

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

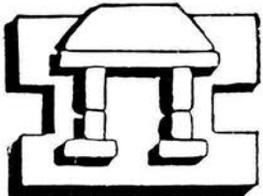


FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

"CLASIFICACION Y ORDENACION DE LAS COMUNIDADES
VEGETALES DE LA SIERRA DE SAN JOAQUIN, QUERETARO
EN SU VERTIENTE SUR"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A :
JENNIE SUAREZ MELO

DIRECTOR DE TESIS:
DR. DIODORO GRANADOS SANCHEZ



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO.

ABRIL, 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Esta tesis fue realizada en el Laboratorio de Ecología Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ciencias Forestales, bajo la dirección del Dr. Diodoro Granados Sánchez.

DEDICATORIA

A mi familia

A mis amigos

AGRADESCO

Al Dr. Arturo Sánchez por su ayuda con los programas estadísticos empleados.

Al Sr. Francisco Ramos Marchena por contagiar con su amor por la taxonomía.

Al Dr. Villaseñor por ayudar y regañar con algunas compuestas.

Y a todos los sinodales que amablemente enriquecieron este trabajo, especialmente al Dr. Diodoro Granados por su tiempo y confianza al dirigirlo.

IZT.

Lista de Figuras	v
Lista de Tablas	v
Lista de ilustraciones	vi
Abreviaciones utilizadas	vi
Resumen	vii
Introducción	1
Antecedentes	
Estudios botánicos y ecológicos para el estado de Querétaro.....	4
Estudios de clasificación y ordenación en México.....	7
Revisión de literatura	
Comunidades vegetales.....	10
Clasificación y Ordenación.....	12
Objetivo	17
Área de estudio	18
Material y Métodos	
Delimitación de la zona de estudio.....	23
Levantamiento florístico.....	24
Caracterización horizontal.....	24
Caracterización vertical.....	25
Determinación de las propiedades principales de los suelos.....	25
Clasificación.....	27
Ordenación.....	27
Resultados	
Clasificación.....	29
Ordenación.....	30
Caracterización de la vegetación.....	34

i. Matorral xetrófito (MX).....	35
ii. Matorral submontano (MS).....	39
iii. Matorral rosetófilo (MR).....	43
iv. Bosque Bajo de Quercus (BBQ).....	47
v. Bosque Alto de Quercus (BAQ).....	50
vi. Bosque Mediano de Quercus (BMQ).....	53
Propiedades generales de los suelos.....	57
Análisis y discusión	59
Conclusiones	65
Perspectivas	66
Bibliografía	67
ANEXO 1. Lista de especies determinadas para la Sierra de San Joaquín.....	76
ANEXO 2. Variables ambientales utilizadas en la ordenación.....	88

Lista de Figuras

Figura 1. Dendrograma de la Clasificación.....	30
Figura 2. Diagrama de ordenación directa.....	32
Figura 3. Perfil semirrealista de Richards (modificado) para el Matorral xerófito (MX).....	37
Figura 4. Perfil tridimensional (adaptado de Richards) para el Matorral xerófito (MX).....	38
Figura 5. Perfil semirrealista de Richards (modificado) para el Matorral submontano (MS).....	41
Figura 6. Perfil tridimensional (adaptado de Richards) para el Matorral submontano (MS).....	42
Figura 7. Perfil semirrealista de Richards (modificado) para el Matorral rosetófito (MR).....	45
Figura 8. Perfil tridimensional (adaptado de Richards) para el Matorral rosetófilo (MR).....	46
Figura 9. Perfil semirrealista de Richards (modificado) para el Bosque Bajo de Encino (BBE).....	49
Figura 10. Perfil semirrealista de Richards (modificado) para el Bosque Alto de Encino (BAE).....	52
Figura 11. Perfil semirrealista de Richards (modificado) para el Bosque Mediano de Encino (BME).....	55
Figura 12. Principales tipos de vegetación presentes en la vertiente sur de la Sierra de San Joaquín, Querétaro.....	56

Lista de Tablas

Tabla 1. Ordenación y Clasificación: algunas características de los dos grupos de métodos.....	17
Tabla 2. Correlaciones variables-ejes.....	31
Tabla 3. Resumen de valores en los ejes principales.....	31
Tabla 4. Determinación de las propiedades generales de los suelos de la Sierra de San Joaquín, Querétaro.....	58

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Localización de la vertiente Sur de la Sierra de San Joaquín, Querétaro.....	19
Ilustración 2. Ladera con mucha pendiente en el MX. Se aprecia la agrupación de la vegetación sobre un suelo con lixiviación.....	35
Ilustración 3. Vista general del Matorral submontano. Destaca la fisonomía que confiere la dominancia de <i>Burseras</i>	39
Ilustración 4. Zona basal de <i>Dasyliion longissimum</i> donde se aprecia la acumulación de <i>Selaginella</i>	43
Ilustración 5. BBE, se aprecia la pérdida de cobertura de este bosque.....	47
Ilustración 6. BAE, con dominancia de individuos de más de 20m. Se aprecia la parte de dosel más abierto en el bosque.....	50
Ilustración 7. Vista exterior del BME con niebla.....	53

Abreviaciones utilizadas

ACP	Análisis de Componentes Principales
OP	Ordenación Polar
AC	Análisis de Correspondencia
ACT	Análisis de Correspondencia sin Tendencia
DECORANA	Programa de cómputo, actualmente sustituido por CANOCO para realizar Detrended Correspondence Analysis y Análisis de Correspondencia.
ACC	Análisis de Correspondencia Canónica o Análisis Canónico de Correspondencia
CANOCO	Programa de cómputo, modificado del DECORANA por C.J.F. ter Braak, el cual desarrolla una gran cantidad de ordenaciones. <i>Canonical Ordination Correspondence</i> .
CANODRAW	Programa de cómputo diseñado por Petr Smilauer destinado a graficar los resultados de CANOCO.
CANOPOST	Programa de Windows que toma los resultados de CANODRAW y produce una imagen con mejor calidad de impresión.
MX	Matorral xerófito
MS	Matorral submontano
MR	Matorral rosetófilo
BBE	Bosque bajo de encino
BAE	Bosque alto de encino
BME	Bosque mediano de encino

Se usó un método multivariado para describir la composición y distribución de los tipos de vegetación de la ladera sur de la Sierra de San Joaquín, Querétaro.

A lo largo de un gradiente altitudinal de 1 500 m (900 a 2460 m s.n.m.) se reconocieron seis áreas de vegetación homogénea: Matorral xerófito, Matorral submontano, Matorral rosetófilo en la parte baja de la Sierra; Bosque Bajo de Encino, Bosque Alto de Encino y Bosque Mediano de Encino dominaron en las partes altas.

El análisis de ordenación (programa CANOCO) identificó que la altura como factor principal y la pendiente como factor secundario determinan un patrón regular de distribución para las comunidades vegetales, lo cual está relacionado con la variación del suelo, específicamente con propiedades como la profundidad, contenido de Mg y pH. La disponibilidad de agua, exposición y movimiento de partículas a lo largo de la vertiente son los principales factores que podrían explicar esta segregación.

Palabras clave: CANOCO, análisis de correspondencia, gradiente altitudinal, análisis de gradientes, vegetación.

INTRODUCCIÓN

Querétaro es un estado poco conocido desde el punto de vista botánico, en el cual, aún se encuentran lugares con una vegetación relativamente bien conservada pese a haber estado poblado desde hace mucho tiempo (Fernández y Colmenero, 1997).

En la parte noreste del estado se sitúa la Sierra Gorda, integrada por lomeríos y cerros que pertenecen a la Sierra Madre Oriental. En éstos, se distinguen dos principales climas: uno templado por encima de los 2000 m snm y otro de carácter meramente árido en las elevaciones menores que representan la mayor parte del estado. La transición entre estas dos áreas ecológicamente distintas posee una topografía complicada, con diferentes exposiciones, pendientes, valles intermontanos y cañadas. Estas variaciones en elevación y topografía, aunado a los cambios climáticos que se suceden con el aumento o disminución de la altitud y por efecto de sombra orográfica han resultado en zonas de vegetación distintivas a través del gradiente altitudinal que representa las diferentes elevaciones de esta área montañosa.

Por lo común, en las zonas montañosas las relaciones vegetación-medio ambiente son estudiadas a lo largo de gradientes altitudinales en conjunción con las características ambientales en cada punto (Zavala-Hurtado, et al. 1996). Lo cual es parte de una tendencia llamada Análisis de Gradientes, dentro de cuyas técnicas de estudio se encuentran la clasificación y la ordenación (Sánchez, 1998).

El Análisis de Gradientes se ha propuesto para estudiar la variación continua de la vegetación en relación con factores ambientales. Su aplicación consiste en tomar muestras a intervalos a lo largo de un gradiente ambiental, como la altitud en la cuesta de una montaña (gradiente complejo que incluye: temperatura, lluvia y viento).

Entre los requerimientos del análisis de gradientes se encuentra el señalar las comunidades existentes. Todos los métodos para reconocer y definir comunidades vegetales son métodos de clasificación (Kent y Coker, 1992).

La vegetación se ha clasificado sobre muchas bases: incluyendo su fisonomía, las características del ambiente, la composición de especies y otros grupos taxonómicos. Se ha puesto énfasis ya sea en las especies dominantes, subordinadas o individuales, grupos de especies características o toda la composición botánica (Whittaker, 1970; Granados y Tapia, 1990).

Es ampliamente reconocido que las especies responden a los gradientes ambientales en una forma no lineal, realísticamente, sin embargo, las especies no son afectadas por una sola variable ambiental fácil de identificar. Por esta razón, los ecólogos a menudo se apoyan en técnicas de ordenación para simplificar los conjuntos de datos de múltiples especies y variables y así arreglarlos sobre unos cuantos ejes de ordenación o clusters.

Usando esta técnica, el resultado de la ordenación muestra los patrones que están directamente relacionados a las condiciones ambientales que están siendo analizadas.

Los diagramas del método de ordenación permiten determinar relaciones entre los agrupamientos de comunidades identificadas por los resultados de la clasificación.

De modo que los diagramas de ordenación permiten visualizar agrupaciones naturales que generalmente coinciden y simplifican los conglomerados formados con las técnicas de clasificación numérica (Sánchez, 1998).

El objetivo de las técnicas de clasificación y ordenación es el de simplificar y ordenar un conjunto complejo de datos acerca de la vegetación, con el modelo resultante se pueden indicar las relaciones existentes entre las especies, así como entre la vegetación y el ambiente. Estos estudios son por tanto, de utilidad para delimitación de zonas, así como para la evaluación de la tierra, ya sea con fines agrícolas, forestales o conservacionistas.

Los cambios en la fisonomía, la composición florística y las relaciones numéricas dentro y entre las comunidades, pueden ser detectadas y servir como base para predecir la respuesta de los ecosistemas a la acción del hombre. Los medios lógicos de extraer información adicional a partir de estos datos (atributos de la vegetación) incluyen el ordenar a las especies dentro de grupos que tienen un significado ecológico, o acomodar las parcelas de estudio en agrupamientos que toman en cuenta mejores aplicaciones de las prácticas de manejo (Manning y Martin, 2000).

Con la aplicación de estos análisis se puede mejorar la capacidad para entender las relaciones entre las variables ambientales y los cambios de vegetación, los índices de cambio y las condiciones predisponentes que seguramente resultarán en condiciones adversas de significancia a largo plazo.

De aquí que se haga imperiosa la comprensión básica de la variación en la estructura, composición y distribución de la vegetación presente y el conocimiento de los factores ambientales involucrados que deben proporcionar la base para el desarrollo de programas de conservación, manejo y explotación a corto plazo de los recursos naturales.

ANTECEDENTES

Estudios botánicos y ecológicos para el Estado de Querétaro

Los primeros estudios de vegetación para el estado de Querétaro son más bien casuales ante la incursión de exploradores por el estado, inician con el paso de Francisco Hernández en 1576, cuando se dirigía a Michoacán (Somolinos, 1951), y no se continuaron si no hasta el siglo XVIII, cuando en 1790 Sessé y Mociño, miembros de la Expedición Real Botánica a la Nueva España incursionaron y colectaron en Querétaro (McVaugh, 1977). Estos estudios de exploraciones botánicas, cuyo principal objetivo es coleccionar y conocer la vegetación en el estado, se continúan, aunque de manera esporádica, hasta la segunda mitad del siglo XX (con Berlandier en 1827, Ehrenberg en 1840, Urbina en 1882, Kuntze en 1904, Pringle en 1905, Altamirano en 1905, Rose de 1905 a 1909, Agniel en 1905 y 1906, Arsene en 1914, McVaugh en 1949, Paray de 1952 a 1959 y Rzedowski y Medellín en 1958 –citados por Argüelles et. al, 1991-) cuando se comienzan a realizar estudios que describen también los factores geológicos, fisiográficos y climáticos del estado. Estas primeras exploraciones fueron, en su mayoría, realizadas en las partes más accesibles del estado, entonces atravesadas por los caminos principales (mismas que, por desgracia, han perdido su vegetación original más rápidamente por soportar un mayor desarrollo urbano). En el caso del resto del estado, es hasta la década de los sesentas que se inicia a comunicarle por medio de una red de caminos eficientes.

De esta manera, en 1967 Piña realiza el primer esbozo de la vegetación del estado de Querétaro. Poco después, Meyrán (1971) elaboró una enumeración de las cactáceas de Querétaro y la acompañó con un esquema de la distribución de las principales comunidades vegetales. Puig (1976) presentó un estudio de la vegetación de la Huasteca, en el cual incluyó y cartografió todo Querétaro y, posteriormente elaboró otro mapa de la vegetación escala 1:1 000 000 que también abarca el estado completo (Puig, 1979). Un estudio más detallado es el que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) publicó en 1986, el cual incluye una descripción de los

factores geológicos, fisiográficos y climáticos del estado, así como una descripción de la cubierta vegetal y de la flora que prosperan en el mismo; este trabajo fue resultado de las diferentes cartas de vegetación del estado para entonces elaboradas (CTENAL, 1973-1983; COTECOCA, 1980 y SARH, 1977). Una comparación entre todas estas cartas revela una gran cantidad de discrepancias.

Mención especial merece el trabajo de colecta realizado por Elizabeth Argüelles, botánica aficionada quien desde 1974 dedicó mucho tiempo a realizar múltiples colectas para el estado. Su material se encuentra depositado principalmente en el Herbario Nacional (MEXU), la colección del Centro Regional del Bajío en Pátzcuaro Michoacán y series fragmentarias de sus duplicados están en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN y la Academia de Ciencias de California (CAS) (Calderón y Rzedowski, 1996).

Zamudio (1984) realiza un estudio más regional sobre la vegetación de la Cuenca del Río Estorax, que comprende las zonas más áridas del estado y se acompaña de un mapa 1:50 000. Dentro de esta misma postura regional, Piña (1990) publica una contribución sobre los recursos bióticos de la Cuenca San Juan-Moctezuma, donde presenta un resumen descriptivo de casi la mitad del estado e incluye un mapa escala 1:500 000.

Dentro del trabajo sobre la vegetación del Bajío y regiones adyacentes, Argüelles *et al* publican en 1991 el "Listado florístico preliminar del estado de Querétaro"; el cual dio pauta para que posteriormente Zamudio *et al* (1992) publicaran "La vegetación en el estado de Querétaro", donde presentan un panorama general de los principales tipos de vegetación que prosperan en la entidad; describiendo 10 principales tipos de vegetación con sus respectivas variaciones.

Como una síntesis de toda esta información Arreguín *et al* publicaron en 1997 la "Introducción a la Flora del Estado de Querétaro"; listado más bien didáctico que sigue siendo muy preliminar.

En un estudio aún más cercano a la zona de estudio, Fernández y Colmenero (1997) realizaron un estudio florístico a lo largo de cinco años de colecta dentro de los límites del Municipio de San Joaquín (del que en el presente estudio se comprende solo una parte en su porción centro-sur), en el cual identificaron 10 unidades de vegetación, reconociéndolas por criterios fisonómicos y florísticos. Y donde una vez más, las correlaciones con los factores ambientales (no corroborados en campo) son meramente parte de las características descriptivas.

En todos estos casos, las descripciones de la cubierta vegetal en su mayor parte no están basadas en censos formales y sistemáticos, sino en observaciones y notas aisladas así como en listas de material botánico colectado. En las cuales, si bien sus autores reconocen que las características y la distribución de la cubierta vegetal se encuentran estrechamente regidas por los factores ambientales, poco se ha hecho por comprender de una forma cuantitativa las tendencias en la composición estructural de los atributos de la vegetación al lado de sus relaciones con el ambiente en que se distribuyen.

Esto es: describen pero no calculan. Por ejemplo, Zamudio (1984) en su tesis reconoce la presencia de nueve tipos de vegetación a lo largo de un gradiente de más de 1000 m y señala los principales factores que determinan estos cambios, pero no especifica el grado en que cada uno participa (dirección e intensidad) para el establecimiento de las asociaciones, así como el qué tanto están relacionadas éstas entre sí. Y es este entendimiento, el que provee de herramientas para planear su mejor manejo (Kumar, 1996).

Entre las investigaciones ecológicas en el estado, encontramos el estudio que realiza Etenord (1983), al enfocarse en la influencia de los factores naturales en la distribución de la vegetación en la región Centro-Este del estado (aunque su enfoque es meramente meteorológico), Pliego A. y Quiroz R. en 1989 realizaron un estudio que comprendió parte del centro del estado (Ciudad de Querétaro-San Juan del Río) en el cual relacionan las topoformas –pendiente, orientación, perfil- con las características de los suelos presentes.

Mientras que los esfuerzos gubernamentales se han enfocado en el aspecto productivo, publicando para ello estudios encaminados a la ubicación de zonas erosionadas (Piña, 1992).

Estudios sobre clasificación y ordenación en México.

Los antecedentes de las técnicas de clasificación y ordenación para México inician hasta 1977, año en que Piñero *et al* realizan un estudio florístico en el que utilizan el ACP para comparar sitios de muestreo en una selva alta perennifolia.

Diversos trabajos desarrollados desde entonces nos conducen por una exploración de las técnicas de clasificación y ordenación que desde entonces se han desarrollado.

En 1980 Zavala realiza una clasificación de la vegetación en el valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.

Como un intento por contribuir al desarrollo de los métodos de clasificación, Equihua y Ezcurra (1981) desarrollaron un método de clasificación denominado CENOSIS, al que presentan como método para analizar y clasificar censos de vegetación. Este es usado por Jaramillo en 1983, junto con el ACP y la promediación recíproca de Hill para analizar el estrato arbóreo dentro de una ordenación y clasificación de la vegetación en Tehuacan-Cuicatlán, Puebla.

Guizar y Granados (1981) hacen una clasificación y ordenación de vegetación en Tejupilco, Estado de México.

En 1984 Austin *et al*, realizan al análisis de la respuesta funcional de especies arbóreas y arbustivas de la Reserva de la Biosfera de la Michilía, Durango, mediante el uso de métodos de Análisis Directo de Gradientes. También dentro de esta reserva, Equihua (1991), realiza un estudio en el que propone la utilización de la teoría de los conjuntos difusos (que se producen cuando los elementos pueden ser miembros parciales del mismo conjunto), comparándola con una técnica convencional de clasificación: el TWINSPAN.

Para 1986, Zavala hace una revisión sobre las principales técnicas multivariadas usadas hasta 1984 para el estudio de comunidades vegetales.

Montaña (1990) estudia un gradiente florístico-estructural en relación a la forma del terreno en el sur del desierto Chihuahuense.

Velázquez (1994), trabajó con el ACC para evaluar el papel de los incendios y el pastoreo en la estructuración de las comunidades vegetales presentes en un gradiente altitudinal de los volcanes Pelado y Tláloc en el Valle de México.

En 1996 Aguado *et al*, llevan a cabo un estudio sobre la relación entre la variabilidad en cuanto a composición florística de los pastizales y algunos elementos climáticos en el noreste de Jalisco, utilizando una técnica de ordenación directa, el Análisis Canónico Parcial de Correspondencias, utilizando el programa de cómputo CANOCO.

Para ese año, Zavala-Hurtado *et al* (1996), realizan una clasificación de formas de vida basados en atributos morfológicos de la vegetación, a la cual relacionan con atributos ambientales en Tehuacán, Puebla.

También dentro de la zona árida de México, Sánchez (1998) realiza el sistema de Clasificación y Ordenación para la Sierra de Catorce en San Luis Potosí basado tanto en variables cuantitativas como cualitativas a lo largo del gradiente ambiental.

Otro estudio en el área intertropical semiárida de Tehuacán es el presentado por Montaña y Valiente-Banuet (1998), en el que realizan una clasificación por formas de vida y el sistema de ordenación de la vegetación.

Claro ejemplo del estudio de poblaciones dentro de gradientes ambientales es el que realizan en 1999 Álvarez-Moctezuma *et al*, quienes caracterizan el hábitat e intentan identificar las variables ambientales más importantes que definen la distribución de cinco especies de *Quercus* en la Meseta Central de Chiapas.

Más reciente, Lebrija, Meave y Pérez (2001) realizan el Análisis estructural de la vegetación ribereña en la región de Nizanda, Oaxaca, usando varios métodos de clasificación y ordenación.

Además de su uso en los estudios de comunidades vegetales, el sistema de ordenación ha sido utilizado en otros estudios (p. ej. Corchera, 2001)

REVISIÓN DE LITERATURA

Comunidades vegetales

La comunidad vegetal puede ser definida como la colección de especies vegetales que crecen juntas en una localidad particular que muestran una asociación o afinidad definida entre ellas (Kent y Coker, 1992). El estudio de la comunidad vegetal posee básicamente la finalidad de describir y analizar su estructura, para luego definir las relaciones funcionales que existan entre los componentes de la comunidad, en un lugar y tiempo determinado. Tal análisis no sólo sirve al ecólogo vegetal, sino también a quienes se muestran interesados en el estudio de otros aspectos del ecosistema, como pueden ser la fauna o los factores abióticos (suelo, clima, topografía, etc.), debido a que la vegetación, por su desarrollo y estabilidad, es lo más conspicuo para la descripción y posterior identificación del ecosistema en estudio (Granados y Tapia, 1990).

Las relaciones entre comunidades han sido estudiadas desde varias escuelas de la fitosociología, la cual según la definición de Braun-Blanquet (1979) es la disciplina que estudia las agrupaciones de plantas, sus interrelaciones y su dependencia frente al medio ambiente vivo e inanimado. Así, se han desarrollado corrientes de estudio que van desde el reconocer la existencia de formaciones y asociaciones definidas en base a una o más especies dominantes características, que responde a la Teoría Monoclímax o Climax Climática de Clements (1916, 1928), según la cual la comunidad responde a un concepto organísmico en que existen entidades claramente definibles que se repiten con gran regularidad sobre una región dada; a, en el extremo opuesto, la postura de Gleason (1917, 1926, 1939), quien propone un concepto individualista conocido como Continuum, en el que las especies responden individualmente a la variación en los factores ambientales, los cuales varían continuamente en tiempo y espacio dando como resultado que la combinación de las especies en cualquier punto dado sea única, por lo que no pueden ser reconocidas como combinaciones de especies asociadas repitiéndose. Otra corriente, la cual se desarrolló en Europa, es la

de Braun-Blanquet (1928), la cual de una forma subjetiva, considera a la asociación (comunidad definida al agrupar muestras con un número de especies en común) como la unidad básica que permite el desarrollar una clasificación global de las comunidades.

