



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

FLORÍSTICA Y VEGETACIÓN DEL ZACATONAL SUBALPINO
LOCALIZADO EN LA TRIANGULACIÓN ENTRE LOS
VOLCANES TULMIAC, TLÁLOC Y YECAHUAZAC
EN LA SIERRA CHICHINAUTZIN, SUR DE LA
CUENCA DE MÉXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O

P R E S E N T A :
ABRAHAM RAMOS LÓPEZ

DIRECTORA DE TESIS: M. EN C. MARTHA GUAL DÍAZ.



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

MÉXICO, D. F.

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

2000

286896



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Florística y vegetación del zacatonal subalpino localizado
en la triangulación entre los volcanes Tulmiac, Tláloc y
Yecahuazac en la Sierra Chichinautzin, Sur de la Cuenca de
México.

realizado por Abraham Ramos López

con número de cuenta 9221184-5 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario M. en C. Martha Gual Díaz

Propietario M. en C. Nelly Diego Pérez

Propietario Dr. José Luis Villaseñor Ríos

Suplente Dr. Guillermo Ibarra Manríquez

Suplente Biol. Jaime Ernesto Rivera Hernández

Martha Gual Díaz
Nelly Diego Pérez
José Luis Villaseñor Ríos
Guillermo Ibarra Manríquez

Jaime Ernesto Rivera Hernández

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

Edna María Suárez Díaz

Dra. Edna María Suárez Díaz

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA



A mi padre Sabino Ramos López
Por enseñarme que se puede culminar cualquier trabajo por difícil que sea

A mi madre Gloria López García
Por haberme dado la vida

A mis hermanos
José Luis
David
y Sabino

Y a dos personas que fueron pieza importante en mi orientación e interés hacia la biología:
Martha Gual Díaz y Ma. Elena Monroy Monroy

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, a los Institutos de Biología y Ecología, a la Facultad de Ciencias, a los herbarios MEXU, FCME y ENCB por haberme permitido trabajar en sus laboratorios, bibliotecas y en general en sus instalaciones. Asimismo agradezco a todas aquellas personas que laboran en dichas instalaciones, quienes en muchas ocasiones me asesoraron y apoyaron.

Agradezco de manera muy especial a la M. en C. Martha Guadalupe Díaz por su constante estímulo y apoyo durante la realización de este trabajo. Por aceptar ser mi directora de tesis a pesar de todas las contrariedades y problemas que ello conllevaba. Por insistir y encontrar el lado interesante del tema y por la amistad que nos une, para ella mi entero reconocimiento, cariño y gratitud.

A mis distinguidos sinodales: los Doctores José Luis Villaseñor Ríos y Guillermo Ibarra Manríquez, la M. en C. Nelly Diego Pérez y el Biólogo Jaime Ernesto Rivera Hernández por revisar, criticar y comentar el contenido de la tesis, además de sus atinados comentarios y sugerencias que fueron de gran valor para resolver muchas de mis dudas.

Quiero también agradecer a las siguientes personas que de alguna u otra manera se involucraron en la presente tesis; al Dr. Alejandro Velázquez por haberme proporcionado una beca dentro de uno de sus proyectos; al futuro doctor Héctor Rangel por revisarme la tesis en las primeras etapas y sugerirme la mejor manera de estructurarla; al Biólogo Lizardo Cruz por el interés mutuo de titularnos en el año en curso y por conseguir los aditamentos para la presentación de la tesis.

A mis amigos e integrantes de la sección de Área Naturales Protegidas de la Comisión de Recursos Naturales donde actualmente laboro: F. Ricardo, Jaime, Lizardo, Dolores, Tania, Adriana, Omar, Edgar, Juan, Yolotzin, Iván, Edelmira, Ricardo L., Mauricio, Iris, Edith, Rubén, José Luis, Sergio, Amauri, y a los biólogos Esperanza Angulo y Aníbal Huerta.

Asimismo a Susana Peralta, Beatriz González, Carlos, Pedro, Luis y Rodrigo al hacer la vida más amena con sus comentarios y bromas.

De manera especial, quiero agradecer a Irlanda Barrón, quien en los últimos meses me ha contagiado de su entusiasmo por la superación académica y personal.

Espero no haber excluido a nadie, de ser así, pido disculpas de antemano, gracias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. CONTEXTO	2
I.2. ANTECEDENTES	2
I.3. JUSTIFICACIÓN	4
I.4. OBJETIVOS	5
II. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
II.1. UBICACIÓN	7
II.2. GEOLOGÍA	8
II. 3. ESTRATIGRAFÍA	9
II. 4. GEOMORFOLOGÍA	9
II. 5. EDAFOLOGÍA	11
II. 6. HIDROLOGÍA	11
II. 7. CLIMA	13
II. 8. VEGETACIÓN	13
II. 9. FAUNA	14
III. MÉTODO	16
IV. RESULTADOS	21
IV. 1. FLORÍSTICA	22
IV. 2. VEGETACIÓN	24
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	42
LITERATURA CITADA	45
ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. Distribución propuesta de la vegetación alpina-subalpina de México durante la máxima glaciación winscosiniana.
- FIGURA 2. Distribución actual de la vegetación alpina y subalpina en México.
- FIGURA 3. Ubicación de la zona de estudio.
- FIGURA 4. Perfil vertical y horizontal de una porción de la comunidad del zacatonal subalpino con dominancia de *Festuca amplissima*, para el estrato rasante (A) y herbáceo (B).
- FIGURA 5. Perfil vertical y horizontal de una porción de la comunidad del zacatonal subalpino con dominancia de *Muhlenbergia macroura*, para el estrato rasante (A) y el herbáceo (B).
- FIGURA 6. Perfil vertical y horizontal del zacatonal subalpino abierto, con dominancia de elementos no graminoideos, para el estrato rasante (A) y herbáceo (B).

ÍNDICE DE CUADROS

- CUADRO 1. Forma de vida de las especies presentes en el zacatonal subalpino.
- CUADRO 2. Forma de crecimiento más comunes de las especies del zacatonal subalpino.
- CUADRO 3. Número y porcentaje de especies útiles para el hombre.
- CUADRO 4. Usos más comunes de las especies del zacatonal subalpino.
- CUADRO 5. Las seis especies más importantes para la cobertura, densidad y frecuencia relativas y el valor de importancia para los estratos herbáceo y rasante en el zacatonal subalpino estudiado. Entre paréntesis se indica el porcentaje que contribuye cada especie en las variables mencionadas.

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. Distribución propuesta de la vegetación alpina-subalpina de México durante la máxima glaciación winscosiniana.
- FIGURA 2. Distribución actual de la vegetación alpina y subalpina en México.
- FIGURA 3. Ubicación de la zona de estudio.
- FIGURA 4. Perfil vertical y horizontal de una porción de la comunidad del zacatonal subalpino con dominancia de *Festuca amplissima*, para el estrato rasante (A) y herbáceo (B).
- FIGURA 5. Perfil vertical y horizontal de una porción de la comunidad del zacatonal subalpino con dominancia de *Muhlenbergia macroura*, para el estrato rasante (A) y el herbáceo (B).
- FIGURA 6. Perfil vertical y horizontal del zacatonal subalpino abierto, con dominancia de elementos no graminoideos, para el estrato rasante (A) y herbáceo (B).

ÍNDICE DE CUADROS

- CUADRO 1. Forma de vida de las especies presentes en el zacatonal subalpino.
- CUADRO 2. Forma de crecimiento más comunes de las especies del zacatonal subalpino.
- CUADRO 3. Número y porcentaje de especies útiles para el hombre.
- CUADRO 4. Usos más comunes de las especies del zacatonal subalpino.
- CUADRO 5. Las seis especies más importantes para la cobertura, densidad y frecuencia relativas y el valor de importancia para los estratos herbáceo y rasante en el zacatonal subalpino estudiado. Entre paréntesis se indica el porcentaje que contribuye cada especie en las variables mencionadas.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. LISTA FLORÍSTICA

ANEXO B. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES

ANEXO C. TABLA DE TRABAJO OBTENIDA POR EL MÉTODO DE INTERCEPCIÓN EN LÍNEA

ANEXO D. TABLA FITOSOCIOLÓGICA

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS

ANEXO F. GLOSARIO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. Panorama general del zacatonal subalpino, mostrando la influencia del hombre a través de los cultivos.

FOTOGRAFÍA 2. El uso de la tecnología avanzada ha provocado una rápida destrucción del ecosistema.

FOTOGRAFÍA 3. Vista panorámica del zacatonal subalpino.

FOTOGRAFÍA 4. Porción del zacatonal subalpino en donde existe alta perturbación por el ganado.

FOTOGRAFÍA 5. Parte del zacatonal subalpino en donde se observa el afloramiento de rocas.

FOTOGRAFÍA 6. Cambio de uso de suelo para la introducción de cultivos.

FOTOGRAFÍA 7. Presencia de cultivos en el zacatonal subalpino de avena y trigo.

FOTOGRAFÍA 8. Panorama del zacatonal subalpino durante la época seca.

FOTOGRAFÍA 9. Perturbación por fuego en el zacatonal.

FOTOGRAFÍA 10. El fuego no controlado destruye otros tipos de vegetación, además de los zacatonales.

FOTOGRAFÍA 11. Suelo expuesto a la erosión después de la cosecha en los sembradíos.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. LISTA FLORÍSTICA

ANEXO B. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES

ANEXO C. TABLA DE TRABAJO OBTENIDA POR EL MÉTODO DE INTERCEPCIÓN EN LÍNEA

ANEXO D. TABLA FITOSOCIOLÓGICA

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS

ANEXO F. GLOSARIO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. Panorama general del zacatonal subalpino, mostrando la influencia del hombre a través de los cultivos.

FOTOGRAFÍA 2. El uso de la tecnología avanzada ha provocado una rápida destrucción del ecosistema.

FOTOGRAFÍA 3. Vista panorámica del zacatonal subalpino.

FOTOGRAFÍA 4. Porción del zacatonal subalpino en donde existe alta perturbación por el ganado.

FOTOGRAFÍA 5. Parte del zacatonal subalpino en donde se observa el afloramiento de rocas.

FOTOGRAFÍA 6. Cambio de uso de suelo para la introducción de cultivos.

FOTOGRAFÍA 7. Presencia de cultivos en el zacatonal subalpino de avena y trigo.

FOTOGRAFÍA 8. Panorama del zacatonal subalpino durante la época seca.

FOTOGRAFÍA 9. Perturbación por fuego en el zacatonal.

FOTOGRAFÍA 10. El fuego no controlado destruye otros tipos de vegetación, además de los zacatonales.

FOTOGRAFÍA 11. Suelo expuesto a la erosión después de la cosecha en los sembradíos.

RESUMEN

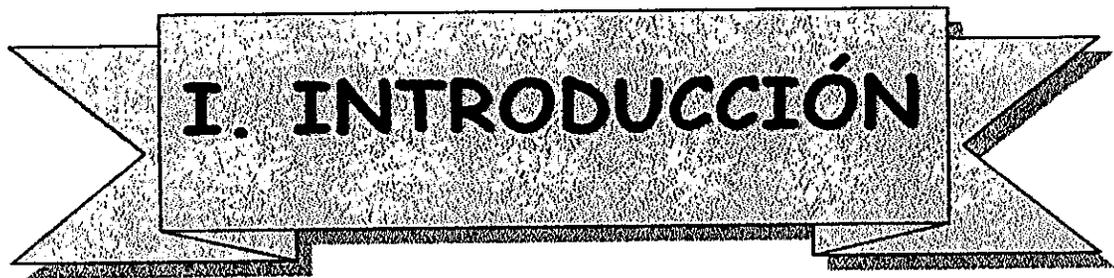
La comunidad del zacatonal subalpino circunscrito entre los volcanes Tulmiac, Tlálóc y Yecahuazac, en la Sierra Chichinautzin presenta la siguiente diversidad: 155 especies distribuidas en 104 géneros y éstos a su vez en 39 familias. Las familias mejor representadas fueron Compositae (27.6%), Gramineae (9%), Caryophyllaceae (5.8%) y Leguminosae (5.1% del total de las especies reportadas).

La composición florística del zacatonal subalpino está representada por 76% de especies perennes y 24% de especies anuales. Además, las formas de vida hemicriptófito y geófito son los más representativos de la comunidad (33% y 30% respectivamente). La forma de crecimiento de tipo erecto (56%) y decumbente (19%) son los más frecuentes. La afinidad florística de la comunidad a nivel de familia es: holártica (43.6%), pantropical (25.6%) y cosmopolita (30.8%). 27.7% de las especies son endémicas del país. Además, el 36% de las especies del zacatonal tienen alguna utilidad para el hombre.

Estructuralmente existen dos estratos, el herbáceo y el rasante. Fisionómicamente, el dominante es el herbáceo con el 62.8% del total de las especies presentes en el zacatonal, con una cobertura del 90%, representado principalmente por gramíneas amacolladas (*Festuca amplissima*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia macroura* y *Muhlenbergia quadridentata*) y por otra parte la fisionomía característica de los cultivos de avena (*Avena sativa*) en parches o islas dentro del zacatonal. En el estrato rasante se presentan especies como *Trifolium amabile*, *Viola humilis* y *Heliopsis procumbens*.

Se describieron dos asociaciones, la primera *Muhlenbergia macroura-Festuca amplissima* con tres subasociaciones y la segunda asociación que es estrictamente antropógena, *Triticum aestivum-Avena sativa*. Sin embargo, se consideró que, ésta última tiene importancia ya que su presencia en el zacatonal en forma de islas adopta una fisionomía singular para la comunidad. Para cada una de estas clasificaciones se describió su fisionomía, composición florística, ecología y distribución.

Por las características de la flora y vegetación de la comunidad en estudio, se define por razones prácticas, como un zacatonal subalpino denso inducido.



I. INTRODUCCIÓN

I.1. CONTEXTO

Este trabajo surge como complemento de un proyecto de investigación sobre el gorrión serrano, denominado "Ecología poblacional de *Xenospiza baileyi*, especie endémica y en peligro de extinción", que se realizó de manera paralela con la presente tesis en el Sur de la Cuenca de México, en el área de triangulación formada por los volcanes Tulmiac, Tláloc y Yecahuazac, en la Sierra Chichinautzin. Particularizando sobre el estudio de la flora y la vegetación.

Un asunto importante a tratar en este apartado es precisamente la comunidad que se desarrolla en el área de estudio, el zacatonal subalpino. El primer término es utilizado por Miranda y Hernández-X. (1963) y Rzedowski (1975a, 1978) para caracterizar a las comunidades dominadas por gramíneas altas y amacolladas (zacatonas) y que Rzedowski (1978) acepta para definir comunidades dentro de un tipo de vegetación que él denomina como pastizal. Por otro lado, el término subalpino se designa por estar dentro del intervalo que para Rzedowski (1978) es por arriba de los 2,800 m s.n.m. y que de manera adicional se ubica dentro del intervalo altitudinal de un bosque de coníferas (Gausson y Barruel, 1964).

En esta tesis se utilizaron los términos pastizal y zacatonal, el primero para referirse al tipo de vegetación dominado por gramíneas, y el segundo para puntualizar una comunidad vegetal dominada por gramíneas altas y amacolladas.

I.2. ANTECEDENTES

Durante el último glacial (Wisconsin) en el Pleistoceno, los zacatonales alpino y subalpinos experimentaron una expansión de sus límites debido a que las temperaturas más frías hicieron que el límite altitudinal de la vegetación arbórea descendiera 1,000 m. En aquel entonces existió un corredor de vegetación alpina en la Sierra Madre Occidental, en la Sierra Madre Oriental, en la Faja Volcánica Transmexicana y posiblemente en la Sierra Madre del Sur (McDonald, 1998). (Figura 1)

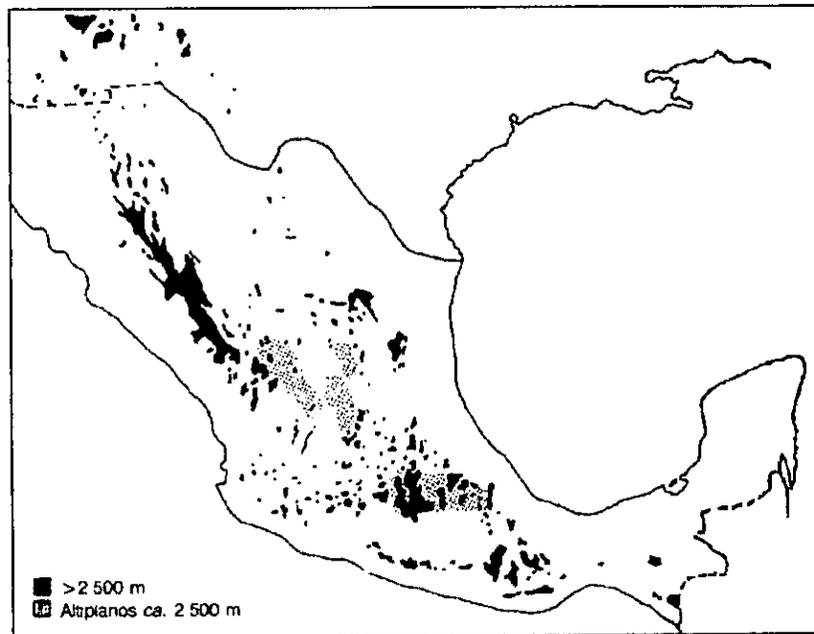


Figura 1. Distribución propuesta de la vegetación alpina-subalpina de México durante la máxima glaciación wisconsiniana (tomado de McDonald, 1998).

Al moderarse el clima, después del Pleistoceno, la mayor parte de este tipo de vegetación fue desplazada por el bosque de pino y encino, distribuyéndose en la actualidad en las cumbres más elevadas de las montañas (Figura 2).

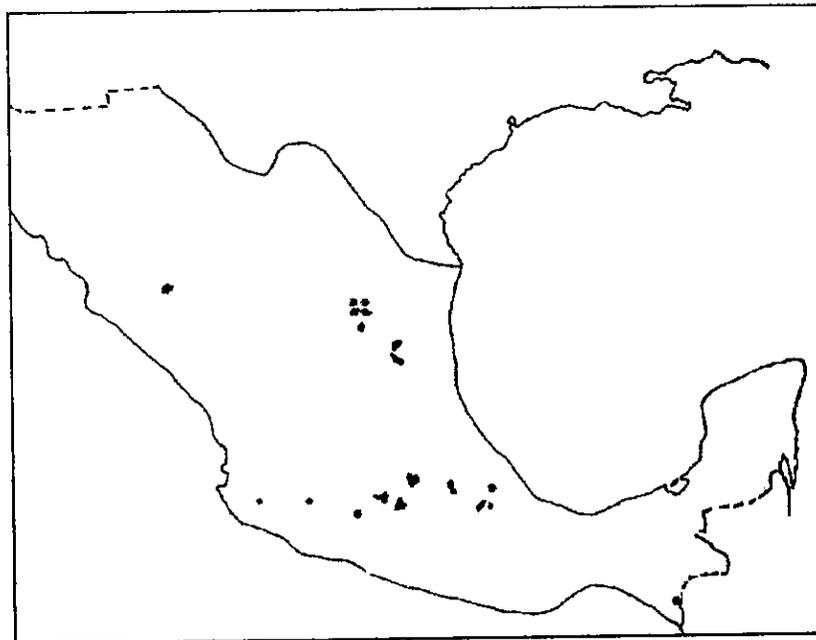


Figura 2. Distribución actual de la vegetación alpina y subalpina en México (tomado de Rzedowski, 1978 y McDonald, 1998).

