del elemento helártico sobre el neotropical y argumenta que cerca de 3/4 partes de las especies reportadas son endémicas. Deduce que la flora alpina no se originó en las zonas bajas sino en latitudes altas de los hemisferios norte y sur. El zacatonal alpino de México por sus semejanzas con los Andes Sudamericanos es aparentemente una variante de la vegetación alto-andina, pero consiste principalmente de especies locales con ancestros tanto boreales como australes (Rzedowski, 1975). Probablemente durante las glaciaciones, la extensión de estas zonas debió ser mayor que en la actualidad (Rzedowski, 1978).

Delgadillo (1971) menciona que aproximadamente un 20% de la flora de musgos alpinos es endémica. Por otro lado Rzedowski (1975) y González (1986) mencionan que la ausencia de endemismos a nivel de familia y género de plantas vasculares sustentan la idea de un origen bastante reciente.

La flora alpina en México ha sido dividida en diferentes elementos fitogeográficos y áreas de distribución: Gadou (1907-1909) [en Rzedowski, 1965] distingue 4 componentes: el boreal, el endémico, el meridional y el andino. Delgadillo (1971) distingue cinco elementos geográficos en las especies de musgos alpinos: además de los anteriores incluye el mesoamericano y el de amplia distribución, comenta que el elemento más abundante es el mesoamericano con una área de distribución desde México hasta el norte de Sudamérica, no reconoce los andinos. Rzedowski (1975) distingue 9 tipos de afinidades florísticas: México-áreas adyacentes, México-Sudamérica, México-E.U.A., América, Hemisferio Norte, regiones templadas-frías, regiones tropicales-subtropicales, cosmopolitas y otras. Se destaca que más del 25% de géneros son de regiones templadas-frías, el 24% de cosmopolitas, casi el 12% son México-Sudamericanos, así como 71% de especies distribuidas solo en México-áreas adyacentes.

1) PARQUE NACIONAL. En 1933 el volcán Popocatepetl junto con el Itzacatlani es decretado como Parque Nacional Iztá-Popo. Su límite se establece a partir de la cota de 5000 msnm. Posteriormente, en 1948 fue modificado sobre la cota de los 3600 msnm con una superficie hasta ahora de 25,679 ha. (Cobata y Sarukhan, 1981).

La Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (IUCN) caracteriza este parque en la categoría regular de acuerdo a aspectos físicos y administrativos. Representa el 3.6% del área total de los 15 únicos parques mexicanos reconocidos (de 50 instituidos) que cumplen con todos los requisitos. El 95% de el área total del parque tiene régimen de propiedad nacional, destinado a recreación y el resto no es identificada (Melo, 1974).

Actualmente por debajo de la cota del parque nacional Iztá-Popo los bosques son manejados por la industria papelera.

IV.-METODO

El muestreo se realizó en un transecto altitudinal de la cota de 3400 a 4300 msnm, desde el límite inferior del bosque de *Pinus hartwegii* al límite superior del zacatonal alpino. Se empleó el método de Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1932) que utiliza el levantamiento o releve de la vegetación (Van der Hammen, *et al.*, 1989). Se efectuaron un total de 22 levantamientos (9 en la temporada de secas y 11 en la de lluvia) en la vegetación total sensu Walter (1979) a intervalos aproximados de 100 m de altitud, con una superficie de muestreo preestablecida de 625 m² en la comunidad de bosque de pino y 25 m² en el zacatonal alpino (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). El área mínima fue comprobada por la curva de especies-área. (Fig. 8).

En cada sitio de muestreo se registraron los siguientes datos:

a) Datos generales medio ambientales: localización, altitud,

exposición, pendiente, fisiografía, fisonomía.

b) *Composición florística:* Inventario completo de plantas vasculares y briofitas enraizadas dentro de el relevé. Se estimó el porcentaje de cobertura, como la proyección sobre el suelo dentro del área de muestreo de: la superficie cubierta con vegetación, por estrato y para cada especie. En el estrato rasante se cuantificó el porcentaje de cobertura de musgos, y en el herbáceo la de gramíneas y otras hierbas. Además, a cada especie se le consideró: abundancia, estrato, forma de vida (Raunkiaer, 1934), forma biológica y de crecimiento (Braun Blanquet, 1932).

c) *Ubicación y medición de los árboles:* PAP (perímetro a la altura del pecho) altura a la 1ª ramificación y altura total, así como su ubicación dentro del área del relevé.

d) *Perfil de la comunidad:* Se esquematizó un perfil horizontal y vertical de la vegetación en cada sitio.

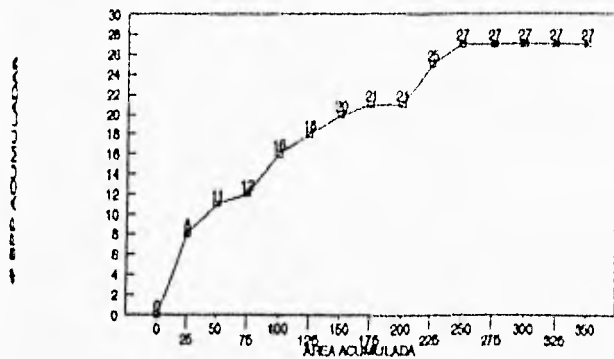
Los ejemplares botánicos se determinaron siguiendo el criterio de Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990) a excepción de *Lachenilla* donde se siguió el criterio de Walters (1972). El material botánico se encuentra en la colección del Laboratorio de Biogeografía y Sinecología de la Facultad de Ciencias, UNAM con la clave Pop W.

Elaboración de tabla: A partir de los datos, se elaboró la tabla fitosociológica para definir las comunidades por su altitud y composición florística. Complementariamente se aplicó el coeficiente de similitud de Sørensen, que relaciona el duplo del número de especies comunes con la suma total de especies de dos relevés (Matteucci y Colma, 1982). Con los datos obtenidos se construyó una matriz de doble entrada para posteriormente hacer un análisis multivariado (anexo 3). Por último, se describen las asociaciones encontradas como unidades fitosociológicas (Vegeter, 1974).

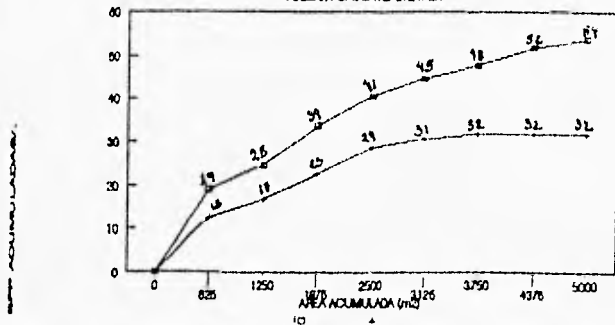
Análisis del suelo: se tomó una muestra de suelo en cada

Fig. B Area mínima de las comunidades vegetales. En el zacatonal alpino la inflexión de la curva indica que el muestreo fue adecuado. En el bosque esto comportamiento no es tan obvio debido a las especies raras que generalmente son poco representadas, al sustituir las la curva sufre una notable inflexión.

AREA MINIMA DEL ZACATONAL ALPINO
VOLCAN POPOCATEPETL MEX.



AREA MINIMA B. de Pinus hartwegii
VOLCAN POPOCATEPETL MEX.



levantamiento de vegetación (releve) a una profundidad promedio de 30 cm a partir del material orgánico no descompuesto. Se analizaron un total de 22 muestras, siguiendo la copilación de métodos de análisis físico-químico de suelos de Dominguez y Aguilera (1984); realizando las siguientes determinaciones: Color seco y húmedo por comparación en la escala de Munsell, pH relación 1: 2.5 KCl y H₂O, densidad aparente por la técnica de la probeta con volumen de 10 cc de suelo, densidad real por el método del pícnometro, % de espacio poroso, % de materia orgánica y % carbono y alifano. Además la evaluación de los siguientes nutrientes: Nitrógeno total, Fósforo (PPO₄), Sulfato (SO₄), Ca (2+), Mg (2+), Na (2+) y K (2+) realizados en el laboratorio Hugo de Vries, de la Universidad de Amsterdam, Holanda.

V.- RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla fitosociológica (Tabla 1.) se pueden distinguir florísticamente, cuatro comunidades vegetales o unidades fitosociológicas a nivel de asociación, tres de ellas dentro del zacatonal alpino y una en el bosque de *Pinus hartwegii*. Se encuentran distribuidas en el gradiente altitudinal y son:

- 1) *Festuca lvida-Arenaria bryoides* o zacatonal alpino superior. (4300 a 4200 msnm).
- 2) *Senecio procumbens-Calamagrostis toluensis* o zacatonal alpino medio (4200 a 4000 msnm).
- 3) *Calamagrostis toluensis-Festuca toluensis* o zacatonal alpino inferior (4000 a 3600 msnm)
- 4) *Pinus hartwegii-Festuca toluensis* o bosque subalpino (3800 a 3400 msnm).

No se sigue la clásica nomenclatura y grado de fidelidad de las especies características de Braun Blanquet (1932), lo cual se efectuará después del análisis de la tabla fitosociológica de toda la Sierra Nevada, tema que aborda el Laboratorio de Biogeografía y Sinecología, INAM el cual este trabajo contribuya en gran medida.

Tabla 1. TABLA FITOSOCIOLÓGICA DE LA VERTIENTE OESTE DEL VOLCAN POPocatepetl, MEX. que incluye las asociaciones: 1) Festuca lincea - Araratia bryoides 2) Calamagrostis toluensis - Senecio procumbens 3) Calamagrostis toluensis - Festuca toluensis y 4) Pinus hartwegii - Festuca toluensis

ASOCIACION	1			2			3			4			5			6			7		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
NUMERO DE LEVANTAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
EXPOSICION	W	W	NW	NW	NW	NW	SW	A	S	W	N	N	A	W	SW	A	SW	SW	W	A	NE
PENDIENTE (%)	20	30	15	10	10	15	8	20	15	10	20	20	8	42	8	15	30	30	20	22	31
PH DEL SUELO	4.6			4.6	6.5	6.4	6.2	6	6.2	6.1	6.9	6.6	6.3	6.5		5.4	6.1		6.5	6.2	6.3
NUMERO DE ESTIACIOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2		2	2	2
COBERTURA (%)																					
SUELO EXPUESTO	10	60	10	40	10	15	45	20	10	15	30	7	15	15		0	0	0	1	<1	0
SUP. CON VEGETACION	10	20	20	60	60	60	60	75	60	60	60	60	60	60		100	100	100	95	100	75
HERBAS (RASANTES)	1	3	10	25	8	20	10	<1	2	2	7	0	0	0		50	1	10	20	6	15
MUSGOS (RASANTES)	6	8	2	5	10	2	5	10	20	6	6	10	6	3		5	6	0	2	20	10
GRAMINEAS (HERBAS)	10	20	15	30	40	25	35	35	40	60	60	60	60	30		60	60	60	70	65	50
OTRAS HERBAS	>1	0	2	20	5	5	3	8	20	20	0	0	0	0		20	40	50	<1	25	<1
ARBUSTOS	6	0	0	0	0	0	15	0	10	10	0	0	0	0		0	2	25	15	5	2
ARBOLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
NUMERO TOTAL DE ESPECIES	7	8	7	8	11	7	8	10	11	11	6	6	6	6		16	16	16	15	17	16
NUM. DE BR. PLANTAS VASCULARES	3	2	4	6	7	4	6	6	6	6	6	4	6	6		13	13	13	15	15	14
AREA DE LEVANTAMIENTO (m2)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25
TIPO DE VEGETACION	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA		BPH	SPH	BPH	BPH	BPH	BPH
ALTITUD. msnm. (±10)	430	438	428	420	417	400	400	406	390	396	385	392	371	360		376	370	360	360	360	344
As. Festuca - Araratia																					
HE	Festuca lincea	10	20	10	20	28	5														
HE	Araratia bryoides	>1	3	10			20	8	20		6										
As. Calamagrostis - Senecio																					
HE	Senecio procumbens	>1		8	10	2	6	3													
HE	Draba juchitana				10	6					2										
HE	Symblyphis vestita				3	3					4										
As. Calamagrostis - Festuca																					
CA	Calamagrostis toluensis				16	16	20				36	36	30	20							
CA	Lupinus monanthus										6	1									
HE	Festuca toluensis												10	40							
CA	Panicum gaudichaudii													20	18						
NFA	Senecio malinianus														10						
NFA	Rhus ciliatum														2	10					
As. Pinus - Festuca																					
NFA	Pinus hartwegii																				
CA	Lechimilla procumbens																				
HE	Carex pallens																				
NFA	Acaena elongata																				
NFA	Senecio anemarioides																				
HE	Thuidium sp.																				
HE	Phacelia platycarpa																				
TE	Solanum demissum																				
HE	Agropyron toluensis																				
HE	Hypochaeris																				
HE	Muhlenbergia quadridentata																				
ESPECIES ACOMPAÑANTES																					
HE	Dryum argenteum / sp.	2	3	1																	
HE	Lepidolobium sp.	2	2	<1																	
HE	Campylopus sp.	<1		<1																	
HE	Tremula spicata				10	1															
HE	Ajacium ripans																				
HE	Gnaphalium heermannii																				
HE	Hieracium mexicanum																				
ESPECIES RARAS																					
TE	Cenactium nudans																				
HE	Ceratodon sp.																				
HE	Gnaphalium sp.																				
HE	Poaceae																				
HE	Panicum dactyloides																				
GE	Oxalis alpina																				
NFA	Gnaphalium setosum																				
NFA	Senecio trilobatus																				
HE	Erigeron multiflorus																				
HE	Gnaphalium aristatosiphium																				
HE	Poa conglomera																				
NFA	Senecio procumbens																				

Forma de vida unicamente de plantas vasculares HE = Hemifrotida GE = Geofita CA = Canelita MF = Megafanerofita TE = Terofita

Especies raras (levantamiento, cobertura %, forma de vida)

Senecio oligicus (13, <1, NFA)	Cirsium sp (20, <1, HE)	Festuca hepatocephala (13, <1, HE)	Drymodon sp. B, <1, HE)
Pematocya ciliata (19, <1, CA)	Sibthorpia repens (21, <1, HE)	Senecio onzabensis (13, <1, HE)	Pogonatum Polytichum sp. (15, <1, HE)
Lithospermum detrichum (21, <1, HE)	Senecio angulifolius (21, <1, NFA)	Senecio roseus (14, <1, GE)	Senecio taluccanus (20, <1, HE)
Abronia lanuginosa (22, <1, HE)	Senecio callosus (22, <1, HE)	Stenanthium frigidum (15, <1, CR)	Seyrindium quadrangulum (19, <1, GE)
Cirsium rivale B, <1, HE)	Luzula racemosa (5, <1, HE)	Coryza schoedera (16, <1, TE)	Cornifloriza mequetla (20, <1, GE)
Acaena villosa (17, <1, NFA)	Cenactium molle (22, <1)	Atractylodes sp. (17, <1, HE)	Eryngium radice (22, <1)

A.- DESCRIPCION DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

COMUNIDAD 1. *Festuca livida-Arenaria bryoides*.

Zacatonal alpino superior.

(Tabla 1, Asociación 1) (Liv. 3 tipo) (Fig. 9) (Foto 1-2)

FISIONOMIA: Es un zacatonal de tamaño bajo no más de 20 cm de alto, abierto, discontinuo y poco diverso. Constituye el límite altitudinal superior de la cubierta vegetal, con suelo desnudo cubriendo el 60-80% del área.

Estructuralmente se distinguen 2 estratos: El herbáceo, compuesto por la gramínea amacollada *Festuca livida* con cobertura de 10-20% y el rasante formado por los tapetes de *Arenaria bryoides* y musgos que se encuentran protegidos en las bases de las macollas. Cabe señalar el predominio de gramíneas en el estrato herbáceo y los musgos en el estrato rasante. La cantidad de follaje y el aspecto en general que presenta esta comunidad no cambia a través del año.