El hecho mismo de que existan asociaciones entre la vegetación ha sido cuestionado a lo largo de la historia de la teoría de la comunidad vegetal; por lo cual, la controversia de si hay o no algo a lo que se pueda denominar comunidad en el sentido natural de su definición no ha sido resuelta del todo.

Aún en la actualidad, los ecólogos difieren en su conceptualización de las comunidades vegetales. Sin embargo, la gran mayoría concuerda con la existencia de comunidades que se repiten en el espacio (Kent y Coker, 1992). El punto de vista más realista sobre comunidades vegetales es probablemente el de la teoría de unidad en la comunidad, y la idea de la vegetación de un sitio en particular distribuida como mosaico. Estas ideas se derivan del trabajo de Whittaker (1953) y Whittaker y Levin (1977), al que describen como patrón climático. Whittaker argumentó que en cualquier región, en general con condiciones similares en términos de factores ambientales y presiones bióticas, ocurrirán combinaciones que cubran áreas considerables y, donde estas combinaciones se repiten a si mismas la vegetación es igualmente repetida, como fragmentos de un mosaico.

Esta observación de que las características de la vegetación varían a lo largo de gradientes climáticos (Whittaker y Niering, 1975) ha llevado a que las relaciones vegetación-ambiente sean por lo común estudiadas a lo largo de gradientes (Ghazanfar, 1991; Ward y Olsvig-Whittaker, 1993; Shoshany et al 1994; Kutiel et al 1998). De tal modo que el concepto de gradientes ambientales ha sido una piedra angular en el desarrollo de la teoría ecológica (Okland, 1992). Los gradientes ambientales son generalmente complejos, por ejemplo, cambios en temperatura, humedad, cobertura de nieve en invierno, intensidad de luz, el nivel de los nutrientes

en el suelo, altitud (gradiente ambiental complejo, ya que incluye a su vez: temperatura, lluvia y viento), entre otros (Barbour et. al, 1980). Sin embargo, realísticamente el impacto de las diferentes variables no es igual y en cada sitio hay un factor climático limitante el cual posee el mayor efecto sobre la vegetación, así, las especies no son afectadas por una sola variable ambiental fácil de cuantificar. De aquí la dificultad de entender por qué una planta en particular existe en un sitio dado (Manning y Martin, 2000).

Clasificación y Ordenación

Para reunir todos los tipos de análisis estadísticos que estudian al conjunto de relaciones entre muchas variables en datos que presentan intercorrelaciones se usa la expresión *análisis multivariado*. Ello incluye bastantes tipos distintos de métodos, como son el análisis de componentes principales, factorial, discriminante, de enjambre o clusters, regresión múltiple, multivariable de varianza, etc. (Terradas, 2001). El objeto del análisis multivariado es simplificar y ordenar un conjunto complejo de datos, de tal forma que el modelo resultante muestre las relaciones existentes entre las especies así como entre la variación de la vegetación y el ambiente (Sánchez, 1998).

Clasificación. La Clasificación consiste en el agrupamiento de objetos (en este caso muestras de vegetación) en conjuntos de alta similitud interna y discontinuos con respecto a los miembros del resto de los grupos, similitud vista en función de los atributos que posee el objeto (Sánchez, 1998). Así, por definición, la clasificación asume que la composición de las muestras de vegetación (especies y su abundancia) pueden ser agrupadas en tipos, lo que la acerca al concepto de comunidad de Clements (sin que ello signifique que la aceptamos totalmente). En los estudios de vegetación la similitud es cuestión de grado, no interesa tanto que las clases sean homogéneas como el que sean menos heterogéneas que el conjunto como un todo (Whittaker, 1970).

Los primeros trabajos en ecología de comunidades enfatizaron el debate sobre la continuidad o discontinuidad de las comunidades, por lo que el uso de las técnicas suponía que si la variación de la comunidad es discontinua, la clasificación es un método natural para conceptualizar la comunidad y, si la variación en la comunidad es continua, la ordenación es más natural. Aunque ambas técnicas son distintas en sus fundamentos teóricos, la idea actualmente admitida es la de la complementariedad de la clasificación y ordenación (Gauch, 1982)

Las técnicas de clasificación pueden dividirse en tres grupos:

1. *Arreglo tabular* (Braun-Blanquet). Es un arreglo matricial de especies-muestra que representa de manera inmediata las características generales y el detalle de los conjuntos de datos.
2. *Clasificación no jerárquica*. Agrupa entidades semejantes en clases, ideal para grandes conjuntos de datos, no es apropiada para analizar relaciones pues solo es una aproximación simple a los conjunto para su posterior análisis con otra técnica multivariada, conceptualmente es la más simple.
3. *Clasificación jerárquica*. También agrupa entidades semejantes en clases, es para pequeños grupos de datos, busca relaciones entre éstos, el análisis puede verse a varios niveles (de general a detallado) y expresa las relaciones entre las entidades clasificadas.

La estrategia de los métodos jerárquicos puede ser:

- a) *Divisiva*, cuando se considera a la totalidad de la muestra dentro de un solo grupo al que se divide hasta la formación de grupos con una sola muestra o se llega a un nivel deseado; o *Aglomerativa*, como punto de partida a las muestras en forma individual a las que se va fusionando en grupos de tamaño creciente, hasta que la población total se sintetiza en uno solo.

- b) *Monotética*, particiones definidas por presencia o ausencia de un solo carácter; o *Politéticas*, con grupos definidos por su similitud total en su estructura de atributos.

Las elecciones a seguir en los métodos de clasificación numérica son: Métodos monotético-divisivos y Métodos politéticos-aglomerativos.

Existen muchas técnicas para derivar una estructura jerárquica a partir de una matriz de similitud, entre las más utilizadas en comunidades vegetales están: Vecino mas cercano, Centroides, Ward y Promedios entre grupos.

Ordenación. Ordenación significa el arreglo de muestras de vegetación con relación una de otra en términos de su similitud de especies y/o sus controles ambientales asociados (Kent y Coker, 1992). Intenta reducir patrones complejos de datos de vegetación a las formas más simples e interpretables arreglando muestras y/o especies a lo largo de uno o más ejes continuos (Kershaw, 1973). Los ejes de una ordenación pueden representar gradientes ambientales (ordenación directa) o construcciones puramente matemáticas derivadas de una matriz de similitud entre las muestras o especies (ordenación indirecta).

Puesto que la ordenación es el arreglo de especies y/o muestras a lo largo de gradientes, puede ser considerada como sinónimo para análisis de gradiente multivariado.

Dentro de los gradientes ambientales se reconocen tres tipos:

- a) *Gradientes indirectos*, aquellos que por si mismos involucran la presencia de otros (p. ej. la altitud que tiene una correlación sitio-específica con la humedad y temperatura las cuales si tienen efecto directo sobre el crecimiento)
- b) *Gradientes directos*, con un impacto fisiológico directo en el crecimiento vegetal pero no son consumidos (p. ej. temperatura, pH, densidad del suelo, etc.).

- c) *Gradientes de recursos*, el factor ambiental es consumido como recurso para su crecimiento (p.ej. oxígeno, agua, nutrientes minerales del suelo).

Cuando los atributos son series de variables tales como los nutrientes del suelo, la altitud, pendiente, etc., el objetivo usual es encontrar una combinación de atributos que puedan sugerir una causa fundamental para el patrón sistemático de la distribución de las muestras (Sánchez, 1998).

Pese a que la ecología de comunidades es relativamente joven, la aplicación de métodos cuantitativos comenzó de forma temprana (McIntosh, 1985). Resumiendo tal desarrollo, los hechos más notables son: En 1930, Ramenzky comenzó a usar técnicas de ordenación informales para la vegetación. En 1951 Curtis y McIntosh desarrollaron el "índice de continuum", el cual condujo a ligas conceptuales entre las respuestas de las especies a gradientes y los métodos multivariados. Estos métodos informales y subjetivos llegaron a ser muy difundidos a comienzos de 1950 (Whittaker 1967). Poco tiempo después, Godall (1954) introdujo el término "ordenación" en un contexto ecológico para el Análisis de Componentes Principales (ACP). Bray y Curtis (1957) desarrollaron la Ordenación Polar (OP), la cual fue la primer técnica de ordenación ampliamente usada en ecología. Austin (1968) usó la correlación canónica para establecer las relaciones planta-ambiente en lo que pudo haber sido el primer ejemplo de análisis de gradientes multivariado en ecología. En 1973, Hill introdujo el Análisis de Correspondencia (AC), una técnica originada en los 30's. el AC suplantó gradualmente la OP, la cual aún hoy tiene algunos seguidores. Fasham (1977) y Prentice (1977) de forma independiente descubrieron y demostraron la utilidad de la escala multidimensional no métrica de Kruskal (1964), originalmente una técnica psicométrica, para la ecología. Hill (1979) corrigió algunas de las fallas del AC y creó el Análisis de Correspondencias sin Tendencia (ACT), la técnica de análisis indirecto de gradientes más ampliamente usada en la actualidad; el software que usaba (DECORANA) fue la base para el desarrollo de los programas posteriores. Ter Braak (1986) anunció la más grande revolución moderna en métodos de ordenación con el

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Esta técnica unió el AC con la metodología de la regresión, y permitió la prueba de hipótesis.

A continuación se describen brevemente las tres principales técnicas de ordenación más comúnmente utilizadas:

AC. (Análisis de Correspondencia) Técnica de análisis de gradiente indirecto (forma lógica de descubrir factores determinantes de la estructura de la comunidad) que permite ordenar muestras y especies de manera simultánea. Su algoritmo es para eigenanálisis, una de las técnicas centrales del Álgebra de matrices (Palmer, 1993).

ACT. (Análisis de Correspondencias sin Tendencia) Técnica de análisis de gradiente indirecto en la que los gradientes ambientales son inferidos de la composición de datos de las especies (Hill y Gauch, 1980).

El ACT al igual que el AC es una técnica de ordenación de promedios ponderados, con el ordenamiento simultáneo de sitios y especies, una rápida computación y eficiencia cuando las especies muestran relaciones de tipo no lineal y unimodal a gradientes ambientales (Ter Braak, 1986). Todavía hay dudas acerca de la eficiencia de esta técnica.

ACC. (Análisis de Correspondencia Canónica o Análisis Canónico de Correspondencia) La más reciente, que a diferencia de las anteriores es una técnica de ordenación directa que representa además un caso especial de regresión multivariada (Ter Braack, 1986, Palmer, 1993). En este se efectúa una regresión lineal múltiple (método de mínimos cuadrados) tomando los coeficientes para las muestras como la variable dependiente y las variables ambientales como variable independiente. Los nuevos coeficientes para las muestras se asignan conforme al valor predicho por la ecuación de regresión. Dado que esta ecuación es formalmente una combinación lineal de variables, se pueden determinar los nuevos coeficientes para las muestras. El fundamento es que la abundancia o frecuencia de una especie tiene una función unimodal de posición a lo largo de un gradiente ambiental. Este

modelo es inapropiado para gradientes extremadamente cortos, en los cuales la abundancia o frecuencia de las especies es una función lineal monótona del gradiente.

Como se puede inferir de lo anterior, el ACC y el ACT son variantes del AC.

Tabla 1. Ordenación y Clasificación: algunas características de los dos grupos de métodos.

ORDENACIÓN
Parte de muestreos al azar, sistemáticos o subjetivos a lo largo de continuos florísticos o gradientes ambientales.
La intensidad de muestreo puede ser elevada o baja, pero no se pretende disponer de réplicas.
Las muestras se estudian en su individualidad y en sus relaciones de afinidad o distancia con las demás, así como en su posición relativa a factores ambientales.
CLASIFICACIÓN
Se basa en listas florísticas completas observadas en parcelas de muestras que se suponen homogéneas a grandes rasgos, importando más la diferencia cualitativa que la cuantitativa.
El muestreo se hace a partir de la apreciación visual de la existencia de agrupaciones recurrentes en las plantas.
Para cada agrupación detectada, se toman numerosas muestras que una vez asignadas a una comunidad, se consideran representativas de la misma.
Las muestras (inventarios) se agrupan en categorías abstractas.

OBJETIVO

Clasificar la vegetación en su estructura fisonómica y composición florística y determinar las variables ambientales que puedan ser responsables de la distribución de las comunidades vegetales por medio del sistema de ordenación a través del gradiente ambiental de altura y algunos parámetros físicos y químicos del suelo.

AREA DE ESTUDIO.

El estado de Querétaro se encuentra ubicado en el centro del país, entre los paralelos 20° 01' 16" y 21° 35' 38" de latitud norte y los meridianos 99° 00' 46" y 100° 35' 46" de longitud oeste. Es una de las entidades federativas más pequeñas, con una superficie de 11 269.70 Km², y dividido en 18 municipios. Limita al N con San Luis Potosí, al E con Hidalgo, al S con Michoacán y el Estado de México y al W con Guanajuato (Argüelles, 1991). Por su ubicación, participa de tres regiones fisiográficas del país: la Altiplanicie Mexicana, la Sierra Madre Oriental y el Eje Volcánico Transversal. De estas, la Sierra Madre Oriental consiste en una sucesión de varios macizos montañosos, en gran parte muy abruptos.

18

El área de estudio se centra a lo largo de un corredor de vegetación en un gradiente altitudinal que va de los 900 a 2400 m de elevación sobre el flanco Sur de la Sierra de San Joaquín (Municipios de San Joaquín y Cadereyta, Querétaro), dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental, localmente denominada Sierra Gorda; la cual se origina en el noreste del estado de Guanajuato, cruza el estado de Querétaro y se extiende al estado de Hidalgo. Esta Sierra, comprende elevaciones montañosas con dirección noreste-sureste (Fernández y Colmenero, 1997), siendo una de sus características el no ser un solo macizo montañoso, si no una serie de estructuras independientes.

La elección de esta zona se basó en la presencia de una vegetación primaria la cual se desarrolla sobre un gradiente altitudinal compacto con continuos y marcados cambios de vegetación. Esta es una depresión formada por el cañón del Río Moctezuma y algunos afluentes intermitentes (este río atraviesa la Sierra en dirección suroeste-noreste por medio de algunos cañones excavados en la roca caliza); situada dentro de la región conocida como la zona árida de Querétaro, la cual queda ubicada en el centro del Estado, abarcando la mayor parte de la Cuenca del Río Estorax y parte de la Cuenca del Río Moctezuma, siendo delimitada más o menos con exactitud

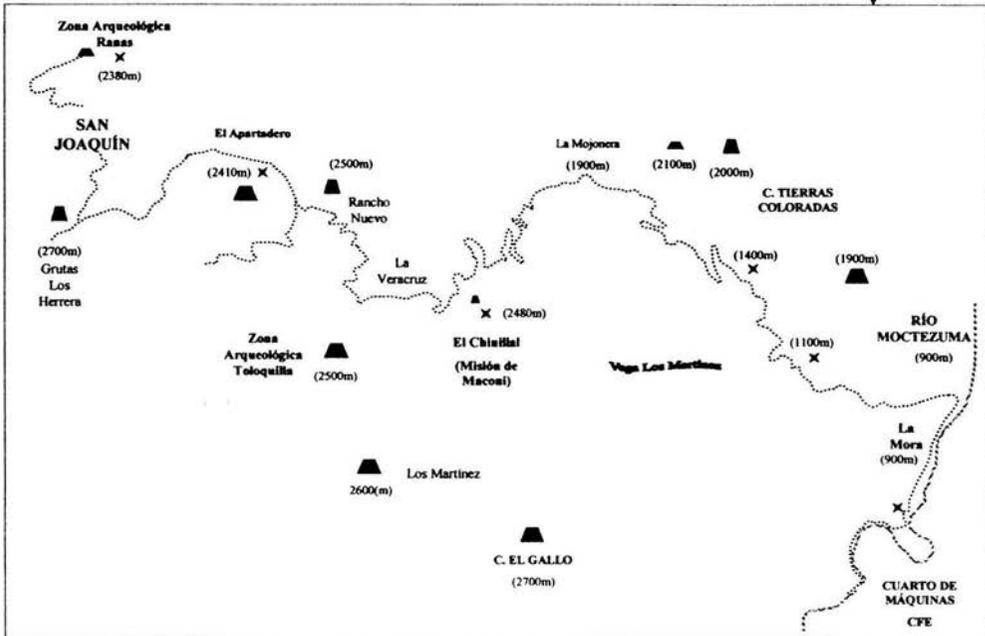


Ilustración 1. Localización de la vertiente Sur de la Sierra de San Joaquín, Querétaro. La representación esquemática indica las principales elevaciones, los sitios de muestreo se marcan con cruces. La línea punteada corresponde al camino San Joaquín-Cuarto de Máquinas.

por la cota de nivel de los 2200 m (Zamudio, 1984). Precisamente en la zona sureste de la intersección de estas dos cuencas se sitúa la zona de estudio del presente trabajo (Ilustración 1).

A esta vertiente Sur de la Sierra de San Joaquín le corresponde la sombra orográfica que se forma al estar enclavada entre las sierras que flanquean el paso del río Moctezuma en el Municipio de Cadereyta, Querétaro; mientras que en la parte más elevada el choque de los vientos provoca la acumulación de nubosidad y por tanto de humedad.

Orografía. Debido a su ubicación dentro de la Sierra Madre Oriental, la topografía de la cuenca es predominantemente montañosa. Todo el paisaje está dominado por una serie de formas de pendiente suave entre las que destacan las siluetas de numerosos cerros más altos con pendientes muy inclinadas (Zamudio, 1984).

La orografía tan compleja que presenta esta región refleja los numerosos pliegues que han sufrido las rocas del área durante su historia geológica y la intensa erosión a que han estado expuestas.

Hidrografía. La región está drenada por el sistema hidrográfico Moctezuma-Pánuco de la vertiente del Golfo de México, con un drenaje dendrítico característico en el área (Vega, 1997). En particular, la vertiente tiene como límite inferior el cauce del río Moctezuma, y contempla la porción norte de la Vega los Martínez.

Geología. El área comparte muchas de las características geológicas adyacentes entre los municipios de San Joaquín y Cadereyta en Querétaro y el estado de Hidalgo. Así, la geología que se presenta en la zona es relativamente compleja, tanto en la región montañosa como en la gran cantidad de pequeñas y grandes cañadas. (Jiménez y Paniagua, 1990; Nájera, 1984). En particular para esta zona, en el transcurso del Albiano-Cenomiano del Cretácico Medio sufrió una rápida elevación, lo que favoreció la presencia de extensas plataformas ricas en carbonatos, rocas

sedimentarias y fosilíferas de la formación "El Doctor" o también conocida como "Abra" (Carrasco, 1970). A principios del Cretácico Superior, se continúan formando calizas arcillosas, lutitas calcáreas y margas, presentes en la formación "Soyatal"; adicionalmente, a fines del Turoniano y Maestrichtiano, se desarrolla la formación "Mezcala" (Segerstrom, 1961), formaciones las cuales se pueden localizar en áreas pequeñas. En los inicios del Terciario, la orogenia Laramídica dio origen a cadenas montañosas como la pequeña Sierra de San Joaquín (Jiménez y Paniagua, 1990). Por último, durante el Oligoceno-Mioceno, se presentan esfuerzos verticales provenientes de las intrusiones ígneas que llegaron a ocupar las zonas menos firmes de los anticlinales originados por rocas sedimentarias (López, 1980); este tipo de roca volcánica se haya en la parte más alta de la Sierra.

Clima. De forma muy general, Hernández (1992) en un estudio sobre climas áridos, menciona que en Querétaro estos ocupan la parte media sobre las sierras de Pinal del Zamorano, Peña de Bernal, Sierra del Doctor, así como los valles de Cadereyta y de Tequisquiapan y que corresponden a un clima semiárido templado. Mientras que Ixmiquilpan – Zimapán en el estado de Hidalgo posee un clima árido semicálido. Sitios estos los cuales se ubican en las inmediaciones de la Sierra de San Joaquín.

La descripción climática más cercana al área es la realizada por Zamudio en 1984, donde para la caracterización de la Cuenca del Río Estórax cita los datos climáticos de San Joaquín y El Doctor. Acorde a esto, para las partes bajas de la Sierra de San Joaquín y El Doctor, Reyna (1970), señala un clima templado-subhúmedo, el más seco de su tipo; con lluvias en verano y porcentaje de precipitación invernal menor del 5% del total de la lluvia anual; verano cálido con temperatura media anual entre 12 y 18°C; no se presenta sequía intraestival y la oscilación térmica es mayor de 7°C pero menor de 14°C. Clima con la fórmula C(W_o)(w)a(e).

Mientras que para la parte alta de estas Sierras menciona un clima templado subhúmedo, con verano fresco y el mes más caliente después del solsticio de verano; al que corresponde la fórmula $C(W_1)(w)b(c)$.

Una comparación entre estos dos climas permite apreciar con cierta claridad el gradiente climático que se presenta siguiendo el gradiente altitudinal. Este hecho se explica si se recuerda que el área está enclavada en una región montañosa en donde, por influencia de la topografía accidentada, los factores climáticos (principalmente la temperatura y humedad) se modifican en distancias relativamente cortas.

En el mes de mayo las lluvias son escasas y aumentan considerablemente en junio. En los meses de agosto y en septiembre, la cantidad de lluvias aumenta nuevamente para sufrir en octubre un descenso brusco, que es el preámbulo de la temporada seca invernal. En las partes altas de las Sierras los vientos húmedos producen una mayor precipitación (Zamudio, 1984).

La marcha de la temperatura media anual sigue un comportamiento similar a la curva de precipitación. Enero es el mes con la temperatura más baja del año, la cual aumenta de febrero a abril gradualmente, para alcanzar la máxima en mayo.

De forma general, para toda la Cuenca del Río Estorax Zamudio (1984) reconoce que al aumentar la altitud, la temperatura disminuye constantemente, mientras que la precipitación aumenta, y que a partir de los 2200 m.s.n.m. se presenta una secuencia de climas templados (C_w), con diferentes grados de humedad. Y que si bien no hay el número de estaciones meteorológicas deseable para mostrar a detalle estos cambios, la vegetación, que es un buen indicador del clima, refleja este gradiente con más detalle.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área en estudio posee una vegetación primaria que se ha conservado aún después de la apertura del camino San Joaquín-Cuarto de Máquinas en 1994, a raíz de la construcción de la Presa Hidroeléctrica Zimapán en el estado de Hidalgo (de quien separa a Querétaro el río Moctezuma), antes de esto la zona era solo atravesada por caminos y veredas que comunicaban las pequeñas rancherías dispersas en la zona.

Se procuró que la investigación cubriera las áreas más conservadas con el fin de evaluar las comunidades mejor representadas para obtener los datos que las caracterizaran.

Delimitación de la zona de estudio

La zona se delimitó y caracterizó por medio de:

- a. Revisión bibliográfica acerca de la zona.
- b. Revisión cartográfica: carta edafológica, topográfica, geológica, uso del suelo, etc. (escala 1:50 000). Carta Condensado Estatal de Querétaro (escala 1: 250 000).
- c. Recorridos de campo: se efectuó un recorrido preliminar en agosto de 2001, durante el cual se visitó la zona y se definieron los sitios de muestreo en base a la homogeneidad de las comunidades y la facilidad de acceso a ellas.
- d. Desde el mes de septiembre de 2001 y hasta octubre de 2002 se realizaron exploraciones intensivas en los sitios de muestreo con el fin de coleccionar la mayor cantidad de especies en floración, además de tomar muestras de suelo. Todo esto en salidas realizadas con una periodicidad de dos meses aproximadamente.

