



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

LA VEGETACIÓN DE LA ALTA MONTAÑA DEL VOLCÁN
IZTACCÍHUATL, MÉXICO: UN ENFOQUE FITOSOCIOLÓGICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS
(ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

P R E S E N T A

MARTHA ELENA ESCAMILLA WEINMANN

DIRECTOR: DR. JOAQUÍN GIMÉNEZ DE AZCÁRTE CORNIDE
COORDIRECTORA: DRA. LUCÍA ALMEIDA LEÑERO

MÉXICO, D. F.

Mayo, 2007



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.

No existe un ecólogo que tenga todas las respuestas sobre un ecosistema. Cuando un ecólogo observa un sistema ecológico puede cometer cualquiera de estos tres errores: a) creer que lo que está viendo es la verdad, b) creer que como lo ve ha estado siempre y c) creer que como está debe seguir siendo siempre.

Alejandro Yáñez A.

La vegetación es la síntesis de un complejo sistema de procesos que es aprovechada por todos los integrantes del ecosistema de una manera dinámica.

Jorge Soberón

AGRADECIMIENTOS

Quienes merecen sin duda alguna un gran agradecimiento por la culminación de este trabajo, son los doctores Joaquín Giménez y Lucía Almeida, excelentes investigadores de la ciencia fitosociológica; siempre dispuestos a otorgar su ayuda, conocimientos y experiencias sin condición alguna; pero sobre todo un reconocimiento especial por su gran paciencia para ver el final de este trabajo. Para ellos mi eterno agradecimiento y un lugar especial en mi corazón y formación profesional.

A los integrantes del comité tutorial que sin sus aportaciones este trabajo no hubiera mejorado tanto en calidad como en claridad.

A la Dra. Norma García Calderón integrante del comité tutorial semestral, quien me brindó asesoría académica para el entendimiento de los suelos y apoyó logístico para el análisis edafológico en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias-UNAM.

También, deseo hacer una mención especial a los taxónomos expertos que me apoyaron en la determinación de ejemplares botánicos, los maestros Lucio Lozada, Aurora Chimal, Ernesto Velázquez y Nelly Diego. A Daniel Ocaña quien elaboró los mapas que ilustran este trabajo, un compañero sin igual que contagia su entusiasmo y amor por la vida.

A mis compañeros de la Conabio y amigas corredoras con quienes día a día comparto tantas experiencias de vida.

A mi gran familia: mi madre, mis 8 hermanas y 3 hermanos, 11 cuñados y muchos sobrinos, quienes me acogen con tanto amor y comprensión.

A mi esposo Marco Antonio por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida y a mi hija Marta Helena quien es la motivación más fuerte para seguir adelante.

A todas aquellas personas que de una manera directa e indirecta me inspiraron para la realización de este trabajo.

A todos
¡Muchas gracias!

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN

- 1.1. Importancia del estudio
- 1.2. Objetivos
- 1.3. Marco teórico
- 1.4. Antecedentes del área de estudio

2.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

- 2.1. Localización
- 2.2. Geomorfología, topografía e hidrología
- 2.3. Geología y edafología
- 2.4. Climatología
- 2.5. Tipos de vegetación
- 2.6. Contexto legal y sociocultural

3.- MÉTODOS

- 3.1. Fitosociológico y florístico
- 3.2. Bioclimático
- 3.3. Edafológico

4.- RESULTADOS

- 4.1. Resultados fitosociológicos
 - 4.1.1. Integración al esquema sintaxonómico
 - 4.1.2. Caracterización de las comunidades arbóreas y arbustivas
 - 4.1.3. Caracterización de las comunidades herbáceas
 - 4.1.4. Riqueza y distribución de la flora
 - 4.1.5. Clave dicotómica de la vegetación
- 4.2. Resultados bioclimáticos
- 4.3. Resultados edafológicos

5.- INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

- 5.1. Relación de las comunidades con el gradiente altitudinal
- 5.2. Estructura y biodiversidad entre las comunidades
- 5.3. Relación de las comunidades con el bioclima
- 5.4. Relación de las comunidades con las propiedades del suelo

6.- CONCLUSIONES

7.- REFERENCIAS

8.- ANEXOS

RESUMEN

Se estudió la vegetación de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl mediante la caracterización fitosociológica y bioclimática de las comunidades vegetales y su relación con el medio edáfico. La zona de estudio se encuentra entre los 3,500 y 4,500 msnm donde se desarrolla el bosque subalpino de *Pinus hartwegii* y el zacatonal alpino (Rzedowski 1978 y Rzedowski *et al.* 2001). Mediante el muestreo de 217 levantamientos fitosociológicos, se reconocieron 11 comunidades vegetales (9 de ellas con rango de asociación) de las cuales se integran al esquema sintaxonómico como nuevas propuestas 4 asociaciones, 3 subasociaciones y 3 variantes florísticas. La caracterización sigue el enfoque fitosociológico (Braun-Blanquet 1979) y aborda aspectos relacionados con estructura y fisionomía, composición florística, ecología, distribución y variabilidad.

Se presenta una clave de identificación y un breve análisis de la riqueza y distribución de la flora de alta montaña, la cual se compone de 202 especies agrupadas en 111 géneros y 42 familias. De estas últimas, las cinco mejor representadas numéricamente son: Asteraceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Rosaceae y Brassicaceae. Se destaca que en general el fuego y pastoreo constituyen los principales factores causantes de la alteración de las comunidades vegetales alpinas.

La diagnóstico bioclimática reconoce cinco pisos bioclimáticos determinados por sus termotipos y ombrotipos particulares; los análisis edafológicos permiten conocer las principales características físico-químicas de los suelos donde se desarrollan las comunidades.

Se incluye un capítulo de integración de resultados donde se relaciona la distribución de las comunidades vegetales con los patrones bioclimáticos y edáficos, y finalmente se integra el listado florístico de la zona de estudio.

Palabras clave: Fitosociología, vegetación, alta montaña, comunidades, bioclima, suelo, Iztaccíhuatl, México.

1.- INTRODUCCIÓN

Desde épocas antiguas las altas montañas tropicales de México han atraído la atención de numerosos exploradores, naturalistas y científicos, esto debido a la gran diversidad de especies y de hábitats que albergan, además de la majestuosa peculiaridad de sus paisajes, dados principalmente por las condiciones ambientales propias de montañas de gran altitud, un vulcanismo reciente y geomorfología influenciada por numerosos procesos glaciares y periglaciares dinámicos.

Entre las montañas más destacadas por la belleza de sus paisajes y el alto valor ecológico de especies y comunidades endémicas que la habitan, se encuentra la Sierra Nevada ubicada dentro de la región central de la Cordillera Volcánica Transmexicana (Rzedowski 1978 y 1991; Velázquez 1988, Almeida *et al.* 2004).

Particularmente, este trabajo de investigación se enfoca al estudio de la vegetación de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, a través de la caracterización fitosociológica y bioclimática de sus comunidades y su relación con el medio edáfico. Los ambientes estudiados incluyen la franja altitudinal de 3,500 a 4,500 msnm donde se desarrolla el bosque subalpino de coníferas de *Pinus hartwegii* y los pastizales o zacatonales alpinos (*sensu* Rzedowski 1978; Rzedowski *et al.* 2001). Se siguen los términos alpino y subalpino en sentido de Beaman *et al.* (1962 a y b) referentes a las áreas de vegetación por arriba y por abajo, respectivamente, del límite de crecimiento de la vegetación arbórea (*timberline*).

Este estudio forma parte del proyecto general de investigación “Ecosistemas Tropicales de Montaña” del IUBC/UNESCO-MAB, que pretende determinar y conocer la dinámica de las comunidades vegetales de las montañas de México. Este proyecto se ha venido desarrollando en los últimos años en el Laboratorio de Ecosistemas de Montaña del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias, UNAM.

1.1.- Importancia del estudio

La importancia de los estudios fitosociológicos ha sido ampliamente reconocida (Wenger 1974; Mueller-Dombois y Ellenberg 1974; Braun-Blanquet 1979; Rivas-Martínez *et al.* 1999). Éstos se caracterizan por lograr una visión integradora sobre la cual se pueden formular hipótesis acerca de los procesos que intervienen en la conformación de las comunidades vegetales, su dinámica y su distribución.

A pesar de que en el último siglo, los estudios de comunidades vegetales han tenido un gran auge en nuestro país, los trabajos efectuados bajo el enfoque fitosociológico son pocos y aún menos frecuentes son los estudios que integran de datos de vegetación, suelo y clima. En tanto que estudios de esta índole enfocados a la vegetación de alta montaña en el volcán Iztaccíhuatl, aún no se han realizado.

Esta investigación pretende contribuir al conocimiento de las comunidades vegetales de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, especialmente en lo relacionado con su composición, ecología, distribución y sus relaciones con el medio, particularmente con el suelo y clima.

No obstante que la vegetación de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl ocupa una superficie menor a 10,000 hectáreas (Benítez, et al. 1999), tanto sus comunidades como su flora poseen una gran originalidad para la realización de estudios fitocenóticos (Rzedowski *et al.* 1978). Las causas que inciden en esta originalidad son:

- a) Presenta un pronunciado gradiente altitudinal que propicia el desarrollo de una gran riqueza específica en diversos hábitats, así como una alta heterogeneidad geomorfológica derivada de los acontecimientos periglaciares y volcánicos.
- b) Contiene hábitats altamente frágiles, vulnerables y endémicos, muchos aún en condiciones aceptables de conservación de gran importancia a nivel local, regional y nacional.
- c) Posee un alto valor biogeográfico enmarcado dentro de la Cordillera Volcánica Transmexicana (o Eje Neovolcánico), considerada como centro de origen y diversificación de floras y zona de contacto y transición de las biotas neártica y neotropical.
- d) Como parte esencial de la Sierra Nevada, tiene relevante función como corredor biológico, en sentido W-E en la Cordillera Volcánica Transmexicana, y N-S con la Sierra Madre Oriental y las tierras tropicales del Sureste de México.

Además, desde el punto de vista ambiental y social el volcán Iztaccíhuatl se destaca por:

- e) Su ubicación estratégica en la zona centro del país, dentro de los valles de México, Puebla y Morelos considerados los más poblados del país, por lo que actúa local y regionalmente como fuente importante de bienes y servicios ambientales tales como: regulador del clima, captación y recarga de acuíferos, proveedora de oxígeno, etc.
- f) El volcán Iztaccíhuatl forma parte del Parque Nacional Izta-Popo, un área protegida de carácter federal decretada hace más de 50 años, que desde su origen se caracteriza por múltiples problemáticas para formular su manejo y administración.
- g) Esta montaña puede actuar como representante de las condiciones que imperan en 11 de los 36 parques nacionales decretados en nuestro país que involucran ambientes de alta montaña.
- h) Junto con el Popocatepetl es un emblema de identidad no sólo para las ciudades de México y Puebla, sino como un símbolo cultural-religioso para México que nos identifica con nuestros antepasados.

1.2.- Objetivos

Objetivo general:

Caracterizar las comunidades vegetales de la alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, mediante el análisis fitosociológico y su correlación con el bioclima y las características edáficas del hábitat.

Objetivos particulares:

1. Describir y caracterizar en función de su composición florística, fisionomía, ecología y distribución, las asociaciones vegetales zonales y azonales de alta montaña del zacatonal alpino y el bosque de *Pinus hartwegii*.
2. Integrar al esquema sintaxonómico (clasificación fitosociológica) propuesto para la vegetación alpina de México, las asociaciones de la zona de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl.
3. Caracterizar bioclimáticamente el área de estudio (*sensu* Rivas-Martínez 2004) mediante la definición de los pisos ombro y termoclimáticos del volcán.
4. Correlacionar los factores bioclimáticos y edáficos con las asociaciones y comunidades vegetales.
5. Proponer una clave de clasificación de las asociaciones y comunidades vegetales reconocidas.



Foto 1. Vista aérea de la Sierra Nevada. En primer plano la ladera Este del volcán Iztaccíhuatl y al fondo la cara Norte del Popocatepetl.

1.3.- Marco teórico

El enfoque fitosociológico. La importancia del conocimiento de la agrupación de las plantas constituye una de las interacciones ecológicas más antiguamente percibidas por el hombre. Actualmente el reconocimiento, clasificación y caracterización de las comunidades vegetales son procesos ligados a la ciencia de la Fitosociología, rama de la Sinecología¹ derivada de la Ecología vegetal que estudia las interrelaciones de las plantas entre sí y con su ambiente (Hanson y Churchill 1961).

La escuela fitosociológica Zurich-Montpellier, clásica o sigmatista del sur de Europa, nace con la implementación de una visión holística de las comunidades vegetales, que fue propuesta en los años treinta por Braun-Blanquet (1979). Dentro de este marco, la vegetación es concebida como un mosaico de asociaciones, caracterizadas por su composición florística, estructura, ecología y distribución (Westhoff y Van der Marel 1973).

En ésta, la unidad básica conceptual y tipológica de la fitosociología es la asociación, la cual se define florísticamente como la repetición de sitios con una combinación estadísticamente semejante de especies diagnósticas, situada en un contexto ecológico, biogeográfico, bioclimático, dinámico e histórico preciso. Tipológicamente organiza a las comunidades en un sistema de clasificación jerárquico, semejante a la taxonomía, denominado sintaxonomía, en el que la asociación constituye la unidad básica del sistema y en donde a su vez, las asociaciones se agrupan en unidades de rango superior que se denominan Alianzas, Ordenes y Clases.

Desde sus inicios, diferentes enfoques fitosociológicos fueron aplicados en todo el mundo; pese a ello y por diferentes razones esta metodología no ha sido desarrollada de manera amplia en América, excepción de Canadá donde se implementó mediante la escuela fitosociológica francesa (Delgadillo *et al.* 1992; Delgadillo 1995).

Sin embargo, en las últimas décadas el desarrollo de estudios fitosociológicos ha tenido una conspicua implantación en casi todos los países de este continente, incluido México (Huber y Riina 2003). La causa principal es que este enfoque provee la poderosa herramienta de organizar la vegetación en unidades jerárquicas con base en atributos comunes. Esto proporciona una visión amplia e integradora de la información para evaluar el medio físico y biológico, para un manejo práctico de diversos problemas actuales, tales como, conservación y restauración de las perturbaciones causadas por el hombre en los ecosistemas (Rivas-Martínez 2004).

El enfoque bioclimático. La bioclimatología estudia la relación entre las variables del clima y la distribución de los seres vivos. Se basa en la caracterización de unidades bioclimáticas definidas por parámetros climáticos y elementos bióticos. A diferencia de la climatología, toma en cuenta las características de la biota que impera en el sitio (Fernández 1997).

El clima como determinante esencial para la distribución de la vegetación fue establecida desde los primeros estudios de las comunidades vegetales (Humboldt 1807; Wahlenbert 1811; Grisebach 1836; De Candolle 1855 en Delgadillo 1995) y a partir de

¹ Sinecología vegetal estudia la estructura, el desarrollo, la función y las causas de distribución de las comunidades de plantas (Daubenmire, 1982).

entonces muchos han sido los intentos de síntesis para proponer clasificaciones climáticas a diferentes escalas.

Sin embargo, son pocos los autores que han definido propuestas de clasificación a escala mundial. Entre las más conocidas de acuerdo con García (1988) y Rivas-Martínez *et al.* (1999) se encuentran: Köppen (1918, 1931 y 1948), Tornthwaite (1931 y 1933), Gaussen (1954 y 1955), Troll (1948 y 1955), Troll y Paffen (1964), Holdridge (1967) y Walter (1970 y 1976) de ellas, las clasificaciones de Köppen y Walter han sido las más utilizadas en muchos países incluyendo México.

De acuerdo con Köppen, los tipos climáticos fundamentales C (templado lluvioso), A (tropical lluvioso), B (seco) y E (frío) están representados en nuestro país. En 1986 Enriqueta García propone modificar este sistema para adaptarlo a las condiciones orográficas de México. La innovación fundamental consistió en subdividir los tipos fundamentales partiendo de la temperatura media anual, el régimen de lluvia y el porcentaje de lluvia invernal (García 1986). Este cambio permitió, entre otros, hacer correlaciones entre la distribución del clima y las comunidades vegetales a nivel regional y nacional (Rzedowski 1978) pero no hacer comparaciones con climas semejantes de otras partes del mundo que emplea la clasificación original.

Por otro lado, Walter (1977) introduce el concepto de bioma y divide la biosfera en 9 zonobiomas, cada una de ellas caracterizadas por un macroclima y un tipo de vegetación zonal. Para definir las fronteras entre las zonobiomas, este autor definió amplias zonas de transición conocidas como ecotonos (Peinado *et al.* 1994). Una adaptación a la propuesta bioclimática de Walter es desarrollada en los últimos años por Rivas-Martínez (2004).

El modelo de Köppen modificado para México. El sistema de clasificación climática más reconocido en México desde los años 80s es la propuesta de Köppen adaptada y modificada para las condiciones particulares de la República Mexicana por García (1986).

Sin embargo, el hecho de que el trópico de cáncer (paralelo 23° 27' N) separa una zona tropical al Sur y otra subtropical al Norte (INEGI, 1991) del territorio mexicano, además de la accidentada topografía, impiden que el sistema se adapte completamente a las zonas tropicales. El mismo Köppen ya reconocía que los climas E (fríos) de las latitudes superiores y los que se encuentran en las bajas latitudes (tropicales) no se correspondían completamente con las condiciones de sus regímenes de temperatura, lluvia y la vegetación.

García (1986) modifica el sistema debido a que los cambios esenciales del clima en México no son solamente debidos a la latitud, sino también a la altitud y topografía, lo cual crea condiciones muy especiales en los cambios y distribución de los elementos climáticos. Sólo los tipos de climas Aw (sabana), BS (estepa), BW (desierto) y CS (mediterráneo) que se encuentran principalmente en la zona extratropical del país son aplicables casi en su forma original. En cambio los climas Cw (sínico), Cf (templado) y ET (frío de tundra) que se encuentran en las extensas zonas montañosas dentro de la zona tropical, no pueden ser aplicados en su forma original, ya que, o bien no se corresponden a las descripciones climáticas originales o las formaciones vegetales establecidas no existen en México.

En general son cuatro las modificaciones esenciales que García hace al sistema: 1) designación de nuevos subtipos de climas, 2) unificación de un sólo criterio para delimitar climas de acuerdo con la temperatura, 3) considerar la oscilación anual de las temperaturas media mensual y el régimen de lluvias anual y 4) introducir fórmulas y descripciones climáticas. Sin embargo, el término templado se sigue utilizando para referirse al clima fresco o frío de las zonas tropicales.

Modelo bioclimático de Rivas-Martínez. Este modelo comenzó a estructurarse hace 25 años, buscando conciliar la zonación latitudinal de la Tierra con la zonación altitudinal de los territorios mediante la delimitación de pisos bioclimáticos, a los que corresponden comunidades vegetales particulares (Rivas-Martínez 1987; Fernández en Izco *et al.* 1997; Amigo y Ramírez 1998).

Bajo este enfoque, Rivas-Martínez *et al.* (1999) establece una clasificación mundial que reconocen 5 macrobioclimas zonales (Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar) y 28 bioclimas (Anexo 2). Los pisos bioclimáticos se definen independientemente, por combinaciones de su termotipo y ombrotipo los cuales son representados por un conjunto de comunidades vegetales propias.

El bioclima es la unidad tipológica principal del sistema de clasificación y es determinado por la combinación de los índices de termicidad (It) y ombrotérmico (Io).

El índice de termicidad [$It=(T+m+M)10$] es el resultado de la sumatoria de: la temperatura media anual (T), la temperatura media de las mínimas del mes más frío (m) y la temperatura media de las máximas del mes más frío (M). El significado funcional y ecológico del It permite establecer a la temperatura mínima como un factor de control de la actividad biológica, que influye en ciertas características de adaptación fisiológica y estructural de la vegetación (Fernández 2004).

El índice ombrotérmico [$Io: Pp:Tp$] es el cociente entre la suma de la precipitación media (Pp) en mm de los meses cuya temperatura media es superior a 0°C (Tp). El haber abandonado el valor de la precipitación absoluta como único diagnóstico del ombrotipo ha sido uno de los avances más significativos en la propuesta de Rivas-Martínez.

Este modelo fitoclimático se ha aplicado en muchas partes del mundo ya que el haber conseguido correlacionar el clima con las variaciones latitudinales y altitudinales, permite hacer determinaciones recíprocas entre clima-vegetación, siendo hasta ahora una de las propuestas más completas de las clasificaciones mundiales disponibles (Fernández en Izco *et al.* 1997).

1.4.- Antecedentes del área de estudio

Los primeros estudios botánicos del área datan de la época de la conquista, estos son generalmente de carácter histórico y anecdótico realizados por naturistas y exploradores principalmente. A mediados del siglo XIX, la zona alpina fue estudiada por primera vez con un enfoque científico por Galeotti quien ascendió al Iztaccíhuatl y el Popocatepetl para efectuar colectas de plantas (Rzedowski 1978; Rzedowski *et al.* 2001). En la primera década del siglo XX Carl A. Purpus llevó a cabo colectas exhaustivas en la vertiente occidental del Iztaccíhuatl, prácticamente hasta el límite superior de la

vegetación y en 1907 publica el primer trabajo de la flora alpina de la Sierra Nevada (Rzedowski *et al.* 2001).

A partir de los años 60 predominan los trabajos botánico-ecológicos en donde se menciona por primera vez la comunidad vegetal de pastos de alta montaña. De estos estudios realizados en el volcán Iztaccíhuatl, destacan los de Beaman (1962 a y b; 1965) quién describe el límite de la vegetación arbórea dando algunas pautas del comportamiento de la vegetación alpina, posteriormente realiza un análisis genético de 69 especies alpinas y subalpinas. En este trabajo define el término “alpine” como aquellas áreas que se encuentran por arriba de límite de la vegetación arbórea (*timberline*) y establece que en México y Guatemala el promedio de elevación de esta zona se encuentra alrededor de los 4,000 msnm, en tanto la vegetación “subalpine” se extiende por abajo del *timberline* hasta los 3,700 msnm.

White (1962) enfoca su investigación al estudio de los acontecimientos volcánicos y geomorfológicos de Pleistoceno Superior en el lado occidental del Iztaccíhuatl. Cruz (1969) incluye el pastizal de alta montaña dentro de un estudio general de pastizales en el Valle de México. May Nah (1971) realiza un estudio fitoecológico en San Juan Tetla (Puebla) donde caracteriza florísticamente las asociaciones arbóreas dominantes en esta zona. Keneib *et al.* (1973) analiza los suelos del volcán Iztaccíhuatl. Rzedowski (1975 y 1978) reconoce la vegetación del zacatonal e incluye este tipo de vegetación en su análisis ecológico y fitogeográfico de los pastizales en México. Miehlich (1978) y Werner (1978) estudian los Andosoles de la Sierra Nevada, como parte del proyecto Cuenca alta de Puebla-Tlaxcala, de la Fundación Alemana para la investigación científica.

Anaya *et al.* (1980) aborda la relación entre el suelo y la vegetación en un transecto altitudinal en el declive occidental del volcán Iztaccíhuatl. Obieta y Sarukhán (1981) caracterizan la estructura y composición del estrato herbáceo del bosque *Pinus hartwegii*. Maass *et al.* (1981) llevaron a cabo un estudio ecológico en la estación Zoquiapan. Rodríguez y Ortiz (1982) realizaron un levantamiento edafológico en el campo experimental San Juan Tetla en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl. Delgadillo (1971, 1985 y 1987) dirige sus trabajos hacia el estudio de los musgos de altas montañas. Lugo (1984) incluye la ladera Oeste del Iztaccíhuatl en su estudio de la geomorfología del sur de la cuenca de México y Vázquez (1986) abarca la porción Norte del volcán en el estudio geomorfológico del Noroeste de la cuenca Puebla-Tlaxcala. Boyas (1985) con su estudio florístico, elabora un manual de identificación de la flora fanerogámica del campo experimental San Juan Tetla (Puebla).

Vázquez (1991) hace una descripción de las glaciaciones del Cuaternario Tardío en el volcán Téyotl del Iztaccíhuatl y López (1994) se enfoca al análisis de la geología del paisaje e impacto ambiental en la Sierra Nevada. Almeida *et al.* (1994 y 1997) y Escamilla (1996) describen la vegetación del bosque de coníferas y del zacatonal de las laderas Noroeste y Oeste de volcán Popocatepetl determinado por el escalonamiento altitudinal.

Chávez y Trigo (1996) elaboran el primer programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Sánchez-González y López-Mata (2003) mediante técnicas de clasificación analizan los factores que influyen en la vegetación en la vertiente Norte de la Sierra Nevada. Giménez de Azcárate y Escamilla (1999) describen las comunidades de *Juniperus monticola* e incluyen localidades de la zona alpina del

volcán Iztaccíhuatl. Almeida *et al.* (2004) caracterizan la composición fitocenótica de la vegetación del zacatonal alpino de los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca y establecen el esquema sintaxonómico preliminar de la vegetación tropo-alpina del centro de México. Además, García-Romero (2004) estudia la dinámica del paisaje post-fuego en el pastizal tropical en el Iztaccíhuatl. Vázquez y Heine (2004) estudia la cronología de seis glaciares del Cuaternario tardío y sugiere revisar a fondo la secuencia de glaciaciones propuesta por White y otros investigadores. Lozano y Vázquez (2005) realizan un estudio palinológico a 3,860 msnm en el valle “El Marrano” en el Noroeste del Iztaccíhuatl.

Por último, en el laboratorio de Ecosistemas de montaña de la Facultad de Ciencias-UNAM se ha venido trabajando en un proyecto general en los volcanes que circunvalan el Valle de México, en temas relacionados con el análisis de las comunidades vegetales, de sus hábitats y de las especies que la conforman (González 1986; Velázquez y Cleef 1993; Escamilla 1996; Giménez de Azcárate *et al.* 1998, 1999, 2003 y Almeida *et al.* 1994, 1997, 2004, Silva *et al.* 1999, Pinto 2000, entre otros), del cual forma parte este trabajo.

2.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.- Localización

El volcán Iztaccíhuatl se ubica en la región central del Eje Novolcánico ó la Cordillera Volcánica Transmexicana a 75 Km al Este de la ciudad de México, entre los 19°03'-19°20' N y 98°26'-98°47' W. (Figura 1).

El Iztaccíhuatl junto con el volcán Popocatepetl conforman la Sierra Nevada, la cual orientada en dirección Norte-Sur separa las cuencas y los estados de México al Oeste y Puebla al Este. El macizo montañoso abarca 92,997.72 ha (AICAS 1999); geoméricamente la sierra es alargada y cónica por lo que el mayor porcentaje de superficie se encuentra en la base (Cuadro 1; Foto 1).

Cuadro 1. Distribución altitudinal por superficie en la Sierra Nevada, México

Altitud (msnm)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
4,500>5,000	352.38	0.38
3,500-4,000	28,514.67	30.67
2,500-3,500	64,130.67	68.95
Total	92,997.72	100%

Biogeográficamente se ubica dentro de la región Mesoamericana de Montaña (Rzedowski 1994) que se caracteriza por la combinación de elementos florísticos de afinidad Holártico y Neotropical. Fitogeográficamente se encuentra dentro de la zona denominada Megaméxico (Rzedowski 1991). De acuerdo con Rivas-Martínez *et al.* (2004) pertenece a la región Madreana, provincia Neovolcánico-Madreana Oriental.

El volcán Iztaccíhuatl abarca políticamente parte de los estados de México y Puebla, dentro de los municipios de Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla y Ecatzingo del Estados de México y Huejotzingo, San Salvador El Verde, Domingo Arenas, San Nicolás de los Ranchos y Tochimilco

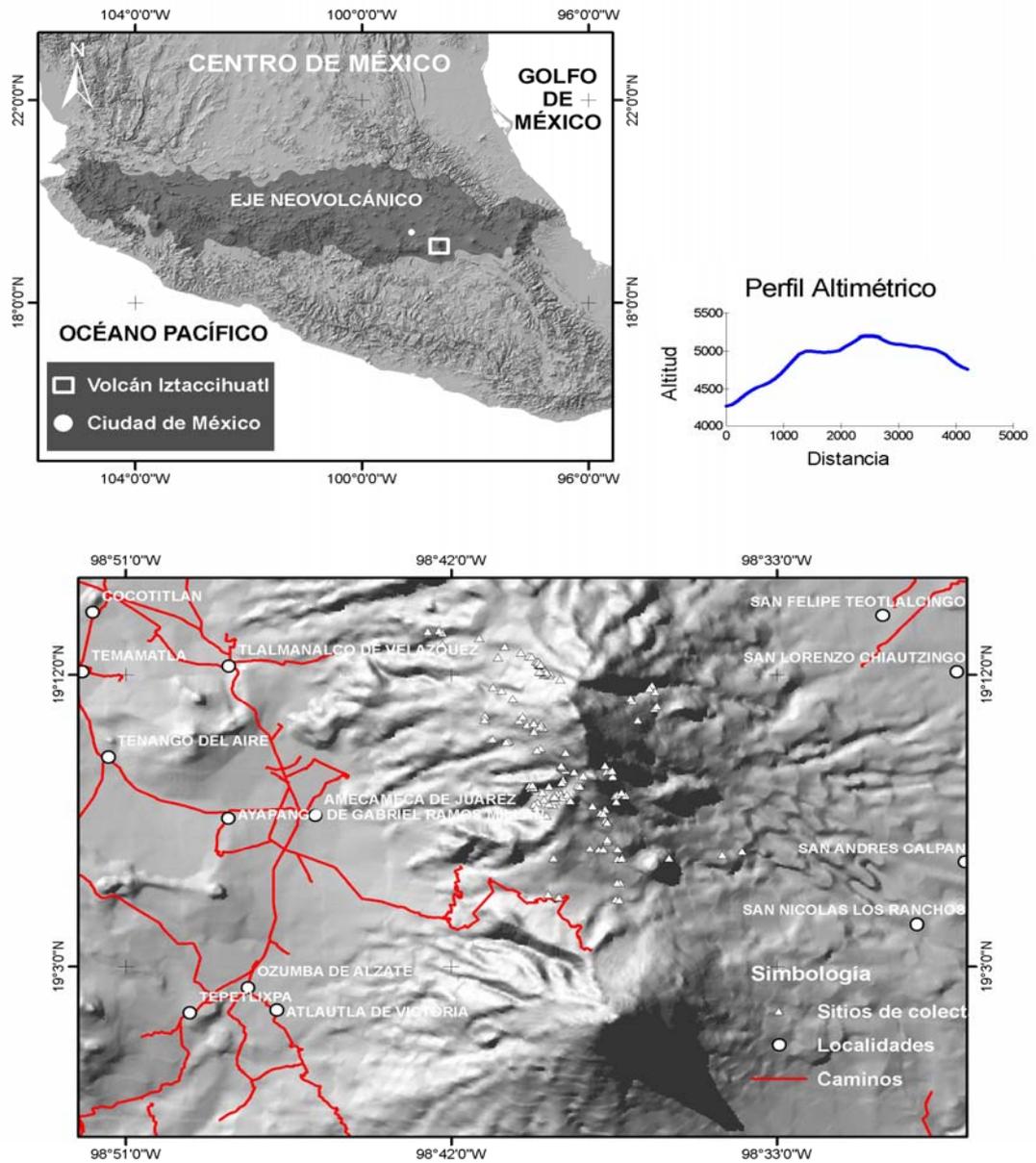


Figura 1. Localización del área de estudio. Arriba ubicación del volcán Iztaccíhuatl en el Eje Neovolcánico o Cordillera Volcánica Transmexicana en el centro de México. Abajo vista aérea de la Sierra Nevada conformada por los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl (en blanco los sitios de colecta).

del Estado Puebla. Por su altitud máxima 5,286 msnm ocupa el tercer lugar en el país superado sólo por los volcanes Popocatepetl (5,420 msnm) y Pico de Orizaba o Citlaltépetl (5,610 msnm).

Este volcán se une al Norte con la sierra de Río Frío (conformada por los volcanes Tláloc, Telopán y Papayo) y al Sur con el Popocatepetl mediante el amplio puerto denominado “Paso de Cortés” cuyo punto más bajo se ubica a 3,650 msnm.

2.2.- Geomorfología, topografía e hidrología

El volcán Iztaccíhuatl es un estratovolcán alargado de 7 Km de longitud. La forma o silueta del edificio volcánico que asemeja a una mujer acostada, se considera orográficamente un caso único en las montañas del mundo. Presenta tres alturas principales: Cabeza (5,146 msnm), Pecho (5,286 msnm) y Pies (4,740 msnm) (Lugo 1984), cada una de las cuales se formó por la superposición de varias corriente de lava en etapas diferentes de erupción. La Cabeza es un hacinamiento de bloques basálticos en plena desintegración, donde la nieve no ha logrado prenderse de las rocas y sólo penetra en las oquedades. El Pecho muestra una loma semicircular abierta hacia el Norte que corrobora la existencia de un pequeño volcán cinerítico de edad Pleistocénica. Los Pies al Sur, están formados por una peña que se levanta erguida (Mooser 1956; White 1962) (Figura 2).

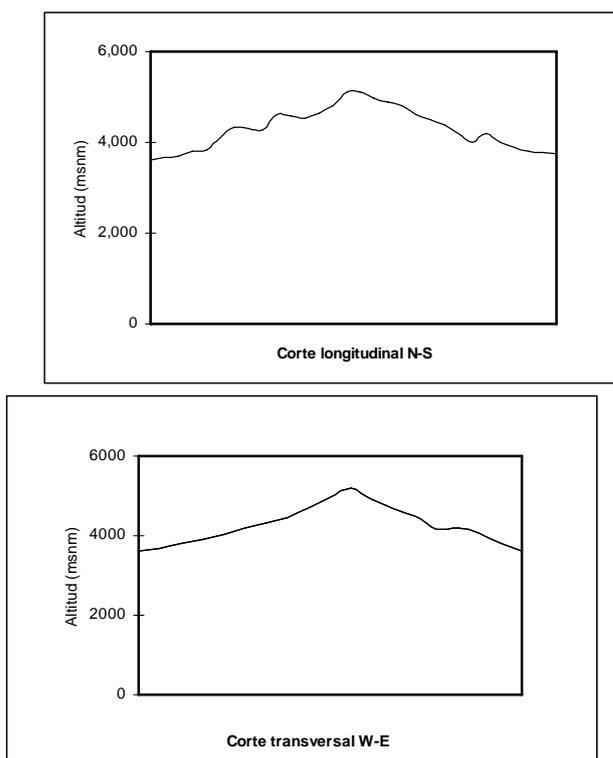


Figura 2. Perfil longitudinal y transversal del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

Los procesos dinámicos erosivos formadores del relieve que actúan en las laderas de la montaña son de dos tipos:

1.- Volcánico-erosivo, que se presenta desde la porción superior de la montaña hasta los frentes de los glaciares y los mantos permanentes de nieve (4,900-4,700 msnm). No obstante en el pasado las lenguas glaciares llegaron a descender a altitudes inferiores a los 2,800 msnm (White 1962).

2.- Erosivo-fluvial, se llevan a cabo por debajo de los 4,700 msnm, mediante el escurrimiento fluvial continuo de ladera abajo, con diferentes grados de intensidad (Lugo 1984).

White (1962) identifica en la cumbre de la montaña una área glaciada de 116.45 hectáreas formada por doce restos de glaciares (Figura 2). Se considera un área relativamente grande si se toma en cuenta que se encuentra dentro de la zona intertropical. A diferencia con los volcanes Pico de Orizaba y el Popocatepetl, donde los glaciares se encuentran en las laderas más protegidas del Norte o Noroeste, en el Iztaccíhuatl se encuentran en las laderas Norte, Este y Oeste (Lorenzo 1964).

En el volcán Iztaccíhuatl se definen cuatro zonas topográficas (Chávez y Trigo 1996):

1.- Del pie de monte hasta los 3,400 msnm, zona de cañones profundamente erosionados con grandes cantiles rocosos que se levantan verticalmente de 100 a 250 m sobre el fondo de los valles y restos del depósito glacial Nexcolango.

2.- De los 3,400 a 4,000 msnm, zona extensa de morrenas de 40 a 50 m de espesor, provenientes del depósito glacial Hueyatlaco. Vázquez (en Metcalfe *et al.* 2000) establece que la morrena más antigua de los volcanes de México, datada en c. 195,000 años, se encuentra en el Iztaccíhuatl.

3.- De los 4,000 a 4,500 msnm, zona de amplios flancos de montaña que están relativamente libres de detritos glaciares.

4.- Por encima de los 4,500 msnm, zona de cabeceras de valle erosionadas con enormes morrenas en sus bocas y pequeños glaciares y taludes empinados de hasta 90° al pie de las cimas.

Hidrológicamente, la ladera Oriental del Iztaccíhuatl se integra a la parte alta de la cuenca del Balsas o valle de Puebla; la ladera situada al Oeste constituye el flanco oriental de la cuenca del valle de México. En el interior del volcán se distribuyen cuatro subcuencas: Atoyac, Nexapa, Amecameca y de la Compañía Las corrientes superficiales permanentes del volcán Iztaccíhuatl provienen principalmente del deshielo de los glaciares y las intermitentes de las precipitaciones pluviales; ambas alimentan las corrientes subterráneas del sistema (Figura 3).

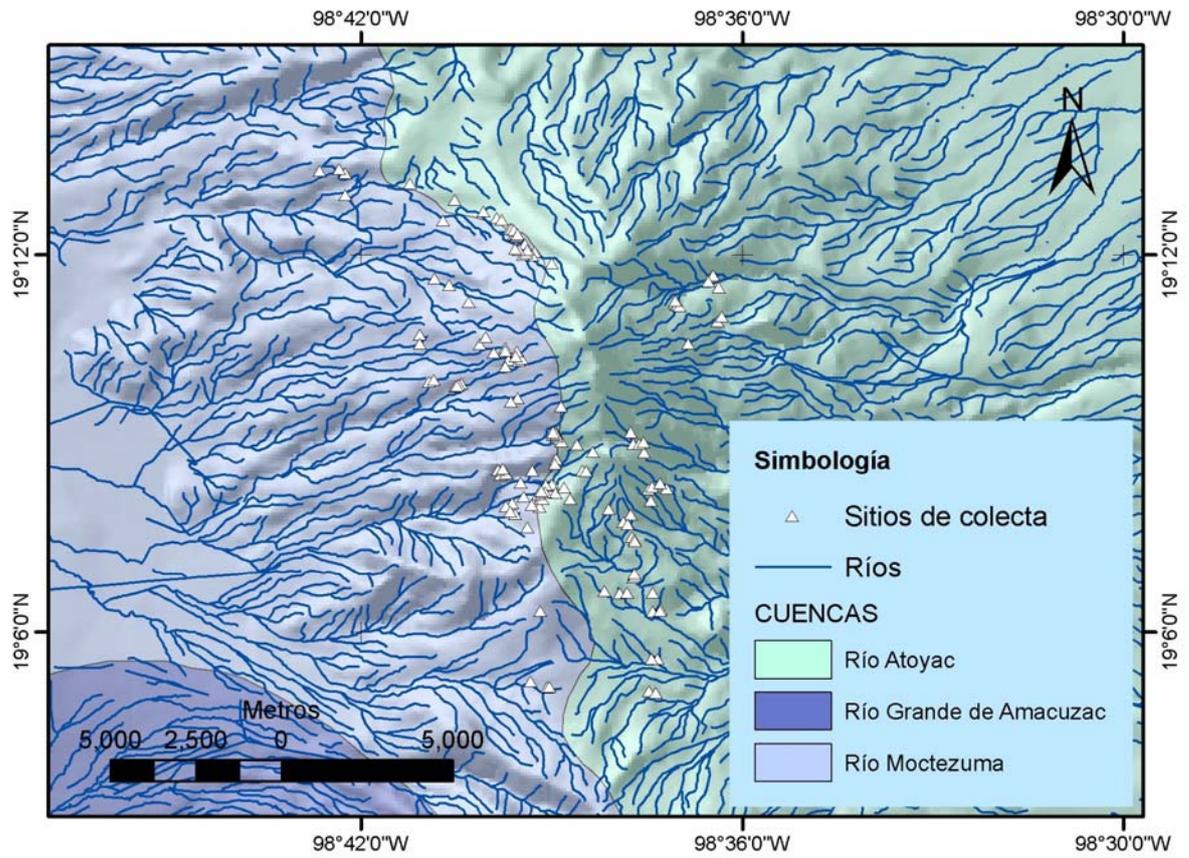


Figura 3. Mapa hidrológico del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

En el Iztaccíhuatl son frecuentes las zonas de manantiales y cascadas, como “Agua el marrano”, donde afloran las corrientes subterráneas; en tanto las lagunas y depósitos permanentes son escasos, en la zona de estudio se encuentra la laguna de Chalchoapan (“agua de jade”) ubicada en la vertiente Este. Robles Ramos (1944) establece altitudinalmente cinco zonas hidrológicas dentro del volcán Iztaccíhuatl (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución altitudinal de las zonas de erosión en el volcán Iztaccíhuatl. Méx.

Altitud (msnm)	Zona	Procesos
>5,000-4,500	Glaciación	La precipitación cae en forma de nieve o granizo
4,500-4,000	Intemperismo y erosión glacio-pluvial	La precipitación pluvial escurre previa saturación del suelo, formando manantiales subterráneos alimentados de los deshielos de los glaciares y lluvias temporales.
4,000-3,450	Erosión fluvial moderada	La precipitación es abundante, principalmente durante la temporada lluviosa
3,450-2,500	Erosión fluvial intensa	Las aguas descendentes presentan gran capacidad de erosión por el aumento del volumen de agua.
2,500-2,300	Depósitos proluviales	Zona de contacto con el valle donde se acumulan los sedimentos arrastrados por los cauces.

2.3.- Geología y edafología

La historia geológica del volcán Iztaccíhuatl inicia a consecuencia de la formación de la fractura de Humboldt o Clarión (White 1962). Durante el Oligoceno Superior y Mioceno (Lorenzo 1964), empieza a formarse la montaña de Norte a Sur, posteriormente, durante el Plioceno Medio al Superior, surgen lavas del tipo andesita porfídica de piroxena muy abundantes que constituyen el macizo montañoso que hoy conocemos. Mooser (1975) estima que la última actividad del volcán fue anterior al último período glacial, hace c. 25,000 años, por lo que le atribuye una edad Cuaternaria.

Las rocas del volcán Iztaccíhuatl según Chávez y Trigo (1996) corresponden a los tipos de Andesita sólida y Toba andesítica, y en menor proporción aparecen Aluvión, Basalto, Toba basáltica y Brecha sedimentaria (Figura 4).

De acuerdo con White (1962) las rocas pueden dividirse en dos series principales: a) rocas antiguas de la Serie Volcánica Xochitepec del Terciario Medio, entre los 2,500 y 2,700 msnm, expuestas por la erosión de los arroyos en laderas bajas. b) rocas recientes de la Serie Andesítica con predominio de Andesitas porfídicas de piroxena, que constituyen la masa principal del volcán, se estima que en algún tiempo estas rocas tenían más espesor por lo que varios picos del volcán pudieron tener altitudes mayores a 5,500 msnm.

Según Werner (1978) los materiales de las cinco últimas erupciones del Popocatepetl son posteriores a la formación del Iztaccíhuatl, cubren la mayor parte de la Sierra Nevada. Cada fase de erupción consistió en varias capas de ceniza gruesa, seguidas de ceniza fina andesítica. La edad de las últimas capas de ceniza se estima entre 400 años para la más reciente y 25,000 años la más antigua.