COMPOSICION Y SINTAXONOMIA: Formada por 3 musgos y 3 plantas vasculares que representan el 10% del total de taxa. Las especies son típicamente alpinas, es decir, se encuentran principalmente por arriba de los 4000 msnm. Son hemicriptofitas, perennes, con cobertura baja, menos del 20%. Predomina *Festuca livida* con cobertura promedio de 13% y *Arenaria bryoides* con 4% que le dan el nombre al grupo fitosociológico. Ocasionalmente, *Senecio procumbens* se presenta como elemento importante. Los musgos son generalmente especies acompañantes como: *Bryum argenteum/sp.*, *Leptodontium sp.* y *Campylopus sp.* Estos representan el 3% de cobertura. Todas las especies se presentan con frecuencia alta en esta comunidad.

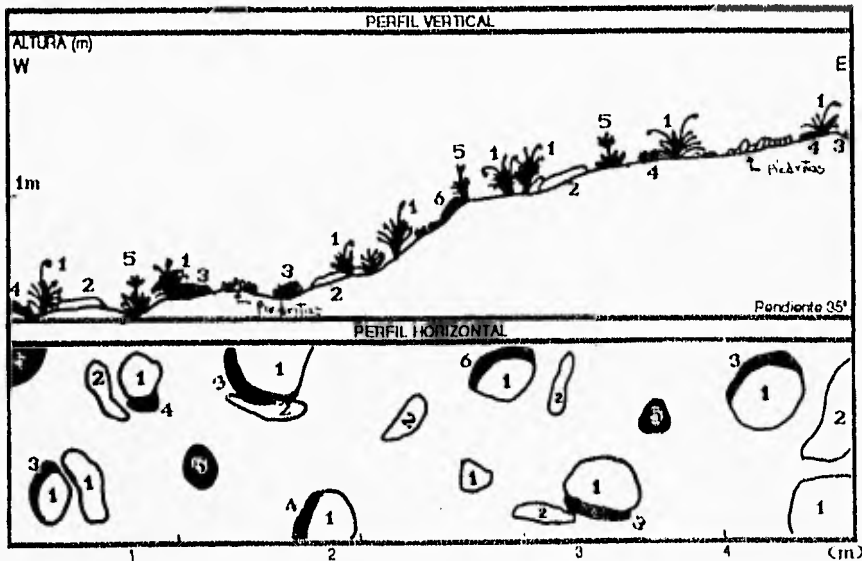
ECOLOGIA: Esta comunidad se encuentra en pendientes pronunciadas de hasta 35°. La temperatura media anual es fría (-2 y 7°C), la precipitación alta (aproximadamente 900 mm). El pH del

Fig. 9 COMUNIDAD I. Ass. *Festuca livida*-*Arenaria bryoides*

ESTRATO	ESPECIE	COBERTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA PROMEDIO	TALLA (cm)	FRECUENCIA %
H	1 <i>Festuca livida</i>	10-15	A	5-15	80-100
R	2 <i>Arenaria bryoides</i>	2-5	R	5	80-100
R	3 <i>Bryum argenteum</i> /sp.	2	E	<3	80-100
R	4 <i>Leptodontium</i> sp.	1	E	<3	80-100
H	5 <i>Senecio procumbens</i>	1	E	5-10	60-80
R	6 <i>Campylopus</i> sp.	<1	E	<3	80-100

H= herbáceo R=rasante

A= abundante R= raro E= escaso



suelo es ácido (4-5). No presenta perturbación humana aparente (Foto 1). Aproximadamente la mitad del suelo desnudo está cubierto por arcillas (pomez) y por piedras del tipo bombas que fueron expulsadas del cráter, no existen afloramientos rocosos. (Foto 2).

La densidad aparente (1.6 gr/ml) y real (2.8 gr/ml) del suelo son altas con 45% de porosidad. El color no presenta mucho cambio de seco-humedo. La hojarasca es escasa y no sufre descomposición superficial. (Tabla 2 y 3).

DISTRIBUCION: Esta comunidad se localiza entre los 4200 y 4300 msnm, corresponde al Superzacatonal bajo de la vertiente NO del mismo volcán reportado por Almeida, *et al.* (1994). Hacia arriba de este nivel altitudinal se encuentran los desfiladeros rocosos que dan origen al pico mayor de este volcán (pico de Anáhuac) donde se puede apreciar que las especies vasculares son escasas y solo líquenes y musgos se observan entre las fisuras y huecos de la roca expuesta, encontrando protección del ambiente.

COMUNIDAD 2. *Calamagrostis toluensis-Senecio procumbens.*

Zacatonal alpino medio.

(Tabla 1 Asociación 2) (Lev. 6 Tipo) (Fig. 10) (Foto 3).

FISIONOMIA: Comunidad de zacatonal amacollado abierto, la vegetación cubre aproximadamente el 60% del área. Estructuralmente esta compuesto por dos estratos. El rasante con cobertura promedio de 30% y menos de 5 cm de altura. Predomina la forma de crecimiento en cojin de las plantas vasculares con 10-20% y los musgos 5-10%. El estrato herbáceo tiene cobertura promedio de 50% y de 10 a 60 cm de altura, esta compuesto principalmente por macollas de gramíneas que cubren el 35-40% del área y hierbas arroseladas y escasas, cubren menos del 10%, sobresalen, *Senecio procumbens* y *Draba jorullensis*. No hay estrato arbustivo.

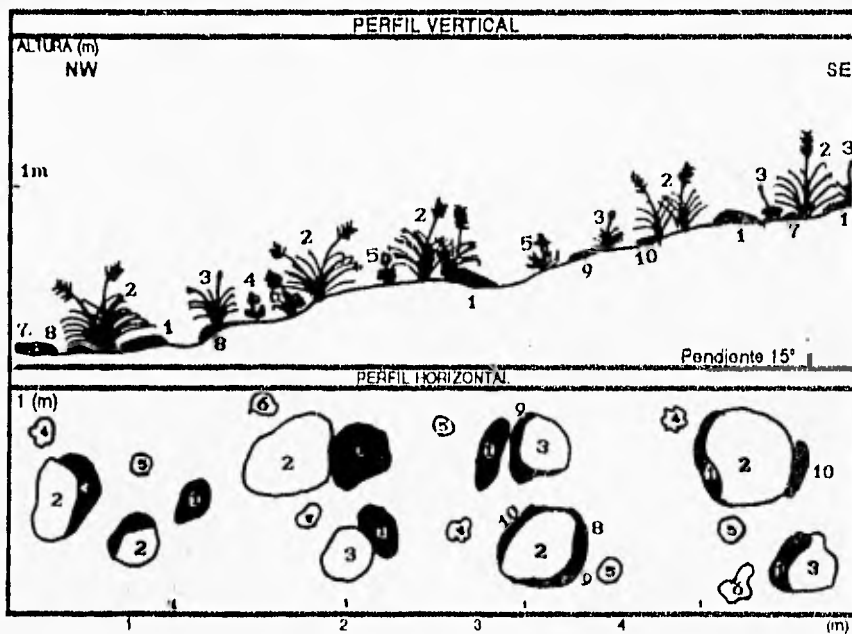
La fisionomía de esta comunidad básicamente no cambia en las

Fig. 10 COMUNIDAD 2. Ass. Calamagrostis toluensis - Arenaria bryoides

ESTRATO	ESPECIES	COBERTURA	ABUNDANCIA	FRECUENCIA	TALLA
		PROMEDIO	PROMEDIO	%	(cm)
R	1 <i>Arenaria bryoides</i>	10-20	A	80-100	4
H	2 <i>Calamagrostis toluensis</i>	10-20	R	80-100	33
H	3 <i>Festuca livida</i>	10-20	R	80-100	8
HR	4 <i>Draba jorullensis</i>	5-10	R	60-80	9
H	5 <i>Senecio procumbens</i>	5-10	R	80-100	30
H	6 <i>Trisetum spicatum</i>	5-10	R	60-80	25
R	7 <i>Campylopus sp.</i>	1-5	A	20-40	<3
R	8 <i>Leptodontium sp.</i>	1-5	E	60-80	<3
R	9 <i>Symblepharis vaginata</i>	1-5	R	60-80	<3
R	10 <i>Bryum argenteum /sp.</i>	1-5	E	60-80	<3

H= Herbáceo R= Rasante

A= Abundante E= Escaso R= Raro



épocas de lluvia y secas. Las hierbas lanerogamas son más evidentes en la floración pero no son muy notorios por su baja cobertura y tamaño. La forma de vida dominante es la hemipterofita (85%) seguida de las nanofanerofitas, caméfitas y terofitas con 5% cada una.

COMPOSICION Y SINTAXONOMIA: La composición florística de esta comunidad es de 11 especies vasculares y 4 musgos, representa aproximadamente el 15% de taxa totales registrados. No hay especies raras o con cobertura <1. El número de especies es en promedio 4-5 por releve. Las que dan el nombre al grupo fitosociológico son: *Calamagrostis toluensis* con cobertura promedio de 15% y *Senecio procumbens* con 6%. También son comunes por su alta frecuencia: *Festuca livida* (15%), *Arenaria bryoides* (15%), *Draba jorullensis* (8%), *Trisetum spicatum* (6%) y 3 especies de musgos como acompañantes.

Comparte 3 especies vasculares con la comunidad 1 (zacatonal superior) y una de ellas *Calamagrostis toluensis* con la comunidad 3 y 4 (zacatonal inferior y bosque). Rzedowski y Rzedowski (1990) comentan que *Calamagrostis toluensis* es una especie muy variable en algunas poblaciones de la Sierra Nevada por lo que sugiere que tal vez ameriten distinguirse como un taxon diferente.

ECOLOGIA: Las diferentes asociaciones del zacatonal alpino soportan bajas temperaturas con heladas frecuentes, oscilaciones extremas de temperatura y humedad, alta exposición a la radiación solar. El suelo es ácido (pH 4.5 a 6), poroso, profundo y sin horizontes. En la capa superficial se presenta arraste de partículas por el fuerte viento, lo que ocasiona que los valles estén desprovistos de vegetación, el suelo es de color gris-oscuro y cambia a café-gris muy oscuro en humedad. El suelo expuesto está cubierto por arcilla en un 40%, no hay afloramientos

de roca o piedras, la hojarasca es escasa y al parecer no se descompone en la superficie. (Tabla 2 y 3).

En esta comunidad es posible detectar que el tamaño de las especies es menor conforme se asciende en altitud como *Senecio mairretianus* que en la comunidad 3 se encuentra con una altura mayor de 80 cm en el estrato arbustivo, aquí se detectó en el herbáceo de hasta solo 20 cm. *Draba jorullensis* se presenta en el estrato herbáceo y rasante. Se trata de una comunidad poco perturbada con ramoneo y pastoreo en la parte baja.

DISTRIBUCION: Esta comunidad se encuentra de los 4000 a 4200 msnm en laderas con pendiente promedio de 15%, principalmente en los lomeríos. (Foto 3). *Calamagrostis toluensis*, *Symblepharis vaginata*, *Draba jorullensis*, y *Senecio mairretianus* principalmente, marcan el límite de distribución altitudinal superior para esta comunidad. Corresponde al zacatonal propiamente dicho alto, de la ladera NO (Almeida, et al. 1994).

COMUNIDAD 3. *Calamagrostis toluensis*-*Festuca toluensis*.

Zacatonal alpino inferior.

(Tabla 1 Asociación 3) (Ley. 10 Tipo) (Fig 11) (Foto 4).

FISIONOMIA: Es el típico zacatonal alpino de gramíneas amacolladas, la vegetación cubre el 80% del área. La estructura está bien definida formando 3 estratos: el rasante compuesto principalmente de musgos, con cobertura promedio de 15%, el herbáceo domina cubriendo más de 60% del terreno y mide hasta 80 cm de alto, principalmente con gramíneas. El estrato arbustivo es muy abierto con 15% de cobertura y 1-130 m de alto, compuesto por organismos aislados de las especies *Ribes ciliatum*, *Senecio mairretianus* o formando manchones como *Lupinus montanus*.

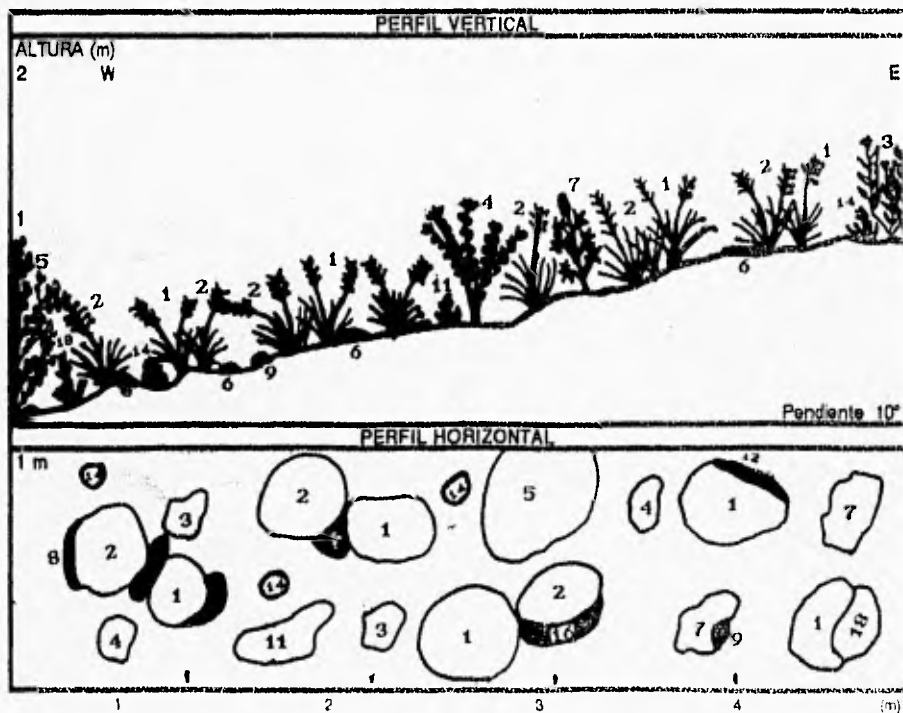
En el otoño, durante el periodo de crecimiento y de floración la comunidad parece cambiar a color verde pálido pero generalmente

Fig. 11 COMUNIDAD 3 Ass. *Calamagrostis toluensis*—*Festuca toluensis*

ESTRATO	ESPECIES	COBERTURA		FRECÜENCIA (%)	TALLA (m)
		PROMEDIO	PROMEDIO		
H	1 <i>Festuca toluensis</i>	20-40	R	60-80	0.62
H	2 <i>Calamagrostis toluensis</i>	20-40	A	80-100	0.39
H	3 <i>Penstemon gentianoides</i>	10-20	R	20-40	0.60
Ar-H	4 <i>Senecio mairetanus</i>	5-10	R	60-80	0.88
Ar	5 <i>Ribes ciliatum</i>	5-10	E	20-40	1.00
R	6 <i>Arenaria bryoides</i>	1-5	E	20-40	0.05
Ar-H	7 <i>Lupinus montanus</i>	1-5	E	20-40	0.73
R	8 <i>Symblepharis vaginata</i>	1-5	E	10-20	0.05
R	9 <i>Leptodontium sp.</i>	1-5	R	80-100	0.05
A	10 <i>Pinus hartwegii</i>	1-5	U	20-40	20.00
H	11 <i>Senecio procumbens</i>	1-5	E	10-20	0.60
R	12 <i>Bryum argenteum /sp.</i>	1-5	R	80-100	0.05
R	13 <i>Ceratodon sp.</i>	1-5	R	10-20	0.05
H	14 <i>Draba jorullensis</i>	1-5	E	10-20	0.35
R	15 <i>Arenaria reptans</i>	1-5	E	40-60	0.04
R	16 <i>Campylopus sp.</i>	1	R	60-80	0.05
H	17 <i>Cerastium nutans</i>	1	E	20-40	0.23
H	18 <i>Trisetum spicatum</i>	1	E	60-80	0.35
H	19 <i>Hieracium mexicanum</i>	1	E	20-40	0.05
H	20 <i>Agrostis toluensis</i>	<1	E	10-20	0.20
H-R	21 <i>Gnaphalium liebmannii</i>	<1	E	20-40	0.15
R	22 <i>Gnaphalium sp.</i>	<1	E	10-20	

A= Arboreo Ar= Arbustivo H= Herbáceo R= Rasante

A= Abundante R= Raro E= Escaso U= Único



se ve amarillo paja.

COMPOSICION Y SINTAXONOMIA: La composición florística de esta comunidad es de 23 especies de plantas vasculares y 4 musgos (95% del total). El 25% de taxa presenta cobertura <1. Cada relevo tiene en promedio 9 especies.