Levantamiento florístico

Las plantas colectadas en cada salida fueron acompañadas con el registro de los siguientes datos:

- Lugar de colecta: nombre del paraje o Km. del camino más cercano.
- Número del sitio de muestreo.
- Tipo de vegetación (si las había, con especies fisonómicamente dominantes).
- Forma del relieve (topoforma): loma, cerro, ladera, terraza, planicie, cima, valle, etc.
- Topografía del lugar: inclinación de la pendiente en porcentaje.
- Exposición de la pendiente.
- Altitud.
- Características generales del suelo.
- Observaciones propias del ejemplar (abundancia, altura, color, forma de crecimiento, etc.).

El material botánico colectado fue prensado inmediatamente y llevada una parte para su identificación al Herbario del Centro de Botánica de la Universidad Autónoma Chapingo; y otra parte al Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se donó una muestra de cada ejemplar.

Caracterización horizontal

El patrón espacial para la ubicación de cada sitio de muestreo fue de tipo dirigido (o preferencial) hacia el interior de las zonas homogéneas reconocidas a lo largo del gradiente altitudinal; y dentro de cada muestra, las subunidades muestrales se situaron según un patrón aleatorio.

El arreglo vertical de la comunidad incluye dos aspectos: la estratificación de especies y de individuos. El primero es difícil de describir, puesto que para lograrlo es necesario grandes áreas de estudio, en donde la mayoría de las especies tenga una representación, mientras que el segundo puede ser con datos de transectos relativamente pequeños (Meave, 1992). Para cubrir a este último, en cada sitio se elaboró el diagrama de perfil semirrealista de Richards; este diagrama de perfil es puramente fisonómico estructural y fue ideado para describir comunidades de flora poco conocida (Davis y Richard, 1934). Se confecciona tomando un rectángulo del bosque y dibujando a escala las plantas presentes (Matteucci y Colma, 1982), de modo que describe la estratificación a través de ilustraciones esquemáticas llamadas diagramas de perfil. Richards, *et al* (1939) sugieren usar transectos adicionales a los cuadros de estudio, para dar un panorama más amplio y certero de la composición florística de las agrupaciones vegetales que se están estudiando (Granados y Tapia, 1990).

En trabajos posteriores se ha propuesto la representación de la estructura de la comunidad en dibujos tridimensionales a fin de poder visualizar la estructura vertical y horizontal (Aubreville, 1965).

Determinación de las características generales de los suelos

La diversidad de especies puede estar relacionada con un factor ecológico en formas opuestas, dependiendo de los valores del segundo factor (Schall y Pianka, 1978). Ya que la altitud contribuye al "Gradiente Maestro" en la diversidad de especies (Whittaker, 1972), se espera que la respuesta al sustrato dependerá de la altitud (Wilson *et al*, 1990).

Con esta perspectiva, se tomaron muestras de 0 a 20 cm de profundidad debajo del *litter* (o en la superficie cuando este no existía) de cinco puntos. Estas cinco muestras se homogenizaron mezclando a mano. El tejido fresco grande de plantas (raíces y tallos) y los guijarros se separaron a mano en cada muestra y fueron descartados. Cerca de 1 Kg. de cada muestra se llevó al laboratorio de Edafología de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se determinaron las siguientes propiedades:

Pruebas físicas

- Densidad aparente método de la probeta.
- Densidad real método picnómetro.
- Textura hidrómetro de Bouyoucos.

26

Pruebas químicas

- Materia Orgánica Walkley y Black.
- pH potenciométrico relación suelo-agua 1:2.
- Capacidad de Intercambio Cationico acetato de amonio 1.0N pH 7.0 por centrifugación.
- N total digerido con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor.
- Ca y Mg intercambiable extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 en relación 1:200 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- K intercambiable extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 en relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- Na intercambiable espectrofotometría de emisión de flama en el extracto de la pasta de saturación.

Clasificación

Para la realización de la clasificación se utilizó el programa PC-ORD, versión 4 (McCune y Mefford, 1999), el cual se enfoca al análisis multivariado de datos ecológicos; por medio de un cluster basado en una medida de distancia y un método de unión de grupos.

En este caso la clasificación se realizó con variables cualitativas (presencia / ausencia), tomando como método de unión el Promedio entre grupos y como medida de distancia el índice de Jaccard (el cual tiene en cuenta la relación entre el número de especies comunes y el total de las especies encontradas en las muestras que se comparan -Matteucci y Colma, 1982-).

27

Ordenación

Se analizaron los datos fitosociológicos mediante el análisis canónico de correspondencia (CCA). Estos cálculos estadísticos se ejecutan con el programa de computación CANOCO versión 4 (Ter Braack y Smilauer, 1998). La representación gráfica está hecha con el programa CANODRAW versión 3.1 y editada en CANOPOST versión 1.02 (Smilauer 1996-7).

El método de CCA permite separar las especies según sus nichos ecológicos y construye gradientes sintéticos de ordenación. Estos gradientes pueden concordar con gradientes ambientales o combinar diferentes factores ambientales o referirse a gradientes aún no identificados.

Por principio se correlacionan tres grupos de variables: sitios, especies y factores ambientales. El enfoque del CCA está en la separación de diversidad J (entre sitios), tomando la diversidad I (en un sitio) como dada (Ter Braack y Vondenschot, 1995).

El CCA posiciona las especies, los sitios y los factores ambientales en un sistema de coordenadas de los gradientes principales. El grado de poder explicativo de los gradientes se expresa por su valor eigen (*eigenvalue*). La ubicación de los sitios en el sistema de coordenadas corresponde a su media ponderada (*centroid*) con cero en el origen de las coordenadas (*zero weighted mean*), y la varianza unificada (*unit weighted variance*). Las especies se ubican de acuerdo a su incidencia en los sitios. De igual manera, los factores ambientales cualitativos se posicionan por sus medias ponderadas (*centroid*), mientras que los factores ambientales cuantitativos se ubican por sus correlaciones vectoriales con los ejes principales.

Con esto, en última instancia se busca el desarrollo de un modelo más comprensible del estatus que guardan las comunidades entre sí y los factores ambientales que las están delimitando.

RESULTADOS

CLASIFICACIÓN

De las áreas homogéneas de vegetación muestreadas, se distinguieron seis comunidades vegetales con ayuda de la clasificación del programa PC-ORD. Se incluyó un total de 165 especies en el análisis de clasificación que fue de tipo política aglomerativa, basada en atributos binarios (presencia/ausencia).

Los conglomerados fueron establecidos en base a un índice de afinidad (índice de Jaccard) y se tomó como algoritmo el promedio entre grupos.

29

Los resultados de la clasificación se muestran como un dendrograma (Figura 1), en este se indica la distancia existente entre las comunidades, vista esta como un agrupamiento de información remanente, donde el 100% es la totalidad de información disponible (especies), la cual se reduce conforme esta es agrupada por su semejanza, hasta el agotamiento de la información en 0%. De tal modo que la representación de información remanente lo es a la vez de la afinidad entre sitios.

De forma general se distinguen dos grupos: las zonas áridas (MX, MS, MR) y las templadas (BBE, BAE, BME).

IZT.

Los sitios más parecidos son el BAE y el BME quienes comparten información en el dendrograma en un 100%, esto no implica que sean totalmente iguales, solo los más similares en composición, que se unen al BBE en 60%.

En el otro grupo el MX y MS son los más cercanos uniéndose en un 80%, para posteriormente converger con el MR con un 37% de información remanente.

En el dendrograma se observa como estos dos grupos prácticamente no comparten información (especies) por lo que se unen hasta el 0%.



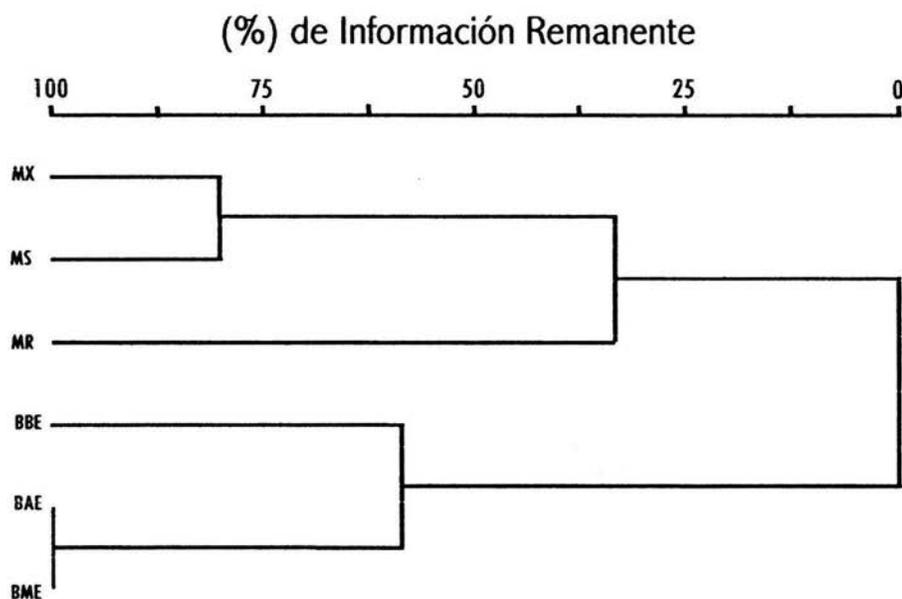


Figura1. Dendrograma obtenido por medio de PC-ORD que muestra las afinidades entre las comunidades vegetales de la Sierra de San Joaquín, Querétaro. MX= matorral xerófito, MR = matorral rosetófilo; MS = matorral submontano; BBE = bosque bajo de encino; BAE = bosque alto de encino; BME = bosque mediano de encino.

ORDENACIÓN

El Análisis de Gradiente Directo se utilizó para encontrar una combinación lineal de variables explicativas, maximizando la dispersión de las muestras y las especies a lo largo de ejes. Par este propósito se utilizó al Análisis Canónico de Correspondencia (CCA, sin transformación de datos de especies, sin peso a especies y sitios).

En un primer CCA se incluyeron 17 factores ambientales cuantitativos: pH, N (total), (%) M. O., Na, K, Ca, Mg, C. I. C., Densidad aparente, Densidad real, arena (%), limo (%), arcilla (%), profundidad, pendiente, altitud y orientación.

Puesto que se identificó una alta covariabilidad entre los valores de estas variables ambientales originales, se aplicó una prueba de permutación de Monte Carlo con la hipótesis nula de no relación entre las matrices. Con esto se probó la significancia del eugenvalor del primer y segundo eje, con el fin de identificar las variables ambientales de mayor correlación con los ejes (Tabla 2). Las relaciones se consideraron significativas con un $P < 0.05$ en el análisis.

Después de analizar los resultados del primer CCA se efectuó una repetición con algunas modificaciones de los datos originales. Eliminandose los factores ambientales que no demostraron una alta correlación con los ejes principales, quedando los factores altitud, pH, profundidad, pendiente, y Mg.

La prueba de CCA se corrió con estas cinco variables principales y se obtuvo el diagrama de ordenación (Figura 3). En este, las variables ambientales son representadas por flechas que apuntan en dirección de la máxima variación y su longitud es proporcional a la tasa de cambio en esta dirección, de modo que las flechas más largas están más fuertemente correlacionadas con los ejes de ordenación que las cortas, y por tanto más estrechamente relacionadas a el patrón de variación de la comunidad.

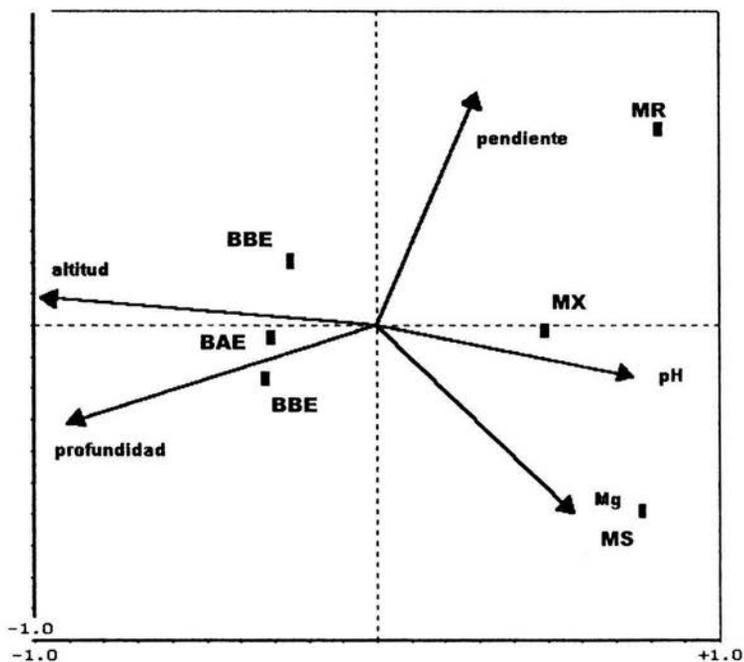
Tabla 2. Correlaciones variables-ejes.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Inercia total
Eugenvalor	0.944	0.620	0.565	0.491	3.082
Porcentaje de varianza acumulada	30.06	50.08	69.01	85	

Tabla 3. Resumen de valores en los ejes principales.

Variable	Correlación	
	Eje 1	Eje 2
Ca	0.963	-0.066
Altitud	-0.976	0.086
Profundidad	-0.903	-0.312
Pendiente	0.297	0.734
pH	0.749	-0.162

Figura 2. Diagrama de ordenación directa, se indican las principales variables explicatorias. Los tipos de vegetación son: MX = matorral xerófito; MR = matorral rosetófilo; MS = matorral submontano; BBE = bosque bajo de encino; BAE = bosque alto de encino; BME = bosque mediano de encino.



El diagrama de ordenación (Fig. 2) muestra la correlación de los sitios y de los factores ambientales con los ejes principales. En esta figura se aprecia una fuerte correlación de los factores altitud y profundidad con el primer eje.

El eugenvalor (0.944) del primer eje implica una separación entre los sitios que fue bastante pronunciada, de aquí un movimiento en las condiciones ecológicas a lo largo de este primer eje. La separación entre los sitios permite observar la formación de grupos discretos con discrepancia entre sí (comparten muy pocas especies) lo cual conlleva a que las variables que determinan a cada sitio sean más notorias.

Hay que recordar que de hecho, los sitios representan una determinada integración de especies y por lo tanto, una distribución de especies a lo largo de gradientes ambientales.

El diagrama de ordenación indica que aquellos factores ambientales más importantes son: la altitud, pendiente, profundidad, Mg y pH

De estas cinco variables ambientales solo tres (pendiente, Mg y pH) contribuyeron de forma independiente a la ordenación total con valores del factor de inflación que no alcanzaron más de 8.13; las otras dos (altitud y profundidad, de hecho las más importantes) presentaron valores mucho mayores, lo que implica la existencia de otras variables que están implícitas en ellas.

La inercia total (varianza total en los datos de especies) fue de 3.082. El valor general de las variables explican el 30.6 % de la inercia residual para el primer eje, y 50.8% al segundo.

De modo que la altitud y profundidad del suelo parecen definir hábitats diferenciados para estas comunidades, siendo la altitud la que en la mejor manera posible separa los hábitats.

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Se ubicaron seis áreas de vegetación homogénea a lo largo del gradiente altitudinal de la vertiente sur-este de la Sierra de San Joaquín, partiendo de los 900 m snm, en las márgenes cercanas al río Moctezuma; hasta la parte central de la cima de la Sierra de San Joaquín de entre 2300 a 2500 m snm (Figura 12).

Cabe destacar que las márgenes del río Moctezuma no fueron incluidas en el estudio, pues aquí se presentan principalmente áreas de cultivo y huertos familiares, los cuales poseen vegetación que ya no corresponde al criterio de elección de áreas homogéneas que se planteó para la realización del presente trabajo.

De los aproximadamente 360 ejemplares botánicos colectados dentro de estas seis áreas, se obtuvo una lista florística de 235 especies, y 70 familias (Anexo 1). Las familias mejor representadas fueron: Compositae con 31 géneros, Gramineae con 16, Leguminosae con 15, Adiantaceae con 12, Fagaceae con 11 y Cactaceae con 10 géneros respectivamente. El área con mayor número de especies presente fue el Bosque mediano de encino con 76, mientras que el de menor número fue el Matorral submontano con apenas 18 especies.

Para la caracterización de las comunidades vegetales reconocidas, se utilizó la clasificación propuesta por Zamudio et. al. en 1992 (Anexo 2) en su descripción de la vegetación del estado de Querétaro, por ser la más sencilla y ampliamente usada en otros estudios (Fernández y Colmenero, 1997; Arreguín et. al. 1997), lo que da uniformidad a los resultados.

A continuación se describen las características más importantes de cada una de las áreas identificadas:

i. MATORRAL XERÓFITO.

- Ubicación: 20° 51' 40" lat N
99° 26' 54" long W
- Altitud: 900 m.s.n.m.
- Municipio: Cadereyta.
- Sustrato: calizo, laterítico,
- Inclinación: 60 – 70%
- Exposición: Noroeste

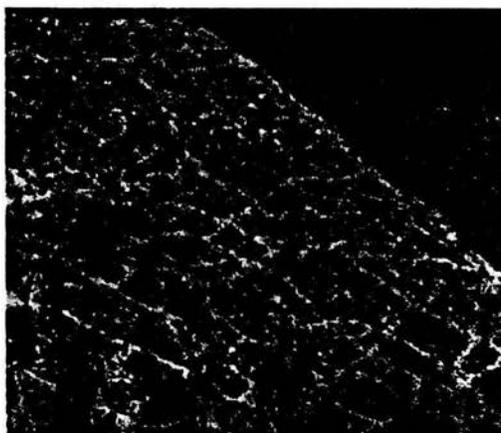


Ilustración 2. Ladera con mucha pendiente en el MX. Se aprecia la agrupación de la vegetación sobre un suelo con lixiviación.

Es la parte más baja de la vertiente Sur de la Sierra de San Joaquín, cercano a la población La Mora del Municipio de Cadereyta, Qro., con partes cerriles bordeando la vega donde se presentan elementos de trópico seco acompañando al matorral xerófito. La exposición varía en distancias cortas, predominando en todas la fuerte inclinación de la pendiente, la cual llega a ser del 100% en las partes más escarpadas. Por las características propias de este matorral se le considera una variante entre el matorral micrófilo y el matorral submontano.

Suelo muy superficial casi inexistente, la pedregosidad lo cubre en un 50%, con clase textural de tipo franco, pH de 7.69, 2.15% de Materia Orgánica (M. O.), Nitrógeno total del 0.1484, Na de 13 mg Kg⁻¹, K de 117 mg Kg⁻¹, Ca de 9.239 mg Kg⁻¹ y Mg de 203 mg Kg⁻¹, con una Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C) de 18.19 Cmol(+)Kg⁻¹, Densidad aparente de 1.38 g/ml y Densidad real 2.64 g/ml, un porcentaje de Arena de 38.74%, Limo con 39.18% y Arcilla de 22.08%.

Según la cartografía a esta zona corresponde un sustrato geológico de caliza, con suelo predominante de tipo Regosol calcárico y Litosol como suelo secundario, de clase textural media, con una profundidad de 10 a 20 cm.

En el escaso estrato arbóreo que se da en base a escurrimientos; todos los individuos que se presentan son menores a 5 metros de altura, con una presencia escueta de *Bursera morelensis*, *Prosopis laevigata*, *Celtis pallida*, y *Fraxinus schiedeana*.

Estrato arbustivo de 1.5 m de altura, con plantas rosetófilas, dominado por *Agave xilonacanta*, *A. striata*, *A. funquiiana* (esporádico), *Yucca filifera* (de baja frecuencia), *Dasylinion longissimum* y *D. Acotriche*. Además de cactáceas como biznaga, *Opuntia leptocaulis*, *O. imbricata*, *O. rufida*, *O. microdasys* y *O. tunicata*. Esta vegetación arbustiva se establece de forma individual en pendientes de hasta 100%, rodeándose de otras especies, en su mayoría herbáceas.

El estrato herbáceo es cubierto por plantas que ramifican desde la base, encontramos a *Hechtia glomerata*, *Jatropha dioica*, *Selaginella pilifera*, *S. lepidophylla*, *Russelia sarmentosa*, *Notholaena candida*, y *Cheilanthes cucullans*, especies perennes las cuales ejercen la mayor retención de suelo, además de *Eupatorium cf. pulchellum*, *Euphorbia arizonica*, *Loeselia carulea*, *Polygala barbeyana* y la presencia esporádica de anuales.

Resalta la presencia de pequeñas poblaciones de cactáceas endémicas y/o en peligro de extinción según la NOM-Ecol-059-94 como es el caso de *Strombocactus disciformis*, el cual se sitúa en las partes más pronunciadas de la ladera.

Esta comunidad fue en la que se presentó una mayor perturbación por pastoreo. Si bien los rebaños de ganado caprino que se observaron en campo fueron reducidos (10 individuos máximo) no se debe menospreciar el probable papel que en la definición de la fisonomía ejerzan.

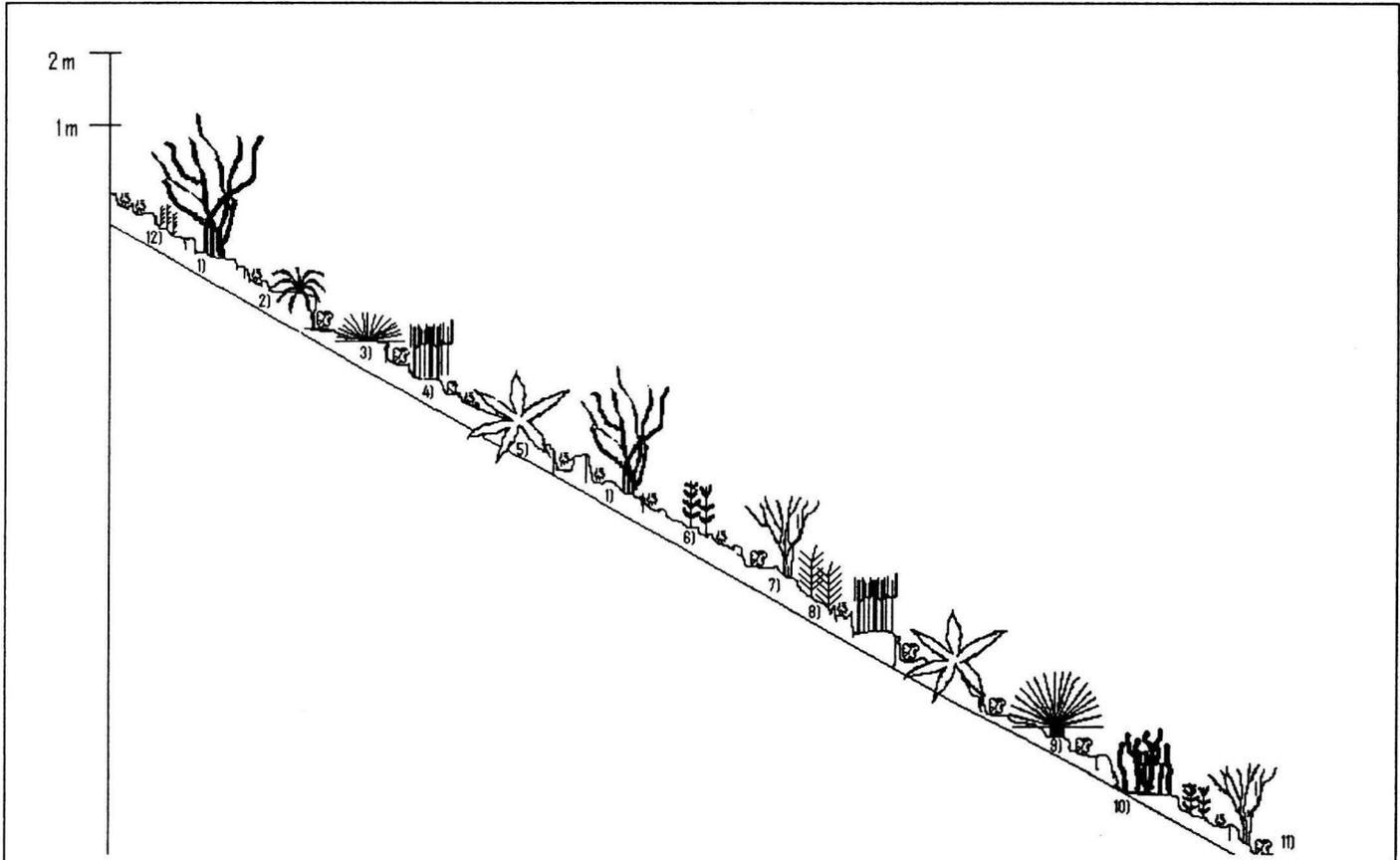


Figura 3. Perfil semirealista de Richards (modificado) para el Matorral Xerofito.