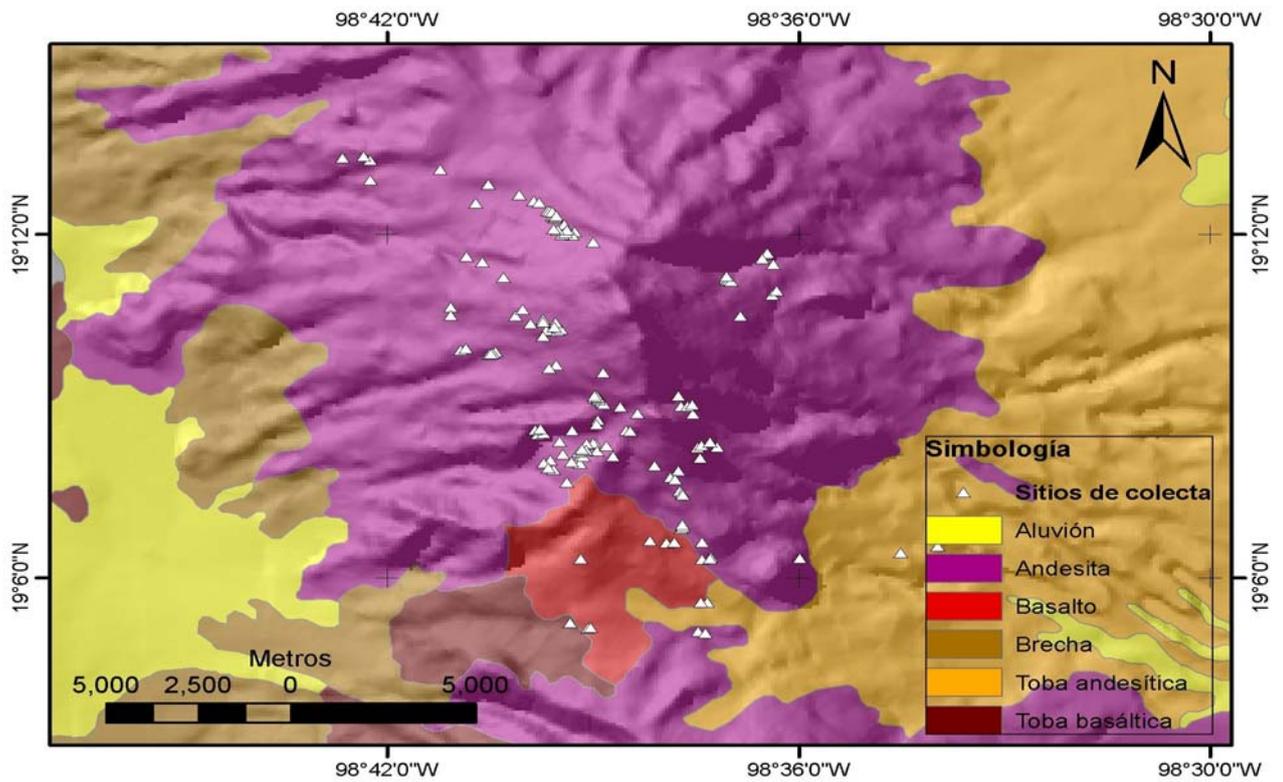


Figura 4. Mapa geológico del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

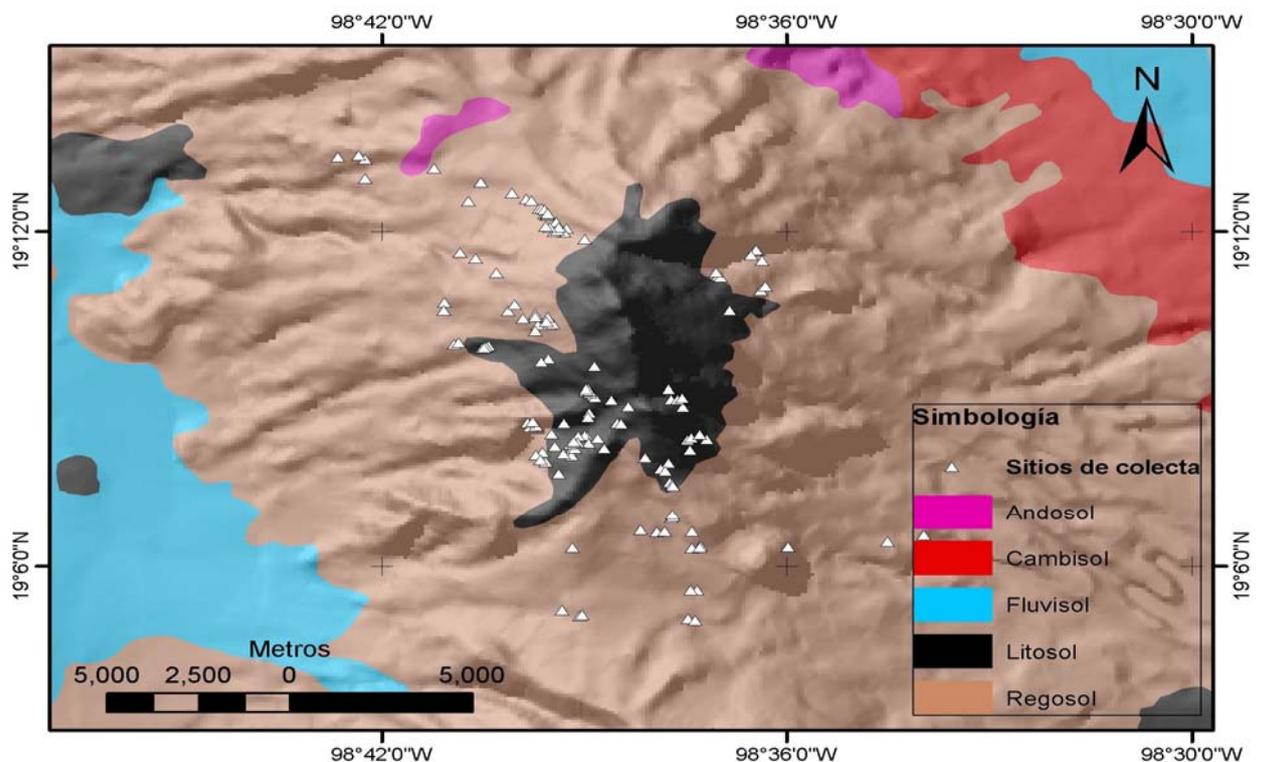


Figura 5. Mapa edafológico del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

El material parental de los suelos del volcán está formado por cenizas volcánicas recientes y pómez (tetras) de diferentes edades, lo cual ejerce un efecto sobre el desarrollo de los suelos (Miehlich 1978). De acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO (1989) la unidad de suelo dominante corresponde a Arenosol háplico (ARh) (Arriaga *et al.* 2000),

siendo los tipos Andosol úmbrico y vítrico los más frecuentes. Otros tipos frecuentes en la zona son: Leptosol lítico, Regosoles eutrigo y dístrico, así como Cambisol y Fluvisol. (Figura 5).

2.4.- Climatología

Siguiendo la clasificación de García (1986, 1988) para la República Mexicana, en el volcán Iztaccíhuatl se definen cuatro tipos climáticos:

- Templado subhúmedo [C(w²)big], en las partes bajas de la montaña hasta c. los 3,000 msnm, se caracteriza por ser el más húmedo de los climas templados subhúmedos.
- Templado semifrío subhúmedo [C(w²')(w)cig], entre los 3,000 y 4,000 msnm, sobre la cota de la isoyeta de 1,200 mm, se caracteriza por ser el más frío de los templados, con temperaturas medias anual entre 5 y 12°C
- Frío de altura [ETHwi] en altitudes superiores de 4,000 msnm, con temperatura media anual menor a 5°C. Según Köppen (en García 1988) podría denominarse clima de los pastizales alpinos (“Almenklima”).
- Muy Frío [ET], se desarrolla en una superficie reducida en la cima de la montaña por arriba de los 5,000 msnm, presenta temperaturas media anual por debajo de los 0°C, por lo que predomina el hielo y la nieve.

La precipitación anual en la montaña es alta, oscila entre 800 y 1,200 mm; se presenta en diversas formas como nieve, lluvia, aguanieve y granizo. En ocasiones la nieve puede descender por debajo de los 4,000 msnm, aunque su permanencia es efímera. Generalmente las tormentas se producen en el Este y son dirigidas por los vientos hacia el Oeste. En la estación húmeda, el volcán es afectado por los vientos Alisios del Noreste y los ciclones tropicales, y en la seca por los vientos Altos del Oeste. Las lluvias ocasionales de invierno son producidas por los llamados Nortes del Golfo de México.

2.5.- Tipos de vegetación

En la zona de estudio se presentan tres tipos principales de formaciones vegetales: bosque de *Pinus hartwegii*, zacatonal alpino y subalpino y matorral de *Juniperus*. (*sensu* Rzedowski 1978; Rzedowski *et al.* 2001).

Bosque de *Pinus hartwegii*. Esta formación constituye la última franja forestal altitudinal por debajo de los zacatonales alpinos, cubre aproximadamente el 5% del territorio mexicano. Forma masas puras en un intervalo altitudinal de 3,500 a 4,000 msnm. Forma parte del bosque de coníferas dentro del tipo Bosque de *Pinus* que se desarrolla en regiones subhúmedas y húmedas con clima templado y frío del país (Rzedowski 1978). Sin embargo, la escasez de epifitas da indicio de que la humedad del aire no es alta (Rzedowski *et al.* 2001).

Su sotobosque se caracteriza por el dominio de gramíneas amacolladas y en menor medida arbustos. En altitudes más bajas se mezcla con *Abies religiosa* y *Alnus jorullensis* formando diferentes bosques mixtos. El extremo altitudinal superior del bosque marca el límite de la vegetación arbórea (*timberline*) entre los 3,900 y 4,000 msnm en las laderas de la sierra Nevada. El tamaño de los árboles es de 15 a 20 m, poco

densos en su follaje, con dosel francamente abierto y discontinuo en las zonas cercanas a los pastizales de alta montaña.

En México el *Pinus hartwegii* es la especie más tolerante a fluctuaciones climáticas drásticas y con su alta velocidad de germinación (Solórzano 1987 en: Musálem y Solís 2000) le permite alcanzar las mayores altitudes sobre el nivel del mar, registradas para una especie de este género. Probablemente sea la especie de pino que alcanza menores tasas de crecimiento en los bosques de México, debido a la zona fría en que habita, aunque los suelos tengan buena calidad (Eguiliuz 1978; Hernández 1985; Solórzano 1987 en: Musálem y Solís 2000).

Zacatonal alpino y subalpino. Los pastizales que se desarrollan por encima del límite altitudinal de la vegetación arbórea reciben el nombre de zacatonal alpino o de alta montaña. Presentan una fisonomía particular dada por las gramíneas amacolladas que lo caracterizan. En los estudios de vegetación de nuestro país se le ha nombrado de diferentes formas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Sinónimos nomenclaturales del zacatonal alpino en México

Término	Autor	Año
Mesquite/grassland	Leopold	1950
Savanna o páramo	Beard	1955
Tundra alpina	Holdridge	1957
Alpine meadow	Beaman	1962
Páramo de Altura	Miranda y Hernández X.	1963
Pastizal templado	Gómez-Pompa	1965
Tropical -alpine -páramo	Billings	1973
Zacatal de altura	Lauer y Klaus	1975
Zacatonal alpino	Rzedowski	1978
Pajonal tropicalpino	Smith y Cleef	1988

El zacatonal alpino forma el último piso de vegetación vascular, encontrándose por arriba de él sólo las nieves perpetuas y los desiertos helados. Presenta una distribución fragmentada, restringida a las porciones superiores de los 11 edificios volcánicos más altos del país. La mayoría de ellos se ubican a lo largo del Eje Neovolcánico o Cordillera Volcánica Transversal, fuera de éste se ha registrado, sólo en el volcán Tacaná en Chiapas y en el cerro Potosí en Nuevo León.

A grandes rasgos la fisonomía de esta comunidad, dominada por gramíneas, da la apariencia de ser muy homogénea; la coloración amarillenta pálida es característica durante la mayor parte del año y sólo parece reverdecer durante la época húmeda. Generalmente la estructura está compuesta por dos estratos: herbáceo y rasante.

El zacatonal subalpino del área de estudio pertenece al grupo de pastizales inducidos; se caracteriza por la presencia de gramíneas amacolladas que oscilan entre 60 y 120 cm de altura, encontrándose entre los 3,000 y 4,000 msnm (Rzedowski *et al.* 2001). Se trata de comunidades vegetales secundarias, derivadas de la perturbación del bosque, con diferentes composiciones florísticas.

Matorral de *Juniperus*. Se encuentra en México distribuido en condiciones ecológicas diversas, desde Baja California y Tamaulipas hasta Chiapas, cubriendo una área menor del 0.04% de la superficie del país. Forma parte de los bosques

escuamifolios (Miranda y Hernández X. 1963 en: Rzedowski 1978) y del bosque de *Juniperus* (Rzedowski 1978).

Se desarrolla preferentemente en climas templados y fríos formando estrechas franjas en las zonas de transición de diversos tipos de vegetación, como el bosques de *Pinus*-pastizal y entre el matorral xerófilo-bosque tropical caducifolio. Prospera preferentemente en suelos poco profundos y más bien pedregosos, por lo que se considera de origen secundario (Rzedowski 1978).

En particular *Juniperus monticola* puede formar matorrales rastreros densos de 1 a 3 m de alto, encontrándose principalmente a lo largo de la franja altitudinal comprendida entre los 3,700 y 4,200 msnm en las montañas del centro de México (Giménez de Azcárate y Escamilla 1999).

2.6.- Contexto legal y sociocultural

El Paque Nacional Izta-Popo. Se encuentra dentro del área protegida federal con categoría de Parque Nacional. Forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANP) que es administrado por la SEMARNAT a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

El área protegida fue establecida por decreto presidencial expropiatorio, el 28 de octubre de 1935, sobre la cota de 3,000 msnm con un área de 59,913 hectáreas. El 11 de febrero de 1948 se publicó el decreto modificadorio a favor de la Unidad Industrial de Explotación Forestal de la Fábrica de Papel de San Rafael y Anexas, S.A., que establece los linderos sobre la cota de 3,600 msnm, disminuyendo su superficie a 25,679 ha (el 43% de la original); ello supuso una significativa disminución en los tipos de vegetación protegidos.

Posteriormente, el 11 de febrero de 1992, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se declara extinta la Unidad Industrial de Explotación Forestal, sin embargo, los límites del Parque Nacional no se han modificado oficialmente hasta ahora.

Otras propuestas de conservación para el área son: Sitio para la protección de las aves en México, AICA C-72 Volcanes Iztaccíhuatl-Popocatepetl (Benítez *et al.* 1999) y Zonas con alta diversidad o Región Prioritaria Terrestre RTP-107 Sierra Nevada (Arriaga, *et al.* 2000). En ambas propuestas se integran las áreas protegidas del Izta-Popo y Zoquiapan como una sola zona de conservación.

Uso de la tierra y amenazas. Los usos de la tierra en la Sierra Nevada son forestal, turismo y recreación, conservación, agricultura y ganadería. Las principales amenazas se derivan de la explotación inadecuada de los recursos, deforestación, desarrollo urbano e industrial, aumento de las áreas para ganadería y agricultura e introducción de especies exóticas (Benítez *et al.* 1999).

Los conflictos que impiden el desarrollo del área natural protegida, se han generando desde la misma creación del parque (Vargas 1984), en general se clasifican en tres tipos: administrativo, de conservación y legal.

Zona de influencia. El área de influencia del parque se establece por debajo de la cota de 3,000 msnm. En ella se encuentran 25 municipios y 27 poblados que interactúan de forma directa o indirecta con el Parque Nacional.

En los 25 municipios considerados predominan localidades rurales con poblaciones comprendidas entre 500 y 10,000 habitantes y sólo 5 municipios (Huejotzingo, Chalco, Amecameca, Tlalmanalco e Ixtapaluca) tienen poblaciones mayores (Chávez y Trigo 1996).

Desde la perspectiva de la problemática ambiental, intervienen factores de las esferas ecológico, social, económico y político, que actúan con diferente intensidad en tres niveles: local, municipal y regional. Así, la problemática actual del Parque Nacional debe abordarse de forma integral de todos los procesos sociales y ambientales, tomando en cuenta sus características multifactoriales.

Aspectos culturales. No es desconocido el culto religioso que experimentaban nuestros antepasados por las montañas y de una manera singular por los volcanes de la Sierra Nevada. El Popocatepetl e Iztaccíhuatl representaban para los antiguos pueblos de Anáhuac las obscuras divinidades que velaban por su raza, eran dioses de diferente sexo, en torno de los cuales se preparaban fiestas y ceremonias (Lorenzo 1957) y singulares leyendas románticas (Sosa 1951).

En el volcán Iztaccíhuatl se encuentran 11 zonas arqueológicas prehispánicas relacionadas con el dios del agua Tláloc (Gutiérrez 1983), es probable que estos sitios tuvieran su apogeo en la época Tolteca (Lorenzo 1957). Los sitios arqueológicos más estudiados son: las pinturas en las cuevas o abrigos en el valle de Milpulco (3,800 msnm), adoratorios de la zona de Nahualac (3,800 msnm), del Caracol (4,400 msnm), del Solitario y el Llano Chico el Alto (Lorenzo 1957; Chávez y Trigo 1996).

El nombre Iztaccíhuatl deriva de la lengua náhuatl: "Iztac", blanco y "Cihuatl", mujer, aludiendo al contorno y a su cumbre nevada. Etimológicamente es de los nombres que se encuentran más adulterados ya que en cada una de las diversas formas que la gente lo escribe y pronuncia, quiere decir cosas distintas (Sosa 1951). Regionalmente se le nombra "Rosita", "La Volcana", "La dama blanca acostada" o "La mujer dormida".

3.- MÉTODOS

3.1.- Fitosociológico y florístico

Mediante el método fitosociológico (Mueller-Dumbois y Ellenberg 1974; Werger 1974; Braun-Blanquet 1979), modificado para los trópicos (Van der Hammen *et al.* 1989) se realizó un muestreo de la vegetación zonal y azonal (*sensu* Walter 1983) en el zacatonal alpino y el bosque de *Pinus hartwegii* (*sensu* Rzedowski 1978; Rzedowski *et al.* 2001).

Para la selección de cada sitio de muestreo se siguió el criterio de homogeneidad florística y estructural (Werger 1974; Braun-Blanquet 1979) en el que cada inventario (relevé) representa una sola identidad vegetativa ecológicamente homogénea (Westhoff y Van der Hammen 1973). La superficie del inventario se determinó de acuerdo con el concepto de área mínima homogénea, que toma en cuenta la representatividad florística y fisonómica de la vegetación que incluye tanto individuos como formas de agrupamiento (Braun-Blanquet 1979).

A lo largo de más de 40 días de campo en las temporadas seca, fría y lluviosa del año, se realizaron 217 inventarios; 91 en la franja altitudinal del bosque y 126 en el zacatonal alpino. El gradiente altitudinal de muestreo fue de los 3,500 a los 4,510 msnm y para representar el ecotono del bosque de pino mixto, en algunos sitios se muestreo por debajo de los 3,500 msnm. La representación florística para cada comunidad vegetal se definió mediante el análisis de acumulación de especies-área (Figura 6).

Para cada inventario se registró información del lugar de muestreo (situación, altitud, pendiente, orientación), de la flora presente y de las diferentes estimaciones de altura de la vegetación, y coberturas (vegetación, suelo desnudo, estratos y de la población de cada especie).

La cobertura en porcentaje se estimó con la secuencia: <1%, 2%, 5%, 10% y en intervalos de 5 desde 15% a 100%. Para el muestreo se definieron cuatro estratos de vegetación con los siguientes criterios:

- Rasante: vegetación <10 cm de alto.
- Herbáceo: entre >10 y <200 cm.
- Arbustivo: hasta 3 m generalmente con crecimiento secundario.
- Arbóreo: >130 cm e incluye especies con tronco o fuste y árboles jóvenes ó en desarrollo.

La información de campo se vació en una tabla de dos entradas (filas y columnas) mediante el programa EXCELL (5.0). Posteriormente, se sometió al análisis estadístico multivariado con PC-ORD TWINSpan v.2.5 (Hill 1979) que realiza análisis de sitios y especies en conjunto.

Este análisis sigue una estrategia de clasificación jerárquica, divisiva y monotética mediante los valores de cobertura estimada de las especies en el campo para definir las diferentes unidades jerárquicas fitosociológicas (Géhu y Rivas-Martínez 1981; Rivas-Martínez 1987; 1994, Loidi 1996). Las comunidades de alta montaña del volcán quedaron definidas en seis niveles de división y siete cortes (0.5, 5 10, 20, 40, 60); fueron excluidas para el análisis las especies raras o con una sólo presencia.

Con los resultados obtenidos y las observaciones de campo se elaboró la tabla general fitosociológica de coberturas (Anexo 5) y para cada asociación una tabla parcial (Tablas 1 a 11). La selección de las especies diagnósticas consideró la información florística, ecológica y bibliográfica disponible (Rzedowski *et al.* 2001; COTECOCA-SARH 1987, 1991; COTECOCA-SAGAR 1995).

Posteriormente para la integración de la información, se elaboró un cuadro sintético de asociaciones (Cuadro 13), aplicando un índice mixto de cobertura-frecuencia, ponderado para cada especie; este índice refleja el intervalo de cobertura y presencia de las especies diagnósticas en cada comunidad.

En la tabla sintética, el valor de cobertura fue calculado por el promedio de cobertura para cada especie (Σ/n), agrupados en una escala de ocho índices expresados en números arábigos: **1.-** <1% valor más frecuente de cobertura del taxón, **2.-** entre 1 y 5%, **3.-** entre 6 y 10%, **4.-** entre 11 y 20%, **5.-** entre 21 y 40%, **6.-** entre 41 y 60%, **7.-** entre 61 y 80%, y **8.-** entre 81 y 100%.

El valor de frecuencia ponderada fue calculado en porcentaje ($n/N \times 100$), siendo n el número de inventarios que aparece el taxón y N el número total de inventarios de la asociación (Braun-Blanquet 1979). Los porcentajes obtenidos se agruparon en una escala de cinco valores expresados en números romanos: **I.-** presentes entre el 1 y 20% de los inventarios, **II.-** de 21 y 40%, **III.-** de 41 y 60%, **IV.-** de 61 y 80% y **V.-** de 81 y 100% de los inventarios

Para la nomenclatura y aspectos sintaxonómicos se siguieron las recomendaciones del Código de Nomenclatura Fitosociológica (Izco 1988; Weber *et al.* 2000), la caracterización de los sintaxones siguió los estándares ya establecidos para ésta metodología (Almeida *et al.* 2004), abordando aspectos relacionados con la caracterización y fisionomía, fitodiversidad, variabilidad fotocénica, distribución y ecología, caracterización bioclimática, caracterización edáfica y tipologías fitoecológicas afines. Estos últimos se determinaron con base en el glosario fitoecológico de las Américas (Huber y Riina 2003).

Con la información generada, se integró al esquema sintaxonómico de la vegetación de alta montaña propuesto por Almeida *et al.* (2004), que considera tanto las aportaciones fitosociológicas efectuadas en los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca como las nuevas propuestas aquí presentadas (sección 4.1.1). Finalmente se elaboró la clave dicotómica para la identificación de los sintaxa encontrados (sección 4.1.5).

Con base en la flora inventariada se elaboró el listado florístico (Anexo 1). La nomenclatura sigue a Rzedowski *et al.* (2001), la clasificación a Cronquist (1981) en tanto la abreviatura de la autoridad del nombre científico a Villaseñor (2001) y Rzedowski *et al.* (2001).

El material colectado se herborizó y trató curatorialmente siguiendo el método tradicional (Lot y Chiang 1986). La determinación taxonómica de ejemplares siguió a la flora regional de Rzedowski *et al.* (2001) y se cotejó con la colección de referencia del Laboratorio de Ecosistemas Montanos de la Facultad de Ciencias, UNAM. Se consultaron a especialistas para las familias de Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, así como para el grupo de Pteridofitas. Los ejemplares

colectados se depositaron en la colección de este Laboratorio para su incorporación al Herbario de la Facultad de Ciencias UNAM (FCME).

3.2.- Bioclimático

La caracterización bioclimática siguió la propuesta mundial de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez *et al.* 1999; Rivas-Martínez 2004). Se emplearon los datos de nueve estaciones meteorológicas; ocho de ellas ubicadas en el macizo montañoso de la Sierra Nevada y una fuera del área de estudio (Nevado de Toluca) con el objeto de representar las condiciones climáticas a altitudes mayores de 4,000 msnm.

Para el análisis bioclimático se utilizaron los datos de precipitación mensual, temperatura media anual, temperatura media de las mínimas del mes más frío, la temperatura media de las máximas del mes más frío y la precipitación mensual. El intervalo de años de observación de las estaciones va entre 9 y 30 años.

A los datos de cada estación se aplicó el programa BIOCLIMATE (Alcaráz 2000) adaptada a la tipología de Rivas-Martínez (1994) mediante el cual se obtuvieron las fichas y diagramas bioclimáticos y los valores de los índices correspondientes para la diagnosis del territorio de estudio (Anexo 3).

Así, con base en el análisis de los índices y de acuerdo con los criterios bioclimáticos del sistema de clasificación, se caracterizó la zonación bioclimática del volcán Iztaccíhuatl, mediante la extra e intrapolación de los datos, se definieron los límites altitudinales teóricos de los pisos ombro y termoclimáticos para su posterior correspondencia con los pisos de vegetación y las asociaciones vegetales.

Para calcular la tasa de cambio del gradiente térmico, se obtuvo estadísticamente el coeficiente de asimetría de los datos de temperatura por cada 100 m de altitud. Éste se corroboró con el método de comparación de estaciones extremas (García 1986), con los datos de las estaciones de Amecameca y Hueyatenco, ubicadas en la ladera Oeste del volcán.

3.3.- Edafológico

Para el análisis de suelos se realizaron 24 perfiles y se colectaron 38 muestras; los sitios de muestreo fueron seleccionados donde previamente se habían realizado inventarios de vegetación o se realizaron conjuntamente.

En el laboratorio las muestras de suelo se secaron, tamizaron y analizaron siguiendo los métodos estándar de análisis de suelo (Domínguez y Aguilera 1994). Se realizaron los siguientes análisis: contenido de humedad de campo por el método de diferencia de peso, capacidad de carga, pH con 1:2.5 H₂O, 1:2.5 KCl y 1:50 NaF, alófono por el método de Fieldes y Perrot, color seco y húmedo con las cartas de color de Munsell, densidad aparente por el método de la probeta y densidad real por el método de picnómetro, granulometría por tamizados de malla, textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos, y en algunas muestras el análisis del contenido de materia orgánica.

Finalmente la información se analizó para toda zona de estudio y para cada comunidad propuesta (sección 4.4, 5.4 y Anexo 4).

4.- RESULTADOS

4.1.- Resultados fitosociológicos

Mediante el análisis de acumulación de especies-área se determinó que con los muestreos realizados, el área de estudio está florística y ecológicamente representada, ya que las curvas respectivas para el bosque de *Pinus hartwegii* y zacatonal alpino alcanzan la meseta (Matteucci y Colma 1982) (Figura 6).

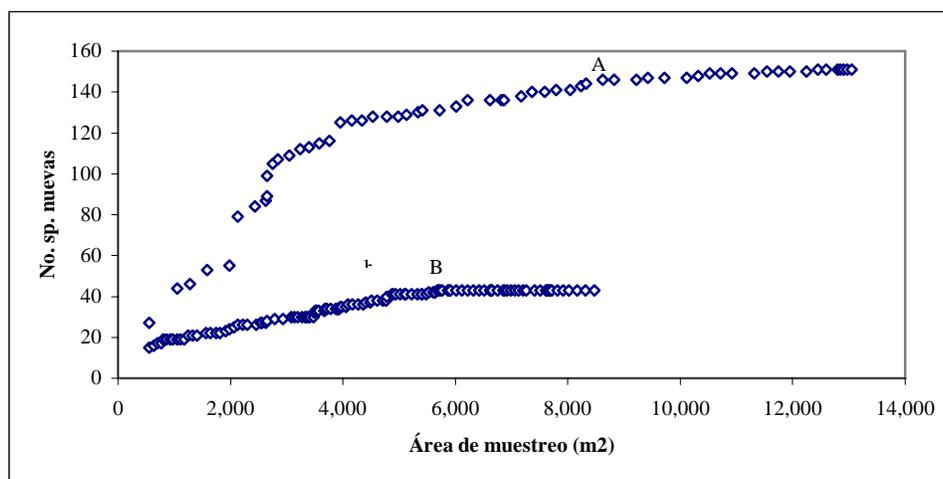


Figura 6. Curva de especies-área del bosque de *Pinus hartwegii* (A) y el zacatonal alpino (B).

De acuerdo con el análisis estadístico, las tablas fitosociológicas y las observaciones de campo, se reconocieron 11 comunidades vegetales de alta montaña en el volcán Iztaccíhuatl de las cuales nueve tienen rango de asociación. De todas ellas siete son zonales y cuatro azonal (dos edafoixerófilas y dos edafohidrófilas). Por su estructura ocho se corresponden con comunidades herbáceas de zacatonal, dos a comunidades arbóreas y una es arbustiva (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comunidades fitosociológicas de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

Biotipo	Nombre	Tipo	Distribución (msnm)
Arbóreo	Com. <i>Alnus jorullensis</i> - <i>Pinus hartwegii</i>	Zonal	3380-3540
Arbóreo	As. <i>Vaccinio caespitosi</i> - <i>Pinetum hartwegii</i>	Zonal	3460-4090
Herbáceo	As. <i>Lupino montani</i> - <i>Festucetum tolucensis</i>	Zonal	3500-4200
Herbáceo	As. <i>Festuco tolucensis</i> - <i>Muhlenbergietum quadridentatae</i>	Zonal	3570-3710
Herbáceo	Com. <i>Cotula mexicana</i> y <i>Carex peucophila</i>	Azonal - hidrófilo	3570-4050
Herbáceo	As. <i>Senecioni procumbentis</i> - <i>Calamagrostietum tolucensis</i>	Zonal	3600-4300
Arbustivo	As. <i>Echeverio secundae</i> - <i>Juniperetum monticolae</i>	Azonal- edafoixerófilo	3710-4110
Herbáceo	As. <i>Gnaphalio lavandulaceae</i> - <i>Calamagrostietum tolucensis</i>	Azonal- edafoixerófilo	3900-4150
Herbáceo	As. <i>Poo villaroelii</i> - <i>Oreomyrrhetum tolucanae</i>	Azonal hidrófilo	3900-4350
Herbáceo	As. <i>Drabo nivicolae</i> - <i>Plantaginetum tolucensis</i>	Zonal	4100-4300
Herbáceo	As. <i>Festuco lividae</i> - <i>Arenarietum bryoides</i>	Zonal	4070-4510

El resultado de la clasificación de las comunidades por similitud florística, se define en el dendograma de la Figura 7.

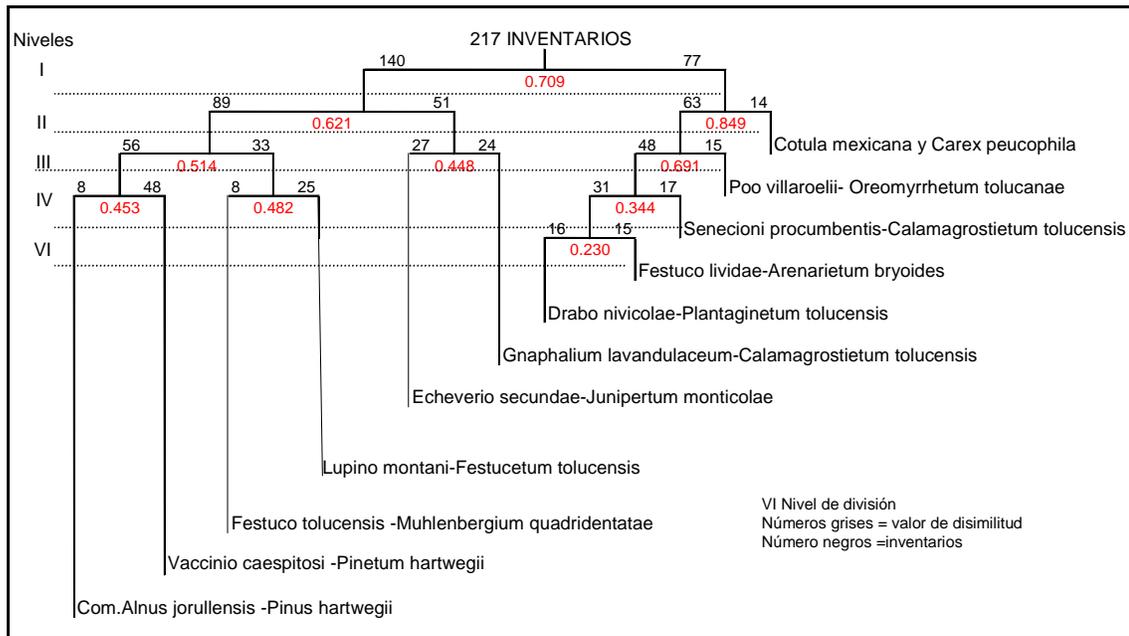


Figura 7. Dendograma de similitud de las comunidades del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

Los grupos de comunidades más semejantes entre sí, se ubican respectivamente en cada brazo del dendograma (140 vs. 77 inventarios), resultando a la izquierda, las comunidades boscosas con sus zacatonales y arbustadas de sustitución (6 comunidades) y a la derecha, los pastizales y praderas de alta montaña (5 comunidades). Las comunidades en ambos extremos (*Alnus-Pinus* y *Cotula-Carex*) son, entonces, las más disímiles entre sí.

4.1.1.- Integración del esquema sintaxonómico

Las comunidades presentes en el volcán Iztaccíhuatl se integran al esquema sintaxonómico de alta montaña de México. Se muestran con subrayado las asociaciones que se encuentran en el volcán y en negritas las nuevas propuestas al esquema sintaxonómico:

Vegetación vascular leñosa

I Clase PINO HARTWEGII-ABIETETEA RELIGIOSAE (Rivas-Martínez y G. Azcárate, inéd.) = *Abieto religiosae-Pinetea hartwegii* (Almeida *et al.* inéd.)

- A) Orden *Vaccinio geminiflori-Pinetalia hartwegii* = *Festuco toluensis-Pinetalia hartwegii* (G. Azcárate y Escamilla 1999).
-a) Alianza *Pinion hartwegii* (Alliancia nova)
 - 1.- As. *Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii* (G. Azcárate *et al.* 2003) (= As. *Festuco toluensis-Pinetum hartwegii* (Almeida *et al.* 1997))
 - 1a.- Subas. *Lupinetosum montanae* (Almeida *et al.* 1997b)
 - 2a.- Var. *Festuca toluensis* (G. Azcárate *et al.* 2003)
 - 2.- Com. *Alnus jorullensis-Pinus hartwegii* (Nova)
- b) Alianza *Juniperion monticolae* (G. Azcárate y Escamilla 1999)
 - 1.- As. *Echeverio secundae-Juniperetum monticolae* (G. Azcárate y Escamilla 1999)
 - 1a.- Var. *Pinus hartwegii* (Nova)

Vegetación vascular herbácea

II Clase DRABO JORULLENSIS-CALAMAGROSTIETEA TOLUCENSIS (Almeida *et al.* 2004)

- A) Orden *Festucetalia lividae* (Almeida *et al.* 2004)
 - a) Alianza *Plantagino toluensis-Festucion lividae* (Almeida *et al.* 2004)
 - 1.- As. *Festuco lividae-Arenarietum bryoides* (Almeida *et al.* 1994)
 - 1a.- Subas. *arenarietosum bryoides* (Almeida *et al.* 2004)
 - 1b.- Subas. *ranunculetosum multicaulis* (Almeida *et al.* 2004)
 - 1c.- Subas. *dissanthelietosum mathwesii* (Nova)
 - 1d.- Var. *Erysimum capitatum* (Almeida *et al.* 2004)
 - 2.- As. *Drabo nivicolae-Plantaginetum toluensis* (Almeida *et al.* 2004).
- B) Orden *Ranunculetalia multicaulis* (Novo)
 - a) Alianza *Poo villaroelii-Oreomyrrhion toluicanae* (Nova)
 - 1.- As. *Poo villaroelii-Oreomyrrhetum toluicanae* (Nova)
 - 1a.- Var. *Ranunculus multicaulis* (Nova)
- C) Orden *Calamagrostietalia toluensis* (Almeida *et al.* 2004)
 - a) Alianza *Lupino montani-Calamagrostion toluensis* (Almeida *et al.* 2004)
 - 1.- As. *Lupino mexicanii-Calamagrostietum toluensis* (Almeida *et al.* 2004)
 - 2.- As. *Senecioni procumbentis-Calamagrostietum toluensis* (Almeida *et al.* 1994)
 - 2a.- Subas. *calamagrostietosum toluensis* (Almeida *et al.* 2004)
 - 2b.- Subas. *festucetosum toluensis* (Almeida *et al.* 2004)
 - 2c.- Var. *Arenaria bryoides* (Almeida *et al.* 1994)
 - 3.- As. *Lupino montani-Festucetum toluensis* (Almeida *et al.* 1994)
 - 3a.- Comb. *penstemonetosum gentianoides* (Almeida *et al.* 1994)
 - 3b.- Subas. *calamagrostietosum toluensis* (Almeida *et al.* 2004)
 - 4.- As. *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum toluensis* (G. Azcárate *et al.* 1999)
 - 4a.- Var. *Juniperus monticola* (G. Azcárate y Escamilla 1999)
 - 5.- As. *Festuco toluensis-Muhlenbergietum quadridentatae* (Nova)
 - 5a.- Subas. *agrostietosum hiemalis* (Nova)

III Clase (por definir) (Nova)

- A) Orden (por definir)
 - a) Alianza (por definir)
 - 1.- Com. *Cotula mexicana-Carex peucophila*
 - 1a.- Subcom. *Muhlenbergia nigra-Eleocharis montana*
 - 1b.- Var. *Juncus arcticus andicola*

Vegetación no vascular

IV Clase (por definir)

- A) Orden (por definir)
 - a) Alianza (por definir)
 - 1.- As. *Bartramio potosicae-Bryoerythrophyllum jamesonii* (Almeida *et al.* 1994)

4.1.2.- Caracterización de las comunidades arbóreas y arbustivas

I.- Asociación *Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii*

Alianza *Pinion hartwegii*

Orden *Vaccinio geminiflori-Pinetalia hartwegii*

Clase *Pino hartwegii-Abietetea religiosae*

Caracterización y fisonomía. Comunidad zonal de bosque de *Pinus hartwegii* con un estrato herbáceo de zacatón amacollado. Conformar el bosque subalpino (Beaman 1962) del piso superior de vegetación arbórea del volcán (Foto 2).

La vegetación cubre en promedio el 80% del área, aunque por su carácter abierto las áreas sin vegetación pueden llegar al 50%. La comunidad no alcanza tallas mayores a 25 m, considerándose de tamaño bajo, si se compara con la comunidad arbórea de *Abies religiosa* de cotas inferiores. Además, a medida que aumenta la altitud, hacia su límite de distribución superior (3,900-4,000 msnm) la talla de los árboles se reduce alrededor de los 10 m y continúa reduciéndose (1 a 5 m) hasta en los esporádicos árboles que se encuentran en el zacatonal alpino.

Estructuralmente está conformada por cuatro estratos. El estrato arbóreo uniespecífico es abierto con cobertura promedio de 70%. En ningún sitio se registró cobertura arbórea de 100%, siendo esto una característica fisonómica de la asociación. Los troncos son comúnmente rectos con PAP (perímetro a la altura del pecho) alrededor de 1 m y ramificados por arriba de los 15 m, con las copas de los árboles maduros en forma redondeada. Beaman (1962) registra para la Sierra Nevada una edad promedio de 44 años, en árboles de *Pinus hartwegii* con PAP de 110 cm.

El estrato arbustivo es ocasional y poco diverso (8 spp.), se dispone formando manchones aislados con coberturas <15% y 2 m de altura promedio, aunque algunas especies llegan a alcanzar los 5 m. Las especies más representativas son: *Baccharis conferta*, *Ribes ciliatum*, *Senecio angulifolius* y *S. cinerarioides*.

El estrato herbáceo es el más diverso con un total de 79 especies registradas, dominan las gramíneas amacolladas sobre otras herbáceas y arbustos pequeños. Presenta una altura de hasta 1 m y cobertura promedio de 70%. Las especies más representativas son: *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens*, *Cerastium nutans*, *Cirsium ehrenbergii*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Eryngium proteiflorum*, *Gnaphalium liebmannii*, *Lithospermum districhum*, *Lupinus montanus*, *Phacelia platycarpa*, *Penstemon gentianoides* y *Potentilla ranunculoides*. Entre las gramíneas se encuentran: *Agrostis toluensis*, *Calamagrostis toluensis*, *Cinna poiformis*, *Festuca toluensis*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Trisetum spicatum*.

El estrato rasante cubre en promedio el 10% del área y presenta una diversidad de 24 especies; las herbáceas son las dominantes aunque en algunos sitios umbríos las briofitas pueden alcanzar 40%. Las especies más importantes por su frecuencia son: *Alchemilla vulcanica*, *Arenaria reptans*, *A. oresbia*, *Gnaphalium standleyi*, *Oxalis alpina* y *Viola painteri*.

El estrato arbóreo no parece tener influencia sobre la cobertura de los estratos inferiores, situación contraria a la generalidad de las comunidades boscosas, donde al abrirse el dosel arbóreo se incrementa la cobertura de los estratos inferiores. Es notorio que la cobertura arbórea y las áreas sin vegetación (suelo desnudo) presentan un comportamiento inverso con el aumento de la altitud (Figura 8).

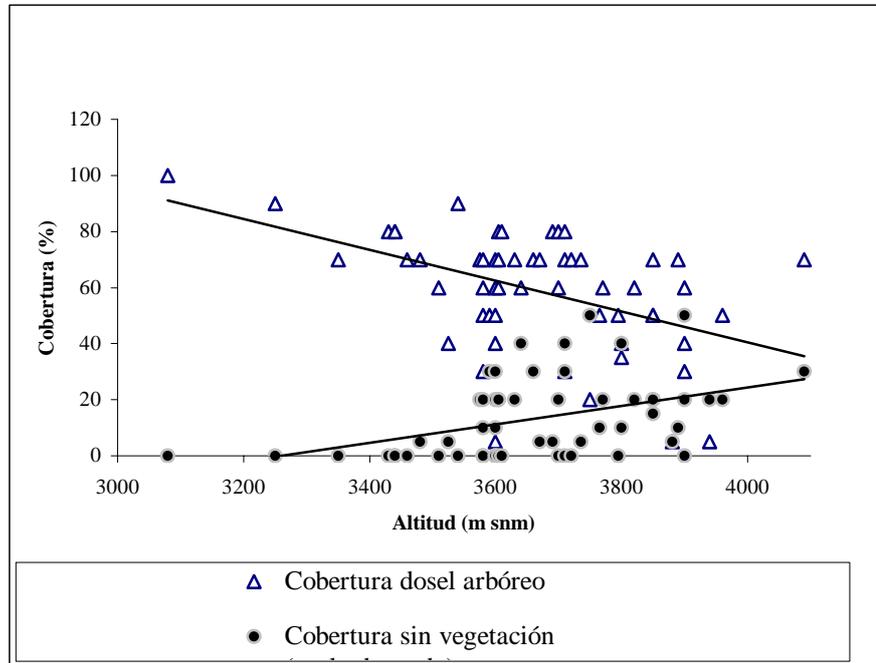


Figura 8. Relación de la cobertura arbórea y del suelo desnudo en el gradiente altitudinal en la asociación *Vaccinio-Pinetum hartwegii*.

Se realizaron 48 levantamientos con un área promedio de muestreo de 220 m² y varió entre 50 a 400 m². El promedio de especies por muestreo fue de 16 (máximo 34, mínimo 5). En total se muestrearon 9,350 m², poco menos de una hectárea de bosque.

Fitodiversidad y análisis florístico. La riqueza específica es de 113, pertenecientes a 65 géneros y 35 familias, siendo la más rica y diversa de las comunidades estudiadas. Predominan las especies de ciclo de vida perenne (102) sobre las anuales, bianuales y perennes de vida corta (11).

Las especies características de la asociación son: *Hieracium mexicanum*, *Juniperus monticola*, *Oxalis alpina*, *Pinus hartwegii*, *Solanum demmisum*, *Vaccinium caespitosum*; para la variante florística *festuca toluensis*: *Calamagrostis toluensis* y *Festuca toluensis*.

El grupo de las Gimnospermas está presente con 3 especies y el de Angiospermas con 110; de estas últimas, 79 son Dicotiledóneas y 31 Monocotiledóneas. Las Pteridofitas son muy escasas y las briofitas están presentes en los sitios umbríos y protegidos.

Las familias más representativas son Asteraceae con 29 especies y 11 géneros, Poaceae con 21 y 10, seguidas de las Rosaceae (3 y 3), Scrophulariaceae (3 y 4), Crassulaceae (3 y 5), Caryophyllaceae (2 y 8), Fabaceae, Gentianaceae y Apiaceae (3 y 3), Ericaceae y Brassicaceae (2 y 2), otras 20 familias son monoespecíficas. Los géneros mejor representados son: *Arenaria*, *Cerastium* y *Senecio* con 5 especies, *Trisetum* con 4 especies y *Carex*, *Gnaphalium* y *Lupinus* con 3 especies respectivamente.

La forma biológica dominante es la herbácea (94 especies) seguidas de la arbustiva (19). Por tipo de crecimiento, las más numerosas son: erecta (70), roseta y acaulescente (11), postrada/rastrera (11), cespitosa (11) y amacollada (10).