Los estudios en las zonas alpinas y subalpinas en México comenzaron a estudiarse usando un enfoque botánico y/o ecológico. Miranda y Hernández-X. (1963) estudiaron los pastizales, usando por primera vez los términos zacatonal alpino y subalpino; Beaman (1962, 1965) realizó estudios ecológicos describiendo el límite de la vegetación arbórea, así como las asociaciones alpinas y subalpinas en la Sierra Nevada; Cruz (1969) hizo un estudio sobre pastizales incluyendo los alpinos y subalpinos; Rzedowski (1975a) reconoce el zacatonal alpino y el bosque subalpino; Anaya *et al.* (1980) estudian la relación suelo-vegetación en un bosque subalpino; Delgadillo (1985, 1987) se enfoca al estudio de musgos alpinos; González (1986) describe la vegetación alpina del Nevado de Toluca; Velázquez y Cleef (1993), y Velázquez (1992b, 1993, 1994) caracterizan 13 comunidades vegetales en los volcanes Tláloc y Pelado; Almeida *et al.* (1994) describen el zacatonal subalpino así como su diversidad y fitogeografía; finalmente, Escamilla (1996) realiza un estudio de la vegetación alpina y subalpina del volcán Popocatepetl.

Entre algunos de los trabajos desarrollados sobre la vegetación en la Sierra Chichinautzin se encuentran el de Rzedowski (1954), quien realizó un estudio florístico del Pedregal de San Ángel; el de Espinosa (1962) quien realizó un estudio florístico, a 6 km aproximadamente al Sur del volcán Chichinautzin, y describió cuatro asociaciones vegetales, resumiendo las afinidades biogeográficas de la flora y la influencia humana sobre ella, además hizo consideraciones sobre la relación con el medio y la sucesión vegetal.

Piñol (1970), trabajó sobre la variación del fenotipo de *Agave horrida* en una población localizada en la zona de derrame, en el cual menciona que se muestran dos poblaciones diferenciales por una combinación de caracteres. Por otro lado, Consejo y Velasco (1984) elaboraron un diseño de reserva ecológica en el derrame. Álvarez (1998) realiza varias propuestas para dar a conocer el corredor biológico Chichinautzin, decretado en 1988.

Como se puede apreciar, los trabajos florísticos y de vegetación en la Sierra Chichinautzin y sobre todo en la zona de estudio son muy pocos e incompletos, y más aún en lo tocante a los zacatonales subalpinos.

I.3. JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia el estudio de las comunidades vegetales que se pueden encontrar en nuestro país, ya que muchas de ellas tienden a desaparecer por el mal aprovechamiento de sus recursos. Tal es el caso de los zacatonales subalpinos, donde penden muchas amenazas,

entre las cuales se cuentan los incendios, la ganadería, la agricultura y el pisoteo realizado por el ganado así como por el hombre (Rzedowski, 1978). Todos estos factores provocan cambios en la estructura y composición de las especies de la comunidad, deteriorando la cubierta vegetal y generando con ello erosión y posiblemente desertificación.

Esto hace necesario el estudio del zacatonal subalpino para conocer uno de los tipos de comunidades menos estudiados en México debido a su restringida distribución. Este tipo de comunidades sólo se desarrolla en las zonas montañosas en donde las condiciones climáticas, edáficas, topográficas, geomorfológicas o antropógenas, entre otros factores, condicionan un ambiente característico (McDonald, 1998). Una razón prioritaria de su estudio es que en nuestro país existen muy pocos zacatonales alpinos y subalpinos (Rzedowski, 1975b y McDonald, 1998), los cuales han sido fuertemente condicionados por el hombre para su aprovechamiento para la ganadería. En la actualidad, con la creciente extensión de la mancha urbana, éstos corren peligro de desaparecer, ya que suelen ser lugares susceptibles para el establecimiento de asentamientos humanos debido a la topografía poco accidentada que presentan, a pesar de lo adverso de las condiciones climáticas, como sucede en las faldas del Ajusco.

Por lo antes mencionado es urgente conocer la diversidad florística de los zacatonales subalpinos, así como la caracterización de este tipo de vegetación, generando con ello bases que permitan su conservación y manejo.

I.4. OBJETIVOS

General:

Contribuir al conocimiento de las comunidades vegetales presentes en la Faja Volcánica Transmexicana de nuestro país.

Particulares:

- Evaluar la diversidad florística del zacatonal subalpino, localizado entre los volcanes Tulmiac, Tláloc y Yecahuazac;
- Caracterizar fisionómica y estructuralmente al zacatonal subalpino;
- Describir las asociaciones vegetales para este zacatonal subalpino y
- Establecer las relaciones biogeográficas entre las especies encontradas en esta comunidad.



**II.
CARACTERÍSTICAS
DE LA ZONA DE
ESTUDIO**

II.1. UBICACIÓN

La zona de estudio se localiza en una planicie de montaña, entre los 2,950 y 3,080 m s.n.m. en la triangulación formada por los volcanes Tulmiac, Tláloc y Yecahuzac, entre las coordenadas $19^{\circ}04'$ y $19^{\circ}08'$ de latitud Norte, $99^{\circ}04'$ y $99^{\circ}07'$ de longitud Oeste, con una superficie aproximada de 1,200 ha. de zacatonal subalpino. Se ubica en el Sur de la Cuenca de México, en los límites del Distrito Federal y el estado de Morelos, formando parte de la Sierra del Chichinautzin (Figura 3).

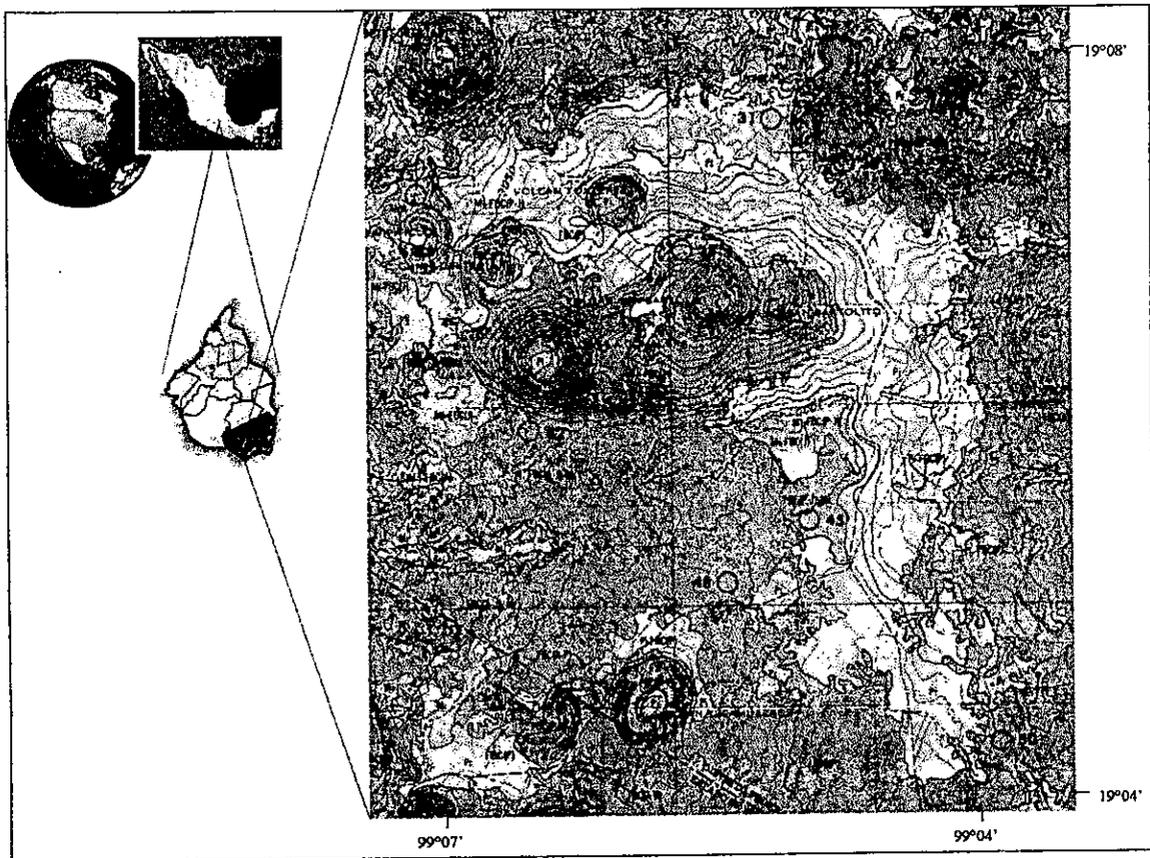


Figura 3. Ubicación de la zona de estudio.

Algunos volcanes representativos como el Xitle, el Teuhtli, el Chichinautzin, el Tláloc, el Pelado y el Cerro de las Tres Cumbres o Tres Marías se localizan en esta Sierra. La Sierra Chichinautzin se extiende de Este a Oeste, enlazándose al Este con la Sierra de las Cruces y al Oeste con la Sierra Nevada. Forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la cual atraviesa el territorio mexicano siguiendo sensiblemente el paralelo 19° . La Sierra

Chichinautzin representa una de las manifestaciones volcánicas más recientes de la región (Ávila, 1998).

II.2. GEOLOGÍA

La Cuenca de México emergió en el Cretácico (Mooser, 1963, 1975). Es bien conocido en geología que las erupciones volcánicas suelen ocurrir por fracturas. La línea de fracturamiento Clarión rige el vulcanismo en el Sur de la Cuenca de México, por lo que los volcanes del grupo Chichinautzin parecen haber surgido a lo largo de esta fractura tensional dirigida de Oeste-Suroeste a Este-Noreste (Mooser, 1961, 1962, 1975).

Tres ciclos de efusión ígnea, a partir del Terciario Medio, dieron lugar a la formación de la Cuenca de México. El más reciente de estos ciclos ocurrió durante el Pleistoceno, dando origen a la llamada Serie Basáltica Chichinautzin, que tuvo sus inicios en la parte Norte de la Cuenca y que fue desplazándose posteriormente hacia el Sur, lugar en que tuvo finalmente su manifestación más significativa al formar la barrera volcánica que suspendió definitivamente el desagüe que tenía la Cuenca de México por el Sur, transformándose así en una Cuenca endorreica, hace 700,000 años (Fries, 1956; Mooser, 1956, 1957, 1963, 1975; Martín del Pozzo, 1982).

Esta Sierra tiene aspecto de gran juventud, Herrera y Verma (1978) evidenciaron que es un grupo volcánico menor a 690,000 años, que aún está en pleno desarrollo, como lo muestra la aparición del Xitle, que fue fechada hace aproximadamente 2,400 años. Algunos conos escoriáceos y domos de última formación, e incluso el volcán Pelado es aún más joven que el Xitle (Arana y Delgado, 1997). La Sierra Chichinautzin comprende todas las corrientes lávicas, tobas, brechas y materiales clásticos interestratificados depositados por agua, de composición Andesítica o Basáltica, que descansan encima de la formación Cuernavaca o de las unidades más antiguas (Fries, 1956; Mooser, 1957; Martín del Pozzo, 1982). Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (1975), en la zona de estudio se presentan brechas volcánicas, basalto, suelo residual de relleno, además de bancos de material.

El espesor del grupo Chichinautzin es extremadamente variable. La parte más gruesa del grupo, de más de 1,800 m de espesor, parece corresponder al sitio ocupado por el volcán Chichinautzin y sus alrededores (Fries, 1956; Martín del Pozzo, 1989).

INEGI (1997) reporta que la zona de estudio pertenece al período Cuaternario de la era Cenozoica. Fisiográficamente pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, con sistema de topofomas Sierra Volcánica con estratovolcanes.

II.3. ESTRATIGRAFÍA

La secuencia estratigráfica de la Cuenca de México consiste de rocas volcánicas, depósitos aluviales, fluviales y lacustres del Terciario y del Cuaternario, que subyacen discordantemente a rocas calcáreas y calcáreo arcillosas del Cretácico. Al pie de las Sierras que circundan a la Cuenca de México se formaron abanicos aluviales y lahares, intercalados con capas de pómez, ceniza, grava y arena de origen fluvial. A todo este complejo volcánico-sedimentario se le conoce como Formación Tarango (Aguayo *et al.*, 1989).

Debido a que las capas inferiores de la Formación Tarango sobreyacen y en parte se interdigitan con los derrames de la secuencia volcánica de la Sierra de las Cruces, a ésta se le asigna un origen del Plioceno Tardío. Por otra parte, las cenizas superiores están en contacto con las primeras emisiones volcánicas de la Sierra Chichinautzin, por lo que la secuencia superior de la Formación Tarango puede corresponder al Plio-Pleistoceno (Aguayo *et al.*, 1989).

A partir de la estratigrafía de una pequeña área volcánica al Sur de la Cuenca de México, entre el Plioceno Tardío y el Holoceno ocurrieron tres períodos eruptivos distintos: a) período eruptivo Las Cruces (Plioceno Tardío-Plioceno Temprano); b) Período eruptivo Ajusco (Pleistoceno Tardío); c) Período eruptivo Chichinautzin (Pleistoceno Tardío-Holoceno), con actividad primordialmente estratoboliana y vulcanismo monogenético (Delgado y Martín del Pozzo, 1993). De esta manera, los productos volcánicos del grupo Chichinautzin son la última capa estratigráfica.

II.4. GEOMORFOLOGÍA

La actividad volcánica de la Faja Volcánica Transmexicana ha dado lugar a un gran número de cuencas endorreicas, con el consecuente desarrollo de lagos (Xochimilco, Texcoco, etc.), lo que da al paisaje morfológico una apariencia muy característica. Morfológicamente, el Sistema Volcánico Transversal consiste en una serie de planicies escalonadas desmembradas por volcanes aislados, pequeños grupos de volcanes y grandes cadenas montañosas volcánicas (Morán-Zenteno, 1984).

La Faja Volcánica Transmexicana está constituida por un gran número de conos cineríticos, maars, domos y estratovolcanes del Terciario Tardío al Cuaternario. Una particularidad de ésta es la abundancia de conos de escoria y estructuras monogenéticas que superan en número a los grandes estratovolcanes (Siebe *et al.*, 1995).

Para los conos volcánicos del Sur de la Cuenca de México, los procesos morfogenéticos encontrados son de dos tipos (Lugo, 1984; Toscana, 1998), formas de relieve endógena y formas de relieve exógena. En el primero se encuentran ubicados los volcanes (mono y poligenéticos), domos, coladas de lava y flujos piroclásticos, y para el segundo, se encuentran el exógeno erosivo (circos de derrumbe, circos glaciares y circos de erosión) y el exógeno acumulativo (morrenas y las planicies o superficies residuales).

Para el Grupo Chichinautzin se presentan tres unidades geomorfológicas distinguibles: formas volcánicas recientes, relictos de la formación Tepoztlán y relieve de rocas sedimentarias. La actividad volcánica de la Sierra Chichinautzin ha originado formas muy diversas de relieve, tales como laderas, depósitos piroclásticos, mesetas, conos cineríticos y escoriáceos o anillos de Tefra. Además, ha producido formas jóvenes no modeladas por procesos exogénicos, como las coladas de lava, las brechas volcánicas y las mesetas, por lo que el relieve es fundamentalmente volcánico (Fries, 1960; Bloomfield, 1975; Martín del Pozzo, 1980, 1982; Ávila, 1998; González, 1998).

Los conos volcánicos de los alrededores de la zona de estudio ocupan pequeñas superficies de terreno. Los mayores son del orden de un kilómetro de diámetro, con alturas de 150 a 250 m y con pendiente aproximadamente de 30°. La mayoría tiene en la cima un cráter cerrado o abierto en forma de herradura, además de que a cada volcán principal lo acompaña casi en todos los casos uno o más secundarios (Martín del Pozzo, 1980, 1982). El relieve dominante son los derrames de lava emplazadas, mismos que se superponen unos con otros. Los derrames de lava, en la medida que son más antiguos, van perdiendo la morfología original del "malpaís", debido a la nivelación que se produce por acumulación de sedimentos en las depresiones, por acarreo fluvial, por el viento y materia orgánica. La actividad volcánica en la Sierra Chichinautzin supera a la velocidad de erosión, por lo que la evolución del relieve seguirá dependiendo del vulcanismo (González, 1998).

II.5. EDAFOLOGÍA

Los suelos derivados de cenizas volcánicas han recibido varios nombres, según el país o el sistema de clasificación utilizado. El más comúnmente utilizado es el Andosol (Hiroishi, 1974). Este autor indica que el nombre de suelos de Ando fue dado a este tipo de suelos por Thorp y Smith, en 1949 y significa suelo oscuro con alto contenido de materia orgánica. Para el Sur de la Cuenca de México, los principales tipos de suelos reportados por el INEGI (1978), según la clasificación de la FAO son el litosol y el andosol húmico; éste último es el que se encuentra en la zona de estudio.

En los suelos de la zona se presentan los perfiles AC, A(B)C o ABC, con profundidades que oscilan entre los 50 cm hasta más de 1 m, y en donde los horizontes A son negros por efecto de la materia orgánica o bien por las cenizas volcánicas. Existen suelos más intemperizados de color pardo oscuro y con horizontes inferiores de color rojizo claro o amarillentos. El contenido de materia orgánica es alto para los subhorizontes de la superficie (aproximadamente 30 cm) (Wright, 1964; Aguilera, 1965, 1969; Shimada, 1972; Hiroishi, 1974).

Los suelos tienen un alto contenido de humedad, asociado a una baja densidad aparente (0.45-0.75 g/cc), permeabilidad alta o irreversibilidad en cuando a densidad aparente y formación de agregados al secarse (Forsythe *et al.*, 1969; Shimada, 1972; Hiroishi, 1974). La porosidad de estos suelos es generalmente alta. El pH tiene valores desde ácidos hasta cercanos a la neutralidad. En suelos inmaduros o semidesnudos los valores oscilan entre 5.0 y 6.0 (Aguilera, 1965; Shimada, 1972; Hiroishi, 1974).

La composición mineralógica de los suelos de cenizas volcánicas depende esencialmente de la petrografía de las cenizas de origen y el estado de intemperización (Aguilera, 1965). En condiciones adecuadas de drenaje, la intemperización produce diversos minerales polimorfos, desarrollándose con el tiempo una serie mineralógica que comienza con alófono y concluye con caolinoideos. Las texturas de estos suelos son generalmente de migajones arenosos y limosos, migajones arcillosos y francos (Aguilera, 1969; Shimada, 1972; Hiroishi, 1974).

II.6. HIDROLOGÍA

La Sierra Chichinautzin constituye el límite hidrológico Sur de la Cuenca de México, según conjeturas de los geólogos, fue la antigua descarga del drenaje de la región hacia el río

Balsas (Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, 1964). Por su parte, INEGI (1997) reporta que la zona de estudio pertenece a la Subcuenca del Río Huautla, perteneciente a la Cuenca del Río Balsas-Mezcala.

La red de desagüe es incipiente y está apenas integrada en el flanco Austral de la serranía. Prácticamente no hay sistemas hidrológicos superficiales definidos, debido a que la Sierra del Chichinautzin se encuentra constituida por rocas de origen volcánico, sumamente fracturadas, fragmentadas y de estructura porosa. Esto hace que la zona sea muy permeable, por lo que sólo predominan las infiltraciones y las corrientes temporales que se presentan en redes radiales y paralelas (Ávila, 1998; Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, 1964). Grupos de arroyos llegan a formarse debido a las fuertes pendientes y a la falta de consolidación, además de que sólo se generan corrientes por las fuertes precipitaciones que caen, produciendo arroyos de escasa importancia por su caudal y dimensiones (Fries, 1956; Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, 1964).

Sin embargo, la actividad del agua subterránea en esta zona es muy intensa y al pie de las serranías se encuentran los afloramientos de los manantiales más caudalosos de la Cuenca (Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, 1964).