- 1) *Lanthona verrutina*, 2) *Hechtia glomerata*, 3) *Agave striata*, 4) *Russelia sarmentosa*, 5) *Agave xilonacantha*, 6) *Viguiera* sp. 7) *Turnera* difusa, 8) *Loeselia caerulea*, 9) *Dasyliiron acotriche*, 10) *Jatropha dioica*, 11) *Selaginella* sp., 12) *Euphorbia lasiocarpa*.

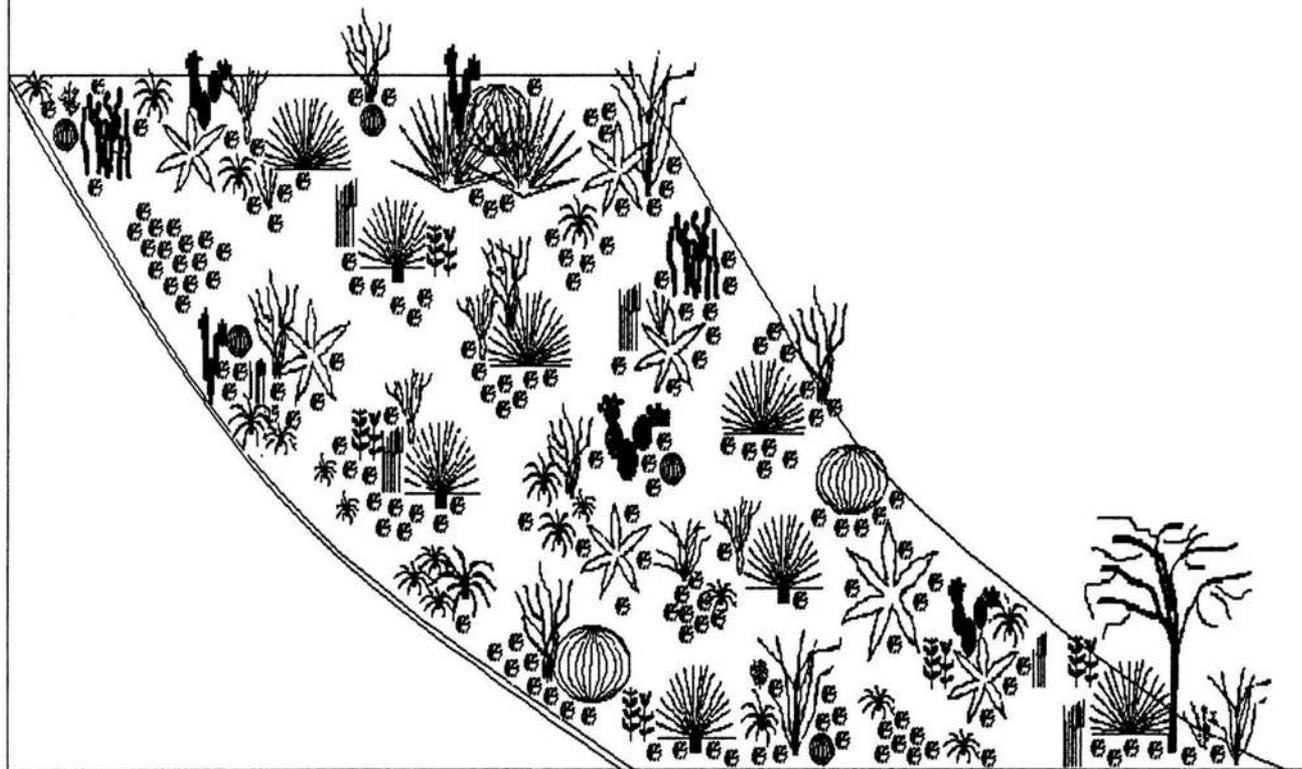


Figura 4 Perfil tridimensional (adaptado de Richard) para el Matorral Xerófito

ii. MATORRAL SUBMONTANO.

- Ubicación: 20° 51' 40" lat N
99° 26' 54" long W
- Altitud: 1100 m.s.n.m.
- Municipio: Cadereyta.
- Sustrato: calizo
- Inclinación: 30%
- Exposición: Norte



Ilustración 3 Vista general del Matorral submontano.
Destaca la fisonomía que confiere la dominancia de Burseras.

Siguiendo en forma ascendiente, a 1100 msnm se ubica el siguiente grupo reconocible, situado en la ladera de orientación N, el terreno es moderadamente escarpado, atravesado por pequeñas barrancas de profundidad no mayor a 4 metros.

Por sus características este es un grupo intermedio entre el Bosque Tropical y el Matorral submontano.

El **suelo** es poco profundo, con una clasificación textural franca, pH de 7.64 y contenido de Materia Orgánica (MO) del 13.45%. La cantidad de rocas y grava es de alrededor del 40%, Nitrógeno total del 0.6440, contenido de Na de 95 mg Kg⁻¹, K de 1,093 mg Kg⁻¹, Ca de 11, 393 mg Kg⁻¹ y Mg de 668 mg Kg⁻¹, con una Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C) de 31.05 Cmol(+)Kg⁻¹, Densidad aparente de 1.02 g/ml y Densidad real de 2.26 g/ml, un porcentaje de Arena de 42.46%, Limo 32% y Arcilla de 25.54%.

Cartográficamente se reporta para esta zona un sustrato geológico de caliza, con suelo predominante de tipo Regosol calcárico y secundario tipo Litosol, de una clase textural media y fase lítica de hasta 50 cm. de profundidad.

Dominancia en el estrato arbóreo de individuos espaciados que conforman un dosel abierto, de hasta 11 m de alto. Como especies importantes tenemos a *Bursera morelensis* y *B. schedeanae*; con algunos individuos de *Plumeria rubra* y *Helietta parvifolia*, estos últimos de menor altura.

El estrato arbustivo alcanza alturas de 4 m en el caso de *Yucca camerosana*, y *Nolina parviflora* las cuales se presentan de manera esporádica en grupos de 2 a 8 individuos, mientras que el resto de este estrato está representado por *Lantana camara*, *Cordia boissieri* y otras especies no mayores a 2 m.

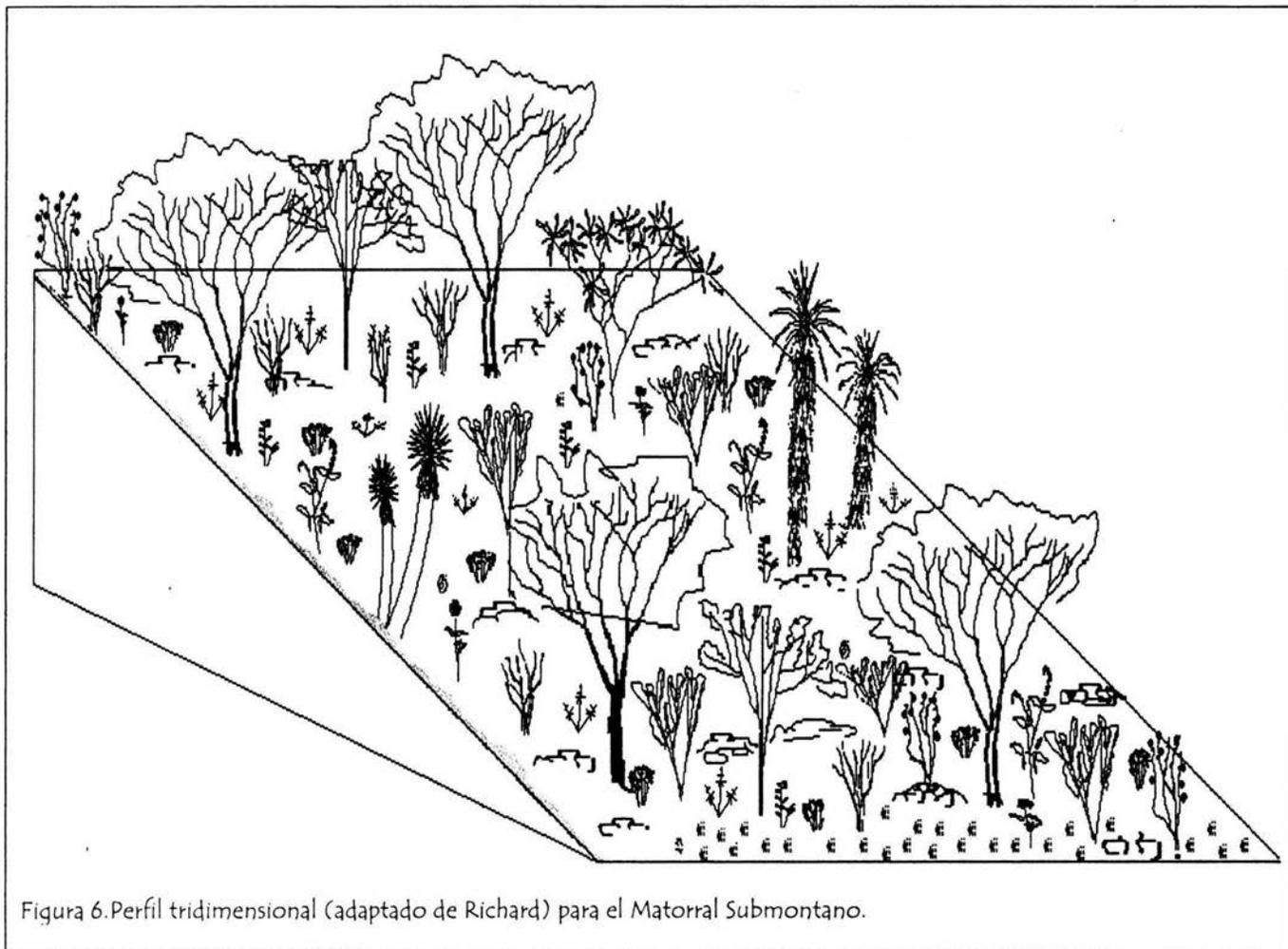
En el conspicuo estrato herbáceo algunas especies características son *Polygala barbeyana*, *Notholaena candida* y *Mamillaria elongata*, además de *Selaginella lepidophylla* y *S. pilifera* en una cobertura casi total reteniendo el suelo en la parte más baja (límite) que es también la de mayor pendiente; conforme aumenta la altura la presencia de esta disminuye limitándose a las paredes de las pequeñas barrancas.

No se reconoció una perturbación reciente que fuera muy notoria en esta comunidad. No obstante, la misma vegetación nos habla de la historia de cambio que ha sufrido, pues en sus límites (áreas más abiertas y de menor pendiente) la presencia de arbustos como *Lantana camara* indica una fase sucesional temprana de un lugar donde se ha practicado el desmonte con un posterior abandono del terreno.



Figura 5. Perfil semirealista (modificado) para el Matorral Submontano.

- 1) *Heliotropium angiospermium*, 2) *Notholaena candida*, 3) *Bursera schlechtendalii*, 4) *Beloperone aff. guttata*, 5) *Yucca camerosana*
 6) *Helietta parvifolia*, 7) *Lantana camara*, 8) *Selaginella sp.*, 9) *Euphorbia lasiocarpa*, 10) *Nolina parviflora*, 11) *Plumeria rubra*,
 12) *Notholaena affinis*, 13) *Zinnia peruviana*, 14) *Bursera morelencis*, 15) *Turnera diffusa*, 16) *Avena rotundifolia*.



iii. MATORRAL ROSETOFILO.

- Ubicación: 20° 53' 13" lat N
99° 26' 54" long W
- Altitud de 1 400 m.s.n. m.
- Municipio de Cadereyta.
- Sustrato: calizo
- Inclinación: 70%
- Exposición: Este

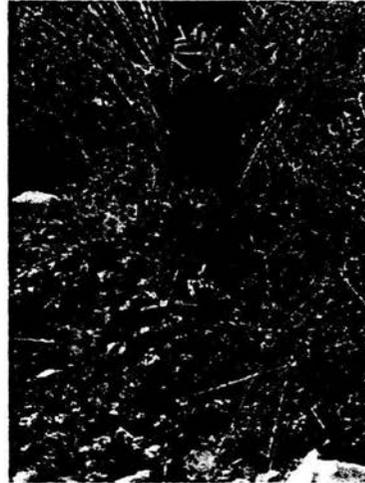


Ilustración 4. Zona basal de *Dasylium long.* donde se aprecia la acumulación de Selaginella

Esta comunidad ocupa áreas muy pequeñas. Se localiza sobre pendientes muy pronunciadas en laderas expuestas, con fuerte erosión hídrica que impide una retención general de suelo, lo que propicia que no puedan establecerse muchas plantas. Orientado hacia la exposición Este se desarrolla a una altitud de 1 400 msnm

Suelo con una pedregosidad de casi el 60-70%, en algunos sitios con afloramientos rocosos amplios, lo cual propicia sitios de acumulación de suelo, posee un suelo poco profundo, con una textura franca, Materia Orgánica (MO) en un 7.13% en los sitios de acumulación y un pH de 7.53. Nitrógeno total del 0.3864, Na de 71 mg Kg⁻¹, K de 165 mg Kg⁻¹, Ca de 10, 394 mg Kg⁻¹ y Mg de 210 mg Kg⁻¹, con una Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C) de 23.17 Cmol(+)Kg⁻¹, Densidad aparente de 1.08 g/ml, Densidad real 2.46 g/ml, un porcentaje de Arena de 39.10%, Limo 36% y Arcilla de 24.9%.

Cartográficamente también se reporta para esta zona un sustrato de Regosol calcarico, Litosol y Rendzina de textura media sobre un sustrato geológico de caliza.

Se distinguen dos estratos:

El estrato superior dominado por arbustos rosetófilos de hasta 3m, con la presencia de *Dasylium longissimum*, y arbustos como *Krameria cytisoides*. La fisonomía de la comunidad está dada biológica de la especie dominante, en este caso por *D. longissimum*.

En el escaso estrato inferior, la presencia de algunos pastos (como *Bouteloua curtipendula*) más bien esporádicos en las partes más descubiertas es acompañada por helechos como *Cheiloplecton rigidum*, pequeñas euphorbias (*Ditaxis sp.*, *Euphorbia antisiphylitica*) y bromelias también muy esporádicas, siendo la especie de mayor frecuencia *Selaginella pilifera*, la cual se distribuye cercanamente a las plantas de *Dasylium* y en pequeñas microcuencas formadas por las salientes rocosas que abundan en el sitio.

Esta comunidad si bien se encuentra alejada de asentamientos humanos, se ve afectada por su proximidad a la zona de derrumbes, lo cual le significa una constante aportación y pérdida de rocas, principalmente en la época de lluvias, cuando los acarrees de suelo provenientes de las partes altas le llegan a enriquecer.

De las comunidades de la parte baja, es esta la que mayor carencia de suelo presenta, seguramente por causa de los deslaves continuos.

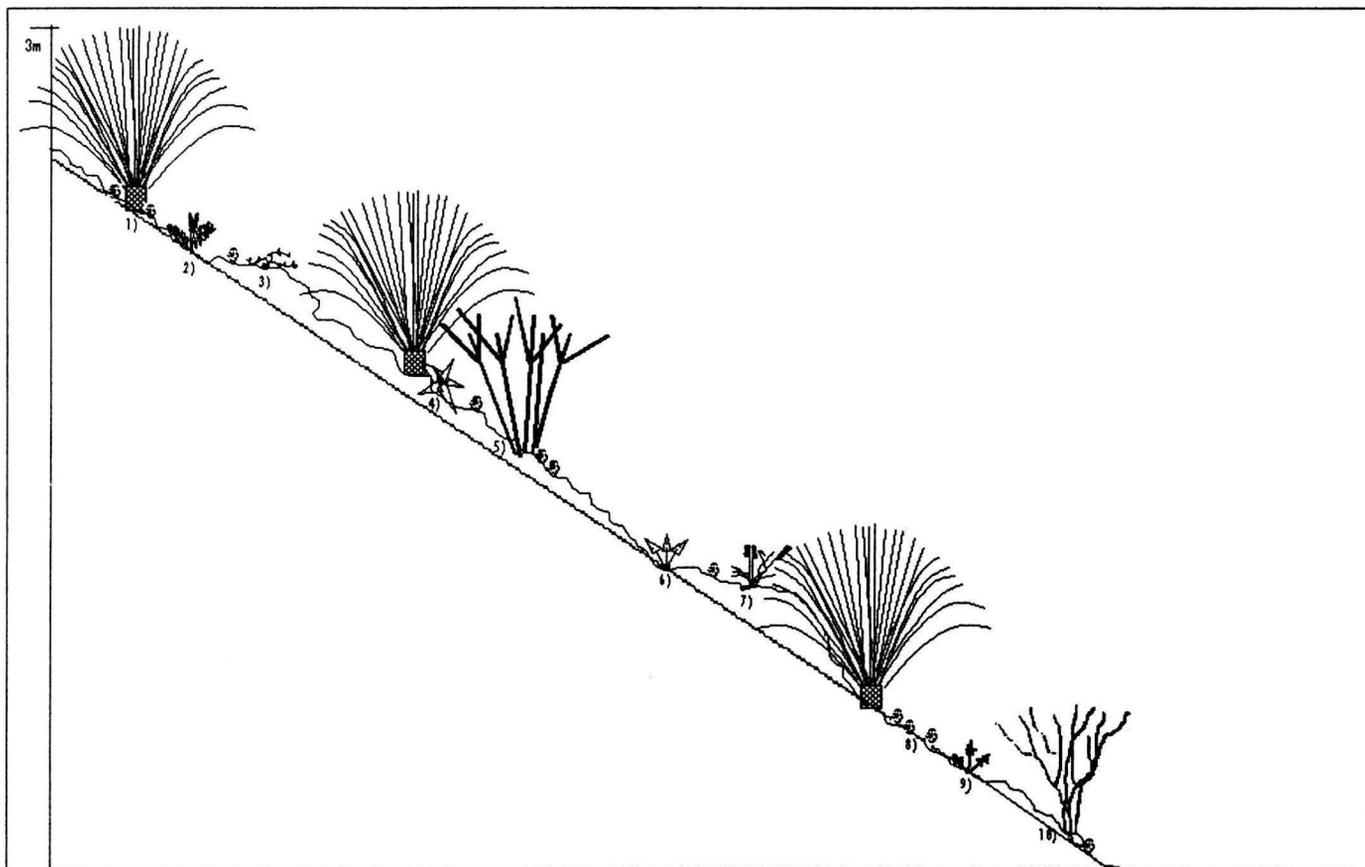


Figura 7. Perfil semirealista de Richards (modificado) para el Matorral Rosetófilo.

- 1) *Dasyllirion longissimum*, 2) *Anemia mexicana*, 3) *Argithamia* sp., 4) *Bromelia*, 5) *Bouvardia ternifolia*, 6) *Cheoloplecton rigidum*, 7) *Bouteloua curtipendula*, 8) *Selacinella*, 9) *Cheilanthes sulohurea*, 10) *Turnera difusa*.

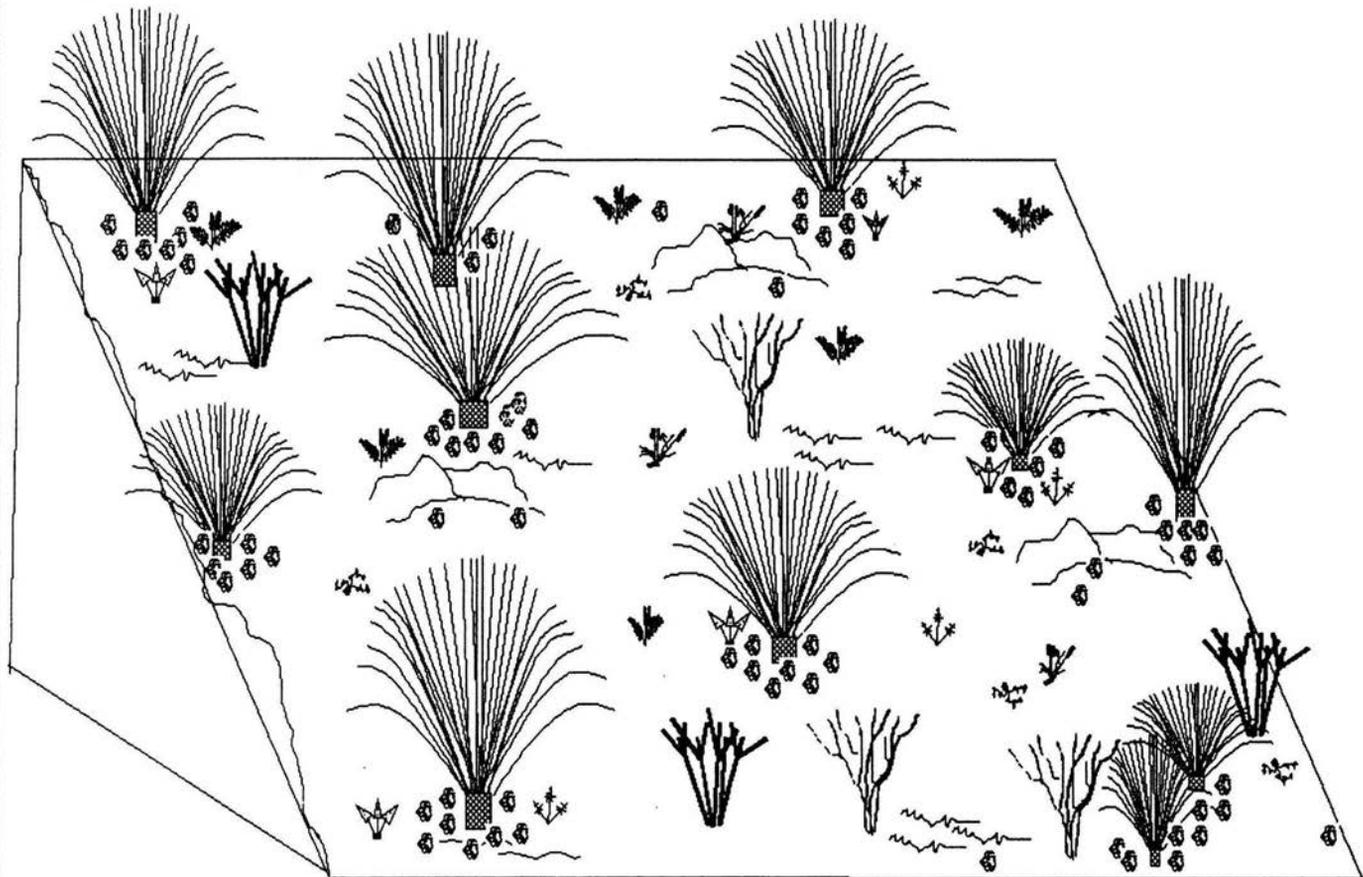


Figura 8. Perfil tridimensional (adaptado de Richard) para el Matorral rosetófilo.

iv. BOSQUE BAJO DE ENCINO.

