

31967

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

2.2 es.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

IZTACALA

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LA  
SIERRA DE CATORCE, SAN LUIS POTOSÍ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA DE RECURSOS VEGETALES

P R E S E N T A

BIÓL. ARTURO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ

LOS REYES IZTACALA

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

26 4830



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**ESTE TRABAJO SE REALIZÓ EN LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA Y EN LA DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHAPINGO, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ.**

## AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Diódoro Granados Sánchez por el aporte de conocimientos, los consejos y apoyo brindado durante el desarrollo y conclusión de este trabajo.
- A los profesores Daniel Muñoz y Francisco López del laboratorio de edafología de la ENEP-I, por la asesoría y apoyo en espacio y tiempo para la realización del análisis de suelos y la regionalización.
- A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), al Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas (IIZD) y a la Comisión Nacional del Agua del estado de San Luis Potosí, por las facilidades otorgadas para la obtención de información bibliográfica y datos importantes de la Sierra de Catorce, sin necesidad de trámites burocráticos.
- Al herbario de la División de Ciencias Forestales de la UACh, por la ayuda prestada en la identificación de las muestras botánicas.
- A mi cuñado Meliton Fuentes Rodríguez, por su asesoría en la elaboración de los dibujos que aparecen en esta tesis.
- A mi amigo Alejandro Gutiérrez Sarabia, que me ayudó en la ardua labor de los muestreos de campo.
- A mis compañeros de Maestría Martín, Pablo y Víctor por su apoyo y amistad.
- A los compañeros y amigos profesores del C.C.H. Naucalpan, que con sus consejos contribuyeron a que concluyera este trabajo, en especial a la Q.F.B. Irma Razo Marañón.
- A los miembros del comité revisor por sus sugerencias para mejorar este trabajo de investigación.

**DEDICATORIA**

**A MIS PADRES OCTAVIO Y SARA**

**CON AMOR Y AGRADECIMIENTO**

**CON CARÍÑO A MIS HERMANOS**

**JOSEFINA, GEORGINA, JUAN CARLOS, SARA, OCTAVIO Y ARMANDO**

**A LA MEMORIA DE MI HERMANO OCTAVIO**

**A LOS BEBES DE LA CASA, CON MUCHO CARÍÑO**

**MIS SOBRINOS TRAVIESOS**

**TALIANNE, TAVATA, TLALNESI, OCTAVIO,**

**RODRIGO, YOTZIN, CARLA Y RENATA**

## Canto Huichol

¡ Que bonitas colinas, qué bonitas colinas,  
tan verdes aquí donde estamos !  
Ahora ni siquiera siento,  
ahora ni siquiera siento,  
ahora ni siquiera siento que quiero ir a mi rancho.  
Porque ahí en mi rancho es todo tan feo,  
tan terriblemente feo ahí en mi rancho,  
y aquí en **Wirikúta** todo tan verde, tan verde,  
y comiendo a satisfacción como a uno le gusta,  
en medio de flores bonitas.  
Aquí no hay sino flores,  
hermosas flores, con brillantes colores,  
- tan hermosas, tan hermosas.  
Se llena uno comiendo de todo,  
todos están satisfechos, satisfechos de comida.  
Las colinas son hermosas para caminar,  
para gritar y reír,  
tan agradables como uno desea,  
y el estar con todos los compañeros.  
No lloren, hermanos, no lloren,  
porque venimos a disfrutarlo,  
venimos en este sendero  
a encontrar nuestras vidas.  
Porque todos somos,  
todos somos,  
todos somos los niños,  
todos somos los hijos  
de una flor de brillantes colores,  
de una encendida flor.  
Y aquí no hay nadie  
que lamente lo que somos.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tomado de Nahmad, (1986).

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	ii
<b>RESUMEN</b>	iv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 Objetivos	4
<b>II. ANTECEDENTES</b>	
2.1 Las zonas áridas y semiáridas de México	5
2.1.1 El Desierto Chihuahuense	7
2.1.1.1 Estudios ecológicos realizados en el Altiplano Potosino	9
2.1.1.1.1 Estudios ecológicos realizados en la Sierra de Catorce	11
2.2 Clasificación y ordenación	14
2.2.1 Clasificación	16
2.2.1.1 Técnicas de clasificación	17
2.2.1.1.1 El arreglo tabular	17
2.2.1.1.2 Clasificación jerárquica y no jerárquica	19
2.2.2 Ordenación	21
2.2.2.1 Técnicas de ordenación	23
2.2.3 Estudios sobre clasificación y ordenación de la vegetación en México	27
2.3 Regionalización	29
<b>III. METODOLOGÍA</b>	
3.1 Delimitación de la zona de estudio	32
3.2 Levantamiento florístico	33
3.3 Caracterización horizontal	34
3.4 Caracterización vertical	35
3.5 Caracterización de los suelos	37
3.6 Clasificación y ordenación de las comunidades	37
3.7 Regionalización	38

<b>IV. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	
4.1 Ubicación	39
4.2 Población	40
4.3 Actividades económicas	42
4.4 Clima	43
4.5 Hidrología	43
4.6 Geomorfología	47
4.7 Geología	47
4.8 Suelos	49
4.9 Vegetación	51
<b>V. RESULTADOS</b>	
5.1 Clasificación	53
5.1.1 Clasificación cualitativa	53
5.1.2 Clasificación cuantitativa	57
5.2 Ordenación	60
5.2.1 Ordenación indirecta	60
5.2.2 Ordenación directa	63
5.3 Caracterización de la vegetación	68
5.4 Algunos tipos de suelos presentes en la Sierra de Catorce	116
5.5 Regionalización	118
5.5.1 Sistemas ecogeográficos y sus facetas	118
5.5.2 Tipos de vegetación presentes en la Sierra de Catorce, S. L. P.	132
5.5.3 Uso potencial del suelo para la Sierra de Catorce, S. L. P.	135
<b>VI. DISCUSIÓN</b>	139
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	165
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b>	178

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios realizados en el Altiplano Potosino	10
Tabla 2. Estaciones climatológicas que se ubican alrededor de la Sierra de Catorce, S.L.P.	44
Tabla 3. Edades de rocas y suelos de la Sierra de Catorce, S.L.P.	50
Tabla 4. Valores obtenidos en el análisis de correspondencias (ordenación indirecta)	61
Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis canónico de correspondencias (ordenación directa)	65
Tabla 6. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 1	68
Tabla 7. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 2	71
Tabla 8. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 3	74
Tabla 9. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 4	77
Tabla 10. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 5	80
Tabla 11. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 6	83
Tabla 12. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 7	86
Tabla 13. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 8	89
Tabla 14. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 9	92
Tabla 15. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 10	95
Tabla 16. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 11	98
Tabla 17. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 12	101
Tabla 18. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 13	104
Tabla 19. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 14	107
Tabla 20. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 15	110
Tabla 21. Composición y características principales de la vegetación del sitio de muestreo 16	113
Tabla 22. Características de algunos tipos de suelos de la Sierra de Catorce, S.L.P.	117
Tabla 23. Descripción general de facetas para la Sierra de Catorce, S.L.P.	118
Tabla 24. Tipos de vegetación presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P.	133
Tabla 25. Uso potencial del suelo para la Sierra de Catorce, S.L.P.	136
Tabla 26. Usos locales y / o potenciales para algunas de las especies vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P.	160
<b>Tabla 27. Lista florística de la sierra de Catorce, S.L.P.</b>	<b>169</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de las zonas áridas y semiáridas de México	5
Figura 2. Tipos de vegetación de México (comunidades conservadas)	6
Figura 3. Mapa de la ubicación de la Sierra de Catorce, S.L.P.	40
Figura 4. Imagen de satélite de la Sierra de Catorce, S.L.P.	41
Figura 5. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas	45
Figura 6. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas	46
Figura 7. Dendrograma de la clasificación de las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P. (basado datos cualitativos)	54
Figura 8. Dendrograma de la clasificación de las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P. (basado en datos cuantitativos)	57
Figura 9. Diagrama de ordenación indirecta de la vegetación de la Sierra de Catorce, S.L.P. (eje I vs. Eje II)	60
Figura 10. Diagrama de ordenación indirecta de la vegetación de la Sierra de Catorce, S.L.P. (eje I vs. Eje III)	62
Figura 11. Diagrama de ordenación directa de la vegetación de la Sierra de Catorce, S.L.P. (eje I vs. Eje II)	64
Figura 12. Diagrama de ordenación directa de la vegetación de la Sierra de Catorce, S.L.P. (eje I vs eje III)	66
Figura 13. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 1	70
Figura 14. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 2	73
Figura 15. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 3	76
Figura 16. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 4	79
Figura 17. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 5	82
Figura 18. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 6	85
Figura 19. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 7	88

Figura 20. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 8	91
Figura 21. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 9	94
Figura 22. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 10	97
Figura 23. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 11	100
Figura 24. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 12	103
Figura 25. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 13	106
Figura 26. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 14	109
Figura 27. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 15	112
Figura 28. Diagrama de bloques y diagrama de perfil semirealista para el sitio de muestreo 16	115
Figura 29. Mapa de sistemas para la Sierra de Catorce, S.L.P.	130
Figura 30. Mapa de facetas para la Sierra de Catorce, S.L.P.	131
Figura 31. Mapa de las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P.	134
Figura 32. Mapa de uso potencial del suelo para la Sierra de Catorce, S.L.P.	137
Figura 33. Mapa topográfico de la Sierra de Catorce, S.L.P.	138
Figura 34. Perfil fisonómico fisiográfico de la vegetación de la Sierra de Catorce, S.L.P.	152
Figura 35. Distribución de las especies con mayor valor de importancia a lo largo del gradiente altitudinal estudiado en la Sierra de Catorce, S.L.P.	155
Figura 36. Distribución de las especies con mayor valor de importancia a lo largo del gradiente altitudinal estudiado en la Sierra de Catorce, S.L.P.	156
Figura 37. Familias con mayor número de especies para la Sierra de Catorce, S.L.P.	176
Figura 38. Formas de vida de Raunkier para la Sierra de Catorce, S.L.P.	177

## RESUMEN

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. En la presente investigación se identificaron los patrones en la estructura y distribución de la vegetación en la Sierra de Catorce, S.L.P. a lo largo de gradientes ambientales, utilizando dichas técnicas de análisis multivariado.

Se estudiaron un total de 16 sitios de muestreo, elegidos de acuerdo a un gradiente altitudinal que abarco desde los 1 780 a los 2 850 msnm, para cada sitio de muestreo se determino la estructura vertical y horizontal de la vegetación, se realizó un levantamiento florístico para determinar la composición de especies y un muestreo de suelos para su análisis posterior en el laboratorio.

Se llevó a cabo también la regionalización de la Sierra de Catorce, S.L.P. en base a los recorridos de campo, fotografías aéreas, imagen de satélite y cartografía en general.

Los resultados obtenidos indican que las técnicas de clasificación y ordenación basadas en variables cualitativas y/o cuantitativas son complementarias, pues nos permitieron definir comunidades tipo a través de un patrón de cambio continuo de las poblaciones dentro del gradiente estudiado.

Se identificaron las siguientes comunidades: en las partes más bajas (1 780 - 1 930 msnm.), en terrenos planos y sobre sustrato aluvial, se presentó el matorral desértico micrófilo dominado por *Larrea tridentata*, pero se encontraron algunas variantes de acuerdo a la composición de especies.

En sitios de mayor altitud (2 070 - 2 410 msnm), en bajadas inferiores de cerros, piamontes, taludes y escarpas, sobre sustrato calizo y/o de conglomerado, en zonas con pendientes moderadas a muy abruptas, se presentó el matorral desértico rosetófilo (MDR) típico, dominado principalmente por *Agave lechuguilla*, pero se identificaron variantes de este tipo de vegetación: en algunas de ellas dominaba *Agave striata*, en otra ambas especies fueron importantes. Se encontraron también otras variantes o ecotonos en donde se presentó MDR con elementos de piñonar (*Pinus cembroides*, principalmente), MDR con elementos de encinar arbustivo (presencia de *Quercus spp.* y otras especies arbustivas), MDR con elementos de chaparral (constituido principalmente por *Sophora secundiflora* y/o *Juniperus monticola*).

En sitios de pendiente muy elevada y altitudes cercanas a los 2 600 msnm, creciendo sobre sustrato calizo, se identificó una variante del matorral desértico crasicale (que en su forma típica es escaso en la Sierra de Catorce), que poseía algunas especies características del MDR.

En los sitios de mayor elevación sobre el nivel del mar (2 300 - 2 850), en zonas con pendientes moderadas a muy abruptas (principalmente) y sobre sustrato de caliza; se encontró vegetación de piñonar (*Pinus cembroides*), encinar arbustivo (*Quercus spp.*) y chaparral (varias especies de porte arbustivo bajo), todas estas comunidades presentaron variantes o ecotonos en las que existen especies en común.

En regiones áridas y semiáridas la disponibilidad de agua debe ser uno de los controles primarios en la distribución de las especies, por ello los gradientes ambientales más críticos están relacionados con la humedad. Los diagramas de ordenación obtenidos indican que el gradiente altitudinal es el factor ambiental que mejor explica la distribución de la vegetación en la Sierra de Catorce, sin embargo, la altitud como gradiente ambiental complejo se manifiesta a través de variables como la temperatura y la precipitación. En la zona de estudio existe una correlación significativa entre estas variables y con la altitud.

Podemos decir que factores tales como la topografía, las características del suelo, y la orientación, están estrechamente relacionadas con la disponibilidad de agua, y de acuerdo a los resultados de esta investigación, son también muy importantes para explicar la ordenación de la vegetación en la Sierra de Catorce.

La clasificación y ordenación de la vegetación como técnicas de análisis matemático probaron ser muy eficientes y útiles para la identificación de las comunidades vegetales, así como para establecer que variables ambientales tienen mayor influencia sobre estas comunidades.

Los resultados de la regionalización indican que en la zona de estudio las condiciones de aridez (escasa precipitación pluvial, elevada evaporación), la topografía tan accidentada y el grado de desarrollo de los suelos principalmente, impiden la agricultura de temporal y de riego, al parecer la alternativa más viable es la explotación de las especies que crecen naturalmente en la zona, pues posee recursos naturales muy importantes.

De acuerdo a lo anterior, los resultados aportados por este trabajo nos brindan un panorama general de los procesos que han ocurrido, del estado actual y de lo que puede llegar a ocurrir con la vegetación de la zona estudiada, dependiendo de los sucesos naturales y de las condiciones de manejo del sistema. La comprensión básica de la variación en la estructura, composición y distribución de la vegetación a varias escalas y el conocimiento de los factores ambientales involucrados deben proporcionar la base para el desarrollo de programas de conservación, manejo y explotación a corto plazo de los recursos naturales en la Sierra de Catorce, S. L. P.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas de este siglo se ha hecho evidente que el ritmo de explotación de los recursos naturales, así como el deterioro causado al ambiente debido a las actividades humanas ha sido excesivo, ante estos hechos, existe una preocupación general por conservar nuestro planeta para las generaciones futuras.

En años recientes se han llevado a cabo reuniones a nivel internacional que tratan específicamente esta problemática<sup>2</sup>, de ellas han surgido propuestas en las que se hace énfasis en que una de las estrategias iniciales hacia la conservación y utilización de los recursos naturales es el conocimiento de como es la estructura y funcionamiento de los mismos.

Aunado a lo anterior, el desarrollo científico y tecnológico hace indiscutible que las soluciones a los problemas ambientales requieren de enfoques multidisciplinarios, de esta forma, se requieren de especialistas en todas las ramas del conocimiento, y dentro de estas especialidades, el biólogo juega un papel muy importante.

La Ecología, una rama de la Biología, es una ciencia joven que debe su desarrollo en parte, al surgimiento de la preocupación por el impacto del hombre al ambiente (Acot, 1989), se puede decir que uno de sus principales objetivos es el conocimiento de la estructura y dinámica de las comunidades.