Algunos escurrimientos importantes son el río San Lucas, el río San Buenaventura y el arroyo San Gregorio. El primero nace en las laderas del volcán Chichinautzin, se inicia con dirección Norte hasta el poblado de Topilejo, donde sigue su dirección Noreste hasta descargar al lago Xochimilco; presenta escurrimiento superficial escaso, aún cuando cuenta con manantiales como los de Tulmiac, Molcajete, Texcayuca y Cuahnejuaque. El río San Buenaventura nace en las laderas del Ajusco, se inicia siguiendo la dirección Noreste, se une al río San Juan de Dios, hasta desaguar al Canal Nacional; su longitud desde su nacimiento hasta la altitud de 2,250 m es de 15 km. Finalmente, el arroyo San Gregorio nace de las laderas del cono Coatzin, sigue una dirección hacia el Norte, pasando por varios poblados de Milpa Alta hasta San Gregorio Atlapulco, alimentando probablemente al lago de Xochimilco. Su curso es muy incierto, llegando a desaparecer en algunos tramos y por consiguiente sus escurrimientos superficiales son prácticamente nulos (Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, 1964).

II.7. CLIMA

El clima de la Cuenca de México presenta poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, dos máximas de temperatura (una en mayo o junio y la segunda en agosto), circulación atmosférica del Este, con predominancia de vientos alisos y régimen estival de lluvias e influencia de ciclones tropicales (García, 1981).

Por su altitud sobre el nivel del mar, de más de 2,000 m, se registra una marcada disminución de temperatura, los vientos elevados y secos del Oeste en invierno y el calentamiento intenso del aire en verano, que origina movimientos convectivos; debido a su variada topografía prevalecen lluvias de tipo orográfico y diversos gradientes de temperatura y humedad (García, 1978).

Los climas de la región varían de templados a muy fríos y de secos a húmedos con respecto a la precipitación, dando lugar a cuatro tipos principales: el semiseco (BS), el templado subhúmedo (Cw), el frío (E(t)Ch i) y el muy frío (EF Hi) con varios subtipos que dependen de la altitud y la orientación (García, 1978). Para la zona de estudio domina el templado subhúmedo (Cw) con subtipo climático $C(w_2)(w)(b')_{ig}$, es decir, subfrío con verano fresco largo, el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano, coeficiente P/T mayor a 55, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual, temperatura media anual entre 5 y 12°C, la del mes más frío entre 3 y 18°C y la del mes más caliente entre 6.5 y 22°C, isothermal, con marcha de la temperatura tipo Ganges (García, 1981). Velázquez (1993) reporta para la zona una precipitación de 800 y 1,300 mm anuales, de la cual el 90% de las lluvias se presenta entre los meses de mayo a octubre.

II.8. VEGETACIÓN

Considerando la clasificación de Rzedowski (1978) y reafirmando lo que dice la Comisión Hidrológica del Valle de México (1964), la serranía del Chichinautzin está cubierta por un bosque de coníferas que llega hasta sus cimas, presentándose generalmente bosque de *Pinus*, bosque de *Abies* y en algunos casos bosque de *Quercus*.

Miranda (citado por Fries, 1960) clasifica la vegetación del Sur de la Cuenca de México, y menciona que el límite superior del bosque está situado hacia los 4,000 m s.n.m. Desde los 3,500 m a los 4,000 m se extiende el bosque llamado "Pinar Superior", formado casi exclusivamente por *Pinus hartwegii*, con un sotobosque de gramíneas y otras formas herbáceas.

Por debajo de los 3,500 y los 3,000 m s.n.m. algunas veces hasta los 2,800, se encuentra el "Bosque de Oyamel", cuya especie dominante es *Abies religiosa*. En él se intercalan con frecuencia especies de pinos (*Pinus montezumae* y *P. ayacahuite*), e incluso en la parte baja, ciertas especies características del encinar (*Quercus rugosa*). Donde las pendientes son más abruptas y el terreno es más seco los pinares antes mencionados, junto con *Pinus rudis*, sustituyen totalmente o parcialmente a los oyameles. La vegetación herbácea consiste principalmente en praderas de zacatón (*Epicampes macroura*, *Stipa ichu* y otras).

En la clasificación hecha por Miranda (citada por Fries, 1960), no se menciona a los pastizales. Sin embargo, Rzedowski (1975b) lo menciona como parte de la vegetación de la Cuenca de México, dentro de los cuatro tipos de vegetación templados-húmedos: los bosques de encinos, los bosques de oyameles, los bosques de pinos y los zacatonales.

En los zacatonales generalmente las especies dominantes son los zacatones: *Calamagrostis toluensis*, *Festuca amplissima*, *F. livida*, *F. toluensis*, *Muhlenbergia macroura*, *M. quadridentata* y *Stipa ichu* (Rzedowski, 1975b).

Cabrera (1999) describe siete unidades de paisaje para la zona de estudio: Piedemonte inferior con cultivo de avena; Piedemonte con bosque mixto; Piedemonte superior con bosque mixto; Planicie de acumulación con zacatonal subalpino; Cañada con bosque de oyamel; Pedregal con bosque de oyamel y Planicie de altura con bosque de pino.

El área de estudio se encuentra entre los reinos Holártico y Neotropical (Takhtajan, 1986), dentro de la región Mesoamericana de Montaña y en la Provincia de las Serranías Meridionales (Rzedowski, 1978).

II.9. FAUNA

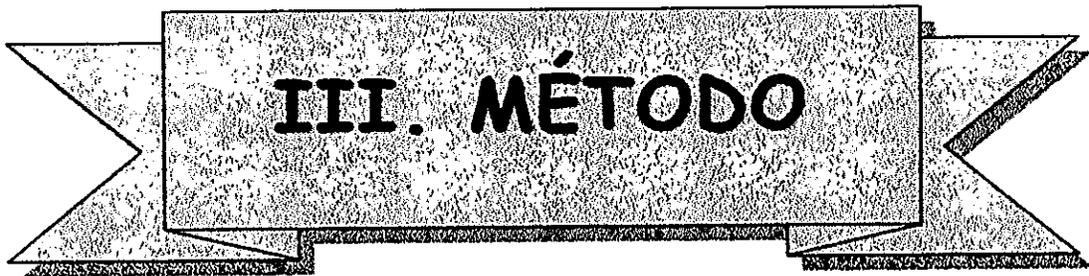
En lo tocante a la fauna, Martín del Campo (1940) toma nota de algunos vertebrados de la Sierra, como peces (*Lermichthys multiradiatus*); anfibios (*Rhyacosideron altamiranus*, *Hyla lafrenzeti*, *Rana pipiens* y *Tomodactylus nitidus*) y reptiles (*Sceloporus microlepidotus*, *S. ferrariperezi*, *S. aeneus*, *Eumeces copei* y *Crotalus triseriatus*). Pérez (1976) analizó la distribución de Siphonoptera (pulgas) en el derrame del Chichinautzin. Palacios (1978) estudió las comunidades de insectos asociadas a las especies de *Tillandsia* (bromélias) en el derrame y determinó que los individuos de la zona Sur, de menor altitud, poseen una menor riqueza faunística de artrópodos. Ayala *et al.* (1985) analizaron la composición faunística de la familia

Papilionoidea (mariposas) del derrame y sus alrededores, determinando cualitativamente los comportamientos territoriales de algunas especies e indicando que la distribución de los organismos está determinada por los distintos tipos de vegetación, los requerimientos ecológicos de cada especie y la distribución de la planta con que se alimentan. Cabrera (1999) determinó una riqueza de 87 especies de aves para el Sur de la Cuenca de México, mientras que Marquéz (1986) en un estudio avifaunístico de la Sierra Chichinautzin, encontró un total de 39 especies.

Desde el punto de vista zoogeográfico, la Faja Volcánica Transmexicana representa un punto de contacto entre las regiones Neártica y Neotropical, por lo que la fauna representada está dada por ambas regiones, además de que presenta un alto porcentaje en endemismos. Se registra un 73% de mastofauna de origen Néartico, un 19% de origen Neotropical y un 8% endémico (Aranda *et al.*, 1980; Ceballos y Galindo, 1984).

Para el Sur de la Cuenca de México se han registrado el tlacuache (*Didelphis virginiana*), el armadillo (*Dasyus novemcintus*), las musarañas (*Sorex saussurei*, *S. oreopolus*, *S. vagrans arizavae* y *Cryptotis parva soricina*), los murciélagos (*Myotis velifera*, *M. volans amotus*, *M. californica*, *Eptesicus fuscus*, y *Tadarida brasiliensis*), el zacatuche (*Romerolagus diazi*), el conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*), el conejo de monte (*Sylvilagus cunicularius*), las tuzas (*Cratogeomys merriami*, *C. tylorhinus*, *Thomomys umbrinus vulcanicus* y *T. u. peregrinus*), la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), el ardillón terrestre (*Spermophilus variegatus*), los ratones de campo (*Peromyscus maniculatus*, *P. melanotis*, *P. aztecus*, *P. difficilis*), el ratón dorado orejudo (*Reithrodontomys megalotis*), el ratón dorado (*Reithrodontomys chrysopsis*), el ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*), el metorito (*Microtus mexicanus*), la rata algodónera (*Sigmodon leucotis*), la rata de campo (*Neotoma mexicana*), la comadreja (*Mustela frenata*), el zorrillo listado (*Mephitis macroura*), el zorrillo manchado (*Spilogale putorius*), el zorrillo cadeno (*Conepatus mesoleucus*), el mapache (*Procyon lotor*), el coatí (*Nasua narica*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el coyote (*Canis latrans*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el gato montés (*Lynx rufus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Aranda *et al.*, 1980; Ceballos y Galindo, 1984; Rojas, 1984).

Los mamíferos característicos de los zacatonales se encuentran también en los bosques de pino muy abierto, donde la cobertura de gramíneas es alta; las especies de mamíferos característicos de los zacatonales son la musaraña, el zacatuche y el ratón (Rzedowski, 1975b).



III. MÉTODO

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión bibliográfica para recopilar la información acerca del área de estudio (ubicación, geología, estratigrafía, geomorfología, edafología, hidrología, clima, vegetación y fauna), incluyendo las cartas temáticas del INEGI correspondientes a la zona de estudio. Por otra parte se buscó información sobre los estudios biológicos hechos en la zona y sus alrededores, además de los que se han realizado en vegetación subalpina y alpina en México.

A partir de la recopilación bibliográfica y cartográfica, se delimitó el área de estudio, por medio de las cartas temáticas, fotografías aéreas y salidas prospectivas a la región. Las salidas de campo se llevaron a cabo a lo largo de las dos épocas del año (lluvia y sequía). Se realizaron cuatro salidas durante la época de lluvias, distribuidas entre los meses de septiembre a noviembre y tres salidas para el segundo periodo, entre los meses de febrero a abril (época de sequía), en las cuales se colectó material botánico, que posteriormente se herborizó de acuerdo a las técnicas descritas por Lot y Chiang (1986). Se delimitaron las localidades ocupadas por el zacatonal subalpino y se eligieron sitios homogéneos y representativos de la vegetación en estudio, para realizar los muestreos.

Por otra parte, se emplearon dos técnicas distintas para muestrear la vegetación, con la finalidad de complementar uno con respecto al otro, para la obtención de mayor cantidad de datos. La primera se realizó con base en el método de intercepción lineal de Canfield (1941), el cual es muy apreciado para la vegetación de poca altura, que presenta follajes más o menos compactos. Se muestrearon 17 transectos, los cuales cubrieron toda el área representada por el zacatonal. Los muestreos se llevaron a cabo a lo largo del zacatonal, comenzando por el extremo Sur del área a partir de la cual se eligieron los sitios de muestreo en dirección diagonal (en forma de "zig-zag"), a una distancia aproximada de 500 m (distancia propuesta para no extenderse más allá del zacatonal) entre cada muestreo. Para llevar a cabo esta técnica, se extendió sobre el terreno (en cada uno de los 17 puntos de muestreo) una cuerda para marcar la línea entre dos puntos dados, la longitud del muestreo fue de 50 m a través de las cuales se realizaron cinco divisiones, registrando para el estrato herbáceo los primeros cinco metros de cada división (0-5, 10-15, 20-25, 30-35, 40-45 m) y para el estrato rasante el primer metro de cada división (1, 11, 21, 31, 41 m).

Los estratos fueron definidos a partir de la altura promedio: ≤ 10 cm para el estrato rasante y > 10 cm y ± 2 m para el herbáceo. Se registraron los datos de longitud interceptada para cada individuo o acúmulo de individuos, anchura máxima de la planta en dirección perpendicular y el número total de intercepción de cada una de las especies. A partir de éstos datos se obtuvieron la densidad, cobertura, frecuencia y valor de importancia de cada especie. Este proceso se llevó a cabo con las siguientes fórmulas:

N = Número total de intercepciones o de "individuos"

$\sum_{i=1}^N I$ = Longitud total interceptada por la especie i

R = Número de intervalos en los cuales se presenta la especie

$\sum_{i=1}^N 1/M$ = Total de los recíprocos de las anchuras máximas

L = Sumatoria de longitudes de todos los transectos trabajados

Si L es la longitud de la línea:

Densidad de la sp. $i = \left(\sum_{i=1}^N 1/M \right) (\text{unidad de área} / L)$

Densidad relativa de la sp. $i = \frac{\text{densidad de la sp. } i \times 100}{\text{densidad de todas las spp.}}$

Cobertura de la sp. $i = 100 \sum_{i=1}^N I / L$

Cobertura relativa de la sp. $i = \frac{\text{cobertura de la sp. } i \times 100}{\text{cobertura de todas las spp.}}$

Frecuencia ponderada de la sp. $i = F \times R$

donde,

$F = \left(\sum_{i=1}^N 1/M \right) / N$

Valor de importancia de la sp. $i = \text{Densidad relativa} + \text{Cobertura relativa} + \text{Frecuencia relativa}$

La cobertura de la vegetación se obtiene a partir de:

Cobertura total = $\frac{100(L - \text{longitud de suelo desnudo})}{L}$

A través del cálculo de las variables de frecuencia (probabilidad de encontrar la especie en una unidad muestral), densidad (número de individuos en un área determinada), cobertura (proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los

individuos de la especie considerada) y valor de importancia (suma de los valores relativos de las tres variables anteriores) se puede diferenciar y describir el comportamiento, la abundancia y/o dominancia de cada una de las especies presentes en el zacatonal (Matteucci y Colma, 1982).

La segunda técnica de muestreo consistió en el método fitosociológico descrito por Braun-Blanquet (1979), en el cual se realizaron 36 muestreos (23 en la época de lluvia y 13 en la época seca) con una superficie de 10 x 10 m (100 m²) cada una, los cuales cubrieron los sitios representativos de esta vegetación. Según Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) esta es el área más adecuada para el muestreo de vegetación en zonas templadas, y en especial para los pastizales. Los muestreos se realizaron al azar, pero en sitios homogéneos y representativos de la vegetación en estudio.

Durante la aplicación de esta técnica se tomó en cuenta la estructura y composición florística. Se registró la presencia de las especies, estimando su cobertura de forma cualitativa considerando las especies presentes en los estratos rasante o herbáceo. Además, se tomó en cuenta la estimación cualitativa de la abundancia, la forma biológica, la forma de crecimiento y también se adicionó información referente a la localización, fecha, altitud sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas, pendiente, exposición, suelo descubierto (cobertura en porcentaje), rocas (cobertura en porcentaje) e información ambiental para cada uno de los muestreos.

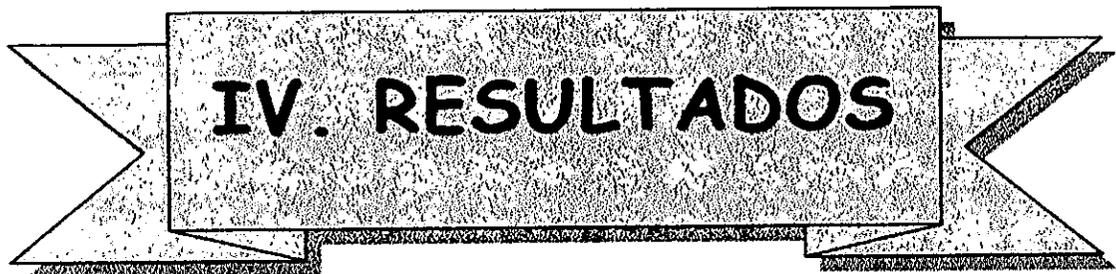
Tanto la información florística y estructural de la vegetación, como las características ambientales y físicas, sirvieron para caracterizar de una manera unitaria las asociaciones o subasociaciones que se obtuvieron como resultado para el zacatonal (Van der Hammen *et al.*, 1989).

El material botánico colectado se determinó, hasta el nivel de especie, mediante el uso de las claves florístico-taxonómicas, como las de Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990) y Sánchez (1975) para las fanerógamas y Smith (1981), para las pteridofitas. Los ejemplares fueron cotejados en los herbarios de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), "Agustina Batalla" de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (FCME) y del Instituto de Biología (MEXU) de la misma universidad, en los cuales se depositó un ejemplar de cada colecta.

A partir del material botánico identificado y cotejado, se elaboró una lista florística, en donde las familias y las especies se ordenaron según la clasificación de Engler y Prantl (1887-1909) para las fanerógamas (Anexo A). Una segunda lista contempla las principales características de cada una de las especies, como son el estrato al que pertenece, su tiempo de desarrollo, su forma de crecimiento, su forma biológica, su forma de vida, su afinidad fitogeográfica, el uso que se le da y el tipo de vegetación en donde es usual encontrar a la especie. La mayoría de estas características, fueron recopiladas de las referencias literarias de Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990), Mabberley (1987), Espinosa y Sarukhán (1997) y Zamora y Barquín (1997) (Anexo B).

A los datos obtenidos por la técnica de intercepción lineal de Canfield (1941) se les aplicaron fórmulas matemáticas a los datos cuantitativos registrados, para obtener la cobertura, densidad y frecuencia de cada una de las especies y para cada estrato, así como el valor de importancia de cada una (Anexo C). Además se esquematizó el perfil horizontal y vertical de los muestreos más representativos.

Con la técnica fitosociológica de Braun-Blanquet (1979) se procedió a un análisis cualitativo, realizando una tabla fitosociológica en la cual se ordenaron las especies de acuerdo a sus valores sociológicos (especies dominantes o exclusivas). De esta manera se obtuvieron asociaciones entre las especies, así como la información ambiental para definir cada asociación (Anexo D).



IV. RESULTADOS

IV.1. FLORÍSTICA

El trabajo de prospección florística del zacatonal subalpino dio como resultado un listado de 155 especies, 104 géneros y 39 familias (Anexo A). Las familias con el mayor número de especies son Compositae (43 especies), Gramineae (14), Caryophyllaceae (9), Leguminosae (8) y Labiatae (7). El género con mayor riqueza de especies fue *Stevia* (Compositae) con seis especies, le siguen cuatro géneros con cuatro especies cada una en el zacatonal: *Astragalus* (Leguminosae), *Gnaphalium* (Compositae), *Muhlenbergia* (Gramineae) y *Viola* (Violaceae).

Se demostró que el 95.5% de las especies identificadas para este tipo de vegetación pertenecen a la forma biológica de hierba, de las cuales el 62.8% son del estrato herbáceo y el 32.7% del estrato rasante. Por otra parte, el 4.5% de las especies registradas fueron arbustos (Anexo B).

El tiempo de desarrollo dominante para las especies de la comunidad es el perenne con el 76%, mientras que para el anual es de 24%.

Entre las formas de vida de las especies identificadas, fueron dominantes la hemicriptófita y la geófito, conformando entre ambas el 63% del total de las especies (Cuadro 1).