- Ubicación: 20° 53' 14" lat N
99° 30' 29" long W
- Altitud de 2480 m.s.n.m.
- Municipio de San Joaquín.
- Sustrato: Luvisol
- Inclinación: 60-70%
- Exposición: S



Ilustración 5. BBE, se aprecia la pérdida de cobertura en este bosque.

Esta área se sitúa al Sur de la carretera principal San Joaquín – Cuarto de Máquinas, sobre el camino a Misión Maconi. Los bosque aquí presentes se desarrollan sobre pendientes de 60-70%, en un terreno que es el inicio de una ladera con una fuerte caída.

Fisonómicamente en el bosque de *Quercus*, Zamudio (1992) reconoce cuatro tipos: matorrales, arbóreas bajas, medianas y altas. En este caso la altura del estrato arbóreo lo ubica en la modalidad de bajo (menos de 12 m).

En los sitios de escurrimientos y microcuencas hay la presencia de gran cantidad de caméfitos generalmente en lugares donde la acumulación de hojarasca es menor. En esta región se manifiesta mucho la influencia de las laderas con exposición N-S y E-O, lo que propicia los cambios de vegetación en la misma pendiente. A partir de aquí se marca el paso entre la zona xerófito de las partes bajas y los bosques de pino-encino de las altas.

Suelo con perfil desarrollado. La textura de este es de tipo franco-arcilloso, con pH más bien ácido de 4.51 y un contenido de Materia Orgánica (MO) del 10.22%,

Nitrógeno total de 0.3640, Na de 37 mg Kg⁻¹, K de 370 mg Kg⁻¹, Ca de 1, 826 mg Kg⁻¹ y Mg de 170 mg Kg⁻¹, con una Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C) de 22.72 Cmol(+)Kg⁻¹, Densidad aparente de 1.04 g/ml y Densidad real 2.29 g/ml, un porcentaje de Arena de 34.18%, Limo 36% y Arcilla de 27.08%.

La cartografía indica para esta zona un cambio que va en la parte superior (con una pendiente ligera) de Luvisol crómico como predominante y Cambisol crómico como secundario, de clase textural fina y fase lítica profunda a una predominancia de Rendzina y Regosol calcarico con Litosol como suelos secundarios en una fase lítica superficial de entre 10 y 50 cm de profundidad conforme la pendiente se acrecienta en su exposición Sur.

48

En el estrato arbóreo se encuentran 8 especies de encinos: *Quercus affinis*, *Q. conspersa*, *Q. crassipes*, *Q. crassifolia*, *Q. gregii*, *Q. glabrescens*, *Q. mexicana* y *Q. laurina*, junto con madroño (*Arbutus xalapensis*), *Clethra sp.* y *Alnus jorullensis*, este estrato posee una densidad abundante que forma un dosel cerrado en estos bosques, excepto en los lugares con salientes rocosas.

Dentro del estrato arbustivo, con promedio de 1m de altura, se presentan *Salvia purpurea*, *S. microphylla*, *Buddleia parviflora*, *Eupatorium hidalgense*, *E. ligustrinum*, *Senecio stoechadiformis*, *Piqueria pilosa* y *Symphoricarpus microphyllus*. En las pendientes rocosas aparece *Agave aplanata*.

El estrato herbáceo presenta una alta diversidad de helechos: *Notholaena sinuata*, *N. aurea*, *Adiantum andicola*, *A. tenerum*, *Pleopeltis macrocarpa*, *Cheilanthes cuculans*, *C. inframarginalis*, *Asplenium monantes*. La presencia de crasuláceas como *Sedum longipes* y *S. moranense* denota la existencia de una marcada estación seca.

La parte de menor pendiente forma una terraza ocupada para agricultura. Se observa tala que modifica el dosel en partes localizadas a las orillas (Ilustración. 5).

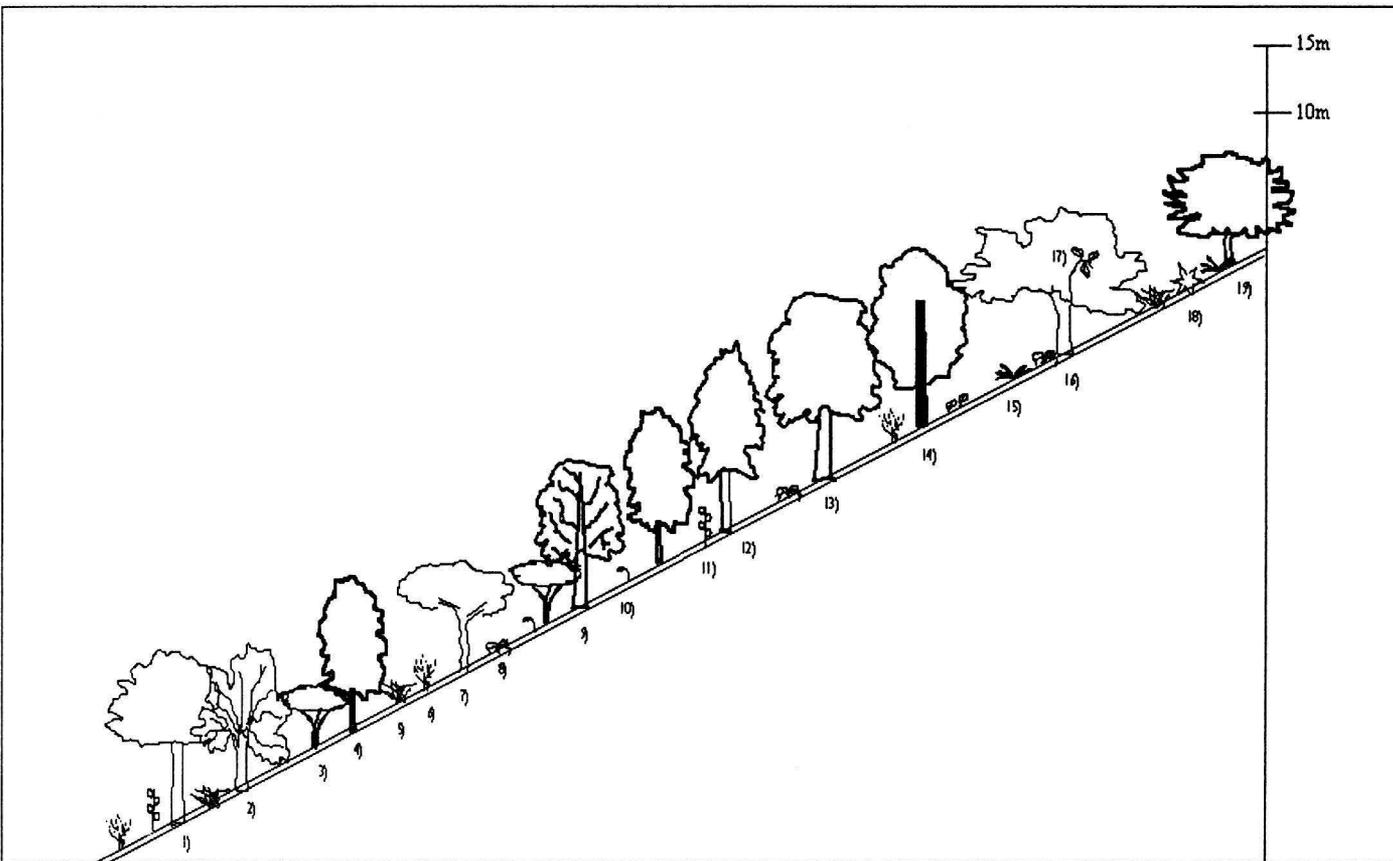


Figura 9. Perfil semirealista de Richards (modificado) para el Bosque Bajo de Encino.

- 1) *Quercua glabrescens*, 2) *Q. conspersa*, 3) *Buddleia parviflora*, 4) *Q. gregii*, 5) *Salvia purpurea*, 6) *Eupatorium hidalgense*,
 7) *Arbutus xalapensis*, 8) *Adiantum andicola*, 9) *Q. crassifolia*, 10) *Briza rotundata*, 11) *Acourtia cf. hidalgoana*, 12) *Q. affinis*, 13) *Q. crassipes*,
 14) *Alnus jorullensis*, 15) *Sedum sp.*, 16) *Q. mexicana*, 17) *Pleopeltis macrocarpa*, 18) *Agave aplanata*, 19) *Q. repanda*.

v. BOSQUE ALTO DE ENCINO.

- Ubicación: 20° 54' 22" lat N
99° 32' 24" long W
- Altitud: 2410 m.s.n.m.
- Municipio: San Joaquín.
- Sustrato: Luvisol.
- Inclinación: 42%
- Exposición: N



Ilustración 6. BAE con dominancia de individuos de más de 20 m, se aprecia la parte de dosel más abierto en el bosque.

Ubicado sobre una topografía escarpada, con una pendiente de 42%. El sitio muestreado se ubica en la parte inicial de una pequeña loma con orientación S, la alta humedad que lo caracteriza responde a estar enclavado en una cuenca formada por pequeños lomeríos que bordean una amplia zona de cultivo que se desarrolla en el fondo relativamente plano de esta.

Es uno de los tipos de vegetación con mayor deforestación en la Sierra, lo cual lo ha ido reduciendo a manchones bien delimitados que van dando paso a áreas de cultivo, principalmente de maíz y huertos de manzana. Condición observable en un sitio vecino a una distancia de solo 650 m, en el que la tala del estrato arbóreo ha creado claros en el dosel, por lo que los estratos subyacente han cambiado su composición.

Suelo profundo, con una textura franco-arenoso, pH de 6.72 y porcentaje de Materia orgánica (MO) de 4.98%, Nitrógeno total de 0.3528, Na de 60 mg Kg⁻¹, K de 249 mg Kg⁻¹, Ca de 3,910 mg Kg⁻¹ y Mg de 132 mg Kg⁻¹, con una Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C) de 29.28 Cmol(+)Kg⁻¹, Densidad aparente de 1.11 g/ml y Densidad real de 2.60 g/ml, un porcentaje de Arena de 39.10%, Limo 17% y Arcilla de 43.9%.

Cartográficamente se reporta para esta zona un sustrato con suelo dominante de Luvisol crómico con suelos secundarios de Cambisol crómico y Acrisol ferrico, con una fase lítica profunda (entre 50 y 100 cm) y clase textural fina.

En el estrato arbóreo los árboles (ampliamente cubiertos por musgos) alcanzan más de 20 m de altura formando un dosel cerrado que tiene su mayor expresión al centro del sitio. Se reconocen: *Quercus affinis*, *Q. glabrescens*, *Q. crassifolia*, *Q. mexicana*, *Q. laurina*, con algunos individuos de madroño (*Arbutus xalapensis*) y *Citharexylum*.

El estrato arbustivo va de 0.5 a 3 m de alto, con presencia de pocas especies, algunas de las cuales son: *Garría sp*, *Cornus excelsa*, *Eupatorium arsenei*, *E. petiolare*, *Viburnum elatum*, *Monnina schlechtendaliana* y *Ternstroemia sylvatica* (que algunas veces se puede presentar como árbol).

El estrato herbáceo se desarrolla principalmente en las partes abiertas del bosque y las orillas, donde se presenta el desarrollo de gramíneas amacolladas de hasta 1.5 m de alto, entre las que se encuentran *Festuca amplissima*, *Carex anisostachia* y *Stipa cf. clandestina*, además de *Asplenium monanthes*, *Polypodium plebeium* y *Thelypteris pilosa* en cuanto a helechos.

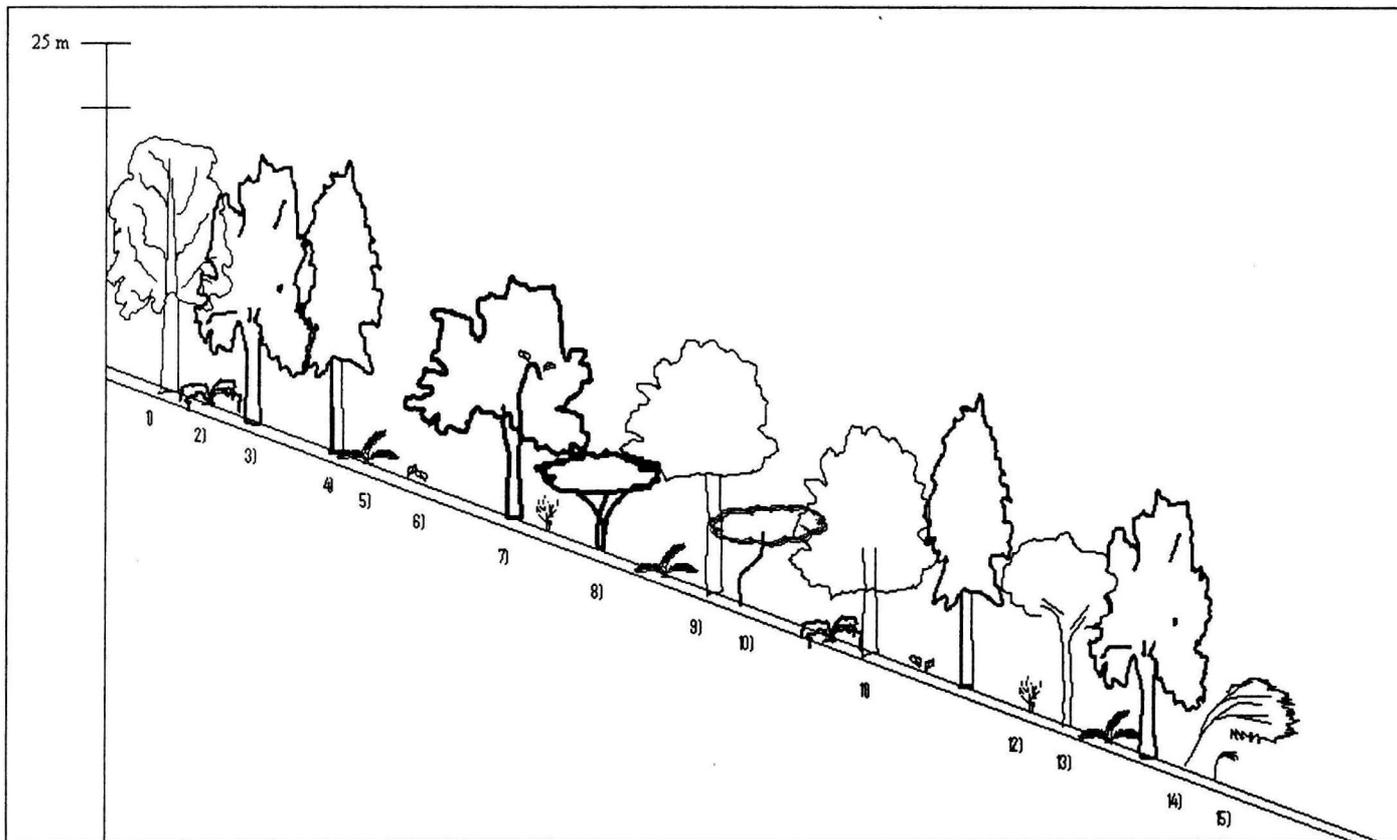


Figura 10. Perfil semirealista de Richards (modificado) para el Bosque Alto de Encino.

- 1) *Quercus crassifolia*, 2) *Adiantum andicola*, 3) *Q. rugosa*, 4) *Q. affinis*, 5) *Thelipteris pilosa*, 6) *Pleopeltis macrocarpa*,
 7) *Q. mexicana*, 8) *Viburnum elatum*, 9) *Q. glabescens*, 10) *Citharexylum hidalgense*, 11) *Q. laurina*, 12) *Eupatorium petiolare*,
 13) *Arbutus xalapensis*, 14) *Cornus excelsa*, 15) *Festuca amplissima*.

vi. BOSQUE MEDIANO DE ENCINO CON NEBLINA.

- Ubicación: 20° 55' 22" lat N
99° 33' 46" long W
- Altitud: 2 380 m.s.n.m.
- Municipio: San Joaquín.
- Sustrato: Luvisol.
- Inclinación: 30%
- Exposición:



Ilustración 7. Vista exterior del BME con niebla

En la parte Norte de la Sierra (exactamente al noroeste del poblado de San Joaquín), a una altitud de 2 380 msnm, se sitúa este sitio de terreno escarpado con lomeríos que conforman múltiples microcuencas, algunas de ellas cerradas; con pendiente de 30% que acumulan gran cantidad de hojarasca esclerófila de encino.

Situado en la cara interna que dibuja el perfil de la Sierra de San Joaquín, retiene los vientos húmedos procedentes del Este, lo cual le confiere la presencia de neblina durante varias horas al día en el transcurso del año.

Cartográficamente se reporta para esta zona un sustrato igual al anterior, conformado por un suelo dominante de Luvisol crómico con suelos secundarios de Cambisol crómico y Acrisol férrico, con una fase lítica profunda (entre 50 y 100 cm de profundidad) y clase textural fina.

Suelos que se lavan continuamente, con una textura franco-arcilloso, pH de 6.12. y contenido de Materia Orgánica (MO) del 5.59% %, Nitrógeno total de 0.2912, Na de 48 mg Kg⁻¹, K de 731 mg Kg⁻¹, Ca de 3, 258 mg Kg⁻¹ y Mg de 216 mg Kg⁻¹, con una Capacidad de Intercambio Cationico (C. I. C) de 21.62 Cmol(+)Kg⁻¹, Densidad

aparente de 1.11 g/ml y Densidad real de 2.51 g/ml, un porcentaje de Arena de 39.10%, Limo 24% y Arcilla de 36.9%.

Dominancia en el estrato arbóreo de *Q. Affinis*, *Q. laurina* y *Q. mexicana* acompañados por *Quercus obtusata* y *Q. crassifolia*. La altura de los árboles va de 15 a 18 m principalmente (lo que lo sitúa en la modalidad de mediano), alcanzando algunos hasta 20 m de alto; son los de mayor DAP (diámetro a la altura del pecho) en la vertiente, lo cual se puede interpretar como características de bosque muy viejos; acompañados de *Alnus acuminata*, madroño (*Arbutus xalapensis*) y *Clethra sp.*, junto con *Crataegus mexicana* y *Prunus serotina* en un estrato arbóreo bajo de 5m en las orillas de los senderos que atraviesan estos bosques.

Mientras que el estrato arbustivo (de hasta 2m de alto) se caracteriza por la presencia de *Cestrum oblongifolium*, *Simphoricarpos microphyllus*, *Bouvardia micrantha*, *Fuchsia microphylla*, *Acourtia hidalgoana* y *Eupatorium hidalgoense*. Con un mayor desarrollo y densidad en las partes cercanas a senderos.

Dentro del estrato herbáceo (hasta 1m de alto) gran cantidad de gramíneas (*Brachipodium mexicanum*, *Bromus anomalus*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Sporobolus inducus* y *Stipa constricta*), polipodiáceas (*Adiantum andicola*, *Cheilanthes pyramidalis*, *Dryopteris filix-max* y *Polypodium enythrolepis*) y leguminosas (*Desmodium tortuosum*, *D. uncinatum*, *Lotus angustifolium*, *Phaseolus pedicellatus*, *P. vulgaris*, y *Trifolium amabile*). También repartidos más ampliamente en las partes cruzadas por senderos. Existe un epifitismo marcado, principalmente de helechos, así como abundancia de trepadoras leñosas como lo es *Vitis*, que se presenta en el dosel.

Esta es la parte más cercana a asentamientos humanos, lo cual propicia que se hallan creado en su interior senderos que conducen a pequeños campos de labranza, casas o atajos a los caminos principales; razón por la cual se encuentra atravesado por algunas veredas de tránsito casual por los lugareños.

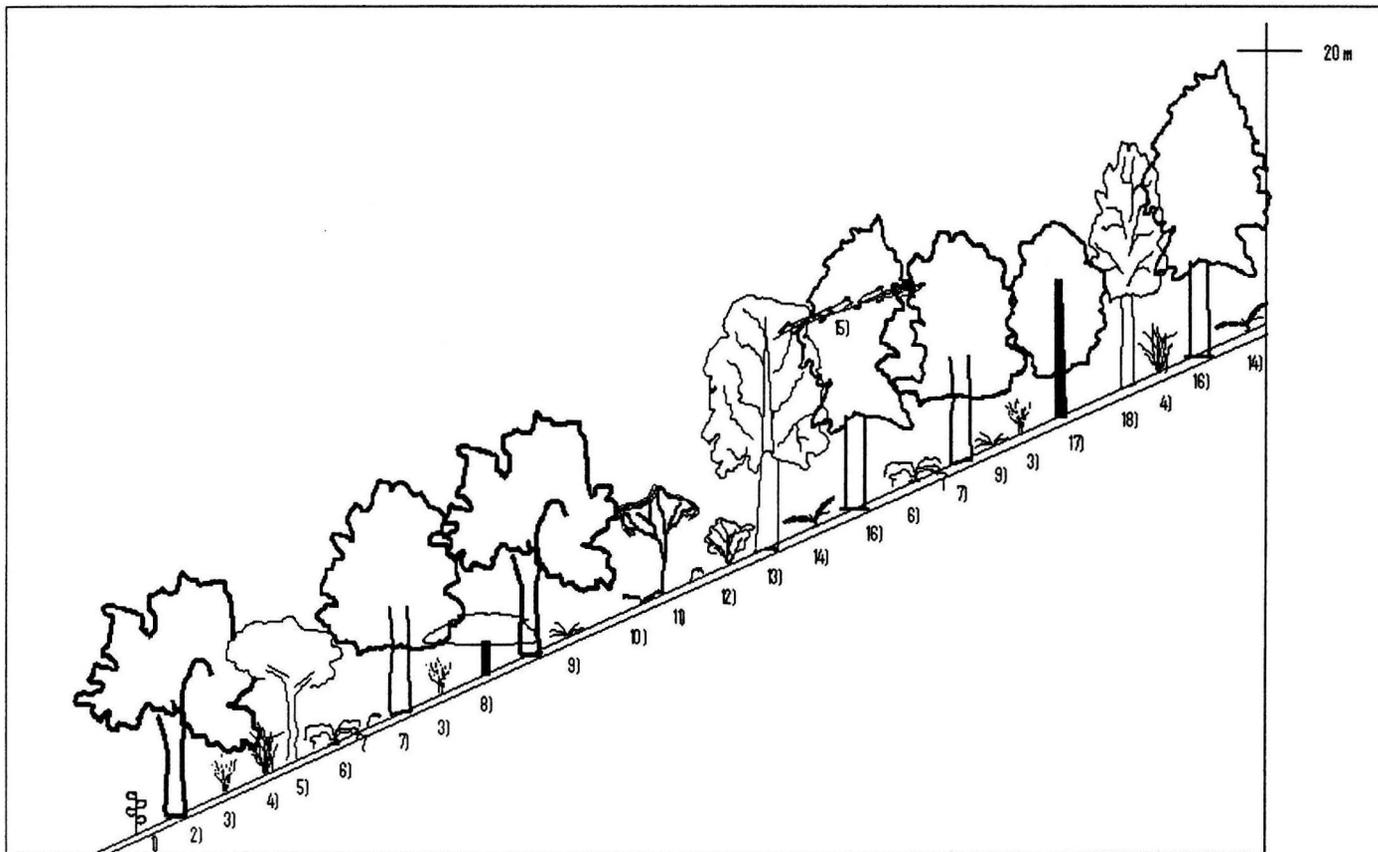


Figura 11 Perfil semirealista de Richards (modificado) para el Bosque Mediano de Encino con Neblina.