Las especies con mayor frecuencia y cobertura promedio del área, son: *Calamagrostis toluensis* con 29% y *Festuca toluensis* con 33%, y en algunos sitios se presentan *Penstemon gentianoides* cubriendo hasta el 15% y *Senecio mairretianus* con 6%.

Florísticamente comparte 2 especies vasculares con el zacatonal superior, 8 con el zacatonal medio y 13 con el bosque. Las especies que se encuentran restringidas a esta comunidad son los arbustos *Ribes ciliatum* y *Senecio mairretianus* cubriendo entre 5-10% del área.

ECOLOGIA: Esta comunidad se encuentra en laderas con pendiente variable de 5-30°, el suelo es profundo sin estructura, medianamente ácido (pH 6.5) hacia la parte inferior y más ácido (pH 5) en la superior. El suelo expuesto, cubre poco más del 20%, es la típica ceniza volcánica altamente porosa de color gris obscuro y negra en humedad; a diferencia de las comunidades anteriores no se registraron arcillas y piedras. La hojarasca que se acumula en la superficie cubre menos del 10%.

Los musgos se encuentran protegidos junto y/o dentro de las macollas. A diferencia de la comunidad anterior *Draba jorullensis* se encontró en el estrato herbáceo y *Senecio mairretianus* como arbusto, además *Lupinus montanus* se encuentra como arbustito y en el bosque se presenta en el estrato herbáceo.

Esta comunidad baja por los valles que, posteriormente, dan origen a las barrancas formando un ecotono ondulante de más de 100 de altitud con el bosque de pino. Por las crestas suben algunos

árboles del bosque alcanzando una altitud máxima de 4050 msnm presentando deformaciones en tamaño y forma.

En las ondonadas de los valles se extiende el zacatonal y es aquí donde hay alta cobertura de especies indicadoras de perturbación como resultado de pastoreo, ramoneo y quema. *Lupinus montanus* y *Penstemon gentianoides* forman manchones de aproximadamente 20 m².

La intensidad del pastoreo comparado con las comunidades anteriores es mayor, puede ser debida a que estas se encuentran a mayor altitud lo que representa mayor dificultad en relación con la topografía con mayor pendiente y el ambiente más hostil para el ganado y no directamente relacionado con la disponibilidad de gramíneas palatables. El número de cabezas de ganado es bajo entre 5-20 por hectárea, aunque parece tener un rápido aumento. Velázquez (1991) llegó a contar hasta 200 vacas en este volcán.

DISTRIBUCION: Se encuentra en un gradiente altitudinal de los 3600 y 4000 msnm. Esta comunidad es marcada por el límite altitudinal superior de *Festuca toluensis*, *Senecio maretianus*, *Ribes ciliatum*, *Penstemon gentianoides* y *Lupinus montanus*. Las especies vasculares que conforman esta comunidad presentan amplios gradientes altitudinales de distribución. Hacia el límite inferior, penetran en el bosque de *Pinus* y hacia el superior, en la parte media del zacatonal. Son pocas las especies restringidas a esta comunidad. Corresponde a la comunidad del 'zacatonal propiamente dicho bajo' propuesto por Almeida et al. (1994).

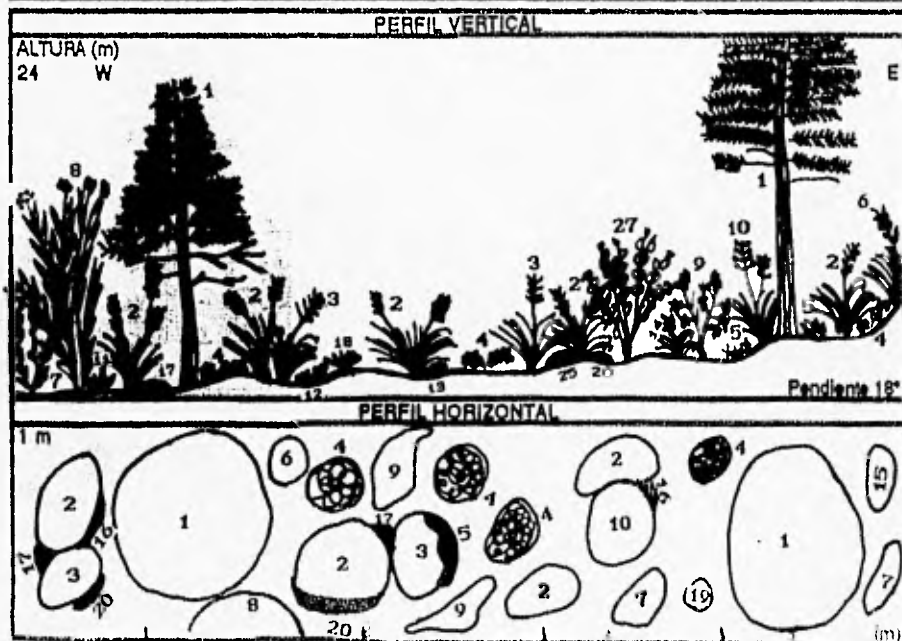
COMUNIDAD 4. *Pinus hartwegii*-*Festuca toluensis*

(Tabla 1 Asociación 4) (Lev. 22 Tipo) (Fig. 12).

FISIONOMIA: Se trata de un bosque de *Pinus* de una sola especie *hartwegii* muy abierto, con un estrato herbáceo dominado por gramíneas amacolladas.

Fig. 12 COMUNIDAD 4. Ass. *Pinus hartwegii*-*Festuca toluensis*

ESTRATO	ESPECIE	COBERTURA	ABUNDANCIA	FRECUENCIA	TALLA
		PROMEDIO	PROMEDIO	(%)	(m)
A	1 <i>Pinus hartwegii</i>	40-60	A	80-100	24.14
H	2 <i>Festuca toluensis</i>	20-40	A	80-100	1.08
H	3 <i>Calamagrostis toluensis</i>	20-40	A	80-100	0.87
H-R	4 <i>Lachemilla procumbens</i>	20-40	A	80-100	0.13
Ar	5 <i>Acaena elongata</i>	20-40	A	40-60	1.00
H	6 <i>Cinna poiformis</i>	10-20	R	60-80	0.52
H	7 <i>Penstemon gentianoidea</i>	5-10	A	60-80	1.12
Ar	8 <i>Senecio cinerarioides</i>	5-10	R	80-100	2.00
H	9 <i>Lupinus montanus</i>	5-10	R	80-100	0.87
H	10 <i>Muhlenbergia quadridentata</i>	5-10	E	20-40	0.50
R	11 <i>Solanum demissum</i>	5-10	R	20-40	0.05
H	12 <i>Brachypodium mexicanum</i> var	1-5	E	20-40	0.30
R	13 <i>Leptodontium</i> sp.	1-5	E	20-40	0.02
H	14 <i>Trisetum spicatum</i>	1-5	E	10-20	0.25
H	15 <i>Agrostis toluensis</i>	1-5	R	20-40	0.10
R	16 <i>Campylopus</i> sp.	1-5	E	20-40	0.02
R	17 <i>Bryum argenteum</i> /sp.	1-5	R	60-80	0.02
H	18 <i>Geranium aristosepalum</i>	1-5	E	10-20	0.02
H	19 <i>Poa conglomerata</i>	1-5	E	10-20	0.15
R	20 <i>Thuidium</i> sp.	1-5	R	40-60	0.03
R	21 <i>Phacelia platycarpa</i>	1	R	40-60	0.07
H	22 <i>Gnaphalium liebmannii</i>	1	E	40-60	0.03
R	23 <i>Ranunculus donianus</i>	1	R	20-40	0.05
Ar	24 <i>Senecio reticulatus</i>	1	E	20-40	0.35
R	25 <i>Arenaria reptans</i>	1	E	40-60	0.04
R	26 <i>Geranium seemanii</i>	<1	E	10-20	0.30
Ar	27 <i>Baccharis conferta</i>	<1	E	20-40	1.25
H	28 <i>Draba jorullensis</i>	<1	E	10-20	0.40
R	29 <i>Gnaphalium</i> sp.	<1	E	10-20	0.03
H	30 <i>Hieracium mexicanum</i>	<1	E	10-20	0.08
H	31 <i>Oxalis alpina</i>	<1	E	20-40	0.18
R	32 <i>Portulacaceae</i>	<1	E	20-40	0.02



Su estructura está compuesta por 4 estratos: el estrato pasante definido hasta 5 cm, cubre en promedio 25% del área, contiene principalmente hierbas y en menor proporción musgos, caso contrario a las comunidades anteriores. El estrato herbáceo cubre en promedio 80% del terreno y mide de 80 cm hasta un máximo de 1.5 m, formado principalmente por gramíneas (60%) y otras hierbas (20%). El estrato arbustivo es abierto y menos aislado que en la comunidad anterior, cubre menos del 25% y mide en promedio 2 m.

El estrato arbóreo es abierto, tiene en promedio 154 árboles por hectárea, de 21 m de alto (rango 15-28 m), generalmente de troncos rectos con D.A.P. de 1.62 m (intervalo de 1-2.69 m). La altura de la primera rama es en promedio 10 m (rango 4-17), la copa es hemisférica y juntas cubren aproximadamente el 50% del terreno. Los árboles jóvenes son raros y escasos, se encontraron en la región superior y media de la comunidad.

La densidad y altura de los árboles son menores en la parte superior hacia la línea de árboles, donde generalmente están muy esparcidos, por arriba de la línea de árboles algunos están muertos en pie con formas grotescas, los otros son de baja estatura, ramificados desde los 4 m, generalmente las ramas bajas están secas. Las copas están deformadas probablemente por el peso de la nieve en invierno (Obieta y Sarukhan, 1981).

El aspecto de la comunidad cambia a lo largo del año, en la temporada de lluvia aumenta la cantidad de follaje y color verde. Esto se debe, en parte al cambio de tono en los musgos, la aparición de especies anuales en los estratos pasante y herbáceo son comunes: *Cerastium nutans*, *Draba jourullensis*, *Phacelia platycarpa* entre otras, por otro lado la cobertura de las especies aumenta de la estación seca a la húmeda, en 10% como se aprecia en: *Festuca tolucensis*, *Penstemon gentianoides*, *Lupinus montanus*, *Acaena elongata* y *Brachypodium mexicanum* y hasta 50% en *Lachemilla procumbens*. Por otro lado, las especies de *Senecio* son más

notorios con sus inflorescencias en esta época, al comenzar el invierno los aquenios son dispersos por casi toda el área dando un aspecto blancuzco a la comunidad.

COMPOSICION Y SINTAXONOMIA. Es la comunidad estudiada mas diversa presenta 40 especies en total de ellas 4 son musgos. Casi 15 (37%) de ellas tienen cobertura <1. Comparte 8 especies vasculares con el zacatonal inferior, 3 con el medio y ninguna con el superior.

Las especies en el estrato herbáceo con mayor cobertura son las gramíneas *Calamagrostis toluensis* 25% y *Festuca toluensis* 30%, en menor proporción *Cinna poiformis* 10% y aproximadamente 12 especies más, entre las que sobresalen *Lachemilla procumbens* 24% y *Penstemon gentianoides* 8%. El estrato arbustivo contiene 4 especies, que difieren totalmente a las encontradas en la comunidad anterior, estas son: *Senecio cinerarioides* con cobertura promedio de 8%, *Acuena elongata* 16%, *Senecio reticulatus* 1% y *Baccharis conferta* <1%. *Lachemilla procumbens* se desarrolla en el estrato rasante y herbáceo.

La forma de vida dominante es hemicriptofita (59%) seguida de fanerofita (18%) y camefita (12%), las terofitas y geofitas están representadas con valores bajos <6%.

ECOLOGIA: Esta comunidad generalmente se encuentra en laderas con pendiente mayor a 20°. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es mayor de 1000 mm y se concentra principalmente en 6-7 meses. La temperatura media anual es de 7.7°C, ocasionalmente se ve afectada por nevadas de poca duración. La humedad atmosférica no es elevada.

El suelo es físicamente menos poroso que en las comunidades del zacatonal alpino, de color café grisáceo oscuro y muy oscuro en humedad con mayor proporción de materia orgánica. Es

moderadamente ácido (pH 5-6). No presenta suelo desnudo porque esta cubierto por vegetación u hojarasca (<25%), así como tampoco rocas y arcillas. (Tablas 2 y 3).

Es la comunidad con mayor perturbación, registrándose principalmente pastoreo, ramoneo y en menor escala tala, quema y ocoteo. La cobertura y el número de especies indicadoras de perturbación es alta (8), lo demuestra principalmente: *Lachemilla procumbens* con cobertura de 20-40%, *Penstemon gentianoides* 3-10%, *Acaena elongata* 5-20% y *Senecio cinerarioides* 3-25%, además de *Phacelia platycarpa* y *Solanum demissum* que se desarrollan en los claros con cobertura baja (1-10%).

Es interesante que la densidad arbolesde esta comunidad es baja comparada con los resultados de Anaya, et al. (1980) en la misma vertiente en el Iztaccihuatl donde reporta 350 árboles por hectárea.

DISTRIBUCION. El límite superior de esta comunidad se marca sobre la línea de árboles de *Pinus hartwegii* que en esta ladera se encuentra por arriba de los 3800 msnm, de acuerdo a Beaman (1962) este límite presenta relación directa con la topografía y los recientes depósitos de ceniza volcánica. El límite inferior de esta comunidad se encuentra alrededor de los 3400 msnm.

La máxima altitud de los árboles es por las lomas de las barrancas, mientras que la mínima es por las depresiones de las cañadas, tanto en el límite superior con el zacatonal alpino, como el inferior con el bosque de *Abies religiosa*.

Es notorio que para muchos taxa (8), el límite altitudinal máximo coincide con la línea superior de los árboles, en tanto el inferior no está definido, porque la mayoría de ellos se continúan hacia el bosque de *Abies*. La única especie restringida a este nivel es *Pinus hartwegii*.

B.- FITODIVERSIDAD

El transecto de estudio comprende un intervalo altitudinal de aproximadamente 900 m. El número de ejemplares colectados fue alrededor de 200, agrupados en: 23 familias, 39 generos y 52 especies de plantas vasculares y 8 familias, 12 generos y 13 especies de briofitas. (Tabla 4).

Las familias de plantas vasculares mejor representadas con mayor número de especies son: Compositae (19), Gramineae (10) y Caryophyllaceae (5), de briofitas (musgos) son: Dicranaceae (4) y Pottiaceae (2). (Cuadro 2)

Las especies totales en cada familia están relacionadas en alto porcentaje a una subfamilia¹: la Compositae a la Senecioidea con 53%, la Gramineae a la Festucoidea con 56% y la Caryophyllaceae a la Alsinea con 100%. Para Packer (1974) la distribución de los taxa alpinos dentro de las familias, sugiere que la diversificación ha ocurrido en diferentes tiempos en las diferentes familias.

RIQUEZA ALTITUDINAL

Se obtuvo la riqueza altitudinal comparando el número de familias, generos y especies en las asociaciones encontradas en el gradiente altitudinal (Cuadros 3 y 4).

Las familias de briofitas (musgos) que se encuentran en todo el gradiente son: Bryaceae, Dicranaceae y Pottiaceae y de familias plantas vasculares son: Caryophyllaceae, Compositae y Gramineae. Todas las anteriores componen la comunidad 1 (zacatonal superior). En la comunidad 2 (zacatonal medio) se añade Cruciferae para un total de 7 familias. En la comunidad 3 (zacatonal inferior) además de las que se encuentran en todas las comunidades, se suman Leguminosae, Saxifragaceae y Scrophulariaceae con un total de 9 familias. En la comunidad 4 (bosque subalpino) se añaden además de

¹Subfamilias en base a Hitchc, 1926.