FORMAS DE VIDA	# DE ESPECIES	%
HEMICRIPTÓFITA	51	32.9
GEÓFITA	46	29.7
TERÓFITA	36	23.2
CAMÉFITA	15	9.7
NANOFANERÓFITA	7	4.5
TOTAL	155	100

Cuadro 1. Forma de vida de las especies presentes en el zacatonal subalpino.

En cuanto a la forma de crecimiento, esta es muy variada, pero la erecta es la más importante, con más de la mitad de las especies identificadas para el zacatonal subalpino (Cuadro 2).

FORMA DE CRECIMIENTO	# DE ESPECIES	%
ERECTA	86	55.5
DECUMBENTE	29	18.7
RASTRERA	12	7.7
ROSETA	10	6.5
AMACOLLADA	9	5.8
CESPITOSA	5	3.2
POSTRADA	4	2.6
TOTAL	155	100

Cuadro 2. Forma de crecimiento más comunes de las especies del zacatonal subalpino.

En base a Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990), Takhtajan (1986) y Mabberley (1987) se encontró que la afinidad florística por familias en el planeta es: Holártica con 17 familias (43.6%), Pantropical con 10 (25.6%) y Cosmopolita con 12 (30.8% del total de familias presentes en el zacatonal). En cuanto a nivel de género, se presenta la siguiente afinidad para el zacatonal en estudio: Holártico con 55 géneros (52.9%), Pantropical con 40 (38.5%) y Cosmopolita 9 (8.6% del total de los géneros identificados). Asimismo, del total de especies registradas, se reconoce que 27.7% (43 especies) son endémicas para México (Anexo B).

Un dato interesante de las especies que se identificaron en el zacatonal subalpino, es que 36% de ellas tienen alguna importancia para el hombre (Cuadro 3).

	# DE ESPECIES	%
ESPECIES CON ALGÚN USO ANTROPÓGENO	56	36.1
ESPECIES SIN USO ANTROPÓGENO	99	63.9
TOTAL	155	100

Cuadro 3. Número y porcentaje de especies útiles para el hombre.

Entre los usos más comunes para el hombre está el medicinal, el ornamental y el de forraje. Asimismo, aproximadamente el 10% del total de las especies presentes en el zacatonal tienen dos o más usos (Cuadro 4).

USOS	# DE ESPECIES	%
MEDICINAL	23	14.7
MEDICINAL Y ORNAMENTAL	6	3.9
FORRAJE	5	3.2
ORNAMENTAL	4	2.9
COMESTIBLE	2	1.3
FORRAJE Y HERRAMIENTA DOMÉSTICA	2	1.3
MEDICINAL Y RELIGIOSO-ESPIRITUAL	2	1.3
MEDICINAL, COMESTIBLE Y FORRAJE	2	1.3
MEDICINAL, ORNAMENTAL Y RELIGIOSO-ESPIRITUAL	2	1.3
RELIGIOSO-ESPIRITUAL	1	0.6
ORNAMENTAL Y FORRAJE	1	0.6
COMESTIBLE Y ORNAMENTAL	1	0.6
FORRAJE Y MEDICINAL	1	0.6
MEDICINAL Y COMESTIBLE	1	0.6
MEDICINAL Y ALIMENTO PARA AVES	1	0.6
MEDICINAL, ORNAMENTAL Y COMESTIBLE	1	0.6
ORNAMENTAL, FORRAJE Y HERRAMIENTA DOMÉSTICA	1	0.6
TOTAL	56	36.1
ESPECIES CON DOS O MÁS USOS	15	9.6

Cuadro 4. Usos más comunes de las especies del zacatonal subalpino.

IV.2. VEGETACIÓN

En el método de la Línea de Canfield para el estrato herbáceo, las especies con cobertura relativa mayor fueron las gramíneas, de las cuales *Festuca amplissima*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Avena sativa*, *Muhlenbergia macroura* y *Festuca toluensis* comprenden

aproximadamente el 88% de la cobertura total para el zacatonal subalpino (Cuadro 5).

	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	VALOR DE IMPORTANCIA (%)
ESTRATO HERBÁCEO	<i>Festuca amplissima</i> (37)	<i>Trisetum altijugum</i> (32)	<i>Trisetum altijugum</i> (27)	<i>Trisetum altijugum</i> (59)
	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> (21)	<i>Commelina tuberosa</i> (16)	<i>Commelina tuberosa</i> (13)	<i>Festuca amplissima</i> (37)
	<i>Avena sativa</i> (14)	<i>Avena sativa</i> (12)	<i>Sisyrinchium convolutum</i> (10)	<i>Commelina tuberosa</i> (31)
	<i>Muhlenbergia macroura</i> (11)	<i>Sisyrinchium convolutum</i> (7)	<i>Lithospermum strictum</i> (8)	<i>Avena sativa</i> (27)
	<i>Festuca tolucensis</i> (5)	<i>Lithospermum strictum</i> (5)	<i>Halenia brevicornis</i> (5)	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> (24)
	<i>Penstemon campanulatus</i> (2)	<i>Stevia ovata</i> (4)	<i>Stevia ovata</i> (5)	<i>Sisyrinchium convolutum</i> (17)
	Otras (10)	Otras (24)	Otras (32)	Otras (105)
ESTRATO RASANTE	<i>Trifolium amabile</i> (12)	<i>Trifolium amabile</i> (16)	<i>Trifolium amabile</i> (13)	<i>Trifolium amabile</i> (40)
	<i>Viola humilis</i> (11)	<i>Heliopsis procumbens</i> (11)	<i>Peperomia campylotrapa</i> (7)	<i>Viola humilis</i> (25)
	<i>Heliopsis procumbens</i> (8)	<i>Viola humilis</i> (9)	<i>Viola humilis</i> (6)	<i>Heliopsis procumbens</i> (23)
	<i>Alchemilla procumbens</i> (6)	<i>Peperomia campylotrapa</i> (8)	<i>Oxalis alpina</i> (6)	<i>Peperomia campylotrapa</i> (16)
	<i>Salvia prunelloides</i> (6)	<i>Hypericum silenoides</i> (6)	<i>Cyperus seslerioides</i> (6)	<i>Hypericum silenoides</i> (14)
	<i>Arenaria lycopodioides</i> (5)	<i>Cyperus seslerioides</i> (4)	<i>Gnaphalium liebmanii</i> (5)	<i>Arenaria lycopodioides</i> (14)
	Otras (52)	Otras (46)	Otras (57)	Otras (168)

Cuadro 5. Las seis especies más importantes para la cobertura, densidad y frecuencia relativas y el valor de importancia para los estratos herbáceo y rasante en el zacatonal subalpino estudiado. Entre paréntesis se indica el porcentaje que contribuye cada especie en las variables mencionadas.

En el caso de la densidad relativa, las especies más importantes en el área fueron *Trisetum altijugum*, *Commelina tuberosa* y *Avena sativa*. Mientras que, para la frecuencia relativa se repiten *Trisetum altijugum* y *Commelina tuberosa* además aparecen *Sisyrinchium convolutum* y *Lithospermum strictum*, que poseen los valores más importantes al respecto (Cuadro 5).

Finalmente, para el estrato herbáceo, las especies con valores de importancia más

elevados fueron *Trisetum altijugum*, *Festuca amplissima*, *Commelina tuberosa*, *Avena sativa*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Sisyrinchium convolutum* (Cuadro 5).

También se realizó el mismo ejercicio para el estrato rasante, encontrándose los siguientes resultados: en la cobertura relativa se obtuvo a *Trifolium amabile*, *Viola humilis*, *Heliopsis procumbens*, *Alchemilla procumbens*, *Salvia prunelloides* y *Arenaria lycopodioides* como las especies con las coberturas más elevadas. Estas cubren en conjunto aproximadamente el 48% de la cobertura vegetal para dicho estrato (Cuadro 5).

En cuanto a la densidad relativa, se encontró que las especies *Trifolium amabile*, *Heliopsis procumbens*, *Viola humilis*, *Peperomia campylotrapa* e *Hypericum silenoides* son las que presentan mayor cantidad de individuos en la zona de estudio, cubriendo aproximadamente el 54% de la densidad para el estrato rasante. Para el caso de la frecuencia relativa, de igual manera, se encontró que las especies *Trifolium amabile*, *Peperomia campylotrapa*, *Viola humilis*, además de *Oxalis alpina* y *Cyperus seslerioides* son las especies más frecuentes, que en conjunto cubre el 43% (Cuadro 5).

Finalmente, se estimó el valor de importancia para las especies del estrato rasante, en donde *Trifolium amabile*, *Viola humilis*, *Heliopsis procumbens*, *Peperomia campylotrapa*, *Hypericum silenoides* y *Arenaria lycopodioides* fueron las más importantes (Cuadro 5).

Por otra parte, los transectos realizados por este método permitieron caracterizar tres variantes del zacatonal subalpino. En la primera de estas se tiene una dominancia muy marcada de gramíneas, sobre todo de *Festuca amplissima* (Figura 4). Los macollos de esta gramínea, sin inflorescencia, llegan a medir 1.40 m de altura y con ella pueden sobrepasar los 2 m. Este zacatonal es cerrado y no permite el establecimiento de otras especies herbáceas en este estrato.

Sin embargo, las especies encontradas en el estrato rasante se desarrollan entre macollo y macollo, muchas veces dentro de éstas. Aparentemente, estas plantas se protegen de la insolación, mientras que las que crecen dentro del macollo son aquellas que además los usan como soporte, debido a que su forma de crecimiento es decumbente o trepadora. Este perfil se localiza al Norte de la zona de estudio, sobre una pendiente de 15°, con exposición Sur y a una altitud de 3,002 m s.n.m. La vegetación presenta evidencias de perturbación ganadera, principalmente por ganado ovino y de tipo antropógeno como son la formación de abundantes

caminos ruderales.

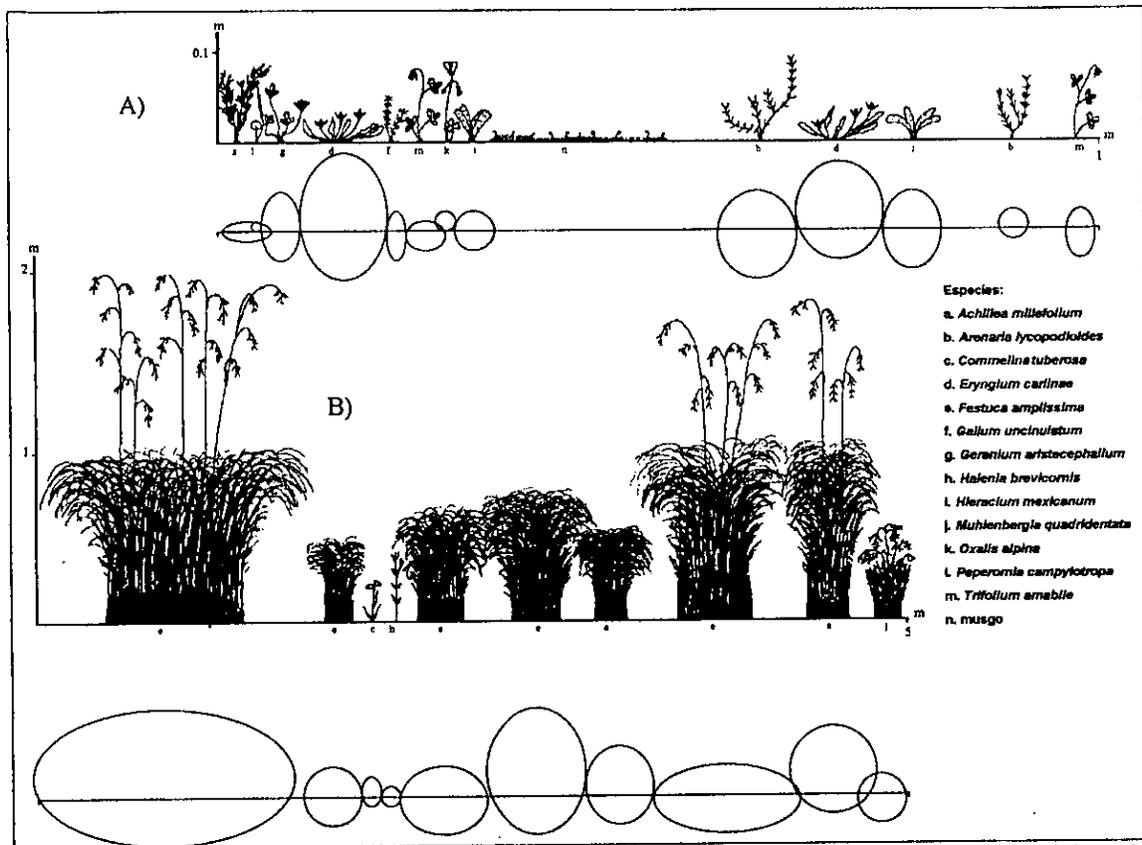


Figura 4. Perfil vertical y horizontal de una porción de la comunidad del zacatonal subalpino con dominancia de *Festuca amplissima*, para el estrato rasante (A) y herbáceo (B).

Una segunda variante es la vegetación con dominancia de la especie *Muhlenbergia macroura*, la cual con inflorescencia llega a medir hasta 1.5 m y sin ella 1.0 m (Figura 5). Estos macollos, al igual que los de *Festuca amplissima*, son de tamaño grande, cubriendo una área de alrededor de un metro cuadrado por cada macollo. Este zacatonal también es cerrado; sin embargo, permite el establecimiento de otras especies en el estrato herbáceo. En el caso del estrato rasante, las especies dominantes tienen formas de crecimiento decumbente o rastrera ascendente, desarrollándose entre o dentro de los macollos. Este perfil se localiza al Norte de la zona de estudio, sobre una pendiente de 30° en una exposición Noroeste y con una altitud de 3,010 m s.n.m., muy cerca del borde de las zonas donde se encuentra el bosque (a 200 m).

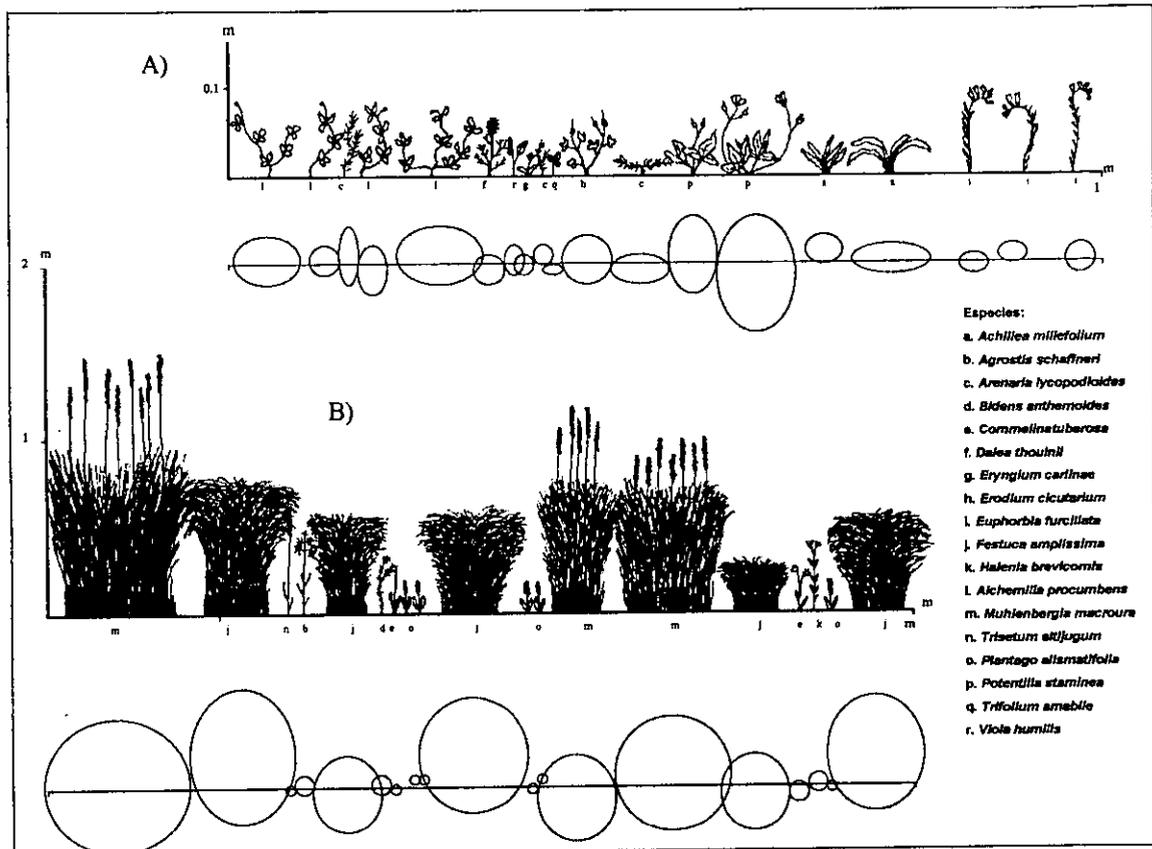


Figura 5. Perfil vertical y horizontal de una porción de la comunidad del zacatonal subalpino con dominancia de *Muhlenbergia macroura*, para el estrato rasante (A) y el herbáceo (B).

Finalmente, se distingue un zacatonal subalpino abierto, en donde la presencia de gramíneas está reducida, favoreciendo el establecimiento de otras especies en el estrato herbáceo (Figura 6). Parece ser que esta comunidad es generada por condiciones de perturbación, como son sobrepastoreo, pisoteo por animales domésticos y por áreas de cultivo abandonadas. Esta perturbación permite, primeramente, el desarrollo de plantas de rápido crecimiento (por ejemplo *Viola humilis*) y las que son favorecidas por las condiciones de disturbio (por ejemplo *Penstemon campanulatus*), y como consecuencia de ello la sucesión suele ser más tardía o detenida por la constante perturbación. En el estrato rasante, la condición abierta del zacatonal ha provocado un suelo compacto y duro, ocasionando que la cobertura vegetal disminuya considerablemente y es posible que se presenten procesos de erosión y pérdida de suelo. Este perfil se localiza en la parte central de la zona de estudio, con exposición Sur y pendiente de 25°, a una altitud de 3,033 m s.n.m. Además presenta alto grado de perturbación por el fuego y el ganado.

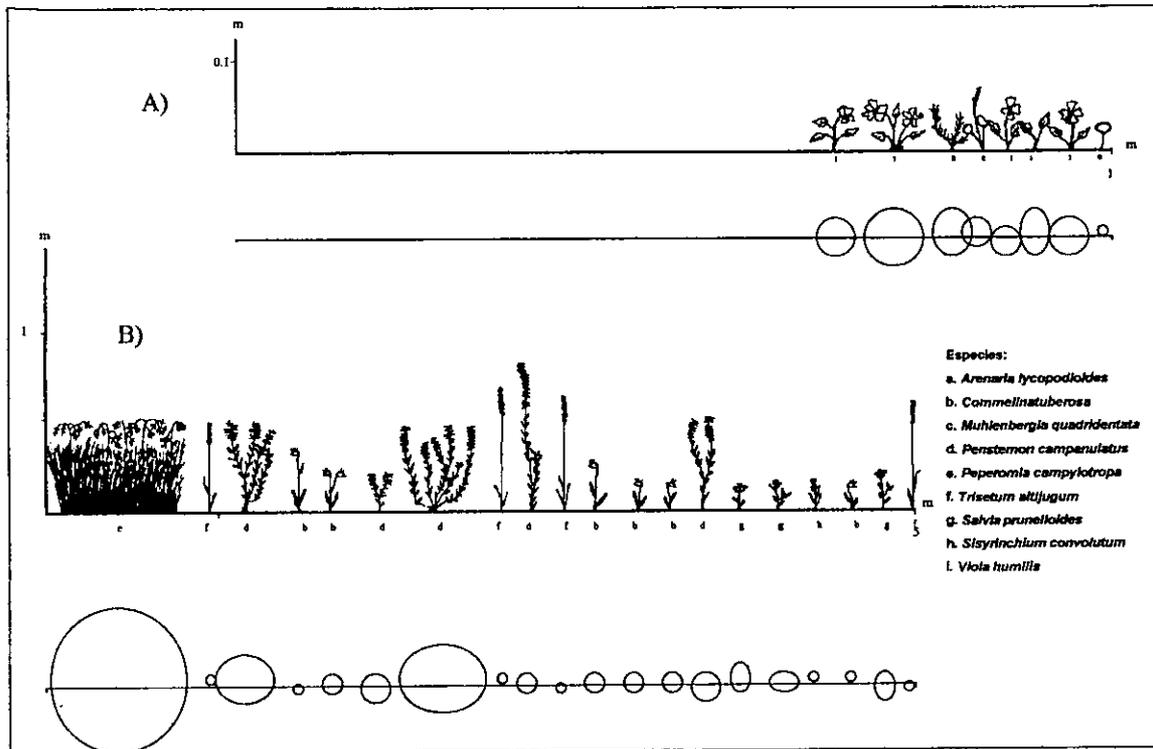


Figura 6. Perfil vertical y horizontal del zacatonal subalpino abierto, con dominancia de elementos no graminoideos, para el estrato rasante (A) y herbáceo (B).