El promedio de especies de la comunidades es de 16, aunque este valor varía en el intervalo altitudinal, en rango inferior es de 18 especies y en el superior de 13 (Figura 9).

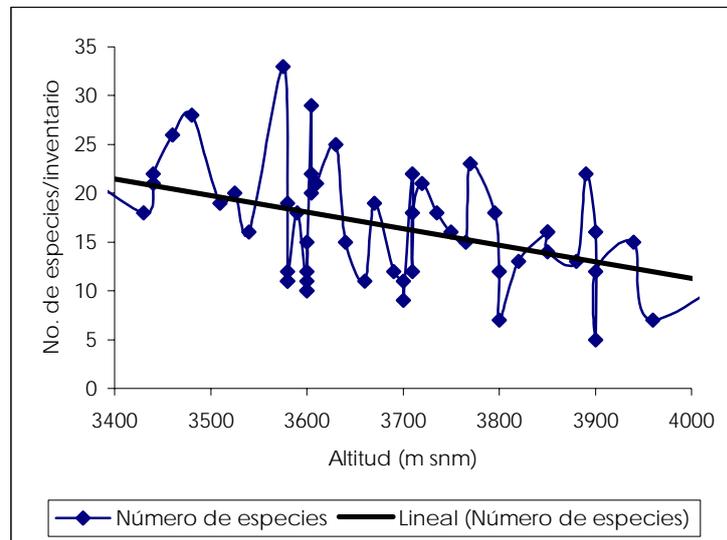


Figura 9. Variación altitudinal del número de especies en la asociación *Vaccinio-Pinetum hartwegii* en el volcán Iztaccíhuatl, Méx.

La asociación del Iztaccíhuatl presenta mayor diversidad taxonómica que la descrita para el Popocatepetl (Almeida *et al.* 1997) (Cuadro 5). Lo anterior, puede ser explicado en parte, en el sentido de Billings (2000) que establece que la vegetación de las montañas más antiguas alberga floras más ricas y diversas que las montañas jóvenes, debido al tiempo que representa en el desarrollo de más procesos de la vegetación.

Cuadro 5. Comparación de la riqueza taxonómica de los volcanes de la Sierra Nevada.

Volcán	Familias	Géneros	Especies
Popocatepetl	21	36	51
Iztaccíhuatl	35	65	113

Variabilidad. Fisonómica y florísticamente se distingue la variante de *festuca tolucensis* descrita por G. Azcárate *et al.* (2003) y reconocida en los levantamientos 1 a 41 (Tabla 1). Se encuentra a partir de los 3,800 msnm (límite superior del piso supratropical) se caracteriza por ser menos diversa en herbáceas y arbustivas, y con el dosel más abierto. En esta zona los árboles tienen preferencia hacia las zonas rocosas, sitios más resguardados de las condiciones climáticas extremas que imperan a partir de esa altitud (Lauer 1978).

Se propone incluir la asociación en la Alianza *Pinion hartwegii* (Alianza nova) dentro del Orden *Vaccinio geminiflori-Pinetalia hartwegii* (Almeida *et al.*, Inéd.) (G. Azcárate y Escamilla 1999) de la Clase *Pino hartwegii-Abietetea religiosae* (Rivas-Martínez y G. Azcárate, inéd.) para las comunidades con dominancia de *Pinus hartwegii*.

Distribución y ecología. La asociación se distribuye en todas las laderas del volcán entre los 3,500 y 4,000 (4,090) msnm, sobre terrenos tanto llanos como escarpados y rocosos con pendientes que oscilan entre los 5° y 45° de inclinación (Foto 6).

Se ubica altitudinalmente debajo del zacatonal alpino y por arriba del bosque de *Abies*, ocupando el piso subalpino de la montaña. Forma alrededor de la Sierra Nevada, un cinturón continuo de masas arbóreas puras de varias decenas de kilómetros cuadrados, con una densidad de población elevada (Musálem y Solís 2000).

Por arriba de los 3,800 msnm es patente el efecto de borde, dado por la alternancia de las comunidades alpinas y subalpinas, con la reducción en más del 50% las especies que provienen bosques mesotérmicos de cotas inferiores, y la incorporación de otras tantas procedentes del zacatonal alpino (Tabla 1). Además, por arriba de esta altitud el *Pinus hartwegii* presenta variaciones morfológicas importantes, su tamaño se reduce formando un bosque más achaparrado (<18 m) y la longitud de las acículas también se reduce notablemente (Hernández 1984 en Musálem y Solís 2000).

El bosque de *Pinus hartwegii* representa una comunidad clímax (Rzedowski 1978) y madura (Almeida *et al.* 1997), constituida por la especie de pino mexicano mejor adaptada a las frecuentes heladas nocturnas de clima de alta montaña tropical (Ern 1975). Para Beard (1944 en Huber y Rinna 2003) la comunidad representa un clímax antropogénico (“fire-climax”).

La ecología de las especies herbáceas que integran la comunidad, es típica de las zonas frías y templadas-húmedas, muchas de ellas características de áreas abiertas (claros de bosque) y zonas afectadas por disturbio (ya sean de ligero a muy intenso), con amplia distribución geográfica en las montañas dentro del Valle de México (Rzedowski *et al.* 2001).

En todos los sitios de muestreo, los fustes de los árboles mostraron signos de quemaduras leves hasta severas y en pocos sitios se detectó la presencia de individuos arbóreos juveniles. Aunque se ha registrado que el *Pinus hartwegii* adulto resiste satisfactoriamente el efecto de los incendios periódicos (Franco y Sarukhán 1981 en Musálem y Solís 2000), esto tal vez no sea así para las plántulas y árboles jóvenes y es probable que los fuegos reiterados estén incidiendo en la regeneración natural del bosque, con su consecuente sustitución por zacatonal subalpino. Ya Ern (1975) había notado lo anterior y reporta la falta de comunidades seriales arbustivas y con árboles juveniles en las laderas Sur y Oeste de la Sierra Nevada.

También, la composición florística y estructura de la comunidad está siendo alterada por las actividades de fuego y pastoreo, lo cual provoca en algunos sitios, el aumento de cobertura mayores de 40% de especies invasoras y perturbación como: *Alchemilla procumbens*, *Cinna poiformis* y *Penstemon gentianoides* entre otras. Almeida *et al.* (1994 y 1997) proponen para el Noroeste del Popocatepetl las subasociaciones de sustitución *lithospermetosum districhum*, *penstemotosum gentianoides* y *lupinetosum montanae*, las cuales están relacionadas con las actividades de manejo del área protegida.

La asociación alcanza su distribución superior en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Esta zona conforma la frontera entre la vegetación alpina y subalpina (Beaman 1962) conocida como “*timberline*”, “*treeline*”, “*upper forest line*” (Beaman 1962, Rzedowski 1978, Lauer y Klaus 1975, Lauer 1978 en Almeida *et al.* 1997).

Beaman (1965) estableció el límite superior del bosque de *Pinus* en 4,020 msnm en el Iztaccíhuatl, sin embargo, este no es igual para todas las laderas del volcán, en las laderas Norte y Este se aprecia como una línea continua entre las cotas de 4,000 y 4,100 msnm, en tanto en las laderas Oeste y Sur, no sobrepasa los 4,000 msnm y es una línea discontinua que forma extensas lengüetas que pueden llegar hasta los 3,800 msnm. Es probable que esto se deba entre otras cosas, al manejo y destrucción del bosque en estas zonas.

Lauer (1978) establece que la línea superior de árboles es producto del frío, como consecuencia de las heladas frecuentes y las bajas temperaturas del suelo, lo cual afecta el desarrollo radicular de los árboles.

Clima y caracterización bioclimática. Corresponde al clima templado semifrío subhúmedo con lluvia en verano [C(w²'')(w)cig], en la clasificación usada para México (García 1988). Se caracteriza por ser el más frío de los templados, con temperatura media anual de 5 a 12°C, la del mes más frío de 3 a 18°C, y con verano fresco y corto. La precipitación del mes más seco es menor a 40 mm, coeficiente P/T mayor a 55, temporada seca del año entre noviembre-abril con sequía interestival en julio-agosto, porcentaje de lluvia invernal menos de 5% de la anual y menos de 4 meses con temperatura mayor de 10°C isothermal y con marcha de temperatura tipo Ganges.

La asociación se distribuye fundamentalmente en el piso orotropical, horizonte inferior (It <160 y Tp entre 700 y 950) con ombrotipo hiperhúmedo inferior (Io entre 12 y 18). Localmente puede presentarse tanto en el horizonte superior del piso supratropical (It entre 160 y 240) con ombrotipo húmedo superior (Io entre 9 y 12), como en el horizonte superior del piso orotropical (Tp entre 450 y 700).

En las laderas del Iztaccíhuatl el intervalo altitudinal de la comunidad, coincide con la isoyeta de 1,200 mm y las isotermas de 9° y 5°C (3,500-4,100 msnm), esta última considerada como límite térmico entre los climas fríos y helados (Lauer 1973 y 1978 en Almeida *et al.* 1994). Klink (1973 en Huber y Riina 2003) ubica al piso de vegetación dominado por *Pinus hartwegii* dentro de la zona helada del piso helado-semihúmedo.

Características edáficas. Los suelos donde se desarrolla la comunidad son principalmente de tipo Andosol húmico y Regosol, y en menor proporción Leptosol lítico. Generalmente son suelos profundos, con textura franco-arenoso y arenoso-franco, compuestos por altos porcentajes de arena (60%), aunque es la comunidad alpina con mayor porcentaje de limo (30%) siendo estos suelos los que presentan mayor porcentaje de esta fracción. Las arenas dominantes son las finas (47%), seguidas de las gruesas (31%) y las medianas (22%). Los suelos están bien drenados y aireados pero con bajo contenido de humedad a través del perfil, son muy ligeros asociado a valores bajos de densidad aparente (0.92 gr/ml) y real (2.75 gr/ml). El alto porcentaje de porosidad (66%) promueve alta capacidad de filtración. El color es muy oscuro y va de pardo grisáceo muy oscuro en seco, a negro en humedad.

Son suelos ligeramente ácidos con pH entre 6.1 a 6.8 y alto contenido de alófono. La materia orgánica es menor del 10%, en tanto las sales solubles se encuentran alrededor de 0.60%. Se registran como suelos con bajo contenido de fósforo y altos de Ca, Mg, Na, K y Al (Rey 1975 y Santillán 1991 en Musálem y Solís 2000).

En sitios más protegidos, con cierta umbría, la capa orgánica puede llegar a tener más de 3 cm de profundidad y cobertura de hojarasca de hasta 25%. El suelo desnudo de vegetación

puede contener gran cantidad de fragmentos de roca alcanzando en promedio el 15% de la superficie, sobre todo en la zona alta de distribución de la comunidad donde hace contacto con el zacatonal alpino.

Tipología fitoecológica

- Bosque de coníferas (Sapper 1943)
- Mountain pine forest. Pinar de montaña (Beard 1944)
- Pine oak forest (Leopold 1950)
- Bosque abierto de pino y gramíneas amacolladas en parte del Boreal forest que pertenece al Temperate vegetation types (Leopold 1950)
- Pinar (Miranda 1957)
- Subalpine belt (Holdridge 1957)
- Bosque de hojas aciculares (Miranda y Hernández X. 1966)
- *Pinus hartwegii* forest community (Beaman y Andersen 1966)
- Bosque de coníferas de montaña semihúmedo (Lauer 1968)
- Bosque de pino (Flores *et. al* 1971) en parte
- Bosque de *Pinus hartwegii* (Ern 1975)
- Bosque alpino aciculifolio (González Quintero 1974) en parte
- Bosque de *Pinus* dentro del tipo Bosque de coníferas (Rzedowski 1978)
- Comunidad *Festuca tolucensis*-*Pinus hartwegii* (Velázquez y Cleff 1993)
- *Festuca tolucensis*-*Pinetum hartwegii* (Almeida *et al.*1997; Escamilla *et al.* 2002)
- Asociación *Festuca tolucensis*-*Pinus hartwegii* (Silva *et al.* 1999)
- Pinar (Rzedowski *et al.* 2001)



Foto 2. Aspecto general de la asociación *Vaccinio caespitosi*-*Pinetum hartwegii*

II.- Comunidad *Alnus jorullensis*-*Pinus hartwegii*

Clase *Pino hartwegii*-*Abietetea religiosae*

Orden *Oxalido alpini*-*Pinetalia hartwegii*

Alianza *Pinion hartwegii*

Caracterización y fisonomía. Bosque zonal pluriespecífico de coníferas, posee una fisonomía particular dada por la combinación de diferentes especies arbóreas en fase fustal por lo que difícilmente puede confundirse con el bosque de la asociación *Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii* con la que hace contacto. Se caracteriza por el incremento en la riqueza de especies y un sotobosque espeso y diverso de carácter boscoso con cobertura de la vegetación de alrededor de 100%.

Estructuralmente se compone de cuatro estratos bien definidos. El estrato arbóreo de más de 20 m de altura con 85% de cobertura promedio (entre 70 y 100%), es dominado por *Pinus hartwegii*, *Alnus jorullensis* y en menor medida con *Abies religiosa*; hacia la cota inferior de la comunidad aparecen otros elementos arbóreos como *Pinus montezumae*, *P. ayacahuite* y *Quercus laurina*.

En el estrato arbustivo la cobertura promedio es de 25% (entre 0 y 70%); las especies más conspicuas son *Senecio angulifolius*, *S. barba-johannis* y *Ribes ciliatum* y con menor presencia aparecen: *Baccharis conferta*, *Comarostaphylis discolor*, *Cupressus lusitanica*, *Rubus pringlei*, *Senecio cinerarioides* y *Symphoricarpos microphyllus*.

El estrato herbáceo es semi-abierto con cobertura promedio de 50% (entre 20 y 80%) está compuesto por 55 especies, las más representativas son: *Eupatorium pazcuareense*, *Cestrum thyrsoideum*, *Spiranthes sp.*, *Senecio bellidifolius*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Cerastium nutans*, *Festuca amplissima*, *Salvia fulgens*, *Eupatorium prunellifolium*, *Cinna poiformis*, *Festuca toluensis* y algunas Pteridofitas.

En el estrato rasante con cobertura promedio de 17% (entre <1 y 50%) se muestrearon 17 especies, entre las más representativas están: *Acaena elongata*, *Alchemilla pringlei*, *A. procumbens*, *A. vulcanica*, *Bidens serulata*, *Commelina orchioides*, *Cotula mexicana*, *Galium aschenbornii*, *G. uncinulatum*, *Hieracium mexicanum*, *Oreomyrrhis toluana*, *Oxalis alpina*, *Poa annua*, *Sibthorpia repens*, *Solanum demissum*, *Stellaria cuspidata* y algunas briofitas. En esta comunidad no se registraron especies del género *Arenaria* que son frecuentes en las comunidades alpinas.

Para representar esta comunidad se realizaron 8 levantamientos con área promedio de 316 m² (entre 150 y 550 m²), el promedio de especies por muestreo fue de 22 (máximo 28, mínimo 16). En total se muestrearon 2,531 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. Esta compuesta por 76 especies pertenecientes a 55 géneros y 26 familias vasculares, además de las especies de briofitas. Es una comunidad muy diversa aunque casi el 40% de las especies tiene una sola presencia y cobertura menor a 5%.

Las especies características de la asociación son: *Abies religiosa*, *Alnus jorullensis*, *Eupatorium pazcuareense*, *Senecio angulifolius*, *Stellaria cuspidata* y *Pinus hartwegii*.

Las familias más representativas son: Asteraceae con 9 géneros y 20 especies, Poaceae con 7 y 11, Rosaceae con 3 y 5, Pinaceae con 2 y 4, Caryophyllaceae, Crassulaceae, Ericaceae,

Scrophulariaceae, Solanaceae y Apiaceae con 2 y 2 respectivamente, Geraniaceae y Rubiaceae con 1 y 2, además de las Pteridofitas con 5 especies. Debido al carácter boscoso de la comunidad aparecen únicamente en esta asociación especies de las familias Betulaceae, Caprifoliaceae, Fagaceae y Orchidaceae.

Los géneros mejor representados son: *Senecio* con 8 especies, *Eupatorium*, *Trisetum*, *Bidens* y *Alchemilla* con 3 especies, *Geranium*, *Festuca*, *Poa*, *Galium* y *Asplenium* con 2 especies.

La diversidad florística se distribuye en Gymnospermas con 5 especies y Angiospermas con 64; de esta última, 49 son Dicotiledóneas y 15 Monocotiledóneas. Las Pteridofitas son escasas (7) y las briofitas están bien representadas. En cuanto a las formas biológicas predominan las especies herbáceas (56), los arbustos (13) y los árboles (7) de ciclo de vida perenne (70) sobre las herbáceas anuales y bianuales (6). Las formas de crecimiento son diversas, dominando las erectas y rasteras sobre las amacolladas y trepadoras.

Variabilidad. Se propone incluir esta comunidad en la Alianza *Pinion hartwegii*. Por ahora no se definieron subcomunidades, sin embargo es probable que por debajo de la cota altitudinal de 3,500 msnm el *Pinus hartwegii* se mezcle con otras especies arbustivas y arbóreas cuyas asociaciones puedan incorporarse en esta Alianza.

Distribución y ecología. Se distribuye de los 3,080 a 3,540 msnm restringida a los sitios más secos y con inclinación moderada (15 a 45°). Altitudinalmente se trata de un bosque de transición entre el piso del bosque de oyamel y el bosque subalpino, generalmente corresponde a una etapa de sustitución de éstos (Ern 1973 en Rzedowski 1978)

Ecológicamente el *Pinus hartwegii* es una especie arbórea templado-frío con una distribución de más de 1,600 m de altitud (2,600 a los 4,200 msnm); a lo largo de este amplio gradiente forma diferentes asociaciones con otras especies de árboles, arbustos, gramíneas y otras especies herbáceas. La combinación de *Pinus hartwegii* con *Alnus* se interpreta por algunos autores, como una fase sucesional tendiente a reestablecer el bosque de *Abies religiosa* (Rzedowski 1978).

Clima y caracterización bioclimática. Se desarrolla en el clima Templado semifrío subhúmedo [C(w^{2'})(w)cig] (García 1988). Bioclimáticamente se sitúa en el horizonte superior del piso supratropical (160>It<240) con ombroclima húmedo superior (8>Io<12) o hiperhúmedo (12>Io<24).

Características edáficas. Los suelos sobre los que se desarrolla son del tipo Andosol, aunque en esta comunidad no se realizaron muestreos edáficos particulares.

Tipología fitoecológica

- Bosque mixto de montaña (Lauer 1973)
- Bosque mixto de coníferas (Ern 1975)
- Sub ass fitos. *Pinetosum hartwegii* (Almeida-Leñero *et al.* 1997)
- Bosque mixto (Silva *et al.* 1999)

III.- Asociación *Echeverio secundae-Juniperetum monticolae*

Alianza *Juniperion monticolae*

Orden *Vaccinio caespitosi-Pinetalia hartwegii*

Clase *Pino hartwegii-Abietetea religiosae*

Caracterización y fisonomía. Comunidad de matorral azonal edafoxerófilo dominado por el táscate o enebro de la especie *Juniperus monticola*. Fisonómicamente es un matorral achaparrado denso y compacto, siempre verde, inerme, que varían de 30 cm a 1.80 m de alto, con 80% de cobertura promedio de vegetación. Los troncos grisáceos frecuentemente torcidos, ramificados desde la base y sus ramas postradas dan un aspecto característico a la comunidad.

Presenta generalmente tres estratos: arbustivo, herbáceo y rasante, aunque en ocasiones alguno de ellos puede faltar o presentarse árboles achaparrados y aislados de *Pinus hartwegii*. Las condiciones particulares azonales hacen que la flora difiera notablemente de la existente en los enclaves zonales del entorno.

Florísticamente está integrado por 5 especies en el estrato arbustivo, 34 en el herbáceo y 13 en el rasante. El estrato arbustivo es denso y compacto, en sitios con poca perturbación cubre entre 60 y 100% y alcanza una altura de hasta 1.80 m. Cuando las copas de los arbustos son muy cerradas, parece disminuir la diversidad y cobertura de los estratos inferiores, esto tal vez por las condiciones luminosas desfavorables que genera.

Cuando se incrementa la profundidad del suelo y/o la intensidad y frecuencia del disturbio se incorporan otras especies arbustivas como *Baccharis conferta*, *Ribes ciliatum* y *Senecio angulifolius*, aunque generalmente presentan poca presencia y cobertura. Sin embargo, en algunos sitio de la comunidad, puede no aparecer el arbusto *Juniperus monticola* (levantamiento 4 Tabla 3).

El estrato herbáceo es más bien abierto y generalmente rodea a los arbustos de *Juniperus monticola*, ya que son pocos los elementos que penetran debajo el dosel arbustivo. Cubre en promedio el 30% del área (máximo 60%) con talla baja, no mayor de 80 cm. Predominan el pasto amacollado de *Calamagrostis toluensis* y las especies suculentas como *Echeveria secunda*, *Altamiranoa mexicana* y *Oxybolus arbutifolius*, también pueden aparecer ptedidofitos de sitios húmedos y sombreados como: *Asplenium castaneum* y *Cystopteris fragilis*, aunque generalmente son muy escasos.

El estrato rasante es poco diverso con cobertura promedio de 20% (máximo 60%), la cobertura muscinal al ras del suelo es generalmente alta (< 80%). Los líquenes que se desarrollan en los troncos de los árboles llegan a cubrir en promedio 10%.

Se realizaron 27 levantamientos con área promedio de 40 m² (entre 12 y 70 m²) y el promedio de especies por muestreo fue de 13 (mínimo 5, máximo 18), en total se muestrearon 1,112 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. La comunidad se compone de 52 especies vasculares pertenecientes a 40 géneros y 22 familias. Dominan las especies vegetales con ciclo de vida perenne (45) sobre las anuales y perennes de vida corta (7), aunque estas últimas tienen poca representación florística.

Las especies características de la asociación tienen preferencia por hábitats rocosos y algunas presentan la particularidad de ser escasas en la zona alpina, como: *Altamiranoa mexicana*, *Berberis schiedeana*, *Echeveria secunda*, *Juniperus monticola* y *Oxybolus arbutifolius*.

Por número, dominan las especies herbáceas (37) sobre las arbustivas y semiarbustivas (15) y sobresalen las formas de crecimiento erectas (32) sobre las cespitosas, arrosetadas, rastreras (15) y amacolladas (5). La diversidad florística por grupos es: Pteridofitas y Gimnospermas con 2 especies respectivamente y Angiospermas con 48, de las cuales 40 son Dicotiledóneas y 8 Monocotiledóneas.

Las familias más diversas son: Asteraceae con 12 especies, Poaceae con 7, Caryophyllaceae con 5, Brassicaceae, Crassulaceae y Ericaceae con 3 respectivamente, Scrophulariaceae y Rosaceae con 2 y otras 13 familias están presentes con una especie.

Los géneros mejor representados son: *Senecio* con 4 especies, *Arenaria* y *Gnaphalium* con 3 especies, *Alchemilla*, *Cerastium*, *Descurainia*, *Festuca* y *Vaccinium* con 2.

Es común la participación de especies propias tanto del bosque como del zacatonal como: *Agrostis toluensis*, *Arenaria bryoides*, *Calamagrostis toluensis*, *Draba jorullensis*, *Eryngium proteiflorum*, *Festuca toluensis*, *Gnaphalium liebmanni*, *Luzula racemosa*, *Oxalis alpina*, *Pinus hartwegii*, *Senecio mairetianus* y *Trisetum spicatum*, entre otras.

Cuando hay indicios de fuego, es común encontrar como parte de la comunidad a especies de disturbio como: *Alchemilla procumbens*, *Baccharis conferta*, *Penstemon gentianoides*, *Ribes ciliatum*, *Phacelia platycarpa* y en menor proporción *Descurainia virletii*, *D. impatiens* y *Lupinus montanus*.

Variabilidad. Se distingue la variante de *Pinus hartwegii* que representa la comunidad dentro de un ambiente forestal y suelo orgánico (enebral-pinar) donde se integran al sotobosque algunas especies como: *Descurainia impatiens*, *Baccharis conferta*, *Erigeron galeottii* y *Senecio angulifolius*, etc. Esta variante es diferente a la variedad típica de suelo pedregoso que se desarrolla dentro del zacatonal alpino (levantamientos 1 a 7 Tabla 3).

De acuerdo con Giménez de Azcárate y Escamilla (1999) la fase forestal puede estar ligada a suelos erosionados relacionados con registros glaciares antiguos tales como circos, morrenas, depósitos, abanicos y aluviones, sin embargo, aún es necesario hacer más estudios al respecto.

Distribución y ecología. Se desarrolla de forma puntual en la zona de contacto de los pinares y los zacatonales xerófilos de la alta montaña, entre los 3,700 m y 4,100 msnm. Generalmente en sitios azonales con inclinación moderada (20°) o sobre peñas o taludes peñascosos muy inclinados (45° a 90°) con exposición preferentemente al Sur. Los manchones son densos de tamaño variable entre 12 y 70 m² ligados a sitios con más de 50% de cobertura de roca, lo que favorece la incorporación de especies rupícolas.

Desde el punto de vista dinámico la comunidad hace contacto con los zacatonales edafoxerófilos de sustitución y transicionales de la asociación *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum toluensis* (levantamientos 1 a 4 Tabla 6).

Las condiciones particulares donde se desarrolla la comunidad puede estar determinado por su origen. Por un lado, Rzedowski (1978) considera a los matorrales de *Juniperus* como fajas de transición de diversas comunidades templadas-frías, de origen secundario pues no parecen constituir una comunidad clímax; posiblemente representan comunidades secundarias en fase de sucesión, cuyo clímax corresponde probablemente al pinar; como ejemplo señala los bosquetes de *Juniperus deppeana* en la parte Norte del valle de México.

Por otro lado Brand (1937 en Rzedowski 1978) en un estudio de *Juniperus mexicana* y *J. monosperma* en la Sierra Madre Occidental, considera a estas comunidades de matorral como relictuales de tiempos pasados cuando ocupaban extensiones mayores. Giménez de Azcárate y Escamilla (1999) consideran que los enebrales de *Juniperus monticola* que se desarrollan en la zona alpina, provienen de vestigios de matorrales norteamericanos, cuyo límite meridional de distribución parece estar en las montañas del centro de México.

La presencia de esta comunidad en la zona de transición de la vegetación alpina y subalpina (bosque-zacatonal) permite su comparación con la vegetación de las altas montañas de Centro y Sudamérica, donde existe un área arbustiva zonal bien desarrollada (Cuatrecasas 1958 y 1968). Cleef (1981) considera que las causas de la ausencia de una franja arbustiva de transición entre bosque-zacatonal en la Cordillera Neovolcánica Transmexicana, se debe al ambiente inestable provocado por las erupciones recientes, la disminución de la precipitación y los fuegos reiterados que ocurren durante la estación seca. Una situación semejante está descrita para los volcanes activos de Colombia (Salamanca 1991).

En toda la zona de estudio, la comunidad presenta fuerte alteración por fuegos reiterados, procedentes de los pinares y zacatonales vecinos, lo que favorece la expansión del zacatonal xerófilo de sustitución. La fuerte susceptibilidad de *Juniperus monticola* al fuego, debido a la alta combustibilidad de su madera y la poca capacidad de regeneración que presenta, parece tener un efecto severo en el estado de conservación de esta asociación, tanto en la reducción de sus poblaciones como de su área de distribución. Por ello, es frecuente encontrar poblaciones muy perturbadas o totalmente muertas, donde sólo quedan vestigios de los tallos del arbusto en pie. A pesar de que la madera de *Juniperus monticola* es de alta combustión, no se detectó explotación a escala local. Un hecho de suma importancia que es necesario indicar es que la especie *Juniperus monticola*, se encuentra en la categoría de protección especial en la norma mexicana NOM-059-ECOL-SEMARNAT-2001.

Clima y caracterización bioclimática. De forma general se desarrolla en el clima Frío y Semifrío de la clasificación climática de García (1988). Sin embargo, es probable que exista en microclima local, dado por su carácter azonal, con reducción de la intensidad de la luz solar, protección frente al viento y amortiguación del cambio de temperatura día/noche (Billings 2000).

Bioclimáticamente se distribuye a lo largo del piso orotropical ($It > 160$; Tp entre 450 y 950) con ombrotipo hiperhúmedo (Io entre 12 y 24).

Características edáficas. Prospera en suelos rocosos poco desarrollados, ligeramente ácidos (pH 5.9), con textura franco-arenoso, de color pardo o gris muy oscuro en seco y negro en humedad, con alta porosidad (68%) y capacidad de filtración a través del perfil (55%), por lo que la superficie tiene poca humedad de campo (7%).

Son suelos con densidad aparente de 0.73 gr/ml y densidad real de 2.34 gr/ml, generalmente con una capa poco profunda (>30 cm) y más bien pedregosos, con cobertura de roca de 20 a 50%. Están compuestos por 69% de arena, 27% de arcilla y 4% de limo. Las arenas son preferentemente de tamaño fino (55%) y gruesas (29%) seguidas de las de tamaño medio (16%). Hay una moderada presencia de alófono y sales solubles (0.5%).

Tipología fitoecológica.

- Matorral alpino escuamifolio (González Quintero 1974)
- Bosque o matorral de *Juniperus* dentro del tipo Bosque de coníferas (Rzedowski 1978)
- Bosque de táscate (INEGI 1988) en parte.
- Com. *Juniperus monticola* f. *compacta* (Almeida-Leñero *et al.* 1994)



Foto 3. Zona de contacto entre las asociaciones *Senecioni-Calamagrostietum toluensis* y *Lupino-Festucetum toluensis*.

4.1.3.- Caracterización de las comunidades herbáceas

IV.- Asociación *Festuco lividae-Arenarietum bryoides*

Alianza *Plantagino toluensis-Festucion lividae*

Orden *Festucetalia lividae*

Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea toluensis*

Caracterización y fisonomía. Comunidad zonal de zacatonal pauciespecífico de talla pequeña (<30 cm) que constituye el límite superior de la vegetación vascular. Su estructura es sencilla con dos estratos (rasante y herbáceo) y con fisonomía particular de aspecto general cespitoso debido al predominio de las plantas con hojas dispuestas en roseta y pulvinuladas en el estrato rasante y las briofitas. El aspecto típico de la comunidad es gregario y compacto en manchones densos donde la vegetación cubre <60% del área, el suelo desnudo está cubierto con rocas (40%) y arena (20%) (Foto 4).

El estrato rasante cubre en promedio 20% y generalmente no sobrepasa el 40%; se registraron 12 especies de las cuales predominan las formas rosetofilas de *Cotula mexicana*, *Draba nivicola*, *D. jorullensis*, *Oreomyrrhis toluana* y las formas pulvinadas (cojín) de *Arenaria bryoides* y de las briofitas.

El estrato herbáceo es disperso, cubren en promedio 30%, se registraron 22 especies y dominan las formas erectas latifoliadas con hojas básales como *Cirsium nivale*, *Castilleja toluensis* y *Senecio procumbens*, sobre las gramíneas amacolladas de talla pequeña como: *Agrostis toluensis*, *Festuca livida*, *Dissanthelium mathewsii*, *Trisetum altijugum*, *T. spicatum* y esporádicamente *Calamagrostis toluensis*.

Se realizaron 15 levantamientos con área promedio de 50 m² (entre 5 y 100 m²) el número promedio de especies por muestreo fue de 10 (máximo 13, mínimo 5). En total se muestrearon 755 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. Es una comunidad poco diversa conformada por 28 especies pertenecientes a 20 géneros y 11 familias. Predominan las especies herbáceas perenne (20) sobre las anuales y perennes de vida corta (8). Sólo *Senecio mairetianus* tiene crecimiento Subfrutescente pero es muy esporádico en la comunidad. Predominan las Dicotiledóneas (20) sobre las Monocotiledóneas (8).

Algunas especies como: *Cerastium vulcanicum*, *Draba jorullensis*, *Phacelia* y *Poa annua platycarpa* pueden comportarse como especies anuales o perennes de vida corta según las condiciones de medio (Rzedowski *et al.* 2001), esto indica el enorme potencial de adaptación de las especies de esta comunidad.

Las familias más diversas son: Poaceae con 7 especies y 6 géneros, Asteraceae con 6 y 4, seguidas de las Caryophyllaceae (4 y 2), Rosaceae (3 y 1), Brassicaceae (2 y 1), otras 6 familias están presentes de forma monoespecífica. Los géneros mejor representados son *Alchemilla* y *Cerastium* con 3 especies y *Cirsium*, *Draba*, *Senecio* y *Trisetum* con 2 especies cada uno.

Además de las especies características de la asociación *Arenaria bryoides* y *Festuca livida* se incorporan especies de unidades superiores como: *Agrostis toluensis*, *Calamagrostis toluensis*, *Castilleja toluensis*, *Cerastium vulcanicum*, *Cirsium nivale*, *Draba jorullensis*, *D.*

nivicola, *Luzula racemosa*, *Oreomyrrhis toluhana*, *Senecio procumbens*, *Phacelia platycarpa* y *Trisetum spicatum*.

Variabilidad. Se reconocen dos subasociaciones: *arenarietosum bryoides* descrita para el Popocatepetl (Almeida *et al.* 2004) muy empobrecida compuesta sólo con las especies características de la asociación *Festuca livida* y *Arenaria bryoides* (levantamientos 1 a 4 Tabla 4) y la subasociación *dissanthelietosum mathewsii*, caracterizada por la incorporación de las especies que la definen como: *Cerastium vulcanicum*, *Cirsium nivale*, *Dissanthelium mathewsii* y *Oreomyrrhis toluhana* (levantamientos 5 a 15 Tabla 4).

La subasociación *ranunculetosum multicaulis* y la variante *erysimum capitatum* reconocidas en el Nevado de Toluca, no se encontraron en el área de muestreo (Almeida *et al.* 2004).

La diferencia florística substancial de esta asociación con *Drabo-Plantaginetum toluhensis* es la ausencia de la especie *Plantago toluhensis*, en tanto la diferencia fisonómica con el zacatonal amacollado zonal de *Lupino-Festucetum toluhensis* radica en la reducción de la talla, por lo que Miranda (1952 en Huber y Rinna 2003) consideró las pequeñas manchas de praderas como páramos de altura, diferentes al tipo zacatonal en su clasificación de la vegetación de México.

Distribución y ecología. Se presenta en todas las laderas del Iztaccíhuatl, en sitios pedregoso-arenosos, más de umbría que de solana. Se distribuye desde los 4,100 msnm hasta los 4,400 incluso los 4,500 msnm donde se establece el límite altitudinal de las plantas vasculares, por lo que es la comunidad de zacatonal que se desarrolla a mayores altitudes en el Iztaccíhuatl. En el límite inferior de distribución forma un ecotono bien definido con la asociación *Senecioni procumbentis-Calamagrostietum toluhensis*.

Es probable que la incidencia de los procesos de deshielo de los glaciares, el predominio de materiales poco consolidados, así como la acentuada pendiente del terreno (más de 30°) en la parte superior de la montaña, condicionen el establecimiento de la asociación.

Las especies características se distribuyen preferentemente en climas fríos por arriba de los 3,900 msnm, aunque se registraron 13 de climas preferentemente templado, que alcanzan aquí su distribución altitudinal máxima. Las especies indicadoras de perturbación presentan baja cobertura y presencia.

Clima y caracterización bioclimática. De acuerdo con García (1988) corresponde al clima de Frío de altura [ETHwi], isothermal con régimen de lluvia de verano. Sin embargo, es probable que los glaciares desempeñen un papel muy importante en la climatología a nivel local.

Bioclimáticamente se distribuye en el piso orotropical, horizonte superior (It <160 y Tp entre 450 y 700), y en el piso criotropical horizonte inferior (Tp entre 225 y 450); en ambos casos el ombrotipo se corresponde con el hiperhúmedo superior (Io entre 18 y 24). Desde el punto de vista térmico la banda de distribución de la comunidad está por debajo de la isoterma de 5°C donde la frecuencia de los días con helada son altos (85%), la radiación solar intensa y los vientos fuertes y fríos (Lauer 1978).

Dentro del piso orotropical hace contacto con las asociaciones de *Senecioni-Calamagrostietum tolucensis* y *Lupino-Festucetum tolucensis* ya sea en ecotono bien definido o en parches aislados (Foto 3).

Características edáficas. Se desarrolla sobre suelos someros (<30 cm) de origen volcánico, con un solo horizonte, permeables, poco estables y sometidos a intensos procesos de crioturbación. La alta permeabilidad se debe a la porosidad (66%) dada por la textura arenosa (77%) y el bajo contenido de limo (19%) y arcillas (4%). El color va de pardo grisáceo oscuro en seco a gris muy oscuro en humedad. Son suelos ácidos (pH 5.3) con cantidades medias de alófono; es el suelo más ácido de las comunidades estudiadas cuando reacciona con NaF. Además contiene valores bajos de sales solubles (0.8%) y materia orgánica (<10%). Son ligeros con densidades real de 2.46 gr/ml y aparente de 0.87gr/ml.

Tipología fitoecológica

- Páramo de altura (Miranda 1952)
- Páramo vegetation (Gómez-Pompa 1973)
- Zacatonal de alta montaña (Klink 1973) en parte
- Pradera alpina rosetófila (González Quintero 1974)
- Comunidad *Arenaria bryoides-Festuca livida* (Velázquez y Cleef 1993)
- *Festuco lividae-Arenarietum bryoides* (Almeida *et al.* 1994; Escamilla *et al.* 2002)
- Superzacatonal alto (Almeida *et al.* 1994)
- Tundra alpina de México (Dinerstein *et al.* 1995) en parte



Foto 4. Aspecto general de la asociación *Festuco lividae-Arenarietum bryoides*

V.- Asociación *Drabo nivicolae-Plantaginetum tolucensis*

Alianza *Plantagino tolucensis-Festucion lividae*

Orden *Festucetalia lividae*

Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea tolucensis*

Caracterización y fisonomía. Pradera zonal rala de sitios pedregosos, dominada por plantas amacolladas, rosetófilas y pulvínuladas de pequeña talla (<30 cm), muy abierta ya que el suelo desnudo cubre en promedio 50% del área. Estructuralmente se conforma de dos estratos. El estrato rasante es diverso cubre el 30% del área, aunque puede llegar a ser dominante (75%); predominan las formas rosetofilas de las especies características de *Castilleja tolucensis* *Draba nivicola*, *Plantago tolucensis*, las formas pulvinadas (cojín) *Arenaria bryoides* y de las briofitas.

El estrato herbáceo es diverso (20 spp) y abierto con 30% de cobertura de gramíneas amacolladas como: *Agrostis tolucensis*, *Festuca livida*, *Trisetum spicatum* y en menor proporción *Calamagrostis tolucensis*. Las especies erectas como *Cerastium vulcanicum*, *Cirsium nivale*, *Senecio procumbens* son escasas.

Se realizaron 16 levantamientos con área promedio de 60 m² (entre 25 y 150 m²) el número de especies por muestreo fue de 13 (9-15). En total se muestrearon 985 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. Es una comunidad poco diversa conformada por 30 especies pertenecientes a 24 géneros y 14 familias, además de las briofitas. Sobresalen por número las especies herbáceas (27) sobre las subfrutescentes (3), y las de ciclo perenne (25) sobre las anuales y de vida corta (5) (Foto 5).

Las especies características son: *Castilleja tolucensis*, *Draba nivicola*, *Oreomyrrhis tolucana* y *Plantago tolucensis*.

Por número, dominan las especies erectas (13) sobre las amacolladas (5), cespitosas (5), arrosetadas (5) y acojinadas (2). Una especie pertenece a las Gimnospermas y 29 a las Angiospermas de las cuales 22 son Dicotiledóneas y 7 Monocotiledóneas.

Las familias más diversas son: Asteraceae y Poaceae con 7 especies y 5 géneros cada una, seguidas de Caryophyllaceae (3 y 2), Apiaceae (2 y 2), Brassicaceae (2 y 1), otras 9 familias están presentes de forma monoespecífica. Los géneros mejor representados son: *Cerastium*, *Cirsium*, *Draba*, *Festuca*, *Senecio*, *Trisetum*, todos con 2 especies.

Se incorporan a la comunidad especies características de Orden y Clase como: *Agrostis tolucensis*, *Arenaria bryoides*, *Calamagrostis tolucensis*, *Cirsium nivale*, *Draba jorullensis*, *Festuca livida*, *Luzula racemosa*, *Senecio procumbens* y *Trisetum spicatum*.

Variabilidad. En la tabla de la asociación se diferencia una variante florística caracterizada por la ausencia de *Oreomyrrhis tolucana* y la esporádica presencia de *Cotula mexicana* y *Trisetum altijugum* (levantamientos 1-7 Tabla 5), esto aparentemente vinculado a un ambiente de sitios más xérico y menos perturbado. De momento tal variación no amerita la asignación de una categoría sintaxonómica mayor.

Esta comunidad se encuentra descrita para el Nevado de Toluca (Almeida *et al.* 2004) con *Oreomyrrhis orizabae* y en el presente trabajo con *O. tolucana*.

Distribución y ecología. Se desarrolla en sitios pedregosos-arenoso entre los 4,100 y 4,300 msnm, en laderas y depresiones con inclinación de ligera a moderada (5° a 30°), sin ninguna preferencia por la exposición.

Presenta signos leves de perturbación por pastoreo y quemas. El establecimiento de la vegetación puede estar influido por la intensidad de los procesos de nivación esporádica y el escurrimiento fluvial con diferentes grados de intensidad (Lugo 1984). En los lugares protegidos, debajo de la cota de los 4,200 msnm, es posible encontrar elementos arbóreos de *Pinus hartwegii* de baja estatura, ampliando el área de distribución potencial de esta especie.

Clima y caracterización bioclimática. De acuerdo con García (1988) corresponde al clima Frío de altura isotermal (ETHwi).

Bioclimáticamente la asociación se presenta en el piso orotropical, horizonte superior ($It < 160$ y Tp entre 450 y 700) y en el piso criotropical horizonte inferior (Tp entre 225 y 450); en ambas situaciones el ombrotipo se corresponde con el hiperhúmedo superior (Io entre 18 y 24).



Foto 5. Asociación *Drabo nivicolae-Plantaginetum tolucensis*. Se distinguen *Castilleja tolucensis* (roja), *Draba nivicola* (amarilla) y *Agrostis tolucensis*.

Características edáficas. Se desarrolla entre los afloramientos pedregosos con suelos de profundidad moderada, (<40cm) de origen volcánico, con textura arenoso-franco. Contienen 77% de arena, 18% de limo y 5% de arcilla, el pH es ligeramente ácido (6.1) y tiene cantidades medias de alófono. Reacciona al NaF como suelos alcalinos (pH 8.1) y al KCl como ácidos (pH 4.4). Generalmente, estos suelos están sometidos a fuertes procesos de solifluxión y crioturbação.

El color va de gris oscuro en seco a pardo muy oscuro y negro en humedad. Es medianamente poroso (54%), con alta capacidad de filtración a través del perfil (68%) y contienen poca materia orgánica (<5%) y carbono (<3%). Los suelos sobre los que se desarrolla contienen altos porcentajes de sales solubles (1.4%), de hecho es la comunidad con mayor porcentaje de éstos.

Las áreas de suelo desnudo (40%) están cubiertas con fragmentos de rocas y piedras. Se trata de los suelos más pesados de la zona de alta montaña, con densidad real de 2.65 gr/ml y densidad aparente de 1.22 gr/ml. Las arenas gruesas (40%) y finas (44%) están mejor representadas que las de tamaño medio (15%).

Tipología fitoecológica

- Vegetación de páramos de altura (Miranda y Hernández X. 1963) en parte
- Zacatonal (Rzedowski 1978) en parte
- Superzacatonal, zacatonal alto (Almeida *et al.* 1994) en parte.

VI. Asociación *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum tolucensis*

Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea tolucensis*

Orden *Calamagrostietalia tolucensis*

Alianza *Lupino montani-Calamagrostion tolucensis*

Caracterización y fisonomía. Comunidad azonal de zacatonal xerófilo de sustitución, con aspecto abierto y discontinuo, de más 60 cm de alto, que se presenta sobre suelos someros, pedregosos e inestables, preferentemente orientados al Sur. La vegetación cubre más del 60%, aunque con intensa perturbación, se reduce hasta el 30%.

Fisonómicamente esta compuesta por tres estratos. El estrato arbustivo generalmente es incipiente con coberturas menores de 5%, compuesto principalmente por *Juniperus monticola* f. *compacta* y arbolitos enanos de *Pinus hartwegii*.