CUADRO 2.			
Fitodiversidad de la zona alpina y subalpina			
familias de briofitas y plantas vasculares			
G= géneros E= especies			
	FAMILIA	G	E
BRIOFITAS	DICRANACEAE	4	4
	POTTIACEA	2	2
	POLYTRICHACEAE	1	1
	LESKEACEAE	1	1
	HYPNACEAE	1	1
	DISTRICHACEAE	1	1
	BRYACEAE	1	1
	BARTRAMEACEAE	1	1
PLANTAS VASCULARES	GRAMINEAE	8	10
	COMPOSITAE	6	19
	CARYOPHYLLACEAE	2	5
	ROSACEAE	2	2
	PINACEAE	2	2
	SCROPHULARIACEAE	2	2
	GERANIACEAE	1	2
	LILIACEAE	1	1
	OXALIDACEAE	1	1
	HYDROPHYLLACEAE	1	1
	JUNCACEAE	1	1
	RANUNCULACEAE	1	1
	BORAGINACEAE	1	1
	ERICACEAE	1	1
	ONAGRACEAE	1	1
	SAXIFRAGACEAE	1	1
	IRIDACEAE	1	1
	CRUCIFERAE	1	1
	LORANTHACEAE	1	1
	LEGUMINOSAE	1	1
ORQUIDACEAE	1	1	
SOLANACEAE	1	1	
UMBELLIFERAE	1	1	

Leguminosaeae y Scrophulariaceae, 15 familias más, para 24 en total (Cuadro 3).

Con relación a los generos, tres musgos *Bryum*, *Campylopus*, *Leptodontium*; y de plantas vasculares: *Arenaria*, *Senecio* y *Festuca* se encuentran en todas las comunidades. Estos son los componentes del zacatonal superior (comunidad 1), para un total de 6 taxa. Los generos que se encuentran, en las comunidades 2, 3 y 4 son: *Calamagrostis*, *Trisetum*, *Hieracium* y *Draba*. En el zacatonal medio (comunidad 2) se suma *Cerastium* para un total de 11 generos. En el zacatonal inferior (comunidad 3) se añaden *Symblypharis*, *Ceratodon*, *Agrostis*, *Ribes*, *Lupinus*, *Penstemon*, *Gnaphalium* y *Geranium* para un total de 19, los últimos se presentan en la bosque subalpino (comunidad 4), se añaden *Thuidium* y 14 generos con un total de 30 (Cuadro 4).

Las especies que se encuentran en todo el gradiente son 3 musgos: *Bryum argenteum*, *Campylopus sp.*, *Leptodontium sp.* y ninguna especie de plantas vasculares. Las especies vasculares más tolerantes a los cambios en el gradiente altitudinal por su amplia distribución, se encuentran en las comunidades 2, 3 y 4 son: *Calamagrostis toluensis* (abundante) y *Trisetum spicatum* (escasa).

Las especies que se encuentran en el zacatonal superior (comunidad 1) son en promedio 6, de ellas 3 son musgos; en el zacatonal medio e inferior (comunidades 2 y 3) son 9 especies en promedio y 3 de ellas son musgos. Este dato es muy similar al reportado para la vertiente NO de casi 8 especies en promedio para zona alpina del Popocatepetl, mucho más pobre que el páramo y la puna Sudamericanas (Almeida, et al. 1994). Las especies que se encuentran en el bosque (comunidad 4) son aproximadamente 40, en promedio 16 por releve, de ellas 3 o 4 son musgos.

En este estudio puede apreciarse que conforme la altitud disminuye, el número de taxa a todos los niveles aumenta. En el cuadro 5 se ilustra esta distribución.

Cuadro 3. Distribución de familias en las asociaciones.
El "+" indica presencia dentro del nivel altitudinal de cada comunidad.

FAMILIA/COMUNIDAD	1	2	3	4
BRYACEAE	*	*	*	*
CARYOPHYLLACEAE	*	*	*	*
COMPOSITAE	*	*	*	*
DICRANACEAE	*	*	*	*
GRAMINEAE	*	*	*	*
POTTIACEAE	*	*	*	*
LEGUMINOSAE			*	*
CRUCIFERAE		*	*	*
SAXIFRAGACEAE			*	*
SCROPHULARIACEAE			*	*
GERANIACEAE				*
HYPNACEAE				*
IRIDACEAE				*
LESKEACEAE				*
LILIACEAE				*
LORANTHACEAE				*
ONAGRACEAE				*
ORCHIDACEAE				*
OXALIDACEAE				*
PINACEAE				*
RANUNCULACEAE				*
ROSACEAE				*
SOLANACEAE				*
UMBELLIFERAE				*
TOTAL	6	7	9	24

1= 4200-4300 msnm.

2= 4000-4200 msnm

3= 3600-4000msnm

4= 3400-3600 msnm

Cuadro 4. Distribución de géneros en las asociaciones.
El "+" indica presencia dentro del nivel altitudinal de la comunidad.

GENERO/COMUNIDAD	1	2	3	4
Arenaria	*	*	*	*
Bryum	*	*	*	*
Camp. ytopus	*	*	*	*
Festuca	*	*	*	*
Leptodontium	*	*	*	*
Senecio	*	*	*	*
Draba		*	*	*
Trisetum		*	*	*
Calamagrostis		*	*	*
Hieracium		*	*	*
Cerastium		*	*	*
Penstemon			*	*
Gnaphalium			*	*
Agrostis			*	*
Lupinus			*	*
Geranium			*	*
Ribes			*	*
Ceratodon			*	*
Symblepharis			*	*
Pinus				*
Hypnaceae				*
Acaena				*
Muhlenbergia				*
Solanum				*
Poa				*
Pottiaceae				*
Cinna				*
Thuidium				*
Lachemilla				*
Ranunculus				*
Oxalis				*
Baccharis				*
Phacelia				*
Brachypodium				*
TOTAL	6	11	19	30

Cuadro 5. Diversidad de las comunidades vegetales.

COMUNIDAD	Altitud	FAMILIAS	GENEROS	ESPECIES	BRIOFITAS
Zac.sup.	4200-4300	6	6	6	3
Zac.med.	4000-4200	7	11	15	4
Zac.inf.	3600-4000	9	19	27	4
B.subalp.	3400-3800	24	30	40	4

En el cuadro 5 se especifica en la última columna cuantas especies del total son briofitas, estas se mantienen entre 3-4 por lo que en la tabla 2 aparecen como especies acompañantes, esto es debido a que se encuentran fuertemente asociadas a las macollas de las gramíneas, las cuales crean su propio microclima dado por el calor generado en la transpiración (Lauer y Klaus, 1975).

C.- ESTRUCTURA y ESPECTROS BIOLÓGICOS

Por lo que se refiere a la estructura de las comunidades estudiadas cabe señalar lo siguiente con respecto al aumento de la altitud (ver Tabla 1). La estructura es más sencilla por una tendencia a reducir el número de estratos, la superficie con vegetación disminuye siendo más abierta la distancia entre las macollas, la diversidad de especies (principalmente de plantas vasculares) en las comunidades a lo largo del gradiente disminuye así como la talla de las poblaciones. Los estratos mejor representados a lo largo del gradiente son el herbáceo y rasante con 19 especies cada uno (85%) no así el arbustivo con 5 (11%) y el arbóreo con 2 (4%). Además conforme aumenta la altitud el estrato rasante tiende a ser más conspicuo caso contrario con el herbáceo y arbustivo.

Existe una relación inversa entre la cobertura del dosel arbóreo y las gramíneas bajo el mismo y de la cobertura de gramíneas con las hierbas del estrato rasante, esto indica cierta relación con la cantidad de luz que pasa al estrato inferior. No

se presenta la misma relación entre la cobertura de los árboles-arbustos y gramíneas-musgos.

Las principales características biológicas de las especies vegetales que predominan en la zona alpina y subalpina estudiadas son hierbas (80%) perennes (90%), con tendencia a tamaño reducido y órganos vegetativos en la época desfavorable a nivel de suelo o hemicriptofitas (75%), con desarrollo de tallos u hojas en la base en forma de roseta (27%), macollos (11%) o cojín (20%).

La forma de vida mejor caracterizada en todo el gradiente, es la hemicriptofita (He) con 75% le siguen fanerofita (Fa) 10%, camefita (Ca) y terofita (Te) con 6% cada una y por último las geofitas (Ge) con 3%. En el cuadro 6 se muestran los porcentajes de espectros de forma de vida de especies de plantas vasculares y musgos en las diferentes comunidades estudiadas.

Cuadro 6. Espectros forma de vida en las comunidades

Total spp	Fa (%)	Ca (%)	He (%)	Ge (%)	Te (%)	Musgos (%)	Comunidad
6	*	*	50	*	*	50	ZACATONAL SUP.
15	*	*	75	*	*	25	ZACATONAL MEDIO
27	18	9	45	5	5	18	ZACATONAL INF.
40	18	12	40	6	5	19	BOSQUE SUBALPINO

* no se registró

Los resultados de el cuadro 6, reflejan que a mayor altitud (zacatonal alpino superior) las hemicriptofitas (He) y musgos predominan. En el zacatonal alpino medio el número de especies totales aumenta, principalmente las hemicriptofitas. En las comunidades del zacatonal inferior y bosque subalpino, hay mas diversidad y mayor distribución de las formas biológicas, aquí las hemicriptofitas presentan menos del 50% de las especies, las fanerofitas y camefitas presentan mas especies que las geofitas y terofitas.

El porcentaje de musgos, en el Cuadro 6 disminuye del

zacatonal superior al bosque subalpino y el número de especies totales en cada comunidad aumenta, en realidad este aumento es en plantas vasculares ya que el número de especies de musgos se mantiene constante.

La comparación entre los espectros biológicos, refleja que cuanto más extremas sean las condiciones climáticas resultado del incremento de la altitud, el número de especies disminuye tiendiendo a una misma forma de vida. Esto sugiere que las características morfológicas de las plantas desempeñan un papel importante en el aclimamiento al ambiente alpino en que viven.

Beaman *et al.* (1962) muestran que genéticamente, la flora alpina y subalpina mantienen un alto grado de variabilidad de genes, por cambios estructurales y reducción en el número de cromosomas, alta frecuencia de especies poliploides que, invariablemente juegan un papel importante en la flora alpina.

Para un enfoque ecológico sería más adecuado expresar el espectro biológico en porcentaje de cobertura relativa de cada forma de vida (Braun-Blanquet, 1932). (Cuadro 7.)

Cuadro 7. Espectros biológicos por cobertura relativa.

Fa	Ca	He	Ge	To	Musgos	Comunidad
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
*	*	92	*	*	13	ZACATONAL SUPERIOR
*	*	89	*	*	11	ZACATONAL MEDIO
13	14	61	1	1	10	ZACATONAL INFERIOR
34	17	42	1	2	5	BOSQUE SUBALPINO

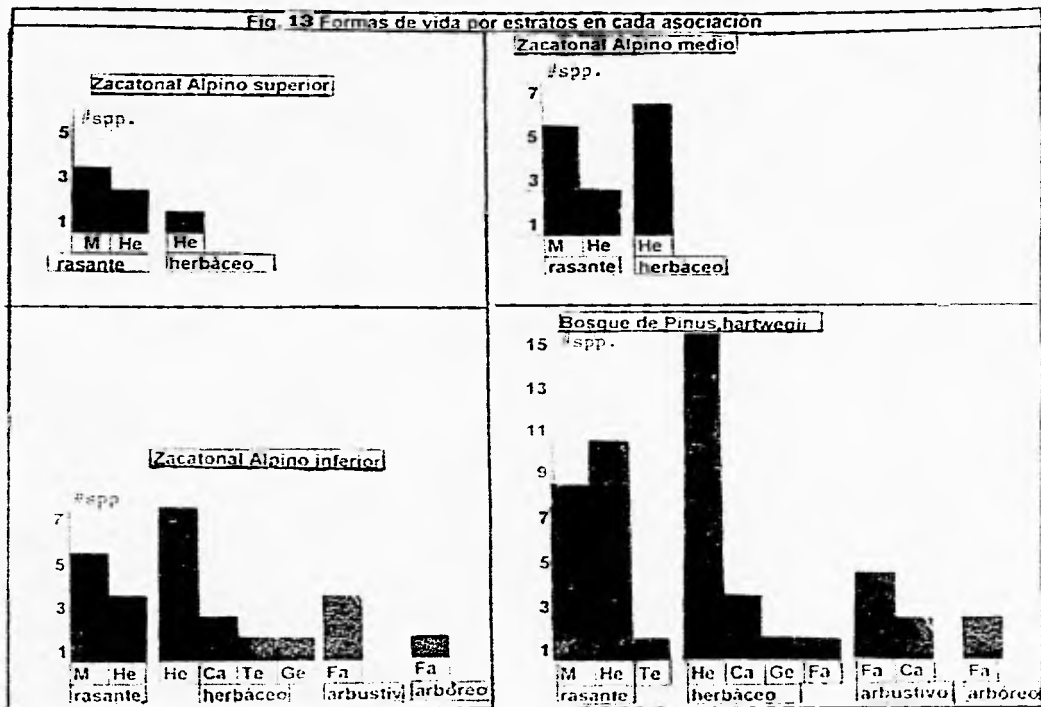
* no se repite

En cuanto a la cobertura relativa de las formas de vida persiste la dominancia de las hemicriptofitas (He) en las comunidades del zacatonal alpino y bosque subalpino. Comparando este resultado con los espectros por número de especies se aprecian diferencias importantes, unos valores aumentan y otros disminuyen por ejemplo: En el zacatonal superior las

hemicriptofitas presentan mayor cobertura que los musgos aunque ambos tienen igual número de especies. En el zacatonal medio las hemicriptofitas presentan mayor cobertura con menor número de especies que en el zacatonal superior. En el zacatonal inferior las fanerofitas disminuyen su porcentaje de cobertura con respecto a número de especies, lo que indica que aunque son más especies y cubren menos área, caso contrario de las caméfitas. Las hemicriptofitas tienen igual relación, son más especies y presentan mayor cobertura. En el bosque subalpino las fanerofitas y caméfitas aumentan su cobertura en relación al número de especies que presentan, las hemicriptofitas tienen igual relación de porcentaje de especies y cobertura, las goefitas y terofitas tienen pocas especies y baja cobertura.

SINUSIAS Se entiende por sinusia un conjunto de plantas con estructura sencilla y ecológicamente homogénea, integrado por formas de vida semejantes. Las sinusias coinciden muchas veces con los estratos de una asociación (Braun-Blanquet, 1932). Como una forma de describir las comunidades pueden estudiarse las sinusias e indicar como se componen en cada asociación (Matteucci y Colma, 1982). Se obtuvieron las formas de vida de las especies por estratos en cada comunidad (Fig. 13). Es notorio que las especies en los diferentes estratos están dominados por una forma de vida. En el estrato pasante predominan los musgos sobre las hemicriptofitas, excepto en el bosque subalpino donde predominan las hemicriptofitas sobre los musgos y las terofitas. En el herbáceo predominan las hemicriptofitas, siendo en el zacatonal superior y medio las únicas formas de vida de este estrato, en el zacatonal inferior y bosque subalpino es el más diverso con cuatro formas de vida. Los estratos arbustivo y arboreo se encuentran en las comunidades del zacatonal inferior y bosque subalpino donde predominan las fanerofitas.

Fig. 13 Formas de vida por estratos en cada asociación



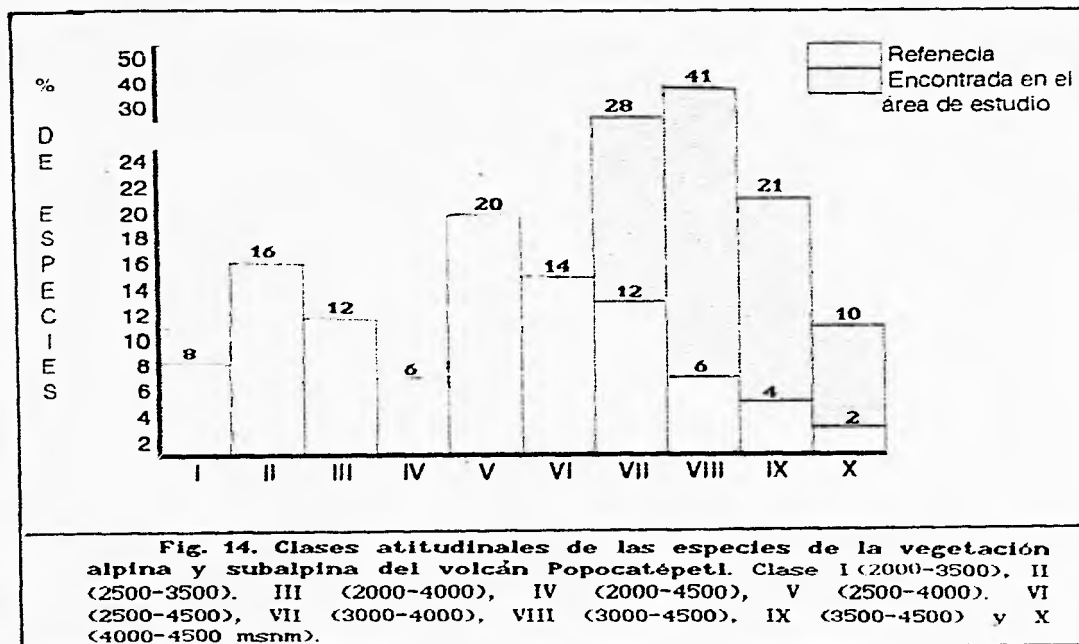
D.- DISTRIBUCION VERTICAL

Para la distribución vertical de las especies se tomó el intervalo altitudinal de referencia para cada especie reportado por Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990) y el registro de observación directa encontrado en este estudio (Anexo 2). Con los datos reportados se establecieron diez clases o intervalos altitudinales (Fig. 14).