La utilización del método de Braun-Blanquet (1979), aplicado a la vegetación del zacatonal subalpino (Anexo C), permite definir las siguientes comunidades vegetales, dominada por gramíneas:

I. Asociación *Muhlenbergia macroura-Festuca amplissima* (2,995-3,075 m s.n.m.)

Fisionomía. Esta asociación presenta dos estratos principales, el herbáceo y el rasante, además de uno arbustivo muy poco frecuente en los muestreos. La dominancia está dada por el estrato herbáceo, con una cobertura promedio del 85%, compuesta en su mayoría por gramíneas. Su cobertura promedio es del 74%, de hasta 2 m por las gramíneas amacolladas *Festuca amplissima*, *Muhlenbergia macroura*, *Festuca toluensis* y *Muhlenbergia quadridentata*. Por otra parte, el estrato rasante presenta una cobertura del 12% en promedio, además del 3% de musgos y hongos, que predominan en hábitat más húmedos. Entre sus límites altitudinales superior e inferior se encuentra rodeado por un bosque de

Pinus montezumae de 8 a 12 m de altura.

Composición. Las especies diagnósticas son *Festuca amplissima*, con cobertura promedio de 33%, *Muhlenbergia macroura* 22%, *Muhlenbergia quadridentata* con 9%. Además de las anteriores, son diagnósticas *Commelina tuberosa*, *Festuca tolucensis*, *Trisetum altijugum*, *Agrostis schaffneri* y *Penstemon campanulatus*. Entre las especies acompañantes se encuentran *Trifolium amabile*, *Arenaria lycopodioides*, *Halenia brevicornis*, *Eryngium carlinae*, *Alchemilla procumbens*, *Stevia ovata*, *Gutierrezia alaimanii*, *Viola humilis*, *Potentilla staminea*, *Gnaphalium conoideum*, *Hypericum silenoides* y *Gnaphalium sarmentosum*, entre otras.

Ecología y distribución. Esta asociación se encuentra presente en todos los valles y laderas del área de estudio, con pendientes que van de 0° a 25° (promedio de 6°). En esta comunidad se presenta un promedio del 13% de suelo expuesto, dentro del cual se encuentra la presencia de rocas (1% en promedio), piedras y piedritas (<1%). En los suelos predominan andosoles de color negro y café oscuro, compuestos por arena, arcilla y limo, así como materia orgánica. La profundidad del suelo es de más de 50 cm y el pH es ligeramente ácido (5.0 a 6.0) en la capa superficial. El máximo desarrollo de estas comunidades es al parecer en zonas de acumulación (Fotografías 3 y 8).

Se encontraron evidencias de pastoreo, cultivo y caza, además de especies indicadoras de perturbación por fuego (por ejemplo *Penstemon campanulatus* y *Lupinus aschenbornii*).

Dentro de esta asociación sobresale la presencia de varias subasociaciones, de las cuales las más notorias son:

I. 1 Subasociación *Heliopsis procumbens-Festuca amplissima* (3,002-3,035 m s.n.m.)

Fisionomía. Tiene las mismas características generales de la asociación, con dominancia de gramíneas; sin embargo, esta subasociación está definida por especies del estrato rasante.

Composición. Las especies que se encuentran en esta subasociación son *Heliopsis procumbens*, *Plantago alismatifolia*, *Hedeoma piperitum*, con coberturas que van del 0 al 5% para cada una de ellas, y *Asclepias pringlei*. Además se presentan musgos y hongos, con coberturas de 1 a 10% y 0 a 5%, respectivamente.

Ecología y distribución. Esta subasociación se desarrolla en los terrenos más húmedos de la zona, como lo demuestran *Heliopsis procumbens*, los musgos y los hongos, que se desarrollan en este tipo de suelos.

I. 2 Subasociación *Piptochaetium fimbriatum-Festuca amplissima* (3,014-3,020 m s.n.m.)

Fisionomía. En este caso las características fisionómicas cambian un poco, igualándose las coberturas promedio de las dos gramíneas dominantes (*Festuca amplissima* 30% y *Muhlenbergia macroura* 29%) y disminuyendo considerablemente la cobertura de *Muhlenbergia quadridentata* (1% en promedio). En esta subasociación el zacatonal suele ser más abierto.

Composición. Las especies diagnósticas son *Piptochaetium fimbriatum* (con cobertura promedio del 6%) y *Muhlenbergia pusilla* (con el 9%), además de *Jaegeria hirta*, *Bidens anthemoides*, *Villadia batesii* y *Viola painteri*.

Ecología y distribución. Se encuentra en suelos de menor profundidad (de 30 a 50 cm), en donde se registra la mayor cobertura de rocas (hasta el 10%), presenta evidencias de pastoreo excesivo y fuego (Fotografía 5).

I. 3 Subasociación *Eryngium bonplandii-Festuca amplissima* (3,023-3,026 m s.n.m.)

Fisionomía. Esta subasociación es dominante fisionómicamente por *Muhlenbergia macroura* (con cobertura de 30 a 50%) (figura 5), por lo que la altura del estrato herbáceo es menor (1 a 1.3 m), mientras que *Festuca amplissima* presenta coberturas que van de 25 a 30%.

Composición. Las especies diagnósticas son *Eryngium bonplandii* (<1 a 5% de cobertura), *Lepechinia caulescens* (coberturas de 0 a 5%) al igual que *Cerastium nutans*, además se encuentran *Stevia tephra*, *Oxalis hernandesii* y *Astragalus lyonnetii*.

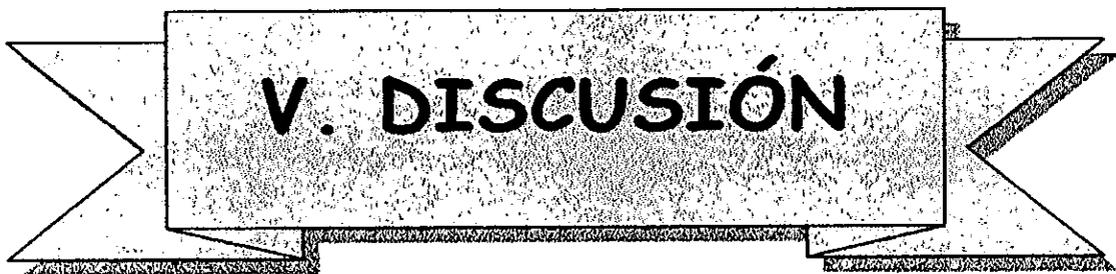
Ecología y distribución. Se encuentra en zonas con menor grado de perturbación (pastoreo y pisoteo), por lo que el suelo es más poroso, menos compacto y con ello mayor grado humedad. Además, la mayoría de las especies crecen entre las gramíneas amacolladas, protegidas de la insolación y teniendo a éstas como soporte, debido a que su forma de crecimiento es decumbente.

II. Asociación *Triticum aestivum*-*Avena sativa* (3,000-3,070 m s.n.m.)

Fisionomía. La dominancia obedece a la presencia de gramíneas de cultivo (*Avena sativa*) con más del 90% y altura que va de 1.5 a 1.7 m (Fotografía 7).

Composición. Las dos únicas especies diagnósticas del estrato herbáceo son *Avena sativa*, con más del 90% de cobertura y *Triticum aestivum*, con coberturas del 1%. También se presentan especies acompañantes con coberturas inferiores al 1%, sobre todo del estrato rasante, como son *Trifolium amabile*, *Taraxacum officinale*, *Chaptalia seemannii*, *Achillea millefolium*, entre otras.

Ecología y distribución. Esta asociación de origen antropogénico se desarrolla principalmente en la parte noroeste del zacatonal en estudio. Por ser un cultivo de temporal, dicha asociación sólo se puede ver en determinadas épocas del año (Fotografías 1 y 11).



V. DISCUSIÓN

En el zacatonal subalpino se encontró principalmente hierbas espermatófitas de dos tipos: gramínoideas y no gramínoideas para el estrato herbáceo, con algunos elementos arbustivos enanos (Anexo B), que no exceden el tamaño de las gramíneas y que se encuentran aislados en parches o individualmente. Aunque no fueron censados, se observó en esta vegetación algunos individuos arbóreos aislados de *Pinus montezumae*, cuyos individuos conforman un bosque en los alrededores de este zacatonal (Fotografías 4 y 6).

Florísticamente, las familias con mayor número de especies son Compositae, seguido de Gramineae, Caryophyllaceae y Leguminosae con 43, 14, 9 y 8 especies, respectivamente (Anexo A). Este orden concuerda con lo que menciona Coupland (1979) para los pastizales templados. Además los géneros *Stevia*, *Gnaphalium*, *Muhlenbergia* y *Astragalus* son los que contribuyeron con el mayor número de especies.

Coupland (1979) sostiene que si las condiciones ambientales son favorables, la influencia del hombre es mínima y la variación en la topografía es significativa, se observa un incremento en el número de microhábitats, con lo cual se aumenta también el número de especies, estimando que la riqueza específica puede llegar a 200 taxa en un pastizal templado. En nuestro caso el número de especies es elevado, a pesar de la perturbación existente, ya que se identificaron 155 especies (Anexo A).

Es posible que esta alta diversidad se promueva principalmente por la humedad del suelo y la menor competencia por la luz solar, ya que esta comunidad carece de un estrato arbóreo. Por otra parte, existe una clara influencia florística de otros tipos de vegetación que se encuentran relativamente cercanos al zacatonal. Entre ellos cabe destacar los bosques de *Pinus*, *Quercus* y *Abies*, ya que más del 55% de las especies identificadas para el zacatonal se encuentran también en estos bosques (Anexo B). Otras comunidades de la región son los matorrales, zacatonales alpinos y otras comunidades de tipo azonal.

Las especies de gramíneas con mayor importancia encontradas en el zacatonal subalpino en estudio por alguno de los atributos (dominancia, densidad o frecuencia), fueron *Festuca amplissima*, *F. toluensis*, *Muhlenbergia macroura*, *M. quadridentata* y *Trisetum altijugum*, la mayoría de estas especies las menciona Rzedowski (1978) en pastizales montanos. Además, el mismo autor menciona los géneros más comunes en estos pastizales, de los cuales *Arenaria*,

Carex, Cerastium, Cirsium, Draba, Eryngium, Gnaphalium, Lupinus, Luzula, Phacelia, Plantago, Potentilla, Senecio y *Trisetum* concuerdan con los géneros identificados en este estudio. En cuanto a las pteridófitas, *Asplenium* y *Polypodium* concuerdan con los géneros mencionados por Rzedowski (1978) para los pastizales.

Las gramíneas dominan el estrato herbáceo en esta vegetación, con un 90% o más de biomasa, siendo las tribus Avenae y Festuceae especialmente características de pastizales templado-fríos (Coupland, 1979).

En el zacatonal estudiado las plantas perennes son las más representativas (76% de las taxa), seguido de la anual con el 24%. Según Coupland (1979), el hábitat anual no es común en los pastizales naturales, excepto cuando existe un alto grado de aridez y/o perturbación. Esto indica que el zacatonal en estudio presenta posiblemente un grado de perturbación bajo a mediano.

Por otra parte, la presencia de las formas de crecimiento erecta y amacollada, que en conjunto representan el 62% de las especies del zacatonal, indican de manera indirecta, la existencia de un estrato herbáceo dominante y que puede estar más o menos conservado, ya que sólo se presenta un 4.5% de especies arbustivas, las cuales generalmente son indicadoras de perturbación, sobre todo en un zacatonal (Audesirk y Audesirk, 1996).

En cuanto a la afinidad de la flora registrada en el zacatonal, a nivel de familia, se encontró que el 44% tiene afinidad con el reino Holártico, el 25% afinidad con el reino Pantropical y el 31% es cosmopolita. A nivel de género se encontró un 53% de afinidad con el reino Holártico, 39% con afinidad al reino Pantropical y 8% cosmopolita. Estos datos indican, en primera instancia la gran importancia que tiene esta región por ser una zona en la cual confluyen dos regiones florísticas, con un número importante de especies para cada una. Además, resulta interesante la elevada cantidad presente de la flora con afinidad al reino Pantropical, ya que por la altitud y el clima, se esperaría un porcentaje menor. Otro dato de gran importancia, resultante de la revisión bibliográfica, es que el 27.7% de las especies que se encuentran en este zacatonal son endémicas de México.

Un punto interesante de la composición florística del zacatonal, es que el 36% de las especies identificadas tienen o presentan algún tipo de aprovechamiento para el hombre (Cuadro 3). Destacan los usos medicinal, ornamental, comestible, como forraje y de

herramientas domésticas (Cuadro 4). Las especies *Symphoricarpos microphyllus*, *Tagetes lunulata*, *Viola painteri* y *Erigeron galeottii* son las de mayor potencialidad, ya que presentan varios usos, mientras que las especies con propiedades medicinales son las más abundantes (25% de las especies).

Coupland (1979) afirma que pocas especies de pastos están lo suficientemente adaptadas a fungir como dominantes en un hábitat de pastizal particular, en donde frecuentemente 2 ó 3 especies proveen el 60% o más de la biomasa total. La anterior afirmación concuerda con los resultados de este estudio, ya que tres especies comparten la dominancia: *Festuca amplissima*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Muhlenbergia macroura* con 37%, 21% y 11% de cobertura respectivamente (Cuadro 5).

La complejidad de la cobertura vegetal de los pastizales es mucho más grande de la que se tiene, debido a que suele ser una comunidad multi-estratificada (Coupland, 1979). Generalmente las especies de pastos y herbáceas altas se mezclan con especies de estatura baja que ocupan el estrato rasante, ambos dominantes y asociados (Figuras 4, 5, 6). Estas especies comparten diferentes adaptaciones: en la parte reproductiva, en la forma de crecimiento, en el tipo de vida o en las adaptaciones fisiológicas especializadas, entre otras.

Con relación a lo establecido anteriormente, el zacatonal subalpino de la localidad estudiada cumple con los puntos expuestos, y reafirmandolos, ya que el dosel principal está dominado por gramíneas amacolladas y altas de las especies *Festuca amplissima*, *F. tolucensis*, *Muhlenbergia quadridentata* y *M. macroura* (Cuadro 5, Figuras 4 y 5), pero, por otro lado, también es importante el estrato rasante en donde la dominancia está representada por las herbáceas *Trifolium amabile*, *Viola humilis*, *Heliopsis procumbens* y *Alchemilla procumbens* (Cuadro 5, Figuras 4 y 5), por lo que ambos estratos se comparten y complementan formando de esta manera la comunidad o asociación con su respectiva composición florística.

Es de gran importancia mencionar que en el estrato herbáceo la dominancia, en relación a la frecuencia y densidad, no está representada por las gramíneas amacolladas, sino por las especies *Trisetum altijugum*, *Commelina tuberosa*, *Sisyrinchium convolutum* y *Lithospermum strictum* (Cuadro 5). Todas ellas herbáceas con forma de crecimiento erecto. En los valores de importancia se observa la competitividad entre las especies indicando que, no sólo la cobertura, densidad o frecuencia pueden definir la característica dominante y competitiva de una

especies. Además, posiblemente deben haber otros factores que influyen, pero que son desconocidos.

En el estrato rasante existe una menor complejidad al definir las especies más importantes, ya que los atributos (cobertura, densidad, y frecuencia relativas) concuerdan con los valores de importancia, resultando de esta manera que *Trifolium amabile*, *Viola humilis*, y *Heliopsis procumbens* son las más relevantes, indicando con ello la homogeneidad en las especies en cuanto a sus características adaptativas y competitivas (Cuadro 5).

La vegetación se manifiesta en asociaciones, las cuales se pueden repetir en condiciones ecológicas similares. La conformación de asociaciones vegetales tiene la finalidad de entender las interacciones presentes en la comunidad, para ello se empleó, en este caso, el método descrito por Braun-Blanquet. Determinando con ello dos asociaciones para el zacatonal en estudio.

De las dos asociaciones fitosociológicas obtenidas, la compuesta por *Muhlenbergia macroura-Festuca amplissima* (Fotografías 3 y 8), se encuentra prácticamente en todo el zacatonal subalpino. Por otra parte, la asociación formada por *Triticum aestivum-Avena sativa* (Fotografías 1 y 7), carece de importancia ya que su presencia en esta zona, es dependiente totalmente del hombre. Por lo que de manera natural sería casi imposible que se formara dicha asociación. En términos ecológicos es importante, ya que interactúa con la comunidad en general, por encontrarse en forma de islas dentro del zacatonal subalpino (Fotografía 1). Teniendo influencia sobre los componentes bióticos y abióticos, aunque dicha influencia suele ser negativa.

En la asociación *Muhlenbergia macroura-Festuca amplissima* se encontraron tres subasociaciones. La primera de ellas está dada por *Heliopsis procumbens-Festuca amplissima*, que se localiza en los lugares más húmedos del zacatonal, debido a encharcamientos e inundaciones temporales. La segunda subasociación está representada por *Piptochaetium fimbriatum-Festuca amplissima*, que se presenta en los sitios perturbados por ganado vacuno y lanar (Fotografía 4). Esta perturbación suele ser muy significativa, ya que modifica la composición florística de los estratos. Esto es más evidente en el estrato rasante, debido las actividades del ganado como son el consumo de especies apetecibles, el pisoteo y la compactación del suelo (Rzedowski, 1978).

La última subasociación encontrada en el zacatonal es la que está representada por *Eryngium bonplandii-Festuca amplissima*. En dicha subasociación sobresale la presencia de *Muhlenbergia macroura* como dominante, invirtiendo los papeles con *Festuca amplissima*. Aquí es donde se observa menor grado de perturbación. Velázquez (1993) reporta para el volcán Pelado un pastizal con dominancia de *Muhlenbergia macroura*, con una composición semejante a la asociación aquí descrita.

De acuerdo con los resultados, la comunidad en estudio, se define como zacatonal subalpino, (Rzedowski, 1978; Gaussen y Barruel, 1964). Sin embargo, Velázquez (1996) la define como zacatonal denso subalpino inducido, que se ajusta muy bien para el zacatonal en estudio, considerando los siguientes atributos: i) presentar gramíneas en forma de zacatones amacollados y altos como dominantes, ii) estar dentro del intervalo altitudinal establecido para ser considerado como subalpino (2,800 a 4,000 m s.n.m.), iii) presentar una comunidad muy densa y iv) por la influencia directa o indirecta del hombre, que evita la sucesión natural en este tipo de comunidades.