El estrato dominante es el herbáceo con 33 especies, cubre en promedio el 60% del área, aunque puede variar entre 25 y 90%; dominan las gramíneas amacolladas de *Calamagrostis* y *Festuca tolucensis* y también son conspicuos *Agrostis tolucensis* y *Trisetum spicatum*. Florísticamente sobresalen en la asociación las herbáceas como *Eryngium proteiflorum*, *Gnaphalium lavandulaceum*, *Senecio gerberifolius* y *S. mairetianus* que constituyen las especies de ambientes pedregoso y xérico de la asociación. Otras especies que también destacan por su frecuencia en este estrato son: *Gnaphalium liebmanni*, *Luzula racemosa*, *Senecio procumbens* y *S. roseus*.

El estrato rasante es poco desarrollado con 9 especies y cubre generalmente menos del 20%, predominan las especies de *Arenaria bryoides*, *A. reptans*, *Alchemilla vulcanica*, *Draba jorullensis*, *Plantago tolucensis* y las briofitas con 5 a 20% de cobertura. Son características las formas de crecimiento en cojines, rosetas y herbáceas postradas.

Se realizaron 21 levantamientos con área promedio de 85 m² (entre 50 y 150 m²), el promedio de especies por muestreo fue de 14 (máximo 20, mínimo 8). En total se muestrearon 1,775 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. La riqueza de la asociación es de 44 especies pertenecientes a 31 géneros y 17 familias, de las cuales 41 son Angiospermas (32 Dicotiledóneas, 9 Monocotiledóneas), 2 Gimnospermas y 1 pteridofita con cobertura <1%.

Las especies características de la asociación son: *Calamagrostis tolucensis*, *Gnaphalium lavandulaceum*, *Juniperus monticola* var. *compacta*, *Senecio gerberifolius* y *S. mairetianus*.

Sobresalen las especies perennes (35) sobre las anuales y de vida corta (9); y las especies erectas sobre las amacolladas y cespitosas. Las formas biológicas dominantes son herbáceas (37) y subarbustos o arbustos bajos (7). Los géneros más representativos son: *Arenaria*, *Gnaphalium* y *Senecio* con 3 especies y *Alchemilla*, *Cerastium* y *Lupinus* con 2 especies.

En las zonas más pedregosas y con tendencia a integrarse con el zacatonal, son conspicuas las asteráceas subarbustivas como *Gnaphalium salicifolium*, *G. lavandulaceum*, *Oxybolus arbutifolius*, *Senecio mairetianus* y *Vaccinium caespitosum*. En algunos sitios es notable la incorporación de especies adaptadas al disturbio provocado por el fuego como: *Alchemilla procumbens*, *A. vulcanica* y *Lupinus montanus*.

Variabilidad. Se distingue la variante de *Juniperus monticola* que destaca la situación transicional con la asociación *Echeverio-Juniperetum monticolae* de los sitios rocosos de la alta montaña; incorporándose además otras especies como: *Oxybolus arbutifolius*, *Penstemon gentianoides*, *Pinus hartwegii*, *Plantago toluensis* y *Vaccinium caespitosum* (levantamientos 1 a 4 Tabla 6).

Distribución y ecología. Se desarrolla entre los 3,900 y 4,150 msnm en zonas expuestas y venteadas, con suelos semiestables y pedregosos (azonales) generalmente inclinados ya que rodean los afloramientos rocosos y espolones donde se encuentra la asociación *Echeverio-Juniperetum monticolae*.

En la zona de estudio esta comunidad de pastizal xerofítico se encuentra en sitios degradados por el paso de ganado y fuegos reiterados procedentes de los pinares y zacatonales vecinos, por lo que se trata de una etapa de sustitución derivada del detrimento de la asociación de matorral *Echeverio-Juniperetum monticolae*.

Clima y caracterización bioclimática. Corresponde al clima Frío de altura (ETHwi) de García (1988) que presenta un intervalo de temperatura de 0 a 5°C. Bioclimáticamente se distribuye a lo largo del piso orotropical ($iT < 160, 450 > Tp < 950$). El ombrotipo corresponde al hiperhúmedo ($12 > Io < 24$).

Características edáficas. Son suelos con uno o dos horizontes bien definidos, con profundidad mayor de 30 cm, moderadamente ácidos (pH 6.0), con contenido medio de alófono y sales solubles (0.5%) se distinguen por ser los suelos con mayor contenido de materia orgánica (<20%) y carbono (<10%) de la zona de estudio.

Se caracterizan por su textura arenosa, moderadamente aireados con espacio poroso de 56%, tienen baja humedad de campo y gran capacidad de filtración a través del perfil. Presentan densidad real de 2.73 gr/ml y densidad aparente de 1.18 gr/ml, son de color gris muy oscuro en seco y negro en humedad. Están compuestos con 84% arena y 12% limo con baja proporción de arcilla (4%). Predominan las arenas finas 65% sobre las gruesas (27%) y medianas (9%).

Tipología fitoecológica

- *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum toluensis*. (Giménez de Azacárate y Escamilla 1997).

VII. Asociación Senecioni procumbentis-Calamagrostietum toluensis

Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea toluensis*

Orden *Calamagrostietalia toluensis*

Alianza *Lupino montani-Calamagrostion toluensis*

Caracterización y fisonomía. Zacatonal zonal dominado por gramíneas amacolladas de talla media (<60 cm) y con cobertura poco densa en torno al 75%. Estructuralmente esta compuesto por dos estratos.

El estrato herbáceo cubre en promedio el 75% del área, se compone de 32 especies y alcanza hasta 70 cm de alto; es el estrato predominante tanto en términos de cobertura como de riqueza de especies. Está integrado por macollas de *Calamagrostis toluensis* (60%), *Festuca toluensis* (15%), *Agrostis toluensis* (5%) y *Trisetum spicatum* (5%), así como de

latifoliadas de *Senecio procumbens* (5%), *Luzula racemosa* (5%), *Cirsium nivale* (1%) y *Potentilla ranunculoides* (1%).

El estrato rasante es diverso (18 spp) aunque en algunas ocasiones puede no estar presente (levantamiento 14 Tabla 7) y cuando aparece es poco conspicuo cubriendo en promedio el 5% del área y generalmente no alcanza coberturas mayores del 20%. Las especies representativas son: *Arenaria bryoides*, *Gnaphalium standleyi*, *Hieracium mexicanum*, *Draba nivicola* y *D. jorullensis*. La cobertura del suelo desnudo es de 25% en promedio, pudiendo estar ocupado por arenas y piedras.

Se realizaron 17 levantamientos con área promedio de 80 m² (entre 20 y 150 m²) con 11 especies promedio por muestreo (mínimo 5, máximo 22). En total se muestrearon 1,390 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. La fitodiversidad es baja con 19 familias, 33 géneros y 50 especies, aunque sólo 7 especies tienen representación en más del 50% de los levantamientos. Las especies anuales son escasas y predominan las especies herbáceas perennes. Sólo tres especies son herbáceas subfrutescentes (*Alchemilla vulcanica*, *A. procumbens* y *Senecio mairertianus*) pero éstas están poco representadas en ambos estratos (<5% de cobertura). Las especies vasculares pertenecen a las Angiospermas, de las cuales 38 son Dicotiledóneas y 12 Monocotiledóneas.

Las formas de crecimiento dominantes de la comunidad son las macollas de las gramíneas seguidas de los cojines de *Arenaria bryoides* y rosetas de *Alchemilla vulcanica* y *Draba jorullensis*. Las familias más diversas son Asteraceae (6 géneros, 10 spp), Poaceae (5 y 8) y Caryophyllaceae (2 y 7).

Las especies características de la asociación son: *Agrostis tolucensis*, *Arenaria bryoides*, *Calamagrostis tolucensis* y con poca representación en el Iztaccíhuatl *Cerastium nutans*, *C. vulcanicum*, *Senecio procumbens*, *S. roseus*. De la subasociación *festucetosum tolucensis* son características: *Arenaria reptans*, *Erigeron galeottii*, *Festuca tolucensis*, *Gnaphalium liebmannii*, *Potentilla ranunculoides* (Tabla 7).

Variabilidad. Se distinguen las subasociaciones *calamagrostietosum tolucensis* y *festucetosum tolucensis*, que se diferencian principalmente por la composición y riqueza de especies (Tabla 7).

La primera es un zacatonal menos diverso (21 especies) con *Calamagrostis tolucensis* como especie dominante. La segunda es un zacatonal más rico (41 especies) con la introducción de *Festuca tolucensis* y varias especies de perturbación como *Alchemilla procumbens*, *Erigeron galeottii* y *Lupinus aschenbornii*, etc.

Algunas especies diagnósticas de unidades superiores como: *Agrostis tolucensis*, *Arenaria bryoides* y *Senecio mairertianus* se presentan con coberturas bajas (<5%), y en ocasiones se incorporan especies diagnósticas de la asociación *Lupino-Festucetum tolucensis* como: *Alchemilla procumbens*, *Festuca tolucensis*, *Lupinus montanus* y *Penstemon gentianoides*, con la que frecuentemente hace contacto.

Es probable que las subasociaciones se relacionen con el grado de disturbio de la comunidad y representen diferentes fases de recuperación post-fuego (García-Romero 2004). *Calamagrostietosum tolucensis* correspondería a una etapa incipiente de recuperación de 6-12

meses y *festucetosum tolucensis* una etapa más avanzada de 12-36 meses con la presencia de especies de post-fuego tardía, con *Conyza schiedeana*, *Gnaphalium liebmannii*, *Lupinus aschenbornii*, *Plantago tolucensis* con el aumento en cobertura de *Agrostis tolucensis* y *Cerastium nutans*.

La variante *Arenaria bryoides* de la asociación, reconocida por Almeida *et al.* (1994) en el volcán Popocatepetl, no se encontró en el muestreo realizado.

Distribución y ecología. Se desarrolla principalmente entre los 4,000 y 4,300 msnm, aunque localmente puede rebasar ambas cotas, sobre laderas de inclinación variable (hasta 45°), con suelo arenoso o arenoso-pedregoso, preferentemente poco soleadas, con superficie irregular a veces escalonada y descarnada por procesos de alteración natural.

Esta comunidad también ocurre en las laderas del volcán Popocatepetl entre 4,000 y 4,220 msnm (Almeida *et al.* 1994 y 1997; Escamilla *et al.* 2002) y en el volcán Nevado de Toluca entre 4,020-4,070 msnm con exposición Sur y Norte (Almeida *et al.* 2004).

Clima y caracterización bioclimática. Corresponde al tipo Frío de altura [ETHwi], se caracteriza por la temperatura media anual entre -2 y 5°C y la del mes más caliente entre 0 y 10°C. Los climas fríos en México por estar dentro de la zona tropical presentan dos máximos de temperatura, son isotermales con régimen de lluvia de verano (García 1988). Bioclimáticamente se desarrolla en el piso orotropical, horizonte superior ($I_t < 160$ y $450 > T_p < 700$), con ombrotipo hiperhúmedo (I_o entre 12 ya 24).

Características edáficas. Se encuentra sobre suelos ácidos (pH 6.2), arenosos y rocosos, poco profundos medianamente porosos (50%) por lo que son aireados y con buena filtración hacia el interior del perfil (55%).

Son los suelos más ligeros de la zona de estudio con densidad real de 2.19 gr/ml y densidad aparente 1.09 gr/ml, con textura arenosa o arenosa-franco, de color gris muy oscuro en seco y pardo muy oscuro-negro en húmedo, con contenido medio de alófono y de sales solubles (0.6%).

Predominan las arenas (86%) sobre limos (10%) y arcillas (4%), es la comunidad con mayor proporción de arena fina (72%) y la menor de arena gruesa (13%), en tanto las de tamaño mediano alcanzan el 15%. La cobertura de suelo desnudo (<20%) esta conformada por rocas (10%) y arena (10%).

Tipología fitoecológica

- Zacatonal alpino (Rzedowski 1978) en parte.
- Asoc. Fitos. *Senecioni procumbentis-Calamagrositetum tolucensis* (Almeida *et al.* 1994)

VIII.- Asociación *Lupino montani-Festucetum tolucensis*
Alianza *Lupino montani-Calamagrostion tolucensis*
Orden *Calamagrostietalia tolucensis*
Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea tolucensis*

Caracterización y fisonomía. Comunidad zonal madura de aspecto xérico, con talla promedio de 80 cm. Se caracteriza por sus grandes macollas de gramíneas y alta cobertura de la vegetación (>90%). Junto con la asociación *Senecioni procumbentis-Calamagrostietum tolucensis* integran el típico zacatonal alpino mexicano, estructuralmente dominado por el estrato herbáceo amacollado sobre el rasante poco conspicuo (Foto 6).

El estrato herbáceo, muy diverso con 55 especies, cubre 80% y alcanza 1.20 m de alto, compuesto principalmente de gramíneas como: *Calamagrostis tolucensis* (60%), *Festuca tolucensis* (15%), *Muhlenbergia quadridentata* (5%), *Trisetum spicatum* (5%) y *Agrostis tolucensis* (2%), y en menos proporción de latifoliadas, *Cerastium nutans*, *C. purpusii*, *Cirsium nivale*, *Conyza schiedeana*, *Eryngium carlinae*, *E. proteiflorum*, *Gnaphalium liebmannii*, *Lithospermum districhum*, *Lupinus aschenbornii*, *L. montanus*, *Luzula racemosa*, *Penstemon gentianoides*, *Phacelia platycarpa* y *Potentilla ranunculoides*.

El estrato rasante, menos diverso con 19 especies, en general cubre el 10% aunque puede llegar 20%. Es notoria la ausencia de gramíneas y el predominio de especies cespitosas y arrosietadas de baja talla como *Alchemilla procumbens*, *Arenaria bryoides*, *Carex peucophila*, *Draba jorullensis*, *Gnaphalium standleyi*, *Oreomyrrhis tolucaana*, *Plantago tolucensis*, *Ranunculus donianus*, *Vaccinium caespitosum* y *Viola hemsleyana*.

Se realizaron 25 levantamientos con área promedio de 94 m² (entre 20 y 150 m²), el promedio de especies vasculares por muestreo fue de 16 (máximo 24, mínimo 6). En total se muestrearon 2,340 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. La comunidad esta compuesta por 80 especies pertenecientes a 46 géneros y 24 familias, es la más rica y diversa de los zacatonales del Iztaccíhuatl. Predominan las especies herbáceas perennes (67) sobre las anuales (9) y perennes de vida corta (4).

Las especies características de la asociación son: *Alchemilla procumbens*, *Calamagrostis tolucensis*, *Cirsium nivale*, *Draba jorullensis*, *Festuca tolucensis*, *Lupinus montanus* y *Penstemon gentianoides*.

Las familias más diversas son: Poaceae con 16 especies y 10 géneros, Asteraceae con 16 y 8 y Caryophyllaceae con 10 y 2. Los géneros mejor representados son: *Arenaria*, *Cerastium* y *Senecio* con 5 especies, *Trisetum* con 4 especies, *Carex*, *Gnaphalium* y *Lupinus* con 3. Sobresalen las Dicotiledóneas (55) sobre las Monocotiledóneas (24), además de las briofitas y la presencia esporádica de pinos.

Las especies de unidades superiores que se encuentran en la asociación son: *Agrostis tolucensis*, *Arenaria bryoides*, *Cirsium nivale*, *Draba jorullensis*, *Luzula racemosa* y *Trisetum spicatum*.

Variabilidad. Se distingue la subasociación *calamagrostietosum tolucensis* caracterizada por la incorporación de *Calamagrostis tolucensis* y el aumento de cobertura de *Alchemilla procumbens*, *A. vulcanica*, *Arenaria bryoides*, *Trisetum spicatum* y por la desaparición de *Festuca tolucensis*.

La causa de ausencia de *Festuca tolucensis* en la subasociación no es muy clara, pero es probable que se deba a factores de disturbio y represente una fase, donde la especie apenas ha iniciada su regeneración vegetativa después de una perturbación por fuego, por lo que no es posible percibir su presencia en la comunidad.

La combinación *penstemonetosum gentianoides* (Almeida *et al.* 2004) descrita para el volcán Popocatepetl y el Nevado de Toluca, no está diferenciada en el muestreo realizado.

Distribución y ecología. Se distribuye entre los 3,500 y 4,100 msnm, en sitios con pendiente moderada, en claros de bosque y sobre de la línea superior de árboles, en todas las laderas del volcán. Generalmente se encuentra en contacto con las comunidades azonales de alta montaña.

Es fuertemente afectada por quemas y pastoreo; cuando estos factores incrementan en intensidad, la comunidad pierde su aspecto denso, por otro muy fragmentado y de talla menor (>30 cm), es entonces cuando *Lupinus montanus* puede aumentar su cobertura dado paso a un lupinar-zacatonal (levantamientos 1 y 2 Tabla 8). Así, la presencia de las especies subarbutivas en la comunidad, parece estar relacionado el deterioro del zacatonal (Foto 6).

Clima y caracterización bioclimática. Se desarrolla en climas templados semifríos y subhúmedo [C (w²)(w) cig] (García 1988). Por el aspecto xérico de las gramíneas dominantes es común que la zona sea considerada como un páramo con régimen climático árido (Aubréville 1962 en Huber y Rinna 2003), sin embargo, la precipitación anual es de alrededor de 1,000 mm, con 5 a 7 meses húmedos al año.

Bioclimáticamente se distribuye principalmente en el piso orotropical, horizonte inferior (It <160 y Tp entre 700 y 950) pudiendo presentarse ocasionalmente en el horizonte superior (It <160 y Tp entre 450 y 700). En ambas situaciones el ombrotipo se corresponde con el hiperhúmedo (Io entre 12 y 24).

Características edáficas. Se encuentra en suelos profundos (>30 cm), de color gris muy oscuro en seco y pardo muy oscuro o negro en humedad, generalmente son ácidos (pH 5.7) en agua pero muy ácidos (pH 4.0) cuando reaccionan con KCl y alcalinos (pH 9.0) con NaF. Tienen alto contenido de alófono y poca materia orgánica (0.7%), así como, de carbono (0.4%) y de sales solubles (0.5%).

Son suelos con textura franco-arenosa o arenosa-franco, con 66% de arenas, 28% de limos y 6% arcillas. Las arenas gruesas (47%) predominan sobre las finas (36%) y medianas (16%). Son suelos con moderada filtración (63%) y humedad de campo (30%) debido a la menor porosidad (47%) que presenta. La densidad real es de 2.42 gr/ml y la aparente de 1.08 gr/ml.

Tipología fitoecológica

- Alpine belt (Holdridge 1957)
- Zacatonal (Flores-Mata *et al.* 1972; Miranda y Hernández X. 1963; Klink *et al.* 1973; Lauer 1973)

- Páramo, Treeloss Formation (Breedlove 1973)
- Zacatonal de alta montaña (Klink 1973)
- Pradera alpina cespiticaule (González Quintero 1974)
- Zacatonal cacuminal, altícola sin árboles (Ern 1975)
- Pastizales alpinos o zacatonales (Rzedowski 1978)
- Pastizal natural (SPP 1981) en parte
- Padera de alta montaña (INEGI 1988)
- Altitudinalmente corresponde al Grass páramo de Costa Rica (Cleff y Chaveri 1992)
- Páramo subleñoso (Aubréville 1992)
- Tropicalpine grassland (Almeida *et al.* 1994)
- Alpine bunchgrassland (Islebe y Velázquez 1994)
- Pajonal tropalpino, zacatonal bajo, zacatonal propiamente dicho (Almeida *et al.* 1994)
- Zacatonal alpino y subalpino (Rzedowski *et al.* 2001)



Foto 6.- Aspecto de la asociación *Lupino montani-Festucetum toluensis*. En primer plano aparece *Lupinus montanus* y *Calamagrostis toluensis*. Al fondo la asociación *Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii*.

IX. Asociación *Festuco tolucensis-Muhlenbergium quadridentatae*
Alianza *Lupino montani-Calamagrostion tolucensis*
Orden *Calamagrostietalia tolucensis*
Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea tolucensis*

Caracterización y fisonomía. Zacatonal subalpino secundario con alto grado de disturbio. La vegetación cubre más del 80% del área y alcanza tallas de hasta 80 cm. Estructuralmente domina el estrato herbáceo sobre los estratos rasante y arbóreo que son pocos conspicuos.

El estrato herbáceo es el más diverso con 38 especies y presenta coberturas mayores de 60%, dominan las gramíneas forrajeras y plantas indicadoras de disturbio como *Alchemilla procumbens*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia quadridentata*, *M. nigra* y *Nessella mexicana*.

El estrato rasante es abierto con cobertura de 35% en promedio y lo conforman 15 especies. Las especies más representativas son: *Alchemilla procumbens*, *A. vulcanica*, *Arenaria reptans*, *Gnaphalium standleyi*, *Poa annua* y *Trifolium amabile*.

El estrato arbóreo generalmente presenta coberturas alrededor de 10%, está representado sólo por *Pinus hartwegii* y alcanza tallas mayores a 20 m. Es notoria la ausencia de especies arbustivas y subarbustivas en la estructura de la comunidad.

Se realizaron 8 levantamientos con área promedio de 65 m² (entre 8 y 100 m²) la media de especies por muestreo fue de 19 (máximo 25, mínimo 7). En total se muestrearon 528 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. Se trata de una comunidad compuesta por 57 especies pertenecientes a 41 géneros y 20 familias. La diversidad es muy alta con promedio de 2 géneros por familia y 1.6 especies por género.

Las especies características de asociación son: *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia quadridentata*, *M. nigra*, *Trifolium amabile* y de la subasociación *agrostietosum hiemalis*: *Agrostis hiemalis*, *Bromus carinatus*, *Calandrina megarhiza*, *Cotula mexicana*, *Nessella mexicana* y *Oreomyrrhis tolucana*.

Dominan las especies perennes (49 spp) seguidas de las anuales y de vida corta (8). Una especie corresponde al grupo de Gimnospermas y 56 a las Angiospermas; de estas últimas, 40 son Dicotiledóneas y 16 Monocotiledóneas. Las briofitas están presentes en la comunidad con coberturas promedio de 10%. Las herbáceas son dominantes ya sea en forma erecta, amacollada, cespitosa o rastrera.

Predominan las especies forrajeras y de alta resistencia al fuego y pastoreo como *Alchemilla procumbens*, *Muhlenbergia quadridentata*, *M. nigra*, *Trifolium amabile*, *Nessella mexicana*, *Penstemon gentianoides* y algunas plantas heliófilas de sitios abiertos como *Eryngium carlinae*, *Phacelia platycarpa*, *Potentilla candicans*, entre otras.

Las familias más diversas son: Poaceae con 12 especies y 8 géneros, Asteraceae con 11 y 9, seguidas de las Caryophyllaceae con 5 y 2, Rosaceae con 4 y 2, Fabaceae y Scrophulariaceae con 3 y 2, Cyperaceae y Apiaceae con 2 y 2, Geraniaceae, Plantaginaceae y Violaceae con 2 y 1, y otras 9 familias están presentes de forma monoespecífica.

Los géneros mejor representados son: *Agrostis*, *Cerastium* y *Gnaphalium* con 3 especies y *Alchemilla*, *Arenaria*, *Castilleja*, *Geranium*, *Lupinus*, *Muhlenbergia*, *Plantago*, *Potentilla*, *Trisetum* y *Viola* con 2 especies, otros 28 géneros están representados con una especie.

Variabilidad. Dentro de la asociación se puede distinguir la subasociación *agrostietosum hiemalis* con una fisonomía y composición florísticamente particular. Se trata de una variante menos húmeda con la presencia de *Agrostis hiemialis*, *Eryngium carlinae*, *Nessella mexicana* y *Potentilla candicans*.

Velázquez y Cleef (1993) y posteriormente Silva *et al.* (1999) registra la asociación *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii* en la región montañosa del Sur de la Cuenca de México; se trata de un zacatonal inducido semejante al aquí descrito pero con la particularidad de la incorporación de individuos de *Pinus hartwegii* y algunas diferencias substanciales en la composición florística, aún así es muy probable su relación sintaxonómica.

Rzedowski *et al.* (2001) describe a las especies *Muhlenbergia quadridentata* y *Stipa spp.* como dominantes en algunas asociaciones de zacatonal en la región del Valle de México. Lauer (1973 en Huber y Riina 2003) distingue un zacatonal superior de montaña compuesto por *Calamagrostis toluensis*, *Festuca toluensis* y *Muhlenbergia quadridentata*, en las laderas superiores de la tierra helada de las vertientes Este y Noreste de la meseta Mexicana que incluye la Sierra Nevada.

Distribución y ecología. La comunidad se distribuye por debajo de la línea de árboles entre los 3,550 y 3,800 msnm. Son pastizales antropogénicos que se desarrollan cuando la vegetación original de bosque de *Pinus hartwegii* ha sido alterada, por efectos de tala, fuego pero principalmente por pastoreo. Se distribuyen preferentemente en zonas planas con síntomas de hidromorfía y de perturbación por ganado.

La flora se caracteriza por el predominio de especies indicadoras de perturbación, abundantes en zonas expuestas, con poca pendiente y cercanas a fuentes de humedad como arroyos y ríos, condiciones ideales para la concentración de ganado. La comunidad corresponde a una fase de sucesión del bosque, mantenida por la intensidad y frecuencia del disturbio (pastoreo, tala y fuegos periódicos) a través del tiempo. Debido a la alta humedad del suelo es idónea para procesos de reforestación.

Clima y caracterización bioclimática. Corresponde al clima Templado semifrío subhúmedo con lluvias en verano [C(w²'')(w)cig], se caracteriza por ser el más frío de los templados (García 1988).

Bioclimáticamente se distribuye en el piso orotropical, horizonte inferior (It < 160 y Tp entre 700 y 950) con ombroclima hiperhúmedo inferior (Io entre 12 y 18). En ciertas condiciones particulares es posible encontrar la comunidad en el piso supratropical superior (It entre 160 y 240) y ombroclima húmedo (Io entre 9 y 12).

Características edáficas. Se encuentra en suelos poco profundos (<20 cm), ligeramente ácidos (pH 6.1) cuando reacciona en agua y muy ácidos (pH 4.1) con KCl. Presenta alto contenido de alófono y baja cantidad de sales solubles (0.19%), éste último, el valor más bajo en las comunidades estudiadas.

Son suelos de color gris muy oscuro en seco a negro en humedad, con alta densidad aparente de 1.04 gr/ml y real de 2.35 gr/ml y humedad de campo; porosos (56%) muy arenosos (90%), con valores de limo (6%) y arcilla (4%) muy bajos. El contenido de arenas finas (50%) es el doble de la suma de las arenas gruesas (28%) y medianas (22%).

Tipología fitoecológica

- *Muhlenbergia quadridentata*-*Pinus hartwegii* (Com.) Velázquez y Cleef 1993
- *Muhlenbergia quadridentata* (Com. grupo) Velázquez y Cleef 1993

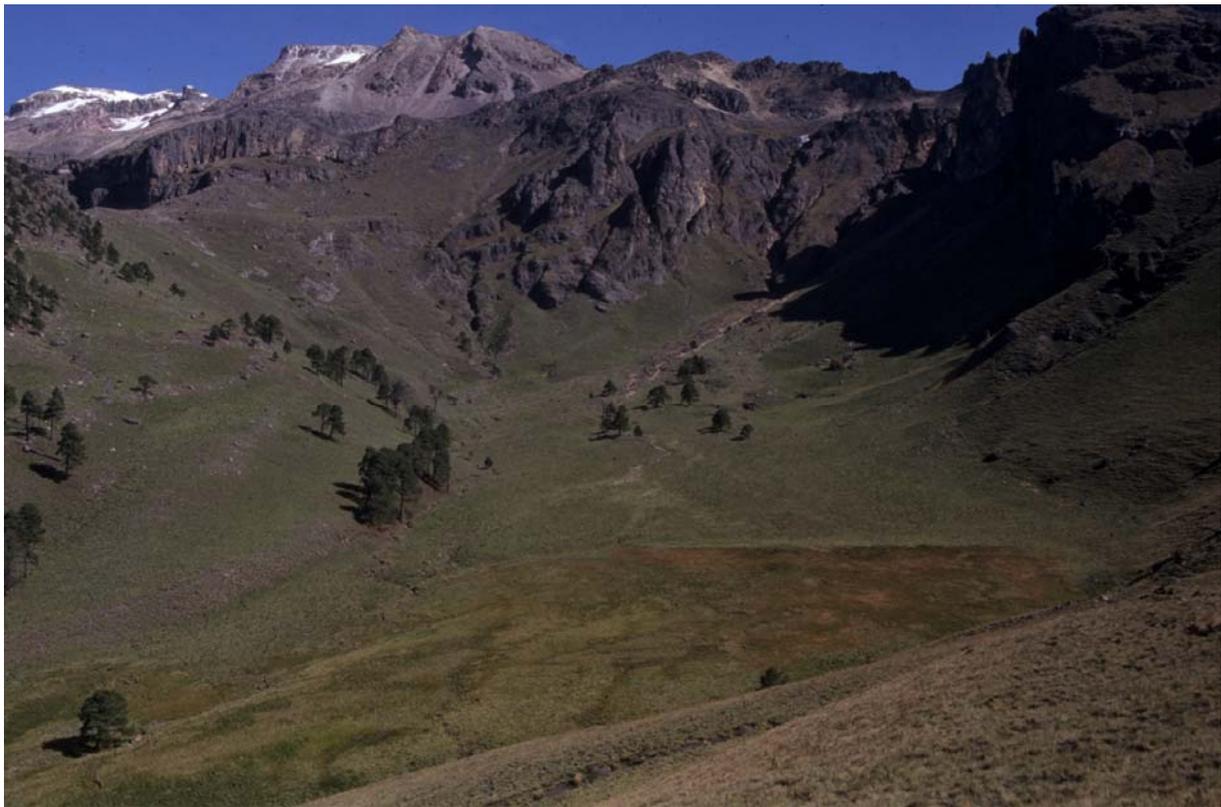


Foto 7. Vista general de una cuenca hidromorfa en el volcán Iztaccíhuatl, al fondo se desarrolla la asociación *Poo villaroelii*-*Oreomyrrhetum tolucanae*.

X.- Asociación *Poa villaroelii-Oreomyrrhetum tolucae*

Alianza *Plantagino tolucae-Festucion lividae*

Orden *Ranunculetalia multicaulis*

Clase *Poa villaroelii-Oreomyrrhion tolucae*

Caracterización y fisonomía. Comunidad azonal edafohidrófila dominada por especies rastreras cespitosas y pequeñas macollas de unos 10 cm de altura que tapizan de forma densa pequeñas superficies. Presenta una estructura sencilla con un estrato rasante dominante, un herbáceo menos conspicuo. La vegetación en su conjunto alcanza coberturas promedio del 80% (Foto 7).

El estrato herbáceo cubre en promedio 30% aunque puede alcanzar más de 60% del área, es un estrato de baja talla y generalmente muy abierto, compuesto por 16 especies de las que sobresalen por su cobertura y frecuencia *Agrostis tolucae*, *Carex orizabae* y *Cirsium nivale*. Sólo *Alchemilla vulcanica* cuando aparece en sitio perturbados presenta crecimiento subfrutescente.

El estrato rasante es compacto con cobertura promedio de 50% y puede llegar a cubrir 80% del área, está compuesto por 9 especies de formas cespitosas, arrosadas y macollas pequeñas. Por su cobertura y frecuencia sobresalen *Calandrina megarhiza*, *Oreomyrrhis tolucae*, *Plantago tubulosa*, *Poa villaroelii* y *Ranunculus multicaulis*.

Se realizaron 15 levantamientos con un promedio de 6 especies (máximo 9, mínimo 4). El área de muestreo fue entre 2 a 60 m². En total se muestrearon 220 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. Es poco diversa, integrada por 28 especies perennes pertenecientes a 22 géneros y 12 familias.

Las especies características de la asociación son: *Carex orizabae*, *Oreomyrrhis tolucae* y *Poa villaroelii* y la variante de *Ranunculus multicaulis* son: *Agrostis tolucae* y *Plantago tubulosa*. La especie *Poa villaroelii* es considerada escasa en el zacatonal alpino (Rzedowski *et al.* 2001), pero en estos sitios alcanza una alta densidad.

La flora se compone de 12 especies de Dicotiledóneas y 16 de Monocotiledóneas. La familia más diversa es Poaceae con 11 especies, seguida de Asteraceae y Cyperaceae con 3 respectivamente, además de Caryophyllaceae y Juncaceae con 2, y otras 7 familias son uniespecíficas.

Ocasionalmente cuando la humedad del suelo no es muy alta, se incorporan especies características de Clase como: *Arenaria lanuginosa*, *Alchemilla vulcanica*, *Calamagrostis tolucae*, *Cerastium vulcanicum*, *C. nivale*, *Draba jorullensis*, *Deschampsia liebmanna*, *Dissanthelium mathewsii*, *Festuca hephaestophila*, *Gnaphalium standleyi*, *Luzula racemosa*, *Phacelia platycarpa*, *Poa annua*, *Trisetum spicatum* y *T. viride*.

Variabilidad. Se propone incluir en el esquema sintaxonómico de la vegetación de alta montaña de México el Orden *Ranunculetalia multicaulis* dentro de la Clase *Drabo jorullensis-Calamagrostietea tolucae*. Dicho Orden incluye las formaciones cespitosas con macollas de bajo porte de los ambientes húmedos del zacatonal alpino por arriba de los 4,000 msnm. Las comunidades que integran este Orden ocupan sitios puntuales azonales de naturaleza hidromórfica que contrastan los ambientes zonales donde se desarrollan las comunidades de los Ordenes *Calamagrostietalia tolucae* y *Festucetalia lividae*.

Para la inclusión de la asociación *Poo villaroelii-Oreomyrrhetum tolucae* se incorpora la Alianza *Poo villaroelii-Oreomyrrhion tolucae*. Como especies características del Orden y la Alianza destacan *Plantago tubulosa*, *Agrostis tolucae* y *Calandrina megarhiza*, además de las propias de la asociación *Carex orizabae*, *Oreomyrrhis tolucae*, *Poa villaroelii* y *Ranunculus multicaulis*.

Florísticamente se distingue la variante *Ranunculus multicaulis* (levantamientos 5-15 Tabla 10), se caracteriza una mayor diversidad de especies con la incorporación de *Agrostis tolucae*, *Plantago tubulosa* y *Ranunculus multicaulis*.

Se diferencia de la subasociación *ranunculetosum multicaulis* (Almeida *et al.* 2004) registrada en el Nevado de Toluca, por la ausencia de *Arenaria bryoides* y *Festuca livida*, especies características de la asociación *Festuco-Arenarietum bryoides*. Dicha subasociación parece ocupar una posición ecotónica o de contacto entre ambas asociaciones.

Distribución y ecología. Presenta distribución restringida, ocupando pequeñas superficies en enclaves puntuales con cierta hidromorfía, generalmente por encima de la cota de 4,100 msnm y con diferentes exposiciones, excepto al Norte.

Ecológicamente se trata de una comunidad ligada a suelos húmedos o encharcados, ya sea total o parcialmente a lo largo del año. En algunos sitios presenta indicios de perturbación por pastoreo, por lo que cuando el suelo no está muy saturado de humedad, penetran especies propias de sitios alterados como *Cerastium vulcanicum* y *Phacelia platycarpa*, aunque esta situación es poco frecuente.

Clima y caracterización bioclimática. Corresponde al clima ETHwi Frío (García 1988) Frío de altura que presenta el intervalo de 5°C hasta una temperatura cercana a 0°C (helado).

Bioclimáticamente se distribuye principalmente en el piso orotropical, horizonte superior (It < 160 y Tp entre 450 y 700). Puntualmente alcanza el piso orotropical, horizonte inferior (It < 160 y Tp entre 700 y 950). En ambas situaciones el ombrotipo se corresponde con el hiperhúmedo (Io entre 12 y 24).

Características edáficas. El suelo presenta uno o dos estratos bien definidos con profundidad <40 cm. Son suelos ácidos (pH 5.6), muy aireados, de textura arenosa o franco-arenosa. Generalmente, son porosos (69%), con gran humedad (52%) y alta capacidad de filtración (58%) a través del perfil. Es probable que haya aporte de materiales de laderas vecinas o de corrientes superficiales.

Están compuestos por 70% arena, 24% limo y 6% arcilla. Las arenas son principalmente gruesas (45%) aunque con alianza de tamaño medio (25%) y fino (31%), están asociados a valores más bajos de densidad aparente (0.71 gr/ml) y densidad real (2.4%) de la vegetación alpina. El color va de pardo amarillento oscuro y gris muy oscuro en seco, a pardo muy oscuro y negro en humedad. Es notable el bajo o nulo contenido de alófono, en tanto el contenido de materia orgánica y sales solubles (0.75%) generalmente son también bajos.

Tipología fitoecológica

- Páramo de altura (Miranda y Hernández X. 1963)
- Pradera alpina cespiticaule (González Quintero 1974) en parte.

XI.- Comunidad *Cotula mexicana*-*Carex peucophila*

Caracterización y fisonomía. Comunidad azonal, cespitosa ligada a suelos hidromórfos perennes o temporalmente saturados de agua. Se presenta en fases hidrosariales con diferentes combinaciones florísticas de acuerdo con la variante de humedad, la topografía y el grado de perturbación. Fisonómicamente por su porte mediano (>80 cm) y color verde vivo, contrasta con el zacatonal amacollado de aspecto xerofítico y color pajizo de la zona alpina.

Domina el estrato herbáceo, aunque en algunos sitios el estrato rasante es muy conspicuo. Entre ambos alcanzan una cobertura mayor del 80% de la superficie. Las áreas con agua y/o barro pueden llegar a cubrir hasta el 30%.

El estrato rasante cubre en promedio el 30% del área, se compone de 20 especies y predominan las herbáceas hidrófilas, cespitosas y arrosadas como: *Carex peucophila*, *Cotula mexicana* y *Plantago mayor*.

El estrato herbáceo es el más diverso con 39 especies, cubre el 60% del área, dominan las formas de crecimiento herbáceo amacollado y erecto como: *Agrostis tolucensis*, *Calamagrostis tolucensis*, *Eleocharis montana* y *Muhlenbergia nigra* entre otras, ocasionalmente pueden aparecer arbustos bajos de *Vaccinium caespitosum* y Pteridofitas del género *Elaphoglossum sp.*

Se realizaron 14 levantamientos con 13 especies promedio (7-18). El área osciló entre 6 y 80 m². Se muestreo en total de 424 m².

Fitodiversidad y análisis florístico. Se compone de 58 especies vasculares pertenecientes a 42 géneros y 21 familias. Dominan las especies de vida perenne (46) sobre las anuales y perennes de vida corta (12), estas últimas están representadas con coberturas bajas.

Las especies diferenciales de la comunidad son: *Alchemilla vulcanica*, *Carex peucophila*, *Calamagrostis orizabae*, *Cirsium ehrenbergii*, *Cotula mexicana*, *Eleocharis montana*, *Epilobium ciliatum*, *Gentiana ovatiloba*, *Juncus arcticus* var. *andicola*, *Luzula caricina*, *Muhlenbergia nigra*, *Plantago mayor* y *Ranunculus donianus*.

Sobresalen por número las formas erectas (23) sobre las cespitosa y acaules (15), amacolladas (10) y arosadas (10). Dominan las especies herbáceas (56) sobre las arbustivas y semiarbustivas (2). Todas pertenecen al grupo de Angiospermas, predominado las Dicotiledóneas (33) sobre las Monocotiledóneas (24).

Las familias más diversas son: Poaceae con 17 especies, Asteraceae con 6, Apiaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Rosaceae, Caryophyllaceae y Plantaginaceae con 3 especies respectivamente y Gentianiaceae, Juncaceae, Scrophulariaceae y Ranunculaceae con 2 especies cada una, otras 8 familias y las Pteridofitas están representadas con una sola especie.

Los géneros mejor representados son: *Agrostis*, *Cerastium*, *Muhlenbergia*, *Plantago* con 3 especies respectivamente y *Calamagrostis*, *Carex*, *Eryngium*, *Festuca*, *Lupinus*, *Poa*, *Potentilla*, *Ranunculus* y *Trisetum* con 2 especies cada uno.

En los sitios menos cenagosos de la comunidad son más conspicuas las gramíneas amacolladas típicas del zacatonal alpino como: *Agrostis tolucensis*, *Calamagrostis tolucensis*, *Festuca tolucensis* y *Trisetum spicatum*.

Variabilidad. Por la combinación florística tan peculiar se reconoce la subcomunidad de zacatonal inundado de *Muhlenbergia nigra-Eleocharis montana*, y la variante pantanosa de *Juncus arcticus* var. *andicola*.

La especie *Juncus arcticus* var. *andicola* se registra en el Valle de México (Rzedowski *et al.* 2001) como localmente abundante en la vertiente Suroeste del Iztaccíhuatl y presente en las montañas de Morelos y Puebla, por lo que es probable se trate de una comunidad endémica para ésta región.

Es factible que la comunidad *Cotula mexicana-Carex peucophila* esté relacionada en parte con la pradera de *Potentilla candicans* (Rzedowski *et al.* 2001) descrita con dos fases estacionales, una de época seca con predominancia de *P. candicans* y otro de húmeda con predominancia de especies graminoides (Poaceae y Cyperaceae).

Por ahora no se considera oportuno definir las comunidades hidrófilas a nivel de asociación, hasta contar con más datos que aseguren su ubicación sintaxonómica en el esquema fitosociológico, sin embargo, es muy probable que se trate de sintaxones nuevos.

Distribución y ecología. Se distribuye entre los 3,550 y 4,050 msnm dentro del bosque de *Pinus hartwegii* y zona inferior de distribución del zacatonal amacollado, en sitios determinados por la humedad del suelo.

Debido a su carácter hidrófilo se encuentra en lugares planos o poco inclinados (0 a 15°) como hondonadas, vaguadas y pequeñas planicies donde aflora o se acumula el agua de deshielo.

La comunidad está integrada tanto por especies subacuáticas que soportan temporalmente el suelo seco como: *Epilobium ciliatum*, *Gentiana ovatiloba* y *Plantago mayor*, como por especies terrestres muy tolerantes a la humedad que están parcialmente sumergidas durante una temporada del año como: *Carex peucophila*, *Cotula mexicana* y *Eleocharis montana*.

Es común encontrar especies indicadoras de perturbación como *Alchemilla vulcanica*, *Cirsium ehrenbergii* y *Muhlenbergia nigra*, ayudadas por efecto del pastoreo del ganado, que frecuenta estos sitios para abrevaderos, por lo que es probable que la comunidad tenga una dinámica muy intensa, que es necesario monitorear como un indicador ambiental del balance hídrico de la zona de alta montaña.

Clima y caracterización bioclimática. Corresponde al clima Templado semifrío subhúmedo con lluvia en verano $C(w^{2'}) (w)_{cig}$, que se caracteriza por ser el más frío de los templados entre las isotermas de 5 y 9°C (García 1988).

Se distribuye en el piso orotropical, horizonte inferior ($I_t < 160$ y T_p entre 700 y 950) pudiendo alcanzar puntualmente el horizonte superior ($I_t < 160$ y T_p entre 450 y 700). En ambos casos con ombroclima hiperhúmedo inferior (I_o entre 12 y 18).

Características edáficas. Son suelos medianamente profundos (<40 cm), mal drenados y saturados de agua, con un horizonte superficial diferenciado por el color más oscuro y textura más arenosa. Presentan poca capacidad de filtración (50%), debido a la presencia de arenas

(64%) pero principalmente al alto contenido de limos (28%) y arcillas (8%). El diámetro de la fracción arenosa va en proporción de grueso (46%) fino (31%) y medio (24%).

Debido a que el suelo se inunda en una gran parte del año, hay acumulación de sales (60%) y arcillas (8%) en mayor proporción que en las otras comunidades estudiadas, en tanto la porción de arena disminuye en general, dominando la de textura gruesa (>0.5 mm). Se caracteriza por que no contiene alófono.

Presentan densidad real de 2.52 gr/ml y aparente de 0.85 gr/ml, color pardo oscuro en seco a pardo (amarillento) a obscuro en humedad y muy porosos (66%). Son los suelos más ácidos de la vegetación de la alta montaña con pH promedio de 4.7, sin embargo, con KCl reaccionan aún con mayor acidez (pH 3.1) y con NaF tienden a la neutralidad (pH 7.2).

Tipología fitoecológica

- Comunidades anfibias o subacuáticas (Rzedowski 1978)

4.1.4.- Riqueza y distribución de la flora

Las plantas vasculares de la zona alpina y subalpina del Iztaccíhuatl están representadas por 202 especies, pertenecientes a 111 géneros y 42 familias (Anexo 1).

De acuerdo con Chávez y Trigo (1996) en la Sierra Nevada existen más del 50% de las especies reconocidas para el Valle de México. Además se destaca la alta biodiversidad florística del Iztaccíhuatl ya que el 17% de los géneros y el 10% de las familias fueron reconocidas sólo en el área de estudio. En el Cuadro 6 se compara el número de taxa encontrados en este estudio (alta motaña del Iztaccíhuatl) con: la Sierra Nevada (Chávez y Trigo 1996), el Valle de México (Rzedowski *et al.* 2001) y con todo el país (Villaseñor 2003 y 2004).