Las clases con mayor porcentaje de especies tienden a intervalos altitudinales amplios como la V que va de 2500 a 4000 msnm con 20% de especies, le siguen las clases II (2500-3500 msnm) con 16%, VI (2500-4500 msnm) con 14%, III (2000-4000 msnm) y VII (3000-4000 msnm) con 12% cada una (Fig. 14).

Sobre las clases ya establecidas se sumaron los datos altitudinales registrados en este estudio, encontrando un solapamiento en solo 4 de ellas, la clase VIII con 41% con el mayor porcentaje de especies y la clase IX con 21% abarcan el intervalo altitudinal de muestreo de este estudio, seguida de la clase VII con 28% que abarca la comunidad del bosque de *Pinus hartwegii* y en último lugar la clase X con 10% donde se desarrollan las comunidades del zacatonal alpino.

En este resultado se destaca que se trata principalmente de especies montañas, que ninguna de ellas se encuentra por debajo de los 2000 msnm, encontrándose generalmente arriba de los 2500 msnm, que de acuerdo a la referencia el 68% de especies se deberían de encontrar hasta los 3500 msnm (clases I y II) y los 4000 msnm (clases III, V y VI) que es el límite superior del bosque subalpino, se registró el 28% (clase VII). El 30% de especies se debería encontrar en ambos ambientes alpino y subalpino (clases IV, VI, VIII y IX), se registró el 41% (clase VIII) y por último solo 2% de especies (clase X) se esperaría encontrar dentro de la zona alpina, registrándose el 10% de especies.



E-ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como una forma de comprobar las asociaciones vegetales de la tabla fitogeográfica, se realizó un análisis estadístico multivariado por medio de una ordenación polar y una clasificación por aglomeración de unión promedio.

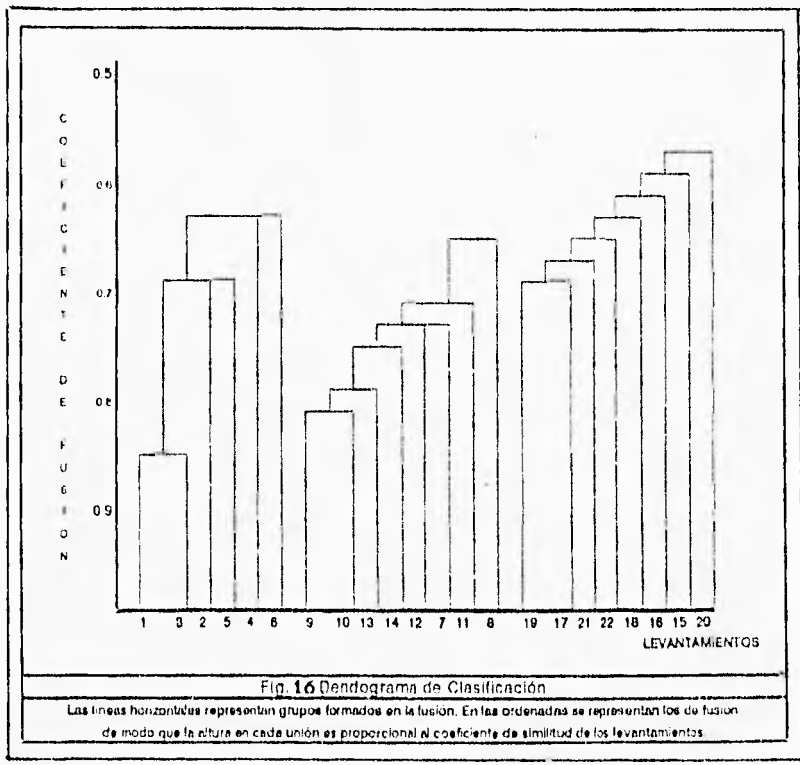
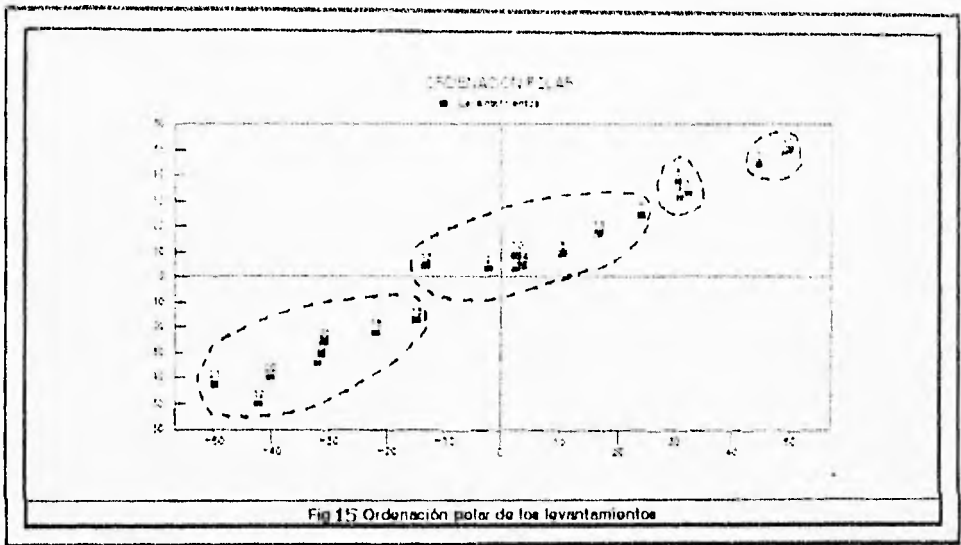
Ordenación: En la ordenación polar (Fig. 15) se presenta una nube elipsoidal de puntos, lo cual es debido al gradiente altitudinal, es decir, las muestras se acomodan en ejes ambientales que están influenciados principalmente por la altitud. Este método de ordenación consiste en ubicar todas las muestras sobre un eje en función del porcentaje de distancias entre cada una de ellas, de dos muestras escogidas como puntos extremos del eje (Anexo 3).

Dentro de esta nube elipsoidal se puede distinguir dos tipos de nubes de puntos: los levantamientos (releves) del número 13 al 22 que corresponde a la comunidad de *Bosque de Pinus hartwegii* y los levantamientos (releves) del 7 al 14 que corresponde al zacatonal alpino inferior, estos presentan nubes elipsoidales. En tanto los levantamientos del 1-3 y 4-6 presentan dos nubes esféricas relativamente aisladas entre sí dando lugar a las comunidades del zacatonal alto y medio respectivamente.

Clasificación: El sistema de clasificación empleado es por aglomeración de unión promedio que provee una clasificación politética, aglomerativa y jerárquica. Consiste en dividir el sistema multidimensional en compartimientos con mayor similitud entre sí.

Los resultados se grafican en un dendrograma (Fig. 16) donde se presenta la secuencia de las fusiones. Esto equivale a decir que los grupos formados son más similares entre sí que los restantes, en este caso son debidos a la composición florística de las comunidades clasificadas.

Los levantamientos (releves) que presentan mayor coeficiente



de tuerca con los levantamientos 1 y 3 correspondientes al zacatonal superior, seguido de los levantamientos del 7 al 11 que se agrupan dando lugar al zacatonal inferior, siguiendo el mismo orden se agrupan los del zacatonal medio con el zacatonal superior y por ultimo los levantamientos correspondientes al bosque de *Pinus hartwegii*.

Cabe destacar que el coeficiente de fusion de las muestras es muy alto ya que casi todas se agrupan por debajo de 0.50 (Fig. 16).

En los resultados de ambos metodos estadisticos (ordenacion y clasificacion) se obtuvieron grupos consistentes que permiten una semejanza con los grupos obtenidos en la tabla fitosociologica, correspondiendo en gran medida al arreglo altitudinal propuesto. Por lo que se puede decir que las comunidades vegetales propuestas son naturales.

F.- RESULTADOS EDAFOLOGICOS

Puede distinguirse una estrecha relacion entre los cambios de la cubierta vegetal y las propiedades del suelo, lo cual permite una division gruesa en dos clases: suelos del zacatonal alpino y suelos del bosque de *Pinus hartwegii*. Se distinguen a su vez semejanzas y diferencias entre las propiedades fisicas y quimicas en las asociaciones vegetales. (Tabla 2 y 3).

SUELOS DE ZACATONAL ALPINO: Se caracterizan por que no tienen estructura, no hay diferenciacion de horizontes diagnosticos, por lo que se trata de suelos juvenes. El color (Munsell, 1954) en seco es obscuro, de 10YR 5/1 gris a 10YR 3/2 pardo grisaceo y en humedo de 10YR 4/1 gris obscuro a 10YR 2/1 negro. El cambio en el matiz puede explicarse por que el suelo es poco intemperizado y los minerales principalmente vidrios claros (Miellich y Ertl, 1978) sufren poco cambio. La brillantez es menor en el suelo seco que en el humedo y en ambos la intensidad es baja.

TABLA 2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA VERTIENTE OESTE DEL VOLCAN POPOCATEPÉTIL, MEX.

ALTITUD	COMUNIDAD	PROFUNDIDAD (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	DENSIDAD APARENTE R _{1.25} (gr/ml)	DENSIDAD REAL (gr/ml)	ESPACIO POROSO %	COLOR		COLOR	COLOR	
								EN SECO	EN HUMEDO		EN SECO	EN HUMEDO
4200	Z. ALPINO SUP.	0-30	4.50	4.50	1.80	2.60	43	10YR 5/1	GRIS		10YR 4/1	GRIS OSCURO
4200	Z. ALPINO MED	0-30	4.90	4.50	1.31	2.38	44	10YR 4/2	CAFE GRISACEO OSCURO		10YR 3/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO
4120	Z. ALPINO MED	0-30	5.50	5.00	1.33	2.60	55	10 YR 4/1	GRIS OSCURO		10YR 3/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO
4050	Z. ALPINO MED	0-30	5.20	5.20	1.51	2.00	45	7.5YR 5/0	GRIS		7.5YR 3/2	CAFE OSCURO
4000	Z. ALPINO MED	0-30	6.20	5.40	1.68	2.57	39	10YR 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO		10YR 2/1	NEGRO
4000	Z. ALPINO INF.	0-30	5.30	5.25	1.34	2.08	50	7.5YR 5/2	CAFE		7.5YR 4/2	CAFE MUY OSCURO
3880	Z. ALPINO INF.	0-30	5.60	5.20	1.38	2.57	52	7.5YR 3/0	GRIS MUY OSCURO		7.5YR 3/0	GRIS MUY OSCURO
3890	Z. ALPINO INF.	0-30	6.80	5.70	1.58	2.67	41	10YR 5/1	GRIS		10YR 3/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO
3820	Z. ALPINO INF.	0-30	6.40	5.90	1.47	3.48	58	10YR 2/1	NEGRO		10YR 2/1	NEGRO
3800	Z. ALPINO INF.	0-30	6.60	5.95	1.40	2.63	47	7.5YR 2/0	GRIS		7.5YR 2/1	NEGRO
3710	Z. ALPINO INF.	0-30	6.30	6.30	1.47	3.14	65	10YR 2/1	NEGRO		10YR 2/1	NEGRO
3600	Z. ALPINO INF.	0-30	6.40	5.55	1.38	2.28	38	10YR 2/1	NEGRO		10YR 2/1	NEGRO
3780	B. SUBALPINO	0-30	5.50	4.85	1.00	2.01	45	10YR 3/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO		10YR 3/1	GRIS MUY OSCURO
3700	B. SUBALPINO	0-30	5.30	4.80	1.18	1.38	17	10YR 4/2	CAFE GRISACEO OSCURO		10YR 3/1	GRIS MUY OSCURO
3660	B. SUBALPINO	0-30	5.90	5.15	1.14	1.31	30	10YR 3/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO		10YR 3/1	GRIS MUY OSCURO
3500	B. SUBALPINO	0-30	6.00	5.55	1.14	2.98	62	7.5YR 5/2	CAFE		10YR 3/2	CAFE OSCURO
3500	B. SUBALPINO	0-30	5.30	5.25	1.01	2.00	52	10YR 3/2	PARDO GRISACEO MUY OSCURO		10YR 3/1	GRIS MUY OSCURO
3440	B. SUBALPINO	0-10	5.60	5.30	1.35	2.63	52	7.5YR 4/2	CAFE/CAFE OSCURO		7.5YR 3/2	CAFE OSCURO
		10-20	4.50	4.80	0.38	1.66	24	10YR 4/3	CAFE OSCURO		10YR 2/2	CAFE MUY OSCURO
		20-30	6.10	5.35		2.13		10YR 4/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO		10YR 3/2	CAFE GRISACEO MUY OSCURO
3430	B. SUBALPINO	0-30	6.40	5.60	1.28	2.28	47	7.5YR 3/2	CAFE OSCURO		7.5YR 3/2	CAFE OSCURO

La textura es arcillo-migajosa, con valores altos de arena (34), intermedios de limo (44) y bajos de arcilla (2) (Domínguez, 1975). Las partículas sólidas son más bien gruesas con alto porcentaje de espacio poroso promedio de 40 a 50%, lo que hace aumentar la aireación y la superficie de contacto del suelo. El **zacatonal superior** presenta alta densidad aparente (1.5 gr/cm³) y real (2.2 gr/cm³), disminuyendo hacia el **zacatonal inferior** con valores de 1.3 y 2.2 gr/cm³ respectivamente. Esto puede ser debido al aumento del material pumiceo presente principalmente en la comunidad del **zacatonal superior**. Las propiedades texturales favorecen la lixiviación de nutrientes del suelo y consecuentemente una alta formación de alfano lo que puede explicar la retención de humedad.

El pH es ácido (4.5) en el **zacatonal superior** a ligeramente ácido (5.6) en el **zacatonal inferior**. El nitrógeno y el fósforo presentan valores bajos, el primero disminuye hacia el **zacatonal inferior** y el segundo aumenta, estos macroelementos están relacionados con la cantidad de materia orgánica que se descompone por lo que se trata de suelos con baja potencialidad cultivable.

El suelo no presenta un horizonte superficial de materia orgánica, por lo que el contenido de esta, es bajo de 1 a 3.5%, estos valores pueden ser atribuibles a una descomposición lenta de la poca vegetación, por el congelamiento de la capa superficial que aumenta con la altitud (Choras 1981). La cantidad de materia orgánica y el alfano están relacionados ya que este último inhibe la actividad de los microorganismos (Etchevers, 1985).

SUELOS DEL BOSQUE DE *Pinus hartwegii*: Este se caracteriza por presentar suelos con estructura profundos, con una capa superficial de materia orgánica de 2 a 10 cm. El color en seco es 10YR 3/1 café grisáceo muy obscuro a 7.5 YR 3/2 café obscuro y en humedad de 10 YR 3/1 gris muy obscuro a 7.5 YR 3/2 café obscuro.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO DE LA VERIENTE OESTE DEL VOLCAN POPOCATEPTL, MEX.

(datos del primer nivel del perfil analizado)

Se presentan solo elementos expresados en forma total.