Este zacatonal subalpino pertenece a la zona de mediana montaña (Rzedowski, 1975b), que se encuentran entre los 3,000 y 3,075 m s.n.m., en terrenos denominados como altiplanicie de acumulación. Este autor destaca también que existen algunas comunidades que se desarrollan por debajo de los 4,000 m, que presentan cierto grado de influencia del hombre y que por lo tanto no son consideradas naturales. INEGI (1976) reporta una comunidad similar como un pastizal inducido. Lo más probable es que a la vegetación clímax le corresponde a un bosque de *Pinus* o *Quercus* (Rzedowski, 1978), por lo que este zacatonal pertenece a una fase de sucesión, posiblemente mantenida así para fines de aprovechamiento para la ganadería. Álvarez del Castillo (1987) sostiene que una de las comunidades más deterioradas, en cuanto a su desplazamiento por un pastizal amacollado, es el bosque de *Pinus hartwegii*. Benítez (1988) sugiere que el establecimiento de dichos zacatonales se da después de eventos de tala y quema del bosque.

Los pastizales cubren generalmente áreas en regiones templadas y tropicales, pero ello ocurre principalmente en zonas climáticas con pronunciada estación seca (Rzedowski, 1978; Axelrod, 1985). Los pastizales han sido descritos como un tipo de vegetación que está sujeto a periodos secos (Wilson, 1988). De igual manera, el zacatonal subalpino en estudio presenta dos

momentos estacionales muy pronunciados, una estación de sequía y una de lluvias (Fotografías 1 a 11).

De acuerdo con Coupland (1979), el clima controla los componentes bióticos directamente, exhibiendo una marcada periodicidad en la precipitación, condicionando así una región. Por otra parte, menciona que el suelo lixiviado en pastizales templados, es limitado por la escasez de percolación del agua y por la baja solubilidad de los minerales en una solución básica y la lentitud de la formación de humus. Como consecuencia de ello, en los suelos de los pastizales templados hay abundancia de materia orgánica a grandes profundidades, alcanzando para el zacatonal en estudio, profundidades de hasta un metro. En relación a ésto, Velázquez (1996) en un estudio realizado en esta zona, menciona profundidades del suelo de hasta tres metros, sobre todo en los valles.

El clima y el suelo frecuentemente, en combinación con la topografía provocan condiciones microclimáticas diferentes, produciendo un clima zonal y el desarrollo de un ecosistema azonal localmente, en los cuales dominan plantas y animales no característicos de la región (Coupland, 1979). La relación que se establece entre varios de los factores abióticos ha producido que en el zacatonal en estudio, sobre todo en el estrato rasante, se encuentren algunas colonias aisladas de ciertas especies adaptadas a diferentes condiciones. Un ejemplo de ello son las especies que crecen en zonas inundables (por ejemplo *Pedicularis mexicana*, *Peperomia campylotropa* y *Viola hookeriana*), o aquellas que crecen en suelos poco profundos y rocosos (por ejemplo *Villadia batesii*) (Fotografía 5).

Otro factor abiótico importante en los pastizales es el fuego (Rzedowski, 1978; Coupland, 1979), que restringe el crecimiento de los árboles y arbustos, ya que sus yemas o brotes se encuentran en una posición vulnerable. Por lo anterior, no es sorprendente encontrar que la forma biológica con mayor importancia en la comunidad son hierbas, con formas de vida hemcriptófito, geófito y terófito (Cuadro 1). Todas ellas tienen la característica principal de tener yemas por debajo o a nivel del suelo, con lo cual disminuyen el efecto negativo del fuego. Es posible, que esta sea la razón por la cual la presencia de elementos arbóreos es mínima en esta asociación; en el área de estudio se observaron muy pocos individuos arbóreos en el zacatonal, siendo más evidentes cerca del bosque.

En la zona estudiada el fuego es provocado con el fin de estimular la producción de

brotos tiernos de las gramíneas para alimentar al ganado en la época seca (Fotografía 9). Sin embargo, esta acción tiene consecuencias desfavorables sobre la flora y fauna. En la mayoría de los casos el fuego no es controlado, y por acción de los vientos se propaga hacia zonas forestales, afectándoles de manera variable dependiendo de la intensidad de la perturbación (Fotografía 10). El fuego cambia radicalmente la composición florística del lugar y evita la sucesión natural de la vegetación, y puede provocar además la pérdida de cobertura vegetal herbácea, la aparición de arbustos nocivos, la erosión del suelo y la desertificación del lugar.

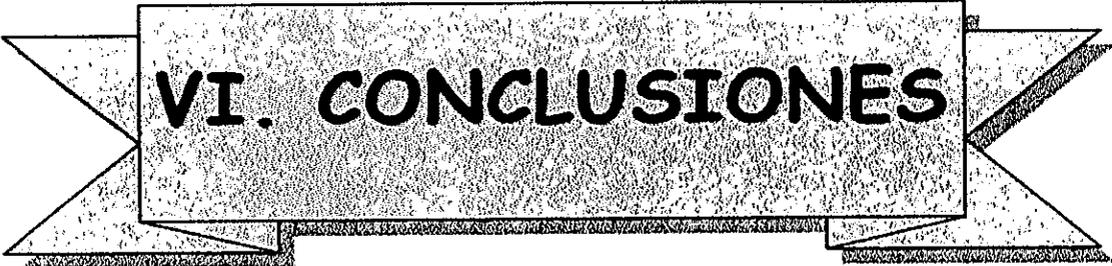
Otra perturbación constante, es aquella producida por la ganadería y el pastoreo excesivo que traen consecuencias graves. Dependiendo del tipo de ganado, el cual es selectivo en cuanto a su alimentación por lo que se tienen distintos grados de influencia negativa. El ganado vacuno se alimenta de las gramíneas y el pisoteo de este compacta el suelo; el ganado ovino consume generalmente plantas herbáceas y el ganado caprino se alimenta de plantas leñosas, favoreciendo a otras especies (Audesirk y Audesirk, 1996). Madrigal (1967) menciona que la alteración por el ganado ovino en las zonas montañosas es muy intensa, ya que destruye las plantas jóvenes y sus partes terminales y tiernas son aprovechadas como forraje durante la época seca. El zacatonal subalpino en estudio sostiene dos tipos de ganado: el vacuno y el ovino. Ambos ganados modifican considerablemente la composición florística, ya que por una parte el pisoteo compacta el suelo e impide el drenaje, cambiando las características físicas del sustrato, y por otra el consumo de herbáceas selectivas, así como algunas gramíneas tiernas de las especies *Muhlenbergia pusilla* y *Piptochaetium fimbriatum* (Martínez, 1980).

La agricultura es otro factor que debe considerarse para entender la distribución actual del zacatonal subalpino, ya que esta vegetación es desplazada para dar lugar a los cultivos alterando con ello al ecosistema (Fotografías 1, 6 y 7). En la zona de estudio se cultiva la avena (*Avena sativa*) además, López-Paniagua *et al.* (1996) reportan el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), papa (*Solanum sp.*) y zanahoria (*Dauciscus carota*) para esta región. El uso de maquinaria y tractores (Fotografía 2) contribuye y acelera el cambio de uso de suelo. Esta práctica tiene sus desventajas, ya que después de cosechar se deja sin cubierta vegetal las áreas, permitiendo la desecación, erosión y la pérdida de suelo fértil (Fotografía 11).

El tipo de relieve y las características geográficas de la zona de estudio son favorables

para varias actividades económicas: forestal, agricultura de temporal, extracción de material, pero estas actividades humanas al extenderse e intensificarse en los últimos años han dado origen a un profundo deterioro del paisaje, que se expresa en cambios de uso de suelo, que va de forestal a agrícola y de esta a urbano.

Finalmente, en este estudio se demostró que una colecta intensiva ayuda a conocer más profundamente la flora, que el uso de las técnicas de vegetación que discuten Braun-Blanquet (1979) y Canfield (1941). La colecta registró 155 especies, mientras que el método fitosociológico de Braun Blanquet registró 106 especies y en el de intercepción lineal de Canfield sólo 97 especies. Esto se debe principalmente a que la colecta intensiva no tiene limitaciones o reglas que seguir, ya que no evalúa la vegetación, sino la flora, y por lo tanto no se aplica a un área lo más homogéneamente posible, como el fitosociológico de Braun-Blanquet, o registra sólo las especies que se interceptan en un transecto como el de la línea de Canfield. Por tal razón es recomendable en un estudio de flora y vegetación, realizar colectas intensivas con la finalidad de conocer de una manera más significativa y profunda la flora del lugar de estudio y por ende su diversidad.



VI. CONCLUSIONES

Según las características florísticas y de vegetación (fisionomía y estructura) encontradas para la comunidad en estudio, ésta corresponde a un zacatonal subalpino denso inducido. Se desarrolla en las altiplanicies intermontanas de la Sierra Chichinautzin entre los 2,900 y 3,100 m s.n.m., sobre todo en las planicies de acumulación.

Las 155 especies encontradas para esta vegetación, se considera como una diversidad florística elevada, aún con la perturbación producida por el ganado, el fuego y el hombre. En un pastizal templado subhúmedo y natural, se reporta que la diversidad florística se encuentra alrededor de las 200 especies (Coupland, 1979).

La composición florística de la comunidad presenta especies propias del zacatonal, así como de otros tipos de vegetación correspondientes al intervalo altitudinal subalpino, como son los bosques de *Pinus*, *Abies* y *Quercus*. Su influencia se traduce en un 55% de las especies identificadas para el zacatonal como compartidas con alguno de los tipos de vegetación antes mencionados. Por otro lado, es importante el número de malezas favorecidas por la perturbación, que alcanza un 32% de las especies identificadas para el zacatonal.

La flora del zacatonal subalpino está especialmente adaptada para soportar las condiciones adversas provocadas natural o artificialmente. Las especies presentan varias formas de adaptación con la finalidad de ser competitivas; tal es el caso de su forma de vida (hemcriptófito y geófito) y su forma de crecimiento (erecto y decumbente), los cuales son las características más importantes para la competencia en esta comunidad.

Las características físico-ambientales le proporcionan a la comunidad una alta riqueza y diversidad de especies vegetales, confiréndole una gran importancia para su conservación y manejo. Estas mismas características físico-ambientales condicionan algunos microambientes, produciendo la aparición de pequeñas comunidades azonales y exclusivas, en donde se desarrollan especies particulares. Por otra parte, las gramíneas amacolladas condicionan ambientes y en algunos casos microambientes, en donde se desarrolla un estrato rasante importante para la protección del suelo.

Las prácticas antropógenas (ganadería, agricultura y fuego) están provocando consecuencias graves al ecosistema, al realizar un cambio de uso de suelo muy acelerado. Con

ello se está cambiando la composición florística y destruyendo el hábitat natural (de aves, mamíferos y reptiles reportados para la zona). Aunado a lo anterior, se realiza en la zona extracción de piedra, madera, suelo e incluso especies vegetales, lo cual incrementa la velocidad de la pérdida de hábitat y biodiversidad.

Finalmente, una colecta intensiva incrementa considerablemente el número de especies y por lo tanto la diversidad registrada para un ambiente o comunidad. En consecuencia, se recomienda siempre realizar estas colectas intensivas, para conocer y registrar la diversidad de los lugares en estudio, antes de que se pierdan por el mal manejo de los recursos naturales.

LITERATURA CITADA

- ☞ Aguayo, C. J., C. S. Marín y D. F. Sánchez. 1989. **Evolución geológica de la Cuenca de México**. Simposio Tópicos Geológicos de la Cuenca del Valle de México. Sociedad de Mecánica de Suelos A. C. México, D. F. pp. 25-41.
- ☞ Aguilera, H. N. 1965. **Suelos de Ando. Génesis, morfología y clasificación**. Serie de Investigación No. 6 Escuela Nacional de Agronomía. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ☞ Aguilera, H. N. 1969. **Geographic distribution and characteristics of volcanic ash soils in México**. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánica de América Latina. Turrialba, Costa Rica. A-6.
- ☞ Almeida, L., A. M. Cleef, A. Herrera, A. Velázquez e I. Luna. 1994. El zacatonal alpino del volcán Popocatepetl, México, y su posición en las montañas tropicales de América. *Phytocoenologia*, 22(3):391-436.
- ☞ Alvarez del Castillo, C. 1987. **Estudio de la vegetación de la Sierra del Ajusco**. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Departamento de Prehistoria. Cuaderno de Trabajo Num. 33. México, D. F.
- ☞ Álvarez, R. L. 1998. **Propuesta de comunicación para dar a conocer el corredor biológico Chichinautzín a su población**. Tesina de Licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 53 pp.
- ☞ Anaya, A., R. Hernández y X. Madrigal. 1980. **Los suelos de un transecto altitudinal del declive Occidental del Iztaccíhuatl, México**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 65. México, D. F. 64 pp.
- ☞ Arana, L. y H. Delgado. 1997. **Pelado volcano in Southern city, a young monogenetic volcano (<1,000 years old) and its posible impact in human settlements, IAVCEI**. 123 pp.
- ☞ Aranda, J. M., C. Martínez, L. C. Colmenero y V. M. Magallón. 1980. **Los mamíferos de la Sierra del Ajusco**. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario del Departamento del Distrito Federal. México, D. F. 146 pp.
- ☞ Audesirk, T. y G. Audesirk. 1996. **Biología: La vida en la Tierra**. 4a. ed. Simon & Schuster Company. Prentice Hall, USA.

- ☞ Ávila, V. 1998. **Cartografía, geología y estratigrafía del Grupo Chichinautzin, en el área de Tepoztlán, Morelos.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 59 pp.
- ☞ Axelrod, D. I. 1985. Rise of the grassland biome, central North America. **Bot. Rev.**, 51:163-201.
- ☞ Ayala, H. 1984. **Estudio faunístico de abejas (Apoidea) en el estado de Morelos.** Comisión de Biología de Campo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 66 pp.
- ☞ Beaman, H. 1962. The timberline of Iztaccíhuatl and Popocatepetl, México. **Ecology**, 43(3):377-385.
- ☞ Beaman, H. 1965. A preliminar ecological study of the alpine flora of Popocatepetl and Iztaccíhuatl. **Bol. Soc. Bot. Mex.**, 29:63-75.
- ☞ Benites, B. G. 1988. Efectos del fuego en la vegetación herbácea de un bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. de la Sierra del Ajusco. En: Rapaport, H. E. y A. R. I. López-Moreno (eds.) **Aportes a la ecología urbana de la Ciudad de México.** Limusa, México, D. F. pp. 111-152.
- ☞ Bloomfield, K. 1975. A late Quaternary monogenetic volcano field in central Mexico. **Geologische Rundschau**, 64(2):476-497.
- ☞ Braun-Blanquet, J. 1979. **Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales.** Ed. Blume, España. 820 pp.
- ☞ Cabrera, L. 1999. **La avifauna del Sur del Valle de México: aplicación de un enfoque sinecológico-paisajístico para su conservación.** Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 107 pp.
- ☞ Canfield, R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. **Jour. For.**, 39:388-394.
- ☞ Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. **Mamíferos silvestres de la Cuenca de México.** Limusa. México, D. F. 299 pp.
- ☞ Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. 1964. **Hidrología de la Cuenca del Valle de México.** Tomo I. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, D. F. 2-85, 2-86, 2-87, 2-97, 2-115.

- ☞ Consejo, D. J. y C. Velazco. 1984. **Diseño de una reserva ecológica en el área del derrame del Chichinautzin, estado de Morelos.** Comisión de Biología de Campo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 117 pp.
- ☞ Coupland, R. T. (ed.). 1979. **Grassland ecosystems of the world: analysis of grassland and their uses.** International Biological Programme 18. Cambridge University Press, Great Britain. 401 pp.
- ☞ Cruz, R. 1969. **Contribución al conocimiento de la ecología de los pastizales en el Valle de México.** Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 235 pp.
- ☞ Delgadillo, C. 1985. The volcanic belt of México as barrier and route of migration for mosses. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, 11:41-44.
- ☞ Delgadillo, C. 1987. Moss distribution and the phytogeographical significance of the neovolcanic belt of México. **Journal of Biogeography**, 14:69-78.
- ☞ Delgado, H. y A. L. Martín del Pozo. 1993. Pliocene to Holocene volcanic Geology at the junction of Las Cruces, Chichinautzin and Ajusco, Southwest of Mexico city. **Geofísica Internacional**, 32(3):511-522.
- ☞ Engler, A. y K. Prantl. 1887-1909. **Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und Wichtigen en Arten insbesondere den Nutzpflanzen.** Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- ☞ Escamilla, M. E. 1996. **La vegetación alpina y subalpina del declive occidental del volcán Popocatepetl, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 58 pp.
- ☞ Espinosa, F. J. y J. Sarukhán. 1997. **Manual de malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones.** Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México D. F. 407 pp.
- ☞ Espinosa, G. J. 1962. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente en el declive meridional de la Sierra Chichinautzin. **Bol. Soc. Bot. Méx.**, 27:67-126.
- ☞ Forsythe, W. M., S. A. Gavande y M. González. 1969. **Propiedades físicas de suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina.** Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánica de América Latina. Turrialba, Costa Rica. B-3.

- ☞ Fries, C. 1956. **Bosquejo geológico de las partes centrales y occidentales del estado de Morelos y áreas contiguas de Guerrero y México.** Congr. Geol. Intern. XX Sesión. Libreto Guía de la Excursión C-9. México, D. F.
- ☞ Fries, C. 1960. **Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero. Región central meridional de México.** Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 60. 236 pp.
- ☞ García, E. 1978. **Los climas del Valle de México según el sistema de clasificación de Köppen modificado por la autora.** Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ☞ García, E. 1981. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** 3ª ed. Enriqueta García, Indianápolis 30, México D. F. 241 pp.
- ☞ Gaussen, E. y P. Barruel. 1964. **Flora y fauna de la montaña.** 2ª ed. Editorial Juventud. España. 224 pp.
- ☞ González, H. Y. 1998. **Estudio geomorfológico de la porción oriental de la Sierra Chichinautzin, Cuenca de México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 85 pp.
- ☞ González, M. A. 1986. **Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Edo. de México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 63 pp.
- ☞ Herrera, E. y S. P. Verma. 1978. Paleomagnetic study of Sierra de Chichinautzin, México. **Geofísica Internacional**, 17(2):167-180.
- ☞ Hiroishi, M. S. 1974. **Estudio de algunos perfiles de suelo derivados de cenizas volvánicas de los volcanes Xitle, Teuhtli, Chichinautzin y el Cerro Tres Cumbres.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 42 pp.
- ☞ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1975. Centro de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). **Carta Geológica.** 1:50,000.
- ☞ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1976. Centro de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). **Carta Uso del Suelo.** 1:50,000.
- ☞ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1978. Centro de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). **Carta Edafológica.** 1:50,000.