Una proporción considerable del trabajo ecológico tanto en el pasado como en el presente se ha dirigida hacia la descripción de la vegetación (Kershaw, 1973). La vegetación es el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo, refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores bióticos. A su vez, la vegetación modifica algunos de los factores del ambiente. Los

---

<sup>2</sup> La Cumbre de la Tierra: Río de Janeiro, Brasil, 1992; Bolivia: Cumbre de las Américas, 1996; reuniones internacionales: Canadá, España, Indonesia, 1997, etc.

componentes del sistema: la vegetación y el ambiente evolucionan paralelamente a través del tiempo, sufriendo cambios hasta alcanzar un estado estable (Matteucci y Colma, 1982).

Dadas las numerosas combinaciones posibles entre los diferentes estados de los factores ambientales y de los posibles conjuntos de especies vegetales, se podría pensar que la vegetación tiene infinitas formas de expresión. Sin embargo, como consecuencia de la interdependencia de algunos factores ambientales y de que no todas las especies son independientes entre si, la vegetación presenta un número finito de expresiones; es decir, en distintas zonas del planeta se repiten condiciones ecológicas similares que provocan la presencia de vegetaciones características, sin embargo, no existen dos lugares ocupados por comunidades idénticas (Zavala, 1986).

Uno de los supuestos principales que hacen los ecólogos de comunidades es que hay alguna “unidad fundamental” de comunidades naturales, y que es natural en el sentido de que esta presente en la naturaleza y no es producto de clasificaciones hechas por el hombre, este supuesto ha originado que algunos investigadores establezcan una analogía entre la concepción de especie y la de comunidad:

En caso de que realmente existan unidades fundamentales en la naturaleza debe ser posible descubrirlas y clasificarlas; tal vez en la forma en que se clasifica a las especies, este supuesto lo sustentaron muchos ecólogos europeos y norteamericanos.

Sin embargo, a partir de los años 60 otros investigadores han hecho hincapié en que la vegetación es un complejo continuo de poblaciones, y no un mosaico de unidades discontinuas; este grupo ha elaborado un conjunto de técnicas al que se le da el nombre de análisis de gradientes, para el estudio de la variación continua de la vegetación respecto de los factores ambientales (Whittaker y Niering, 1970; 1975).

La aplicación más sencilla del análisis de gradientes consiste en tomar muestras a intervalos a lo largo de un gradiente ambiental, como por ejemplo, la altitud en la cuesta de una montaña (la altitud es un gradiente ambiental complejo, ya que incluye a su vez:

temperatura, lluvia y viento). Con esta técnica se pueden utilizar una gran variedad de gradientes para demostrar la continuidad de la vegetación.

Por otra parte, es importante recordar que la heterogeneidad ambiental de nuestro país, producto de su situación geográfica y su accidentada orografía, lo hacen poseedor de una gran diversidad biológica y de sistemas naturales. Estos constituyen un potencial de recursos renovables variados y abundantes susceptibles de ser aprovechados, sin embargo, también constituyen un gran reto, pues se conoce poco de estos sistemas (Toledo, 1988; 1994).

En México existe información sobre la composición florística de un gran número de ecosistemas (Rzedowski, 1992; Alvarez-Sánchez, 1993); pero los aspectos de carácter estructural y funcional son poco entendidos o no han sido explorados, los datos cuantitativos a nivel de ecosistemas son muy limitados, resultado también de una historia breve en este tipo de estudios, además de la evidente complejidad biológica.

La importancia de estudiar la vegetación del norte de nuestro país se debe a que dicha región esta cubierta por matorrales xerófilos y pastizales, que representan aproximadamente el 50 % del territorio nacional. Para estos tipos de vegetación se calcula una riqueza florística de alrededor de 6 000 especies. Otro aspecto interesante es el hecho de que en los tipos de vegetación mencionados se localiza la mayor cantidad de especies endémicas de México. (Rzedowski, 1978; 1992).

La Sierra de Catorce, ubicada en la parte norte del estado de San Luis Potosí, es particularmente interesante para estudiar el cambio florístico y fisonómico a lo largo de gradientes ambientales debido a su topografía, a sus condiciones edáficas y al escaso deterioro a que se ha visto sometida la vegetación natural (Granados, com. pers.). Por ello, el estudio de los cambios de vegetación de dicha sierra, a lo largo de gradientes (altitudinales y edáficos), puede enfocarse hacia fines del conocimiento científico (para el establecimiento de patrones de clasificación y ordenación de la vegetación), y con propósitos utilitarios.

El estudio del patrón espacial de la vegetación de esta zona adquiere importancia para el manejo de los recursos naturales, ya que los cambios en la estructura, la composición y la distribución espacial de las comunidades sirven a menudo como indicadores de los efectos de la explotación de los recursos (capacidad de carga del ambiente), la búsqueda de asociaciones entre vegetación y ambiente permiten emplear a la vegetación como indicadora del ambiente y viceversa, simplificando así los estudios de evaluación de la tierra y de la capacidad productiva del ambiente en cuestión (Matteucci y Colma, 1982).

Los estudios de clasificación y ordenación de la vegetación son por lo tanto, de utilidad para la 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 detectados y servir como base para predecir la respuesta de los ecosistemas a la acción del hombre.

Por todo lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

### **1.1 Objetivos**

#### **Objetivo general:**

- ◇ Establecer una clasificación y ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí.

#### **Objetivos específicos:**

- ◇ Reunir datos cuantitativos y cualitativos así como una lista de la vegetación más importante de la zona de estudio.
- ◇ Establecer la relación entre la estructura de la comunidad y los gradientes ambientales (altitud y tipo de suelo).
- ◇ Regionalizar la zona de estudio, con fines de conocimiento, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Las zonas áridas y semiáridas de México

México es considerado a nivel mundial como uno de los seis países con mayor diversidad biológica; la explicación de ello se encuentra principalmente en la complejidad geográfica del país, representada por un conjunto de climas y suelos que contienen prácticamente todos los tipos de vegetación del planeta. Nuestro país, es además una “zona de transición” o convergencia entre las floras y faunas neártica y neotropical, con una larga historia de aislamiento en algunas regiones, ello a originado el que existan un gran número de especies endémicas. (Villaseñor, 1991; Llorente y Soberón, 1993).

Aproximadamente del 50 al 70 % del territorio nacional esta cubierto por extensas regiones áridas y semiáridas según diversos autores; en estas regiones existe una gran riqueza florística y faunística, la cual esta favorecida por la variedad de subtipos climáticos que presentan (Hernández, 1992; Hernández y García, 1997).

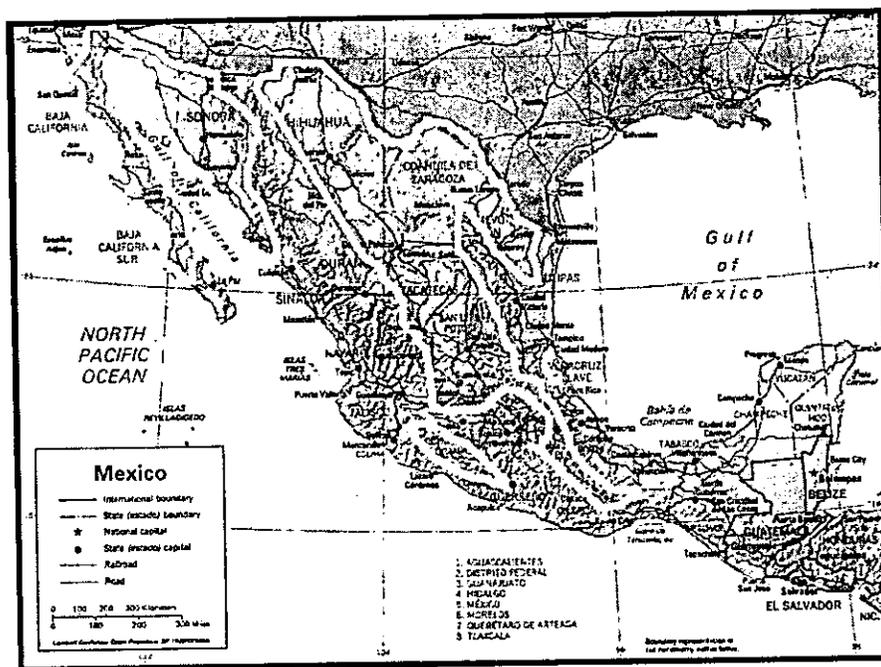


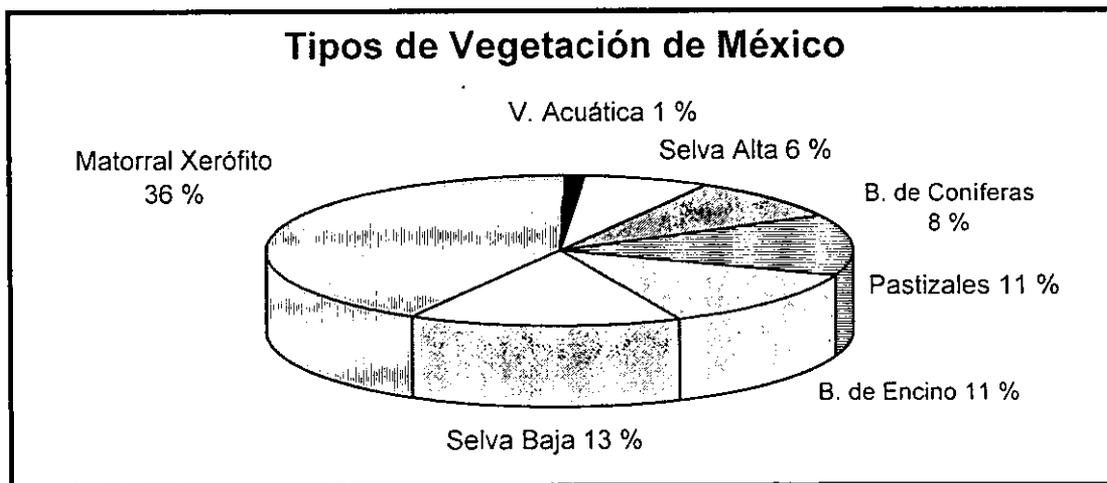
Figura 1. Mapa de las zonas áridas y semiáridas de México<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Basado en el mapa elaborado por Marroquín et al., (1981).

Las zonas áridas del país cuya presencia se debe a la influencia de la faja mundial de aridez son la sonorenses y la chihuahuense; además existen dentro del área tropical las cuencas de los ríos Zacatula-Balsas, los valles de Tehuacán y Oaxaca, la costa noroeste de la península de Yucatán, así como la presencia de una región árida templada en los valles de San Juan-Perote (Puebla-Veracruz) (Hernández, 1992).

Desde el punto de vista fisonómico y de utilidad, la cubierta vegetal de las regiones con clima árido y semiárido varía tanto que para efectos descriptivos se agrupan bajo el rubro colectivo de matorrales y pastizales (Maldonado, 1993).

Los matorrales cubren el 36 % del territorio nacional (Moreno-Casasola y Sánchez, 1990: Fig. 2), y se les considera como comunidades vegetales de porte arbustivo propias de las zonas áridas y semiáridas. En el Desierto Chihuahuense este matorral se distribuye en amplias áreas del Altiplano Mexicano, abarcando desde el norte del país (en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes) hasta los estados de Guanajuato, Jalisco, Hidalgo y México; y prolongándose hacia el sur una estrecha franja que penetra a través de Puebla y llega hasta Oaxaca.



**Figura 2.** La gráfica indica el porcentaje que actualmente ocupan los distintos tipos de comunidades conservadas en nuestro país (Tomado de: Moreno-Casasola, et al., 1990).

Este tipo de vegetación, en comparación con otras comunidades vegetales del país, tal vez sea la menos afectada por las actividades humanas, debido a que las características ecológicas no son favorables para el desarrollo de una agricultura o ganadería intensiva, aunque en las escasas zonas de riego, ya no hay vestigios de la vegetación nativa. La agricultura de temporal se practica a menudo en los lugares donde existen captadores de humedad, en los mejores suelos y en la regiones de aridez menos acentuada.

Se detecta un uso más generalizado de los matorrales en la ganadería, actividad que se practica en forma extensiva; la cabra es la especie más común para estos lugares, pues parece adaptarse a la perfección para utilizar la vegetación característica de los matorrales y pastizales; además existe ganado bovino, caballar, ovino y mular en dichas regiones.

El impacto que causa la ganadería en la cubierta vegetal de los matorrales, es la desaparición paulatina de especies nativas y la aparición de especies invasoras; grandes extensiones de las zonas áridas y semiáridas se encuentran en condiciones de sobrepastoreo.

Contrariamente a lo que sucede en las regiones con buenas condiciones ecológicas, el hombre en estas zonas trata de obtener el máximo provecho de la vegetación natural en que vive; de esta manera, una gran cantidad de especies vegetales silvestres se han utilizado tradicionalmente, ya sea para la construcción de viviendas, para el establecimiento de cercos, como combustible, como alimento, etc.; sin embargo, tan sólo unas cuantas especies son objeto de explotación intensiva cuando sus productos, debido a sus cualidades industriales, encuentran mercado y comercialización tanto en el país como en el extranjero.

### **2.1.1 El Desierto Chihuahuense**

El Desierto Chihuahuense se ubica en la parte norcentral de nuestro país, entre la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Occidental, aquí se presentan una amplia gama de especies, la mayoría de las cuales desarrolla un actividad específica en la sobrevivencia de los pobladores de las regiones áridas y semiáridas del norte de la República Mexicana, dichas especies se pueden agrupar de acuerdo a sus usos generales.

Son importantes aquellas plantas que poseen propiedades curativas y han servido al hombre desde tiempos inmemoriales, destacan entre ellas el chaparro amargoso *Castela texana*, el hojásén, *Flourensia cernua* y la gobernadora *Larrea tridentata*, empleadas contra males estomacales; asimismo se encuentra la candelilla *Euphorbia antisyphilitica*, contra enfermedades venéreas; el “popotillo” *Ephedra spp.* de la cual se extrae la efedrina que se utiliza para elaborar productos farmacéuticos; el “llora sangre” *Jatropha dioica*, como antiséptico bucal principalmente, y una lista interminable de especies con propiedades medicinales (Engel, 1975; Rzedowski, 1978; Gómez, 1986; Ortega, 1993).

En el grupo de las industriales, la más importante es la candelilla, *Euphorbia antisyphilitica*, de la que se obtiene una cera de gran pureza y dureza, el *Agave lechuguilla* del que se extrae una fibra de alta resistencia, la palma samandoca *Yucca carnerosana*, que proporciona también fibra, aunque de menor calidad que la anterior. El guayule *Parthenium argentatum* ha sido una fuente natural de hule, la palma china, *Yucca filifera*, para la producción de hormonas (Gómez, 1986; Montesano, 1987).

Otro grupo lo representan las especies forestales, en donde destaca el mimbre *Chilopsis linearis*, empleado en el tejido de muebles, postería, leña y cabo para herramientas agrícolas; el mezquite *Prosopis spp.*, cuya madera es empleada en la fabricación de muebles, artesanías, etc., el ocotillo, *Fouquieria splendens*, utilizado en artesanías y construcciones rústicas y el huizache *Acacia farnesiana* usado como leña y forraje (Torres, 1977; Gómez, 1970; 1986; Ortega, 1993).

El nopal, *Opuntia spp.* se utiliza como alimento humano, las frutas “tunas” son importantes a nivel de la economía regional, con ellas se elabora queso de tuna, colonche e incluso bebidas alcohólicas, se usa también para alimentar al ganado mezclándolo con otros forrajes y añadiendo melaza (Reyes, 1993); Varias especies de los géneros *Ferocactus* y *Echinocactus*: “visnagas”, son utilizadas como alimento consumiendo sus frutos o botones florales (Del Castillo, 1982; Trujillo, 1982).

El “maguey” *Agave salmiana*, se utiliza para la producción de aguamiel, que sirve para la elaboración de jarabes, vinagre, alcohol, etc., el pedúnculo floral y la base de las

hojas se utiliza como alimento humano, las pencas, previamente preparadas, se dan como forraje al ganado, y tienen otros muchos usos (Tello, 1983; Tello y García, 1988); el pino piñonero *Pinus cembroides* tiene usos en la construcción, en postes y las semillas: “piñones” son alimento para el hombre (Rebolledo, 1982; Hernández, 1985; Maldonado, 1993; Villalobos, 1994).