- 1) *Acourtia hidalgoana*, 2) *Quercus mexicana*, 3) *Eupatorium hidalgense*, 4) *Fucsia microphilla*, 5) *Arbutus xalapensis*, 6) *Adiantum andicola*, 7) *Q. laurina*, 8) *Cestrum oblongifolium*, 9) *Cheilanthes pyramidalis*, 10) *Phaseolus pedicellatus*, 11) *Crataegus mexicana*, 12) *Shymphoricarpos microphyllus*, 13) *Q. crassifolia*, 14) *Druoptheris filix-max*, 15) *Vitis sp.*, 16) *Q. affinis*, 17) *Alnus acuminata*, 18) *Q. obtusata*.

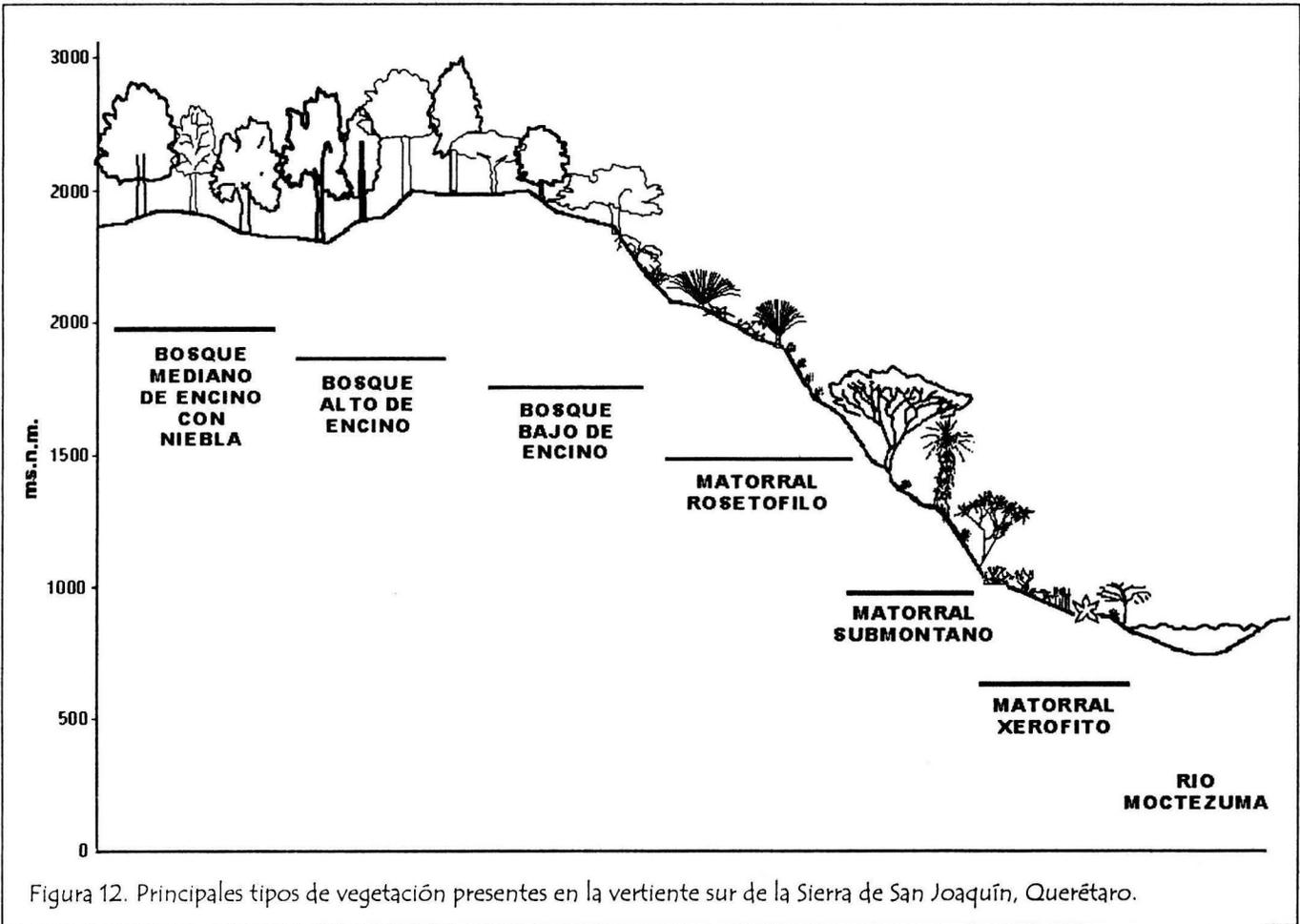


Figura 12. Principales tipos de vegetación presentes en la vertiente sur de la Sierra de San Joaquín, Querétaro.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS

En base a los análisis de suelo, se evaluaron las principales propiedades de los suelos presentes a lo largo del transecto altitudinal estudiado, las cuales se consignan en la Tabla 4.

Se encontró que los valores de pH fluctuaron de neutros (7.56 a 7.69 en las partes más bajas) a ácidos (4.51 en la parte intermedia) y ligeramente ácidos (6.12 y 6.72 en la parte alta), mientras que la materia orgánica alcanzó su valor más alto en el Matorral submontano (13.45%), y en un sitio aledaño el Matorral xerófito presentó el valor más bajo de contenido de materia orgánica (2.15%). Los contenidos de N variaron de entre 0.1484 (M. X.) a 0.6440 (M. S.) lo cual concuerda con la cantidad de materia orgánica que cada uno presentó. Este mismo comportamiento se observó en el caso del contenido de Na, Ca, Mg, y la C. I. C.; mientras que para las propiedades de densidad aparente y real fue el M. X. el sitio de mayor cantidad con 2.64 gr/ml de densidad real.

Los tres sitios de altitud baja (MX, MS y MR) presentaron una textura franca; y las partes altas (BAE y BME) y de media altitud (BBE) franca arcillosa.

Tabla 4. Determinación de las características generales de los suelos de la Sierra de San Joaquín, Querétaro en su vertiente Sur.

	MATORRAL XERÓFITO (M. X.)	MATORRAL SUBMONTANO (M. S.)	MATORRAL ROSETÓFILO (M. R.)	BOSQUE BAJO DE ENCINO (B. B. E.)	BOSQUE ALTO DE ENCINO (B. A. E.)	BOSQUE MEDIANO DE ENCINO (B. M. E.)
Altitud (m.s.n.m.)	900	1 100	1 400	2 480	2 410	2 380
Pendiente (%)	65	30	70	65	42	30
Profundidad	10	15	10	30	35	40
Orientación					S	
pH	7.69	7.64	7.56	4.51	6.72	6.12
N total	0.1484	0.6440	0.3864	0.3640	0.3528	0.2912
Na (mg Kg ⁻¹)	13	95	71	37	60	48
K (mg Kg ⁻¹)	117	1,093	165	370	249	731
Ca (mg Kg ⁻¹)	9,239	11,393	10,394	1,826	3,910	3,258
Mg (mg Kg ⁻¹)	203	668	210	170	132	216
C. I. C. Cmol(+)kg ⁻¹)	18.19	31.05	23.17	22.72	29.28	21.62
M. O (%)	2.15	13.45	7.13	10.22	4.98	6.59
Densidad aparente. (gr/ml)	1.38	1.02	1.08	1.04	1.11	1.11
Densidad real (gr/ml)	2.64	2.26	2.46	2.29	2.60	2.51
Arena (%)	38.74	42.46	39.10	38.74	39.10	39.10
Limo (%)	39.18	32.00	36.00	34.18	17.00	24.00
Arcilla (%)	22.08	25.54	24.90	27.08	43.90	36.90
Textura	Franco	Franco	Franco	Franco- Arcilloso	Franco- Arcilloso	Franco- Arcilloso

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Dentro de la vertiente sur de la Sierra de San Joaquín, la altitud resultó ser la variable ambiental determinante para explicar la variación en la estructura de ensambles vegetales.

Acorde al dendrograma obtenido de la clasificación (Fig. 1) se distinguen dos grupos de comunidades vegetales que se agrupan acorde a su afinidad de composición florística: las áridas (Matorral Xerófito, Matorral Submontano, Matorral Rosetófilo) y las de afinidad templada (Bosque Bajo de Encino, Bosque Alto de Encino, Bosque Mediano de Encino), lo cual concuerda con el acomodo que estas mismas presentan en el diagrama de ordenación (Fig. 2).

Dentro de las variables ambientales la altitud se destaca como el mejor predictor de variación en la vegetación. Los sitios de bosque (BBE, BAE, BME) se encuentran a altitudes mayores a los 2 000 m snm., mientras que las áreas áridas (MX, MR, MS) se sitúan en altitudes menores, lo cual concuerda con las características generales para el estado (Zamudio, 1992).

De igual forma, respondiendo a la segunda variable en importancia los sitios BBE, MX y MR se encuentran en lugares donde las pendientes superan el 50 %, mientras que los grupos BBE, BAE y MS se encuentran en sitios con pendientes más suaves.

Otro indicador de distribución para estos últimos es la variable profundidad del suelo, ya que a medida que aumenta la inclinación de la pendiente se incrementa el riesgo de erosión, dando como resultado que en pendientes fuertes los suelos sean delgados. Ambas variables ambientales poseen una relación proporcional explicada en el hecho de que la inclinación de la pendiente es el factor que más influye en las condiciones de drenaje de los suelos de una catena. Por lo que los suelos de mayor pendiente en una ladera tendrán baja infiltración y el arrastre de suelos se hará efectivo, provocando que tal suelo sea más delgado que los de menor inclinación en la misma ladera. Esto se indica claramente con la ubicación del MR en forma más

estrechamente relacionada con la profundidad del suelo dentro del diagrama de ordenación (Fig. 7), ya que es este sitio el que posee una mayor inclinación por lo que, al presentarse las lluvias el suelo es arrastrado con facilidad por las laderas de los cerros, ya que se encuentra poco protegido por la escasa cubierta vegetal. De hecho, esta zona es conocida localmente por los continuos deslaves que llegan a afectar de forma considerable los caminos que la atraviesan.

La variable ambiental Mg se presentó relacionada más estrechamente con el MS, siendo las comunidades de encino las que menos se le relacionan en el diagrama de ordenación; y si bien de los cationes evaluados este fue el único con significancia en los resultados, hay que recordar que el contenido de cationes en el suelo está asociada con los diferentes regímenes de agua de los sitios, por lo que las diferencias en disponibilidad de agua aparecen como otra causa de las diferencias en la distribución de la vegetación, lo cual puede estar contenida dentro de la variable altitud.

En la caracterización de los sitios, algo que resalta es la diferencia en contenido de pedregosidad entre ellos. Mientras que las partes bajas (MX, MR, TS) se caracterizan por un porcentaje superior al 40%, la parte alta (BBE, BAE, BME) posee un porcentaje mucho menor o de hecho es inexistente. La relación entre rocosidad y riqueza de especies ha sido observada en el Desierto de Sonora (México) y en la región del Monte (Argentina) (Barbour y Diaz, 1973). La rocosidad puede tener un efecto adicional sobre la estructura de las comunidades vegetales, brindando protección y cobertura a las semillas y aumentando el cambio de "status" de algunas especies (Ezcurra et al., 1987).

Este mismo status puede estar en función de presiones exteriores como el pastoreo de cabras y el uso de arbustos y encinos como madera y combustible, actividades reconocidas por tener un efecto sobre la estructura de las comunidades.

El material parental, clima y la historia geológica son de gran importancia como factores determinantes de las propiedades del suelo en una escala regional y continental. Sin embargo, la posición en el paisaje y el uso de la tierra pueden ser factores dominantes de las propiedades del suelo en una escala más pequeña como lo es una vertiente de montaña (Wang, *et al*, 2001). La posición en el paisaje influye en el drenaje, temperatura, capacidad de absorción del suelo, y erosión y, consecuentemente en la formación de suelo (Aandahl, 1948). Diferencias en la formación del suelo a lo largo de una cadena montañosa resulta en diferencias en las propiedades del suelo (Brubaker *et al*, 1993), lo cual puede afectar el patrón de producción de las plantas, producción de litter y descomposición. Todo esto puede posteriormente reflejarse en los contenidos de nutrientes del suelo. Por lo tanto, la variabilidad de las propiedades del suelo es grande en laderas complejas (Miller *et al*, 1988). Sin embargo, características micro-topográficas como son cárcavas efímeras debidos a una erosión severa, pueden obscurecer los efectos de la posición sobre los nutrientes a lo largo de la vertiente (Wang j. *et al*. 2001).

Es sabido que la topografía influye en el suelo, principalmente en el movimiento de material y en la profundidad del perfil, y de acuerdo con su exposición modifica la humedad y temperatura del suelo (Pliego, 1989). Este conocimiento de la relación suelo-topografía es el que nos permite entender algunos procesos que se dan en el suelo como la lixiviación y el lavado de bases, así como el arrastre del mismo suelo por el agua. Al referirse a la topografía como factor de formación del suelo, generalmente se involucra a la pendiente como un parámetro para cuantificar aquél.

Una ladera puede ser recta o curva en su longitud y su ancho. Esto afectará las condiciones de arrastre y depositación de material, en tanto, afectará la formación y/o degradación de suelos sobre la ladera. La concavidad y/o convexidad a lo largo y ancho de una ladera son parámetros que influyen en el arrastre y depositación del suelo. La orientación de la pendiente es otro parámetro de las laderas que afecta las condiciones de humedad y temperatura de los suelos presentes sobre estas,

encontrado diferencias en la vegetación de acuerdo al aspecto de la pendiente. Si la exposición de la pendiente tiene efecto sobre el clima y vegetación, es de esperarse que también los suelos difieran de acuerdo a este parámetro.

En la ladera sur de la Sierra de San Joaquín, el grado de aridez corresponde a la intensidad de la sombra orográfica de las montañas que rodean la vertiente; esta sombra es más intensa y por tanto el clima más seco en los valles más bajos y en adición, la temperatura tiende a incrementarse conforme decrece la elevación. En los valles más profundos (excluyendo la vega del río Moctezuma), la sequía restringe el establecimiento de árboles y el matorral predomina. Lo cual confirma lo observado en otros lugares (Nicholson *et al*, 1991) y resulta en una caracterización de la vertiente en la que los sitios de la parte árida (parte baja) están dominados por árboles y arbustos deciduos (*Bursera*, *Tumera difussa*, *Lantana*), mientras que en las zonas templadas (más altas) predominan los árboles y arbustos perennes (*Quercus*, *Alnus*, *Cornus*).

Dentro de las regiones del estado con mayor riqueza de especies se menciona la zona árida de los cañones de los ríos Extoraz y Moctezuma, así como la porción correspondiente a la Sierra Madre Oriental (SMO), donde se encuentran algunas de las mayores alturas de estado, como lo es la Sierra de San Joaquín (Argüelles, 1991; Zamudio, 1992; Fernández y Colmenero, 1997; Arreguín, et al. 1997). De la flora característica de esta sierra y sus afinidades fitogeográficas se encuentran especies pertenecientes a la provincia de la SMO como son *Helietta parviflora*, *Cordia boissieri*, etc. En lo que respecta a endemismos sobresalen los de las porciones áridas de Querétaro; entre estas cabe mencionar a *Strombocactus disciformis* situada en la parte baja de la vertiente, además de endemismos del conjunto de la zona árida queretano-hidalguense presente aquí con *Ayenia rotundifolia* y *Machaonia coulteri*.

La variedad de tipos de vegetación que se presenta se debe a la interacción de varios factores como son: la accidentada topografía, que se expresa con la existencia de una zona montañosa de pendientes pronunciadas y pequeños valles; cambios en el clima

que se suceden con el aumento o disminución de la altitud y por el efecto de la sombra orográfica. Para la cuenca del río Moctezuma Zamudio (1984) considera un gradiente termico de 0.66°C por cada 100m de elevación; además, la vegetación se ve modificada por factores del tipo de suelo y la exposición e inclinación de las laderas.

Hasta hace poco, la utilización de las técnicas de clasificación y ordenación de forma complementaria no era una práctica cotidiana. Hoy en día, sin embargo, este tipo de estudios son comunes no tan solo en la ecología vegetal, si no en otras ramas de la biología; puesto que siempre se ha demostrado la complementariedad de estas dos técnicas.

De forma general, la ordenación refleja la distribución zonal de la vegetación. Estudios previos documentan las características geológicas, topográficas, de suelo y vegetación a diferentes altitudes de algunas partes del estado (Zamudio, 1982). El presente trabajo provee documentación cuantitativa para estas observaciones.

El CCA no permite derivar una correlación directa entre los valores de los factores ambientales y las especies a lo largo del gradiente vectorial porque la distribución de las especies en relación a este factor ambiental no es necesariamente lineal y unimodal (Spatz, 1975; Ter Braack, 1995). Pero lo que si permite es la comprensión de los patrones de distribución del conjunto de plantas como comunidad en un sitio y momento dados.

Nuestros resultados sugieren que los patrones de nutrientes y las respuestas a la posición en el paisaje fueron variables dependiendo del transecto y tipo de comunidad.

En el área estudiada el principal factor antropológico que de alguna forma puede a su vez estar modelando la distribución de las comunidades vegetales tanto primarias como de estados sucesionales diversos es el uso de la tierra. Ya que el uso de la

tierra para cultivo (que conforma la práctica más conspicua en la zona) esta relacionada a prácticas de manejo que han sido generalmente muy destructivas para el suelo y han causado una seria erosión. De modo que el uso para cultivos decrece los niveles de los nutrientes del suelo, como ha sido notado por varios autores (Davidson y Ackerman, 1993; Lepsch, 1994; Zheng, 1996).

CONCLUSIONES

1. En primer lugar, los resultados muestran que las características de altitud, geomorfológicas y del suelo del sistema, producen fuertes cambios en la composición florística a lo largo del gradiente altitudinal, por lo que se presentan dos zonas con seis comunidades florísticamente muy diferentes: i) Matorral xerófito, ii) Trópico seco, iii) Matorral submontano (de afinidad árida), iv) Bosque bajo de encino, v) Bosque alto de encino, y vi) Bosque mediano de encino (parte templada).
2. La vertiente sur de la Sierra de San Joaquín, puede ser caracterizada como una zona de alta riqueza florística que va del matorral xerófito a bosques altos de encino, repartidos a lo largo de un gradiente altitudinal de 900 a 2460 m.s.n.m. (más de 1 500 metros de diferencia), en una distancia lineal de 12 Km (del poblado de San Joaquín al margen del río Moctezuma).
3. Los bosques de encino mostraron una alta diversidad en cuanto a especies, presentándose tanto las de zonas secas como templadas, los cuales variaron morfológicamente (especialmente altura) acorde a la humedad y pendiente.
4. Con base en las características altimétricas y de pendientes (16-35°), la zona se puede clasificar como una zona montañosa de pendientes pronunciadas, con escasos depósitos de aluvión solo en algunas márgenes del río, y cuyo riesgo de erosión podría ser de elevado a severo al perderse la cobertura forestal.
5. Los métodos de clasificación y ordenación mostraron ser de utilidad para la interpretación de la estructura de las comunidades vegetales presentes en la vertiente y los principales factores ambientales que las afectan.
6. Los principales factores ambientales que determinan la presencia de cada tipo de vegetación acorde al análisis multivariado (CCO) fueron: altitud (que implica humedad y temperatura), profundidad del suelo, pendiente, Mg y pH.
7. La diversidad de ambientes presentes en la vertiente sur de la Sierra de San Joaquín, nos permite encontrar cambios de vegetación en distancias relativamente cortas. En estas condiciones, la vegetación difícilmente conserva

una fisonomía y composición florística homogénea; si no que por el contrario, cambia de un sitio a otro formando diferentes asociaciones y ecotonos amplios.

8. El clima árido ha resultado en ecosistemas frágiles con una producción limitada y un pobre desarrollo del suelo.

PERSPECTIVAS

El objetivo de este estudio ha sido describir la vegetación de localidades específicas más que elucidar los gradientes ambientales primarios que determinan la estructura de toda la vegetación de la Sierra de San Joaquín. Consecuentemente, solo se muestrearon gradientes climáticos restringidos y pequeñas porciones de la distribución geográfica de muchas especies. Por lo que se sugiere, para una interpretación más realista de los gradientes ambientales que determinan la variación de especies y comunidades vegetales, la realización de estudios conducidos sobre un rango suficiente de variables climáticas aquí no incluidas (especialmente precipitación, humedad atmosférica y temperatura), apropiadamente estratificadas para las condiciones topo-edáficas de la zona.

Otro aspecto que sería interesante conocer en esta pequeña zona, es qué tanta diversidad y densidad de fauna silvestre soporta. En principio, y debido al amplio rango de hábitats creado por la yuxtaposición de diferentes matorrales y bosques se esperaría que estas fueran altas, como se ha demostrado en otros estudios que así sucede (Nicholson et al, 1991).

El uso de la tierra juega un papel importante en la acumulación y pérdida de nutrientes (Fu et al, 1999; 2000), las relaciones entre nutrientes, prácticas de manejo e historia de uso de la tierra sería útil para el estudio de cambios en el uso de la tierra, y requiere de investigaciones futuras. Dentro de este mismo objetivo se podría evaluar el valor del potencial de erosión y pastoreo como factores ambientales.

- Aandahl, A. R. 1948. The characterization of slope position and their influence on total nitrogen content of a few virgin soils of western Iowa. *Soil Science Society of American Journal*. 13:449-454.
- Aguado, G. A., García, E., Velasco, C., y Flores, J. L. 1996. Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos. *Acta Botánica Mexicana* 35:
- Álvarez-Moctezuma J. G., Ochoa-Gaona S., de Jong, B.H.J. y Soto-Pinto, M.L. 1999. Hábitat y distribución de cinco especies de *Quercus* (Fagaceae) en la Meseta Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*. 47(3):351-358
- Argüelles, E., Fernández, R., Zamudio, S. 1991. Listado Florístico Preliminar del Estado de Querétaro. En: Rzedowski J. y Rzedowski G. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario II. Inst. de Ecol. A. C. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Aubreville, A. 1965. Principes d'une Systematique des Formations végétales tropicales. *Adansonia*, 5(2):153-196.
- Austin, M. P. 1968. An ordination study of a chalk grassland community. *Journal of Ecology*, 56:739-757.
- Austin, M. P., Becerra, J., Carrillo, A., Equihua, M., Ezcurra, E., y J. López. 1984. Análisis de la respuesta funcional de especies arbóreas y arbustivas en la Reserva de la Biósfera de la Michilía, Dgo. y áreas aledañas mediante el uso de métodos de Análisis Directo de Gradientes. Resúmenes IX Congreso Mex. de Botánica. Mexico, D. F. p.150.
- Arreguín, S. M. L., Cabrera L. G., Fernández N. R., Orozco L. C., Rodríguez C. B., Yopez B. M. 1997. Introducción a la Flora del Estado de Querétaro. CONCyTEQ, IPN, UACH. México.
- Barbour, M. G. y Díaz, D. V. 1973. Larrea plant communities on bajada and moisture gradients in the United States and Argentina. *Vegetatio* 28:335-352.