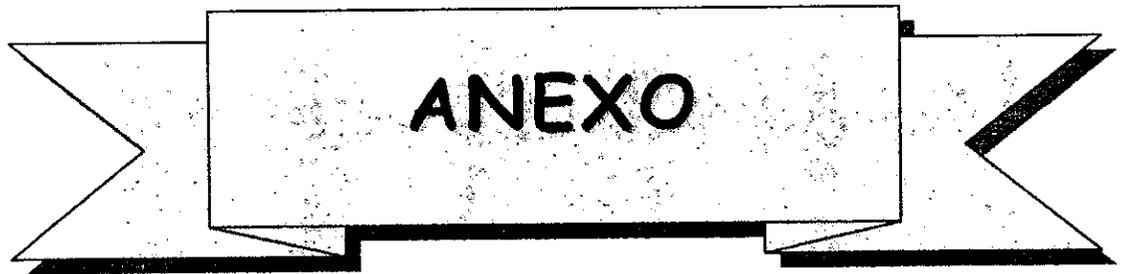
- ☞ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1997. **Cuaderno Estadístico Delegacional. Milpa Alta.** México, D. F. 136 pp.
- ☞ López-Paniagua, J., F. J. Romero y A. Velázquez. 1996. Las actividades humanas y su impacto en el hábitat del conejo zacatuche. En: Velázquez, A., F. J. Romero y J. López-Paniagua (comps.). **Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat.** Ediciones Científicas Universitarias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 119-132.
- ☞ Lot, A. y F. Chiang (comps). 1986. **Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos.** Consejo Nacional de la Flora de México. México, D. F. 142 pp.
- ☞ Lugo, J. 1984. Geomorfología del Sur de la Cuenca de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. **Serie Varia**, 1(8):1-95.
- ☞ Mabberley, D. J. 1987. **The plant book. A portable dictionary of the higher plants.** Cambridge University Press. New York, USA. 706 pp.
- ☞ McDonald, J. A. 1998. Fitogeografía e historia de la flora alpina-subalpina del noreste de México. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). **Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.** Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. pp. 665-686
- ☞ Madrigal, X. 1967. **Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 18. México, D. F. 94 pp.
- ☞ Marquéz, O. I. 1986. **Contribución al conocimiento de la avifauna en la Sierra del Chichinautzin, estado de Morelos.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 42 pp.
- ☞ Martín del Campo, M. 1940. Nota acerca de algunos vertebrados de las lagunas de Zempoala y sus alrededores. **Anal. Inst. Biol. Méx.**, 11:741-743.
- ☞ Martín del Pozzo, A. L. 1980. **Vulcanología en la Sierra Chichinautzin.** Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 131 pp.
- ☞ Martín del Pozzo, A. L. 1982. Monogenetic vulcanism in Sierra Chichinautzin, Mexico. **Bull. Volcanol**, 45(1)

- ☞ Martín del Pozzo, A. L. 1989. **Geoquímica y paleomagnetismo de la Sierra Chichinautzin**. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 135 pp.
- ☞ Martínez, R. 1980. **Identificación, clasificación y evolución nutricional de plantas forrajeras nativas consumidas por los ovinos en la región del Ajusco, D. F.** Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 33 pp.
- ☞ Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D. C.
- ☞ Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. **Bol. Soc. Bot. Méx.**, 28:29-176.
- ☞ Mooser, F. 1956. **Bosquejo geológico del extremo Sur de la Cuenca de México**. Congr. Geol. Intern. Excursión C-9. XX Sesión. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- ☞ Mooser, F. 1957. **Los ciclos del vulcanismo que formaron la Cuenca de México**. Congr. Geol. Intern. XX Sesión. Sección I. Vulcanología del Cenozoico (2º tomo) pp. 337-348.
- ☞ Mooser, F. 1961. Los ciclos del vulcanismo que formaron la Cuenca de México. **Ingeniería y Arquitectura**, 60(3)
- ☞ Mooser, F. 1962. **Bosquejo geológico del extremo Sur de la Cuenca de México**. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 9-15.
- ☞ Mooser, F. 1963. Historia tectónica de la Cuenca de México. **Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.**, 15(11-12):239-246.
- ☞ Mooser, F. 1975. Historia geológica de la Cuenca de México. En: **Memorias de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal**. México, D. F. pp. 9-38.
- ☞ Morán-Zenteno, D. J. 1984. **Geología de la República Mexicana**. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F. 88 pp.
- ☞ Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley & Sons, USA. 547 pp.
- ☞ Palacios, J. G. 1978. **Collembola (Inss.-Apter) asociados a Tillandsia (Monoc. Erom) en el derrame del Chichinautzin, Morelos: su variación estacional y su seriación**

- altitudinal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 170 pp.
- ☞ Pérez, O. T. 1976. **Distribución de Siphonaptera en el derrame lávico del Chichinautzin, Morelos: su interpretación ecológica y biogeográfica.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 156 pp.
- ☞ Piñol, G. M. 1970. **Variación del fenotipo de Agave horrida Lehm. ex Jacobi.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 193 pp.
- ☞ Rojas, A. E. 1984. **Descripción del microhábitat de cinco especies de ratones en la Sierra del Ajusco.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 84 pp.
- ☞ Rzedowski, J. 1954. **Vegetación del Pedregal de San Ángel (D. F., México).** *Anal. Esc. Nat. Cienc. Biol.*, 8(1-2):59-129.
- ☞ Rzedowski, J. 1975a. **An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of Mexico.** *Taxon*, 24(1):67-80.
- ☞ Rzedowski, J. 1975b. **Flora y vegetación en la Cuenca del Valle de México.** En: **Memorias de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal.** México, D. F. pp. 79-134.
- ☞ Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México.** Limusa. México, D. F. 432 pp.
- ☞ Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1979. **Flora fanerogámica del Valle de México. Volúmen I.** Compañía Editorial Continental, S. A. México, D. F. 403 pp.
- ☞ Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1985. **Flora fanerogámica del Valle de México. Volúmen II.** Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN) e Instituto de Ecología. México, D. F. 674 pp.
- ☞ Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1990. **Flora fanerogámica del Valle de México. Volúmen III.** Instituto de Ecología. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, México. 494 pp.
- ☞ Sánchez, O. 1975. **La flora del Valle de México.** Herrero. México, D. F. 519 pp.
- ☞ Shimada, M. K. 1972. **Estudio de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas y de Ando del Ajusco, D. F.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

- ☞ Siebe, C., J. L. Macías, M. Abrams, S. Rodríguez, R. Castro y H. Delgado. 1995. **Quaternary explosive volcanism and pyroclastic deposit in East Central Mexico: implications for future hazards.** Geological Society of America Annual Meeting, New Orleans, Louisiana. Field Trip Guide Book No. 1.
- ☞ Smith, A. R. 1981. **Flora of Chiapas.** California Academy of Sciences. Part 2. Pteridophytes. 370 pp.
- ☞ Takhtajan, A. 1986. **Floristic regions of the world.** University of California Press, USA. 522 pp.
- ☞ Toscana, A. 1998. **Análisis geomorfológico detallado del volcán Ajusco y zonas adyacentes.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 97 pp.
- ☞ Van der Hammen, T., D. Mueller-Dombois y M. A. Little. 1989. **Manual of methods of mountain transect studies (comparative studies of tropical mountain ecosystems).** IUBS/UNESCO-MAB. 66 pp.
- ☞ Velázquez, A. 1992a. Grazing and burning in grassland communities of high volcanoes in México. En: Balslev, H. y J. L. Luteyn (eds.). **Páramo.** Academic Press. New York, USA. pp. 216-231.
- ☞ Velázquez, A. 1992b. Landscape ecology-vegetation map of Tláloc and Pelado volcanoes, México. **ITC Journal**, 3:213-227.
- ☞ Velázquez, A. 1993. **Landscape vegetation ecology of Tláloc and Pelado volcanoes.** Tesis. ITC Enschede, The Netherlands.
- ☞ Velázquez, A. 1994. Multivariate analysis of the vegetation of the volcanoes Tláloc and Pelado, México. **Journal of Vegetation Science**, 5:263-270.
- ☞ Velázquez, A. 1996. **Geoecología del volcán Pelado, México.** Estudio integral enfocado hacia la conservación del conejo zacatuche. En: Velázquez, A., F. J. Romero y J. López-Paniagua (comps.). **Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat.** Ediciones Científicas Universitarias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 102-108.
- ☞ Velázquez, A. y A. M. Cleef. 1993. The plant communities of the volcanoes "Tláloc" and "Pelado", México. **Phytocoenologia**, 22(2):145-191.

- ☛ Wenger, M. J. A. 1974. On concepts and techniques applied in the Zürich-Montpellier method of vegetation survey. **Bothalia**, 11:309-323.
- ☛ Wilson, E. O. (ed.). 1988. **Biodiversity**. National Academic Press, Washington, D. C., USA. 521 pp.
- ☛ Zamora, L. I. y M. P. Barquín. 1997. **Estudio de la relación planta-hombre en los municipios de Mineral del Monte y Mineral del Chico, estado de Hidalgo**. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y Gobierno del Estado de Hidalgo. Serie Científica. Hidalgo, México. 196 pp.



ANEXO

A. LISTA FLORÍSTICA

AMARYLLIDACEAE

Hypoxis mexicana Schult.f.

ASCLEPIADACEAE

Asclepias pringlei (Greenm.) Woods.

BORAGINACEAE

Lithospermum distichum Ortega*Lithospermum strictum* Lehm.

BRASSICACEAE

Brassica campestris L.*Lepidium virginicum* L.*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.*Raphanus raphanistrum* L.*Draba jorullensis* Kunth

CAMPANULACEAE

Lobelia gruina Cav.

CAPRIFOLIACEAE

Symphoricarpos microphyllus Kunth

CARYOPHYLLACEAE

Arenaria bourgaei Hemsl.*Scleranthus annus* L.*Arenaria lycopodioides* Willd. ex Schltldl.*Silene gallica* L.*Arenaria reptans* Hemsl.*Spergula arvensis* L.*Cerastium molle* Bartl.*Stellaria cuspidata* Willd.*Cerastium nutans* Raf.

CHENOPODIACEAE

Chenopodium album L.

COMMELINACEAE

Commelina orchioides Booth*Commelina tuberosa* L.

COMPOSITAE

Achillea millefolium L.*Calea scabra* (Lag.) B. L. Rob.*Artemisia ludoviciana* Nutt.*Chaptalia seemannii* (Sch. Bip.) Hemsl.*Baccharis heterophylla* Kunth*Cirsium ehrenbergii* Sch. Bip.*Baccharis pteronioides* DC.*Conyza coronopifolia* Kunth*Bidens anthemoides* (DC.) Sherff*Conyza schiedeana* (Less.) Cronquist*Bidens odorata* Cav.*Cosmos bipinnatus* Cav.*Bidens triplinervia* Kunth*Erigeron galeottii* (A. Gray) Greene

Eupatorium isolepis B. L. Rob.
Eupatorium pazcuarensis Kunth
Eupatorium ramireziorum J. Espinosa
Gnaphalium conoideum Kunth
Gnaphalium liebmanii Sch. Bip. ex Klatt
Gnaphalium rosaceum I. M. Johnst.
Gnaphalium sarmentosum Klatt
Gutierrezia alaimanii A. Gray
Helenium integrifolium (Kunth) Benth.
Heliopsis procumbens Hemsl.
Hieracium mexicanum Less.
Jaegeria hirta (Lag.) Less.
Sabazia multiradiata (Seaton) Longpre
Senecio cinerarioides Kunth

Senecio silphifolius (B. L. Rob. & Greenm.)
 García-Pérez
Senecio toluccanus DC.
Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.
Sonchus oleraceus L.
Stevia clinopodioides Greenm.
Stevia jorullensis Kunth
Stevia ovata Willd.
Stevia pilosa Lag.
Stevia tephra B. L. Rob.
Stevia tomentosa Kunth
Tagetes lunulata Ortega
Taraxacum officinale F. A. C. Weber
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.
Verbesina virgata Cav.

CRASSULACEAE

Villadia batesii (Hemsl.) Baehni & J. F.
 Macbr.

CYPERACEAE

Carex longicaulis Boeck.
Cyperus apiculatus Liebm.

Cyperus seslerioides Kunth

EQUISETACEAE

Equisetum hyemale L.

EUPHORBIACEAE

Euphorbia furcillata Kunth

Euphorbia hirta L.

GENTIANACEAE

Gentiana sphatacea Kunth

Halenia brevicornis (Kunth) G. Don

GERANIACEAE

Erodium cicutarium (L.) L'Hér.
Geranium aristeecephallum Moore

Geranium potentillaefolium DC.
Geranium seemannii Peyr.

GRAMINEAE

Agrostis schaffneri Fourn.
Avena sativa L.
Blepharoneuron tricholepis (Torr.) Nash
Festuca amplissima Rupr. ex Fourn.
Festuca toluensis Kunth
Muhlenbergia macroura (Kunth) Hitchc.
Muhlenbergia microsperma (DC.) Kunth

Muhlenbergia pusilla Steud.
Muhlenbergia quadridentata Kunth
Piptochaetium fimbriatum (Kunth) Hitchc.
Poa annua L.
Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth
Trisetum alti jugum (Fourn.) Scribn.
Triticum aestivum L.

GUTTIFERAE

Hypericum silenoides Juss.

HYDROPHYLLACEAE

Phacelia platycarpa (Cav.) Spreng.

IRIDACEAE

Sisyrinchium convolutum Nocca
Sisyrinchium scabrum Schldl. & Cham.*Sisyrinchium tenuifolium* Kunth ex. Willd.

LABIATAE

Hedeoma piperitum Benth.
Lepèchinia caulescens (Ortega) Epling
Prunella vulgaris L.
Salvia polystachya Ortega*Salvia prunelloides* Kunth
Stachys coccinea Jacq.
Stachys eriantha Benth.

LEGUMINOSAE

Astragalus guatemalensis Hemsl.
Astragalus lyonnetii Barneby
Astragalus oxyrrhynchus Hemsl.
Astragalus strigosus Kunth*Dalea thouinii* Schrank
Lupinus aschenbornii Schauer
Lupinus geophilus Rose
Trifolium amabile Kunth

LILIACEAE

Calochortus barbatus (Kunth) J. H. Painter
Echeandia mexicana Cruden*Nothoscordium bivale* (L.) Britton
Schoenocaulon pringlei Greenm.

MALVACEAE

Urocarpidium jacens (S. Watson) Krapov.

ONAGRACEAE

Fuchsia microphylla Kunth
Lopezia racemosa Cav.*Oenothera deserticola* (Loes.) Munz
Oenothera pubescens Willd. ex Spreng.

ORCHIDACEAE

Malaxis ehrenbergii (Rchb. f.) Kuntze*Spiranthes aurantiaca* (Llave & Lex.) Hemsl

OXALIDACEAE

Oxalis alpina (Rose) Kunth*Oxalis hernandesii* DC.

PIPERACEAE

Peperomia campylotropa D. W. Hill

PLANTAGINACEAE

Plantago alismatifolia Pilger*Plantago linearis* Kunth

POLYGONACEAE*Rumex acetosella* L.*Rumex obtusifolius* L.**ROSACEAE***Lachemilla pringlei* Fedde*Potentilla rubra* Willd.*Lachemilla procumbens* Rose*Potentilla staminea* Rybd.*Potentilla candicans* Humb. & Bonpl.**RANUNCULACEAE***Thalictrum strigillosum* Hemsl.**RUBIACEAE***Galium uncinatum* DC.*Relbunium microphyllum* (A. Gray) Hemsl.*Hedyotis cervantesii* (A. Gray) Hemsl.*Richardia tricocca* (Torr. & A. Gray) Standl.**SCROPHULARIACEAE***Castilleja lithospermoides* Kunth*Penstemon apateticus* Straw*Castilleja moranensis* Kunth*Penstemon campanulatus* (Cav.) Willd.*Pedicularis mexicana* Zucc. ex Benth.**SOLANACEAE***Physalis pringlei* Greenm.**UMBELLIFERAE***Eryngium bonplandii* F. Delaroche*Eryngium carlinae* F. Delaroche**VALERIANACEAE***Valeriana vaginata* Kunth**VERBENACEAE***Verbena carolina* L.*Verbena elegans* Kunth**VIOLACEAE***Viola ciliata* Schl.*Viola humilis* Kunth*Viola hookeriana* Kunth*Viola painteri* Rose & House