Por último, un grupo importante, es el forrajero, la especies más útiles son las perennes, ya que en las épocas de prolongada sequía son el principal sustento del ganado. Destaca el género *Atriplex*, con una infinidad de especies tanto nativas como introducidas donde sobresale la costilla de vaca, *Atriplex canescens*, que es una especie nativa que se distribuye ampliamente en el norte del país y que durante todo el año sirve como complemento alimenticio del ganado; El “zacate navajita” *Bouteloua spp.* se considera también de gran valor forrajero, entre otras muchas especies (García y Villa, 1977; Gómez, 1986; Ortega, 1993; Maldonado, 1993).

#### **2.1.1.1 Estudios ecológicos realizados en el Altiplano Potosino**

Una breve reseña histórica sobre los estudios llevados a cabo en el estado de San Luis Potosí desde el año de 1827 hasta el año de 1965 puede ser consultada en el trabajo de Rzedowski, (1961; 1965). La mayoría de los datos se refieren a exploraciones botánicas cuyo objetivo principal es coleccionar y conocer la vegetación.

El primer trabajo detallado es el del mismo Rzedowski en 1961, en donde realiza una serie de expediciones por todo el Estado levantando inventarios sobre la vegetación y el ambiente en puntos representativos.

Su trabajo es demasiado amplio; comprende datos fisiográficos de la zona, aspectos climáticos, edafológicos y sus relaciones con la vegetación. Establece una clasificación de la vegetación, describe su fisonomía y se refiere al aprovechamiento de las especies silvestres por los habitantes de la zona.

Posteriormente, a partir de los años 70 se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios sobre la vegetación de San Luis Potosí, la mayoría se refiere a aspectos ecológicos, y sobre la composición botánica, cabe destacar algunos de ellos:

**Tabla 1. Estudios ecológicos realizados en el Altiplano Potosino**

Autor:	Año	Objetivo del trabajo:
Villa <sup>4</sup>	1967	Ecología y distribución geográfica de <i>Yucca filifera</i> y <i>Y. decipiens</i> en el estado de San Luis Potosí
Aguirre <sup>5</sup>	1970	Ecología de <i>Opuntia imbricata</i>
Gómez <sup>6</sup>	1973	Ecología de <i>Bouteloua chasei</i>
García y Villa	1977	Factores ambientales que afectan la distribución geográfica y ecológica de <i>Bouteloua gracilis</i> en San Luis Potosí
Del Castillo	1982	Distribución geográfica y ecológica de <i>Ferocactus histrix</i>
Trujillo	1982	Distribución geográfica y ecológica de <i>Echinocactus platyacanthus</i> en el estado de San Luis Potosí
Rebolledo	1983	Estudio preliminar sobre la ecología de los piñonares del altiplano potosino-zacatecano
Tello	1983	Utilización del maguey ( <i>Agave spp.</i> ) en el Altiplano potosino-zacatecano
Lozano-García	1984	Interpretación sobre lluvia de polen en ocho tipos de vegetación en el estado de San Luis Potosí.
Hernández	1985	Análisis ecológico de los piñonares del Altiplano potosino-zacatecano.

<sup>4</sup> Tomado de Gómez, (1986).

<sup>5</sup> Tomado de Reyes, A., (1992).

<sup>6</sup> Tomado de Reyes, A., (1992).

Quintana	1985	Dispersión de semillas de nopal ( <i>Opuntia spp.</i> ) por animales silvestres y domésticos en “el gran tunal”, San Luis Potosí.
Flores	1986	Estudio citogenético y fitogeográfico del <i>Agave lechuguilla</i> en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí.
Montesano	1987	El Ixtle y la Candelilla, recursos del desierto mexicano.
Robledo	1990	Aspectos ecológicos del orégano silvestre en el Altiplano potosino zacatecano.
Martínez	1992	Importancia del género <i>Euphorbia</i> en México.
Reyes, A.	1992	Estudio Florístico de la sierra de Monte Grande, San Luis Potosí.
Reyes, N.	1993	Aprovechamiento y comercialización del nopal ( <i>Opuntia robusta</i> ), en el estado de San Luis Potosí.
Villalobos	1994	Estudio fisonómico ecológico de las comunidades de pinos piñoneros del estado de San Luis Potosí

#### 2.1.1.1.1 Estudios ecológicos realizados en la Sierra de Catorce, S. L. P.

Rzedowski (1961; 1965), en su trabajo sobre “La vegetación del estado de San Luis Potosí”, ubica a la Sierra de Catorce dentro de la región boreo-central de San Luis Potosí; y aunque en este trabajo se marca como una de las rutas de exploración, el autor hace sólo algunas breves consideraciones climatológicas, fisiográficas, edafológicas y ecológicas de este lugar, se refiere principalmente a las comunidades de encino y pino, y cuando describe la estructura y tipos de vegetación, lo hace en forma general, refiriéndose a la región completa y no en específico a la Sierra de Catorce.

García y Villa (1977), realizan una investigación acerca de los principales factores ambientales que afectan la distribución geográfica y ecológica de *Bouteloua gracilis* en el estado de San Luis Potosí, hacen observaciones y un análisis de suelos en las inmediaciones de la Sierra de Catorce, concretamente del lado suroeste: cerca de Estación Catorce y Estación Wadley.

Marroquín, et al. (1981), llevan a cabo un estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México; en el que se refieren al tipo y características de la vegetación, así como a los factores ambientales en el norte de San Luis Potosí, mencionan ocasionalmente a la Sierra de Catorce, ubicando dos sitios cercanos a ésta dentro de su inventario del Estado.

En 1982, Trujillo desarrolla una investigación sobre algunos aspectos ecológicos de *Echinocactus platyacanthus* en el estado de San Luis Potosí, ubica en la distribución geográfica de esta especie dos estaciones de muestreo en la Sierra de Catorce, presenta además algunos datos sobre el tipo de suelo y la vegetación asociada a esta especie.

Villanueva (1984), al realizar un estudio sobre la distribución y características ecológicas del mezquite: *Prosopis laevigata* en el estado de San Luis Potosí, ubica una localidad dentro de la Sierra de Catorce; en el poblado de la Luz, municipio de Real de Catorce, lleva a cabo un análisis agroecológico y de fertilidad de los suelos en que se presenta el mezquite, estudia parámetros ecológicos tales como la densidad, cobertura, área basal, etc., determina algunas especies asociadas y hace algunas consideraciones acerca del potencial económico de dicha especie.

Posteriormente, Hernández (1985); y Hernández y García (1985), llevan a cabo un trabajo de investigación sobre los piñonares del Altiplano potosino-zacatecano y potosino, respectivamente, uno de los sitios de muestreo se localiza en Sierra de Catorce: en la parte suroeste, en San Antonio Coronados; estas investigaciones son bastante completas si las comparamos con estudios previos, pues están dirigidas concretamente a un tipo de vegetación característica de esta zona: el Piñonar (*Pinus cembroides*), a las especies asociadas, a los principales factores ambientales presentes en el área y determinan también

la extensión del Piñonar, así como una serie de parámetros ecológicos relacionados con este.

Poco después Flores (1986), realiza un estudio citogenético y fitogeográfico del *Agave lechuguilla* en el municipio de Real de Catorce, sin embargo, solamente hace algunas anotaciones muy generales sobre los factores ecológicos asociados y el área que ocupa dicha especie en la zona.

Robledo (1990), en su investigación sobre el orégano silvestre en San Luis Potosí, ubica uno de sus sitios de muestreo en la Sierra de Catorce, en este lugar analiza algunos aspectos ecológicos del orégano, tales como: densidad, vegetación asociada y algunas características ambientales (tipo de suelo, pendiente y altitud).

Por último, Islas (en prensa), lleva a cabo un estudio ecológico sobre el peyote (*Lophophora williamsii*), en la parte suroeste de la Sierra de Catorce; investiga la importancia de la reproducción sexual, las áreas de mayor abundancia, así como la vegetación asociada a dicha especie; hace también una evaluación sobre el impacto causado por las actividades humanas en la vegetación de esta zona.

## 2.2 Clasificación y Ordenación

La trama inconmensurable de relaciones que se establecen dentro de un ecosistema, en el que participan una gran variedad de seres vivos, así como una multitud de factores abióticos (luz, suelo, clima, geomorfología, etc.), nos brinda una clara imagen de que los problemas ecológicos son inherentemente multivariados (Greig-Smith, 1983).

En dichos problemas se ha centrado el trabajo sinecológico en las últimas décadas, por ello, la Ecología Vegetal se ha beneficiado mucho con el uso de métodos matemáticos, pues ante la evidente complejidad de la vegetación, se hace necesaria la estimación Estadística de algunas de las características de las comunidades.

Cabe aclarar que el uso de métodos formales no implica de cualquier manera, el desterrar la subjetividad en cuanto a la selección de una cierta metodología o de las características utilizadas para definir una comunidad, ya que los trabajos de investigación realizados hasta ahora indican la necesidad de una estrecha vinculación entre el desarrollo de la teoría y la experiencia del trabajo de campo (Austin, 1979).

En el aspecto teórico, en los últimos años se ha manifestado un creciente interés en los métodos de análisis multivariado considerando como se apuntó anteriormente, que los fenómenos ecológicos son generalmente multidimensionales y que el análisis de esta clase de datos es más adecuado mediante un método de este tipo (James y McCulloch, 1990).

El objeto del análisis multivariado de datos de vegetación es el de 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.

Podemos hablar de un debate histórico en Ecología sobre la extensión en que las especies vegetales están asociadas en comunidades discretas: por un lado esta la teoría según la cual la vegetación resulta de la combinación de unidades naturales bien definidas, discretas e integradas, que pueden ser combinadas para formar clases o tipos abstractos que

reflejan las unidades naturales del mundo real, esta escuela centra su estudio en la búsqueda y definición de estas unidades. Sus representantes originales fueron los ecólogos europeos y norteamericanos: Braun Blanquet, Clements y Tansley, principalmente<sup>7</sup>.

Por otra parte, se encuentran aquellas escuelas que están de acuerdo con la teoría del "continuum", que plantea que los cambios en la vegetación son graduales, por lo que la clasificación de la misma será siempre arbitraria en mayor o menor grado. Sin embargo, aceptan la utilidad de la clasificación para la delimitación de unidades lógicas de estudio (Gleason, Lenoble y Ramesky; Whittaker y la escuela de Wisconsin)<sup>8</sup>.

A pesar de la contraposición teórica de estas dos escuelas, se puede decir que actualmente muy pocos ecólogos defienden alguna de las dos en su forma original, pues con el transcurso de los años el debate ha perdido fuerza. Muchos investigadores reconocen que aunque las comunidades vegetales pueden variar en un intervalo de unidades discretas a continuas, el punto de vista del "continuum" provee de una mejor descripción de los cambios de la vegetación a lo largo de transectos (Krebs, 1985; Podani, 1989; Auerbach y Shmida, 1993).

Existen dos estrategias básicas en el análisis de las comunidades vegetales: clasificación y ordenación:

Como definición general, 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.

Goodall, 1954 definió a la ordenación como "un arreglo de unidades en una secuencia unidimensional". Con la ordenación se 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), es decir, cuando uno o varios gradientes principales influyen sobre las características de la comunidad, las

---

<sup>7</sup> Ver Whittaker (1978) y/o Krebs (1985), para mayor información al respecto.

<sup>8</sup> Auerbach y Shmida, (1993).

muestras de vegetación pueden ser arregladas en series ecológicas, en relación a cada uno de ellos, resultando en una representación abstracta del patrón del paisaje en un sistema de coordenadas multidimensionales de series ecológicas de interés. A esta tendencia se le llama análisis de gradientes y a las técnicas para ordenar las muestras en series ecológicas o sistemas de coordenadas se les ha llamado ordenación.

Aunque la clasificación y la ordenación son al parecer estrategias muy distintas en sus fundamentos teóricos, en la práctica la divergencia no es tan grande, de hecho, los resultados de una ordenación pueden ser de gran ayuda para comprender e incluso mejorar los de una cierta clasificación (Woodall, 1978; Randerson, 1993; Bridge, 1993).

### **2.2.1 Clasificación**

La clasificación busca definir un conjunto de clases, en donde los miembros de un mismo grupo deben ser tan parecidos como sea posible y los miembros de diferentes clases lo más diferentes que se pueda; 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 de objetos como un todo (Whittaker, 1970).

Los propósitos básicos de la clasificación como una técnica de análisis multivariado son según Gauch, 1982<sup>9</sup>:

- 1) Resumir conjuntos de datos grandes y complejos.
- 2) Ayudar en la interpretación ambiental de patrones de variación de la comunidad.
- 3) Refinar modelos acerca de la estructura de la comunidad.

Algunos autores ubican los orígenes de los conceptos aproximadamente en 1800 y las clasificaciones más antiguas de comunidades alrededor de 1900. Tratamientos extensos

---

<sup>9</sup> Citado por Ludwig y Reynolds, (1988).

sobre la clasificación de la comunidad son ofrecidos por: Whittaker, 1970, 1978; Gauch, 1982; Zavala, 1986 y Granados (en prensa).

La clasificación de la comunidad involucra una interacción entre ecólogos y comunidades, consecuentemente las propiedades de la clasificación de comunidades parcialmente reflejan la estructura de la comunidad y, en parte, el pensamiento de los ecólogos (Whittaker, 1978).

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

#### **2.2.1.1 Técnicas de clasificación**

Las técnicas de clasificación de comunidades usadas en ecología de comunidades pueden dividirse en tres grupos: Arreglo tabular, Clasificación no jerárquica y clasificación jerárquica.

##### **2.2.1.1.1 El arreglo tabular**

Es la técnica de clasificación más antigua de la comunidad vegetal, el método tabular de Braun-Blanquet<sup>10</sup> es el más utilizado; es un arreglo matricial de especies-muestra que representa de manera inmediata las características generales y el detalle de los conjuntos de datos, el procedimiento de investigación se da en tres fases:

- 1) Investigación analítica: consiste en la recolección de datos después del reconocimiento del área.
- 2) Investigación sintética: arreglo de especies y muestras para mostrar una estructura inherente de los datos, mediante un arreglo tabular.

---

<sup>10</sup> Granados y Tapia, (1982).

### 3) Investigación sintaxonómica:

- a) Se asignan muestras a asociaciones previamente conocidas o al establecimiento de nuevas asociaciones.
- b) Se hace el arreglo jerárquico de asociaciones en unidades superiores (alianzas, ordenes, clases y finalmente divisiones).
- c) Desarrollo de una nomenclatura formal estandarizada.

#### Limitaciones del enfoque Braun-Blanquet:

- ◇ Se requiere de ecólogos capacitados.
- ◇ Su aplicación es difícil en áreas nuevas en donde no se conoce la vegetación.
- ◇ Hay una subjetividad relativamente fuerte en el análisis.
- ◇ El arreglo tabular es lento, tedioso y no recomendable para conjuntos de datos grandes.

El análisis de conglomerados que es como se designa genéricamente a los métodos numéricos de clasificación, se realiza a partir de una matriz  $X$  de datos crudos normalizados con  $n$  (muestras) renglones y  $P$  (especies) columnas.

La primera fase en la mayoría de los métodos de análisis de conglomerados es convertir a la matriz de datos  $X$  en una matriz de similitud o disimilitud<sup>11</sup>, la selección del coeficiente depende del problema en cuestión.

Los índices (coeficientes) que comparan la composición de pares de sitios se denominan “funciones de semejanza”; las funciones de semejanza que comparan los sitios utilizando sólo datos cualitativos (presencia-ausencia), se denominan “índices de comunidad”, y los que comparan sitios usando datos cuantitativos (v. gr. valor de importancia), son llamados “índices de similitud”.

---

<sup>11</sup> La Distancia Euclidiana es la medida de distancia más comúnmente usada.

Normalmente los índices de comunidad toman valores entre cero y uno; y los índices de similitud entre 0 y 100 %, excepto el Euclidiano, que toma valores entre 0 y 144 % (Westman, 1985). Existen muchos coeficientes de similitud<sup>12</sup>, tanto para variables binarias: presencia-ausencia; como cuantitativas: cobertura, densidad, etc. (Faith, et al., 1987; Noest y Van der Maarel, 1989).

El grado de éxito en el establecimiento de patrones ecológicos en los datos depende de manera importante de la naturaleza y fuerza de la relación entre los valores de la medida elegida y la correspondiente distancia entre las muestras y el espacio ecológico (distancia ecológica), (Faith, et al., 1987).