- Barbour, M. G., Burk, J. H., y Pitts, D. 1980. Terrestrial plant ecology. The Benjamin/Cummins Publishing Company, Menlo Park, California. U.S.A.
- Braun-Blanquet, J. 1928. Pflanzensoziologie. Springer-Verlag, Berlin.
- 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume, Madrid. España.
- Bray, J. R. y Curtis, J. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27:325-349.
- Brubaker, S. C., Jones, A.J., Lewis, D. T., Frank, K. 1993. Soil properties associated with landscape position. *Soil Science Society of America Journal*. 57:235-239.
- Calderón, G. y Rzedowski, J. 1996. Elizabeth Argüelles, destacada coleccionista botánica de Querétaro. En: Rzedowski J. y Rzedowski G. Flora del Bajío y de Regiones adyacentes. Fascículo complementario XVI. Inst. de Ecol. A. C. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Carrasco, B. 1970. La formación El Abra (formación El Doctor) en la plataforma Valles-San Luis Potosí. *Rev. Inst. Mex. Petróleo*, 2(3):97-99.
- CETENAL, (Comisión de Estudios del Territorio Nacional Dirección del Estudio del Territorio Nacional), Dirección de Geografía del Territorio Nacional, 1973-1983. 13 mapas escala 1:50 000, 3 a escala 1:250 000 y uno a escala 1: 500 000.
- Clements, F. E. 1916. Plant succession. An analysis of the Development of Vegetation. Carnegie Institute, Washington, Publication 242. Washington, E. U.
- 1928. Plant Succession and Indicators. H.W. Wilson, N.Y., E.U.
- Corcuera M. P. 2001. Abundancia de cuatro gremios alimentarios de aves y su uso de plantas en un gradiente ambiental (bosque seco . bosque de encino) mexicano en dos temporadas contrastantes UAM-Iztapalapa. *HUITZIL* Vol. 2, No. 1 www.huitzil.net
- COTECOCA, (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero). 1980. Mapa escala 1:500 000 para Querétaro e Hidalgo
- Curtis, J. T., y McIntosh, R. P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32:476-496.

- Davis, T. A. W. y Richards, P.W. 1934. The Vegetation of Moraballi Creek, British Guiana; an Ecological Study of a Limited Area of Tropical Rain Forest. I y II. *J. Ecology*, 21:350-384.
- Equihua, M. 1991. Análisis de la vegetación empleando la teoría de conjuntos difusos como base conceptual. *Acta Botánica Mexicana* 15: 31-57.
- Equihua, M., y Ezcurra E. 1981. Un nuevo método para analizar y clasificar censos de vegetación. VIII Congr. Mex. de Bot., Resúmenes de Contribución Personal: 330-331.
- Etenord, A. A. 1983. Influencia de los factores naturales en la distribución de la vegetación en el centro-este del estado de Querétaro. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras. Geografía. UNAM. México.
- Ezcurra, E., Equihua, M., López-Portillo J. 1987. The desert vegetation of El Pinacate, Sonora, México. *Vegetatio* 71:49-60.
- Fasham, M. J. 1977. A comparison of nonmetric multidimensional scaling, principal components and reciprocal averaging for the ordination of simulated coenoclines and coenoplanes. *Ecology*, 58:551-561.
- Fernández, N. R. y Colmenero, R. J. A. 1997. Notas sobre la vegetación y flora del municipio de San Joaquín, Querétaro, México. *Polibotánica*. 4:10-36.
- Gauch G. H. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge Univ. Press. EU.
- Gazanfar, S. A. 1991. Vegetation structure and phytogeography of Jabal Sham, an arid mountain in Oman. *Journal of Biogeography*. 18:299-309.
- Gleason, H.A. 1917. The structure and development of the plant association. *Bull. Torr. Club*. 43,463-481.
- 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bull. Torr. Club*. 53,1-20.
 - 1939. The individualistic concept of the plant association. *American Midland Naturalist* 21,92-110.
- Godall, D. W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Australian Journal of Botany*, 1:39-63.

- Granados, S. D. y Tapia, V. R. 1990. Comunidades vegetales. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Guizar, N. E., y Granados, S. D. 1981. Estudio Sinicológico de la vegetación del municipio de Tejupilco, Edo. de Méx. VIII Congreso Mexicano de Botánica. Resúmenes de Contribución Personal: 335.
- Hernández, C. Ma. E. 1992. Climas áridos de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Hill, M. O. 1973. Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *Journal of Ecology*, 61:237-349.
- 1979. DECORANA – A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N. Y.: Cornell University.
- Hill, M. O. y Gauch, H. G., Jr. 1980. Detrended Correspondence Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42:47-58.
- INEGI, (Instituto Nacional de Geografía Informática y Estadística). 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Querétaro, Nomenclator y Anexo Cartográfico. S. P. P. México.
- Jaramillo, V. Y González-Medrano, F. 1983. Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacan-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 45:49-64.
- Jiménez, A. y Paniagua, C. 1990. Estudio geológico-minero de la porción sureste de la Sierra Gorda en el estado de Querétaro. Tesis de licenciatura. Escuela superior de Ingeniería y Arquitectura. Unidad Ticomán. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
- Jun, W., Fu, B., Qiu, Y., Chen, L. 2001. Soil nutrients in relation to land use and lanscape position in the semiarid small catchment on the loess plateau in China. *Journal of Arid Environments*. 48(3):537-550.
- Kent, M. y Coker P. 1992. Vegetation description and analysis: a practical approach. Belhaven Press. Londres, Inglaterra.
- Kershaw, A. K. 1973. Quantitative and dynamic plant ecology. William Clowes and Sons. Segunda edición. Londres, Inglaterra.

- Kruskal, J. B. 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29:115-129.
- Kumar S. 1996. Trends in structural compositional attributes of dune-interdune vegetation and their edaphic relations in the Indian desert. *Vegetatio*, 124:73-93.
- Kutiel, P. Lavee, H y Ackermann, O. 1998. Spatial distribution of soil surface on north and south facing hill slopes along a Mediterranean to extreme arid climatic gradient, Israel. *Geomorphology*. 23:245-256.
- Lebrija T. E., Meave J., Pérez G. E. (2001) Análisis estructural de la vegetación ribereña en la región de Nizanda, Oaxaca, México. XV Congreso Mexicano de Botánica. Ecología, cartel de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- López, R. 1980. Geología de México. Tomo II. Segunda edición. México, D.F.
- Manning, S. y Martin, D. 2000. Application of Canonical Community Ordination (CANOCO) to assess Owens valley vegetation change. Inyo Country Water Department. Inyo Los Angeles Standing Committee.
- Matteucci, S. D. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía No. 23. Washington, D.C.
- McCune B. y Mefford, M. J. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.0 MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon. USA.
- McIntosh, R.P. 1985. The Background of Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.
- Mc Vaugh, R. 1977. Botanical results of the Sessé and Mociño expedition (1787-1803) y summary of excursions and travels. *Contr. Univ. Mich. Herb.*, 11(3):97-195.
- Meave, J., M.A. Soto, L.M. Calvo Irabien, H. Paz Hernández y S. Valencia Avalos. 1992. Análisis sinecológico del bosque mesófilo de montaña de Omiltemi, Guerrero. *Bol. Soc. Bot. México* 52:31-57.
- Meyran, J. 1971, Las cactáceas del Estado de Querétaro. *Cact. Suc. Méx.*, 16(1):18-22.

- Miller, P.M., Singer, M.J. y Nielsen, D.R. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. *Soil Science Society of America Journal*. 52:1133-1141.
- Montaña C. 1990. A floristic-structural gradient related to land forms in the southern Chihuahuan Desert. *J. Veg. Sci.* 1:669-674.
- Montaña C. y Valiente-Banuet A. 1998. Floristic and life-form diversity along an altitudinal gradient in an intertropical semiarid mexican region. *The Southwestern Naturalist*. 43(1):25-39.
- Nájera, C. 1984. Estudio geológico de semidetalle del área de Tolimán-San Joaquín en los estados de Querétaro e Hidalgo. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Instituta Politécnico Nacional. México, D. F.
- Nicholson A., Hamilton E., Harper W. L. y Wikeem B. M. 1991. Chapter 8: Bunchgrass Zone. In: *Ecosystems of British Columbia*. p. 125-137. D. Meidinger and J. Pojar (eds.) B.C. Ministry of Forest, Victoria, B.C. USA.
- Okland, R. H. 1992. Studies in SE Fennoscandian mires: relevance to ecological theory. *J. Veg. Sci.*, 3:279-284.
- Palmer, M. W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74:2215-30.
- Piña, L. I. 1967. Flora del Estado de Querétaro. Ediciones Culturales del Gobierno del Estado de Querétaro, Querétaro.
- 1990. Recursos bióticos de la cuenca San Juan Moctezuma del estado de Querétaro. Ediciones Culturales del Gobierno del Estado de Querétaro, Querétaro.
- Piña Monreal E. 1992. Delimitación y caracterización de zonas naturales del distrito de desarrollo rural 02 Cadereyta, Querérato. Tesis Ingeniería Agrícola especialista en suelos. UACH.México.
- Piñero, D., Sarukhan, J., y González E. 1977. Estudios demográficos en plantas. *Astrocaryum mexicanum* Liebm. I. Estructura de las poblaciones. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 37:69-118.

- Pliego A. J. A. y Quiroz R. A. 1989. Relación Suelos-Topo formas en una parte de la subprovincia de Sierras y Llanuras de Querétaro e Hidalgo. Tesis. Ingeniería Agrícola especialista en suelos. UACH. México.
- Prentice, I. C. 1977. Non-metric ordination methods in ecology. *Journal of Ecology*, 65:85-94.
- Puig, H. 1976. Phytogeographie et ecologie de la Huasteca (NE du Mexique). Tesis. Université Paul Sabatier. Toulouse, Francia.
- 1979. Notice de la feuille Guadalajara-Tampico. Carte internationale du tapis vegetal. Extrait des travaux de la section scientifique et technique de l'institut francais de Pondichéry. Hors Serie No. 16-1979.
- Ramensky, L. G. 1930. Zur Methodik der vergleichenden Bearbeitung und Ordnung von Pflanzenlisten und anderen Objekten, die durch mehrere, verschiedenartig wirkende Faktoren bestimmt werden. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 18:269-304.
- Reyna, T. 1970. Aspectos climáticos del estado de querétaro. *Bol. Inst. Geogr.* 3:96-102.
- Richards, P.W., Tansley, A.G. y Watt, S. 1939. The recording of structure, life form and flora of tropical forest communities as a basis for their classification. *J. of Ecology*, 28:224-239.
- Sánchez G. A. 1998. Clasificación y Ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí. Tesis de Maestría. UNAM. ENEP Iztacala. México.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1977. Mapa escala 1:250 000.
- Schall, J. J. y Pianka, E. R. 1978. Geographical trends in numbers of species. *Science*, 201: 679-686.
- Seegerstrom, K. 1961. Geology of the Bernal-Jalpan area. Estado de Querétaro. México. *U.S. Geol. Survey Bull.*, 1104-B:19-85.

- Shoshany M., Kutiel P., Lavee H., y Eichel M. 1994. Remote sensing of vegetation cover along a climatological gradient. *Journal of Photogr. and Remote Sensing*. 49:2-10.
- Smilauer P. 1992. CANODRAW Y CANOSPOT
- Somolinos, G. 1951. El viaje del Dr. Francisco Hernández por la Nueva España. *Ann. Inst. Biol. Méx.*
- Spatz, G., 1975. Die direkte Gradient-Analyse in der Vegetationskunde. *Angewandte Botanik*, 49:209-221.
- Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Editorial Omega. Barcelona, España.
- Ter Braack, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167-1179.
- Ter Braack, C. J. F y Smilauer P. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Correspondence Ordination (version 4). Microcomputer Power. Ithaca, N.Y. USA.
- Ter Braack, C.J.F. y Verdonschot, P.F.M. 1995. Canonical correspondence análisis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*. 57(3):255-289.
- Vega, R. F. 1997. Municipio de San Joaquín, Gobierno del estado de Querétaro, México.
- Velázquez, A. 1994. Multivariate análisis of the vegetation of the volcanoes Tláloc and Pelado, México. *J. Veg. Sci.* 5:263-70
- Ward, D. y Olsvig-Whittaker, L. 1993. Plant species diversity at the junction of two desert biogeographic zones. *Biodiversity letters*. 1:172-185.
- Whittaker, R. H. 1953. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological Monographs*. 23:41-78.
- 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biological Review*, 42:207-264
- 1970. Communities and ecosystems. Ed. McMillan. New York. U.S.

- 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21:213-251.
- Whittaker, R. H y Levin .1977. The role of mosaic phenomena in natural communities. *Theoretical Population Biology*, 12:117-139.
- Whittaker, R.H. y Niering, W.A. 1975. Vegetation of the Santa Catarina mountains, Arizona. V. Biomass, production, and diversity, along the elevation gradient. *Ecology*, 56: 771-790.
- Wilson, J. B., William G. Lee y Alan F. Mark. 1990. Species diversity in relation to ultramafic substrate and to altitude in southwestern New Zealand. *Vegetatio*, 86:15-20.
- Zamudio R. S. 1984. La vegetación de la cuenca del Río Estorax estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Zamudio R. S., Rzedowski, J., Carranza, E. y G, Calderón. 1992. La Vegetación en el Estado de Querétaro: panorama preliminar. Centro Regional del Bajío. Consejo de Ciencia y Tecnología el Estado de Querétaro. Patzcuaro, Michoacán, México.
- Zavala-Hurtado J. A. 1980. Estudios ecológicos en el valle semiárido de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Clasificación de la vegetación. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- 1982. Estudios ecológicos en el valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. *Biótica* 7:99-120.
- Zavala-Hurtado J.A., Valverde P.L., Díaz-Solís A., Vite F., y Portilla E. 1996. Vegetation-environment relationship based on a life-forms classification in a semiarid region of Tropical Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 44(2): 581-590.

ANEXO 1. LISTA DE ESPECIES DETERMINADAS PARA LA SIERRA DE SAN JOAQUÍN.

Familias ordenadas por orden alfabético.

Las formas biológicas corresponden a: Ar = arboreo; At = arbustivo; He = herbáceo.

FAMILIA	Forma biológica	SITIO					
		B. med. encino c/neblina	B. alto de encino	B. bajo de encino	Matorral rosetófilo	Matorral sub-Montano	Matorral xerófito
• ADIANTACEAE							
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	He	•	•	•			
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	He			•			
<i>Cheilanthes cucullans</i> Fée	He			•			
<i>Cheilanthes inframarginalis</i> (Link) Hook.	He			•			•
<i>Cheilanthes leucopoda</i> Link	He					•	
<i>Cheilanthes pyramidalis</i> Fée	He	•					
<i>Cheilanthes sulphurea</i> (Cav.) Mickel & Beitel	He				•		
<i>Cheiloplecton rigidum</i> (Sw.) Fée	He				•		•
<i>Notholaena ffinis</i> (Mett.) Moore	He					•	
<i>Notholaena aurea</i> (Poir.) Desv.	He			•			
<i>Notholaena candida</i> (Mart. & Gale) Hook.	He					•	•
<i>Notholaena sinuata</i> (Lag.) Kaulf.	He			•			
• AGAVACEAE							
<i>Agave applanata</i> Lem. ex Jacobi	At			•			
<i>Agave striata</i> Zucc.	At						•
<i>Agave xylonacantha</i> Salm-Dyck	At						•
<i>Agave</i> sp	At						
• AMARANTACEAE							
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	He					•	
• AMARYLLIDACEAE							
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	He	•					

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

• APOCYNACEAE							
<i>Plumeria rubra</i> L.	Ar					•	
<i>Vallesia glabra</i> Link	At						•
• ASPLENIACEAE							
<i>Asplenium monanthes</i> L.	He		•	•			
• BERBERIDACEAE							
<i>Berberis hartwegii</i> Benth.	At		•				
• BETULACEAE							
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schldl.) Furlow	Ar	•					
<i>Alnus jorullensis</i> HBK.	Ar			•			
• BORAGINACEAE							
<i>Cordia boissieri</i> DC.	Ar					•	•
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	At					•	
<i>Heliotropium</i> sp.	At				•		
• BROMELIACEAE							
<i>Tillandsia recurvata</i> L.	He					•	
• BURSERACEAE							
<i>Bursera morelensis</i> Ramírez.	Ar					•	•
<i>Bursera schlechterdallii</i> Engl.	Ar					•	
• CACTACEAE							•
<i>Astrophytum ornatum</i> Weber	At						•
<i>Echinocactus grusonii</i> Hildm.	At						•
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	At						•
<i>Mammillaria elongata</i> DC.	He					•	•
<i>Mammillaria parkinsonii</i> Ehrenb.	He						•

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

<i>Neolloydia conoidea</i> Britton & Rose	He						•	•
<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	At						•	•
<i>Opuntia leptocaulis</i> DC.	He						•	•
<i>Opuntia microdasys</i> Pfeiff.	He						•	•
<i>Strombocactus disciformis</i> Britton & Rose	At							•
• CAPPARIDACEAE								
<i>Capparis incana</i> HBK.	At						•	•
• CAPRIFOLIACEAE								
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> HBK.	At	•					•	
<i>Viburnum elatum</i> Benth.	At	•	•					
• CARYOPHYLLACEAE								
<i>Arenaria lanuginosa</i> Rohrb.	He						•	
<i>Sthellaria cuspidata</i> Willd.	He	•	•					
• CISTACEAE								
<i>Helianthemum glomeratum</i> Lag.	He	•					•	
• COMMELINACEAE								
<i>Tripogandra amplexans</i> Handlos	He	•						
• COMPOSITAE								
<i>Acourtia</i> cf. <i>hidalgoana</i> B.L. Turner	At	•					•	
<i>Ageratum corymbosum</i> Zucc.	He						•	
<i>Archibaccharis serratifolia</i> (HBK) Blake	At						•	
<i>Astranthium purpurascens</i> (B.L. Rob.) Larsen	He	•	•				•	
<i>Baccharis conferta</i> HBK.	At						•	
<i>Baccharis lancifolia</i> Less.	At		•					
<i>Bidens ferulaefolia</i> (Jacq.) DC.	He						•	
<i>Calea scabra</i> (Lag.) B.L. Rob.	He						•	
<i>Cirsium iappoides</i> (Less.) Sch. Bip	At	•						
<i>Crotalaria rotundifolia</i> var. <i>vulgaris</i> Windler	He						•	
<i>Eupatorium arsenei</i> B.L. Rob.	At		•					
<i>Eupatorium brevipes</i> DC.	At	•						
<i>Eupatorium hidalgense</i> B.L. Rob.	At	•					•	
<i>Eupatorium ligustrinum</i> DC.	At						•	
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. & Sessé ex. DC.	At		•					

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

<i>Eupatorium cf. puchellum</i> HBK.	He							•
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A.Gray.	At					•		•
<i>Gochnatia magna</i> M.C. Johnst	At						•	
<i>Melampodium</i> sp.	He						•	
<i>Perymenium buphthalmoides</i> var. <i>tenellum</i> (A. Gray.) McVaugh	He							•
<i>Piqueria pilosa</i> HBK.	At				•			
<i>Porophyllum coloratum</i> (HBK.) DC.	He							•
<i>Roldana barba_johannis</i> (DC) H. Rob (Brettell	At				•			
<i>Sanvitalia ocymoides</i> DC.	He						•	
<i>Senecio aschenbornianus</i> Shauer	At	•			•			
<i>Senecio stoechadiformis</i> DC.	At				•			
<i>Stevia caracasana</i> DC.	At				•			
<i>Stevia serrata</i> Cav.	He	•						
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	At	•						
<i>Viguiera</i> sp.	He							•
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	He						•	
• CONVULVACEAE.								
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	He						•	•
<i>Evolvulus sericeus</i> Sw.	He						•	
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	He						•	
• CORNACEAE								
<i>Comus disciflora</i> Moc. & Sessé ex. DC.	At				•			
<i>Comus excelsa</i> HBK.	At				•			
• CRASSULACEAE								
<i>Sedum longipes</i> Rose	He					•		
<i>Sedum moranense</i> HBK.	He					•		
• CRUSSFIFERAE								
<i>Lesquerella</i> sp.	He							•
• CUPRESSACEAE								
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Ar	•						
<i>Juniperus flaccida</i> Schltld.	Ar	•						

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

• CYPERACEAE							
<i>Carex anisostachys</i>	He	•	•				
<i>Carex</i> af. <i>longicaulis</i> Böck	He	•					
<i>Carex polystachya</i> Sw.	He	•					
<i>Carex turbinata</i> Liebm.	He	•					
• DRYOPTERIDACEAE							
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	He	•					
<i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schltdl. & Cham.) C. Presl.	He		•				
• ERICACEAE							
<i>Arbutus xalapensis</i> HBK.	Ar				•		
• EUPHORBIACEAE							
<i>Acalypha</i> sp.	He						•
<i>Croton hypoleucus</i> Schltdl.	He						•
<i>Ditaxis (Argythamia) heterantha</i> Zucc.	He						•
<i>Ditaxis (Argythamia)</i> sp.	He				•		•
<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.	He				•		•
<i>Euphorbia anychioides</i> Boiss.	He					•	
<i>Euphorbia lasiocarpa</i> (Kl) Arthur	He					•	•
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	At						•
<i>Tragia</i> af. <i>mexicana</i> Muell. Arg.	He						•
• FAGACEAE							
<i>Quercus affinis</i> Scheidw.	Ar	•	•	•			
<i>Quercus conspersa</i> Benth.	Ar			•			
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.	Ar	•	•	•			
<i>Quercus crassipes</i> Humb. & Bonpl.	Ar			•			
<i>Quercus glabrescens</i> Benth.	Ar		•	•			
<i>Quercus greggii</i> Trel.	Ar			•			
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	Ar	•	•				
<i>Quercus mexicana</i> Humb. & Bonpl.	Ar	•	•	•			
<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	Ar	•					
<i>Quercus repanda</i> Humb. & Bonpl.	Ar			•			
<i>Quercus rugosa</i> Née.	Ar		•				