C. TABLA DE TRABAJO OBTENIDA POR EL MÉTODO DE INTERCEPCIÓN EN LÍNEA

i. Tabla de trabajo para el estrato herbáceo

Especie	N	$\sum_{i=1}^N I$	R	$\sum_{i=1}^N I/M$	Densidad	Densidad relativa	Cobertura	Cobertura relativa	F	Frecuencia	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Achillea millefolium</i>	12	72	9	2,7	76,6	0,44	17,1	0,20	0,23	2,05	1,03	1,67
<i>Agrostis schaffneri</i>	59	523	38	7,1	199,7	1,15	124,5	1,47	0,12	4,35	2,18	4,80
<i>Alchemilla procumbens</i>	2	16	2	0,2	6,7	0,04	3,8	0,05	0,12	0,24	0,12	0,20
<i>Asclepias pringlei</i>	5	25	3	0,6	17,5	0,10	6,2	0,07	0,13	0,38	0,19	0,36
<i>Avena sativa</i>	575	5099	10	75,5	2116,8	12,21	1214,0	14,35	0,13	1,31	0,66	27,22
<i>Bidens anthemoides</i>	4	28	3	0,8	22,0	0,13	6,7	0,08	0,20	0,59	0,29	0,50
<i>Brassica campestris</i>	2	20	2	0,3	7,5	0,04	4,8	0,06	0,13	0,27	0,13	0,23
<i>Calochortus barbetus</i>	2	14	1	0,3	7,0	0,04	3,3	0,04	0,13	0,13	0,06	0,14
<i>Carex longicaulis</i>	1	1	1	1,0	28,0	0,16	0,2	0,00	1,00	1,00	0,50	0,67
<i>Cerastium mole</i>	3	12	3	0,9	25,7	0,15	2,9	0,03	0,31	0,92	0,46	0,84
<i>Cerastium nutans</i>	1	8	1	0,1	3,5	0,02	1,9	0,02	0,13	0,13	0,06	0,11
<i>Commelina tuberosa</i>	260	747	67	100,4	2815,3	16,24	177,9	2,10	0,39	25,88	12,96	31,30
<i>Conyza schiediana</i>	7	13	3	4,0	113,0	0,65	3,1	0,04	0,58	1,73	0,87	1,55
<i>Cyperus apiculatus</i>	4	9	3	2,3	63,1	0,36	2,1	0,03	0,56	1,69	0,84	1,23
<i>Equisetum hyemale</i>	21	21	5	21,0	588,6	3,40	5,0	0,06	1,00	5,00	2,50	5,96
<i>Erodium cicutarium</i>	3	14	2	0,8	23,4	0,13	3,3	0,04	0,28	0,56	0,28	0,45
<i>Eryngium bonplandii</i>	2	3	2	1,5	42,0	0,24	0,7	0,01	0,75	1,50	0,75	1,00
<i>Eupatorium isolepis</i>	1	3	1	0,3	7,0	0,04	0,7	0,01	0,25	0,25	0,13	0,17
<i>Euphorbia furcillata</i>	10	20	4	4,7	130,8	0,75	4,8	0,06	0,47	1,87	0,93	1,75
<i>Festuca amplissima</i>	222	12637	61	4,0	111,8	0,64	3008,8	35,56	0,02	1,10	0,55	36,76
<i>Festuca toricensis</i>	52	1897	25	1,3	35,7	0,21	451,7	5,34	0,02	0,64	0,32	5,86
<i>Gentiana sphatacoa</i>	5	21	4	1,1	31,3	0,18	5,0	0,06	0,22	0,89	0,45	0,69
<i>Geranium potentillaeifolium</i>	1	25	1	0,0	1,0	0,01	6,0	0,07	0,04	0,04	0,02	0,09
<i>Gnaphalium conoideum</i>	30	94	14	9,8	275,9	1,59	22,4	0,26	0,33	4,59	2,30	4,16
<i>Gnaphalium rosaceum</i>	8	28	2	2,3	63,5	0,37	6,7	0,08	0,28	0,67	0,28	0,73
<i>Gnaphalium sarmentosum</i>	6	22	2	1,9	52,3	0,30	5,2	0,06	0,31	0,62	0,31	0,68
<i>Gutierrezia stamnei</i>	2	13	2	0,2	6,8	0,04	3,1	0,04	0,12	0,24	0,12	0,20
<i>Halenia bravicornis</i>	58	196	29	20,8	581,8	3,36	46,7	0,55	0,36	10,38	5,20	9,10
<i>Hedeoma piperitum</i>	13	42	8	4,9	136,9	0,79	10,0	0,12	0,38	3,01	1,50	2,41
<i>Heliopsis procumbens</i>	2	9	1	0,2	6,8	0,04	2,1	0,03	0,12	0,12	0,06	0,13
<i>Jaegeria hirta</i>	1	2	1	0,3	9,3	0,05	0,5	0,01	0,33	0,33	0,17	0,23
<i>Lepechinia caulescens</i>	2	18	2	0,4	11,2	0,06	4,3	0,05	0,20	0,40	0,20	0,32
<i>Lithospermum distichum</i>	5	21	3	1,2	33,6	0,19	5,0	0,06	0,24	0,72	0,36	0,61
<i>Lithospermum strictum</i>	49	91	27	30,0	839,5	4,84	21,7	0,26	0,61	16,50	8,26	13,36
<i>Lobelia grana</i>	6	16	6	2,6	72,4	0,42	3,6	0,04	0,43	2,58	1,29	1,75
<i>Lupinus geophilus</i>	1	10	1	0,1	1,9	0,01	2,4	0,03	0,07	0,07	0,03	0,07
<i>Malaxis ehrenbergii</i>	2	25	2	0,2	4,7	0,03	6,0	0,07	0,08	0,17	0,08	0,18
<i>Muhlenbergia macrocarpa</i>	66	4071	33	1,0	28,6	0,17	969,3	11,46	0,02	0,61	0,26	11,88
<i>Muhlenbergia pusilla</i>	2	4	1	0,8	21,0	0,12	1,0	0,01	0,38	0,38	0,19	0,32
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	208	7563	59	7,7	216,5	1,25	1800,7	21,28	0,04	2,19	1,10	23,63
<i>Oenothera deserticola</i>	3	18	1	0,5	14,7	0,08	4,3	0,05	0,18	0,18	0,09	0,22
<i>Penstemon campanulatus</i>	54	845	24	5,1	141,7	0,82	201,2	2,38	0,09	2,25	1,12	4,32
<i>Physalis pringlei</i>	11	79	6	1,6	45,1	0,26	18,8	0,22	0,15	0,88	0,44	0,92
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	9	77	5	1,0	27,0	0,16	18,3	0,22	0,11	0,54	0,27	0,64
<i>Plantago alismatifolia</i>	13	27	6	5,6	157,4	0,91	6,4	0,08	0,43	2,59	1,30	2,28
<i>Plantago linearis</i>	9	67	5	1,1	30,4	0,18	16,0	0,19	0,12	0,60	0,30	0,66
<i>Potentilla staminea</i>	2	20	2	0,1	3,8	0,02	4,8	0,06	0,07	0,13	0,07	0,14
<i>Sabazia multiradiata</i>	1	2	1	0,5	14,0	0,08	0,5	0,01	0,50	0,50	0,25	0,34
<i>Salvia prunellifolia</i>	16	83	7	2,9	78,9	0,46	19,8	0,23	0,18	1,25	0,62	1,32
<i>Senecio cinerariifolius</i>	1	80	1	0,0	0,4	0,00	19,0	0,23	0,01	0,01	0,01	0,23
<i>Sisyrinchium convolutum</i>	57	90	28	41,2	1153,8	6,66	21,4	0,25	0,72	20,22	10,12	17,03
<i>Sisyrinchium scaberrimum</i>	9	18	6	4,5	126,1	0,73	4,3	0,05	0,50	3,00	1,50	2,28
<i>Stevia clinopodioides</i>	8	39	2	1,7	47,0	0,27	9,3	0,11	0,21	0,42	0,21	0,59
<i>Stevia jorullensis</i>	28	105	15	7,9	220,3	1,27	25,0	0,30	0,28	4,21	2,11	3,67
<i>Stevia ovata</i>	66	219	28	22,6	634,2	3,66	52,1	0,62	0,34	9,60	4,80	9,08
<i>Stevia pilosa</i>	4	15	3	1,1	30,4	0,18	3,6	0,04	0,27	0,81	0,41	0,62
<i>Taraxacum officinale</i>	6	16	5	2,1	58,9	0,34	3,8	0,05	0,35	1,75	0,88	1,26
<i>Trifolium amabile</i>	1	4	1	0,1	2,8	0,02	1,0	0,01	0,10	0,10	0,05	0,08
<i>Trisetum altijugum</i>	198	198	63	198,0	6549,7	32,02	47,1	0,56	1,00	53,00	26,53	59,10
<i>Triticum aestivum</i>	21	80	7	5,7	158,7	0,92	19,0	0,23	0,27	1,89	0,94	2,09
Sumatoria					17333,0		8460,7			199,79		300,00

Continuación...

ii. Tabla de trabajo para el estrato rasante

Especie	N	$\sum_{i=1}^N I$	R	$\sum_{i=1}^N I/M$	Densidad	Densidad relativa	Cobertura	Cobertura relativa	F	Frecuencia	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Achillea millefolium</i>	12	50	6	1,5	215,3	0,34	59,5	1,06	0,13	0,77	0,39	1,79
<i>Alchemilla pringlei</i>	15	26	5	8,0	1114,1	1,78	31,0	0,55	0,53	2,65	1,33	3,66
<i>Alchemilla procumbens</i>	70	288	23	17,4	2445,5	3,91	342,9	6,09	0,25	5,73	2,88	12,88
<i>Arenaria bourgaei</i>	2	11	1	0,3	37,5	0,06	13,1	0,23	0,13	0,13	0,07	0,36
<i>Arenaria lycopodioides</i>	64	248	35	17,1	2390,8	3,82	295,2	5,24	0,27	9,33	4,69	13,75
<i>Arenaria reptans</i>	10	37	5	2,8	396,1	0,63	44,0	0,78	0,28	1,41	0,71	2,13
<i>Astragalus lyonnellii</i>	2	14	1	0,2	31,5	0,05	16,7	0,30	0,11	0,11	0,06	0,40
<i>Astragalus oxyrhynchus</i>	7	41	7	1,3	182,2	0,29	48,8	0,87	0,19	1,30	0,65	1,81
<i>Astragalus strigosus</i>	2	6	2	0,4	58,4	0,09	7,1	0,13	0,21	0,42	0,21	0,43
<i>Bidens anthemoides</i>	7	21	6	1,8	246,6	0,39	25,0	0,44	0,25	1,51	0,76	1,60
<i>Blepharoneuron tricholepis</i>	3	16	1	0,6	83,1	0,13	19,0	0,34	0,20	0,20	0,10	0,57
<i>Caposita bursa-pastoris</i>	8	13	5	5,5	770,8	1,23	15,5	0,27	0,69	3,44	1,73	3,23
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	1	6	1	0,2	23,4	0,04	7,1	0,13	0,17	0,17	0,08	0,25
<i>Commelina orchicoides</i>	2	6	1	0,7	93,4	0,15	7,1	0,13	0,33	0,33	0,17	0,44
<i>Cyperus seslerioides</i>	29	53	18	17,9	2510,9	4,02	63,1	1,12	0,62	11,12	5,59	10,72
<i>Chaptalia seemannii</i>	9	58	6	1,6	225,9	0,36	69,0	1,23	0,18	1,07	0,54	2,13
<i>Dalea thoutii</i>	32	127	24	8,1	1128,7	1,80	151,2	2,88	0,25	6,04	3,04	7,52
<i>Draba jorullensis</i>	4	13	2	1,0	144,8	0,23	15,5	0,27	0,26	0,52	0,26	0,77
<i>Erodium cicutarium</i>	27	83	10	7,4	1038,4	1,66	98,8	1,75	0,27	2,74	1,38	4,79
<i>Eryngium carlinae</i>	16	123	14	2,9	400,2	0,64	146,4	2,80	0,18	2,50	1,26	4,49
<i>Euphorbia furcillata</i>	11	20	4	6,2	868,9	1,39	23,8	0,42	0,56	2,25	1,13	2,95
<i>Euphorbia hirta</i>	12	58	4	3,6	499,7	0,80	69,0	1,23	0,30	1,19	0,60	2,62
<i>Gallium uncinatum</i>	36	105	28	12,3	1719,3	2,75	125,0	2,22	0,34	9,54	4,80	9,76
<i>Geranium aristoccephalum</i>	18	94	9	2,5	348,2	0,56	111,9	1,99	0,14	1,24	0,62	3,17
<i>Geranium potentillaeifolium</i>	11	61	8	1,5	204,6	0,33	72,6	1,29	0,13	1,06	0,53	2,15
<i>Gnaphalium liebmeyeri</i>	33	86	23	15,3	2141,9	3,43	102,4	1,82	0,46	10,65	5,35	10,60
<i>Gnaphalium sarmentosum</i>	17	56	6	4,2	595,2	0,95	66,7	1,18	0,25	1,50	0,75	2,89
<i>Gutierrezia elaeagnifolia</i>	32	187	20	6,7	941,5	1,51	222,6	3,95	0,21	4,20	2,11	7,57
<i>Hedeoma piperitum</i>	2	4	2	0,8	116,8	0,19	4,8	0,08	0,42	0,83	0,42	0,69
<i>Helicopsis procumbens</i>	108	365	22	47,8	6695,4	10,71	434,5	7,71	0,44	9,73	4,89	23,31
<i>Hieracium mexicanum</i>	4	21	3	0,6	84,1	0,13	25,0	0,44	0,15	0,45	0,23	0,80
<i>Hygenicum silenoides</i>	66	166	21	28,5	3987,4	6,38	197,6	3,51	0,43	9,05	4,55	14,43
<i>Jaegeria hirta</i>	19	61	9	6,4	893,4	1,43	72,6	1,29	0,34	3,02	1,52	4,24
<i>Lithospermum strictum</i>	2	4	2	1,3	186,9	0,30	4,8	0,08	0,67	1,33	0,67	1,05
<i>Lupinus geophilus</i>	1	8	1	0,1	14,0	0,02	9,5	0,17	0,10	0,10	0,05	0,24
<i>Muhlenbergia microsperma</i>	19	28	4	15,7	2200,2	3,52	33,3	0,59	0,83	3,31	1,66	5,77
<i>Muhlenbergia pusilla</i>	2	10	2	0,6	87,6	0,14	11,9	0,21	0,31	0,63	0,31	0,87
<i>Oenothera deserticola</i>	4	25	4	0,5	75,1	0,12	29,8	0,53	0,13	0,54	0,27	0,92
<i>Oxalis alpina</i>	20	34	16	14,0	1962,0	3,14	40,5	0,72	0,70	11,20	5,63	9,48
<i>Oxalis hermadesii</i>	2	18	1	0,2	28,0	0,04	21,4	0,38	0,10	0,10	0,05	0,48
<i>Peperomia campylotropa</i>	46	74	19	33,8	4729,8	7,56	88,1	1,56	0,73	13,94	7,01	16,13
<i>Phacelia platycarpa</i>	1	12	1	0,1	10,8	0,02	14,3	0,25	0,08	0,08	0,04	0,31
<i>Physalis pringlei</i>	6	30	3	1,0	138,7	0,22	35,7	0,63	0,16	0,49	0,25	1,10
<i>Plantago alismatifolia</i>	3	15	2	0,3	45,6	0,07	17,9	0,32	0,11	0,22	0,11	0,50
<i>Plantago linearis</i>	12	44	7	3,3	462,5	0,74	52,4	0,93	0,28	1,93	0,97	2,64
<i>Poa annua</i>	1	2	1	0,3	46,7	0,07	2,4	0,04	0,33	0,33	0,17	0,28
<i>Potentilla canadensis</i>	8	59	5	1,4	189,4	0,30	70,2	1,25	0,17	0,84	0,42	1,97
<i>Potentilla staminea</i>	20	200	13	1,4	193,7	0,31	238,1	4,23	0,07	0,90	0,45	4,99
<i>Prunella vulgaris</i>	1	5	1	0,2	28,0	0,04	6,0	0,11	0,20	0,20	0,10	0,25
<i>Sabazia multiradiata</i>	13	42	11	3,0	425,5	0,68	50,0	0,89	0,23	2,57	1,29	2,86
<i>Salvia prunellifolia</i>	59	275	22	9,9	1388,7	2,22	327,4	5,81	0,17	3,69	1,86	9,89
<i>Sisyrinchium convolutum</i>	5	11	5	3,3	467,1	0,75	13,1	0,23	0,67	3,33	1,68	2,65
<i>Sisyrinchium scaberrimum</i>	15	49	11	6,5	910,9	1,48	58,3	1,04	0,43	4,77	2,40	4,89
<i>Spiranthes aurantiaca</i>	1	20	1	0,1	7,0	0,01	23,8	0,42	0,05	0,05	0,03	0,46
<i>Stellaria cuspidata</i>	2	11	2	0,4	51,4	0,08	13,1	0,23	0,18	0,37	0,18	0,50
<i>Stevia ovata</i>	17	54	9	5,5	776,8	1,24	64,3	1,14	0,33	2,93	1,47	3,86
<i>Taraxacum officinale</i>	5	46	3	0,4	63,0	0,10	54,8	0,97	0,09	0,27	0,14	1,21
<i>Tritolium amabile</i>	192	557	69	70,0	9815,2	15,70	663,1	11,77	0,36	25,17	12,65	40,12
<i>Valeriana vaginata</i>	2	9	2	0,3	46,7	0,07	10,7	0,19	0,17	0,33	0,17	0,43
<i>Verbena elegans</i>	2	20	2	0,3	42,0	0,07	23,8	0,42	0,15	0,30	0,15	0,64
<i>Viola ciliata</i>	4	31	4	1,1	147,9	0,24	36,9	0,66	0,26	1,06	0,53	1,42
<i>Viola hookeriana</i>	1	8	1	0,1	17,5	0,03	9,5	0,17	0,13	0,13	0,06	0,26
<i>Viola humilis</i>	157	507	48	38,1	5343,2	8,54	603,6	10,71	0,24	11,68	5,86	25,12
sumatoria					62535,7		5633,3			198,98		

E. FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.
Panorama del
zacatonal subalpino
mostrando la
influencia del
hombre a través de
los cultivos.



Fotografía 2. El uso
de tecnología
avanzada ha
provocado una
rápida destrucción de
los ecosistemas.



Fotografía 3. Vista panorámica de la cubierta vegetal en el pastizal subalpino.



Fotografía 4. Porción del zacatonal subalpino en donde existe una alta perturbación por el ganado.



Fotografía 5. Parte del zacatonal subalpino en donde se observa el afloramiento de rocas.

Fotografía 6. Cambio de uso de suelo para la introducción de cultivos.



Fotografía 7. Presencia de cultivos en el zacatonal subalpino con características florísticas muy distintas.

Fotografía 8. Panorama del zacatonal subalpino durante la época seca.





Fotografía 9.
Perturbación por fuego
en el zacatonal
subalpino.

Fotografía 10. El
fuego no controlado,
destruye otros tipos de
vegetación, además de
los zacatonales.



Fotografía 11.
Después de la cosecha
en los sembradíos, el
suelo queda expuesto a
la erosión.

F. GLOSARIO

- Alpino.** Referente a las plantas o comunidades vegetales que se desarrollan por encima del límite altitudinal de la vegetación arbórea.
- Amacollado.** Referente a plantas que forman macolla (conjunto de tallos nacidos de la base de un mismo pie).
- Anual.** Referente a la planta cuyo ciclo de vida completo se produce en un año o en menos tiempo. Es decir, nace, crece, se reproduce y muere en un lapso no mayor de un año.
- Arbusto.** Planta leñosa, por lo general de menos de 3 m de alto, cuyo tallo se ramifica desde la base.
- Asociación.** Comunidad vegetal de composición florística determinada, propia de condiciones ecológicas uniformes y de fisionomía homogénea. Unidad básica de la clasificación de la vegetación.
- Caméfito.** Forma de vida de la clasificación de Raunkiaer, que comprende plantas cuyas yemas de reemplazo se encuentran a menos de 25 cm de altura.
- Cespitoso.** Referente a la planta que se ramifica profusamente en la base o que amacolla cubriendo el terreno a manera de césped.
- Clímax.** Etapa final de la sucesión de comunidades vegetales, que se encuentra en equilibrio con el medio.
- Competencia.** Rivalidad entre individuos, especies o comunidades bióticas en su demanda por espacio, nutrientes, luz y otros elementos que se presentan en el medio físico y biótico en cantidades limitadas.
- Comunidad (vegetal).** Conjunto de plantas (y de animales) de cualquier rango, que viven e interaccionan mutuamente en un hábitat.
- Cosmopolita.** Referente a la distribución geográfica que abarca todas las regiones del mundo.
- Decumbente.** Referente, principalmente, al tallo postrado sobre el suelo, pero con su extremo distal tendiendo a erguirse.
- Endémico.** Confinado en forma natural a un área o región particular, de distribución geográfica restringida.
- Erecto.** Se dice de las plantas que crecen verticalmente.
- Estrato.** Porción de la masa de la comunidad vegetal, contenida dentro de límites determinados de altura.
- Estructura (de la vegetación).** Distribución y organización espacial de los diferentes componentes de la comunidad vegetal; es función en gran medida de la forma de vida de los mismos.
- Fisionomía.** Aspecto general de la vegetación.
- Flora.** Conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de la diversidad de los organismos.

- Forma de Vida.** Categoría que incluye a vegetales de cualquier posición sistemática, pero que se asemejan en su estructura morfológico-biológica, y sobre todo en los caracteres relacionados en la adaptación al medio.
- Geófito.** Una de las formas de vida de la clasificación de Raunkiaer, que incluye el conjunto de plantas en las que la parte persistente del organismo puede quedar completamente protegida bajo el del suelo en forma de rizomas, bulbos, etc.
- Glaciación.** Presencia de masas de hielo sobre grandes extensiones de terreno, fenómeno sucedido en repetidas ocasiones durante el Pleistoceno.
- Hemicriptófito.** Forma de vida de la clasificación de Raunkiaer, que comprende a las plantas en que muere anualmente la parte aérea y las yemas de reemplazo quedan aproximadamente al ras del suelo.
- Hierba.** Relativo a las plantas no leñosas de consistencia por lo general blandas.
- Holártico.** De distribución que abarca las regiones templadas y frías del Hemisferio Norte.
- Maleza.** Planta que invade los cultivos o que a la orilla de los caminos, cerca de habitaciones humanas y construcciones similares.
- Nanofanerófito.** Las yemas de renovación se encuentran entre 0.25 a 2 m sobre el suelo, que corresponde generalmente a los arbustos.
- Neártico.** Relativo al territorio biogeográfico que corresponde a las regiones templadas y frías de Norteamérica.
- Neotropical.** De distribución que abarca las regiones tropicales de América.
- Pantropical.** De distribución que abarca las regiones tropicales del Antiguo y del Nuevo Mundo.
- Postrado (procumbente, tendido).** Extendido sobre el suelo, sin la formación de raíces en los nudos.
- Rastrero.** Extendido sobre la superficie del suelo con la formación de raíces en los nudos.
- Roseta (arrosetado).** Cuyas hojas están densamente agrupadas por el acortamiento de los entrenudos.
- Subalpino.** Referente a la cota altitudinal que va aproximadamente de los 2,800 a 4,000 m s.n.m. y que generalmente comprende al bosque de coníferas.
- Sucesión.** Proceso de reemplazo de una comunidad biótica por otra.
- Terófito.** Forma de vida de la clasificación de Raunkiaer, que incluye el conjunto de plantas anuales o bianuales.
- Tipo de Vegetación.** Comunidad vegetal de rango elevado, determinado principalmente por la fisionomía.
- Vegetación.** Conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de la comunidad biótica que forman.
- Zacatonal.** Comunidad vegetal propia de las montañas elevadas con predominancia de gramíneas altas y amacolladas ("zacatal").