#### **2.2.1.1.2 Clasificación jerárquica y no jerárquica**

La clasificación jerárquica y no jerárquica agrupan entidades semejantes en clases, pero difieren en cuanto a que esta última es ideal para grandes conjuntos de datos y no tiene el propósito de revelar relaciones en los datos mientras que la clasificación jerárquica es para pequeños grupos de datos y busca relaciones entre éstos (Gauch, 1982).

Las ventajas de una clasificación jerárquica implican que un análisis pueda verse a varios niveles: desde muy general a detallado; y que se puedan expresar las relaciones entre las entidades clasificadas.

Los métodos jerárquicos están sujetos a dos elecciones independientes; en primer lugar, la estrategia puede ser:

- Divisiva: cuando en un principio se considera a la totalidad de las muestras dentro de un sólo grupo que se va dividiendo progresivamente hasta la formación de grupos con una sola muestra o bien hasta que se llega a un cierto nivel deseado.

---

<sup>12</sup> En la mayoría de los artículos se define como índices o coeficientes de similitud o disimilitud a los valores obtenidos tanto con variables binarias (presencia - ausencia), como con variables cuantitativas.

- Aglomerativa: cuando como punto de partida se considera a las muestras en forma individual y se van fusionando sucesivamente en grupos de tamaño creciente, hasta que la población total es sintetizada en un solo grupo.

En segundo lugar la estrategia puede ser:

- Monotética: cuando las particiones son definidas por presencia o ausencia de un sólo carácter.
- Politética: cuando los grupos son definidos por su similitud total en cuanto a su estructura de atributos.

En general, hay dificultades computacionales con muchos métodos no jerárquicos y con los métodos jerárquicos divisivos; ello ha provocado que los métodos jerárquicos aglomerativos sean los de uso más común (Digby y Kempton, 1987), por lo tanto, las elecciones a seguir en los métodos de clasificación numérica son:

- Métodos monotético-divisivos
- Métodos politético-aglomerativos

Dentro de los métodos monotético-divisivos, el más utilizado es el análisis de información, particularmente útil para datos cualitativos.

Para Ezcurra y Equihua (1983): "El método consiste en un algoritmo de búsqueda que calcula la heterogeneidad del conjunto total de datos y luego prueba a partir de la matriz de datos según la presencia o ausencia de cada atributo. Así, para cada atributo se calcula el valor de caída de heterogeneidad ( $\Delta I$ ) como":

$$\Delta I = I_t - I_p - I_a$$

Donde  $I_t$  es la heterogeneidad total de la matriz,  $I_p$  es la heterogeneidad de la submatriz definida por la presencia del atributo; y  $I_a$  es la heterogeneidad de la submatriz definida por la ausencia del atributo. El atributo que produce el valor máximo de  $\Delta I$  es el

que define dos matrices de máxima homogeneidad y es el que se elige como atributo discriminante. Una vez formados dos grupos se elige el más heterogéneo de los dos y se reinicia el proceso, buscando el atributo dentro del grupo que produce la mejor partición. Así se forman tres grupos y eligiendo el más heterogéneo se parte para formar un cuarto grupo, hasta alcanzar el número de grupos que se deseen (Zavala, 1986).

Los métodos politético-aglomerativos inician a partir del cálculo de los  $\frac{1}{2} N (N-1)$  coeficientes de similitud entre todos los pares de objetos, por ello todos tienen el siguiente algoritmo:

- a) Encontrar el par de objetos o grupos más similares entre sí.
- b) Fusionar ese par y recalcular las similitudes de este nuevo grupo con el resto de objetos o grupos.
- c) Si no todos los objetos están en un sólo grupo, regresar al principio, y si están, parar.

Existen muchas técnicas para derivar una estructura jerárquica a partir de una matriz de similitud entre los casos a clasificar; de ellas las más ampliamente usadas en comunidades vegetales son: Vecino más cercano, Centroide, Ward y Promedios entre grupos.

### **2.2.2 Ordenación**

Es un vocablo generado por Goodall (1954), el cual fue utilizado por Ramesky en 1930, para describir el estudio de las agrupaciones vegetales, la ordenación se refiere usualmente a un análisis en el cual los objetos son muestras de la vegetación en los sitios de estudio.

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 las especies (ordenación indirecta).

El caso más común en ecología vegetal es analizar una matriz de datos con atributos binarios (presencia-ausencia), o bien cuantitativos (densidad relativa, biomasa, cobertura, valor de importancia, etc.) de especies en cada muestra; a esto se le llama ordenación indirecta, y el objetivo es encontrar un patrón sistemático de relaciones entre las muestras basado en las co-ocurrencias de sus especies componentes, la ordenación resultante puede después relacionarse con factores ambientales.

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

Whittaker (1965), propuso el análisis de gradientes para estudiar la variación continua de la vegetación en relación con factores ambientales.

Se pueden reconocer tres tipos de gradientes ambientales (Austin y Smith, 1989):

- 1) Gradientes indirectos: son los gradientes complejos de Whittaker (1970), tales como la altitud. La influencia de un gradiente altitudinal se manifiesta a través de variables tales como la temperatura y la precipitación, las cuales tienen un efecto directo sobre el crecimiento vegetal y están en estrecha correlación sitio-específica con la altitud.
- 2) Gradientes de recursos: son aquellos donde el factor ambiental es consumido por las plantas como recurso directo para su crecimiento. Hay un limitado número de tales recursos para los organismos autótrofos: luz, agua, dióxido de carbono, oxígeno y los nutrientes minerales esenciales.
- 3) Gradientes directos: son aquellos que tienen un impacto fisiológico directo sobre el crecimiento vegetal pero no son consumidos; dos claros ejemplos son la temperatura del aire y el pH del suelo, los cuales gobiernan las tasas de crecimiento y el mantenimiento de la integridad fisiológica de las plantas.

### 2.2.2.1 Técnicas de ordenación.

Un análisis de la literatura más reciente sobre las técnicas de ordenación de comunidades vegetales revela que las más comúnmente utilizadas son: el análisis de componentes principales (ACP), el análisis de correspondencias (AC) y el análisis de coordenadas principales (ACoP), (James y McCulloch, 1990).

Dentro de estas técnicas la más ampliamente usada es el análisis de correspondencias sin tendencia (ACT), que es una técnica de análisis de gradiente indirecto en la que los gradientes ambientales no son estudiados directamente, pero son inferidos de la composición de datos de las especies (Hill y Gauch, 1980).

El análisis de gradiente indirecto no es un razonamiento circular, sino más bien una forma lógica de descubrir factores determinantes de la estructura de la comunidad, además, el ACT tiene muchas propiedades deseables como una técnica de análisis de gradiente indirecto: A diferencia del ACP, del ACoP y del AC, el ACT no produce el "efecto de arco" o de "herradura", el cual es un segundo eje aparente o una función curvilínea del primer eje.

En contraste con la Ordenación Polar (OP) de Bray-Curtis (Beals, 1984); el ACT no descansa en la selección de puntos finales arbitrarios, y a diferencia del escalamiento dimensional no métrico (EDnM) y sus variantes, el número de dimensiones en el espacio de ordenación no necesita ser especificado al principio.

El ACT al igual que el AC; es una técnica de ordenación de promedios ponderados cuya principal ventaja incluye el ordenamiento simultáneo de sitios y especies, además de su rápida computación y eficiencia cuando las especies muestran relaciones de tipo no lineal y unimodal a gradientes ambientales, lo cual produce serios problemas con la técnica de ACP (Ter Braak, 1986).

A pesar de sus ventajas el ACT ha sido criticado cada vez con mayor insistencia (Minchin, 1987; Van Groenwoud, 1992); aunque algunas críticas han sido exitosamente refutadas, todavía hay dudas acerca de la eficiencia de esta técnica. Palmer (1993), opina

que el algoritmo es arbitrario y que es poco eficiente si hay sesgos en la distribución de las especies o si el diseño de muestreo es complejo. Otros autores mencionan que debido a que el ACT acorta los gradientes comprimiéndolos para destruir el "efecto de arco", puede eliminar una tendencia real de los datos introduciendo distorsiones (Minchin, 1987; James y McCulloch, 1990).

En los últimos años, se ha comenzado a utilizar una nueva técnica de ordenación, el Análisis Canónico de Correspondencias (ACC), que ha diferencia del ACT, es una técnica de ordenación directa y representa además un caso especial de regresión multivariada (Ter Braak, 1986; 1987; Palmer, 1993). El ACC y el ACT son sólo variantes del AC.

El algoritmo del AC puede ser expresado ya sea en términos de un eigenanálisis o como aproximaciones utilizando promedios recíprocos (PR). El uso de promedios recíprocos es en general, computacionalmente simple (Zavala, 1986):

El análisis se inicia asignando coeficientes arbitrarios a las especies. Al promediar estos coeficientes, se obtienen coeficientes para las muestras. Una segunda "iteración" produce nuevos coeficientes para las especies a partir de los pesos para las muestras. Este procedimiento se continua en forma iterativa hasta que los coeficientes se estabilizan. Así, los coeficientes convergen a una solución única que es independiente de la selección inicial de los coeficientes arbitrarios para las especies. De esta forma el AC permite ordenar muestras y especies de manera simultánea. La computación del segundo eje es más complicada, pero esencialmente lo mismo que se ha descrito anteriormente, excepto que el efecto linear del primer eje puede ser factorizado externamente.

Los ejes subsecuentes pueden calcularse corrigiéndolos para los previamente obtenidos; los ejes así obtenidos tienen una secuencia decreciente de eigenvalores, que representan el porcentaje de la variación total explicada por cada uno de los ejes de la ordenación.

El algoritmo de AC ha sido considerado por algunos como “circular”, “misterioso”, o “magia”. En realidad, es merecidamente un algoritmo para eigenanálisis, una de las técnicas centrales del Álgebra de matrices (Palmer, 1993).

El ACT es idéntico al AC, excepto que se adiciona una ruta sin tendencia; la no tendencia consiste en la eliminación del “efecto de arco” por medio de artificios tales como cortar el primer eje en segmentos, llevando el promedio de cada segmento a cero, o bien, adecuando un polinomio a la relación (usualmente una ecuación cuadrática) y substrayendo su efecto (Ter Braak, 1987). Sin embargo, estos artificios han sido criticados por sus efectos inciertos (Palmer, 1993).

El algoritmo del ACC al igual que el del ACT involucra la asignación de coeficientes, sin embargo estos pesos no son asignados para eliminar el efecto no deseado, sino más bien para tratar de obtener ventaja de los datos suplementarios en la forma de variables ambientales; esto es lo que hace del ACC una técnica de gradientes directos. Se efectúa una regresión lineal múltiple por el método de mínimos cuadrados, tomando los coeficientes para las muestras (determinados de los Promedios Ponderados: PR, de las especies) como la variable dependiente y las variables ambientales como variable independiente. Los nuevos coeficientes para las muestras se asignan ahora conforme al valor predicho por la ecuación de regresión. Dado que esta ecuación es formalmente una combinación lineal de variables, podemos nosotros determinar los nuevos coeficientes para las muestras.

El fundamento del modelo estadístico del ACC es que la abundancia o frecuencia de una especie tiene una función unimodal de posición a lo largo de un gradiente ambiental. El ACC es una aproximación a la regresión Gaussiana bajo una serie de supuestos simples, y es robusto cuando se violan tales supuestos. Es inapropiado para gradientes extremadamente cortos, en los cuales la abundancia o frecuencia de las especies es una función lineal monotónica del gradiente.

Ter Braak (1986), menciona que el algoritmo para el ACC es conceptualmente simple y enlaza muy bien dos distintas técnicas de la estadística (Promedios Ponderados y

Regresión Lineal). Sin embargo, la elegancia por si misma es insuficiente como base para aplicar una determinada técnica estadística (Ter Braak, 1987; Auerbach y Shmida, 1993); a pesar de ello, el ACC ha demostrado poseer todas las ventajas del ACT y ninguna de sus desventajas (James y McCulloch, 1990; Palmer, 1993).

La bondad de estas técnicas de análisis multivariado tiene tres ventajas (Zavala, 1986):

- 1) Se pueden descubrir características de los datos que no se observan con procedimientos no numéricos debido a la complejidad del análisis subjetivo de las relaciones.
- 2) Son de especial utilidad para estudiar comunidades vegetales poco conocidas o con relaciones muy complejas.
- 3) Pueden permitir el uso más eficiente de un recurso más bien escaso; aunque la interpretación de la complejidad de la vegetación también involucra sobre todo, la experiencia y en cierto grado la subjetividad del investigador.

Hay una gran cantidad de programas de computo diseñados para llevar a cabo la ordenación de comunidades vegetales; sin embargo, los de más amplio uso son: DECORANA (ordenación indirecta: ACT. Hill, 1979) y el programa CANOCO (ordenación directa: ACC. Ter Braak, 1986), ambos programas han sufrido modificaciones posteriores (Hill, 1980; Ter Braak, 1987; Knox, 1989; Palmer, 1993; 1997).

### 2.2.3 Estudios sobre clasificación y ordenación en México

Los estudios sobre clasificación y ordenación a nivel mundial son exhaustivos y se han aplicado en prácticamente todos los sistemas ecológicos (Austin, 1987; Ludwig y Reynolds, 1988; James y McCulloch, 1990; Gosz, 1992, etc.). En nuestro país, la aplicación de estas técnicas para el estudio de las comunidades vegetales se ha llevado a cabo desde los años 70's, sin embargo, no hay muchos estudios al respecto.

Algunos trabajos que pueden mencionarse son:

Piñero et al. (1977), realizan un estudio florístico en el que utilizan el ACP para comparar sitios de muestreo en una selva alta perennifolia.<sup>13</sup>

Zavala (1980), lleva a cabo una investigación sobre clasificación de la vegetación en el valle semiárido de Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

En 1981, Equihua et al., desarrollan un nuevo método de clasificación llamado CENOSIS, en el que se discuten aspectos teóricos y prácticos que son utilizados por Jaramillo (1982), para llevar a cabo una ordenación y clasificación de la vegetación en la zona de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla. En este último trabajo el autor utiliza dos técnicas de ordenación: el ACP y el AC.

Guizar y Granados (1981), hacen una clasificación y ordenación de vegetación en el estado de México. Posteriormente, Zavala (1982), lleva a cabo un análisis ecológico de la vegetación en el valle semiárido de Zapotitlán, Puebla, utilizando una clasificación numérica basada en atributos binarios (presencia-ausencia).

Granados y Tapia (1982), publican un trabajo sobre clasificación y ordenación de comunidades vegetales en el que definen y dan ejemplos de algunas de las técnicas más comúnmente utilizadas en este tipo de estudios.

---

<sup>13</sup> Citado por Jaramillo, (1982).

Austin, et al. (1984)<sup>14</sup>, trabajan con especies arbóreas y arbustivas de la Reserva de la Biósfera de la Michilía, Durango y en áreas aledañas; en su estudio ecológico utilizan el análisis de gradientes directo.

Zavala (1986), hace una revisión sobre las principales técnicas multivariadas utilizadas hasta el año de 1984 para el estudio de comunidades vegetales.

Equihua (1991), realiza un estudio en la Reserva de la Biósfera de la Michilía, Durango, en el que propone la utilización de la teoría de conjuntos difusos para la clasificación de la vegetación<sup>15</sup>, comparándola con una técnica convencional de clasificación elaborada con el programa de computo Twinspan.

Aguado, et al. (1996), 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 del estado de Jalisco, utilizan una técnica de ordenación directa; el Análisis Canónico Parcial de Correspondencias, utilizando el programa de computo CANOCO.

Finalmente; Granados (en prensa), hace algunas consideraciones conceptuales referentes a las técnicas de clasificación y al análisis de gradientes ambientales en su trabajo sobre "Ecología de comunidades vegetales".

---

<sup>14</sup> Citado por Equihua, (1991).

<sup>15</sup> Ver: Equihua, (1990).

### 2.3 Regionalización

El significado del término: regionalización ha variado con el tiempo<sup>16</sup>, con el área de conocimiento, la tendencia de cada investigador y de acuerdo al desarrollo científico; de esta forma, a través de la Ecología, la Economía, la Geografía, la Climatología, etc., se han formulado definiciones y criterios para dividir en regiones un territorio (García y Escalona, 1984).