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

• FLACOURTIACEAE									
<i>Neopringlea integrifolia</i> (Hemsl.) S. Watson	At								•
• FOUQUIERIACEAE									
<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.	At								•
• GARRYACEAE									
<i>Garrya cf. launifolia</i> Hartw.	At			•					
• GERANIACEAE									
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her.	He							•	
• GRAMINEAE									
<i>Aegopogon cenchroides</i> Humb. & Bonpl.	He							•	
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx) Torr.	He								•
<i>Brachypodium mexicanum</i> (Roem. & Schult.) Link	He		•						
<i>Briza rotundata</i> (HBK.) Steud.	He							•	
<i>Bromus anomalus</i> Rupr.	He		•						
<i>Enneapogon desvauxii</i> Beauv.	He								•
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	He							•	
<i>Festuca amplissima</i> Rupr.	He			•					
<i>Muhlenbergia cf. longiligula</i> Hitchc.	He							•	
<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (HBK.) Hitchc.	He		•						
<i>Setaria</i> sp.	He								•
<i>Setariopsis</i> sp.	He							•	
<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	He		•						
<i>Stipa constricta</i> Hitchc.	He		•						
<i>Stipa cf. clandestina</i> Hack.	He							•	
<i>Stipa ichu</i> Kunth	He							•	
• IRIDACEAE									
<i>Tigndia ehrenbergii</i> (Schltld.) Molseed.	He			•					
• LABIATAE									
<i>Agastache mexicana</i> (Kunth) Lint et. Epling	He		•					•	
<i>Agastache palmeri</i> (B.L. Rob.) Lint y Epling	He							•	
<i>Prunella vulgaris</i> L.	He							•	
<i>Salvia helianthemifolia</i> Benth.	He		•					•	

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

<i>Salvia microphylla</i> HBK.	At		•	•			
<i>Salvia prunelloides</i> HBK.	He	•					
<i>Salvia purpurea</i> Cav.	At				•		
• LEGUMINOSAE							
<i>Acacia</i> sp.	At					•	
<i>Desmodium</i> cf. <i>grahamii</i> Gray	He			•			
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	He	•					
<i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq.) DC.	He	•					
<i>Desmodium</i> sp.	He			•			
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	At				•		•
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	At				•		
<i>Lotus angustifolius</i> Moc. & Sessé ex. G. Don	He	•			•		
<i>Lupinus campestris</i> Cham. Et. Schldl.	At				•		
<i>Mimosa</i> sp.	At					•	
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth	He	•					
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	He	•					
<i>Piptadenia</i> sp.	At					•	•
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. Bonpl. ex. Willd.) M.C. Johnst.	Ar						•
<i>Trifolium amabile</i> HBK.	He	•					
• LILIACEAE							
<i>Dasylinon acrotrichum</i> Zucc.	He						•
<i>Dasylinon longissimum</i> Lem.	At				•		•
<i>Echeandia flavescens</i> (Schult. & Shult. f.) Cruden	He	•					
<i>Nolina parviflora</i> Hemsf.	At					•	
<i>Yucca camerosana</i> (Trel.) McKelvey	At					•	
• LOASACEAE							
<i>Cevallia sinuata</i> Lag.	He						•
<i>Loasa hispida</i> L.	He						•
• LOGANIACEAE							
<i>Buddleia parviflora</i> HBK.	Ar				•		
• LYTHRACEAE							
<i>Cuphea hyssopifolia</i> HBK.	He	•					
<i>Lythrum gracile</i> Benth.	He	•					

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

• MALVACEAE							
<i>Hibiscus coulteri</i> Harv. ex A. Gray	He						•
<i>Hibiscus martianus</i> Zucc.	At					•	
• OLEACEAE							
<i>Fraxinus schiedeana</i> Cham. & Schtdl.	At						•
• ONAGRACEAE							
<i>Oenothera rosea</i> Aiton	He	•					
<i>Fuchsia microphyla</i> HBK.	At	•	•				
• OPHIOGLOSSACEAE							
<i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	He		•				
• OXALIDACEAE							
<i>Oxalis latifolia</i> HBK.	He	•					
• PLANTAGINACEAE							
<i>Plantago australis</i> Lam. spp. <i>hirtella</i> (Kunth) Rahn	He	•					
• POLEMONIACEAE							
<i>Loeselia coerules</i> (Cav.) Don.	He						•
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand.	At					•	
• POLYGALACEAE							
<i>Monnina schlechtendaliana</i> D. Dietr.	At	•	•				
<i>Polygala barbeyana</i> Chodat	He					•	•
<i>Polygala subalata</i> S. Watson	He	•					
• POLYPODIACEAE							
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex. Willd.) Kaulf	He		•			•	
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> var. <i>interjecta</i> (Westtherby) A.R.Sm	He		•				
<i>Polypodium enythrolepis</i> Weath.	He	•					
<i>Polypodium guttatum</i> Maxon	He					•	
<i>Polypodium plebeium</i> Schtdl & Cham.	He		•				

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

• PRIMULACEAE							
<i>Anagalis arvensis</i> L.	He			•			
• RANUNCULACEAE							
<i>Thalictrum gibbosum</i> Lecoy.	He	•					
• RHAMNACEAE							
<i>Rhamnus capraeifolia</i> Schult.	At					•	
<i>Rhamnus microphylla</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	At	•					
<i>Rhamnus mucronata</i> Schult.	Ar	•					
• ROSACEAE							
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	He	•		•			
<i>Cercocarpus macrophyllus</i> C.K. Schneid	Ar	•					
<i>Crataegus baroussana</i> Eggl.	Ar	•					
<i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sessé ex. DC.	Ar	•					
<i>Malus</i> sp.	At	•					
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Ar	•					
<i>Rubus eriocarpus</i> Liebm.	At	•					
• RUBIACEAE							
<i>Bouvardia macrantha</i> Standl.	At	•					
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltld.	At					•	
<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) R & S.	At						•
<i>Galium trifidum</i> L.	He	•	•				
<i>Machaonia coulteri</i> (Hook.) Standl.	At					•	
• RUTÁCEAE							
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray) Benth.	Ar					•	•
• SAPINDACEAE							
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	He						•
<i>Cardiospermum corindum</i> L.	He						•
• SAXIFRAGACEAE							
<i>Pterostemon mexicanus</i> Schauer	At					•	

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

• SCHIZAEACEAE								
<i>Anemia mexicana</i> Klotzsch	He						•	
<i>Anemia tomentosa</i> var. <i>mexicana</i> (C. Presl) Mickel	He	•			•			
• SCROPHULARIACEAE								
<i>Lamouroxia dasyantha</i> (Cham. et Schldl.) Ernest	At				•			
<i>Leucophyllum ambiguum</i> Humb. & Bonpl.	At						•	
<i>Mercadonia procumbens</i> (Mill.) Small	He	•			•			
<i>Russelia</i> cf. <i>sarmentosa</i> Jacq.	He							•
• SELLAGINELLACEAE								
<i>Selaginella pilifera</i> A. Br.	He						•	•
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	He						•	
• SMILACACEAE								
<i>Smilax aristolochiaefolia</i> Mill.	He	•	•		•			
• SOLANACEAE								
<i>Cestrum oblongifolium</i> Schldl.	At	•						
• STERCULIACEAE								
<i>Ayenia rotundifolia</i> Hemsl.	At						•	•
• THEACEAE.								
<i>Temstroemia sylvatica</i> Cham. & Schldl.	At				•			
• THELYPTERIDACEAE								
<i>Thelypteris pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford	He				•			
• TURNERACEAE								
<i>Turnera diffusa</i> Willd.	At						•	•
• UMBELLIFERAE								
<i>Arracacia</i> sp.	He	•						
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl.	He	•						
<i>Donnellsmithia serrata</i> (Coult. & Rose) Mathias & Constance	He	•						

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

<i>Hydrocotyle mexicana</i> Cham. & Schtdl.	He	•					
• VERBENACEAE							
<i>Citharexylum hidalgense</i> Moldenke	At		•				
<i>Lantana camara</i> L.	At					•	
<i>Lantana montevidensis</i> (Spreng.) Briq.	At					•	
<i>Lantana velutina</i> Mart. & Galeotti	At						•
<i>Verbena carolina</i> L.	At	•					
<i>Verbena ciliata</i> Benth.	He	•		•			
• VITACEAE							
<i>Vitis berlandieri</i> Planch.	He	•					
• ZIGOPHYLLACEAE							
<i>Kallstroemia hirsutissima</i> Vail	He					•	
<i>Morkillia mexicana</i> Rose & Painter	At				•		

ANEXO 2 TIPOS DE VEGETACIÓN RECONOCIDOS POR ZAMUDIO (1998).

Tipo	Características
1. BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO (BTC)	Se encuentre sobre laderas con suelo somero, pedregoso y bien drenado, entre los 300 y 2200 m s.n.m. Árboles de 4 a 12 m de alto, con cambio estacional acentuado, corteza exfoliante. Epífitas y trepadoras localmente frecuentes. Las familias mejor representadas en el estrato arbóreo son Burseraceae (p.ej. <i>Bursera simaruba</i>) y Leguminosae. Se pueden encontrar diversas comunidades secundarias derivadas de esta, como lo es la dominada por <i>Lysioma microphylla</i> o por <i>Ipomoea murucoides</i> , <i>Acacia farnesiana</i> y <i>Eysenhardtia polystachya</i> .
2. MATORRAL XEROFITO (MX)	Cubriendo la mayor extensión del estado en la parte sur, centro y norte, aquí se agrupa un conjunto de comunidades vegetales dominadas por plantas de porte arbustivo, que se desarrollan en las regiones áridas y semiáridas. Se desarrolla sobre laderas de cerros, lomeríos bajos y terrenos planos, entre 600 y 2300 m s.n.m. Los arbustos en raras ocasiones rebasan los 4 m de alto, poseen tallos que ramifican desde la base o muy cerca del suelo y pueden presentar adaptaciones para vivir en ambientes con poco suministro de agua (espinas en tallos o ramas, hojas pequeñas simples o compuestas, comportamiento caducifolio, tallo verde con frecuencia carnosos, etc.). Las herbáceas crecen durante la temporada lluviosa y cumplen su ciclo de vida en pocas semanas o meses.
Matorral crasicaule (MC)	Conformado por cactáceas columnares o multidendrúculares (que le da el nombre común de cardonal o nopalera). Se establece sobre laderas y abanicos aluviales de cerros, lomeríos bajos y con menor frecuencia en terrenos planos, encontrándose desde los 1400 m hasta 2500 m s.n.m. En su estrato arbustivo (de 1 a 1.60 m) sobresalen <i>Stenocereus dumortieri</i> , varios tipos de <i>Opuntia sp</i> y de <i>Mimosa sp</i> . En algunas ocasiones se puede encontrar en asociación a <i>Yucca filifera</i> . En algunas nopaleras el estrato superior es de 4 a 5 m de alto (<i>O. strptacantha</i> y otras)
Matorral submontano (MS)	Se desarrolla en las laderas inclinadas de los cerros en los abanicos aluviales y en las cañadas profundas, sobre suelos someros y pedregosos. Ocupa la franja altitudinal entre los 800m y los 2200 m s.n.m. La fisonomía y composición florística es muy variable, cambiando de un sitio a otro. Se le caracteriza como un matorral subinermes, con un estrato alto de 3 a 4 m (llegando a ser mucho más alto según las condiciones imperantes), predominando especies siempre verdes con hoja pequeña. Representando la transición entre los matorrales xerófilos y los bosques de piñonero. Se distingue por la presencia de: <i>Helietta parvifolia</i> , <i>Acacia bertlandieri</i> , <i>Morkillia mexicana</i> , <i>Plumera rubra</i> , <i>Bursera schlechtendalii</i> , entre otras.

Matorral micrófilo (MM)	Matorrales subinermes, o en ocasiones espinosos. Se desarrolla principalmente en lugares planos del fondo de las cuencas o sobre laderas con poca inclinación desde los 1300 m, llegando a alcanzar los 2100 m s.n.m. En los lugares considerados los más secos del estado. Los elementos arbustivos alcanzan de 3 a 5 m de alto siendo muy espaciados entre sí. Caracterizado por <i>Larrea tridentata</i> , <i>Acacia vernicosa</i> , <i>Condalia mexicana</i> , <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Fouquieria splendens</i> . Son frecuentes varias cactáceas globosas o cilíndricas como <i>Lophophora diffusa</i> . Escasas plantas herbáceas, trepadoras y epífitas.
Matorral rosetófilo (MR)	Se establece en algunas laderas de mayor declive de las barrancas y cerros, entre los 1600 m y 2200 m s.n.m., sobre suelo delgado y pedregoso. Predominan las especies con hojas carnosas y coriáceas de ápice y/o margen espinoso, dispuestas en roseta basal o apical, entre las que destacan las pertenecientes a los géneros: <i>Agave</i> , <i>Hechtia</i> , <i>Dasyliirion</i> y <i>Yucca</i> . La fisonomía de la comunidad depende del género dominante y pueden ser densos o muy espaciados. En la mayoría de los casos la comunidad es muy pobre en especies, por su desarrollo en laderas muy expuestas, con fuerte erosión hídrica, donde no se pueden establecer muchas plantas.
3. PASTIZAL (P)	Se extiende de manera primordial sobre laderas andesíticas de relieve moderado a poco accidentado, entre 2000 m s.n.m. y 2300 m s.n.m. llegando a los 2500 m. Parece estar limitado hacia sitios donde la temperatura es menor y la precipitación mayor. En condiciones de disturbio no muy intenso se reconocen especies dominantes pertenecientes a los géneros <i>Bouteloua</i> , <i>Muhlenbergia</i> y <i>Andropogon</i> . Con la perturbación aumenta la importancia de <i>Aristida</i> , <i>Eragrostis</i> , y <i>Setaria</i> . Una buena parte es de origen sucesional, transición entre el matorral crasicaule y el bosque de encinos, matorrales de <i>Opuntia</i> con sobrepastoreo, o intercalado entre los bosques de encino y pino.
4. BOSQUE DE QUERCUS (BQ)	Se extienden desde zonas de clima semiseco hasta los sub húmedos. Dominancia frecuentemente compartida con <i>Pinus</i> y <i>Juniperus</i> , por lo que su aspecto y carácter varían conspicuamente de un lugar a otro. De siempre verdes a parcial o totalmente caducifolios. Altitud desde 800 a 3250 m s.n.m. Fisonómicamente pueden distinguirse diversos tipos relacionados estrechamente a las características ambientales en que se desarrollan. En los encinares densos o cerrados los estratos arbustivos y herbáceos suelen ser menores que en los de menor espesura. El epifitismo es variable y depende primordialmente de la humedad atmosférica y la temperatura, lo que también determina la abundancia de trepadoras leñosas.
Bosque arbustivo (BAQ)	En la parte alta de algunos cerros o en laderas expuestas a la acción directa del sol y de vientos fríos. Matorral muy denso de 1 a 2 m de alto, o de 3 a 6 m abiertos y caducifolios, adaptados a ambientes fríos y secos. Encinos comunes son <i>Q. depressipes</i> , <i>Q. eduardii</i> , <i>Q. grisea</i> , <i>Q. potosina</i> y <i>Q. deserticola</i> , principalmente de reproducción vegetativa y hoja pequeña, también se encuentra pingüica (<i>Arctostaphylos pungens</i>) y laurel (<i>Litsea</i>). Se presume como vegetación secundaria a causa de tala o quema de los bosques de encino.
Bosque bajo (BBQ)	En parte serrana de la mitas NE del estado, sobre suelos derivados de calizas y lutitas. Árboles de 5 a 10 m de alto, moderadamente densos. Especies comunes <i>Q. crassipes</i> , <i>Q. laurina</i> , <i>Q. obtusata</i> y <i>Q. rugosa</i>

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

Bosque mediano (BMQ)	En parte serrana de la mitas NE del estado, sobre suelos derivados de calizas y lutitas. Árboles de 8 a 12 m de alto, moderadamente densos. Frecuentes entre los 1200 y 2300 m de altitud. Dominados por <i>Quercus mexicana</i> y <i>Q. castanea</i> , con frecuencia alternando con el Bosque Tropical Caducifolio y el Matorral Submontano.
Bosque alto (BAQ)	En parte serrana de la mitas NE del estado, sobre suelos derivados de calizas y lutitas. Árboles de 20 a 30 m de alto. Afinidad hacia climas húmedos y a menudo colindando con el Bosque Mesófilo de Montaña. Domina <i>Q. affinis</i> , con <i>Q. crassifolia</i> , <i>Q. laurina</i> y <i>Q. greggii</i> .
5. BOSQUE DE CONFIERAS (BC)	Comunidades perennifolias, se desarrollan preferentemente en zonas de clima fresco y semifresco, extendiéndose a los húmedos y semiáridos. Característicos de las zonas montañosas se encuentran de forma discontinua entre los 1100 y 3300 m de altitud. Las asociaciones que conforman esta unidad corresponden a diferentes bosques acorde a las especies dominantes.
Bosque de <i>Pinus</i> (BP)	En el estado existen pinos de afinidades a climas fríos, templados y semicálidos, además de húmedos, semihúmedos y semiáridos. Mayormente ubicado en la mitad norte del estado, con algunos manchones en la parte sur. Los árboles presentan alturas que van de 8 a 20 m, en muchas partes cohabitando con bosques de <i>Quercus</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Abies</i> y <i>Cupressus</i> . Restringido a laderas y cañadas húmedas con altitud desde los 1100 a 3000 m s.n.m. sobre sustrato de caliza, roca ígnea, derivados de calizas o de lutitas. Especies comunes <i>Pinus greggii</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. teocote</i> , <i>P. cembroides</i> , <i>P. pinçana</i> y <i>P. rudis</i> . En el caso concreto de <i>P. cembroides</i> estos son bosques abiertos y relativamente bajos (6 a 10 m) en una franja entre 1900 y 2600 m s.n.m. en condiciones de mayor aridez.
Bosque de <i>Abies</i> (BA)	A las especies de <i>Abies</i> se les conoce localmente como guayamé u oyamel; este género es escaso dentro del estado, situándose en la parte alta de algunas montañas de la Sierra Madre Oriental. Entre 2800 y 3200 m de altitud, con frecuencia sobre laderas de pendiente pronunciada, en condiciones de clima fresco y húmedo. Bosque denso, de (15) 20 a 30 m de alto y mayormente puro. Como árboles acompañantes se encuentran <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Pinus rudis</i> , <i>Populus tremuloides</i> , <i>Quercus laurina</i> y <i>Q. rugosa</i> .
Bosque de <i>Juniperus</i> (BJ)	Género localmente denominado "nebrito", está conformado por árboles bajos de 4 a 10 (12) m de alto, variando de abierto a moderadamente cerrado. Forma parte de encinares, pinares y algunos matorrales como plantas subordinadas o codominantes principalmente, siendo escasos los bosques puros o con clara prevalencia de <i>Juniperus</i> . Se desarrolla sobre laderas calizas en suelos delgados. <i>Juniperus flaccida</i> es la especie que se encuentra en una altitud menor (2400 m), frecuentemente asociado al bosque de <i>P. cembroides</i> , formando en ocasiones bosquecillos puros o intercalados con pastizales. Casi en su límite superior (2600 m) <i>Juniperus deppeana</i> sustituye a <i>Juniperus flaccida</i> intercalándose con el bosque de encino.
Bosque de <i>Cupressus</i> (BC)	Si bien este es un género con amplia distribución en el país, sus especies en pocos lugares juegan al papel dominante en la vegetación. En el caso del estado, el bosque de <i>Cupressus lindleyi</i> (localmente conocido como "cedro blanco") se presenta en forma de pequeños manchones en el extremo NE del estado]. Se desarrolla sobre sustrato de roca caliza, entre los 1900 y 2600 m de altitud en condiciones de clima relativamente húmedo. Comunidad densa, de 15 a 30 m de alto. Otros árboles a veces frecuentes en el bosque puro o casi puro son: <i>Abies guatemalensis</i> , <i>Pinus greggii</i> , <i>P. teocote</i> , <i>Quercus affinis</i> , <i>Q. germana</i> .

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

SIERRA DE SAN JOAQUÍN, VERTIENTE SUR

	<i>mexicana</i> , pudiéndose hallar los siguientes arbustos: <i>Abelia floribunda</i> , <i>Baccharis conferta</i> , <i>Stevia lucida</i> , etc.
6. BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA (BMM)	Conformada por especies de hasta 30 ó 40 m de altura, debajo de los cuales se forman uno o dos estratos de árboles de menor tamaño, lo que contribuye a dar mayor cobertura del dosel y por tanto mayor sombra y humedad. Plantas epifitas y trepadoras generalmente numerosas, mientras que las herbáceas son escasas en condiciones de poco disturbio. Típica abundancia de helechos, musgos y algunas palmas arbustivas. En Querétaro este bosque se localiza en la porción NE, en menos del 5% de la superficie del estado. La mayor parte ubicadas en la vertiente de barlovento de la Sierra Madre Oriental, varias más corresponden a laderas de cañadas húmedas con orientación N y NE, todas distribuidas entre 800 y 2750 m s.n.m. en suelos someros y ricos en materia orgánica, humedad ambiental muy alta, reflejada en lluvias abundantes y presencia de neblina durante la mayor parte del año. En su mayor parte este bosque se encuentra fuertemente perturbado. La estructura y composición es variable y cambia de un sitio a otro en función de variantes ambientales, el grado de disturbio y otros factores. Las especies más importantes son: <i>Liquidambar styraciflua</i> , <i>Ulmus mexicana</i> , <i>Quercus affinis</i> , <i>Q. germana</i> , <i>Cupressus lindleyi</i> y <i>Taxus globosa</i> , entre otros de estratos inferiores.
7. BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO (BTS)	Generalmente dominado por árboles de 15 a 30 m de alto, muchos al menos facultativamente perennifolios, de hojas relativamente grandes y de color verde oscuro. Se localiza a lo largo de profundas cañadas que forman los ríos Santa María, Moctezuma y algunos de sus afluentes. En la mayor parte se trata más bien de árboles aislados que de un bosque en forma. Los principales árboles registrados son: <i>Adelia barbinervis</i> , <i>Aphananthe monoica</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Coccoloba barbadensis</i> , <i>Cupania dentata</i> , <i>Sapindus saponaria</i> entre otros. Para el caso de la vegetación secundaria se encuentran: <i>Acrocomia mexicana</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Nectandra sanguinea</i> , <i>Trema micrantha</i> , entre otros.
8. BOSQUE ESPINOSO (BE)	Si bien en la actualidad esta comunidad ha prácticamente desaparecido de Querétaro, era una vegetación ampliamente extendida en lo que ahora es la región agrícola del centro del estado. El mezquite es una comunidad de 6 a 12 m de alto, fisonómicamente algo similar al bosque tropical caducifolio, aunque solo pierde el follaje durante unas cuantas semanas. El mezquite es dominante único en esta comunidad, que califica como bosque espinoso. Algunos de los acompañantes son: <i>Celtis pallida</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Opuntia spp.</i> Y <i>Yuca filifera</i> .
9. VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SUBACUÁTICA	Querétaro carece de lagos naturales y prácticamente no hay zonas pantanosas en él, por lo que esta vegetación presenta un desarrollo relativamente escaso. El registro de la presencia de elementos de esta afinidad ecológica se reduce a la orilla de corrientes permanentes o semipermanentes como las de los ríos San Juan, Estórax, Jalpan, Moctezuma y Santa María. Se menciona la presencia de: <i>Baccharis salicifolia</i> , <i>Bacopa monnieri</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Eustoma exaltatum</i> , <i>Typha latifolia</i> , y árboles como <i>Fraxinus uhdei</i> , <i>Salix chilensis</i> , <i>Taxodium mucronatum</i> , <i>Platanus mexicana</i> y <i>Ficus cotinifolia</i> . En la entidad se cuenta además con varias presas y bordos de menor tamaño, en los que se puede llegar a encontrar algunos elementos como <i>Berula erecta</i> , <i>Cyperus Níger</i> , <i>Paspalum distichum</i> , <i>Scirpus californicus</i> , entre otros.