Cuadro 6. Comparación de la biodiversidad florística de la zona de estudio con otras regiones y México.

Taxa	Zona alpina Iztaccíhuatl (este estudio)	Sierra Nevada (Chávez y Trigo 1996)	Valle de México (Rzedowski <i>et al.</i> 2001)	México (Villaseñor 2003; 2004)
Familias	42	89	-	±304
Géneros	111	370	672	±2,804
Especies	202	1,184	2,071	±23,424

Las Angiospermas (Magnoliophyta) son el grupo más diverso con el 93% de especies (188 *spp.*) en tanto las Gimnospermas y pteridofitas están representadas con 3% (6 *spp.*) y 4% (8 *spp.*) especies respectivamente (Cuadro 7).

Así mismo, dentro del grupo de Angiospermas, sobresale la riqueza de las Dicotiledóneas con 135 especies (67%), que representan en proporción dos veces más que lo encontrado para las Monocotiledóneas (Liliopsida) con 53 especies (26%) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Distribución la flora vascular por grupos taxonómicos en el volcán Iztaccíhuatl.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Pteridophytas	1	4	8
Gimnospermas	2	4	6
Angiospermas	39	103	188
Dicotiledóneas	31	78	135
Monocotiledóneas	8	25	53
Total	42	111	202

Las familias más representativas por el número de géneros y especies son: Asteraceae (18-42), Poaceae (16-40), Caryophyllaceae (3-13), Rosaceae (6-9), Brassicaceae (5-6), Ericaceae (5-6), Scrophulariaceae (3-6), Apiaceae (4-5), Fabaceae (2-5), Lamiaceae (3-4), Cyperaceae (2-4), Gentianaceae (2-4), Pinaceae (2-4), Plantaginaceae (1-4), Crassulaceae (3-3), además de Polypodiaceae (4-8). Sobresale la riqueza de las familias Asteraceae y Poaceae, ya que ambas contienen el 29% de los géneros y el 40% de especies total. De las 39 familias registradas sólo 14 de estas representan el 75% de especies.

Las familias mejor representadas se corresponden con lo reportado por Rzedowski (1991) para la flora fanerogámica del Valle de México y por Villaseñor (2004) para la flora mecana,

donde destacan entre las 20 familias de mayor riqueza a las Asteraceae, Poaceae, Rosaceae y Scrophulariaceae, las cuales también se corresponden con grupo de familias más diversas en la zona de estudio.

Los géneros que destacan por su riqueza específica son: *Senecio* con 13 especies, seguido de *Gnaphalium* con 7, *Arenaria*, *Agrostis*, *Cerastium*, *Festuca*, *Poa* y *Trisetum* con 5 especies respectivamente, *Eupatorium*, *Lupinus*, *Muhlenbergia* y *Plantago* con 4 respectivamente, *Alchemilla*, *Asplenium*, *Bidens*, *Bromus*, *Carex*, *Castilleja*, *Geranium*, *Halenia* y *Pinus* con 3 especies cada una. Estos géneros agrupan el 48% del total encontrado. Sólo *Carex* se encuentra en la lista de géneros con mayor número de especies en México (Villaseñor 2004).

Por la cobertura total registrada sobresalen (en orden descendente): *Calamagrostis toluensis*, *Pinus hartwegii*, *Festuca toluensis*, *Juniperus monticola* f. *compacta*, *Alchemilla procumbens*, *Lupinus montanus*, *Agrostis toluensis*, *Arenaria bryoides*, *Oreomyrrhis toluana*, *Penstemon gentianoides*, *Cotula mexicana*, *Plantago toluensis*, *Trisetum spicatum*, *Abies religiosa*, *Carex orizabae*, *Senecio mairetianus*, *Eleocharis montana*, *Muhlenbergia nigra*, *M. quadridentata*, *Ranunculus multicaulis*, *Alchemilla vulcanica* y las briofitas.

Por su frecuencia en los inventarios y abundancia en cobertura total, sobresalen 15 especies, de estas las 2 primeras corresponden a gramíneas amacolladas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Especies más frecuentes y abundantes registradas en la vegetación de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl.

Especie	Frecuencia (%)
<i>Calamagrostis toluensis</i>	66
<i>Agrostis toluensis</i>	49
<i>Draba jorullensis</i>	47
<i>Trisetum spicatum</i>	46
<i>Alchemilla procumbens</i>	44
<i>Festuca toluensis</i>	42
<i>Luzula racemosa</i>	39
<i>Arenaria bryoides</i>	37
<i>Lupinus montanus</i>	34
<i>Pinus hartwegii</i>	33
<i>Gnaphalium liebmannii</i>	30
<i>Penstemon gentianoides</i>	30
<i>Eryngium proteiflorum</i>	28
<i>Phacelia platycarpa</i>	24

Por tipos de vegetación, el zacatonal fue el más diverso con 188 especies, en tanto en la comunidad de bosque de *Pinus hartwegii* se registraron 147 especies. Predominan ampliamente las formas de crecimiento herbáceo (82%), sobre los arbustos (9%) y plantas subfrutíferas (5%) y dominan las especies perennes (88%) sobre las anuales (6%), bianuales (4%) y perenne de vida corta (4) (Cuadro 9).

El estrato más diverso es el herbáceo con 65% de las especies, seguido de rasante (24%) y el arbustivo (6%), el menos diverso es el arbóreo(5%) (Figura 10).

Cuadro 9. Tipos biológicos y longevidad de las especies de alta montaña del Iztaccíhuatl.

Forma de crecimiento	No. especies (%)	Longevidad	No. especies (%)
Herbácea	82	Perenne	88
Arbusto	9	Anual	6
Subfrútice	5	Perenne vida corta	4
Árbol	4	Bianual	2

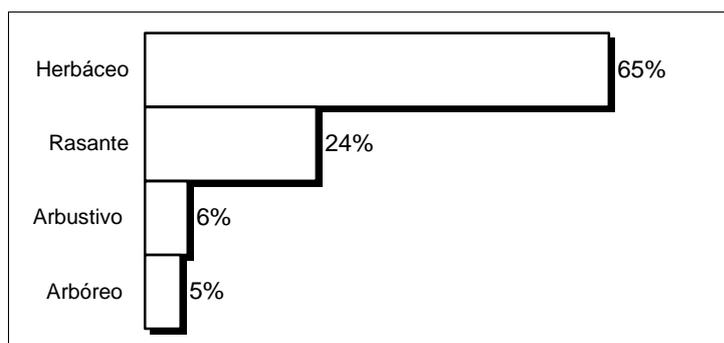


Figura 10. Diversidad por estratos en la vegetación de alta montaña en el volcán Iztaccíhuatl, Méx.

En cuanto a las formas de crecimiento, las especies más representativas son las erectas (58%) y le siguen las cespitosas (12%), rastreras (10%), rosetas (6%), amacolladas (4%) y otras formas particulares (pulvinada, acaules, etc.) (10%) (Figura 11).

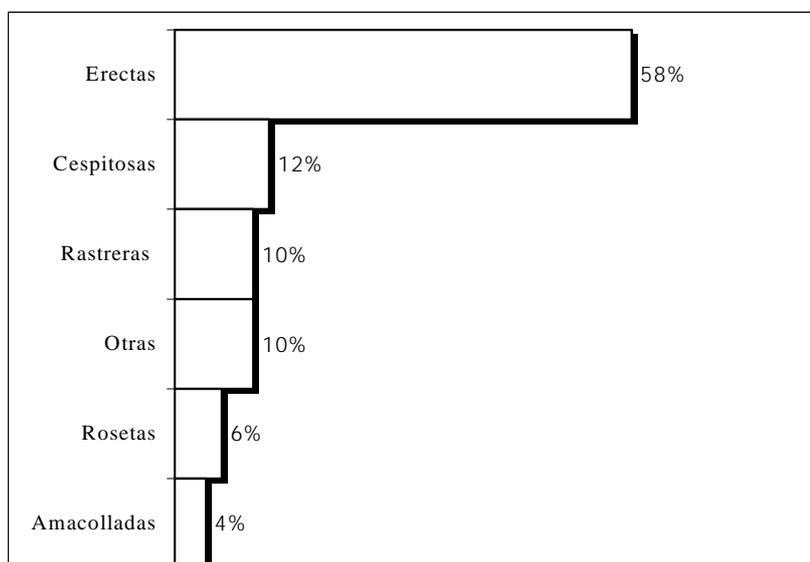


Figura 11. Formas de crecimiento de la flora de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

Distribución de la flora por tipos de vegetación. Gran parte de las especies registradas en la zona alpina y subalpina se encuentran también reportadas en otros tipos de vegetación (*sensu* Rzedowski 1978), principalmente en comunidades vegetales de bosques templados y pastizales.

Predominan las que se encuentran en los bosques de coníferas; preferentemente en el bosque de *Abies* (58 especies), de encino (69) y de *Pinus hartwegii* (23). En el bosque mixto de pino-encino se distribuyen 12 especies, en tanto que sólo 10 se encuentran en los bosques de *Juniperus*, *Alnus* y *Cupressus*.

Respecto al hábitat reportado para la flora de la zona de estudio (Rzedowski *et al.* 2001) (Anexo 1), es notable el dominio de las especies que se desarrollan en ambientes húmedos (34%) y lugares afectados por disturbio (48%) sobre las que habitan en suelos pedregosos (9%), xerófilos (7%) y sitios sombríos (2%) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Distribución de la flora por ambientes ecológicos en la zona de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl.

Hábitat	% de especies
Lugares húmedos	34
Zonas perturbadas o claros de bosque	30
Ruderal y/o arvense	18
Lugares pedregosos	9
Lugares xerófilos	7
Lugares sombreados	2

Distribución altitudinal. En el análisis de la distribución de las especies en el gradiente altitudinal se encontró que 18 especies tienen amplia distribución en la zona de alta montaña con un intervalo de más de 900 m de altitud: *Agrostis tolucensis*, *Alchemilla procumbens*, *Arenaria bryoides*, *Calamagrostis tolucensis*, *Carex orizabae*, *Cerastium vulcanicum*, *Cirsium ehrenbergii*, *Cotula mexicana*, *Festuca tolucensis*, *Lupinus montanus*, *Penstemon gentianoides*, *Phacelia platycarpa*, *Pinus hartwegii*, *Poa annua*, *Ribes ciliatum*, *Trisetum irazuense*, *T. spicatum* y *T. viride*.

Tomado en cuenta el intervalo altitudinal reportado para cada especie (Rzedowski *et al.* 2001) se esperaba que la riqueza de especies descendiera considerablemente a partir de los 4,000 msnm, sin embargo, esto no sucedió tan drásticamente como lo fue hasta la cota de los 4,500 msnm (Figura 12). El 58% de las especies se registraron fuera de su intervalo altitudinal reportado en la bibliografía.

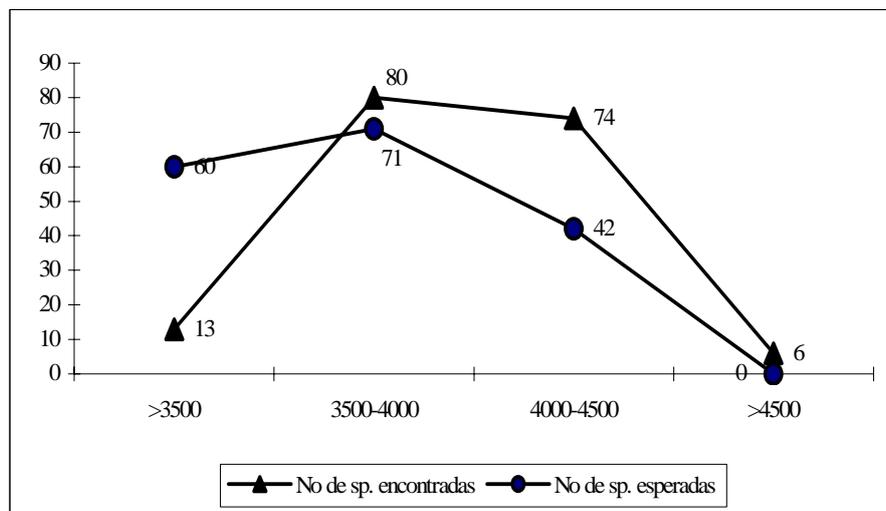


Figura 12. Número de especies encontradas y reportadas en el gradiente altitudinal.

4.1.5.- Clave dicotómica de la vegetación de la alta montaña del volcán Iztaccíhuatl.

1.- Formaciones dominadas por plantas leñosas.

1.1.- Formación arbórea.

1.1.1.-Comunidad con estrato arbóreo monoespecífico de *Pinus hartwegii* y estrato herbáceo dominante de gramíneas amacolladas.

As. *Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii*

1.1.1.a.- Variante de pinar abierto, con reducción de talla y de acículas de los árboles, menos diverso en especies herbáceas.

Var. *Festuca tolucensis*

1.1.2.- Comunidad con estrato arbóreo pluriespecífico con dominio de *Alnus jorullensis* y *Pinus hartwegii*.

Com. *Alnus jorullensis-Pinus hartwegii*

1.2.- Formación arbustiva.

1.2.1. Comunidad edafoxerófila (azonal) con dominio del arbusto postrado de *Juniperus monticola* y herbáceas rupícolas, en contacto con zacatonales edafoxerófilos.

As. *Echeverio secundae-Juniperetum monticolae*

1.2.1a.- Con presencia residual de pinos.

Var. *Pinus hartwegii*

2.- Formaciones dominadas por plantas herbáceas.

2.1.- Zacatonales zonales

2.1.1.- Zacatonales de sustitución del pinar con síntomas de quema y pastoreo, generalmente localizado por debajo del límite de la vegetación arbórea (4,200 msnm).

2.1.1.1.- Zacatonal de planicies con *Muhlenbergia quadridentata*, gramíneas forrajeras y plantas de disturbio.

As. *Festuco tolucensis-Muhlenbergium quadridentatae*

2.1.1.1a.-Variante florística menos húmeda con la presencia de *Agrostis hiemialis* y especies heliófilas.

Subas. *agrostietosum hiemalis*

2.1.1.2.- Zacatonal en laderas, mayor a 30 cm de alto, con dominio de *Lupinus montanus* y macollas de *Calamagrostis tolucensis* y *Festuca tolucensis*.

As. *Lupino montani-Festucetum tolucensis*

2.1.1.2a.- Variante florística con ausencia de la gramínea *Festuca tolucensis*.

Subas. *calamagrostietosum tolucensis*

2.1.2- Zacatonal permanente localizado por encima del límite del zacatonal amacollado entre los 4,000 y 4,300 msnm).

As. *Senecioni procumbentis-Calamagrostietum tolucensis*

2.1.2a.- Zacatonal más diverso y con síntomas de perturbación, con presencia de *Festuca toluensis* y *Alchemilla procumbens*.

Subas. *festucetosum toluensis*

2.1.3.- Zacatonal pauciespecífico situado en el límite superior de la vegetación vascular y dominado por pequeñas macollas de *Festuca livida* acompañadas de pulvínulos de *Arenaria bryoides*; sin *Plantago toluensis*.

As. *Festuco lividae-Arenarietum bryoides*

2.1.1a.- Situación más densa y cerrada que incorpora por lo general a *Dissanthelium mathewsii*, *Cirsium nivale* y *Oreomyrrhis toluana*.

Subas. *dissanthelietosum matwesii*

2.1.4.- Pradera pedregosa, dominada por rosetas acaules de *Plantago toluensis* acompañada de otras plantas rosetófilas y pulviniformes.

As. *Drabo nivicolae-Plantaginetum toluensis*

2.2.- Zatonales y praderas azonales

2.2.1.- Zacatonal amacollado edafoxerófilo generalmente en contacto con enebrales de la As. *Echeverio-Juniperetum monticolae*.

As. *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum toluensis*

2.2.1a.- Variante transicional hacia el enebral con la incorporación de *Juniperus rastreros*

Var. *Juniperus monticola*

2.2.2.- Praderas edafohidrófilas localizadas en el fondo de las vaguadas, más o menos encharcadas dominadas por elementos gramínoles en el estrato rasante.

Com. *Cotula mexicana* y *Carex peucophila*

2.2.2a.- Herbazal menos húmeda con la incorporación de *Muhlenbergia nigra* y especies de disturbio.

Subcom. *Muhlenbergia nigra-Eleocharis montana*

2.2.2b.- Variante pantanosa, con la incorporación de *Juncus arcticus* var. *andicola* de sólo conocida en la vertiente suroeste del Iztaccíhuatl.

Var. *Juncus arcticus* var. *andicola*

2.2.3.- Pradera continua desarrollada sobre suelos cienegosos y/o rezumantes con dominio de *Oreomyrrhis toluana*, *Poa villaroelii* o *Carex orizabae*.

As. *Poo villaroelii-Oreomyrrhetum toluanae*

2.2.3a.- Variante florística con la incorporación de *Ranunculus multicaulis*.

Var. *Ranunculus multicaulis*

4.2.- Resultados bioclimáticos

Gradientes climáticos. La temperatura media anual (T), la precipitación anual (P) así como la relación entre ellas (P/T) presentan diferentes comportamientos conforme aumenta el gradiente altitudinal (Cuadro 11).

La precipitación anual aumenta constantemente hasta alcanza su valor máximo de 1,200 mm alrededor de la cota de los 3,600 msnm; a partir de este punto la precipitación tiende a decrecer lentamente, haciéndose el descenso más asentado hacia la cima de la montaña (Figura 13 A). Rzedowski *et al.* (2001) relaciona este comportamiento con lo que él llama “techo” de nubosidad situado alrededor de los 3,600 msnm en las montañas mayores a 4,000 msnm.

Por otro lado, la tendencia del gradiente de temperatura media disminuye con el aumento de la altitud (Figura 13B) y el coeficiente P/T ó disponibilidad hídrica tiende a incrementarse gradualmente (Figura 13C), resultado comportamientos inversos.

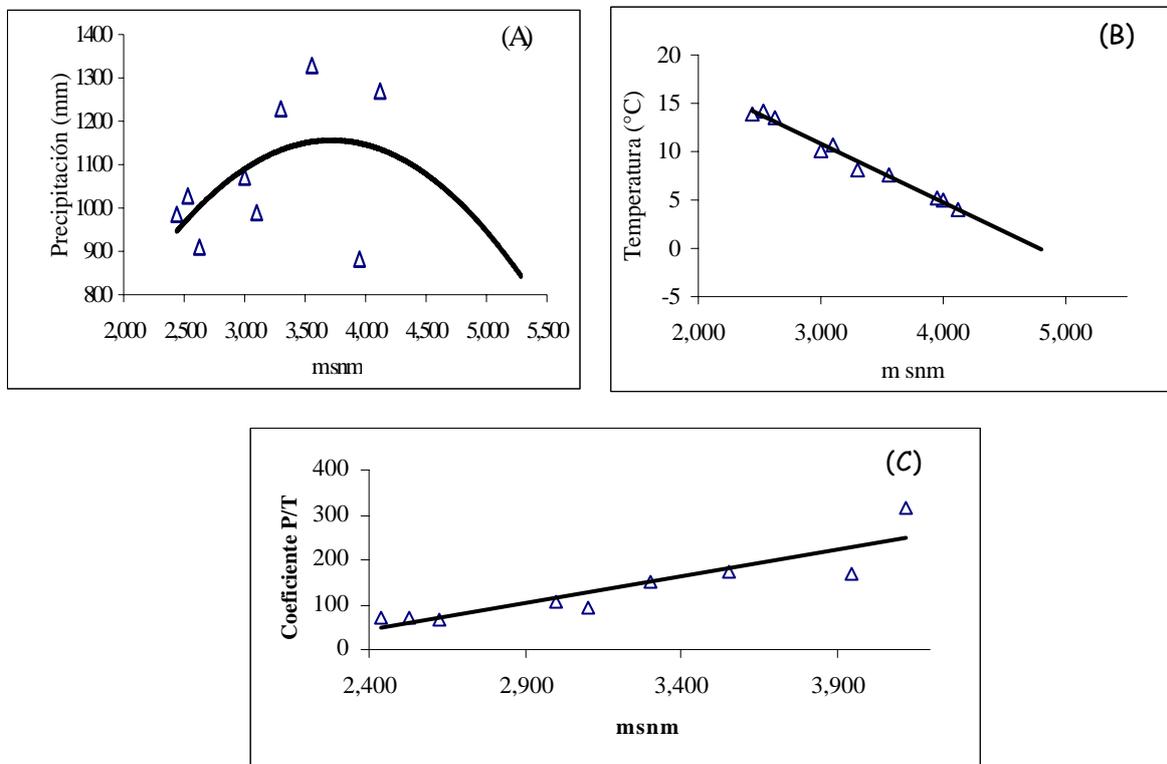


Figura 13. Tendencias de la precipitación (A), de la temperatura media (B) y de la relación entre ambas (Coeficiente P/T) con respecto a la altitud (nsnm) en el volcán Iztaccíhuatl, Méx.

El cambio del gradiente térmico para el Iztaccíhuatl fue de -0.56°C por cada 100 m de altitud; Sin embargo, Vidal (1980) calculó un índice térmico de $-0.49^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ para la vertiente SW del volcán Popocatepetl, lo que nos permite suponer que el gradiente térmico puede variar en las diferentes laderas de la Sierra Nevada, esto debido a condiciones locales de topografía, la orientación y microclima de cada una.

Oscilación térmica y distribución de la precipitación. La oscilación térmica entre el día y la noche a lo largo del año disminuye con la altitud en el volcán Iztaccíhuatl, en la parte baja de la montaña (2,400-3,000 msnm) la diferencia de la temperatura media del mes más frío y del más

caliente es del orden de 4.5°C, en tanto en las zona subalpina (3,600-4,000 msnm) y alpina (4,000-4500 msnm) es de 2.8 y 2.2°C respectivamente (Cuadro 11). Esto se corresponde con lo registrado en la estación del Nevado de Toluca (3.4°C) y con la isothermalidad indicada por García (1988) para la zonas montañosas del país.

Dado que la Sierra Nevada presenta una orientación Norte-Sur, se esperaba una distribución desigual de la precipitación en las principales vertientes (E-W) dado por el efecto de sombra orográfica. Sin embargo, los datos de precipitación anual de las estaciones de Huayatlaco (3,557 msnm) y San Juan Tetla (3,300 msnm), ubicadas en las vertientes Oeste y Este del volcán, registran precipitaciones anuales mayores a 1,200 mm (Cuadro 11). Rzedowski *et al.* (2001) explican esta similitud por el régimen local de vientos, provocado por las fuerzas intrínsecas de masas de los dos volcanes que conforman la Sierra Nevada. También, es probable que los glaciares funcionen como reguladores del clima a nivel local.

Por otro lado, el número de días despejados, con neblina, granizo, hielo (frost change), duración del hielo en el suelo (horas frost) y la intensidad de la fracción ultravioleta de la luz incidente, aumentan gradualmente con la altitud (Lauer y Klaus 1975). Galindo (1962 en Rzedowski 1978) registra que la intensidad de radiación solar a los 4,000 msnm en el Iztaccíhuatl es de 1.73 cal/cm³/min.

Cuadro 11. Datos climáticos de nueve estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio

Estación	Altitud (msnm)	Años de Obs.	Long. W	Lat. N	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	P/T	% pp invernal	Oscilación térmica (°C)	Clima García (1988)
Nevado de Toluca, (Méx.)	4,120	9	99° 40'	19° 08'	1,270	4.0	317.5	6.4	3.4	ETHwi Frío de altura
Repetidora de T.V. (Méx.)	3,650	15	98°39'	19°06'	882	5.2	169.6	3.0	2.2	C(w''2)(w)cig Templado semifrío subhúmedo
Hueyatla (Méx.)	3,557	11	98° 39'	19° 05'	1,329	7.6	174.9	4.8	2.8	C(w''2)(w)cig
San Juan Tetla (Pue.)	3,300	13	98° 30'	19° 10'	1,229	8.1	151.7	-	-	C(w''2)(w)cig
San Juan Tetla Norte (Pue.)	3,100	9	98° 30'	19° 10'	989	10.7	92.4	-	-	C(w''2)(w)cig
Río Frío (Pue.)	3,000	30	98° 40'	19° 21'	1,071	10.1	106.0	3.6	4.0	C(w2)big Templado subhúmedo
San Pedro Nexapa (Méx.)	2,625	ND	98°44'	19°05'	910.2	13.5	67.4	5.1	4.5	C(w2)big
San Rafael (Méx.)	2,530	30	98° 45'	19° 13'	1028	14.2	72.4	3.5	4.5	C(w2)big
Amecameca de Juárez (Méx.)	2,440	30	98° 46'	19° 09'	985	13.9	70.9	4.9	4.4	C(w2)big

Cuadro 12.- Clasificación e índices bioclimáticos de las estaciones meteorológicas según Rivas Martínez (2003)

Estación	Altitud (msnm)	It	Tp	Io	Iod2	Ioe	Td	Pp	P>4T	P:2T a 4T	P:T a 2T	P<T	Bioclima	Termotipo (horizonte)	Ombrotipo (horizonte)
Nevado de Toluca	4,120	82	485	26.19	8.6	2.43	83	1270	12	0	0	0	Tropical pluvial	Orotropical superior	Hiperhúmedo superior
Repetidora de T.V.	3,950	128	626	14.1	-	-		882	-	-	-	-	Tropical pluviestacional	Orotropical inferior	Hiperhúmedo inferior
Hueyatlaco	3,557	196	913	14.55	3.33	2.36	248	1328	9	2	1	0	Tropical pluvial	Supratropical superior	Hiperhúmedo inferior
San Juan Tetla	3,300	198	975	12.61	1.09	2.15	190	1229	7	1	3	1	Tropical pluviestacional	Supratropical superior	Húmedo superior
San Juan Tetla Norte	3,100	289	1284	7.08	0.69	1.47	281	909	7	0	2	3	Tropical pluviestacional	Supratropical inferior	Húmedo inferior
Río Frío	3,000	251	1207	8.87	1.66	1.77	265	1071	7	1	4	0	Tropical pluviestacional	Supratropical inferior	Húmedo inferior
San Rafael	2,530	381	1702	6.04	1.08	1.48	369	1028	6	1	3	2	Tropical pluviestacional	Mesotropical superior	Subhúmedo superior
Amecameca de Juárez	2,440	364	1664	5.92	0.64	1.43	411	985	6	2	0	4	Tropical pluviestacional	Mesotropical superior	Subhúmedo superior

It= Índice de termicidad; Tp= temperatura positiva anual, Io=Índice ombrotérmico anual, Iod2= Índice ombrotérmico del bimestre más seco del trimestre más seco del año, Ioe= Índice de ombro-evaporación anual, Td= suma de temperatura del trimestre más seco del año, Pp= Precipitación positiva anual, P>4T= Número de meses con precipitación mensual mayor que cuatro veces la temperatura media mensual, P: 2T a 4T= No de meses que la precipitación mensual es entre 2 a 4 veces la temperatura media mensual, P: T a 2T= No. de meses en que la precipitación mensual es mayor a 2 veces la temperatura media mensual, P<T= No. de meses en que la precipitación mensual es menor a la temperatura mensual, T<=0 = No. de meses en que la temperatura media mensual es menor o igual a cero. Una explicación más detallada en Rivas-Martínez (2004)

Caracterización bioclimática. El volcán Iztaccíhuatl está sometido al régimen macroclimático de tipo **tropical**, propio de su ubicación al Sur del trópico de Cáncer. A diferencia de lo planteado por García (1988), el macrobioclima se caracteriza en función de su posición intertropical y es independiente de la altitud.

El bioclima dominante en la zona de estudio es el **pluviestacional** ($I_o > 3.6$, $I_{od2} < 2.5$); en situaciones topográficamente favorecidas como umbrías, barrancas altas y en la zona de los glaciares puede presentarse el bioclima **pluvial** ($I_o > 3.6$, $I_{od2} > 2.5$), como lo indican los índices obtenidos para las estaciones de Hueyatenco y Nevado de Toluca. En ambas situaciones el ritmo de las precipitaciones presenta una marcada estacionalidad de las precipitaciones entre abril y octubre (ver diagramas del Anexo 3).

Los principales índices bioclimáticos y la clasificación de cada estación meteorológica se presenta en el Cuadro 12 y en las fichas bioclimáticas en el Anexo 3. Es notorio que el índice de ombro- evaporación anual (I_{oe}) aumenta una unidad a lo largo del gradiente altitudinal en relación con la precipitación positiva anual (P_p), en tales condiciones pese a la pequeña disminución de la precipitación con la altitud en la zona alpina, la evaporación es muy baja y en consecuencia la humedad edáfica se mantiene. Por otro lado, la temperatura del trimestre más seco (T_d) disminuye considerablemente (de 411 a 83) con la altitud por lo que generalmente la temporada fría es también la menos húmeda del año.

En las partes altas del volcán ($> 3,600$ msnm), el número de meses con precipitación mensual $P > 4T$ (mayor a cuatro veces la temperatura media mensual) se presenta en todos los meses del año y disminuye a 6 meses en las partes bajas de la montaña, lo que caracteriza aún más la marcada estacionalidad lluviosa en la parte baja del Iztaccíhuatl. Además en ninguna estación meteorológica del área, la temperatura media mensual es menor o igual a cero ($T \leq 0^\circ$) a lo largo del año, aunque es probable que esto no suceda por arriba de los 4,900 m de altitud, donde por ahora, no se cuenta con registros meteorológicos (Cuadro 12).

Durante el año el ritmo diario de temperaturas (amplitud térmica diaria o índice de diurnidad) tiene fuertes contrastes por arriba y debajo de 0°C (hielo/deshielo) durante el día y la noche (Lauer 1978), lo que conlleva a que la evapotranspiración real sea inferior a la potencial, esto debido al déficit hídrico provocado por el congelamiento del agua en el suelo y no a la falta de agua sino a su poca disposición real.

Zonación bioclimática del volcán Iztaccíhuatl. Siguiendo el sistema de Rivas-Martínez y a partir de la interpolación de los valores de los índices bioclimáticos obtenidos en las estaciones meteorológicas, se puede reconocer en el volcán Iztaccíhuatl una zonación altitudinal de cinco pisos térmicos (mesotropical (Mtr), supratropical (Str), orotropical (Otr), criorotropical (Ctr) y gélido (Atr)) y tres pisos ómbricos (subhúmedo (Shu), húmedo (Hum) e hiperhúmedo (Hhu)). La combinación de estos generan cinco pisos bioclimáticos; de estos dos agrupan la vegetación de alta montaña aquí estudiada (Figura 14).

A continuación se describen y comentan cada uno de los pisos bioclimáticos del volcán Iztaccíhuatl.

Piso atérmico o gélido ($T_p < 0^\circ\text{C}$, $I_o > 24.0$). Se encuentra en la cima de la montaña conformando por una franja de aproximadamente 400 m de altitud (4,900-5,282 msnm), donde la temperatura media anual está por debajo de 0°C . En función de la precipitación anual inferida para esta franja, el ombrotipo (quionotipo) que se espera es el supernivoso (P entre 500 y 1,000 mm). Se corresponde al clima Muy frío de altitud (EFH) de García (1988).

Altitud	Bioclima	Ombrotipo	Termotipo	Pisos bioclimáticos	
5,286	Pluvial (TrPl)	Ultrahiperhúmedo (Uhh)	Gélido o Atérmico (Atr)	Atérmico ultrahiperhúmedo (Trpl-Atr-Uhh) ($T_p < 0^\circ\text{C}$, $I_o > 24.0$)	
5,200			Criorotropical (Ctr)	Criorotropical ultrahiperhúmedo (Trpl-Ctr-Uhh) ($T_p: 1-450$, $I_o > 24.0$)	
5,100					
5,000					
4,900					
4,800	Pluviestacional (TrPs)	Hiperhúmedo (Hhu)	Orotropical ultrahiperhúmedo (Trpl-Otr-Uhh)	Orotropical ultrahiperhúmedo (Trpl-Otr-Uhh)	
4,700			Orotropical (Otr)	Orotropical hiperhúmedo (Trps-Otr-Hhu) ($I_t < 160$, $T_p: 1-450$, $I_o: 12.0-24.0$)	
4,600					
4,500					
4,400					
4,300		Húmedo (Hum)	Supratropical (Str)	Supratropical hiperhúmedo (Trps-Str-Hhu)	Supratropical hiperhúmedo (Trps-Str-Hhu)
4,200					
4,100*			Mesotropical (Mtr)	Supratropical húmedo (Trps-Str-Hum) ($I_t: 161-320$, $T_p: 450-950$, $I_o: 6.0-12.0$)	Supratropical húmedo (Trps-Str-Hum) ($I_t: 161-320$, $T_p: 450-950$, $I_o: 6.0-12.0$)
4,000					
3,900*					Mesotropical húmedo (Trps-Mtr-Hum) ($I_t: 321-490$, $T_p: 1700-2300$, $I_o: 6.0-12.0$)
3,800					
3,700					
3,600					
3,500*					
3,400					
3,300*					
3,200					
3,100*					
3,000*					
2,900					
2,800					
2,700					
2,600					
2,500					

Figura 14. Zonación y pisos bioclimáticos del volcán Iztaccíhuatl. La altitud en la que se encuentra una estación meteorológica se indica con *

Piso criorotropical ultrahiperhúmedo ($T_p: 1-450$, $I_o > 24.0$). Se encuentra entre los 4,300 y los 4,900 msnm, por lo que el cinturón bioclimático es de aproximadamente 600 m de altitud. El límite superior está determinado por la isoterma de 0° que corresponde al límite de las nieves perpetuas o glaciares. Dentro de él se reconocen los horizontes inferior (T_p entre 225 y 450) y superior (T_p entre 1 y 225). El ombrotipo estimado para este piso es el hiperhúmedo (I_o entre 12 y 24). Este piso se corresponde con el clima Frío de altitud (ETHwi) de García (1988).

Piso orotropical hiper y ultrahiperhúmedo ($I_t < 160$, $T_p: 1-450$, $I_o: 12.0 > 24.0$). Se encuentra entre los 3,600 y 4,300 msnm, cubriendo una zona de 700 m. Se reconocen como una franja marcadamente pluviestacional con horizontes del ombrotipo hiperhúmedo (I_o entre 12 y 24) y ultrahiperhúmedo ($I_o > 24$). Este piso se corresponde al clima Templado semifrío subhúmedo (C(w²)(w)cig)) de García (1988).

Piso supratropical húmedo y hiperhúmedo (It: 161-320, Tp: 450-950, Io: 6.0-24.0). Abarca la franja altitudinal comprendida entre los 2,700 y 3,600 msnm, donde la precipitación marcadamente estacional se incrementan desde el pie de la montaña alcanzando aquí los valores más elevados. Los ombrotipos característicos de este piso son el húmedo en sus cotas bajas, y el hiperhúmedo superior en las cotas altas, donde ocasionalmente en barrancas profundas puede presentarse también el biclima tropical pluvial como en la zona de Huayatlaco. Se corresponde con el tipo Templado subhúmedo (C(w²)big) de García (1988).

4.3.- Resultados edafológicos

Propiedades físicas. La profundidad de los suelos muestreados es muy variable, van desde someros o ralos donde la roca madre aflora, hasta los muy desarrollados con profundidades mayores a 80 cm. Dentro del bosque de *Pinus hartwegii* el desarrollo de los horizontes a lo largo del perfil edáfico está mejor definido que en las comunidades del zacatonal alpino; de los 24 perfiles muestreados, 10 de estos últimos presentaron sólo un horizonte.

Por lo general el color predominante es gris muy oscuro (10YR 3/1) en seco, y negro (10YR 2/1) en húmedo, aunque se presentan variaciones de un lugar a otro. En seco el color va de pardo grisáceo (10YR 5/2), hasta gris muy oscuro (10YR 3/1), en húmedo va de pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) a negro (10YR 2/1). El color de la capa superior es generalmente más oscuro que los horizontes inferiores.

Comúnmente el matiz del suelo (10 YR) no cambia de un sitio a otro, en tanto que la brillantez (value) tiende a aclararse con el aumento de altitud, principalmente en seco (3 a 5) que en húmedo (2 a 3). La intensidad del color (croma) es ligeramente menor en seco (1 a 3) que en húmedo (1 a 4) y también tiende a aumentar con la altitud.

La textura es principalmente arenosa (78%), seguida de limosa (18%) y arcillosa (4%) con tendencia a ser arenoso-franco, franco-arenoso o netamente arenoso. Por el diámetro de las arenas predominan las finas (<0.25 mm) con 46%, medias (0.5->0.25 mm) con 19% y gruesas (>1->0.5 mm) con 35%. El material arenífero grueso se encuentra principalmente en las laderas y el fino en los valles, que generalmente han sido depositados por medios eólico y fluvial.

Los suelos se caracterizan por su baja retención de agua y alta capacidad de filtración mayor a 60%, por lo que el agua se mueve de forma rápida a través del perfil. Los suelos cubiertos por árboles tienen mayor contenido de humedad (32%) que los netamente herbáceos (27%) del zacatonal.

La densidad real promedio es de 2.5 gr/ml con tendencia a disminuir por arriba de los 4,100 msnm; en general varía de 1.3 a 3.1 gr/ml a lo largo del gradiente altitudinal. La densidad aparente es de 0.96 gr/ml, sin tendencia a cambiar con la altitud. Se trata de suelos muy ligeros debido a la alta porosidad (>60%). De acuerdo con Etchevers (1985) los suelos volcánicos de México con mayores contenidos de basalto y vidrio volcánicos presentan densidades aparentes y reales altas, en tanto en los que dominan contenidos pumícíticos presentan densidades reales menores. Miehlich (1978) reporta la presencia de vidrios claros y cafés, en parte con cristobalita (50.6%) y sanidina (18.9%) en las cenizas de la Sierra Nevada.

Morfológicamente los suelos presentan perfiles AC, A(B)C, o ABC con profundidades que oscilan entre 5 a más de 80 cm. El horizonte "A" tiene estructura fina, granular o migajosa, el "B",

cuando está presente, muestra una estructura de bloques. Estos suelos en general se conforman a menudo capas de cenizas y lapilli de diferentes edades.

Propiedades químicas. Son suelos en general ácidos con pH promedio de 5.7, pero varían desde ligeramente ácidos (pH 6.9) a muy ácidos (pH 4.3) en agua destilada. La reacción al KCl es ácida, con un valor promedio de 4.1 (entre pH 3.1 y 5.1), en tanto que la reacción al NaF es alcalina, con pH promedio de 8.1 (entre pH 6.3 y 10.9). La acidez del suelo aumenta con la altitud y a su vez disminuye hacia los horizontes inferiores del perfil (Figura 15).

El análisis con KCl indica que los suelos del área de estudio no están completamente saturados de iones ya que este índice de pH da una idea del grado de saturación del complejo de cambio (pH) produciendo un reemplazamiento de los hidrogeniones por el potasio de la solución, lo que provoca un incremento en la concentración de hidrogeniones y como consecuencia una bajada del valor del pH. En este sentido los suelos de la zona subalpina son menos saturados que los de la zona alpina ya que en estos los valores oscilaron en menor proporción. Cuando se utiliza NaF en lugar de KCl, el pH puede alcanzar valores superiores a 10 en presencia de alófono; es aumento se debe a la alta afinidad de los hidróxilos frente al potasio.

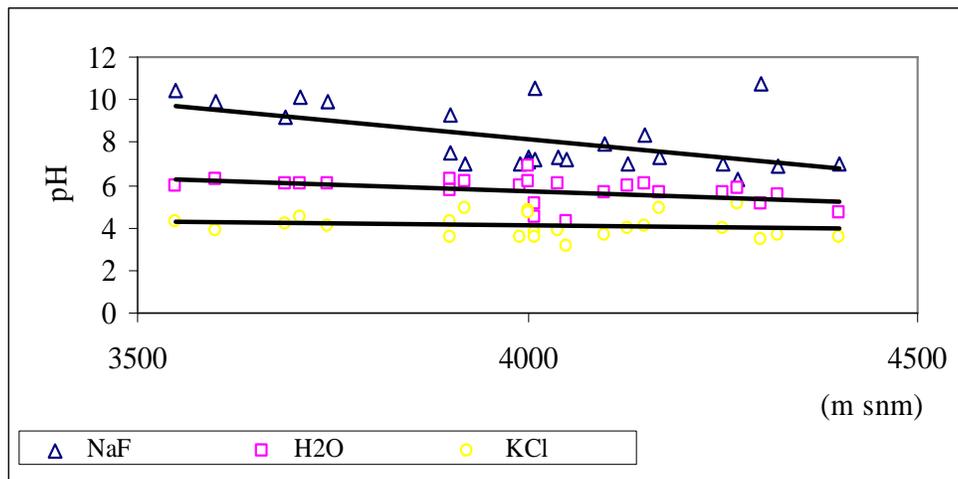


Figura 15. Cambio de acidez con tres técnicas (NaF, H₂O y KCl), en suelos del volcán Iztaccíhuatl.

El contenido de alófono en la capa superior del suelo es regular (2X) y generalmente reacciona rápidamente al cambio de color con la fenolftaleína, esto puede atribuirse a los vidrios fácilmente meteorizables, derivados del intemperismo de las cenizas volcánicas (Shoji *et al.* 1993). En la parte superior del zacatonal hay sitios donde el alófono presenta valores bajos y en algunos casos no se encontró. Generalmente el contenido de alófono en los horizontes inferiores del perfil es menor que en la superficie. La formación de alófono a partir de materiales volcánicos se presenta bajo condiciones climáticas y edáficas que propician la lixiviación (Etchevers 1985).

La cantidad de sales solubles (sólidos totales) es baja, con promedio de 0.63% y varía de 0.14 a 1.4%; es mayor en los sitios de arrastre. La materia orgánica es en promedio baja (>10%), así como el contenido de carbono (>5%). El mayor contenido de materia orgánica se encuentra en la parte superficial del perfil.

De acuerdo con Etchevers (1985), una característica de estos suelos es la acumulación de la materia orgánica, esto debido a que ciertas sustancias relacionadas con el alófono, inhiben la

capacidad de los microorganismos para descomponer la materia orgánica. Musálem y Solís (2000) establecen que las condiciones climáticas impiden la plena actividad de los microorganismos por lo que hay poca acumulación de h́umus en estos suelos.

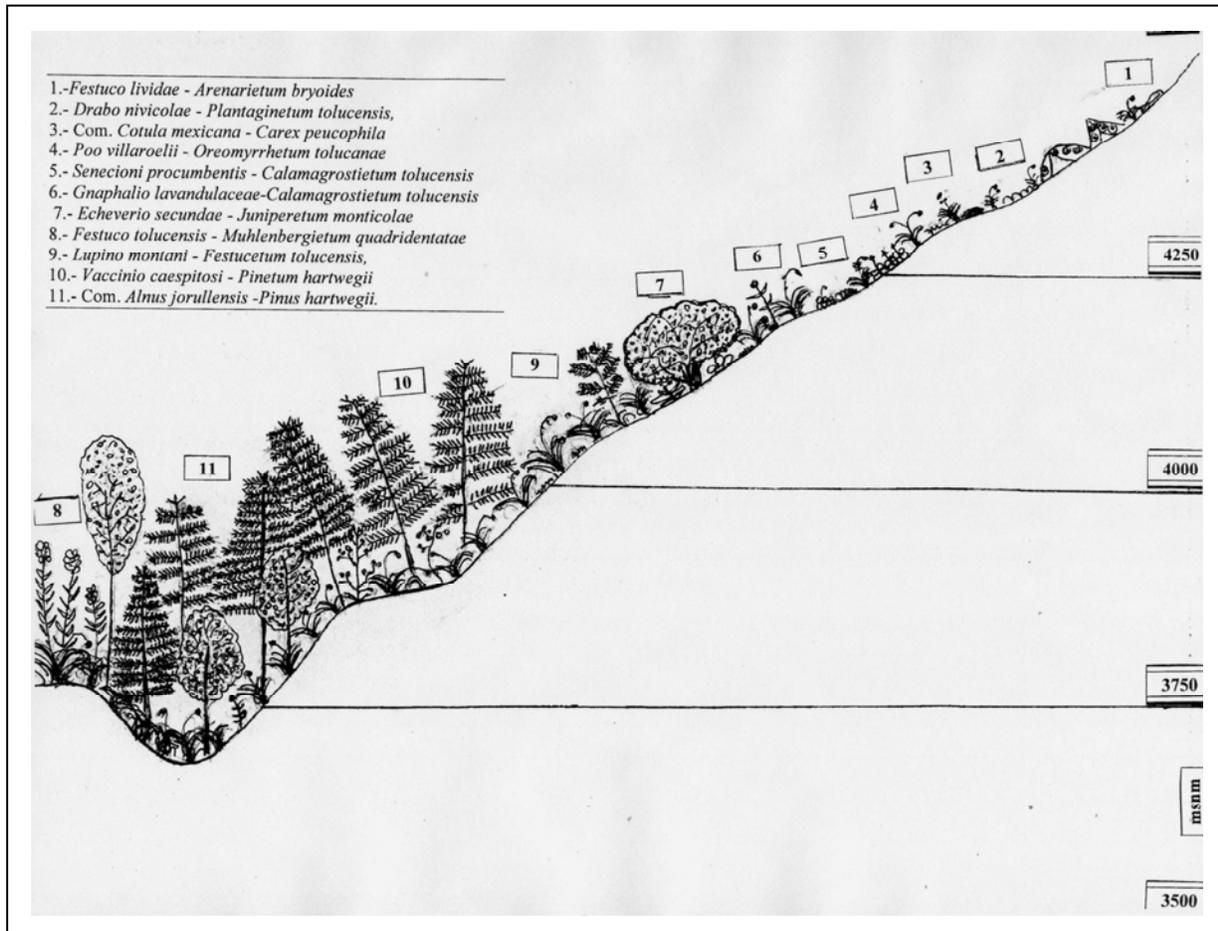


Figura 16. Perfil estructural de la vegetación de alta montaña en el gradiente altitudinal



5.- INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

5.1.- Relación de las comunidades con el gradiente altitudinal. La vegetación de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, México es un mosaico de vegetación conformada por 11 comunidades definidas por su composición florística y su hábitat, que se desarrollan principalmente en dos pisos bioclimáticos tropicales. La información sintética de cada comunidad se encuentra en el cuadro 13.