El objetivo fundamental del análisis regional es el tratar de explicar el espacio desde cualquier enfoque; ya sea climático, económico, fisiográfico, vegetacional, etc. Una investigación que pretenda llegar a tener bases sólidas para el uso y manejo del medio natural debe basarse en el conocimiento de todos los componentes que determinan su estructura y función, desde un punto de vista integral; pues hasta ahora algunas disciplinas han desarrollado enfoques unilaterales y parciales<sup>17</sup>. Por ello, se hace imperativo el cambio a una metodología de integración sistemática y funcional (Cervantes, 1981).

La realización simultánea de estudios regionales para varios propósitos a llevado a que algunos investigadores aseveren que las regiones no existen en la realidad, sino que son definidas imaginariamente según el criterio de cada trabajo de investigación (Parra et al., 1982). Sin embargo, la idea que predomina hoy es que la regiones existen objetivamente y representan la distribución espacial de fenómenos diversos, que pueden interceptarse sin que sus límites sean precisos o que incluso, se manifiesten como zonas de transición (Duch, 1982; Parra et al., 1982).

Los estudios más recientes sobre regionalización están tomando en cuenta los múltiples factores que caracterizan la producción, la población y el medio natural; enfatizando en algunos de ellos la finalidad perseguida en dicho trabajo.

Sin duda esta tendencia de regionalización integral es la más válida, pues contempla aspectos tales como el desarrollo histórico, cultural, económico; aspectos abióticos como

---

<sup>16</sup> Tratamientos extensos sobre el desarrollo histórico del concepto de región se encuentran en: Parra, et al., (1982); García y Escalona, (1984); Ávila, (1993).

<sup>17</sup> Un ejemplo muy claro de este enfoque unilateral es el artículo de Muench (1982), en el que cuestiona el papel de los ecónomos y ecólogos en cuanto a la regionalización agrícola.

clima, suelo, geología, hidrografía, etc., y aspectos bióticos: vegetación, fauna, etc. (García y Escalona, 1984).

Cuando se estudia una región, debe partirse de algún aspecto que exprese la esencia y la dinámica del fenómeno considerado, que sirva de criterio para orientar la investigación y su relación con otros elementos que pueden ser o no subordinados (Parra et al., 1982). Un espacio geográfico determinado se expresa a través de la composición natural, por el proceso de producción y por la configuración fisiográfica (Duch, 1982; Carabias, et al., 1993), en este sentido, la regionalización fisiográfica ha sido un tema de estudio para muchos investigadores desde finales del siglo XIX.

El levantamiento fisiográfico puede ser considerado en sentido práctico como una subdivisión del medio geográfico y cuenta a nivel regional con un nivel de clasificación muy simple, posee dos tipos de unidades: el "sistema terrestre" y la "faceta".

Ortiz y Cuanalo (1984), indican que la faceta es la unidad básica de clasificación que esta definida como: "Una porción de la superficie terrestre, usualmente con una forma simple, sobre una misma roca o depósito superficial, con suelo y régimen de humedad que son uniformes o varían en forma simple y consistente".

Con las facetas se puede obtener y organizar información acerca de los recursos presentes en un área determinada, así como de aspectos sociales y económicos. Si se puede descubrir algún grado de homogeneidad entre las facetas, entonces podemos agruparlas en áreas más grandes, que determinan un paisaje particular. De esta forma, se pueden reconocer diferentes tipos de paisajes en donde los patrones de las relaciones entre facetas difiere: tales patrones son denominados sistemas terrestres. La subdivisión de un territorio en sistemas terrestres provee de unidades adecuadas para la planeación regional. Las facetas por su parte, facilitan una planeación más detallada<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Información obtenida de la Práctica no. 3: "Regionalización" para el curso de la Maestría: Biología de Recursos Vegetales. Muñoz, D. y López, F., ENEP Iztacala, (1996).

Se considera que la faceta es el área más pequeña que puede ser distinguida sobre fotografías aéreas de escalas entre 1:10 000 a 1:80 000; los sistemas terrestres se cartografían a escalas más pequeñas de entre 1:250 000 a 1:1 000 000 (Ortiz y Cuanalo, 1984).

El manejo de los recursos naturales significa manejo en un amplio sentido de productos, servicios y valores que varían en importancia de acuerdo al tiempo y la región de que estemos hablando. En los últimos años, el interés de la sociedad se ha dirigida hacia el desarrollo sustentable, al mantenimiento de la diversidad y la estética del paisaje (Goodland, 1995). El manejo de la biósfera requiere una mejor y más amplia comprensión de la estructura y función de los sistemas naturales y artificiales, además de la incorporación de este conocimiento en las decisiones políticas y en los modelos de desarrollo económico (Bolaños, 1991; Clark, 1995). La comprensión de la dinámica espacial básica a diferentes escalas, así como de la variación en la estructura y función de los sistemas ecológicos y de los patrones de diversidad a lo largo de gradientes ambientales son fundamentales para el logro de esos intereses (Gosz, 1992).

De igual manera los estudios florísticos son muy importantes en las decisiones sobre conservación y uso de recursos; ya que nos proporcionan las herramientas básicas para calcular la riqueza de una zona particular, así como la variabilidad de sus hábitats. Son también útiles para poder establecer relaciones históricas, biogeográficas y para diferenciar taxa de amplia distribución geográfica de los que se presentan en forma restringida (Villaseñor, 1991).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 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, uso potencial y de vegetación ( escala 1 : 50 000 ).
- c) Fotografía aérea ( escala 1 : 75 000 ).
- d) Recorridos de campo: se efectuaron dos recorridos preliminares en abril y junio de 1993, durante los cuales se visitó la zona de estudio y se definieron los sitios de muestreo.
- e) La primera exploración intensiva se llevó a cabo en octubre de 1993; el objetivo fue coleccionar la mayor cantidad de especies en floración, y realizar un muestreo de la vegetación tomando datos cualitativos y cuantitativos para su análisis posterior. Durante los días que se permaneció en el área, se recorrió la Sierra de Catorce y se localizó a la vez; con la ayuda de habitantes de zonas aledañas, otro sitio de muestreo importante; la zona de pino piñonero (*Pinus cembroides*).
- f) La segunda exploración intensiva se realizó a principios del mes de septiembre de 1994; durante varios días se colectó material botánico y se tomaron medidas cuantitativas y cualitativas de la vegetación.
- g) La siguiente visita a la zona de estudio se llevó a cabo en el mes de junio de 1996, se realizaron las mismas actividades que en la anterior; además de coleccionar muestras de suelo y tomar los perfiles en los sitios de muestreo más importantes.
- h) La última visita, en los primeros días del mes de marzo de 1997; tuvo como objetivo corroborar algunas de los datos obtenidos por medio de las fotografías

aéreas, realizar una colecta botánica, así como complementar la información general con respecto a la zona.

### **3.2 Levantamiento Florístico (material colectado).**

Se colectaron en promedio 3 ejemplares de cada planta, se procuró que el material botánico fuera lo más representativo de las características del individuo en particular y de la población en general, y que el ejemplar estuviera completo, es decir, con todos sus órganos y frutos (Madrigal, 1986).

En la libreta de campo se registraron los siguientes datos:

- a) Lugar de colecta: poblado más cercano.
- b) Nombre del paraje o sitio ( número de sitio de muestreo ).
- c) Tipo de vegetación: especies fisonómicamente dominantes ( si las había ).
- d) Topografía del lugar: inclinación de la pendiente (en %).
- e) Exposición de la misma.
- f) Altitud.
- g) Perfil y características generales del suelo.
- h) Vegetación: nombre vulgar de la planta, fenología del sitio de muestreo, medidas cualitativas (forma de vida), cuantitativas (frecuencia, densidad, cobertura) y composición.

Las plantas colectadas se prensaron inmediatamente en la forma más adecuada posible, y el material botánico se llevó para su identificación al herbario del centro de Botánica de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Con los datos anteriores se realizó lo siguiente:

### 3.3 Caracterización horizontal.

Las técnicas de muestreo que se utilizaron fueron:

- a) Área (cuadros de 4 x 4 metros), y
- b) Punto cuadrante.

De cada unidad de muestreo se obtuvieron tres parámetros básicos:

- i) Densidad, ii) Frecuencia y iii) Cobertura.

Dado el tamaño de una comunidad vegetal, la única forma de estudiarla es a través de muestreos, para ello es necesario que se seleccione una superficie de terreno adecuada que proporcione información útil y verídica del área de estudio, es decir, que la muestra sea representativa de la comunidad a caracterizar, para ello se puede utilizar el área mínima y el método de cuadrantes, o bien, el muestreo por puntos en cuadrante (Cottan y Curtis, 1956).

En este sentido, se utilizó el criterio de un muestreo dirigido en base al reconocimiento de tipos de vegetación característicos. Dentro de cada sitio elegido, el muestreo fue al azar, calculándose las siguientes medidas:

$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{No. de individuos de la especie A}}{\text{área muestreada}}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA} = \frac{\text{No. de individuos de la especie A}}{\text{total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{DOMINANCIA} = \frac{\text{área basal de la especie A}}{\text{área muestreada}}$$

(cobertura)

$$\text{DOMINANCIA RELATIVA} = \frac{\text{dominancia de la especie A}}{\text{dominancia de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{FRECUENCIA} = \frac{\text{No. de muestras en que aparece la especie A}}{\text{No. total de muestras}}$$

$$\text{FRECUENCIA RELATIVA} = \frac{\text{frecuencia de la especie A}}{\text{frecuencia total de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{VALOR DE IMPORTANCIA} = \frac{\text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa}}{3}$$

### 3.4 Caracterización vertical

- a) Se calculó el porcentaje de formas de vida de Raunkier.
- b) Se elaboró el diagrama de perfil fisonómico semirealista de Richards (1981), para cada sitio de muestreo.
  - a) Formas de vida de Raunkier: .

Se denominan también formas de crecimiento o tipo biológico; se entienden como la forma o estructura que presenta una especie producto de las condiciones ambientales y de sus estrategias adaptativas y evolutivas.

El sistema de Raunkier (1934)<sup>19</sup>, se apoya esencialmente en el comportamiento de las especies durante la estación desfavorable, y consiste en el desarrollo de mecanismos que permiten la sobrevivencia de los individuos de un año a otro. Es decir, la clasificación está basada en la posición de la estructura de renuevo o meristemo, con respecto a la superficie del suelo, que permiten a la planta retoñar en la estación de crecimiento. Por tanto, una

<sup>19</sup> Citado por Granados, (1990). En este libro se encuentra una explicación detallada del sistema de Raunkier.

forma de vida se identifica en base a la altura en que se encuentran sus yemas de renuevo. Este sistema de clasificación sólo considera a las plantas superiores, pero es sencillo y eficiente.

Las formas de vida que propone Raunkier basándose en la posición de la yema apical, son las siguientes:

- 1) Terófitas: semillas ( plantas anuales ).
- 2) Hidrófitas: yemas de renuevo cubiertas por agua.
- 3) Halófitas: yemas de renuevo cubiertas por suelos inundados.
- 4) Geófitas: bulbos, tubérculos o rizomas, la yema por ende, se encuentra cubierta por tierra.
- 5) Hemicriptófitas: las yemas de renuevo se encuentran al ras del suelo
- 6) Caméfitas: plantas con la parte inferior leñosa y persistente, las yemas de renuevo se encuentran a menos de 30 cm. por encima del suelo, sobre brotes aéreos cortos, rastreros o rectos.
- 7) Fanerófitas: las yemas de renuevo se encuentran arriba de 25 cm., son en su mayoría plantas leñosas, árboles y arbustos.

b) Perfil fisonómico semirealista:

Este método fue planteado por Davis y Richards en 1934<sup>20</sup>; y describe la estratificación de la vegetación a través de ilustraciones semi-esquemáticas llamadas diagramas de perfil. El método se ha aplicado principalmente en regiones tropicales y su objetivo principal ha sido tratar de entender la organización y la estructura de las comunidades vegetales, clasificarlas y elaborar métodos para su estudio sistemático (Granados, 1990).

---

<sup>20</sup> Tomado de Kershaw, (1973).

### **3.5 Determinación de perfiles y características generales de los suelos**

La determinación de las características de los suelos se realizó en el laboratorio de edafología de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala (ENEP-I), utilizando las técnicas descritas por Aguilera (1989), para:

- a) Color.
- b) Potencial de Hidrógeno (pH).
- c) Materia Orgánica.
- d) Textura.
- e) Densidad Real (D.R.) y Densidad Aparente (D.A.).

### **3.6 Clasificación y ordenación de la vegetación**

Para llevar cabo la clasificación y ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, S.L.P., se utilizó el programa de cómputo ANACOM, elaborado por: De la Cruz, (1991).

La clasificación de la vegetación se realizó con:

- a) Variables cualitativas (presencia / ausencia): Índice binario de Jaccard.
- b) Variables cuantitativas (valor de importancia): Distancia métrica de Manhattan.

La ordenación de la vegetación fue de dos tipos:

- a) Ordenación indirecta: Análisis de Correspondencias (AC).
- b) Ordenación directa: Análisis Canónico de Correspondencias (ACC).

### 3.7 Regionalización

Se utilizó el sistema de clasificación fisiográfico descrito por Webster y Beckett (1970), y modificado por Ortiz, (1978)<sup>21</sup>.

La metodología general para el levantamiento fisiográfico es la siguiente:

- a) Delimitar la zona de estudio.
- b) Obtener información cartográfica.
- c) Obtener información fotográfica de la zona de estudio: fotografías aéreas blanco y negro o color (de escalas entre 1: 10 000 y 1:80 000), e imágenes de satélite (de escalas entre 1:250 000 y 1:1 000 000).
- d) Unificación de escalas.
- e) Establecer unidades provisionales y transferir límites o linderos.
- f) Fotointerpretación detallada y recorridos de campo.
- g) Descripción de facetas.
- h) Definición de sistemas terrestres.

---

<sup>21</sup> Citados por Ortiz y Cuanalo, (1984).

## IV. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 4.1 Ubicación

La Sierra de Catorce se localiza entre las latitudes 23° 24' y 23° 47' norte y las longitudes 100° 46' y 100° 57' oeste, se encuentra en la zona noreste del Altiplano potosino-zacatecano, forma parte de las sierras inferiores de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, y ocupa una franja que cubre de norte a sur el municipio de Real de Catorce (CETENAL, 1970).

La altitud en la cabecera municipal es de 2 756 m.s.n.m.; el intervalo altitudinal en la zona varía desde los 1800 a los 3 110 m.s.n.m., y por lo tanto, es uno de los lugares más altos no sólo de San Luis Potosí sino del país. Los cerros al norte de la sierra; como Puerto del Aire, tienen una altitud de 3 040 m. y la Descubridora 3 020 m.; al sur se localiza el Cerro del Barco con 3060 m., es uno de los más altos de la Sierra Madre Oriental (Medina-Rivero, 1983).

La superficie que ocupa el municipio de Real de Catorce es de 1 178.6 kilómetros cuadrados, la cual representa a la subregión a la que pertenece en 3.91 por ciento; y el 1.8 por ciento con respecto al total del estado de San Luis Potosí.

Las colindancias del municipio de Real de Catorce son: al norte con el municipio de Vanegas, al este con el de Villa de Paz, al oeste con el de Santo Domingo, al noroeste con el estado de Zacatecas, y al suroeste con el municipio de Charcas (Secr. de Gob. S.L.P., 1988). La ciudad más cercana al área de estudio es Matehuala, que a su vez está comunicada con el resto del país por la carretera federal no. 57, tramo San Luis Potosí-Matehuala (ver figuras 3 y 4).

En esta zona, existe una red caminera de 135 km. de caminos rurales, no cuenta con carreteras pavimentadas. Hay también alrededor de 44 km. de vías férreas; la ruta México-Laredo atraviesa de norte a sur.





Escala 1: 250 000

Figura 4. Imagen de satélite de la Sierra de Catorce, S.L.P.