ALTITUD (MSNM)	TIPO DE VEGETACION	PROF. (cm)	ALOFANO	MAT. ORGA. (%)	CARBONO (%)	P. PO4 (mg/g)	N total (mg/g)	SO4 (2-) (mg/g)	Ca (2+) (mg/g)	Mg (2+) (mg/g)	Na (+) (mg/g)	K (+) (mg/g)
4280	Z. ALPINO SUP.	0-30	BAJO	3.90	2.26	0.28	2.7	0.77	0.27	0.19	0.09	0.08
4200	Z. ALPINO MED	0-30	MEDIO	5.76	3.34	0.27	3.6	0.50	0.23	0.20	0.15	0.12
4120	Z. ALPINO MED	0-30	ALTO	8.56	4.96	0.31	3.2	0.97	0.26	0.22	0.14	0.11
4050	Z. ALPINO MED	0-30	ALTO	6.70	3.89	0.27	3.2	0.39	0.27	0.25	0.12	0.08
4000	Z. ALPINO MED	0-30	BAJO	8.00	4.64	0.16	3.7	0.04	0.19	0.16	0.07	0.05
4000	Z. ALPINO INF.	0-30	ALTO	7.62	4.42	0.22	3.2	0.94	0.10	0.07	0.11	0.10
3890	Z. ALPINO INF.	0-30	BAJO	7.62	4.42	0.24	3.3	0.21	0.27	0.13	0.10	0.06
3860	Z. ALPINO INF.	0-30	ALTO	4.21	2.44	0.28	5.4	0.66	0.43	0.08	0.17	0.06
3820	Z. ALPINO INF.	0-30	BAJO	4.83	2.80	0.15	4.5	0.12	0.15	0.08	0.06	0.04
3800	Z. ALPINO INF.	0-30	ALTO	6.07	3.52	0.28	5.6	0.37	0.35	0.18	0.13	0.07
3710	Z. ALPINO INF.	0-30	ALTO	6.38	3.70	0.32	4.6	1.35	0.42	0.18	0.15	0.07
3500	Z. ALPINO INF.	0-30	ALTO	5.14	2.98	0.15	3.6	0.11	0.19	0.07	0.07	0.03
3780	B. SUBALPINO	0-30	NO HAY	24.67	14.42	0.41	4.1	0.84	0.60	0.25	0.15	0.13
3700	B. SUBALPINO	0-30	MEDIO	18.35	10.54	0.35	5.2	0.70	0.65	0.22	0.15	0.11
3600	B. SUBALPINO	0-30	MUY ALTO	15.56	9.02	0.35	3.3	0.59	0.69	0.19	0.14	0.10
3500	B. SUBALPINO	0-30	MEDIO	18.04	10.46	0.31	3.9	0.55	0.63	0.15	0.12	0.09
3500	B. SUBALPINO	0-30	NO HAY	19.06	11.37	0.53	5.1	0.93	0.51	0.18	0.18	0.17
3440	B. SUBALPINO	0-10	MUY ALTO	22.08	12.61	0.37	4.5	0.90	0.59	0.20	0.14	0.12
		10-20	NO HAY	11.35	6.58	0.34	6.9	1.61	0.55	0.18	0.11	0.08
		20-30	ALTO	17.42	10.10	0.70	10.1	2.67	4.96	1.14	0.14	0.33
3430	B. SUBALPINO	0-30	ALTO	20.53	11.91	0.38	5.2	0.90	0.57	0.17	0.14	0.11

La textura, hacia el límite superior de los árboles es muy fina arenosa con valores altos de arena (71), intermedios de limo (24) y bajos de arcilla (2), en (Domínguez, 1975) y hacia la parte baja del bosque franco arenosa con valores intermedios de arena (50), limo (40) y bajos de arcilla (10) (Anaya, *et al.*, 1980). Es altamente permeable por el alto porcentaje de espacios porosos de alrededor del 50%.

La densidad aparente en toda la comunidad va de 1 a 1.18 gr/ml este dato es afectado por la ceniza volcánica que se encuentra en la superficie que ha sido transportada por medio eólico principalmente hacia la línea superior de árboles. El pH en general en esta comunidad es medianamente ácido alrededor de 5.5, cambiando a más ácidos en los valles (4 a 4.5) y más básico (6.4) en la parte inferior de la comunidad donde se relaciona con el bosque de *Abies religiosa*.

Este suelo se distingue por tener mayor proporción de materia orgánica que en las asociaciones del zacatonal alpino, en promedio 20%, esto es provocado por: la mayor cantidad de vegetación, aumento de la temperatura y precipitación que ayudan a la descomposición de los residuos orgánicos. Cabe mencionar que las plantas perenes suministran menor cantidad de residuos que las plantas anuales, que en todo el transecto se encuentran en baja proporción. Los valores de nitrógeno total son de 4 a 10 mg/g, de calcio de 0.5 a menos de 1 mg/g y de magnesio, sodio, potasio y fósforo (P.P04) con valores promedios de 17 mg/g, 14 mg/g, 13 mg/g y 43 gr/ml respectivamente.

G.- PERTURBACION

Al inicio del presente trabajo se pensó que las comunidades de la vertiente occidental del volcán presentarían poca perturbación esto debido a la falta de vías de acceso y por no ser el área principal de recreo del Parque Nacional, sin embargo, se

comprobo que la influencia antropogénica directa o indirecta ha alterado la composición florística de estas comunidades siendo aún no muy profunda.

Se registraron actividades humanas como rastros de basura, tala y ocoteo de árboles, incendios forestales y pastoreo, se constató que hay alteración, principalmente en el bosque subalpino y que solo las partes altas de el zacatonal alpino están relativamente conservadas.

En el zacatonal alpino superior y medio no es evidente la actividad humana directa. En general la perturbación se presenta bajo condiciones naturales, por erosión en el sentido amplio de modelado del suelo (principalmente transporte eólico, nival y fluvial). Sin embargo las actividades indirectas del hombre se dejan sentir en los últimos años como el registro del retroceso del frente glaciar de la Sierra Nevada con relación al aumento en la concentración de contaminantes en el sur de la cuenca de México.

Dentro del zacatonal inferior se registraron quemas recientes y ramoneo, aumentando hacia la línea superior de árboles, por lo que esta comunidad se puede calificar como semiperturbada.

Dentro del bosque de *Pinus hartwegii* la perturbación es resultado de las actividades humanas directas. Los incendios son provocados para estimular el crecimiento de retoños palatables para el ganado, dañan las gramíneas y los pinos jóvenes. En cuanto al pastoreo no es abundante, el ganado es del tipo bovino, caballar y mular; pastan todo el año sin restricción alguna. Se registro tala moderada, actualmente, la apertura de veredas y caminos para extraer madera está afectando considerablemente la parte baja de esta comunidad la cual ya no pertenece al Parque Nacional. El ocoteo y la especie parasita *Arceuthobium cagninum* se observaron en los troncos de los árboles hacia los 3300m. Áreas de cultivo no se registraron en el transecto de estudio.

Todo esto ha provocado que las especies indicadoras de perturbación como: *Penstemon gentianoides*, *Lupinus montanus*, *Lachemilla procumbens* y *Acaena elongata* tengan cobertura alta, alterando a su vez la composición de la vegetación. Obieta (1977) comprueba que la composición y estructura de la vegetación cambia en áreas perturbadas.

Es claro que estas comunidades han estado expuestas a continuas alteraciones de fuego y pastoreo inducido desde la época de la conquista, de las cuales no se tiene información precisa, sin embargo, la vegetación alpina es muy vulnerable a la perturbación y presenta una recuperación muy lenta (Obieta y Sarukhan, 1981), por lo que se recomienda que cualquier actividad debe ser en extremo cuidadosa.

II.- LISTA FLORISTICA

La lista de especies colectadas se presenta en dos grupos plantas vasculares y briofitas, las familias aparecen en orden alfabético y dentro de cada familia las especies se ordenan en la misma forma. (Tabla 4).

TABLA 4. Lista florística del la zona alpina y subalpina de la vertiente oeste del volcan Popocatepetl.				
FAMILIA/ESPECIE	ESTRATO	TIEMPO DE DEBARRILLO	FORMA DE CRECIMIENTO	FORMA BIOLÓGICA
BORAGINACEAE				
<i>Lithospermum distichum</i> Ortega.	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
CARYOPHYLLACEAE				
<i>Arenaria cryodes</i> Willd. ex Schlicht.	RASANTE	PERENNE	COJIN	HERBACEA
<i>Arenaria lanuginosa</i> Rohrb.	RASANTE	PERENNE	DECUMBENTE	HERBACEA
<i>Arenaria reptans</i> Hornemal	RASANTE	PERENNE	TAPIZ FLOJO/COJIN	HERBACEA
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	HERBACEO	ANUAL	ERECTA	HERBACEA
<i>Cerastium molle</i> Bart.	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
COMPOSITAE				
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	ARBUSTIVO	PERENNE	ERECTA	ARBUSTO
<i>Cirsium nivale</i> Sch.Bp.	RASANTE	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Cirsium</i> sp.	RASANTE	PER-ANUAL	ROSETA	HERBACEA
<i>Coryza schiedeana</i> Cronquist	HERBACEA	PER-ANUAL	ERECTA	HERBACEA
<i>Gnaphalium febrmannii</i> Sch.Bp. ex Klatt	RASA-HER	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Gnaphalium</i> sp 2	RASANTE		ROSETA	HERBACEA
<i>Gnaphalium</i> sp 3	RASANTE		ROSETA	HERBACEA
<i>Gnaphalium</i> sp 1	RASANTE		ROSETA	HERBACEA
<i>Hieracium mexicanum</i> Less. & Charn.	HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Senecio angulifolius</i> DC.	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	ARBUSTO
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bp.	HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Senecio chierarioides</i> Kunth	ARBUSTIVO	PERENNE	ERECTA	ARBUSTO
<i>Senecio maketanus</i> DC.	HER-ARB	PERENNE	ERECTA	ARB-SUFRUT
<i>Senecio ortizbensis</i> Sch.Bp. ex Holmsta!	HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Senecio procumbens</i> Kunth	HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Senecio reticulatus</i> DC.	HER-ARB	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
<i>Senecio roseus</i> Sch. Bp.	HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Senecio saignus</i> DC.	ARBUSTIVO	PERENNE	ERECTA	ARBUSTO
<i>Senecio toluocanus</i> DC.	HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
CRUCIFERAE				
<i>Draba proflensa</i> Kunth	RAS-HERBA	PER-ANUAL	ROSETA	HERBACEA
ERICACEAE				
<i>Penstemon ciliata</i> Small	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	ARBUSTITO
GERANIACEAE				
<i>Geranium anisosepalum</i> Moore	RASANTE	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
<i>Geranium seemanii</i> Peyr.	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
GRAMINEAE				
<i>Agrostis toluocensis</i> Kunth	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Brachypodium mexicanum</i> Link	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Calamagrostis toluocensis</i> (Kunth) Trin	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Cinna poliformis</i> Scribn. & Merr.	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Festuca hephestophila</i> Nees ex Steud.	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
<i>Festuca livida</i> (Kunth) Willd. ex Spreng.	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Festuca toluocensis</i> Kunth	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Muhlenbergia quadridentata</i> Kunth	HERBACEO	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
<i>Poa conglomerala</i> Rupr.	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) Richt.	RAS-HERBA	PERENNE	MACOLLO	HERBACEA
HYDROPHYLLACEAE				
<i>Phacelia platycarpa</i> Spreng.	HERBACEO	PER-ANUAL	RAS-ROSETA	HERBACEA
IRIDACEAE				
<i>Seynchium quadrangulatum</i> Klatt	RAS-HERBA	PERENNE	ROSETA	HERBACEA

<i>Luzula racemosa</i> Cass.	JUNCACEAE	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
	LEGUMINOSAE				
<i>Lupinus montanus</i> Kunth		HER-ARBUS	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
<i>Sisyrinchium Ingleum</i> Kunth	LILIACEAE	HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
	LORANTHIACEAE				
<i>Arceuthobium vaginatum</i> C.Presl		HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
	ONAGHACEAE				
<i>Conoclinium purpureum</i> Muhl.		RASANTE	PERENNE	RASITERA	HERBACEA
	ORCHIDACEAE				
<i>Ophrys sphegodes</i> Schreb.		HERBACEO	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
	OXALIDACEAE				
<i>Oxalis spina</i> Kunth		HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
	PINACEAE				
<i>Abies religiosa</i> Cham. & Schlecht.		ARBOREO	PERENNE	ERECTA	ARBOL
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.		ARBOREO	PERENNE	ERECTA	ARBOL
	RANUNCULACEAE				
<i>Ranunculus donianus</i> Pritz.		RASANTE	PERENNE	ROSETA	HERBACEA
	ROBACEAE				
<i>Acacia elongata</i> L.		ARBUSTIVO	PERENNE	ERECTA	ARB-HERBACEA
<i>Lachemilla procumbens</i> Rose.		RASA-HERBA	PERENNE	CAESPI/ERECTA	HERBTREPA
	SAXIFRAGACEAE				
<i>Ribes ciliatum</i> Humb. & Bonpl.		ARBUSTIVO	PERENNE	ERECTA	ARBUSTO
	SCROPHULARIACEAE				
<i>Pentstemon gentianoides</i> Pol.		HERBACEO	PERENNE	ERECTA	HERBACEA
<i>Sibthorpia repens</i> Kunth		RASANTE	PERENNE	POSTRADA	HERBACEA
	SOLANACEAE				
<i>Solanum demissum</i> Lindl.		RASANTE	ANUAL	ROSETA	HERBACEA
	UMBELLIFERAE				
<i>Eryngium carlinae</i> Delw.		HERBACEO	BIAN-PERE	ROSETA	HERBACEA
	BRIOFITAS				
	BRYACEAE				
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.		RASANTE			
<i>Bryum</i> sp. Hedw.		RASANTE			
	BARTRAMEACEAE				
<i>Bartramia</i> sp. Hedw.		RASANTE			
	DICHRANACEAE				
<i>Atractodes</i> sp. Mitt.		RASANTE			
<i>Campylopus</i> sp. Besch.Ann.		RASANTE			
<i>Ceratodon</i> sp. Brid.		RASANTE			
<i>Symblopharis vaginalis</i> Mont.		RASANTE			
	DICTYCHACEAE				
<i>Dictyctum</i> sp. Tnm		RASANTE			
	LEBKEACEAE				
<i>Thuidium</i> sp. Bryhn		RASANTE			
	POTTIACEA				
<i>Drymonia</i> sp. Hedw.		RASANTE			
<i>Leptodontium</i> sp. Hampe		RASANTE			
	POLYTRICHACEAE				
<i>Pogonatum</i> sp. o <i>Polytrichum</i> sp.		RASANTE			
	POTTIACEA				
<i>Leptodontium</i> sp. Hampe		RASANTE			
<i>Drymonia</i> sp. Hedw.		RASANTE			

VI.-CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados y discusiones presentadas en este estudio, se concluye que en la vertiente oeste del volcán Popocatepetl pueden ser identificadas cuatro asociaciones vegetales zonales en un transecto altitudinal de los 3400 a los 4300 msnm (intervalo 900 msnm).

Dentro del zacatonal alpino se caracterizan tres asociaciones vegetales nombradas por sus especies dominantes y su posición en el transecto altitudinal: *Festuca livida-Arenaria brevifolia* o zacatonal alpino superior, *Senecio procumbens-Festuca toluensis* o zacatonal alpino medio, *Calamagrostis toluensis-Festuca toluensis* o zacatonal alpino inferior y una comunidad en el bosque subalpino *Pinus hartwegii-Festuca toluensis*.

Las comunidades son determinadas por el intervalo altitudinal y el valor de cobertura expresada en porcentaje de las especies (Tabla 1). La composición florística refleja las características ambientales de la comunidad, donde las comunidades en su conjunto expresan el complejo gradiente altitudinal que lleva consigo variaciones ambientales tales como factores climáticos (Fig. 7) y edafológicos (Tablas 2 y 3); por lo que las comunidades vegetales descritas difieren substancialmente en fisonomía, estructura, composición florística y ecología (Fig. 9, 10, 11 y 12).

En general se puede decir que las comunidades alpinas y subalpinas estudiadas se caracterizan por el predominio de hierbas perennes de talla pequeña, regeneración de yemas sobre el nivel del suelo, hojas y tallos reducidos generalmente de simetría radial como rosetas, macollos o cojines.