De la integración y el análisis de esta información se puede establecer que en las comunidades zonales hay una fuerte tendencia a reducir la riqueza, la estructura (número de estratos), la talla y la cobertura de vegetación total y por estratos conforme se incrementa la altitud. Sin embargo, las asociaciones azonales no siguen este patrón altitudinal, sino más bien uno horizontal determinado por la topografía, el microclima y las propiedades del suelo.

Desde un punto de vista estructural, en la parte baja del gradiente altitudinal dominan las comunidades arbóreas más estratificadas, con 3 y 4 estratos bien definidos y talla alrededor de 20m (*Vaccinio-Pinetum* y *Alnus-Pinus*); hacia arriba siguiendo del gradiente, se encuentra la zona que conforma el zacatonal amacollado de alta montaña donde predominan las comunidades con dos estratos, con cobertura dominante del herbáceo sobre el rasante y tallas menores a 1 m (*Senecion-Calamagrostietum*, *Festuco-Muhlenbergietum*, *Lupino-Festucetum*, *Gnaphalio-Calamagrostietum*); por último en la parte alta del gradiente, se desarrollan las comunidades de pradera con dominio del estrato rasante sobre el herbáceo y tallas menores a 30 cm (*Poo-Oreomyrrhetum*, *Cotula-Carex*). Por otro lado, en las asociaciones azonales sobresale la estructura arbustiva de las comunidades edafoxerófilas (*Echeverio-Juniperetum*) y la rasante en las comunidades hidrófilas (*Festuco-Arenarietum*, *Drabo-Plantaginetum*) (Figura 16).

Las comunidades con menor y mayor cobertura vegetal se encuentran a ambos extremos del gradiente altitudinal de área de estudio (Figura 17).

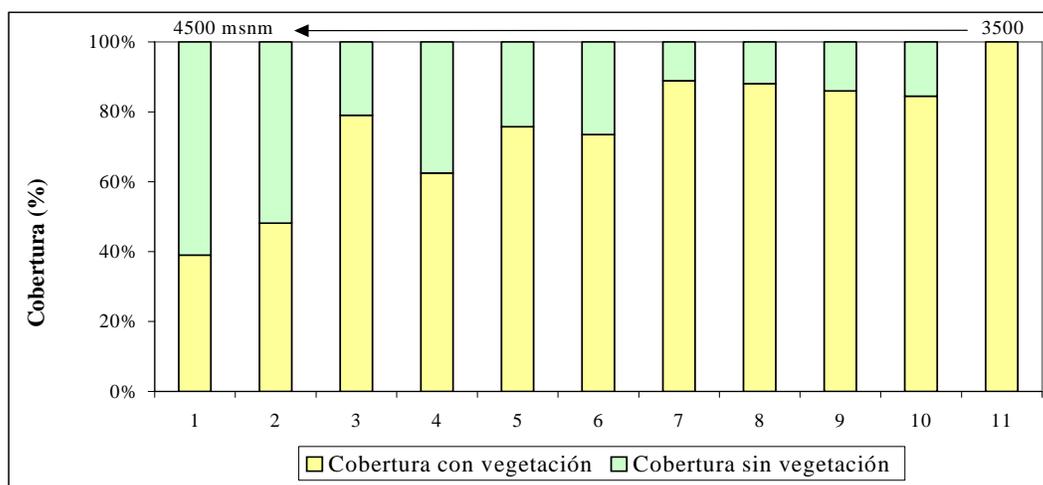


Figura 17. Cambio de la cobertura (%) de la vegetación y suelo desnudo (sin vegetación) con la altitud, en las comunidades vegetales de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

1.- *Festuco lividae* - *Arenarietum bryoides* 2.- *Drabo nivicolae* - *Plantaginetum tolucensis*, 3.- *Poo villaroelii* - *Oreomyrrhetum tolucanae* 4.- *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum tolucensis* 5.- *Echeverio secundae* - *Juniperetum monticolae* 6.- *Senecioni procumbentis* - *Calamagrostietum tolucensis* 7.- Com. *Cotula mexicana* - *Carex peucophila* 8.- *Festuco tolucensis* - *Muhlenbergietum quadridentatae* 9.- *Lupino montani* - *Festucetum tolucensis*, 10.- *Vaccinio caespitosi* - *Pinetum hartwegii* 11.- Com. *Alnus jorullensis* - *Pinus hartwegii*.

Así, las asociaciones boscosas (comunidades 10 y 11) alcanzan valores entre 85 y 100% de cobertura vegetal total, en tanto que las asociaciones en la parte alta del gradiente (comunidades 1 y 2) presentan coberturas de vegetación menores de 50%. La Figura 17 muestra la tendencia del cambio de cobertura en las comunidades sobre el gradiente altitudinal.

5.2.- Estructura y biodiversidad entre las comunidades. Los estratos más conspicuos en la vegetación de alta montaña por su cobertura y riqueza florística son el herbáceo y rasante, los menos representados son el arbustivo y el arbóreo. Lo anterior se esquematiza en las Figuras 18, 19 y 20.

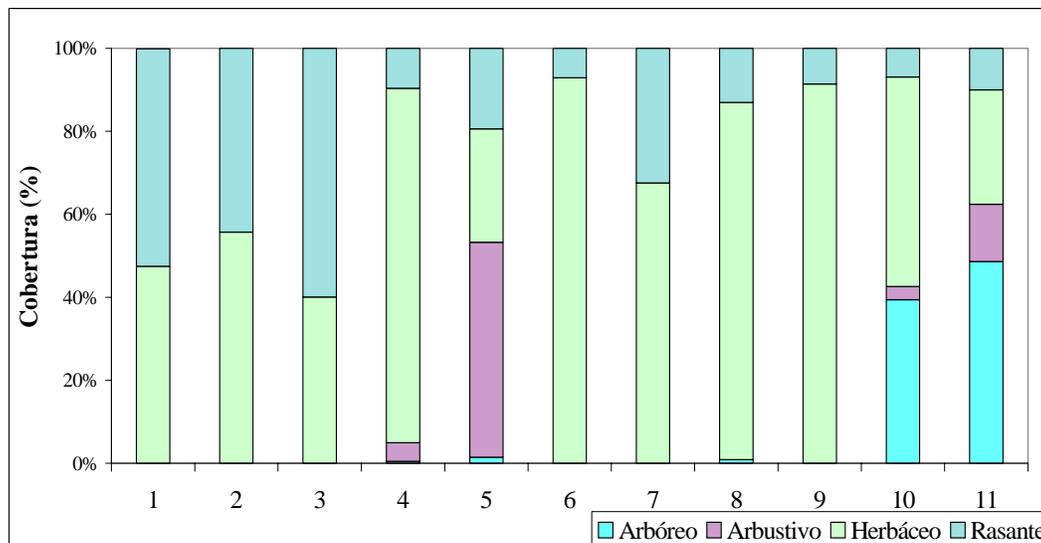


Figura 18. Relación de la cobertura por estratos (%) en las comunidades vegetales

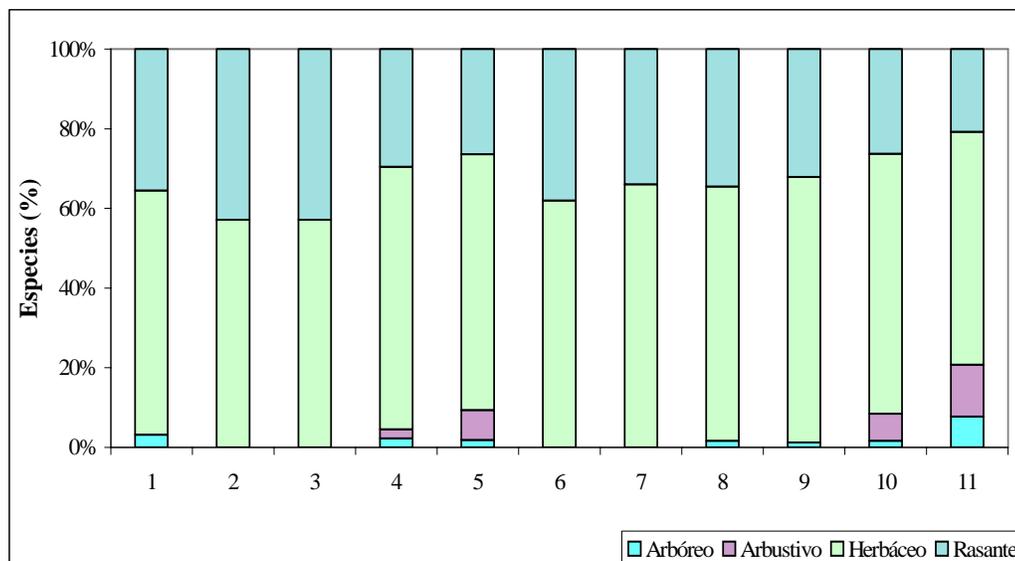


Figura 19. Distribución de especies en los estratos de las comunidades vegetales de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

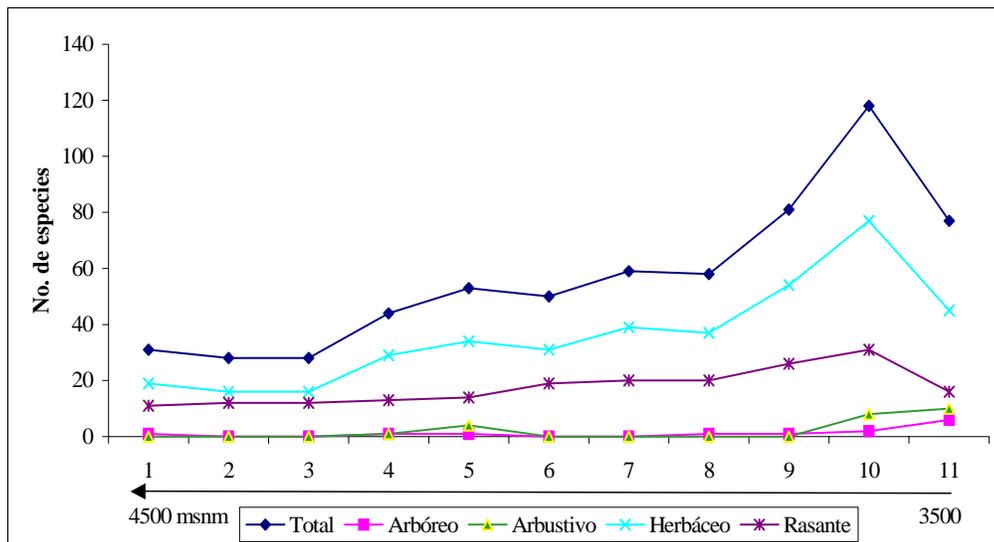


Figura 20. Número de especies por estrato en las comunidades vegetales de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

1.- *Festuco lividae* - *Arenarietum bryoides* 2.- *Drabo nivicolae* - *Plantaginetum tolucaensis*, 3.- *Poo villaroelii* - *Oreomyrrhetum tolucaense* 4.- *Gnaphalio lavandulaceae*-*Calamagrostietum tolucaensis* 5.- *Echeverio secundae* - *Juniperetum monticolae* 6.- *Senecioni procumbentis* - *Calamagrostietum tolucaensis* 7.- Com. *Cotula mexicana* - *Carex peucophila* 8.- *Festuco tolucaensis* - *Muhlenbergietum quadridentatae* 9.- *Lupino montani* - *Festucetum tolucaensis*, 10.- *Vaccinio caespitosi* - *Pinetum hartwegii* 11.- Com. *Alnus jorullensis* - *Pinus hartwegii*.

El número promedio de especies por inventario fue de 14 y por comunidad de 57, lo que da una idea de la alta diversidad florística que se puede encontrar en zona alpina del Iztaccíhuatl.

Las comunidades más ricas por el número de especies totales y el promedio por inventario se encuentran por debajo de los 4,000 msnm del gradiente altitudinal, lo cual se atribuye a que son comunidades boscosas más estructuradas (Figura 21). En general, las comunidades boscosas (*Vaccinio caespitosi* - *Pinetum hartwegii*, *Alnus jorullensis* - *Pinus hartwegii*) son las más diversas y presentan la mayor proporción de especies por inventario, caso contrario las comunidades de la pradera alpina (*Festuco lividae* - *Arenarietum bryoides*, *Drabo nivicolae* - *Plantaginetum tolucaensis*) que fueron las más homogéneas y con menos especies.

En cuanto a la composición florística, el 30% de las especies están presentes en una sola comunidad y el 52% (105 spp.) fueron catalogadas como diagnósticas fitosociológicas. Menos del 3% (5 spp.) se encuentran en todas las comunidades (Cuadro 13).

Las cinco especies con presencia en todas las comunidades de alta montaña, se caracterizan por ser herbáceas; tres de ellas pertenecen a la familia Poaceae (*Agrostis tolucaensis*, *Calamagrostis tolucaensis*, *Trisetum spicatum*), una pertenece a las familias Hydrophyllaceae (*Phacelia platycarpa*) y otra a la Rosaceae (*Alchemilla vulcanica*); esta última se desarrolla particularmente en el estrato rasante.

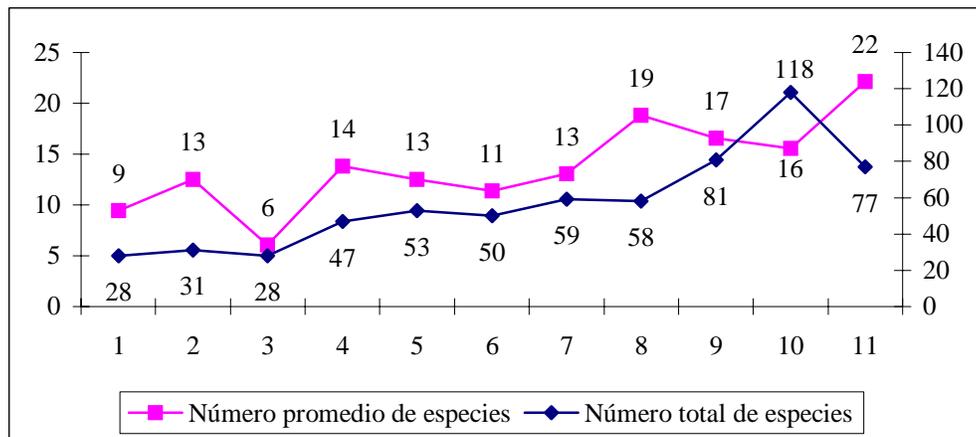


Figura 21. Relación de número de total especies y promedio en las comunidades vegetales de alta montaña en el Iztaccíhuatl, Méx.

1.- *Festuco lividae* - *Arenarietum bryoides* 2.- *Drabo nivicolae* - *Plantaginetum toluensis*, 3.- *Poo villaroelii* - *Oreomyrretum toluensis* 4.- *Gnaphalio lavandulaceae*-*Calamagrostietum toluensis* 5.- *Echeverio secundae* - *Juniperetum monticolae* 6.- *Senecioni procumbentis* - *Calamagrostietum toluensis* 7.- *Com. Cotula mexicana* - *Carex peucophila* 8.- *Festuco toluensis* - *Muhlenbergietum quadridentatae* 9.- *Lupino montani* - *Festucetum toluensis*, 10.- *Vaccinio caespitosi* - *Pinetum hartwegii* 11.- *Com. Alnus jorullensis* - *Pinus hartwegii*.

Las vegetación de alta montaña del Iztaccíhuatl se integra en comunidades vegetales dominadas principalmente por representantes de la familia Poaceae seguidas de Asteraceae, Caryophyllaceae, Hydrophyllaceae, Rosaceae, Apiaceae y Juncaceae.

El Cuadro 14 muestra la relación de familias y géneros/especies para cada comunidad; en la columna final se señala la frecuencia o precencia en cada comunidad de alta montaña. Las familias menos representas son: Berberidaceae, Betulaceae, Caprifoliaceae, Fagaceae, Loranthaceae, Orchidaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Salicaceae, es probable que su presencia esté determinada por características particulares de la topografía o hábitat particular que ocupan.

Cuadro 14. Relación de familias por géneros/especies de las comunidades de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

Comunidad/ Familias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Frecu encia
Poaceae	9/17	7/11	5/8	6/7	5/7	6/6	7/6	10/16	8/12	10/21	7/11	11
Hydrophyllaceae	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	11
Rosaceae	2/3	1/1	2/3	1/3	1/1	3/2	2/1	2/4	2/4	3/5	3/5	11
Asteraceae	6/6	3/3	6/10	4/6	5/7	12/6	12/7	8/16	9/11	11/29	9/20	11
Caryophyllaceae	1/3	2/2	2/7	2/4	2/3	7/2	5/2	2/10	2/5	2/8	2/2	11
Apiaceae	3/3	1/1	2/2	1/1	2/2		1/1	2/3	2/2	2/3	2/2	10
Juncaceae	2/2	1/2	1/2	1/1	1/1	1/1	1/1	1/2	1/1	1/1		10
Fabaceae	2/3		2/3		1/1	2/1	1/1	1/3	2/3	2/3	1/1	9
Plantaginaceae	1/3	1/1	1/1		1/1	1/1	1/1	1/2	1/2	1/1		9
Ranunculaceae	1/2	1/1	1/2	1/1	1/1		1/1	1/2	1/1	1/2		9
Scrophulariaceae	2/2			1/1	1/1	2/2	2/2	1/1	2/3	3/4	2/2	9
Brassicaceae		1/1	1/2	1/2	1/2	1/1	3/2	2/2		2/2		8
Cyperaceae	2/3	2/3	1/1			1/1		2/4	2/2	1/3	1/1	8
Ericaceae	1/1					1/1	3/2	1/1	1/1	2/2	2/2	7
Iridaceae	1/1		1/1			1/1		1/2	1/1	1/2		6
Pinaceae					1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	2/4	7
Violaceae	1/1		1/1				1/1	1/2	1/2	1/2		6
Boraginaceae			1/1				1/1	1/1	1/1	1/1		5
Geraniaceae	1/1							1/1	1/2	1/2	1/2	5
Lamiaceae			1/1					1/1	1/1	1/2	1/1	5
Oxalidaceae			1/1				1/1	1/1		1/1	1/1	5
Portulacaceae	1/1	1/1						1/1	1/1		1/1	5
Crassulaceae						1/1	3/3			3/3	2/2	4
Cupressaceae						1/1	1/1			1/1	1/1	4
Gentianaceae	2/2		1/1					2/2		2/3		4
Solanaceae			2/2			1/1				1/1	2/2	4
Total	42/58	22/28	33/50	20/28	24/30	31/44	52/40	46/80	41/57	65/113	54/76	

Otras familias poco representadas son: Berberidaceae, Betulaceae, Caprifoliaceae, Commelinaceae, Fagaceae, Grossulariaceae, Loranthaceae, Melanthiaceae, Orchidaceae, Onagraceae, Polygonaceae, Portulacaceae, Rubiaceae y Salicaceae.

1. Com. Cotula mexicana-Carex peucophila, 2. Poo villaroelii-Oreomyrrhetum tolucae, 3. Senecioni procumbentis-Calamagrostietum tolucae, 4. Festuco lividae-Arenarietum bryoides, 5. Drabo nivicolae-Plantaginetum tolucae, 6. Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum tolucae, 7. Echeverio secundae-Juniperetum monticolae, 8. Lupino montani-Festucetum tolucae, 9. Festuco tolucae -Muhlenbergietum quadridentatae, 10. Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii, 11. Com. Alnus-Pinus hartwegii.

5.3.- Relación de las comunidades con el bioclima. La relación entre los pisos bioclimáticos (termotipos), el intervalo altitudinal y las comunidades vegetales presentes en la zona de estudio se presenta en la Cuadro 15.

Comunidad/ distribución (msnm)	3250	3500	3750	4000	4250	4500
Com. <i>Alnus jorullensis</i> - <i>Pinus hartwegii</i>	■					
Asoc. <i>Vaccinio caespitosi</i> - <i>Pinetum hartwegii</i>		■				
Asoc. <i>Lupino montani</i> - <i>Festucetum toluensis</i>		■				
Asoc. <i>Festuco toluensis</i> - <i>Muhlenbergietum quadridentatae</i>			■			
Com. <i>Cotula mexicana</i> - <i>Carex peucophila</i>			■			
Asoc. <i>Senecioni procumbentis</i> - <i>Calamagrostietum toluensis</i>			■			
Asoc. <i>Echeverio secundae</i> - <i>Juniperetum monticola</i>			■			
Asoc. <i>Gnaphalio lavandulaceae</i> - <i>Calamagrostietum toluensis</i>			■			
Asoc. <i>Poo villaroelii</i> - <i>Oreomyrhetum toluanae</i>				■		
Asoc. <i>Drabo nivicolae</i> - <i>Plantaginetum toluensis</i>				■		
Asoc. <i>Festuco lividae</i> - <i>Arenarietum bryoides</i>					■	
Termotipo	Supratropical		Orotropical			Criorotropical
Ombrotipo	Húmedo	Hiperhúmedo			Ultrahúmedo	
Bioclima	Pluviestacional			Pluvial		

Cuadro 15. Pisos bioclimáticos y la distribución de las comunidades vegetales de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, Méx.

Las comunidades de vegetación de alta montaña de este estudio se distribuye principalmente en los pisos supratropical, orotropical y criorotropical con ombrotipos predominantes húmedo e hiperhúmedo. Dentro de estos, 3 comunidades se desarrollan en el piso supratropical, 8 en el orotropical y 2 en el criorotropical.

Así, existe una estrecha relación entre los pisos bioclimáticos y la distribución de las comunidades vegetales. La comunidad *Alnus-Pinus hartwegii* se desarrolla exclusivamente en el piso supratropical, además en éste, la comunidad de *Vaccinium-Pinetum* y su comunidad de sustitución *Lupino-Festucetum* alcanzan su áreas de distribución inferior formando en un extenso ecotono con diferentes especies arbóreas. Por otro lado, la comunidad *Festuco-Arenarietum* alcanza el piso criorotropical en su rango de distribución superior.

En el piso orotropical se desarrollan de forma exclusiva 6 comunidades: *Festuco-Muhlenbergietum quadridentatae*, *Drabo-Plantaginetum*, *Cotula-Carex*, *Senecioni-Calamagrostietum*, *Echeverio-Juniperetum*, *Poo-Oreomyrhetum* y *Gnaphalio-Calamagrostietum*.

Es notorio que también la distribución de la humedad (ombrotipo), particularmente entre la zona hiperhúmeda y ultrahúmeda, se relaciona con la distribución de las comunidades de *Alnus-Pinus hartwegii*, *Cotula-Carex* en su rango altitudinal superior y de *Drabo-Plantaginetum* y *Festuco-Arenarietum* en su rango inferior altitudinal (Cuadro 15).

Se caracterizan por su presencia en el bioclima pluvial las comunidades *Poo-Oreomyrrhetum*, *Drabo-Plantaginetum*, *Festuco-Arenarietum* y *Gnaphalio-Calamagrostietum*.

5.4.- Relación de las comunidades con las propiedades del suelo. Las comunidades se desarrollan en suelos de Ando derivados de roca y ceniza volcánica; sus propiedades físicas y químicas parecen variar por diferentes factores pero principalmente con la vegetación que presenta la comunidad, la topografía y su posición en el gradiente altitudinal en donde se desarrollan (Cuadro 16).

En las comunidades zonales, algunas propiedades físicas como porosidad, densidad aparente y porcentaje de arcilla tienden a ser constantes en el gradiente altitudinal e independientes de la vegetación que presentan. En tanto que la densidad real, el porcentaje de arenas finas tienden a aumentar hacia la parte inferior de gradiente altitudinal en donde se desarrollan las comunidades *Vaccinio caespitosi-Pinetum hartwegii* y *Alnus-Pinus hartwegii*.

La capacidad de campo y la capacidad de filtración de la humedad, por el contrario presentan una tendencia a disminuir hacia el zacatonal alpino donde se desarrollan *Lupino montani-Festucetum tolucensis* y *Festuco tolucensis -Muhlenbergietum quadridentata*, en tanto el porcentaje de arenas gruesas y medianas aumenta y los limos disminuyen debido a que el suelo es más arenoso, característico de los suelos volcánicos en las comunidades de *Festuco lividae-Arenarietum bryoides* y *Drabo nivicolae-Plantaginetum tolucensis*.

Respecto a las propiedades químicas se encontró que el pH es ácido en la vegetación boscosa y zacatonales amacollados pero tiende a ser más ácido en las comunidades de praderas alpinas como *Festuco lividae-Arenarietum bryoides* y *Poo villaroelii-Oreomyrrhetum tolucanae* en la parte superior del Iztaccíhuatl. Así mismo, el contenido de alófono y materia orgánica disminuyen en general en la zona del zacatonal amacollado con respecto a las zonas boscosas.

En las comunidades azonales se destaca la ausencia alófono y la disminución del pH en las comunidades azonales hidrófilas de *Cotula mexicana-Carex peucophila* en tanto que ésta también presenta la menor capacidad de filtración en el perfil dada por la disminución del contenido de arenas y el aumento de arcillas. En las comunidades edafoxerofilas de *Echeverio secundae-Juniperetum monticolae* se destaca el aumento de materia orgánica y del pH como características de éstas.

	Altitud (msnm)	No. de horizontes	Profundidad (cm)	Densidad		Porosidad (%)	Humedad de campo (%)	Capacidad de filtración (%)	Arenas				
				Aparente (g/ml)	Real (g)				(%) Muy gruesa ≥1mm	(%) Gruesa 1>0.5 mm	(%) Gruesa 1>0.5 mm	(%) Media 0.5 >0.25 mm	(%) Fina < 0.25 mm
Ass. Vaccinio caespitosi Pinetum hartwegii	3600 3710	2	0-25	0.92	2.75	66	25	70	19	12	31	22	47
Com. Cotula mexicana y Carex	4050	2	0-25	0.85	2.52	66	42	50	30	16	46	24	31
Ass. Drabo nivicolae-	4150 4170	2	0-25	1.22	2.65	54	5	68	34	7	40	15	44
Ass. Festuco lividae -	4270 4400	1	0-20	0.87	2.46	66	43	85	32	13	45	27	28
Ass. Echeverio secundae -	3929 4000	1	0-15	0.73	2.34	68	7	55	18	10	29	16	55
Juniperetum Ass. Lupino montani-	4010 3690 3900	2	0-60	1.10	2.65	59	24	62	18	10	28	18	54
Festucetum Ass. Festuco tolucensis -	4100 3745	1	0-25	1.04	2.35	56	0	ND	12	16	28	22	50
Muhlenbergietum	3900												
Ass. Poo villaruelii- Oreomyrrhetum tolucanae	3990 4250 4300	1, 2	0-25 (>40)	0.71	2.37	69	52	58	26	19	45	25	31
Ass. Senecioni procumbentis- Ass. Gnaphalio lavandulaceae- Calamagrostietum	4130 4000 4010 4040	2 1,2	0-20 0 <40	1.09 1.18	2.19 2.73	50 56	33 11	55 65	6 20	7 7	13 27	15 9	72 65

	Textura			Tipo	Color		pH 1:2.5	Alofano 8'	Alifano 8'	Alofano 8'	Alofano 8'	Alofano 8'	Alofano 8'
	% Arena (50-2000um)	% Arcilla (<2um)	% Limo (2-50um)		Seco	Húmedo							
					H ₂ O	KCl							
Ass. Vaccinio caespitosi - Pinetum hartwegii	66	4	30	Franco arenoso Arenoso franco	Pardo grisaseo muy oscuro a Gris muy oscuro	Negro	6.4	4.2	10.4	XXX	0.56	5.69	3.30
Com. Cotula mexicana y Carex peucophila	64	8	28	Franco arenoso Arenoso franco	Pardo oscuro	Pardo (amarillento) (muy) oscuro	4.7	3.1	7.2	0	0.6	ND	ND
Ass. Drabo nivicolae- Plantaginetum	77	5	18	Arenoso franco	Gris oscuro	Pardo muy oscuro a Negro	6.1	4.4	8.1	XX	1.4	1.9	1.1
Ass. Festuco lividae - Arenarietum bryoides	77	4	19	Arenoso franco	Pardo grisaseo a Pardo oscuro	amarillento oscuro a Gris muy oscuro	5.3	4.4	6.7	XX	0.8	6.3	3.7
Ass. Echeverio secundae - Juniperetum monticolae	69	4	27	Franco arenoso	Pardo grisaseo muy oscuro a Gris muy oscuro	Pardo muy oscuro a Negro	5.9	4.5	8.3	XX	0.5	ND	ND
Ass. Lupino montani- Festucetum tolucensis	80	3	17	Arenoso franco	Pardo grisaseo oscuro a Gris muy oscuro	Pardo (grisaseo) muy oscuro a Negro	6.0	4.1	8.9	XXX	0.5	6.1	3.5
Ass. Festuco tolucensis - Muhlenbergietum	90	4	6	Arenoso	Gris muy oscuro	Negro	6.1	4.1	9.9	###	0.19	ND	ND
Ass. Poo villaruelii- Oreomyrrhetum tolucanae	70	6	24	Arenoso- franco- franco arenoso	Pardo amarille nto oscuro a Gris muy	Pardo muy oscuro a Negro	5.6	3.6	7.6	X	0.7	2.8	1.6

Cuadro 16. Datos edafológicos de las comunidades vegetales de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl

6.- CONCLUSIONES

Los análisis fitosociológico, florístico, climático y edafológico efectuados, junto con la información recabada para la zona de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, permiten establecer que:

- La composición fitocenótica de la alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, se conforma de 11 comunidades vegetales bien definidas. La presencia de siete comunidades está determinada por las condiciones zonales del hábitat y cuatro son favorecidas, al menos en parte, por las condiciones particulares del suelo y el microclima (azonales)
- En la zona de alta montaña del Iztaccíhuatl ocho comunidades son de tipo herbáceo, dos son arbóreas y una corresponde al tipo arbustivo.
- Las Angiospermas (Magnoliophyta), constituyen el grupo más diverso de la zona de estudio con el 93% de las familias, géneros y especies. De éste grupo, las Dicotiledóneas dominan con 72% a las Monocotiledóneas (Liliopsida) que alcanzan el 28% del total de las especies.
- Las familias más importantes son: Asteraceae y Poaceae con el 29% de géneros y 40% de las especies registradas. El género *Senecio* con 13 especies es el mejor representado y le siguen: *Agrostis*, *Arenaria*, *Cerastium*, *Festuca*, *Gnaphalium*, *Poa* y *Trisetum*.
- Con el aumento de la altitud, la riqueza y diversidad florística disminuyen en todos los niveles taxonómicos. Esto también sucede con la cobertura de vegetación en los estratos, la riqueza de especies y la diversidad de formas biológicas en las comunidades vegetales.
- El bioclima dominante en la zona de alta montaña es tropical pluviestacional ultra e hiperhúmedo; en situaciones puntuales a los extremos altitudinales del área de estudio se presentan los tipos criorotropical y supratropical.
- En la caracterización bioclimática, los pisos térmicos reconocidos en el volcán Iztaccíhuatl son: mesotropical (Mtr), supratropical (Str), orotropical (Otr), criorotropical (Ctr) y gélido (Atr) y los pisos ómbricos son: subhúmedo (Shu), húmedo (Hum) y hiperhúmedo (Hhu).
- La altitud, el bioclima (termo y ombrotipo), el relieve, las propiedades del suelo y los factores de disturbio son los principales factores determinantes en la distribución, estructura y composición de las comunidades vegetales de la alta montaña.
- Este trabajo aporta al esquema sintaxonómico de alta montaña de México la integración de cuatro nuevas asociaciones, cuatro subasociaciones y tres variantes florísticas. Además, se incluye a la vegetación vascular leñosa y se propone la inclusión del Orden *Ranunculentalia multicaulis* y las Alianzas *Poo villaroelii-Oreomyrrhion tolucae* y *Pinion hartwegii*. Queda pendiente aún por definir la sintaxonomía superior (Clase, Orden y Alianza) para la vegetación hidrófila y la no vascular de la alta montaña.
- La serie edafoxerófila orotropical se compone con las asociaciones: *Echeverio secundae-Juniperetum monticolae* y *Gnaphalio lavandulaceae-Calamagrostietum tolucae*. En tanto la serie edafohidrófila de: *Poo villaroelii-Oreomyrrhetum tolucae* y la comunidad *Cotula mexicana-Carex peucophila*.

- La descripción detallada de las fitocenosis o comunidades vegetales que se distribuyen en estos particulares ambientes tropicales de la zona de alta montaña del Iztaccíhuatl, permitirá tener los conocimientos para incorporar cuestiones de manejo, conservación y restauración de los ecosistemas.
- Los resultados edofológicos permiten hacer un diagnóstico preliminar y establecer la relación con las comunidades que albergan, el material de origen y la intensidad de los procesos formadores a los que han sido expuestos.
- Los suelos son en general ácidos (pH promedio de 5.7), con textura arenosa dominante. El material grueso se encuentra principalmente en las laderas y el fino en los valles, que generalmente han sido depositados por medios eólico y fluvial.
- Todas las comunidades reconocidas presentaron signos de disturbio en diferentes escalas e intensidades. El pastoreo, quema y tala fueron las principales causas de perturbación de la vegetación. La presencia de especies favorecidas por el disturbio con diferentes grados de cobertura, es el principal signo de alteración de las comunidades vegetales de alta montaña.
- Los efectos de la intensidad y la frecuencia de los disturbios sobre las comunidades vegetales puede estar actuando en detrimento de la estabilidad de la comunidad, ya sea con la alteración de la estructura vegetal por eliminación o adición de estratos, modificación de la composición florística por la presencia de especies pirófilas, arvenses y ruderales o provocando la transformación de comunidades nativas a pastizales inducidos.
- Para ampliar y completar la información de la vegetación de la alta montaña de México, se requiere realizar trabajos fitosociológica en aquellas áreas poco estudiadas, correspondientes a los volcanes Nevado de Colima, Malinche y Pico de Orizaba principalmente.
- La falta de una clasificación y sistema nomenclatural general para la definición de los tipos y comunidades vegetales de México, ha provocado que frecuentemente los trabajos científicos como éste, tengan un alcance limitado (Montoya *et al.* 1987). En ningún momento se pretende que la clasificación de la vegetación y la bioclimática de alta montaña presentadas, contribuyan al anarquismo en el que, en general, se encuentra el conocimiento de la vegetación de México; sino más bien se pretende contribuir y continuar la implementación de un sistema innovador de clasificación y nomenclatura, que se ha aplicado a la vegetación de alta montaña tropical de México y del mundo, lo cual permitirá llegar a un determinismo verdaderamente confiable y completo.
- Finaliza este trabajo con la esperanza de que los resultados y datos aportados contribuyan al desarrollo del plan de manejo y acciones de conservación del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.



Foto 8. Fuego en la región del Paso de Cortés. Puerto entre los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl, Sierra Nevada. Méx.

7.- REFERENCIAS

- Alcaráz, F. 2000. Bioclimate: un programa informático para la automatización de análisis bioclimáticos. XIII Jornadas de Fitosociología. Lisboa, Portugal.
- Almeida, L., Cleef, A. M.; Herrera, A., Velázquez, A. e I. Luna. 1994. El zacatonal de alta montaña del volcán Popocatepetl, México y su posición en las montañas tropicales de América. *Phytocoenologia* 22(3): 391-436.
- Almeida, L., Cleef, A. M. y A. Velázquez. 1997. Fitosociología del bosque de coníferas del volcán Popocatepetl, México. En: *Vegetación, fitogeografía y paleoecología dl zacatonal alpino y bosques montaños de la Región central de México*. Pp 89-120. Tesis doctoral Universidad de Ámsterdam, Holanda.
- Almeida, L., G. Azcárate, J., Cleef, A. M. y A González T.. 2004. Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca, Región central de México. *Phytocoenologia* 34(1): 91-132 pp. Berlin-Stuttgart.
- Anaya, A., R. Hernández y X. Madrigal. 1980. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del volcán Iztaccíhuatl, Méx. *Inst. Nac. Invest. Forest. Bol. Téc.* 65:1-64.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Beaman, J. H. 1962a. The timberlines of Iztaccíhuatl and Popocatepetl, México. *Ecology* 43:377-385.
- Beaman, J. H., D. De Jong y P. Stoutamire. 1962b. Chromosome studies in the alpine and subalpine floras of México and Guatemala. *Am. J. Bot.* 49:41-50.
- Beaman, J. H. 1965. A preliminar ecological study of the alpine flora of Popocatepetl and Iztaccíhuatl. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 29: 63-75.
- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. (<http://www.conabio.gob.mx>).
- Billings, W. D. 1973. Artic and alpine Vegetation: similarities, differences and susceptibility to disturbance. *BioScience.*, 23(12) 697-704.
- Billings, W. D., 2000. *Alpine Vegetation*. In Barbour y Billings: *North American Terrestrial Vegetation*, 2nd. Ed. Cambridge University Press: 537-572 p.
- Boyas, J. 1985. Flora fanerogámica del campo experimental forestal San Juan Tetla, Puebla. *Bol. Téc. Inst. Nal. Invest. For.* No. 114. Pp 103.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume. Madrid. 820 pp.
- Beard, J. S. 1944. Climax vegetation in tropical America. *Ecology* 25:127-158.
- Beard, J. S. 1955. The classification of tropical American vegetation types. *Ecology* 36:89-100.
- Cleef, A 1981. The vegetation of the páramo of the colombian Cordillara Oriental. *Diss. Bot.* 61: 320 pp
- COTECOCA-SARH. 1987-1991. *Las gramíneas de México*. Tomo II y III. México D. F.
- COTECOCA-SAGAR. 1995. *Las gramíneas de México*. Tomo IV. 342 pp. México D.F.

- Cronquist, A. 1981. An intergated system of classification of flowering plants. Columbia University Press.
- Cruz, C. R. 1969. Contribución al conocimiento de la ecología de los pastizales en el valle de México. Tesis de licenciatura Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 24-40 pp.
- Chávez, J. M. y N. Trigo. (Coord.) 1996. Programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Colección Ecología y Planeación. Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Xóchimilco 273 pp.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Ci. Exact. Fis. Nat. 10 (40): 221-264.
- Cuatrecasas, J. 1968. Paramo vegetation and its life forms. In: Troll, C. (ed.) Geocology of the mountainous regions of the tropical Americas. Coll. Geograph. 9:163-186.
- Daubenmire, R. 1982. Ecología vegetal: tratado de autoecología de plantas. Tercera edición. Limusa. México. 496 pp.
- Delgadillo, C. 1971. Phytogeographic studies on alpine mosses of Mexico. The Bryologist 74:331-334.
- Delgadillo, C. 1985. The neovolcanic belt of Mexico as a barrier and route of migration for mosses. Monogr. Syst. Bot., Missouri. Bot. Garden 11:41-44.
- Delgadillo, C. 1987. Moss distribution and phytogeographical significance of the Neovolcanic Belt of Mexico. J. Biogeogr. 14:69-78.
- Delgadillo, J. 1995. Introducción al conocimiento bioclimático, fitogeográfico y fitosociológico del sureste de Norteamérica (Estados Unidos y México). Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. 566 pp.
- Delgadillo, J., M. Peinado, M de la Cruz, J. Martínez-Parras, F. Alcáraz y A. de la Torre. 1992. Análisis fitosociológico de los saladares y manglares de Baja California, México. Acta Botánica Mexicana 19:1-35.
- Domínguez, V. y N. Aguilera. 1994. Métodos para el análisis de suelo. Cuaderno de trabajo del Laboratorio de Edafología- Facultad de Ciencias-UNAM. 25 pp.
- Ern, H. 1975. Descripción de la vegetación montañosa de los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. Botanischen Garten und Botanischen, Museum. Willdenowia Beiheft 10. Berlín 128 pp.
- Escamilla, W. M. 1996. Fitosociología del zacatonal alpino y bosque subalpino del declive occidental del volcán Popocatepetl. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 58 pp.
- Escamilla, M., L. Almeida y J. Giménez, 2002 Las comunidades tropalpinas del volcán Popocatepetl. México y su relación con el medio. Monográfico Contribuciones al conocimiento y evaluación de la vegetación. XVI Jornadas de Fitosociología "Vegetación y Cambio climático" Universidad de Almería España.
- Etchevers, J. 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los suelos volcánicos de México. Serie cuadernos de Edafología 1. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- FAO-UNESCO. 1989. Definitions of soil units for the soil map of the World. World soil resourses. Office land and water development. División FAO.

- Fernández, G. F. 1997. Bioclimatología. En Izco y cols. Botánica. Capítulo 15. McGraw-Hill-Interamericana de España, S.A.U. 607-682 pp
- García, E. 1986. Apuntes de climatología. UNAM. Quinta edición. México. 155 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Inst. de Geografía UNAM, México.
- García-Romero, A. 2004. Dinámica del paisaje post-fuego en el pastizal tropical de alta montaña. volcán Iztaccíhuatl. México. *Interciencia* 29 (11): 1-9.
- Géhu, J. y S. Rivas-Martínez. 1981. Notions fondamentales of phytosociologie. In Diersschke, H. (ed.) *Syntaxonomie*. J. Cramer. Vaduz. Pp5-53.
- Giménez de Azcárate, J., M. Escamilla., A. Velázquez. (1998) Situación de la vegetación del volcán Parícutín 44 años después del cese de su actividad. *Caldacia*. Febrero-Marzo.
- Giménez de Azcárate, J. y M. Escamilla. 1999. Las comunidades edafoxerófilas (enebrales y zacatonales) en las montañas del centro de México. *Phytocenologia* 29(4) 449-468.
- Giménez de Azcárate, J., M. I. Ramírez y M. Pinto. 2003. Las comunidades vegetales de la Sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México, México): clasificación, composición y distribución. *Lazaroa* 24:87-11
- Gómez-Pompa, A. 1965. La vegetación de México. *Bol. Soc. Méx.* 29:76-120.
- González, A. 1986. Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Edo. de Méx. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México 63 pp.
- Gutiérrez, R. J. (cord.). 1983. Excursiones-recreación-convivencia-esparcimiento-educación -cultura. Editorial Limusa. México, D.F. 566 pp.
- Hanson, H. y E. Churchill. 1961. *The plant community*. Reinhold publishing corporation. New York. 217 pp.
- Hill, M. 1979. *Twinspan, a fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging*. Ithaca, NY. Cornell University.
- Huber, O. y R. Riina (Ed.) 2003. *Glosario fitoecológico de las Américas Vol. 2 México, América Central e islas del Caribe: países hispanoparlantes*. UNESCO. 474 pp.
- Izco, J. y M. del Arco. 1988. Código de nomenclatura fitosociológica. 2ª Edición. *Opuscula Botanical Pharmaceutical Complutensis*, 4: 5-74.
- Keneib, W. Miehlich, G. y H. Zöttl. 1973. Clasificación regional de los suelos de la Sierra Nevada de México. *Comunicaciones del proyecto Puebla-Tlaxcala*. México7:11-14
- Labat, J. 1985. Estudio bioclimático de Estado de Michoacán, México según la clasificación de Bagnouls Gausson. *Trace* 8:36-45
- Lauer, W. 1978. Tipos ecológicos del clima en la vertiente oriental de la meseta mexicana. *Comentarios de una carta climática 1:500.000 (apéndice)*. *Comunicaciones proyecto Puebla Tlaxcala No. 15*. Puebla. 235-248 pp.
- Lauer, W. y D. Klaus. 1975. *Geocological investigations on the timberline of Pico de Orizaba*. México. *Arct. Alp. Res.* 7:315-330.
- Leopold, A. S. 1950. *Vegetation zones of Mexico*. *Ecology*. 31 (4):507-518.