El correo es suministrado a la población en la cabecera municipal, además cuenta con cuatro agencias postales y una administración en la Estación Catorce, el servicio telegráfico únicamente es prestado en la Estación Catorce por medio de una oficina, existe una caseta telefónica pública y dos casetas de telefonía rural. El municipio cuenta con 17 tiendas de abasto Conasupo, 9 localidades tienen energía eléctrica, 16 agua potable de manantial y sólo la cabecera municipal cuenta con drenaje.

La población económicamente activa es de aproximadamente el 29.31 % del total de la población del municipio, que comparada con la estatal representa sólo el 0.66 %.

### **4.3 Actividades Económicas**

Agricultura: los cultivos de mayor importancia por superficie cosechada son: alfalfa, maíz, frijol, sorgo, cebada y jitomate, la superficie de labor es principalmente de temporal: 6 541 ha (83 %), 537 ha son de riego y temporal (7 %) y únicamente 822 ha son de riego (10 %).

Ganadería: las especies ganaderas más importantes son: ganado caprino (42 996 cabezas), porcino (821) , bovino (11 104) y ovino (24 737). La superficie dedicada a la ganadería es de aproximadamente 135 488 Ha, de las cuales 135 238 son pastizales y matorrales naturales (INEGI, 1994).

Industria: sólo hay microindustrias, ya que existen a nivel familiar y se trabaja por temporadas.

Minería: la Compañía Minera y Refinadora Mexicana, S. A., y Restauradora de Minas Catorce, S.A. de C.V., aunque al parecer dejaron de trabajar recientemente, pues a partir de 1990 cesó la producción de oro, en 1991 no se registró explotación de plomo y en 1992 no hubo producción de plata. Actualmente es importante la explotación de antimonio (INEGI, 1995).

Turismo: tiene varios sitios de interés y por ello es importante a nivel estatal; por el auge turístico en la zona, el número de comercios y de sitios para hospedaje se ha incrementado mucho en los últimos tres años.

Comercio: son de tenencia privada, el lugar donde se proveen es Matchuala.

#### **4.4 Clima**

El clima se clasifica según Köppen, modificado por García, (1971) y por García et al., (1985), como BS<sub>1</sub> kw (x') (e), es decir, semiseco o semiárido (BS<sub>1</sub>), templado (k), lluvias de verano con alto porcentaje de precipitación invernal w(x') y extremo (e), con oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14° C.

La precipitación media anual en la zona es baja: 306.4 mm. (promedio de 5 estaciones meteorológicas), la precipitación máxima se presenta en mayo, julio y septiembre; la evaporación es muy alta, ya que alcanza un promedio anual de 2 010 mm., la evaporación máxima se da entre marzo y julio; el periodo de heladas se presenta por lo general a finales de septiembre, hasta marzo. La temperatura media anual oscila entre los 15.1° y 17.7° C, el promedio es de 16.5° C (Hernández, 1985; Secr. de Gob. S.L.P., 1988; C.N.A., 1996).

#### **4.5 Hidrología**

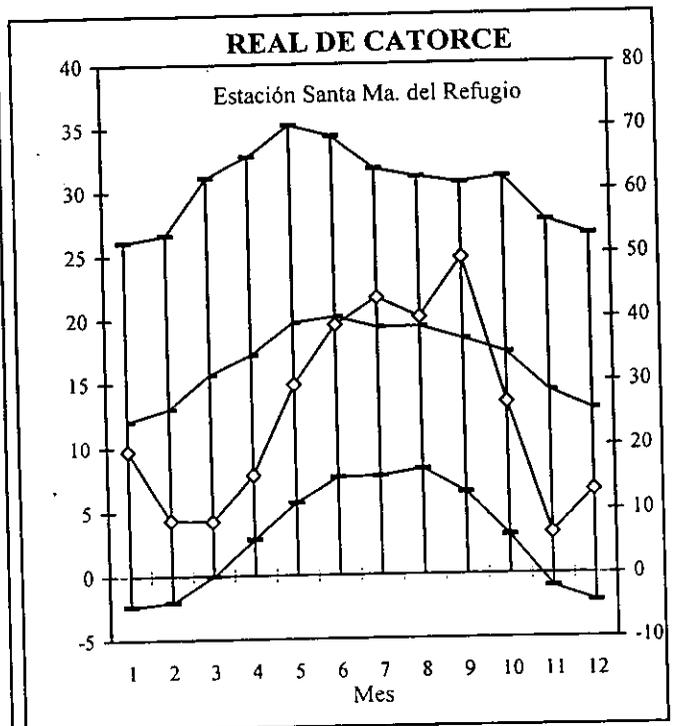
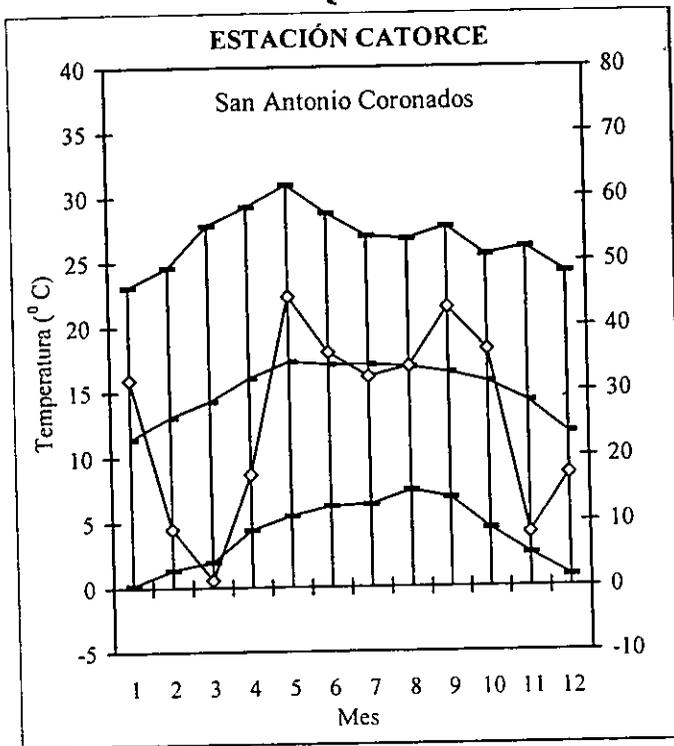
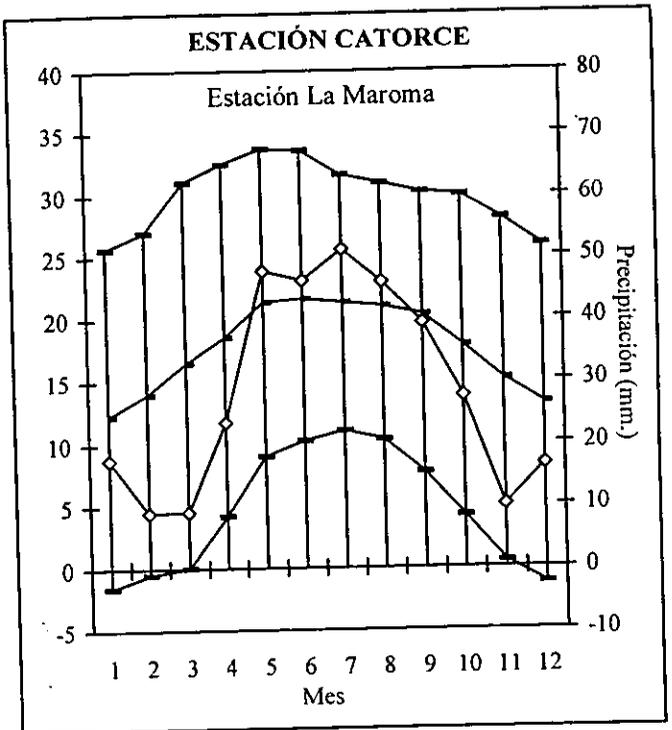
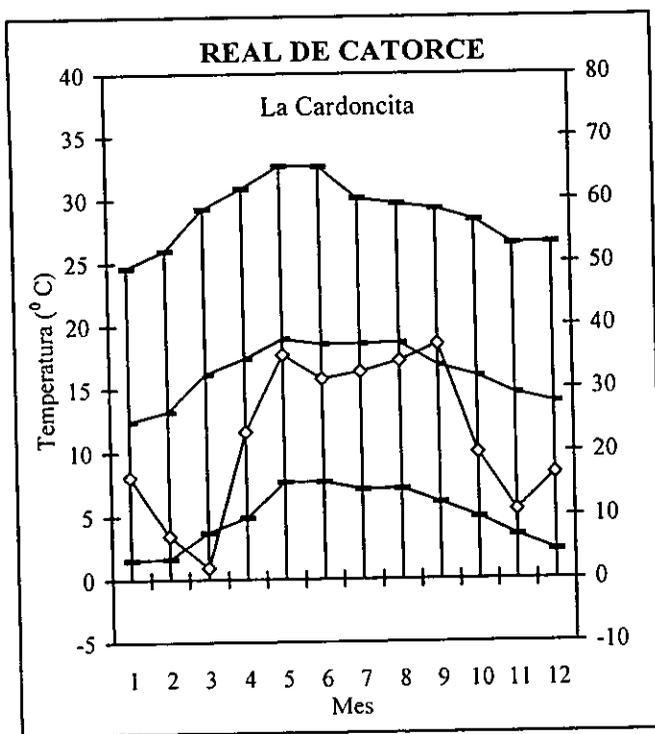
Su hidrografía presenta un patrón de tipo dendrítico arborecente, intermitente, con sistema endorréico, descargando sus aguas en el valle, donde desaparecen las corrientes por infiltración y evaporación. Los principales ríos que desaguan el área son: La Maroma, El Jordán, El Pilar y El Chiquito; existen algunos otros ríos de importancia, aunque la mayoría de las veces no llegan a las corrientes principales desapareciendo por infiltración y evaporación, por ello el único medio de contar con agua son los mantos acuíferos (Torres, 1979; Carrizales, 1985).

Hay numerosos manantiales “de montaña” en diversos sitios de la sierra, tanto en la parte central y sur como en el flanco occidental. Parte de la precipitación se infiltra en

**Tabla 2.** Estaciones Climatológicas que se ubican alrededor de la Sierra de Catorce, S.L.P.

ESTACIÓN	Municipio	Coordenadas Latitud	Geográficas Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura mínima, media y	Precipitación (mm.)	Evaporación (mm.)	Ubicación
1. Buenavista	Villa de Guadalupe clima: Kw'	23° 25' 16''	100° 47' 28''	1 800	5.8 17.7 29.5 (13) (15) (13)	735.45 (13)	1913.11 (8)	sureste
2. Catorce	Real de Catorce clima: BSks	23° 41' 00''	100° 53' 00''	2 756	16.6	311.0		central
3. La Cardoncita	Real de Catorce clima: BSks	23° 35' 26''	101° 14' 11''	2 100	1.8 16.3 28.9 (16) (16) (16)	266.46 (18)	1920.69 (10)	oeste
4. La Maroma	Real de Catorce clima: BSks	23° 28' 00''	100° 59' 20''	1 940	4.5 17.7 30.0 (16) (16) (16)	343.40 (30)	1826.96 (14)	suroeste
5. La Presa	Villa de Guadalupe clima: BSks	23° 29' 54''	100° 43' 14''	1 600	5.1 18.8 32.3 (13) (16) (13)	534.42 (18)	2164.02 (13)	sureste
6. Matchuala	Matchuala clima: BSks	23° 39' 00''	100° 38' 00''	1 581	19.7	476.76 (70)	1636.81 (8)	este
7. Normal del Desierto	Cedral clima: BSks	23° 48' 00''	100° 44' 00''	1 800	4.2 17.6 29.9 (7) (7) (7)	452.77 (36)		noreste
8. San José Coronados	Real de Catorce clima: BSk'w	23° 35' 32''	100° 55' 35''	2 200	4.0 15.1 26.8 (16) (16) (16)	310.84 (16)	2185.94 (7)	oeste
9. Santa Ma. del Refugio	Real de Catorce clima: BSks	23° 44' 00''	101° 13' 23''	1 980	2.8 16.6 30.0 (16) (16) (16)	300.20 (28)	2105.90 (14)	noroeste
10. Vanegas	Vanegas clima: BSkw	23° 53' 07''	100° 57' 05''	1 734	2.6 16.6 30.9 (13) (13) (13)	304.50 (13)	2098.15 (11)	noroeste

- ◊ Estaciones 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 : Los valores fueron calculados a partir de los datos originales proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) del estado de San Luis Potosí, (1997).
- ◊ Estación 2 : Valores obtenidos de la enciclopedia de los municipios de México, (1988).
- ◊ Estación 6 : Valores obtenidos del trabajo de García, et. al., (1985) y Flores, (1986).
- ◊ Estaciones 7 y 10 : Valores calculados a partir de los datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, México, D. F., (1997).
- ◊ ( ): Los valores entre paréntesis indican el número de años registrados en las estaciones meteorológicas.



**Figura 5.** Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas cercanas a la Sierra de Catorce, S. L. P.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Los diagramas ombrotérmicos fueron elaborados a partir de los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), del estado de San Luis Potosí. Los diagramas indican las temperaturas: máxima, media y mínima anual y la precipitación media anual para cada mes, el número de años registrados aparece en la tabla 2.

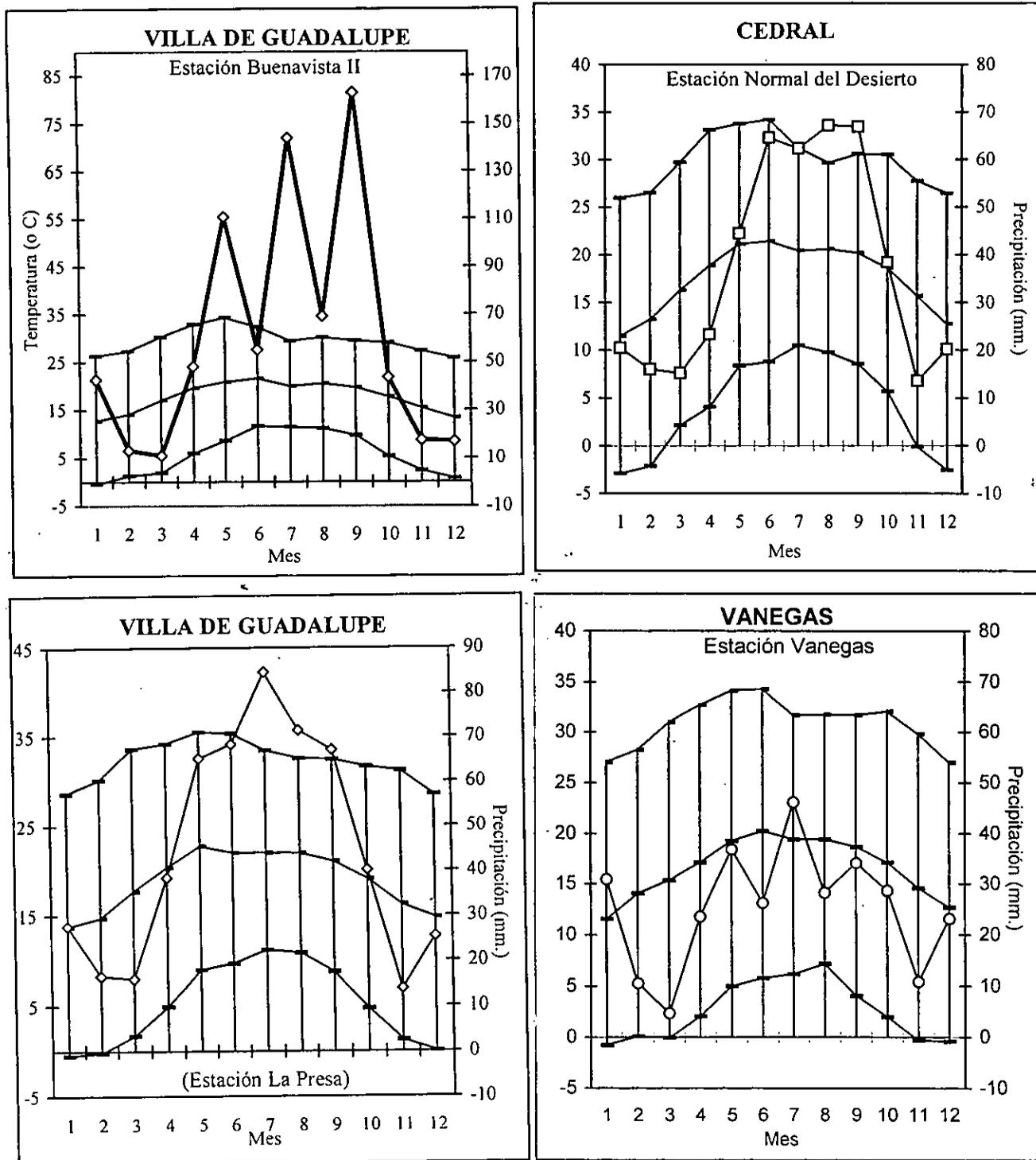


Figura 6. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas cercanas a la Sierra de Catorce, S. L. P.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Los diagramas ombrotérmicos fueron elaborados a partir de los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), del estado de San Luis Potosí. Los diagramas indican las temperaturas: máxima, media y mínima anual y la precipitación media anual para cada mes, el número de años registrados aparece en la tabla 2.

muchos arroyos secos como el de Matanzas y el de San José Coronados situados en la parte suroeste de la sierra, que poseen un cauce subfluvial; estos drenajes laterales se dirigen hacia el poniente y alimentan el relleno aluvial bajo el área de Wadley. En esta parte baja el drenaje natural sigue una dirección norte, hacia el poblado de Vanegas (Medina, 1983).