Hay una tendencia a la reducción en cobertura (%) (Tabla 1), estructura (Fig. 13) y número de taxa, en las comunidades con respecto al gradiente altitudinal (Fig. 5).

La fitodiversidad de la zona de estudio es de 31 familias, 61 generos y 71 especies de plantas vasculares y musgos, siendo mejor representadas las familias Compositae, Graminae, Caryophyllaceae, Dicotylaceae y Pottiaceae (Cuadro 3). El número de representantes de los taxa a todos los niveles es menor dentro de las comunidades del zacatonal alpino que en el bosque subalpino, lo cual indica

por un lado que el dosel de los árboles crea condiciones favorables para muchas especies (19) y por otro que las características ambientales y del suelo juegan un papel importante en el establecimiento de la cubierta vegetal en el zacatonal.

Reaman (1965) en un estudio comparativo del zacatonal alpino del volcán Popocatepetl con el Iztaccihuatl encuentra menos diversidad en el primero relacionándolo con el origen del suelo más reciente y menos intemperizado lo que crea condiciones de poca estabilización, alta porosidad y lixiviación de nutrientes, etc. poco favorables para el establecimiento de la vegetación en la zona alpina.

La tendencia de los taxa dentro de la familia sustenta la idea de que la diversificación ha ocurrido en diferentes tiempos y que esta aun no ha concluido.

En la comparación de los espectros biológicos resalta la importancia que tienen las extremas condiciones climáticas, generalmente estas comunidades soportan bajas temperaturas con heladas frecuentes, oscilaciones extremas de temperatura diaria, alta exposición de radiación solar, etc. resultado del incremento altitudinal por lo que las características estructurales (Fig. 13) y morfológicas (Cuadro 6) de las comunidades desempeñan un papel importante en el acoplamiento del ambiente alpino en que viven.

La perturbación en la comunidad de zacatonal alpino superior se presenta bajo condiciones naturales, en los zacatonales medio e inferior se pueden clasificar como poco o semiperturbadas, en tanto que la perturbación en la comunidad del bosque es el resultado de varias actividades humanas directas e indirectas.

Los resultados del análisis estadístico multivariado demuestran que las asociaciones son naturales donde el orden (Fig. 15) y los grupos formados (Fig. 16) concuerdan con la tabla fitosociológica propuesta (Tabla 1).

Sin embargo la tabla fitosociológica presentada es en realidad una *tabla diferenciada*, donde se distinguen grupos asociados excluyentes con especies diagnósticas tentativas, estos deben aun ser comprobadas con la comparación de otros conjuntos de censos, en otras áreas del mismo volcán y en otras regiones.

Florísticamente similares, con lo cual obtendremos una *tabla de asociaciones* en donde las comunidades serán asignadas a esta categoría, obteniéndose así la determinación de la fidelidad de las especies.

A pesar de este aspecto de gran valor para la escuela fitosociológica de Braun-Blanquet (1932) y por la semejanza de los resultados con lo reportado por Almerda *et al.* (1994) en la vertiente noroeste del mismo volcán, se ha nombrado a las comunidades vegetales agrupadas en este estudio *asociaciones*, tratándose en realidad de *asociaciones preliminares*.

Es importante agregar que el arreglo de especies y levantamientos en una tabla fitosociológica no es en sí un fin último en este trabajo, sino que la descripción y clasificación de la vegetación sirva como base en futuros estudios ecológicos de mayor profundidad.

Así cuanto más investigaciones sistemáticas y detalladas de las asociaciones vegetales se realicen en nuestro país más confiable será el conocimiento y la capacidad predictiva del futuro de nuestros ecosistemas.

Debido a la fuerte presión ejercida sobre los ecosistemas por la creciente actividad del hombre, es necesario continuar con este tipo de estudios donde por una parte nos lleva a un conocimiento más profundo de la vegetación y por otro permite vigilar las perturbaciones por cambios en la fisonomía, composición florística y las relaciones numéricas estimadas dentro y entre las comunidades, dando la pauta para aplicar medidas correctivas cuando esto se estime necesario.

En pro de la conservación del Parque Nacional Iztá-Popo de acuerdo con Mielich y Ern (1978) y los resultados de este estudio, este ya no debe ser menguado, los disturbios o consecuencia de pastoreo y en especial la quema de la vegetación deben ser suspendidas, en el cinturón de *Pinus hartwegii* que es el más afectado, deberá aplicarse un proyecto de reforestación para tratar de alcanzar mayor densidad. Para ello es necesario lograr en primera instancia una efectiva protección del parque mediante la reestructuración de las leyes forestales en vigor, adaptándolas

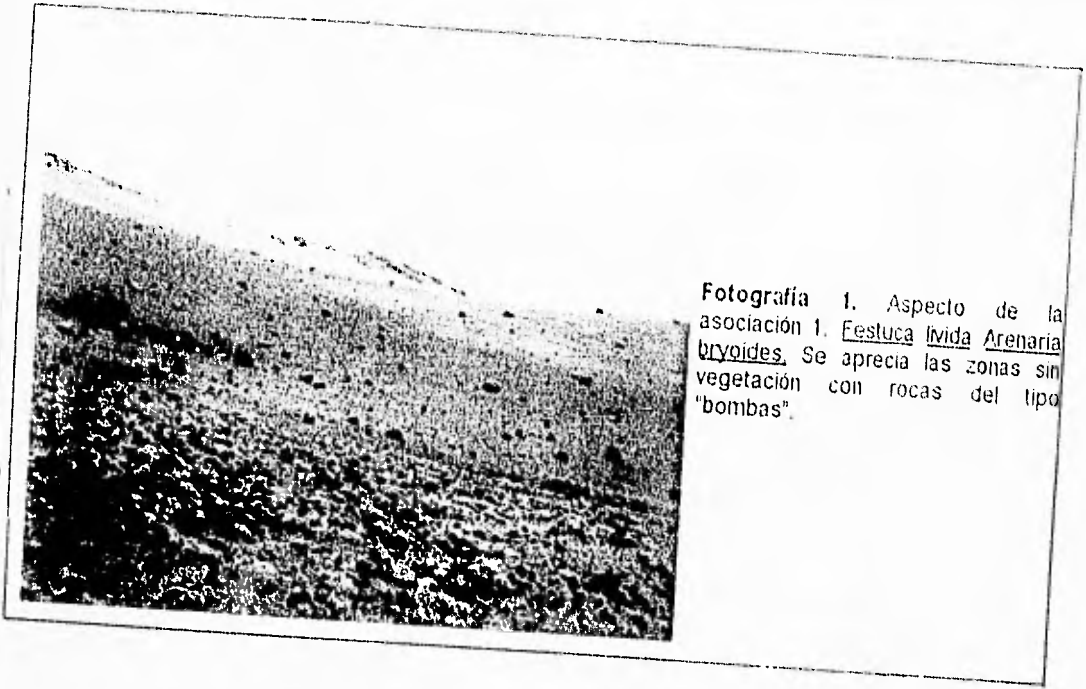
o las realidades sociales actuales del país, pero a la vez logrando una real conservación de la vegetación y por ende de los ecosistemas naturales.



Fotografía 3. Aspecto del zacatonal medio.
Calamagrostis tolucensis-Senecio
procumbens.

Fotografía 4. Aspecto del zacatonal bajo y el límite superior del bosque de Pinus hartwegi. El zacatonal se extiende por los lomeríos, en tanto los árboles se encuentran en las depresiones. En la esquina inferior derecha se aprecia una zona de Lupinus montanus.





Fotografía 1. Aspecto de la asociación 1. Festuca livida Arenaria bryoides. Se aprecia las zonas sin vegetación con rocas del tipo "bombas".



Fotografía 2. Se distinguen los componentes florísticos de la asociación 1. La gramínea Festuca livida, los cojines de Arenaria bryoides y los musgos.

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilera, J. y E. Ordóñez. 1895. Expedición científica al volcán Popocatepetl. Comisión Geológica Mexicana. 48 pp.
- Aguilera, N. 1965. Suelos de Ando. genesis, morfología y clasificación. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, Edo. de Mexico.
- Almeida, L., A. Herrera y A. Cleef. (en prensa a). Zonación altitudinal, fitodiversidad y fitogeografía de los bosques de coníferas del volcán Popocatepetl, Mexico.
- Almeida, L., A. Cleef, A. Herrera, L. Luna y A. Velázquez. (en prensa b). Fitosociología del bosque de coníferas de la vertiente NW del volcán Popocatepetl, Mexico.
- Almeida, L., A. Cleef, A. Herrera, A. Velázquez, L. Luna. 1994. El zacatonal alpino del volcán Popocatepetl, Mexico, y su posición en las montañas tropicales de América. *Phytocoenologia*, 22 (3): 389-436.
- Anaya, A., R. Hernández X. y Madrigal. 1980. Los suelos de un transecto altitudinal del declive Occidental del Iztaccihuatl, Mexico. *Inst. Nac. Invest. Forest. Bol. Tec* 63: 64.
- Beaman, H. 1962. The timberline of Iztaccihuatl and Popocatepetl, Mexico. *Ecology* 43 (3): 377- 385.
- Beaman, H., De Jong D. y W. Stoutamire. 1962. Chromosome studies in the alpine and subalpine floras of Mexico and Guatemala. *Am. J. Bot.* 49: 41-50.
- Beaman, H. 1965. A preliminar ecological study of the alpine flora of Popocatepetl and Iztaccihuatl. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 29: 63-75.
- Barrera, A. 1968. Distribución cliserial de los *siphonaptera* del volcán Popocatepetl, su interpretación biogeográfica. *An. Inst. Biol. UNAM, Mexico* 39 Ser. Zool (1): 34-100.
- Billings, W. 1973. Arctic and alpine vegetations: Similarities.

- differences, and susceptibility to disturbance. *Bio Science*, 23(12): 697-704.
- Braun-Blanquet, J.J. 1932. *Plant Sociology, the study of plant communities*. Traducción del alemán: *Fitosociología bases para el estudio de las Comunidades Vegetales* (1979). II. Blume Ediciones: 320 pp.
- Careaga, A. 1982. Popocatepetl. Folleto. Mexico. 45 pp.
- Casanova, J. 1987. Popocatepetl, guía turística, deportiva e histórica. UNAM. Dir. de Actividades Deportivas. 252 pp.
- Cruz, C. 1969. Contribución al conocimiento de la ecología de los pastizales en el Valle de México. Tesis de licenciatura. Escuela Nac. de Ciencias Biológicas México, D. F. 235 pp.
- Delgadillo, C. 1971. Phytogeographic studies on alpine mosses of Mexico. *Bryologist*, 74: 331-346.
- Delgadillo, C. 1985. The volcanic belt of Mexico as barrier and route of migration for Mosses. *Monogra. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 11: 41-44.
- Delgadillo, C. 1987. Moss distribution and the phytogeographical significance of the neovolcanic belt of Mexico. *Journal of Biogeography* 14: 69-79.
- Demant, A. 1970. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Inst. Geología UNAM. Revista*, 2(2): 172-187.
- Domínguez, V. B. 1975. Estudios ecológicos del volcán Popocatepetl. Edo. de Mex. Tesis de licenciatura, Fac. Ciencias. UNAM. México. 124 pp.
- Domínguez, L. y N. Aguilera. 1984. Metodología de análisis físico-químico de suelos. Laboratorio de Edafología. Fac. Ciencias. UNAM.
- Etchevers, J. 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los suelos volcánicos de México. Serie Cuadernos de Edafología I. Colegio de Posgraduados. Chapingo. 30 pp.

- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Talleres de offset. Laries, S.A. 3ª Edición. México. 252 pp.
- González, A. 1986. Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Edo. Mex. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México. 63 pp.
- INEGI. 1978. Síntesis Geográfica. Nomenclator y anexo Cartográfico del Edo. de Mex. Primera reimpresión. México. 223 pp.
- Lauer, W. y D. Klaus. 1975. Geological investigations on the Timberline of Pico de Orizaba, Mex. Arctic and Alpine Research 7(4): 315-330.
- Lauer, W. 1978. Timberline studies in Central Mexico. Arctic and Alpine Research 10(2): 383-396.
- Lauer, W. 1981. Ecoclimatical conditions of the Paramo belt in the tropical high mountains. Mountains Research and Development, 1(3-4): 209-221.
- López, R. 1994. Geoeecología del paisaje e impacto ambiental en la Sierra Nevada. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias. UNAM México. 107 pp.
- Lugo, H. 1984. Geomorfología del sur de la Cuenca de México. Inst. de Geografía UNAM. Serie Varia T.1 (1): 1-95.
- Madrigal, J. 1972. Excursión a la Sierra Nevada. In: Guías Botánicas de excursiones en México. Soc. Bot. Mex. pp 161-173.
- Maass, J., R. Patron y A. Pescador 1981. Ecología de la estación experimental Zoquiapan. IACH. Cuad. Universitarias. Serie Agronomía 2: 114.
- Matteucci S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría Gen. de la Org. de los Estados Americanos. Programa regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie Biología: 22. Venezuela. 168 pp.
- Melo, C. 1977. Tres estudios sobre los Parques Nacionales. Inst.

- de Geografía UNAM. Serie Varia. 103. 252.
- Miehlich, G. y H. Ehn. 1973. Diferencia de Vegetación y suelos dependientes del relieve en un Valle cerrado de la Sierra Nevada, México. Traducción: Saldierna, Puebla, México.
- Möser, F. 1975. Historia geológica de la Cuenca de México. En: Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del D.F. I: 9-38.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1954. Arts and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, USA 547 pp.
- Mueller-Dombois, D. y T. Van der Hammen. 1973. Manual of methods for transect studies (1a. Aproximación). Comparative studies of tropical mountain ecosystem. Internacional Union of Biological Sciences Decade of the Tropics. 54 pp.
- Munsell, M. 1954. Soil color Chart. Edition Munsell color company Inc. Baltimore, Maryland, U.S.A.
- Obieta, C. 1977. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México, D.F. 85 pp.
- Obieta, C. y J. Sarukhan. 1981. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. Bol. Soc. Bot. Mex. 41: 115-123.
- Packer, J. 1974. Differentiation and dispersal in alpine flowers. Arctic and Alpine Research 6(2): 117-128.
- Palacios, J. 1985. Microartropodos del Popocatepetl (Aspectos Ecológicos y Biogeográficos de los ácaros oribatidos e insectos colembolos) Tesis de Doctorado. Fac. Ciencias. UNAM. México. 121 pp.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press. Oxford. 632 pp.
- Reiche, G. 1926. Flora excursoria del Valle Central de México. Textos Politécnicos. Porrúa. México 303 pp.
- Rzedowski, J. 1965. Relaciones geográficas y posibles orígenes de

- la Flora en México. Bol. Soc. Bot. Mex. 39: 1-123
- Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grassland of Mexico. *Fason* 24 (1): 67-80.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 434 pp.
- Rzedowski, J. y G. de Rzedowski. 1979. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol I Ed. CECSA. México. 403 pp.
- Rzedowski, J. y G. de Rzedowski. 1985. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol II. Dicotyledoneae. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. Instituto de Ecología. 674 pp.
- Rzedowski, J. y G. de Rzedowski. 1990. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol III. Inst. Ecología. Patzcuaro, Mich. 494 pp.
- S.P.P. 1983. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Cartas topográfica, Geológica y Edafológica: Amecameca E14B41. Huejotzingo E14B42. Cuautla E14B51 y Atlisco E14B52 Escala 1:50,000.
- S.P.P. 1983. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Fotomapa Hoja volcan Popocatepetl. E14B42-D. Escala 1:20,000.
- Váidez, A. 1983. Paleoecología de la Cuenca de México durante el Pleistoceno Superior. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México. 54 pp.
- Vallejo, E. 1968. Algunos estudios de perfiles de suelos de Ando de la parte noreste del Popocatepetl, Edo. de Morelos. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México. 42 pp.
- Van der Hammen, T., Mueller-Dombois, D. y Little, M.A. 1989. *Manual of methods for mountain transect studies*. IUBS-Unesco MAB, Paris. 66 pp.
- Velázquez, A. 1991. Grazing and burning in grassland communities of high volcanoes in Mexico. In: Parano Edit. Academic Press.

U.S.A. 231-241 pp.