- Loidi, J 1996. Avances en fitosociología. Asociación Española de Fitosociología Universidad del País Vasco. 191 pp.
- López, R. 1994. Geoecología del paisaje e impacto ambiental en la Sierra Nevada. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 107 pp.
- Lorenzo, J. L. 1957. Las zonas arqueológicas de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Dirección de Prehistoria. Departamento de Publicaciones. Publicación Número 3. México, D.F. 62 pp.
- Lorenzo, J. L. 1964. Los Glaciares de México. Monografías del Instituto de Geografía/1. UNAM. Segunda Edición. 28 pp.
- Lot, H. y F. Chiang. 1986. Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora A.C. México, D.F. 142 pp.
- Lugo, H. J. 1984. Geomorfología del sur de la cuenca de México. Instituto de Geografía. Serie Varia T.1 Núm. 8. México. 35 pp.
- Maass, J., J. Patrón, A. Suárez, S. Blanco, G. Ceballos, C. Galindo, A. Pescador. 1981. Ecología de la estación experimental Zoquiapán. Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía. Núm. 2. UACH. México. 114 pp.
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Serie Biología No. 22. Venezuela 168 pp.
- May Nah, M. 1971. Estudio fitoecológico del campo experimental San Juan Tetla. Puebla, México. Instituto Politécnico Nacional. Tesis de Licenciatura. 130 pp.
- Metcalfe, S. E., O'Hara, S. L., Caballero, M. y Davies, S. J. 2000. Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico-a review. Quat. Scs. Rev:19: 699-721.
- Miehlisch, G. 1978. Andisoles de la Sierra Nevada. En: Wener, G. (ed.). Los suelos de la cuenca alta de Puebla-Tlaxcala y sus alrededores. Fundación Alemana para la Investigación Científica, México. Complemento Comunicaciones No. 6. 48-58 pp
- Miranda, F. y E. Hernández. X.1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Bol. Soc. Méx. 28:29-179.
- Montoya, M. J. y F. Matos G. 1987. El sistema de Kuchler. Un enfoque fisionómico-estructural para la descripción de la vegetación. Turrialba 17(2)197-207.
- Mooser, F.1956. Los ciclos del vulcanismo que formaron la cuenca de México. XX Congreso de Internacional de Geología Vulcanología del Cenozoico. Tomo 2. Instituto de Geología. UNAM. 337-348pp.
- Mooser, F. 1975. Historia geológica de la cuenca de México. In: Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Departamento del Distrito Federal. México. D. F. Tomo 1, pp 7-38.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Son, USA. 547 pp.
- Musálem, M. A. y M. A. Solís P. 2000. Monografía de *Pinus hartwegii*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro de México. 74 pp.

- Obieta, M. y J. Sarukhán. 1981. Estructura de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. Bol. Soc. Mex. de Bot. 41: 75-125.
- Peinado, M., F Alcaráz, J. Delgadillo, J. Aguirre, J. Álvarez, y M. de la Cruz. 1994. The coastal salt marshes of California and Baja California: phytosociological typology and zonation. Vegetatio 110:55-66.
- Pinto, M. 2000. Las comunidades vegetales de la sierra de Angangeo. Michoacán, Méx. Facultad de Ciencias-UNAM. Tesis de licenciatura
- Pritchett, W. 1991. Suelos Forestales: Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Edit. Limusa. 634 pp.
- Rivas-Martínez, S. 1987. Nociones sobre fitosociología, biogeografía y bioclimatología. En: Peinado M. y S. Rivas-Martínez (eds). La vegetación de España. Serv. Publ. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. pp 17-46.
- Rivas-Martínez, S. 1994 Sistema de clasificación bioclimática de la Tierra. Folia Botánica Matritensis. 16:1-29.
- Rivas-Martínez, S; D. Sánchez-Mata y M. Costa. 1999. Regiones biogeográficas de la Tierra. Itinera Geobot. 12: 23-25.
- Rivas-Martínez, S. 2004. Sinopsis biogeográfica, bioclimática y vegetacional de América del Norte. Fitosociología 41 (1) supl. 2: 19-52.
- Robles-Ramos, R. 1944. Algunas ideas sobre la glaciología y morfología del Iztaccíhuatl. Revista de Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia 4 (10-12):65-98
- Rodríguez, F. y C. Ortiz. 1982. Levantamiento de suelos del campo experimental forestal San Juan Tetla, Puebla. Ciencia Forestal 7(40):25.
- Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of México. Taxon 24 (1):67-80.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa, México D.F. 431 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Act. Bot. Mex. 14:3-21.
- Rzedowski, J. 1994. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 129-145 pp.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2001. Flora Fanerogámica del valle de México. 2ª de. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro (Michoacán). 1406 pp.
- Sánchez-González, A. y L. López-Mata. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. An. Ins. Biól. Bot. 74(1):47-71.
- Salamanca, S. 1991. The vegetation of the páramo and dynamics in the volcanic masif Ruiz-Tolima (Cordillera central, Colombia) Dissertation. University of Amsterdam, The Netherlands.
- Silva, L., F. Romero, A. Velázquez y L. Almeida. 1999. La vegetación de la región montana del sur de la cuenca de México. In: Velázquez A. y F. Romero (eds). Biodiversidad de la región montañosa del sur de la cuenca de México: Bases para el ordenamiento ecológico. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco 65-92 pp.

- Shoji, S., M. Nanzyo y R. Dahlgren. 1993. Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21. Elsevier Science Publishers. 288 pp.
- Smith, J. y A. Cleef. 1988. Composition and origins of the world's tropical rain forest floras. *J. Biogeography* 15:631-345.
- Sosa, A. 1951. Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl. México, Puebla, Morelos, Tlaxcala. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dirección General Forestal y de Caza. 415 pp. más mapas.
- Van der Hammen, T., D. Mueller-Dombois y M. Little. 1989. Manual of methods for mountain transect studies. IUBS-UNESCO, MAB, París. 66 pp.
- Vargas, M. F. 1984. Parques Nacionales de México y reservas equivalentes. Pasado, presente y futuro. Colección: Grandes problemas Nacionales. Serie: Los bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México, D.F. 266 pp.
- Vázquez, S. L. 1986. Utilización de criterios geomorfológicos para determinar la edad de las coladas de lava. Resúmenes de la Primera Reunión Nacional de Geomorfología. Instituto de Geografía. UNAM. México 7 pp.
- Vázquez, S. L. 1991. Glaciaciones del Cuaternario Tardío en el volcán Téyotl, Sierra Nevada. *Bol. Inst. Geo.* 22: 25-45.
- Vázquez, S. L. y K. Heine. 2004. Quaternary Glaciations-Extent and Chronology. Part III. Editors: J. Ehlers and P.L. Gibbard. Elsevier B. V.
- Velázquez, A. 1988. Especies y hábitats en peligro de extinción: el caso del conejo de los volcanes. *Información Científica y Tecnológica.* 10(147):45-49.
- Velázquez, A. y A. Cleef. 1993. The plant communities of the volcanoes Tláloc and Pelado, México. *Phytocenologia* 22(2):145-191.
- Vidal, Z. R. 1980. Algunas relaciones clima-cultivos en el estado de Morelos. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 95 pp.
- Villaseñor, J. L. 2001. Catálogo de autores de plantas vasculares en México. Instituto de Biología-UNAM-CONABIO. 40 pp.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. *Interciencia* 28(3):160-167.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora en México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 75:105-135.
- Walter, C. 1983. *Vegetation of the earth and ecological systems of the Geobiosphere.* Berlin 3rd de Springer-Verlag.
- Walter, H. 1977. *Zonas de vegetación y clima.* Omega. Barcelona. 45pp
- Weber, H., Moravec J. y J. Theurillat. 2000. International code of phytosociological nomenclature. *J. Veg. Sci.* 11:739-768.
- Weger, M. 1974. On concepts and techniques applied in the Zurich-Montpellier method of vegetation survey. *Bothalia* 11:309-323.
- Werner, J. 1978. Los suelos de la cuenca alta de Puebla-Tlaxcala y sus alrededores. Suplemento de Comunicaciones VI. Fundación Alemana para la Investigación Científica. Proyecto Puebla-Tlaxcala
- Westhoff, V. y E. Van der Marell. 1973. The Braun-Blanquet approach of phytosociological. En: R.H. Wittaker (ed.), *Manual of vegetation science.* Junk Publ. Den Haag the Netherland 20: 617-643.

- White, S. E. 1962. El Ixtaccíhuatl: acontecimientos volcánicos y geomorfológicos en el lado Oeste durante el Pleistoceno Superior. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. 80 pp.

8.- ANEXOS

ANEXO 1

Listado florístico y características biológicas y ecológicas de la flora vascular del volcán Iztaccíhuatl*

Familia	Especie	Forma biológica	Longevidad	Estrato	Forma de crecimiento	Nombre común	Ecología
Alliaceae	<i>Allium glandulosum</i> Link & Otto	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Ajo	2200-3700m. Pastizales, matorrales y bosques. Del sur de EUA a Honduras.
Asclepidaceae	<i>Asclepias linaria</i> Cav.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Subfrútice (aspecto de arbusto pequeño, leñoso en la base)	Romerillo, Venenillo	2250-2500m. Ocasionalmente hasta 3000msnm. Ampliamente distribuida en el Valle. La mayoría de las veces en pastizales y matorral xerófilo. Desde California y Arizona a Oaxaca y Veracruz.
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i> L.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Plumajo, Cientoenrama	2500-3700m. Frecuente en claros de bosque de encino y de coníferas, en orilla de arroyos, a veces como maleza ruderal o arvense. Especie de zonas frías y templadas, a veces cultivada, en algunas partes escapadas de cultivo. Considerada como nativa del Valle de México, se le atribuyen propiedades curativa.
	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta semipostrado	Hierba de carbonero, Escobilla	2300-3600m. Abunda en terrenos deforestados, orillas y claros de bosque, medicinal.
	<i>Bidens anthemoides</i> (DC.) Sherff	Herbácea	Anual o perenne	Herbáceo-Rasante	Rastrera	ND	2600-3800m. Praderas subalpinas y claros de bosques de coníferas, preferente en lugares perturbados, también como maleza arvense y ruderal
	<i>Bidens serrulata</i> (Poir.) Desf.	Herbácea	Anual	Herbáceo	Erecta	ND	2400-3200m. Distribución amplia, a veces muy abundante en la parte montañosa más húmedas orillas de bosque y de matorral principalmente en condiciones de disturbio; con frecuencia como ruderal, arvense o ruderal.
	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Ascendente o rastrera	Achual cimarrón	2600-3900m. A menudo en lugares perturbados.
	<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Cardo, Mala mujer, Rosa de las nieves.	2600-4000m. Distribución amplia, abundante en la parte montañosa más húmeda. En bosque de coníferas y de encinos, preferentemente en lugares perturbados, también en praderas alpinas y subalpinas. Se emplea en medicina popular contra afecciones diversas. Durango, Nuevo León y Jalisco a Hidalgo, Morelos Veracruz.
	<i>Cirsium nivale</i> (Kunth) Sch. Bip.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600?, 3200-4100m. En pastizal alpino y BPH. Del estado de México Veracruz (Nevado de Toluca, Pico de Orizaba, Cofre de Perote).
	<i>Conyza schiedeana</i> (Less.) Cronq.	Herbácea	Anual a veces perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2300, 2500-4000m. Ampliamente distribuida en las zonas húmedas del valle. Bosques de coníferas, de Quercus, praderas alpinas y subalpinas, preferente en lugares perturbados. Suroeste de EU a Centroamérica.
	<i>Cotula mexicana</i> (DC.) Cabrera	Herbácea	Perenne	Rasante	Manchones densos	ND	2600-4000m. Orillas de arroyos, lugares cenagosos y en suelo muy húmedo. Ampliamente distribuida en las partes altas del valle. Montañas del centro de México, también a lo largo de los Andes de Venezuela y Argentina.

<i>Erigeron galeottii</i> (Gray) Greene	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2650-4000m. Bosques de Pinus, Abies, Quercus, preferentemente en claros y vegetación secundaria, también en pradera alpina, en ocasiones como ruderal. Chihuahua a Michoacán, Morelos, Veracruz y Oaxaca.
<i>Eupatorium glabratum</i> Kunth	Arbusto	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3500m. En sitios con bosques de Abies, de pino y encino y bosque mesófilo. Se conoce de SLP a Oaxaca.
<i>Eupatorium oreithales</i> Greenm.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3200m. En sitios con bosque de Abies y bosque abierto de pino y de encino. Hidalgo y Morelos.
<i>Eupatorium pazcuarensis</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2400-3500m. En sitios con bosque de Abies, Pinus y Quercus y en bosque mesófilo. Edo. de México y Morelos.
<i>Eupatorium prunellifolium</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2700-4000m. En sitios con bosque de Abies, pradera alpina y BPH. México, Hidalgo y Oaxaca.
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Herbácea	Anual o bienal	Herbáceo	Roseta basal	ND	2400-3500m. Ampliamente distribuida en la zona montañosa más húmeda del Valle de México. ruderal, arvense o en bosque de Abies, de Pinus y en praderas alpinas. Desde la Columbia Británica hasta Sudamérica, las Antillas, como adventicia en Nueva Zelanda
<i>Gnaphalium canescens</i> DC.	Herbácea	Perenne	Herbáceo-Rasante	Subfrútice	ND	2250-3100m. Pedregales, pastizales y claros de zonas boscosas. Especie poco frecuente en la región. Fuera del Valle se conoce desde el sur de EUA hasta el centro de México.
<i>Gnaphalium lavandulaceum</i> DC.	Subarbustiva	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3800-4300m. Restringida a zonas alpinas. En zacatonales alpinos del Izta-Popo. Se registra en el Cofre de Perote, Pico de Orizaba y Nevado de Toluca.
<i>Gnaphalium liebmannii</i> Sch. Bip. ex Klatt var. <i>liebmannii</i>	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2400-4200m. Bosque de pino, praderas alpinas. Centro de México a Costa Rica
<i>Gnaphalium salicifolium</i> (Bertol.) Sch. Bip.	Subarbustiva	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3200m. En bosques de pino-encino y bosque de conífera. Se conoce desde el centro de México hasta Guatemala.
<i>Gnaphalium sarmentosum</i> Klatt	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Acaule a erecta	ND	2800-4000m. Aunque más frecuentemente en altitudes mayores a 3500m. Bosque de Oyamel y pino y praderas adyacentes, praderas alpinas. Fuera del Valle se conoce de las montañas del Estado de México, Veracruz y Puebla.
<i>Gnaphalium standleyi</i> Steyerm.	Herbácea	Perenne	Rasante	Acaule a erecta	ND	3900-4150m. Pastizales alpinos. Fuera del Valle conocida de Guatemala únicamente. Especie poco conocida en la región, posiblemente se trata de una variedad.
<i>Haplopappus stoloniferus</i> DC.	Herbácea	Perenne	Herbáceo-Rasante	Erecta	ND	2500-3900 m. Preferentemente en suelos húmedos de orillas de arroyos en medio de bosques de coníferas. Centro e México a Guatemala
<i>Heliopsis procumbens</i> Hemsl.	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera o ascendente	ND	2900-3300m. Bosque de coníferas y claros en medio de los mismos. Distribuida de Sinaloa a Jalisco y DF
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	Herbácea	Anual	Rasante	Erecta	Jarilla	2250-2700m. Pastizales, matorrales, bosque de Juniperus y de Quercus, preferentemente en lugares perturbados.
<i>Hieracium mexicanum</i> Less.	Herbácea	Perenne de vida corta	Herbáceo-Rasante	Erecta	ND	3000-4000m. En praderas alpinas y subalpinas, así como en bosque de PH. Distribuido a lo largo del Eje Volcánico Transversal y volcán Tajumulco en Guatemala.
<i>Hymenoxys integrifolia</i> (Kunth) Bierner	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2700-3600m. Planta conocida de pocas localidades praderas subalpinas y bosque de Pinus. Centro de México a Guatemala.
<i>Oxybolus arbutifolius</i> (Kunth) A. Gray	Subarbustiva o hierbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	ND	3000-4150m. En sitios con bosque de conífera, pradera alpina y áreas rocosas. Fuera del Valle se le conoce en Puebla, Veracruz a Guatemala.

<i>Senecio angulifolius</i> DC.	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	ND	2500-4000m. En bosque de pinos, Abies y de Quercus, mesófilo de montaña y en algunos matorrales secundarios. Es una planta ampliamente distribuida, preferente en lugares más húmedos y sombreados de las zonas montañosas. Se extiende desde Sinaloa, Durango y SLP a Puebla y Chiapas
<i>Senecio barba-johannis</i> DC.	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	Barba de San Juan de Dios	2500-3400m. En bosques de Abies, Pinus y Quercus, en el mesófilo de montaña y en algunos matorrales secundarios. Se conoce de Michoacán a Hidalgo, Veracruz y Guatemala.
<i>Senecio bellidifolius</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Calancapatle, Calamápatl, Nanahuapatli, Palancapatli	2600-4000m. En bosques de Abies, Pinus y Pinus-Quercus, en zacatonales alpino y en algunos matorrales secundarios. Principalmente en los claros adyacentes a los bosques. Se extiende desde Chihuahua y Nuevo León a Oaxaca. Uso medicinal.
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Hoja de flecha	2600-3800m. En bosques de Abies y de Pinus, así como en bosques mesófilos de montaña y zacatonales alpinos. Se extiende desde Jalisco y Guanajuato hasta Hidalgo, Veracruz y Guatemala.
<i>Senecio cinerarioides</i> Kunth	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	Jarilla blanca, Rosa de San Juan	2500-3500m. En bosques de Abies y Pinus, de preferencia en áreas abiertas y afectadas por disturbio. Conocida de Michoacán a Morelos, Veracruz y Guerrero.
<i>Senecio gerberifolius</i> Sch. Bip. ex Hemsl.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3800-4000m. En praderas alpinas. Fuera del Valle se conoce de Nevado de Toluca, Cofre de Perote y de las altas montañas de Guatemala.
<i>Senecio mairetianus</i> DC.	Subfrutescente o arbustiva	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3500-4150m. En praderas alpinas y BPH. Conocida también del Nevado de Colima, Nevado de Toluca, La Malinche, Cofre de Perote y el Tacaná.
<i>Senecio procumbens</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3800-4300m. En bosques de PH así como praderas alpinas. Se le conoce del Nevado de Toluca, La Malinche, Pico de Orizaba y Cofre de Perote.
<i>Senecio reticulatus</i> DC.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3700m En bosques de Pinus, Quercus y en algunos matorrales secundarios. Conocida de Jalisco y Guanajuato a Morelos y Puebla.
<i>Senecio roseus</i> Sch. Bip.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3000-4000m. En bosque de PH con pastizal y en las praderas alpinos y subalpinos. Fuera del Valle se le conoce del Nevado de Toluca, Nevado de Colima, La Malinche, Pico de Orizaba, Cofre de Perote y también de las montañas de Oaxaca.
<i>Senecio salignus</i> DC.	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	Jarilla	2250-3650m. Ampliamente distribuido en el Valle. En bosques de Abies, Pinus y Quercus, en matorrales xerófilos y en praderas alpina, pero preferentemente en lugares perturbados y a orillas de caminos. Se extiende desde el sur de Arizona hasta el Salvador y Honduras. Medicinal.
<i>Senecio sinuatus</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3500m. En bosques de Abies, Pinus y Quercus, a menudo en lugares afectados por disturbio. Se conoce desde Jalisco, Guanajuato e Hidalgo a Veracruz y Oaxaca.

	<i>Senecio toluccanus</i> DC.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Rabanillo	2750-3950m. En bosques de Abies, Pinus y Quercus, también en zacatonales alpinos y en algunos matorrales secundarios. Se extiende desde Arizona, Nuevo México y Nuevo León a Morelos, Puebla y Veracruz.
	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Herbácea	Perenne	Rasante	Arrosetada	Diente de león	2250-4000m. Maleza ruderal frecuente, también común como arvense en los cultivos de alfalfa, más bien esporádica en pastizales y otros hábitats. Especie originaria de Eurasia, ahora de muy amplia distribución.
Berberidaceae	<i>Berberis schiedeana</i> Schlecht.	Arbusto bajo	Perenne	Herbáceo	Arbusto bajo	Agracejos	3000-4000m. En BP, sobre rocas y taludes también por encima del límite de la vegetación arbórea
Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	Ailes	2800-3350m. Hasta de 20 m de alto. De Durango a Guatemala. En sitios con bosque de pino y oyamel
Boraginaceae	<i>Lithospermum districhum</i> Ort.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2350-4200m. Distribución amplia en regiones montañosas del Valle. En bosques de Abies, Quercus y Pinus, pastizal alpino, matorral xerófilo y en vegetación secundaria. SLP a Guatemala.
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	Perlitas	2250-3100m. Se encuentra en caso toda la zona montañosa de Valle. Pastizal, matorral, bosque de encino y coníferas. Ampliamente distribuida desde Nuevo México hasta Guatemala. Uso
Caryophyllaceae	<i>Arenaria bourgaei</i>	Herbácea	Perenne	Rasante	Difusa rastrera	ND	2750-3850m. Principalmente en praderas subalpinas y bosque de Abies en lugares húmedos y a la orilla de arroyos. Planta muy cercana a <i>A. palustris</i> de Sudamérica
	<i>Arenaria bryoides</i> Willd. ex Schlecht.	Herbácea	Perenne	Rasante	Pulvinada (cojín)	ND	3950-4500m. Planta estrictamente alpina de suelos arenosos, desde el extremo superior de la vegetación arbórea hasta el límite altitudinal de las plantas vasculares.
	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	Herbácea	Perenne	Rasante	Decumbente difusa	ND	2350-3800m. En bosque de Pinus, Abies, y Quercus en encinares perturbados, matorral xerófilo y matorrales. Distribuida en la mayor parte de las montañas de México.
	<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd. ex Schlecht.	Herbácea	Perenne	Rasante	Cespitosa	ND	2300-3500m. En muchos hábitats incluyendo campos abandonados y vegetación secundaria.
	<i>Arenaria oresbia</i> Greenm.	Herbácea	Perenne	Rasante	Difusa, flojamente cespitosa	ND	3550-4100m. En BPH, laderas expuestas, taludes y en praderas alpinas húmedas
	<i>Arenaria reptans</i> Hemsl.	Herbácea	Perenne	Rasante	Tapiz flojo	ND	2550-4100m. Principalmente entre 3000-4000m En praderas alpinas y subalpinas, BPH y BA
	<i>Cerastium brachypodum</i> (Englem.) Robins.	Herbácea	Anual	Herbáceo	Difusa, sin macolla	ND	3000m. En praderas húmedas subalpinas. También en el norte de México, en EUA y Canadá.
	<i>Cerastium nutans</i> Raf.	Herbácea	Anual	Herbáceo	Erecta decumbente	ND	2400-3200m. Ampliamente distribuida en le Valle de México. En bosque de Abies, Abies y Cupressus Pinus y Quercus a orillas de camino y campos de cultivos. Distribuido a través de la mayo parte de las montañas de México y hacia el norte en los EU.
	<i>Cerastium orithales</i> Schlecht.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa, erecta	ND	3800m. En BPH. Se registra en el Valle de México en el Pico de Orizaba, Sierra Negra y Cofre de Perote
	<i>Cerastium purpusii</i> Greenm.	Herbácea	Perenne de vida corta	Herbáceo	Cespitosa	ND	4300-4350m. En suelo húmedo, arenoso, cerca de arroyos en la zona alpina alta

	<i>Cerastium ramigerum</i> Bartl.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	4000-4400m. Planta preferentemente alpina. En el rincón sureste del Valle de México. En praderas alpinas desde el extremo superior de la vegetación arbórea hasta cerca del límite altitudinal de las plantas vasculares.
	<i>Cerastium vulcanicum</i> Schlecht.	Herbácea	Añual o Perenne de vida corta	Herbáceo	Erecta	ND	2900-4000m. En praderas subalpinas y alpinas, en bosque de Pinus-Abies y de Quercus, a veces en áreas perturbadas a la orilla de caminos. Parte sur del Valle de México, Nevado de Toluca, Pico de Orizaba, en el Toro Morelos y en Guatemala
	<i>Stellaria cuspidata</i> Willd.	Herbácea	Probable perenne	Rasante	Rasante o colgante	ND	2400-3200m. Ampliamente distribuida en el Valle. En variados hábitats: matorral, zacatal, bosques de encino o de coníferas. Texas, México, Centroamérica, oeste de Sudamérica.
Commelinaceae	<i>Commelina orchoides</i> Booth	Herbácea	Perenne	Rasante	Escaposa	Cresta de gallo, Hierba del pollo	2800-3500m. En pastizales y bosques de encino o coníferas, en general escasa, aunque localmente abundante. Centro de México a Guatemala
Crassulaceae	<i>Altamiranoa mexicana</i> (Schlecht.) Rose	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2300-4000m. Muy extendida en el Valle, se le encuentra en prácticamente en todas las montañas circundantes. Ocupa muy diversos hábitats desde matorrales y pedregales hasta bosques de coníferas y praderas alpinas, especialmente en rocas. Centro de México. Especie muy variable.
	<i>Echeveria secunda</i> Booth.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Roseta	Conchita, Siempreviva, Oreja de ratón	2500-4100m. Por lo general sobre rocas o peñas, casualmente terrestre o epífita en diversos hábitats desde pedregales con matorral xerófilo a bosques de encino o coníferas y pradera alpina. Centro de México. Cultivada como ornamental.
	<i>Sedum praealtum</i> ssp. <i>parvifolium</i> Clausen	Arbusto	Perenne	Herbáceo	Erecta o colgante	Siempreviva amarilla	2400-3000m. En lugares rocosos desde matorral xerófilo a bosque de encino y de coníferas.
Brassicaceae (Cruciferae)	<i>Cardamine obliqua</i> Hochstetter.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2700-3900m Planta de regiones montañosas
	<i>Descurainia virletii</i> (Fourn.) O. E. Schulz	Herbácea	Añual	Herbáceo	Erecta	ND	2250-2900m. Maleza frecuentemente arvense. Especie de la altiplanicie mexicana que habita desde Chihuahua hasta Puebla.
	<i>Descurainia impatiens</i> (Cham. & Schlecht.) O. E. Schulz	Herbácea	Añual	Herbáceo	Erecta	ND	2250-4000m. Maleza común en cultivos del fondo del valle. Además escasa o abundante localmente en las montañas, habitando en lugares afectados por disturbio a l sobra de rocas, o en bosque de coníferas y aún en pradera alpina. Registrada de México a Guatemala.
	<i>Draba jorullensis</i> Kunth	Herbácea	Bienal o perenne	Herbáceo-Rasante	Roseta	ND	300-4100m. Habita en los altos picos montañosos, desde el centro de México hasta Guatemala, frecuente por encima de la vegetación arbórea
	<i>Draba nivicola</i> Rose	Herbácea	Perenne	Herbáceo-Rasante	Roseta	ND	>3900m. Altas montañas del centro de México. Planta preferentemente alpina

	<i>Erysimum capitatum</i> (Douglas) Greene	Herbácea	Bienal a perenne	Herbáceo	Erecta porte compacto	ND	2400-3600m. En general no se presenta en abundancia, pero habita en muchos lugares. En matorrales xerófilos y en bosques de coníferas. Se encuentra ampliamente distribuida desde el oeste de Canadá hasta el centro de México.
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	ND	2350-3000m. En laderas húmedas con bosque de pino, encino y oyamel. De Chihuahua a Guatemala.
	<i>Juniperus monticola</i> f. <i>compacta</i> Martínez	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Porte compacto	Cedro, Enebro, Sabino, Tlaxcal	300-4200m. Generalmente en sitios rocosos en medio del ZA. Fuera de valle se conoce de Nuevo León, SLP y Veracruz
Cyperaceae	<i>Carex longicaulis</i> Boeck.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	ND	2800-3450m. En bosques de pino, pino-encino, matorrales de encino y zacatonales. El género se distribuye en regiones frías-templadas-húmedas
	<i>Carex orizabae</i> Liebm.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	ND	2950-4300m. Abundante en el Popo e Izta. En lugares pantanosos a la orilla de arroyos dentro de BPH y praderas alpinas. Centro de México a Oaxaca
	<i>Carex peucophila</i> T. Holm	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	ND	2400-4000m. Es la sp. de <i>Carex</i> más abundante y ampliamente distribuida en el Valle. En lugares húmedos o pantanosos en medio de bosques y matorrales de encino, bosque de pino-encino, bosque de pino, de Abies y praderas subalpinas. Desde SLP hasta Guatemala
	<i>Eleocharis montana</i> (Kunth) Roem. & Schult.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2250-2600m. Como semiacuática o en lugares encharcados de pastizales y encinares. Se distribuye desde el sur de EUA hasta Sudamérica.
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Árbol o Arbusto alto	Perenne	Arbóreo-Arbustivo	Postrado	Madroño	2400-3400m. Ampliamente distribuido en zonas montañosas de Valle. En bosque de Quercus, Pinus y ocasionalmente en Abies. De Nuevo México y Texas hasta Nicaragua
	<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	Madroño borracho	2600-3400m. En bosque de Abies, de Pinus, de Quercus y en bosque mesófilo de montaña
	<i>Monotropa uniflora</i> L.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Pipa de indio	2500-3150m. En bosques de encinos, mesófilos y de coníferas, asociada a hifas de hongos. Distribuida en norte y centro América hasta Colombia; Eurasia.
	<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC.	Arbusto	Perenne	Arbustivo-Herbáceo	Postrado a erecto	Capulincillo	2900-3500m. En bosques de pino, Oyamel y de encino. Desde el centro de México hasta Argentina.
	<i>Vaccinium confertum</i> Kunth	Arbusto	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2750-2950m. Planta escasa. En bosques de Quercus y de Abies. Conocido de Chihuahua y Sinaloa a Veracruz y Guatemala.
	<i>Vaccinium caespitosum</i> Michx.	Arbustito	Perenne	Herbáceo-Rasante	Erecta	ND	2800-3850m. Se le ha encontrado en las partes altas de las montañas del valle. En bosque de Abies, Pinus y pastizal alpino. Distribuido de Alaska y Terranova a Guatemala.
Fabaceae	<i>Lupinus aschenbornii</i> Schauer	Herbácea	Perenne a veces anual o bienal	Herbáceo	Erecta	ND	2800-4300m. Más común arriba de 3000m. Conocida del centro de México. Bosque de coníferas y pradera alpina. Altas montañas de los estados de México, Michoacán y Puebla.

	<i>Lupinus elegans</i> Kunth	Subfrutescente	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2850-3000m. Generalmente colectada en bosque de pino o encino. Ampliamente distribuida en varias poblaciones locales. Conocida de Guerrero, Jalisco Michoacán, Morelos y Zacatecas.
	<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv.	Herbácea	Anual o bienal	Herbáceo	Erecta	ND	2250m. Se ha colectado en campos y orilla de caminos. Hidalgo y Morelos. Podría ser una fase estacional de <i>L. binetaus</i> o taxón a nivel subespecífico pero aún se desconoce.
	<i>Lupinus montanus</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2500-4100m. En bosques de pino, encino y pradera alpina. Conocida de Chihuahua a Guatemala. Especie polimorfa que varía de montaña a montaña algunas de sus poblaciones se le asigna como variedades.
	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Rasante	Postrada	ND	2350-3200m. Principalmente en bosques de pino y encino o en praderas subalpinas. Se extiende desde el noroeste de México hasta Costa Rica.
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	ND	2500-3100m. Es muy abundante en las laderas altas de las montañas que rodean el Valle en los sitios cubiertos por bosques de pino y encino o bosques de oyamel. Se conoce de Jalisco y Guanajuato a Puebla y Oaxaca.
Gentianaceae	<i>Halenia brevicornis</i> (Kunth) G. Don	Herbácea	Anual	Rasante	Erecta	ND	2400-3400m. Ampliamente distribuidas en el Valle exceptuando en partes secas. En bosque de coníferas y de Quercus, así como en claros adyacentes y la vegetación secundaria derivada. De BC y Sonora a Nayarit y Veracruz y hasta el norte de Sudamérica
	<i>Halenia plantaginea</i> (Kunth) Griseb.	Herbácea	Perenne	Rasante	Erecta	ND	2850-3600m. En zonas montañosas altas y húmedas. Bosque de coníferas y de Quercus. Tamaulipas y Nuevo León a Michoacán, Veracruz y Oaxaca.
	<i>Halenia pringlei</i> Rob. & Seaton.	Herbácea	Perenne	Rasante	Cespitoso a erecta	ND	3100-3900m. Claros en medio de bosques de coníferas, en suelo pantanoso o muy húmedo. Los individuos enanos y cespitosos se encuentran en áreas cercanas al límite de la vegetación arbórea. Conocida de Michoacán a Tlaxcala y Veracruz.
	<i>Gentiana ovatiloba</i> Kusn.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Rastrera a erecta	ND	3200-3900m. Preferentemente en suelos mal drenados en medio de pastizales alpinos y subalpinos. Centro de México a Guatemala.
Geraniaceae	<i>Geranium latum</i> Small	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta o rastrera	ND	2300-3200m. Se encuentra preferentemente en bosques de Abies, Pinus, Quercus, Cupressus y de Alnus. Distribuida en el centro de México.
	<i>Geranium cruceroense</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3200-3700m. Se encuentra preferentemente en praderas en medio de bosque PH y zacatonales. Distribuida de Michoacán a Hidalgo y Veracruz

	<i>Geranium potentillifolium</i> DC.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta o decumbente	ND	2600-3600m. Especie ampliamente distribuida en toda la zona montañosa del Valle. Preferentemente en BPH, aunque también se encuentra en bosque de Abies, Quercus, Alnus y entre terrenos de cultivo. Distribuida de Michoacán a Hidalgo y Veracruz.
	<i>Geranium seemanii</i> Peyr.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta o decumbente	ND	2250-3300m. Especie ampliamente distribuida en todo el Valle, de preferencia en bosque de Abies, Pinus, Quercus, Cupressus y entre cultivo de temporal. Habita en la República mexicana y Guatemala, especialmente en las regiones montañas y como planta ruderal.
Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i> Humb. & Bonpl.	Arbusto	Perenne	Arbustivo	Erecta	Capulincillo, Ciruelillo	2500-4000m. Registrada en la región montañosa del sur del Valle. En matorrales, bosques de encinos o coníferas o pradera alpina, con frecuencia cerca de arroyos. Centro y sur de México hasta Guatemala y Costa Rica.
Hydrophyllaceae	<i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng.	Herbácea	Perenne o anual	Herbáceo	Semierecta	Tlatomaxihuitl, Espuelas	2400-4000m. Mejor representada de 2900-3200m. En variados hábitats: bosques de encino o coníferas y claros adyacentes, pradera alpina y en ocasiones entre cultivos. Se encuentra en el Valle, Nuevo León y Jalisco a Guatemala
Iridaceae	<i>Sisyrinchium quadrangulatum</i> Klatt	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3400-4000m. En bosques de PH y zacatonal alpino. Registrada de las altas montañas de Jalisco, Edo. de México y Veracruz; Nevado de Toluca, Nevado de Colima, Pico de Orizaba.
	<i>Sisyrinchium tenuifolium</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Zácate de muela	2250-3800m. Especie sumamente variable de amplia distribución geográfica y ecológica en el Valle. Desde matorral xerófilo, pradera halófila, pastizal, diferentes tipos de bosques hasta el zacatonal alpino: Conocido de Chihuahua a Chiapas (y Guatemala?).
Juncaceae	<i>Juncus arcticus</i> var. <i>andicola</i> (Hook.) Balslev	Herbácea	Perenne	Rasante	Cespitosa	ND	3850m. Variedad sólo conocida en la vertiente suroeste del Iztaccihuatl. Localmente abundante en una pradera inundable. Fuera del Valle se localiza en Morelos y Puebla, además del sur de Colombia
	<i>Luzula caricina</i> E. Mey.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	ND	300-3900m. Praderas húmedas y claros de bosques de coníferas. Chihuahua a Guatemala.
	<i>Luzula racemosa</i> Desv.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	ND	3400-4000m. Pradera alpina y bosque de coníferas. Del centro de México a Guatemala y de Venezuela a Chile y Argentina.
Lamiaceae (Labiatae)	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Herbácea	Perenne a veces bienal	Herbáceo	Erecta	ND	2500-3200m. Ampliamente distribuida en las partes húmedas del Vale. En bosques de coníferas, encinos o en bosques mixtos, También en pastizales subalpinos, cerca de los bosques. Nativa de las regiones templadas del Hemisferio Norte, en Norteamérica extendiéndose hasta Costa Rica; también adventicia en otras partes del mundo.

	<i>Salvia fulgens</i> Cav.	Arbusto	Perenne	Herbáceo	Trepador	ND	2650-3400m. Relativamente frecuente en bosques de coníferas, de Quercus y mesófilo de montaña. Michoacán al Edo. de México y Puebla.
	<i>Stachys eriantha</i> Benth.	Herbácea	Perenne	Rasante	Postrada	ND	2800-3450m. En pastizal subalpino y en claros de bosques de pino, oyamel, pino-encino. Centro de México.
	<i>Stachys repens</i> Mart. & Gal.	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera	ND	3700-4000m. En BPH y pastizal alpino. Fuera de Valle se le conoce de las altas montañas de Puebla y Veracruz aparentemente también habita en Colombia y Ecuador.
Loranthaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Willd.) Presl.	Arbusto	Perenne	Epífita	Erguido	Flor de ocote	2850-3850m. Parásito sobre Pinus generalmente habita con A. globosum. Causan deformaciones y deformaciones en las ramas de las plantas parasitadas y a veces producen la muerte.
Melanthiaceae	<i>Stenanthium frigidum</i> (Cham. & Schlecht.) Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2900-3500m. En bosque de pino y oyamel, ocasionalmente en bosque de encino. Fuera del Valle se le conoce de los estados de Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.
Onagraceae	<i>Epilobium ciliatum</i> ssp. <i>ciliatum</i> Moc.& Sessé ex DC.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2250-3850m. Especie acuática y subacuática ampliamente distribuida en el Valle de México tanto en el fondo como en las montañas a orillas de ríos, arroyos, zanjas, canales, entre campos cultivados o diferentes tipos de bosque o pradera alpina. Llega a México y Guatemala.
	<i>Oenothera purpusii</i> Munz	Herbácea	Perenne	Herbáceo-Rasante	Cespitosa	ND	2700-3300 m. En bosques (Alnus, Mesófilo de montaña, de coníferas de encinos). Centro de México en lugares montañosos de los estados que rodean al DF (Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Edo. de México).
Orchidaceae	<i>Spiranthes</i> sp. Rich.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	ND
Oxalidaceae	<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Kunth	Herbácea	Perenne	Rasante	Acaule	ND	2350-3500m. Regiones montañosas principalmente en bosques de Pinus, Abies, Abies y Cupressus. Distribuida desde el suroeste de EU hasta las montañas de Guatemala.
Pinaceae	<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Cham. & Schlecht.	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	Oyamel	2600-3500m. Árbol corpulento de hasta 40 (60) m de alto. A menudo forma bosques puros, pero también convive con otros arboles. Se extiende de Sinaloa y SLP a Guatemala
	<i>Pinus ayacahuite</i> Schlecht.	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	Pinos, Ocote	2600-2900m. Centro de México a Honduras y el Salvador.
	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	Pinos, Ocote	2600-4200m. Con frecuencia integrando el bosque que forman el último nivel arbóreo de la vegetación. De Chihuahua, Coahuila y Nuevo León al Salvador.
	<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	Árbol	Perenne	Arbóreo	Erecta	Pinos, Ocote	2300-3000m. Se extiende de Nuevo León, Coahuila y Jalisco a Guatemala.

Plantaginaceae	<i>Plantago mayor</i> L.	Herbácea	Anual o perenne	Herbáceo-Rasante	Roseta gruesa	Llantén, Lanten	+/- 2250m. Maleza introducida del viejo mundo, habita principalmente en cultivos de alfalfa, también en lugares con vegetación paludícola en orillas de canales y bordos de estanques, en general en terrenos muy húmedos y aún en baldíos mal drenados y hasta
	<i>Plantago nivea</i> Kunth	Herbácea	Anual o perenne	Herbáceo	Arrosetada	ND	2350-3600m. (3800m). Ampliamente distribuida en el Valle. Pastizales, praderas alpinas y subalpinas, matorrales xerófilos, bosques de Pinus, Quercus, mesófilos, orillas de caminos y arroyos, ocasionalmente en cultivos de maíz. Noroeste de México a Guatemala.
	<i>Plantago tolucensis</i> Pilg.	Herbácea	Perenne	Rasante	Ramas formando varias rosetas	ND	3800-4200m. En pradera alpina preferentemente en lugares rocosos. En las montañas del Valle y los Estados de México, Veracruz y Puebla. Taxa muy cercano a P. nivea
	<i>Plantago tubulosa</i> Decne.	Herbácea	Perenne	Rasante	Arrosetada	ND	3850-4100m. Lugares de suelo húmedo en la pradera alpina. Valle, Nevado de Toluca y Pico de Orizaba. De los Andes de Ecuador a Chile y Argentina.
Poaceae	<i>Agrostis bourgaei</i> Fourn.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2250-3900m. Bosque de coníferas, de coníferas y encinos, pradera alpina y claros en medio de bosques; en orilla de arroyo, canales, zanjas o lugares cenagosos o pantanosos. Aparentemente endémica del Eje Volcánico transversal del centro de México.
	<i>Agrostis hiemalis</i> (Walt.) B.S.P.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollos pequeños	ND	2250m. Forma pequeños macollos. En orillas de canales. Distribuida desde Canadá hasta el centro de México
	<i>Agrostis perennans</i> (Walt.) Tuck.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta, decumbente	ND	2250-3400m. Bosque de pino oyamel, de pino-encino, principalmente en claros en medio de bosques. Distribuida de Canadá a Guatemala, pero en México confinada al centro y oriente del país. Parece que esta sp. incluye un complejo de spp que se encuentran ampliamente distribuidas en el Eje Neovolcánico cuyos taxos no están bien conocidos y requieren de estudios de mayor profundidad
	<i>Agrostis subpatens</i> Hitchc.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macolla, erecta	ND	3800-4100m. Tallos amacollados. Conocida en el Valle de algunas colectas de la ladera E del volcán Iztaccihuatl. En el bosque de Pinus hartwegii y zacatonal alpino. Especie rara en las altas montañas del Eje Volcánico transversal, en Guatemala y Costa Rica
	<i>Agrostis tolucensis</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Amacollada	ND	2300-4100m. Tallos amacollados. Ampliamente distribuido en zonas montañosas húmedas de la periferia dl Valle de México. Bosque de oyamel, de pino y zacatonal alpino. Distribuido del Eje Volcánico hasta Sudamérica.

<i>Blepharoneuron tricholepis</i> (Torr.) Nash	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Popotillo del pinar	3000-3850 (4000)m. Bosque de coníferas. Valor forrajero de bueno a regular, en las comunidades no llega a ser un elemento muy abundante. A menudo cespitosa
<i>Brachipodium mexicanum</i> (Roem. & Schult.) Link	Herbácea	Perenne	Herbáceo-Rasante	Erecta, a veces cespitosa	Bromo falso	2250-3350m. Presente en lechos de ríos secos y matorrales, se localiza en grandes elevaciones, excelente valor forrajero. Ampliamente distribuida en el Valle de México sobre todo en partes más húmedas.
<i>Bromus anomalus</i> Rupr. ex Fourn.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Bromo dormilón	2250-3700m. Se presenta en bosques, pastizales y zonas perturbadas, forraje excelente.
<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	Herbácea	Perenne de vida corta	Herbáceo	Erecta	Bromo, Avena loca, Cebadilla criolla, Cebadillo, Pipilote, Zacopipilol	2250-3400m. Maleza ruderal arvense. Habita en pastizales y bosques de coníferas y de encinos, a orillas de caminos y claros de bosques.
<i>Bromus exaltatus</i> Bernh.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Bromo	2700-3000m. Se distribuye en bosques de Abies, Pinus y Quercus y claros adyacentes. Presente en páramos de altura
<i>Calamagrostis orizabae</i> (Rupr.) Steud.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	Junquillo	2950-4000m. Pinares abiertos y zacatonal alpino. Principalmente en las montañas del sur de México.
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (Kunth) Trin.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	ND	2900-4100m. Abundante y con frecuencia dominante en el zacatonal alpino y en la parte superior del PH disminuyendo su importancia a latitudes menores. Forma grandes macollas de hasta 80 cm de alto. Habita en páramos de altura
<i>Cinna poiformis</i> (Kunth) Scribn & Merr.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	Cina	2800-4050m. Habita en bosques húmedos de pino principalmente.
<i>Deschampsia liebmanniana</i> (Fourn.) Hitch.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	Amacollada	3000-4100 m. Pastizales alpinos y subalpinos. Conocida de Michoacán a Veracruz
<i>Dissanthelium mathewsii</i> (Ball) Foster & Smith	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3800-4100 m. Escasa en pastizales alpinos de alta montaña en la Sierra Nevada. Se conoce también en el nevado de Toluca y la Maliche así como de los Andes de Perú y Bolivia.
<i>Festuca amplissima</i> Rupr. ex Fourn.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	Festuca criolla	2600-3300m. En bosques abiertos de Abies y de Pinus y en praderas inducidas, aparece generalmente después de quemaduras frecuentes, buen valor forrajero en estado joven.
<i>Festuca callosa</i> (Piper) St. - Yves	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Densamente amacollada	ND	2750-3450m. Nativa, endémica habita en BPH descrita sólo en el Edo. de México. Fuera del valle de México se conoce de Michoacán a Puebla
<i>Festuca hephaestophila</i> Ness ex Steud.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	ND	2600-4100m. Habita en bosque abierto de Pinus y pastizal alpino, excelente valor forrajero. Estado de México a Veracruz; Guatemala.