#### **4.6 Geomorfología**

La zona se encuentra en un estado de madurez temprana, con formas topográficas que van de relativamente suaves a moderadamente abruptas, en donde predominan los factores físicos sobre los químicos (Torres, 1979; Carrizales, 1985).

La topografía de la Sierra de Catorce es accidentada, en las partes altas dominan las pendientes de más del 30 % con las de menos de 10 % en las laderas inferiores; en general, las laderas presentan exposiciones hacia el noroeste. El área donde se ubica la Sierra se compone de serranías alargadas en el sentido norte-sur, separadas por cuencas endorréicas (que pueden tener comunicación subterránea) y valles de contornos irregulares. La mayoría de los anticlinales forman las principales sierras y los sinclinales se encuentran en las cuencas.

Estas serranías y cuencas presentan un paisaje en donde abundan las calizas; los valles están cubiertos por una capa de aluvión cuyo máximo espesor es de alrededor de 100 m. y que es de composición variable, principalmente formado por gravas, arenas y arcillas. En algunas zonas, el aluvión tiene un alto contenido de material yesífero (Murphy, 1966; Humara, 1967; Carrizales, 1985).

#### **4.7 Geología**

En la Sierra de Catorce se encuentran expuestas rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, cuyas edades se les ha estimado del Triásico al Reciente, las rocas son en su mayor parte sedimentarias, mesozoicas, continentales y marinas; y pertenecen al Triásico, Jurásico y Cretácico.

De acuerdo con su posición estratigráfica; los sedimentos más antiguos son de origen continental y están constituidos por conglomerados, areniscas y limonitas de la formación La Joya. Las rocas sedimentarias de origen marino son calizas, margas y lutitas, que corresponden a las formaciones Caliza Zuloaga y La Caja del Jurásico Superior.

Las rocas sedimentarias del Cretácico inferior se constituyen por las formaciones Taraises, Cupido, La Peña y Cuesta del Cura. Del Cretácico Superior están presentes las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez. El terciario está representado por rocas ígneas intrusivas y extrusivas, en forma de apófisis, diques y derrames. Las rocas metamórficas que se presentan en la zona son cuarzitas, pizarras y esquistos, que fueron originados por metamorfismo dinámico sobre la formación Huizachal.

La evolución Geológica de la Sierra de Catorce, según Valencia, (1978); Torres, (1979) y Carrizales, (1985), es como sigue:

#### a) MESOZOICO

- Triásico. Las rocas más antiguas de la región son rocas sedimentarias que se sospecha, son prejurásicas, al parecer al inicio de Mesozoico la región de la Sierra de Catorce se vio afectada por movimientos intensos que provocaron la elevación de los sedimentos del Paleozoico; posteriormente se produjo un periodo de calma en que la erosión afecto a la región.

- Jurásico. En el Jurásico superior; durante la formación de la Geosinclinal Mexicano Cuenca Mesozoica, cuando los mares ocupaban la mayor parte del actual territorio mexicano, se depósito en la Sierra de Catorce un conglomerado polimíctico con areniscas y lutitas de colores rojizos. Existió, como ocurrió en general en el Altiplano Mexicano, un clima templado y un ambiente marino nerítico, con aguas calientes, someras y muy agitadas; posteriormente, en el Jurásico Superior, hubo un cambio de clima relacionado con la actividad volcánica, de tal forma que al final de este período existió un clima árido.

- Cretácico: Durante este tiempo se llevó a efecto un proceso de sedimentación en aguas bastante claras y de poca profundidad, el resultado probable de esa sedimentación es la presencia de lutitas, calizas resquebrajadas, capas de caliza y tobas desvitrificadas del Cretácico.

#### b) CENOZOICO

Durante el Cenozoico se produjeron plegamientos, fallas y fracturas ocasionadas por la orogénesis hidalguesa, la cual, junto con el surgimiento de la Sierra Madre Oriental, hizo emerger el anticlinorio de la Sierra de Catorce.

- Terciario Inferior. Producto de la erosión de rocas mesozoicas que ocurrió durante el Eoceno-Paleoceno se tiene la presencia de clásticos continentales, en cambio la riolita, que es material ígneo extrusivo, surgió en el Oligoceno.

- Terciario Superior. En el Mioceno ocurrió otra etapa ígnea en la Sierra de Catorce, se cree que de este período es la roca extrusiva ácida que se localiza en la zona más alta.

- Cuaternario. Los ciclos de erosión-depositación que ocurrieron durante el Pleistoceno se dieron en un ambiente de cuencas endorréicas y en un clima pluvial provocado por las glaciaciones. Del Pleistoceno a la época reciente ha estado ocurriendo una acumulación, como en el resto del Altiplano Mexicano, de aluvión y conglomerados; acumulación que actualmente está siendo erosionada por corrientes intermitentes. En la Sierra de Catorce, el conglomerado se encuentra generalmente en las partes bajas de las montañas, y el aluvión, que consiste de gravas arenas y arcillas producto de la desintegración de las rocas más antiguas, se encuentra rellenando depresiones y valles.

#### **4.8 Suelos**

Como resultado de los procesos de intemperización, transportación y sedimentación, los suelos en el área son en general jóvenes de poca profundidad, como sucede en otras zonas semejantes. Los perfiles más desarrollados son los del grupo de los xerosoles y se caracterizan por la presencia de sales, este suelo se presenta en las partes bajas de las

cuencas donde, debido al drenaje endorreico y a la acumulación de material arcilloso se provoca la deficiencia de drenaje y se impide la lixiviación de los perfiles, lo que favorece la acumulación de sales.

**Tabla 3.** Edades de rocas y suelos de la Sierra de Catorce, S. L. P.

ERA	PERÍODO		ROCA ÍGNEA	ROCA SEDIMENTARIA	SUELOS	Clave
			Roca ígnea intrusiva			o o
	Cuaternario		Roca ígnea extrusiva ácida	Conglomerado	Aluvial	o o o o
Cenozoico			Basalto			o o
	Terciario					
				Caliza- lutita		o o
		Superior		Lutita- arenisca		o o
	Cretácico					
Mesozoico		Inferior		Caliza		o o
	Jurásico	Superior		Caliza- lutita		o o
	Triásico			Lutita- arenisca		o o

Otros tipos de suelo importantes por su extensión son los litosoles con fase petrocálcica, que se encuentran relacionados estrechamente a elevaciones, donde el material rocoso esta cerca de la superficie o se encuentra aflorando, la característica principal de este tipo de suelo es su poca profundidad. En mucho menor proporción, se encuentra el fluvisol calcáreo con fase dúrica. Ambos son de textura media (Murphy, 1966; Humara, 1967; Hernández, et al., 1988).

## 4.9 Vegetación

Los tipos de vegetación que se presentan en el Altiplano Potosino han sido descritos parcialmente por Rzedowski, (1961; 1965). En las partes bajas sobre sustrato aluvial, se presenta matorral desértico micrófilo; sobre sustrato ígneo, matorral crasicaule; en las laderas sedimentarias se encuentra el matorral desértico rosetófilo y en las laderas ígneas el encinar arbustivo, el piñonar y también matorral crasicaule.

### El matorral desértico micrófilo

Se desarrolla en las partes bajas de los cerros sobre suelos de origen aluvial, esta vegetación se caracteriza por la presencia de arbustos de pequeñas hojas, como: *Larrea tridentata*, *Flourensiq cernua* y *Prosopis laevigata*, otras especies frecuentes son: *Yucca filifera* y *Parthenium incanum*.

### El matorral desértico rosetófilo

Ocupa las laderas de los cerros con sustrato sedimentario. Se distingue por la presencia de especies arbustivas y subarbustivas con hojas alargadas y estrechas, agrupadas en forma de roseta, como: *Agave lechuguilla*, *A. striata*, *Yucca carnerosana*, *Dasylirium leiophyllum*, *Opuntia stenopetala* y *Ephedra aspera*.

### El matorral crasicaule

Se desarrolla en las laderas y planicies con suelos de origen ígneo. La presencia dominante de plantas de los géneros *Opuntia* y *Myrtillocactus* caracteriza esta vegetación.

### **El zacatal**

Se localiza en suelos de origen ígneo, aluvial o calizo, pero sobre relieve relativamente llano, dominan las gramíneas y herbáceas, las especies cambian de acuerdo al sustrato, las más comunes son: *Bouteloua spp.*, *Aristida divacariata*, *Andropogon hirtiflorus* y *Muhlenbergia repens*.

### **El encinar arbustivo**

Se desarrolla sobre suelos de origen ígneo o calizo y las especies dominantes son del género *Quercus*.

### **El piñonar**

Se desarrolla sobre suelos ígneos y sedimentarios, esta caracterizado por la presencia de pino piñonero: *Pinus cembroides*, otras especies son: *Arctostaphyllum pungens*, *Dodonaea viscosa* y *Castilleja tenuiflora*.

## V. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la clasificación y ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, S. L. P.; se basan en los valores obtenidos en un total de 16 sitios de muestreo. La caracterización horizontal y vertical para cada uno de estos sitios se describe detalladamente más adelante (ver tablas 6 a 21).

### 5.1 Clasificación

Los resultados de la clasificación indican lo siguiente:

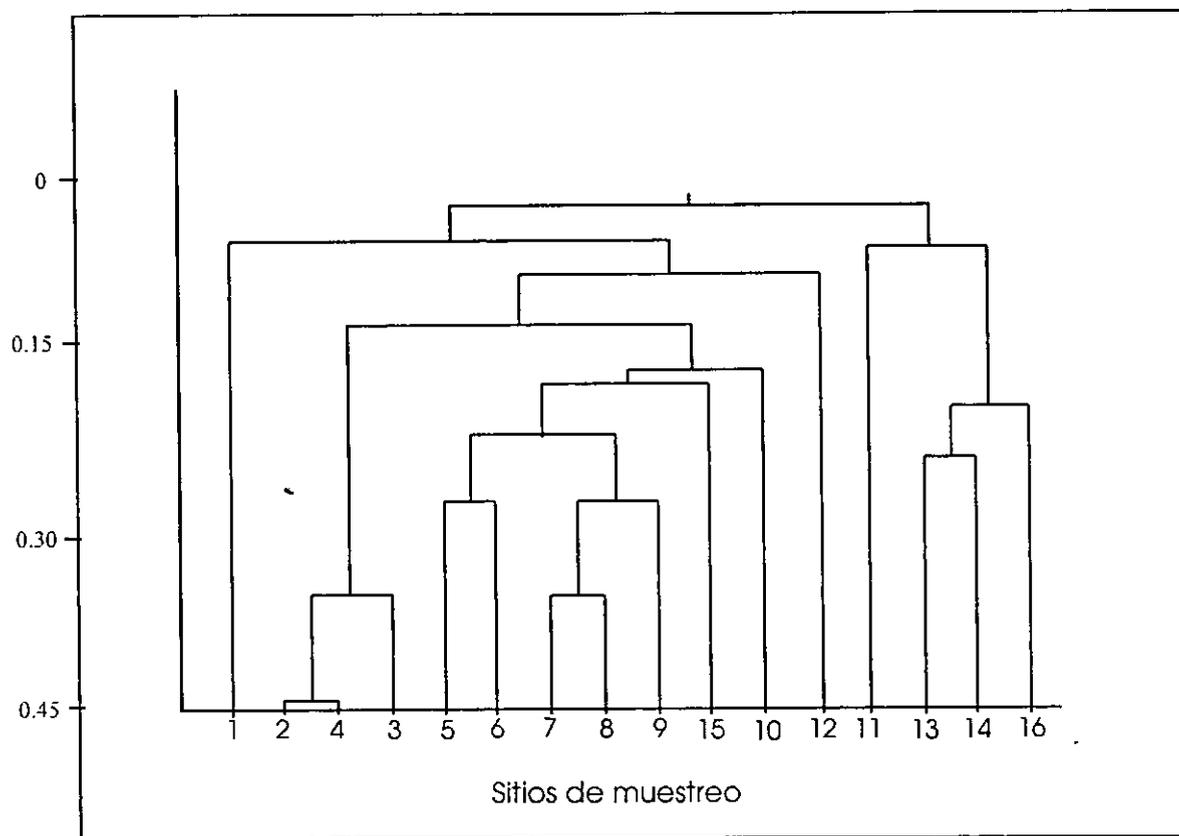
#### 5.1.1 Clasificación cualitativa

En este tipo de clasificación, se parte de la existencia de los objetos individuales (sitios de muestreo), para los cuales, los sucesivos agrupamientos se definen en términos de un índice de afinidad (en este caso el Índice de Jaccard) y del algoritmo particular elegido (Unión media no ponderada) para establecer los conglomerados. Así, cada sitio de muestreo se considera en forma individual y después se van fusionando en base a su afinidad sucesivamente, hasta que todos los sitios se sintetizan en un solo grupo.

La figura 7 representa un dendrograma de una clasificación numérica politética aglomerativa, basada en atributos binarios (presencia / ausencia de 156 especies vegetales colectadas en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí). Los números del eje X indican cada uno de los sitios de muestreo (cada sitio representa a su vez un promedio de diez cuadrantes de 4 x 4 mts.), los números en el eje Y indican el valor del índice de afinidad (ver página siguiente).

En dicha figura, los sitios 2 y 4 se unen en el nivel de 0.444; los sitios 7 y 8 en el nivel 0.333, los sitios de muestreo 2, 4 y 3 se unen en 0.326; los sitios 7, 8 y 9 se unen en el nivel 0.265, los sitios 5 y 6 se unen en 0.265; los sitios 13 y 14 se unen en el nivel 0.235; los sitios de muestreo 5, 6, 7, 8 y 9 en el nivel 0.220; los sitios 13, 14 y 16 se unen en el nivel 0.201; los sitios 5, 6, 7, 8, 9, y 15 en 0.185; los sitios 5, 6, 7, 8, 9, 15 y 10 en el nivel 0.180; después se unen los sitios 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 15 y 10 en el nivel 0.142; a este último

grupo se le une el sitio 12 en el nivel 0.107. Los sitios de muestreo 11, 13, 14 y 16 se unen en el nivel 0.087; en el nivel de 0.084 se unen los sitios 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 10 y 12. y finalmente se forma un sólo grupo en el nivel 0.058.



**Figura 7.** Dendrograma que representa la clasificación de las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P. (datos cualitativos).

Los resultados observados en la figura 7, nos permiten realizar una clasificación de la vegetación, de la siguiente manera:

Los sitios de muestreo 2, 4 presentan características muy similares, dado que el tipo de vegetación presente en ambos puede denominarse **matorral desértico micrófilo**, las especies comunes son: *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Opuntia leptocaulis*, *Parthenium incanum* y *Yucca carnerosana*, entre otras. El sitio de muestreo 3 presenta también especies vegetales en común con los sitios 2 y 4. El tipo de vegetación del sitio de

muestreo 3 presenta elementos de: **matorral desértico micrófilo - matorral desértico rosetófilo**.