- Velazquez, A. y A. Ciesl. 1973. The plant communities of volcanoes Tlaloc and Pelado, Mexico. *Phytocoenologia* 10(22): 146-191.
- Vidal, R. 1976. Estudio del municipio de Ozumba y de la Villa de Ozumba de Alzate, Edo. Mex. UNAM. Inst. de Geografía, Mexico. Primera Edición. 90 pp.
- Wenger, A. 1974. On concepts and techniques applied in the Zürich-Montpellier Method of vegetation survey. *Botanica* 11(3): 309-323.
- Walter, H. 1979. *Vegetation of the earth*. 2a. Ed. Springer-Verlag, N.Y. 274 pp.
- Walters, M. 1972. Endemism in the genus *Alchemilla* in Europe. In: Valentine, D. H.(ed), *Taxonomy, Phylogeography and Evolution*, Academic Press, London.
- Werner, G. 1978. Los suelos de la Cuenca Alta de Puebla-Tlaxcala. Fundación Alemana para la investigación Científica, Mexico. Suplemento Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala 6.

VIII- ANEXOS

ANEXO 1

Datos de los árboles de Pinus hartwegii en cada sitio de muestreo. Abajo datos promedio de cada levantamiento.

NO. MUESTREO	DIAP. ALTURA	1a RAMA	ÁREA	ALC. REAL	ALC. TOTALES
(M)	(M)	(M)	(M ²)	(M)	(M)
1	151	15.00	1.81	*	*
2	158	15.00	1.94	*	*
3	165	10.00	2.17	*	*
4	142	8.00	1.56	*	*
5	174	10.00	2.22	*	*
LEV #10	147	10.00	1.72	*	*
1	3440	20.00	8.00	5.46	10.00
2	3440	20.00	8.00	1.99	6.27
3	3440	25.00	15.00	1.91	4.78
4	3440	15.00	8.00	2.43	6.00
5	3440	25.00	15.00	1.63	4.07
LEV #21	178	23.00	10.00	2.51	5.00
1	3500	24.00	8.00	4.90	10.00
2	3500	25.00	10.00	3.81	6.23
3	3500	20.00	8.00	2.38	4.78
4	3500	9.00	7.00	1.34	1.21
5	3500	20.00	9.00	1.99	3.77
6	3500	7.00	6.00	0.45	0.31
7	3500	20.00	17.00	3.25	6.16
8	3500	9.00	5.00	0.34	0.39
LEV #23	157	17.10	1.75	1.25	3.24
1	3500	13.00	10.00	1.41	5.52
2	3500	27.00	6.00	2.48	6.00
3	3500	25.00	10.00	1.91	4.78
4	3500	28.00	15.00	2.19	6.14
5	3500	25.00	18.00	1.32	3.26
LEV #16	152	20.00	11.00	1.53	4.78
1	3700	20.00	4.00	6.76	11.52
2	3700	25.00	8.00	3.85	6.63
3	3700	25.00	8.00	2.35	6.00
4	3700	16.00	4.00	1.26	1.90
LEV #18	197	21.25	6.00	3.06	6.55
1	3600	24.00	15.00	2.14	5.26
2	3600	14.00	6.00	1.60	2.41
3	3600	25.00	10.00	1.11	2.77
4	3600	20.00	15.00	1.34	2.00
5	3600	26.00	15.00	2.17	5.42
6	3600	25.00	8.00	1.66	4.07
7	3600	27.00	8.00	1.43	3.96
LEV #17	144	23.14	11.00	1.66	3.84
1	3700	18.00	1.60	1.70	2.96
2	3700	20.00	15.00	0.83	1.86
3	3700	20.00	16.00	2.52	6.04
4	3700	20.00	8.00	3.79	7.77
5	3700	18.00	8.00	2.38	4.29
6	3700	18.00	8.00	0.78	1.14
7	3700	18.00	10.00	2.61	3.62
8	3700	18.00	18.00	2.31	3.81
9	3700	18.00	10.00	2.44	4.29
LEV #16	156	18.11	9.84	1.66	3.58
1	3700	18.00	15.00	1.70	3.06
2	3700	25.00	15.00	2.52	6.04
3	3700	24.00	15.00	1.99	4.77
4	3700	23.00	15.00	2.42	6.73
5	3700	18.00	6.00	2.54	6.03
6	3700	20.00	11.00	1.00	2.00
7	3700	20.00	8.00	2.87	5.75
8	3700	18.00	15.00	2.39	3.18
9	3700	16.00	10.00	1.20	1.90
10	3700	22.00	8.00	3.12	6.16
LEV #15	166	22.42	11.70	2.18	4.45
8	3600	21.29	9.69	1.62	3.57

DATOS PROMEDIO DE LOS ARBOLES DE Pinus hartwegii												
DENTRO DE CADA LEVANTAMIENTO												
en la ultima línea el promedio para el bosque.												
NUM LEVAN	ALTIUD (MSNM)	AREA (m ²) MUESTREO	PEND (°)	COBER (%)	TOTAL ARBOLES	ARBO- LITOS	TOCO NES MEDIDOS	ARBOLES	ALTURA TOTAL (M)	ALTURA 1a RAMA	A.P. DENSIDAD (CM) REAL	
22	3430	625	18	40	6	0	2	5	*	10.60	1.47	6.00
21	3440	625	31	50	10	0	1	5	23.00	10.00	1.70	6.00
20	3500	625	20	40	8	0	0	5	17.13	6.75	1.57	7.33
19	3500	625	22	60	12	2	0	8	26.00	11.20	1.52	8.33
18	3600	625	30	70	16	5	0	7	21.25	6.00	1.97	9.13
17	3600	625	35	40	6	2	0	4	23.14	11.00	1.44	7.47
16	3700	625	15	40	9	0	0	9	18.11	9.84	1.58	7.90
15	3700	625	8	40	10	0	2	10	20.40	11.70	1.66	7.03
8	3600	5000	22	48	77	9	5	53	21.29	9.69	1.62	9.63

ANEXO 2

Distribución altitudinal de las especies. En la primera columna el intervalo altitudinal reportado por Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990). En la segunda el intervalo altitudinal observado en este estudio

	ALTITUD REFERENCIA	ALTITUD ENCONTRADA
<i>Ablas religiosa</i>	2900-3200	3600
<i>Acaena elongata</i>	2400-3950	3430-3600
<i>Agrostis toluensis</i>	2300-4100	3500-3700
<i>Arceuthobium vaginatum</i>	2850-3850	
<i>Arenaria bryoides</i>	2750-3850	4000-4300
<i>Arenaria lanuginosa</i>	2340-2800	3430
<i>Arenaria reptans</i>	2540-3040	3500-4000
<i>Baccharis conferta</i>	2300-3600	3430-3500
<i>Brachypodium mexicanum</i>	2250-3350	3430-3500
<i>Calamagrostis toluensis</i>	2900-4100	3440-4250
<i>Corastium molle</i>	3400-4000	3430
<i>Corastium nutans</i>	2450-3200	3860-4050
<i>Cirsium nivale</i>	3200-4100	3430-4000
<i>Cirsium sp.</i>	2000-4000	3500
<i>Conyza schlotheana</i>	2550-3250	3600-3700
<i>Corallorrhiza maculata</i>	2500-3450	3500
<i>Draba jorullensis</i>	3000-4100	4050-4200
<i>Eryngium carlinae</i>	2350-3950	3430
<i>Festuca hephestophila</i>	2500-4500	3600
<i>Festuca livida</i>	4000-4200	4000-4300
<i>Festuca toluensis</i>	2950-4150	3430-3860
<i>Geranium seemanii</i>	2250-3500	3600
<i>Gnaphallium liebmanii</i>	2400-4200	3500-4050
<i>Hieracium mexicanum</i>	3000-4000	3700-4050
<i>Lachemilla procumbens</i>	2500-4000	3440-3780
<i>Lithospermum districhum</i>	2350-4200	3440
<i>Lupinus montanus</i>	2500-4100	3440-4000
<i>Luzula racemosa</i>	3400-4000	4120
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	3000-3900	3600
<i>Oenothera purpusii</i>	2700-3300	3500
<i>Oxalis alpina</i>	2850-3500	3500-3600
<i>Penstemon gentianoides</i>	3000-4200	3440-3890
<i>Pernettya ciliata</i>	2900-3500	3500
<i>Phacelia platycarpa</i>	2400-4000	3430-3780
<i>Pinus hartwegii</i>	2850-4200	3430-3600
<i>Poa conglomerata</i>	2750-4200	3500
<i>Ranunculus donianus</i>	3400-4100	3700-3780
<i>Ribes ciliatum</i>	2500-4000	3860-4050
<i>Senecio angulifolius</i>	2500-4000	3440
<i>Senecio callosus</i>	2600-3800	3430
<i>Senecio cinerarioides</i>	2500-3500	3430-3700
<i>Senecio mairottianus</i>	3500-4150	3600-4050
<i>Senecio procumbens</i>	3800-4300	4000-4300
<i>Senecio reticulatus</i>	2600-3700	3440-3600
<i>Senecio roseus</i>	3000-4000	3600
<i>Senecio salignus</i>	2240-3650	3710
<i>Senecio tolucanus</i>	2750-3950	3500-3600
<i>Sibthorpia repens</i>	2650-3800	3440
<i>Sisylinchium quadrangulatum</i>	3400-4000	3600
<i>Solanum dimissum</i>	2800-3850	3500-3780
<i>Trisetum spicatum</i>	2750-4300	3500-4200

ANEXO 3

Manejo de datos en el análisis multivariado.

Matriz de datos a través simulador y distribución de los elementos de la población y sus relaciones con el Factorial de Mx y correlación negativa.

D	DISTRIBUCION																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
1	...	67	66	65	67	67	66	65	65	62	43	51	39	32	1	24	9	0	0	0	0	0		
2	65	...	67	46	70	70	46	27	28	20	15	38	29	25	9	17	10	0	0	0	19	0	13	
3	74	52	...	35	57	37	33	35	35	33	27	51	32	33	2	24	6	0	0	25	0	3		
4	47	54	47	...	42	40	55	44	32	31	33	39	35	33	15	13	1	3	6	17	6	0		
5	35	30	55	...	31	44	35	37	45	45	32	52	30	30	21	14	15	13	7	20	10	13		
6	45	30	45	...	36	...	24	22	22	40	31	25	25	24	16	17	9	1	17	3	5	5		
7	47	54	47	...	47	47	...	41	35	63	33	71	19	39	31	31	25	23	16	33	17	17		
8	65	75	65	...	56	45	75	...	45	52	21	50	35	35	30	45	25	24	32	37	21	13		
9	57	75	67	...	62	55	75	57	52	...	32	42	35	30	30	41	35	30	33	29	44	37	23	
10	57	75	67	...	62	55	75	57	52	...	16	...	42	39	70	70	34	42	22	31	21	41	50	13
11	60	35	75	...	63	60	30	75	35	...	31	...	45	33	35	31	31	17	35	16	33	17	47	
12	69	64	69	...	71	62	69	29	30	41	41	37	...	67	67	0	42	27	39	25	55	37	27	
13	65	71	65	...	65	30	75	41	47	20	30	63	55	...	67	57	57	52	30	31	46	64	40	
14	69	71	62	...	65	30	75	41	47	30	30	63	55	...	33	...	37	32	24	42	31	48	32	24
15	92	92	92	...	90	75	69	71	39	65	69	(100)	65	60	...	30	35	42	31	41	35	39	39	
16	75	35	75	...	29	29	34	32	37	45	62	33	55	46	...	30	...	41	61	31	39	47	41	
17	91	90	91	...	92	25	33	75	77	70	75	65	75	68	75	47	39	...	45	61	51	55	30	
18	52	(100)	(100)	...	91	30	91	65	75	62	59	65	71	70	38	32	55	35	...	30	45	52	59	
19	(100)	(100)	(100)	...	92	35	92	34	78	71	79	64	74	69	69	49	49	39	42	...	30	61	33	
20	(100)	91	74	...	35	70	35	67	69	36	56	67	64	32	32	39	41	69	35	70	...	39	52	
21	(100)	(100)	(100)	...	32	65	91	25	75	65	70	25	75	35	49	35	44	49	39	50	...	35	35	
22	(100)	90	91	(100)	...	65	91	35	35	75	65	53	75	60	75	41	39	30	51	43	62	44	...	

• Buscar los puntos de densidad más altos
 $10,12(1,2,2), (1,1,2), (2,2,1), (2,1,1), (2,1,2)$

• Hacer correlación negativa

15	12 (15,12)	19	2 (19,2)	5 (15,5)	18	1 (18,1)	19,2	19,5	20 (20,1)	21 (21,1)	21,2	
CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	
92	65	23	62	35	49	14	62	100	...	100	67	62
92	64	29	100	...	100	35	67	100	35	67	100	67
92	69	25	100	35	67	...	100	100	14	36	67	100
35	71	15	91	34	57	47	45	92	47	48	58	45
79	62	11	35	35	35	35	31	55	25	60	48	60
78	69	7	91	30	41	45	42	22	48	49	42	49
69	39	41	65	34	11	47	19	34	47	37	50	37
71	30	21	75	75	5	63	11	75	55	13	4	15
39	41	17	62	75	15	57	3	71	57	3	4	3
65	41	24	69	75	0	67	2	79	67	12	4	12
69	37	12	65	35	19	75	3	34	60	24	1	11
100	0	100	71	64	1	59	2	74	69	5	10	5
55	35	30	30	71	21	65	13	69	65	7	2	7
63	35	30	38	71	13	62	4	69	65	7	2	7
0	100	100	32	92	40	32	40	49	32	45	45	45
30	38	8	59	35	45	75	37	46	75	27	54	27
47	75	26	33	90	33	91	55	39	91	32	31	32
32	71	20	...	100	100	100	100	48	32	54	32	32
45	74	25	46	100	32	100	32	...	100	100	100	100
39	54	5	33	21	26	74	19	70	100	50	11	4
47	75	26	43	100	30	100	32	39	100	61	61	61
41	75	52	61	30	25	31	33	45	100	35	45	46
10,12)			(19,2)	(15,5)				(18,1)	(19,2)	19,5		
623			789	269				317	311	267		
									725			
										(21,1)	(21,2)	
										321	342	3

21,1)	22, 22,1)	4, 22,4)
100	100	47
97	97	54
94	94	47
91	91	49
88	88	51
85	85	58
82	82	59
79	79	60
76	76	61
73	73	62
70	70	63
67	67	64
64	64	65
61	61	66
58	58	67
55	55	68
52	52	69
49	49	70
46	46	71
43	43	72
40	40	73
37	37	74
34	34	75
31	31	76
28	28	77
25	25	78
22	22	79
19	19	80
16	16	81
13	13	82
10	10	83
7	7	84
4	4	85
1	1	86
0	0	87
0	0	88
0	0	89
0	0	90
0	0	91
0	0	92
0	0	93
0	0	94
0	0	95
0	0	96
0	0	97
0	0	98
0	0	99
0	0	100

(21,5) 390.8 (22,1) 395.7 (22,4) 775

2) Escoger los dos más (mas) entre (21,1) y (19,1)

- (21,1) 321
- (19,1) 317
- (22,1) 335
- (21,1) 330
- (19,1) 327
- (21,1) 346
- (19,1) 311
- (19,1) 309
- (18,2) 755
- (22,4) 775
- (20,1) 726

3) Aplicar formula Mueller-Dombois

$$F = a + b \cdot (a - b \cdot V^2)^{1/2} \cdot (a, b)$$

21	1	(21,1)
1	100	0
2	100	55
3	100	14
4	92	47
5	85	55
6	81	43
7	65	47
8	79	65
9	65	67
10	70	67
11	55	60
12	75	69
13	56	65
14	62	65
15	47	92
16	35	76
17	44	91
18	40	82
19	59	100
20	52	100
21	100	100
22	44	100

21,1) 321

19	1	(19,1)
100	100	100
100	58	57
100	14	30
92	47	45
85	55	80
81	43	49
65	47	37
79	65	15
65	67	3
70	67	10
71	67	3
79	67	12
84	60	24
74	55	3
69	65	7
69	65	7
49	92	45
49	76	27
59	91	32
46	88	94
100	100	100
70	100	50
89	100	51
55	100	35

(19,1) 317