<i>Festuca livida</i> (Kunth) Willd. ex Sprengel	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	ND	4000-4200 m. En pastizal alpino. Fuera del Valle se conoce del estado de México, Puebla, Tlaxcala y Veracruz, así como Guatemala.
<i>Festuca orizabensis</i> E. B. Alexeev	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Densamente amacollada	ND	2900-3600m. Principalmente se encuentra en Bosque abierto de Pinus, menos frecuente en bosque de Abies. Estado de Méx. a Veracruz y hacia el sur hasta Guatemala
<i>Festuca tolucensis</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Densamente amacollada	Canuela de toluca o Festuca de toluca	2950-4150m. Se encuentra en pastizal alpino, bosques de Pinus y de Abies, a veces como dominante en el estrato herbáceo. Habita en claros de bosque de pino, valor forrajero bueno.
<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Densamente cespitosa	Zacatón	2300-3800m. En bosques de Abies, Pinus o Quercus, en las partes bajas se le encuentra en pastizal y a la orilla de terrenos de cultivo. Valor forrajero pobre, especie indicadora de incendios periódicos, se utiliza para elaborar escobas y cepillos, techados, se recomienda para elaborar papel y para recuperar terrenos en proceso de erosión. Durango a Guatemala.
<i>Muhlenbergia nigra</i> Hitchc.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Macollas	Liendrilla negra	2900-3900m. En laderas expuestas en bosque de Pino, Abies o pastizal alpino: D. F a Veracruz; Guatemala. Valor forrajero de pobre a regular
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (Beauv.) Steud.	Herbácea	Anual	Rasante	Erecta, cespitosa	ND	2500-3900 m. En claros en medio de bosques de encino, de pino y de Oyamel, también en pastizal alpino. Del sureste de EU a Guatemala también en los Andes sudafricanos.
<i>Muhlenbergia quadridentata</i> (Kunth) Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Amacollada	Pelillo, Zacate liso, Liendrilla cuatro dientes	2300?-3000-3900m. Puede ser dominante en el zacatonal alpino, se le encuentre también en áreas boscosas a altitudes más bajas excepcionalmente en otros tipos de vegetación. Durango y Zacatecas a Guerrero, DF y Veracruz; Guatemala. Habita en laderas pedregosas o gravosas, en PBH abierto, asociada a vegetación alpina, valor forrajero regular a bueno, se una para empaques.
<i>Nessella mexicana</i> (Hitchc.) R. W. Pohl	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erguida y cespitosa	ND	2500-3800m. Bosque de Pinus y de Abies, sobre todo en lugares perturbados y también en claros. Se conoce del centro de México a Centroamérica.
<i>Piptochaetium seleri</i> (Pilg.) Henr.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Densamente amacollada	ND	2650-3300m. Bosques de pino y otras coníferas. Hidalgo, México, DF, Puebla y Veracruz así como Guatemala.
<i>Poa annua</i> L.	Herbácea	Anual o perenne	Herbáceo-Rasante	Erecta	ND	2250-4100m. Ampliamente distribuida en todo el valle. Principalmente como ruderal o arvense, habitando también en bosques de coníferas, de Quercus, pastizales, matorrales y bosques mesófilos. Especie europea introducida en casi todo el mundo.

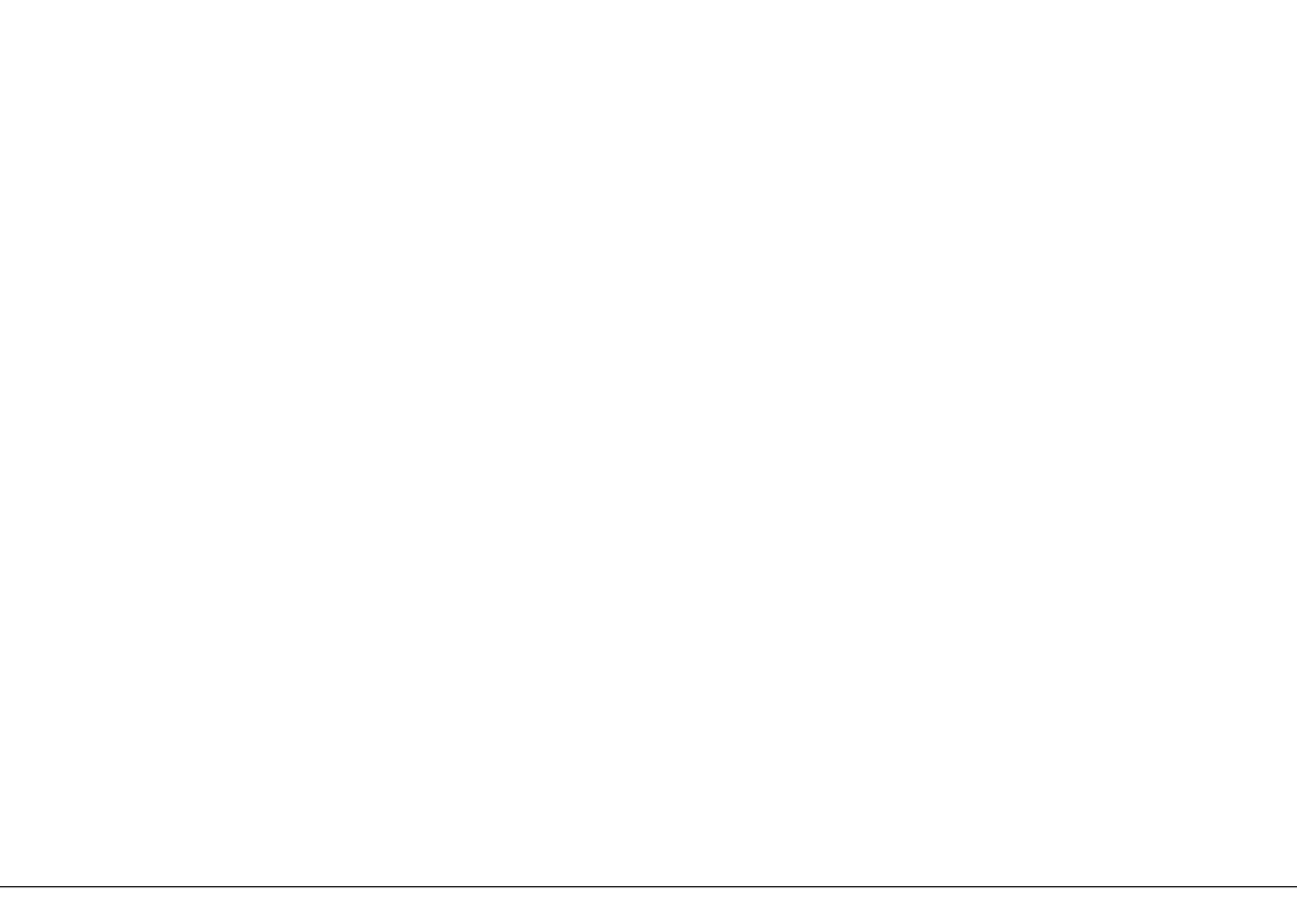
<i>Poa conglomerata</i> Rupr.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2750-4200m. Planta escasa, en bosque de coníferas, también se le encuentra en pastizal, bosque mesófilo y como arvense y ruderal. Fuera del Valle se le conoce de Querétaro a Veracruz y Guatemala.
<i>Poa orizabensis</i> Hitchc.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Amacollada-erecta	ND	3100-4200m. Planta escasa; pradera alpina, bosques de PH. Fuera de Valle se le cita en Puebla.
<i>Poa patrensis</i> L.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2250-3300m. En bosque de Pinus, Abies y Quercus, ocasionalmente se le encuentra en pastizal, matorral y áreas perturbadas. Planta europea introducida en muchas partes del mundo.
<i>Poa villaroelii</i> Phil.	Herbácea	Perenne	Rasante	Cespitosa	ND	4100-4350m. Planta escasa en la pradera alpina. Altas montañas de México y de Chile.
<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erguida y desamente cespitosa	ND	2300-3400m. Bosques de Pino y de Quercus, sobre todo en claros y lugares perturbados, también en bosque de Abies y algunos matorrales xerófilos. Se conoce de SLP y Veracruz a Cosa Rica, también de Colombia a Chile y Argentina.
<i>Trisetum altijugum</i> (Fourn) Scribn.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-4000m. Principalmente en bosque de coníferas y de encino, así como en praderas alpinas. Michoacán a Hidalgo, Veracruz y Oaxaca
<i>Trisetum irazuense</i> (Kuntze) Hitchc.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3400m. Bosques húmedos de coníferas, de encino y mesófilo de montaña. Conocida de forma más continua de Hidalgo, Puebla y Veracruz hacia el sur hasta Ecuador.
<i>Trisetum kochianum</i> Hern. Torres	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2400-3100m. Ampliamente distribuida en el Valle, con excepción de las porciones más secas. Principalmente en claros en medio de diferentes tipos de bosque, también a veces en pastizales y matorrales xerófilos, a menudo en vegetación secundaria. Conocido de Baja California a Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Edo. de México, D.F., Tlaxcala y Veracruz; también de Guatemala y Costa Rica.
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) Richt.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta, amacollada	ND	(2250) 2750-4300m. Principalmente en pastizales alpinos y bosques de coníferas en ocasiones en otras comunidades vegetales, Distribuida en las regiones ártica y antártica y a lo largo de las montañas del resto del mundo. Especie sumamente variable.
<i>Trisetum viride</i> (Kunth) Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta, amacollada	ND	2600m. Muy escasa en el Valle. Conocida de Sonora a Tamaulipas, Jalisco y Costa Rica, pero localizada relativamente pocas veces.

	<i>Trisetum virletii</i> Fourn.	Semiarbustiva (tallos leñosos)	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2600-3600m. Amplia distribución en la zona montañosa húmeda del Valle. Planta característica de los bosques más húmedos de coníferas y de encino. Conocida de Jalisco y SLP a Veracruz y Morelos
	<i>Vulpia myuros</i> (L.) Gmel.	Herbácea	Añual	Herbáceo	Erecta	ND	(2300) 2500-3150m. Ampliamente distribuida en la zona montañosa más húmeda del Valle. Bosque de coníferas y de encino sobre todo en lugares perturbados, también a veces como maleza ruderal y arvense. Especie ampliamente distribuida en el mundo, nativa de Europa y naturalizada en otras partes, pero en el valle tiene comportamiento característico de plantas introducidas.
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2500-3800m. Principalmente en las montañas, habitando en bosques de coníferas o pastizales, pero también registrada como arvense en cultivo de maíz. Especie ampliamente distribuida en el mundo, al parecer de origen eurasiático.
Portulacaceae	<i>Calandrina megarhiza</i> Hemsl.	Herbácea	Perenne	Rasante	Cespitosa	ND	3500-3900m. Planta alpina y subalpina de las altas montañas del centro de México y Guatemala
	<i>Claytonia perfoliata</i> ssp. <i>mexicana</i> (Rydb.) Mill. & K. L. Chambers	Herbácea	Añual	Herbáceo	Erecta	ND	2500-3300m. En lugares sombreados y húmedos, principalmente en bosque de coníferas. Distribuida de California a Guatemala
Ranunculaceae	<i>Ranunculus donianus</i> Pritzel	Herbácea	Perenne	Rasante	Roseta subescaposa	ND	3400-4100m. En bosque abierto de pino y zacatonal alpino. Altas montañas del centro de México a Guatemala.
	<i>Ranunculus multicaulis</i> D. Don.	Herbácea	Perenne	Rasante	Roseta	ND	3650-4000m. En lugares de suelo muy húmedo en zacatonal alpino de las altas montañas del Eje Volcánico transversal y de la Sierra de Cuchumatanes en Guatemala.
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i> L.	Arbusto bajo- Herbácea	Perenne	Herbáceo- Rasante	Arbusto bajo- Herbácea	Pegarropa, Cadillo	2400-3950m. Abunda en sitios ligeramente perturbados. Con frecuencia plantas aglomeradas en manchones densos. Común en zonas montañosas. 2400-3950m. En bosques de encino y coníferas de preferencia en bosques de Abies, también en el zacatonal alpino. Desde el centro de México a Colombia.
	<i>Alchemilla pringlei</i> Fedde	Herbácea	Perenne	Herbáceo- Rasante	Rastrera procumbente o erecta	ND	2400-3800m. En ocasiones como maleza a los lados de caminos o en lugares con disturbio, frecuente en praderas mal drenadas y claros de bosque de encinos, pinos, Abies o Juniperus. Centro y sur de México a Guatemala.
	<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.	Herbácea a subfrutescente	Perenne	Herbáceo- Rasante	Cespitosa	ND	2500-4000m. Es quizá la especie más común de este género en las montañas del Valle. En matorrales, bosques mesófilos, bosque de encino o de coníferas y pradera alpina, a veces conviviendo con <i>A. vulcanica</i> , con frecuencia en lugares con disturbio. De México a los Andes Sudamericanos.

	<i>Alchemilla vulcanica</i> Schlecht. & Cham.	Herbácea a subfrutescente	Perenne	Rasante	Rastrera	ND	3400-3950m. Pradera en medio de bosque de PH y pradera alpina a veces conviviendo con <i>A. procumbens</i> . Altas montañas del centro y sur de México hasta los Andes de Bolivia.
	<i>Potentilla candicans</i> Humb. & Bonpl.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa	Suelda con suelda, Atlanchana, Tormentilla, Sífnito	2850-3800m. Planta muy bien distribuida en el Valle por toda la zona montañosa húmeda.. A veces regionalmente abundante, en sitio planos anegables, formando praderas, a veces en claros de bosques de coníferas. Centro de México.
	<i>Potentilla ranunculoides</i> Humb. & Bonpl.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa, erecta	ND	2950-3900m. En BPH y ZA, a veces a orillas de arroyos o de carreteras o sobre peñas. Montañas del centro de México. Especie bastante variable.
	<i>Rubus pringlei</i> Rydb.	Arbusto	Bienal	Arbustivo	Erecta	ND	2550-3000m. En bosques de encino, pino, Abies o Alnus. Centro y sur de México hasta Guatemala.
Rubiaceae	<i>Didymaea alsinoides</i> (Schlecht. & Cham.) Standl.	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera	Ocoxóchitl	2500-3250m. Ampliamente distribuida en las zonas boscosas húmedas. A la sombra de encinares y bosques de coníferas. Conocida del centro de México.
	<i>Galium aschenbornii</i> Schauer	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera o trepadora	Pega ropa, Cuajaleche	2400-3400m. Ampliamente distribuida en las partes más húmedas del Valle. Bosques de Quercus y de coníferas. De SLP y Jalisco a Panamá.
	<i>Galium uncinulatum</i> DC.	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera o semitrepadora	ND	2250-3200m. Ampliamente distribuida en el Valle principalmente en las partes más húmedas. Bosques de coníferas, Quercus y Mesófilos de montaña, menos frecuente en matorrales. Conocida de Arizona y Texas a Panamá.
Salicaceae	<i>Salix paradoxa</i> Kunth	Arbusto o Arbolito bajo	Perenne	Arbustivo	Erecta	ND	2800-3200m. Se ha colectado en sitios con bosque de pino, de oyamel o en pastizales. Fuera del Valle se le conoce de Coahuila y Durango a Veracruz, Guerrero y Oaxaca.
Scrophulariaceae	<i>Castilleja arvensis</i> Cham. & Schlecht.	Herbácea	Añual	Herbáceo	Erecta	Cresta de gallo, Cola de borrego, Rosilla	2250-2800m. En bosques de Abies, Quercus y Pinus, en matorrales, orillas de caminos y como arvense en cultivos de maíz.
	<i>Castilleja pectinata</i> Mart. & Gal.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3800-3900m. Lugares peñascosos cerca del límite de la vegetación arbórea. Registrada en las altas montañas desde México hasta Guatemala(?)
	<i>Castilleja tolucensis</i> Kunth	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Cespitosa, leñosa decumbente	ND	3800-4200m. Pradera alpina.
	<i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2300-3200m. Principalmente localizadas en zonas montañosas, en bosques de pino y de encino, mesófilo en matorrales y pastizal secundarios, a orillas de caminos y sitios perturbados. Se distribuye de Sonora a Tamaulipas hasta Guatemala.

	<i>P enstemon gentianoides</i> (Kunth) Poir.	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	3000-4200m. Se le encuentra en las partes altas de las montañas, bosque de pino y Oyamel, zacatanales alpinos, también en matorrales secundarios. Del Edo. de México e Hidalgo a Veracruz y Guatemala.
	<i>Sibthorpia repens</i> (Mutis ex L.) Kuntze	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera	ND	2650-3800m. Común en bosques húmedos de pino-encino y oyamel. Centro de México a los Andes Sudamericanos.
Solanaceae	<i>Cestrum thyrsoideum</i> Kunth	Arbusto	Perenne	Herbáceo	Erecta	Hierba del zopilote	2260-3200m. En bosque de encino, pino y oyamel. Fuera del Valle de México se conoce de Jalisco a Tlaxcala, Morelos y Puebla.
	<i>Solanum demissum</i> Lindl.	Herbácea	Añual	Herbáceo- Rasante	Roseta basal o ascendente	Papa Cimarrona, Papita	2800-3850m. Bosques de coníferas y claros adyacentes. Centro de México a Guatemala.
Apiaceae (Umbelliferae)	<i>Arracacia aegopodioides</i> (Kunth) Coult. & Rose	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Erecta	ND	2800-3050m. En encinar y bosque de Abies. Centro de México
	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroché	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Acaule	Hierba del sapo, Mosquitos	2350-3950. Especie variable bastante común ampliamente distribuida en el Valle. Ocupa varios hábitats como matorral, pastizal, bosques de encino o de coníferas, pradera alpina, a veces comportándose como maleza ruderal o arvense. México y Centroamérica.
	<i>Eryngium proteiflorum</i> F. Delaroché	Herbácea	Perenne	Herbáceo	Caulescente, erecta	Cardo santo	3150-4200m. En claros de bosques de coníferas y pradera alpina, con frecuencia entre rocas y piedras. Veracruz, Tlaxcala y México.
	<i>Oreomyrrhis toluicana</i> Johnst.	Herbácea	Perenne	Rasante	Roseta acaule	ND	4350m. En suelos arenosos al lado de arroyo en la zona alpina. En pradera alpina y subalpinas.
	<i>Tauschia alpina</i> (Coult. & Rose) Math.	Herbácea	Perenne	Rasante	Acaule	ND	3800-4200m. En pradera alpina con frecuencia sobre rocas. Se conoce de las altas montañas del estado de México, Veracruz y Tlaxcala.
Violaceae	<i>Viola hemsleyana</i> Calderón	Herbácea	Perenne	Rasante	Acaule	ND	3100-4000m. Mas bien escasa. Se ha colectado principalmente en la mitad sur del Valle, en BPH y claros adyacentes, así como pastizal subalpino en el límite de la vegetación arbórea. Se conoce en el Nevado de Toluca, y en los estados de Hidalgo, Michoacán, Veracruz y Oaxaca.
	<i>Viola painteri</i> Rose & House	Herbácea	Perenne	Rasante	Rastrera	ND	2550-3300m. Se encuentra bien distribuida. Es la especie de Viola más común en el Valle. Principalmente en bosques de coníferas, encinos y claros adyacentes, en ocasiones a la orilla de arroyos. Conocida solamente en el centro y sur de México (Hidalgo, Edo. de México, D.F., Puebla, Oaxaca).

*Información tomada de Rzedowski *et al.* (2001) y COTECOCA-SARH(1987, 1991 y 1995). La abreviatura de la autoridad del nombre científico sigue a Villaseñor (2001) y Rzedowski *et al.* (2001), la clasificación taxonómica a Cronquist (1981).



Anexo 2
SINOPSIS BIOCLIMÁTICA DE LA TIERRA (tabla resumen)

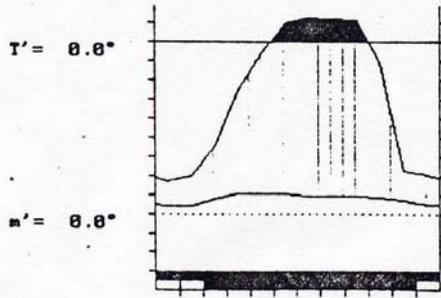
MACROBIOClimas ⁽¹⁾	Bioclimas ⁽⁵⁾	Sigla	Intervalos bioclimáticos				Pisos bioclimáticos: termotipos			Sigla	Pisos bioclimáticos: ombrotipos		Sigla
			Ic	Io	Iod2		It (Itc)	Tp ⁽²⁾			Io		
Tropical Cálida: Ecuatorial, eutropical y subtropical (0° a 35° N & S). En subtropical (23° a 35° N & S) a < 200 m dos valores: T ≥ 25°, m ≥ 10°, Itc ≥ 580. Si no Pcm ₂ < Pcm ₁ > Pcm ₃ y Pss > Psw, dos valores: T ≥ 21°, M ≥ 18°, It ≥ 470. Eurasia y Africa: 25° a 35° N > 2000 m no es tropical.	Tr. Pluvial Tr. Pluviestacional Tr. Xérico Tr. Desértico Tr. Hiperdesértico	Trpl Trps Trxe Trde Trhd	-	≥ 3.6	> 2.5	-					1. Ultrahiperárido < 0.1	Uha	
			-	≥ 3.6	≤ 2.5	-	1. Infratropical 711 - 890	> 2900	Itr	2. Hiperárido 0.1-0.3	Har		
			-	1.0-3.6	-	-	2. Termotropical 491 - 710	2300-2900	Ttr	3. Arido 0.3-1.0	Ari		
			-	0.1-1.0	-	-	3. Mesotropical 321 - 490	1700-2300	Mtr	4. Semiárido 1.0-2.0	Sar		
			-	< 0.1	-	-	4. Supratropical 161 - 320	950-1700	Str	5. Seco 2.0-3.6	Dry		
							5. Orotropical < 160	450-950	Otr	6. Subhúmedo 3.6-6.0	Shu		
							6. Criorotropical -	1-450	Ctr	7. Húmedo 6.0-12.0	Hum		
							7. Gélido ⁽³⁾ -	0	Atr	8. Hiperhúmedo 12.0-24.0	Hhu		
										9. Ultrahiperhúmedo ≥ 24.0	Uhh		
Mediterráneo Cálida: subtropical y templada: eutemplada (23° a 51° N & S), con sequía P < 2T, al menos bimestral tras el solsticio de verano: Ios ₂ ≤ 2, Iosc ₄ ≤ 2. En subtropical (23° a 35° N & S) al menos dos valores: T < 25°, m < 10°, Itc < 580.	M. Pluviestacional Oceánico M. Pluviestacional Continental M. Xérico Oceánico M. Xérico Continental M. Desértico Oceánico M. Desértico Continental M. Hiperdesértico	Mepo Mepc Mexo Mexc Medo Medc Mehd	≤ 21	> 2.0	-	-					1. Ultrahiperárido < 0.1	Uha	
			> 21	> 2.2	-	-	1. Inframediterráneo 451 - 580	> 2450	Ime	2. Hiperárido 0.1-0.3	Har		
			≤ 21	1.0-2.0	-	-	2. Termomediterráneo 351 - 450	2150-2450	Tme	3. Arido 0.3-1.0	Ari		
			> 21	1.0-2.2	-	-	3. Mesomediterráneo 211 - 350	1500-2150	Mme	4. Semiárido 1.0-2.0	Sar		
			≤ 21	0.1-1.0	-	-	4. Supramediterráneo < 210	900-1500	Sme	5. Seco 2.0-3.6	Dry		
			> 21	0.1-1.0	-	-	5. Oromediterráneo -	450-900	Ome	6. Subhúmedo 3.6-6.0	Shu		
			< 30	< 0.1	-	-	6. Crioromediterráneo -	1-450	Cme	7. Húmedo 6.0-12.0	Hum		
							7. Gélido ⁽³⁾ -	0	Ame	8. Hiperhúmedo 12.0-24.0	Hhu		
										9. Ultrahiperhúmedo ≥ 24.0	Uhh		
Templado Cálida: subtropical y templada: eutemplada, subtemplada (23° a 66° N & 23° a 54° S). De 23° a 35° N & S, a < 200 m, al menos dos valores: T < 21°, M < 18°, Itc < 470. Ios ₂ > 2, Iosc ₄ > 2.	T. Hiperoceánico T. Oceánico T. Continental T. Xérico	Teho Teoc Teco Texe	≤ 11	> 3.6	-	-					Io		
			11-21	> 3.6	-	-	1. Infratemplado 411 - 480	> 2350	Ite	4. Semiárido < 2.0	Sar		
			> 21	> 3.6	-	-	2. Termotemplado 301 - 410	2000-2350	Tte	5. Seco 2.0-3.6	Sec		
			≥ 7	≤ 3.6	-	-	3. Mesotemplado 181 - 300	1400-2000	Mte	6. Subhúmedo 3.6-6.0	Shu		
							4. Supratemplado ⁽⁴⁾ < 180	800-1400	Ste	7. Húmedo 6.0-12.0	Hum		
							5. Orotemplado ⁽⁴⁾ -	380-800	Ote	8. Hiperhúmedo 12.0-24.0	Hhu		
							6. Criorotemplado -	1-380	Cte	9. Ultrahiperhúmedo ≥ 24.0	Uhh		
							7. Gélido ⁽³⁾ -	0	Ate				
Boreal Templada y fría (42° a 71° N, 49° a 55° S). A < 200 m: Ic ≤ 11; T ≤ 6°, Tmax ≤ 10°; Tps ≤ 290; Ic = 11-21; T ≤ 5.3°, Tp = 380-720; Ic = 21-28; T ≤ 4.8°, Tp = 380-740; Ic = 28-45; T ≤ 4.3°, Tp = 380-800; Ic ≥ 45; T ≤ 0°, Tp = 380-800.	B. Hiperoceánico B. Oceánico B. Subcontinental B. Continental B. Hipercontinental B. Xérico	Boho Booc Bosc Boco Bohc Boxe	≤ 11	> 3.6	≤ 720	< 6.0°					Io		
			11-21	> 3.6	≤ 720	≤ 5.3°	1. Termoboreal -	> 700	Tbo	4. Semiárido < 2.0	Sar		
			21-28	> 3.6	≤ 740	≤ 4.8°	2. Mesoboreal -	500-700	Mbo	5. Seco 2.0-3.6	Dry		
			28-46	> 3.6	≤ 800	≤ 3.8°	3. Supraboreal -	380-500	Sbo	6. Subhúmedo 3.6-6.0	Shu		
			> 46	-	≤ 800	≤ 0.0°	4. Oroboreal -	130-380	Obo	7. Húmedo 6.0-12.0	Hum		
			< 46	≤ 3.6	≤ 800	≤ 3.8°	5. Crioroboreal -	1-130	Cbo	8. Hiperhúmedo 12.0-24.0	Hhu		
							6. Gélido ⁽³⁾ -	0	Abo	9. Ultrahiperhúmedo ≥ 24.0	Uhh		
Polar Templada: subtemplada y fría (51° a 90° N & S). A < 100 m: Tp < 380.	P. Hiperoceánico P. Oceánico P. Continental P. Xérico P. Pergélido	Poho Pooc Poco Poxe Popg	≤ 11	> 3.6	> 0	-					Io		
			11-21	> 3.6	> 0	-	1. Mesopolar -	130-380	Mpo	4. Semiárido < 2.0	Sar		
			> 21	> 3.6	> 0	-	2. Suprapolar -	1-130	Spo	5. Seco 2.0-3.6	Dry		
			≥ 7	≤ 3.6	> 0	-	3. Gélido ⁽³⁾ -	0	Apo	6. Subhúmedo 3.6-6.0	Shu		
			-	-	0	-				7. Húmedo 6.0-12.0	Hum		
										8. Hiperhúmedo 12.0-24.0	Hhu		
										9. Ultrahiperhúmedo ≥ 24.0	Uhh		

(1) Al norte y al sur de las zonas latitudinales ecuatorial y eutropical (23°N & 23°S), si la localidad se halla a más de 200 m de altitud, hay que calcular teóricamente los valores térmicos a tal altura incrementando T en 0.6°, M en 0.5°, e It o Itc en 13 unidades, por cada 100 m que se supere dicha altitud; si está situada al norte del paralelo 48° N o al sur del 51° S, hay que calcular los valores teóricos de la temperatura media anual y de la temperatura positiva anual incrementando T en 0.4° y Tp en 12 unidades, por cada 100 m que exceda dicha altitud. (2) Cuando Ic ≥ 21 (continental) o cuando los valores de It o Itc < 120, el termotipo se calcula en función de Tp. (3) En el termotipo gélido, en función de la cantidad de precipitación anual, se reconocen los ombrotipos (quionotipos): anivoso (< 10 mm), paucinivoso (10-200 mm), seminivoso (200-500 mm), supernivoso (500-1000 mm) y ultrasupernivoso (> 1000 mm). (4) El termotipo hemiboreal (Hbo) se utiliza en territorios de macrobioclima Templado, al norte del 45°N o sur del 49°S, que tengan los siguientes valores: Ic < 21, alt. < 400 m, Tp 720-900; Ic 21-28, alt. < 600 m, Tp 740-900; Ic > 28, alt. < 1000 m, Tp 800-900. (5) Variantes bioclimáticas: Esteparia (Stp), Submediterránea (Sbm), Bixérica (Bix), Antitropical (Ant), Pluvierotina (Pse).

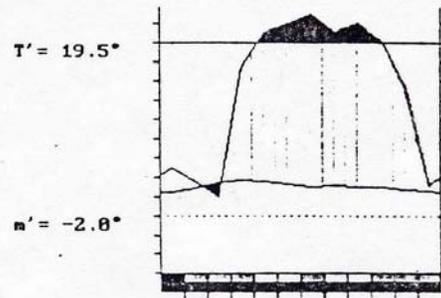
Anexo 3

Diagramas bioclimáticos

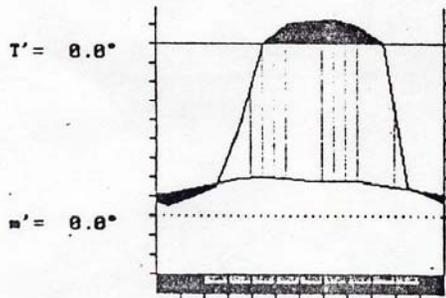
NEVADO DE TOLUCA (MEXICO) 4128 m
 P= 1278 19° 8'N 99°48'W 9/ 9 a
 T= 4.8° Ic= 3.4 Ip= 485 In= 0
 m= -3.9 M= 8.1 Itc= 82 Io= 26.2



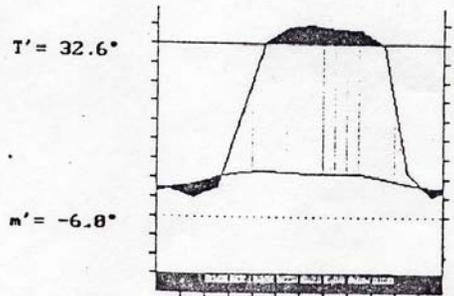
HUEYATILACO (MEXICO) 3557 m
 P= 1328 19° 5'N 98°39'W 11/ 11 a
 T= 7.6° Ic= 3.2 Ip= 913 In= 0
 m= -8.4 M= 12.4 Itc= 196 Io= 14.5



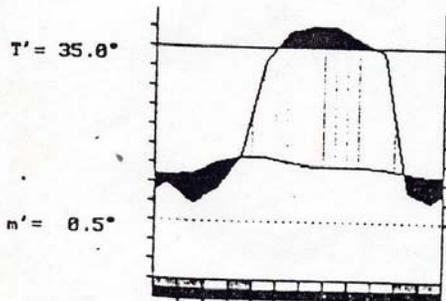
SAN JUAN DE TETLA (MEXICO) 3388 m
 P= 1229 19° 18'N 98°38'W 13/ 13 a
 T= 8.1° Ic= 4.2 Ip= 975 In= 0
 m= -8.7 M= 12.4 Itc= 198 Io= 12.6



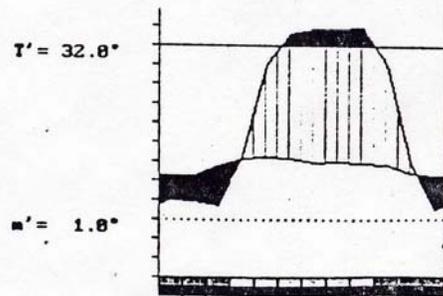
RIO FRIO (MEXICO) 3888 m
 P= 1871 19° 21'N 98°48'W 38/ 38 a
 T= 18.1° Ic= 4.2 Ip= 1287 In= 0
 m= -2.8 M= 17.1 Itc= 252 Io= 8.9



SAN RAFAEL (MEXICO) 2538 m
 P= 1828 19° 13'N 98°45'W 38/ 38 a
 T= 14.2° Ic= 4.7 Ip= 1782 In= 0
 m= 4.4 M= 19.6 Itc= 382 Io= 6.8



AMECAMECA DE JUAREZ (MEXICO) 2448 m
 P= 985 19° 9'N 98°46'W 38/ 38 a
 T= 13.9° Ic= 4.6 Ip= 1664 In= 0
 m= 2.5 M= 28.1 Itc= 365 Io= 5.9



Índices bioclimáticos que se indican en los diagramas:

P	Precipitación media anual en milímetros
Pp	Precipitación positiva anual (de los meses de T_i superior a 0°C)
T	Temperatura media anual en grados centígrados
T'	Temperatura media mensual de las máximas absolutas del mes más cálido
Tmax	Temperatura media del mes más cálido
Tmin	Temperatura media del mes más frío
Tp	Temperatura positiva anual (de los meses de T_i superior a 0°C en décimas de grados centígrados)
M	Temperatura media de las máximas del mes más frío
m	Temperatura media de las mínimas del mes más frío
Ic	Índice de continentalidad o intervalo térmico anual ($T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ en grados centígrados)
Io	Índice ombrotérmico anual ($P_p : T_p$)
Iod ₂	Índice ombrotérmico del bimestre más seco del trimestre más seco del año
It	Índice de termicidad ($T + M + m$) 10
Itc	Índice de termicidad compensado

Anexo 4

Resultados fisicoquímicos de los suelos de alta montaña del volcán Iztaccíhuatl, México

Propiedades químicas de los suelos del volcán Iztaccíhuatl, Mex.

Altitud (msnm)	Profundidad (cm)	Horizonte	pH 1:2.5			Alófono		(%) Sales solubles
			H2O	KCl	NaF	30"	8'	
3550	0-20	A1	6	4.3	10.4	XXX	XXX	0.49
3550	20-30	A2	5.4	3.6	7.5	XX	XX	0.56
3600	0-10	A1	6.3	3.9	9.9	XX	XX	nd
3600	10-20*	A2	6.8	4	10.5	XXX	XXX	0.454
3690	0-10	A1	6.1	4.2	9.2	XXX	XXX	0.59
3690	10->20	A2	6.1	4.2	10.6	XX	XXX	nd
3710	0-5	A1	6.1	4.5	10.1	XXX	XXX	0.42
3710	5*25	A2	6.2	4.3	10.9	XX	XX	0.81
3745	0-25	A1	6.1	4.1	9.9	XXX	XXX	0.19
3900	0-30	A1	6.3	4.3	9.3	XX	XXX	0.7
3900	30-60	A2	6	4.2	7.4	XX	XXX	0.2
3900	0-10	A1	5.7	3.5	7.5	XX	XX	0.65
3900	10-> 40	A2	5.9	3.6	7.4	X	X	nd
3920	0-15	A1	6.2	4.9	7	X	X	0.64
3990	0-8	A1	6	3.6	7	No hay reacción	X	nd
3990	8*-14	A2	5.4	3.7	7.2	X	XX	0.36
4000	0-10	A1	6.9	4.8	7.3	XX	XX	0.72
4000	0-20	A1	6.2	4.7	7.1	XX	XX	0.45
4010	0-10	A1	4.5	3.8	10.5	XXX	XXX	0.23
4010	0-5	A1	5.1	3.6	7.2	XX	XX	0.85
4010	5-> 40	A2	6.3	4	8.2	XX	XXX	0.6
4040	0-10	A1	6.1	3.9	7.3	XX	XX	0.14
4040	*10-15	A2	6.1	4	9.7	XXX	XXX	0.29
4050	0-8	A1	4.3	3.1	7.2	No hay reacción	X	0.68
4050	8-25*	A2	5	3.1	7.1	No hay reacción	No hay reacción	0.46
4100	0-20	A1	5.6	3.7	7.9	XX	XX	nd
4130	0-10	A1	6	4	7	XX	XX	0.64
4130	10*20	A2	6.4	4.8	7.2	XX	XX	0.51
4150	0-5	A1	6.1	4.1	8.3	XXX	XX	nd
4150	5*-15	A2	6.5	4.5	9.9	XX	XX	1.35
4170	0-15	A1	5.6	4.9	7.3	XX	XX	1.44
4170	15-25	A2	6	4.2	7	XX	XX	nd
4250	0-15	A1	5.6	4	7	X	X	1.07
4270	0-10	A1	5.8	5.1	6.3	No hay reacción	No hay reacción	0.77
4300	0-25	A1	5.1	3.4	10.9	No hay reacción	No hay reacción	nd
4320	0-2	A1	5.5	3.7	6.9	X	X	nd
4320	2->10	A2	5.4	3.5	7.2	X	X	0.89
4400	0-20	A1	4.7	3.6	7	XXX	XXX	nd

Propiedades físicas de los suelos del volcán Iztaccihuatl, Méx.																			
Altitud	Horizonte	Profundidad	Densidad		Porosidad	Humedad de campo	Capacidad de filtración	ARENAS				TEXTURA			Tipo de textura	Color			
			Aparente	Real				(%) Muy gruesa	(%) Gruesa	(%) Media	(%) Fina	% Arena	% Arcilla	% Limo		Seco	Descripción	Húmedo	Descripción
			(g/ml)	(g/ml)				>1mm	1mm >0.5 mm	0.5 >0.25 mm	< 0.25mm	(50-200um)	(<2um)	(2-50um)					
(msnm)	(cm)	(g/ml)	(g/ml)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
3550	A1	0-20	0.92	2.48	46	37.8	55	29	12	18	41	66	6	28	Franco arenoso	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/1	negro
3550	A2	20-30	1.24	2.36	48	21.7	70	46	8	14	32	88	*	*	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
3600	A1	0-10	0.85	2.87	70	seco		14	15	21	50	70	6	24	Arenoso franco	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro	10YR 2/1	negro
3600	A2	10-20*	0.98	2.71	64	seco		22	12	17	50	70	4	26	Arenoso franco	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro	10YR 2/1	negro
3690	A1	0-10	0.89	2.77	68	3.8	40	22	8	14	56	70	4	26	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/1	negro
3690	A2	10->20	1.2	2.87	58	34.3	65	22	9	16	53	82	2	16	Arenoso franco	10YR 4/2	pardo grisaceo obscuro	10YR 3/1	pardo muy obscuro
3710	A1	0.5	0.93	2.91	68	43.9	50	23	13	16	49	56	2	42	Franco arenoso	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/1	negro
3710	A2	5*25	0.93	2.51	63	5.6	90	16	10	35	39	68	4	28	Franco arenoso	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/1	negro
3900	A1	0-30	1.49	2.59	43	6.0	80	37	16	21	26	86	2	12	Arenoso franco	10YR 5/2	pardo grisaseo	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro
3900	A2	30-60	1.05	2.75	62	35.7	75	4	6	23	68	90	2	8	Arenoso	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/1	negro
3900	A1	0-10	0.65	2.63	75	70.5	65	27	24	21	28	72	4	24	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
3900	A2	10-> 40	0.59	1.32	55	70.9	90	12	18	25	45	70	10	20	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy oscuro	10YR 2/1	negro
3920	A1	0-15	0.43	2.61	84	7.0	55	22	10	17	50	72	4	24	Franco arenoso	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
3990	A1	0-8	0.53	2.98	82	seco		29	23	24	24				10YR 4/1	gris obscuro	10YR 2/1	negro	
3990	A2	8*-14	0.89	2.90	69	22.6	55	21	16	25	39	88	*	*	Arenoso	10YR 4/1	gris obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4000	A1	0-10	0.62	1.88	67	seco		26	12	19	43	68	4	28	Franco arenoso	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4000	A1	0-20	1.36	2.51	46	3.7	60	0	0	5	95	94	*	*	Arenoso	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4010	A1	0-10	1.15	2.52	54	seco		6	9	13	72	66	4	30	Franco arenoso	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro
4010	A1	0.5	1.35	3.08	56	1.6	70	29	7	8	56	82	4	14	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4010	A2	5-> 40	0.95	2.79	66	seco		36	15	3	46	80	6	14	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4040	A1	0-10	1.15	2.58	56	7.2	65	8	3	12	77	88	2	10	Arenoso	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4040	A2	*10-15	1.11	2.70	59	31.7	65	28	7	15	50	90	*	*	Arenoso	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro	10YR 2/1	negro
4050	A1	0-8	0.8	2.79	71	47.5	40	12	18	31	39	56	10	34	Franco arenoso	10YR 4/3	pardo obscuro	10YR 3/4	pardo amarillento obscuro
4050	A2	8-25*	0.89	2.26	61	35.9	60	47	14	16	23	72	6	22	Arenoso franco	10YR 3/3	pardo obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4100	A1	0-20	0.85	2.28	63	40.4	50	5	12	15	67	74	6	20	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4130	A1	0-10	1.12	2.51	55	33.3	55	7	6	17	71	86	4	10	Arenoso franco	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/1	negro
4130	A2	10*20	1.06	1.88	44	seco		5	8	14	74	88	*	*	Arenoso	10YR 3/1	gris muy obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4150	A1	0-5	1.29	2.99	57	5.9	70	49	5	6	39	78	4	18	Arenoso franco	10YR 4/1	gris obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4150	A2	5*-15	1.1	2.54	57	3.6	65	52	6	6	35	52	8	40	Arenoso franco	10YR 5/1	gris	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4170	A1	0-15	1.15	2.58	55	4.4	55	19	8	31	41	84	4	12	Arenoso franco	10YR 4/1	gris obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4170	A2	15-25	1.35	2.48	46	5.2	80	14	7	18	61	94	*	*	Arenoso	10YR 4/1	gris obscuro	10YR 2/1	negro
4250	A1	0-15	0.6	2.07	71	61.8	40	45	18	25	11	62	6	32	Franco arenoso	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4270	A1	0-10	0.37	2.24	83	62.5	85	18	17	39	27	84	6	10	Arenoso franco	10YR 3/3	pardo obscuro	10YR 3/4	pardo amarillento obscuro
4300	A1	0-25	0.77	2.20	65	28.6	40	9	23	31	37	76	*	*	Arenoso franco	10YR 3/2	pardo grisaseo muy obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4320	A1	0-2	0.72	2.27	68	64.1	55	37	13	23	27	60	8	32	Franco arenoso	10YR 3/3	pardo obscuro	10YR 2/2	pardo muy obscuro
4320	A2	2->10	0.92	2.59	64	42.6	60	25	17	25	32	70	6	24	Arenoso franco	10YR 4/4	pardo amarillento obscuro	10YR 3/4	pardo amarillento obscuro
4400	A1	0-20	1.37	2.69	49	23.4	85	46	10	15	29	70	2	28	Arenoso franco	10YR 4/2	pardo grisaceo obscuro	10YR 3/1	gris muy obscuro