Los sitios de muestreo 2, 3 y 4 se presentan sobre sustrato aluvial, en suelos de tipo litosol eutríco, textura media, en zonas de escasa pendiente, el intervalo altitudinal va de 1800 a 1930 msnm. De la misma forma, el temperatura promedio anual y precipitación anual, el pH, y la cantidad de materia orgánica son muy semejantes (ver tablas 7 a 9).

Otro grupo bien definido en la figura anterior, es el que forman los sitios de muestreo 7 y 8 que tienen una vegetación que podría denominarse: **matorral desértico rosetófilo**; en donde se presentan: *Agave lechuguilla*, *Dasylirium cedrosanum*, *Opuntia rastrera*, *Yucca carnerosana* y *Yucca filifera*, entre otras; aunque existen también especies características del chaparral (*Juniperus monticola*, *Sophora secundiflora*) y de Piñonar (*Pinus cembroides*). El sitio de muestreo 9 presenta elementos florísticos en común con los sitios 7 y 8, se le puede considerar como una comunidad de **matorral desértico rosetófilo** con elementos de chaparral.

Los sitios de muestreo 5 y 6, se pueden considerar como una vegetación de tipo **matorral desértico rosetófilo** poseen varias especies en común, las más características son: *Agave lechuguilla*, *Dasylirium cedrosanum*, *Ferocactus pringlei*, *Opuntia spp*, *Salvia spp*. y *Yucca carnerosana*, entre otras.

La figura 7 indica que los sitios de muestreo 7, 8, 9, 5 y 6 presentan entre sí, distintos grados de semejanza florística, por ello forman un grupo definido. Además, los resultados indican que estos tipos de vegetación se presentan en zonas con pendientes inclinadas (30 %) a severas (alrededor de 50 %); sobre sustrato geológico de conglomerado (sitios 5 y 6) o caliza (sitios 7, 8 y 9); en suelos de tipo litosol eutríco de textura media; el intervalo de altitud va de 2070 a 2270 msnm (aunque el límite altitudinal puede ser mayor). Los valores de temperatura promedio y la precipitación total anual; el pH y la concentración de materia orgánica, entre otras características, son también similares (tabla 22). La ubicación geográfica del sitio de muestreo 8 es diferente de la de los sitios 5, 6, 7, y 9; sin embargo, presenta elementos florísticos similares (ver tablas 10 a 14).

Un tercer grupo que se observa en el dendrograma es el formado por los sitios de muestreo 13, 14 y 16, que presentan vegetación de tipo **encinar arbustivo - piñonar** (sitio 13 y 14) y de **piñonar - encinar arbustivo - chaparral** (sitio 16), las especies vegetales comunes son: *Chrysactinia spp.*, *Dasylirium cedrosanum*, *Quercus spp.*, *Pinus cembroides*, *Salvia spp.* y *Rhus spp.*, entre otras.

Estos sitios de muestreo se encuentran en la parte oriental de la Sierra de Catorce, se desarrollan sobre sustrato calizo, en suelos de tipo litosol eutrítico de textura media, en lugares con pendientes muy abruptas (de 35 a 70 %) y en las partes altas de la sierra (altitudes que van de 2500 hasta aproximadamente los 2700 msnm, o más). La temperatura promedio, la precipitación total anual, y la cantidad de materia orgánica son muy similares; el pH es un poco ácido (6.66) en el sitio 16, que es la zona en que domina físionómicamente el pino piñonero.

Por otro lado; el sitio de muestreo 15 presenta vegetación que puede considerarse de **matorral desértico rosetifolio - matorral crasicaule - chaparral**, posee características y ubicación geográfica similares a los sitios 7 y 9, por ello se encuentra relacionado con estos, aunque se presenta en altitudes mayores, en terrenos con pendiente bastante abrupta (55- 60 %) y con suelos no tan ricos en materia orgánica. Los sitios de muestreo 10 y 12 poseen vegetación con características de **matorral desértico rosetófilo - piñonar** y **matorral desértico rosetófilo - chaparral**, respectivamente, con pocas especies vegetales, en común, sin embargo, presentan características de altitud, pendiente, etc., que los hacen más similares entre sí, y a los sitios de muestreo 5, 6, 7, 8, 9, y 15 que a los otros sitios.

El sitio de muestreo 11 presenta una vegetación de tipo **matorral desértico rosetófilo - piñonar**, el dendrograma lo ubica cercano a los sitios 13, 14 y 16; su composición florística y características ambientales son muy parecidas a las que presentan estos sitios (ver tablas 16, 18, 19 y 21).

Por otra parte, el sitio de muestreo 1 posee un tipo de vegetación que puede definirse de tipo **matorral desértico micrófilo** - con elementos de matorral espinoso; que lo ubica en el dendrograma como el más divergente de todos los sitios estudiados, sin embargo,

podemos considerar que comparte algunas características ambientales y biológicas en común con los sitios de muestreo 2, 3, y 4. Las especies comunes son: *Larrea tridentata*, *Yucca carnerosana* y *Flourensia cernua*.

### 5.1.2 Clasificación cuantitativa

La figura 8 representa una clasificación numérica politético - aglomerativa basada en el valor de importancia de 156 especies vegetales colectadas en la Sierra de Catorce, S. L. P. Los números en el eje X indican cada uno de los sitios de muestreo (cada sitio de muestreo representa un promedio de diez cuadrantes de 4 x 4 mts). Al igual que en el clasificación cualitativa; cada sitio de muestreo se considera en forma individual y después se van fusionando los sitios sucesivamente en base a un índice de afinidad (distancia métrica de Manhattan: eje Y), hasta que todos los sitios se sintetizan en un solo grupo.

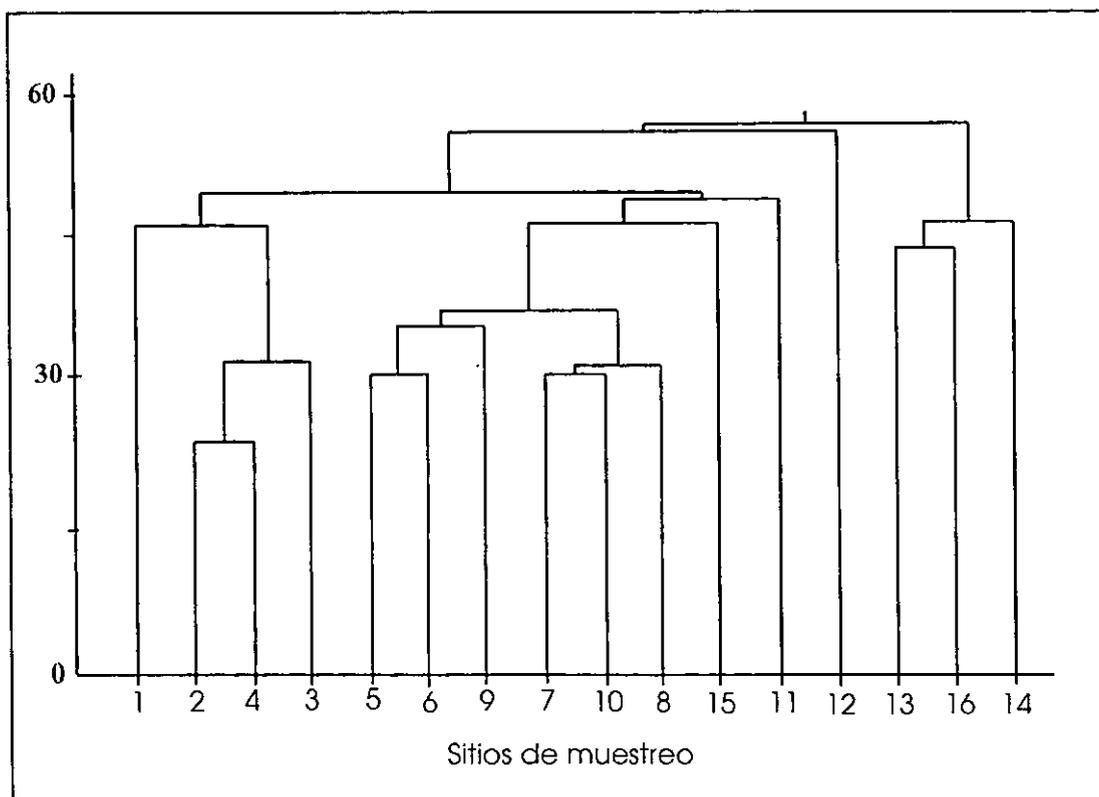


Figura 8. Dendrograma que representa la clasificación de las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P. (datos cuantitativos).

En este dendrograma, los sitios 2 y 4 se unen en el nivel 23.0; los sitios 5 y 6 en el nivel 30.0, los sitios de muestreo 7 y 10 se unen en el nivel 30.0 ; los sitios 7, 10 y 8 se unen en el nivel 31.0; los sitios 2, 4 y 3 se unen en 31.5; los sitios 5, 6 y 9 se unen en el nivel 35.0; los sitios de muestreo 5, 6, 9, 7, 10 y 8 en el nivel 36.7; los sitios 13 y 16 se unen en el nivel 43.0; los sitios 1, 2, 4 y 3 en 45.3; los sitios 13, 16 y 14 en el nivel 45.5; después se unen los sitios 5, 6, 9, 7, 10, 8 y 15 en el nivel 45.7; a este último grupo se le une el sitio 11 en el nivel 48.0. Los sitios de muestreo 1, 2, 4, 3, 5, 6, 9, 7, 10, 8, 15, 11 y 12 se unen en el nivel 55.0 y finalmente se forma un sólo grupo (1, 2, 4, 3, 5, 6, 9, 7, 10, 8, 15, 11, 12, 13, 16 y 14) en el nivel 55.6.

Los resultados observados en la figura 8 nos permiten clasificar a la vegetación, de la siguiente manera: El primer grupo lo forman los sitios de muestreo 1, 2, 3 y 4; los sitios de muestreo 2, 4 presentan vegetación de **matorral desértico micrófilo**; el sitio de muestreo 3 posee vegetación de tipo **matorral desértico micrófilo** y **matorral desértico rosetófilo**; el sitio 1 es una comunidad de **matorral desértico micrófilo** y **matorral espinoso** (*Mimosa spp.*, *Prosopis spp.*).

El segundo grupo está constituido por los sitios de muestreo 5, 6, 9, 7, 10 y 8. Los sitios de muestreo 5, 6, 7 y 9 tienen una vegetación de tipo **matorral desértico rosetófilo**; los sitios de muestreo 8 y 10 poseen vegetación de **matorral desértico rosetófilo** - **piñonar** (*Pinus cembroides*), y su ubicación geográfica es diferente de la de los sitios 5, 6, 9, y 7, sin embargo presentan elementos florísticos similares (Véase tablas 10 a 15).

Un tercer grupo que se observa en el dendrograma lo forman los sitios de muestreo 13, 16 y 14, que presentan vegetación de **encinar arbustivo** - **piñonar** (sitio 13 y 14) y de **encinar arbustivo** - **piñonar** - **chaparral** (sitio 16).

El sitio de muestreo 15 presenta vegetación de **matorral desértico rosetifolio** - **matorral crasicaule** - **chaparral**, los sitios de muestreo 11 y 12, por su parte, muestran vegetación de tipo **matorral desértico rosetifolio** - **piñonar** y **matorral desértico**

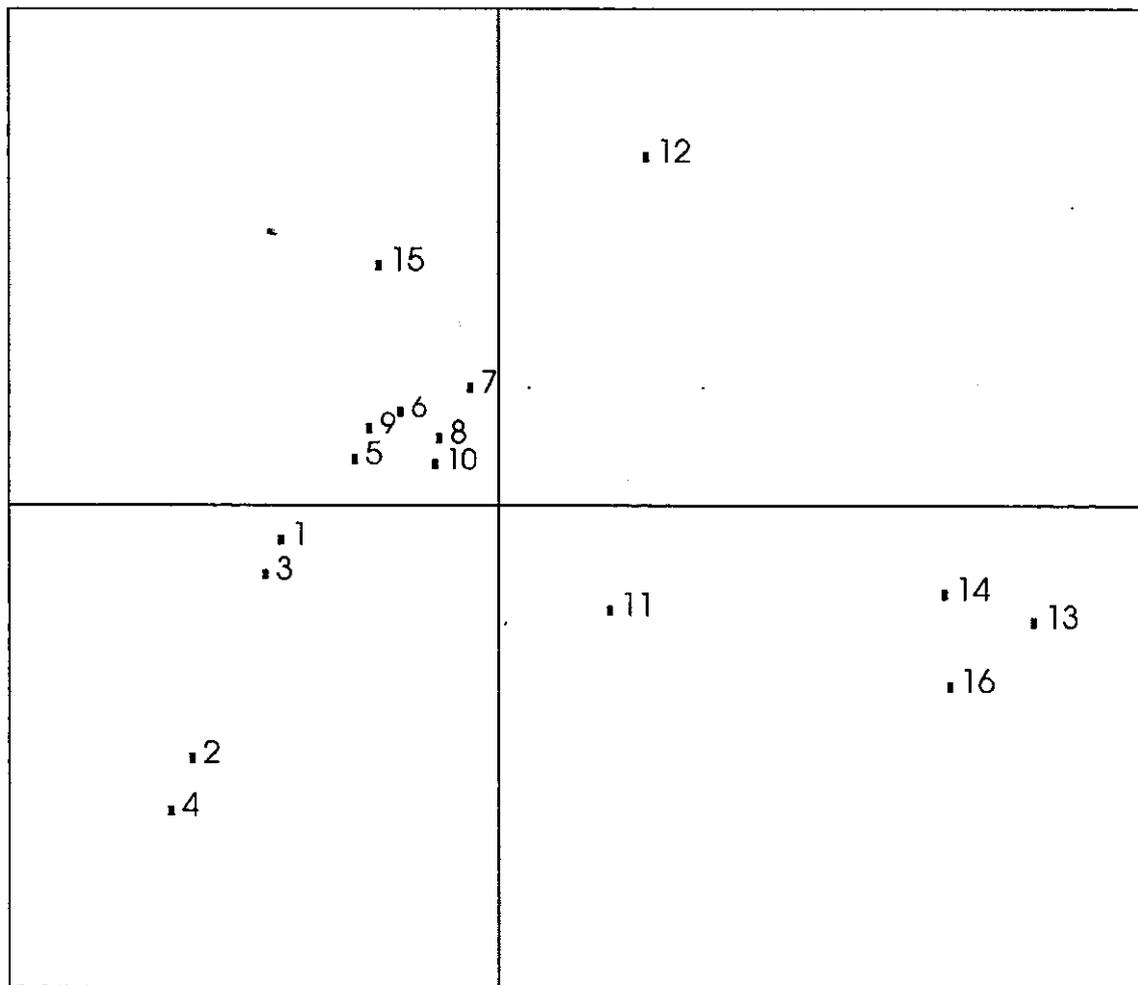
**rosetifolio** - chaparral respectivamente; que los hacen más similares a los sitios de muestreo 5, 6, 9, 7, 10, 8, y 15 que a lo otros sitios de muestreo; según las tablas 10 a 17 y 20.

De acuerdo a los resultados anteriores, el uso de valores cualitativos y cuantitativos no difiere en esencia en cuanto a su eficiencia en la clasificación de las comunidades vegetales, pues los dendrogramas generados por la clasificación cualitativa y cuantitativa (figuras 7 y 8) son muy similares. Sin embargo, el uso de variables cuantitativas (cobertura, densidad, frecuencia y valor de importancia) ofrece la posibilidad de una clasificación más objetiva y confiable; ya que refleja, además de la composición, la estructura y fisonomía de la vegetación.

## 5.2 Ordenación:

### 5.2.1 Ordenación indirecta

El Análisis de Correspondencias (AC) es un método de ordenación indirecta que reduce el espacio multidimensional tal, que se preservan las distancias entre los objetos (en este caso muestras de vegetación). Permite evaluar la proximidad estructural (correspondencia) entre las columnas (sitios de muestreo) y renglones (especies) de la matriz de datos (De la Cruz, 1991).



Eje I vs. Eje II

**Figura 9.** Diagrama de ordenación indirecta de los sitios de muestreo (comunidades vegetales), estudiados en la Sierra de Catorce, S. L. P.

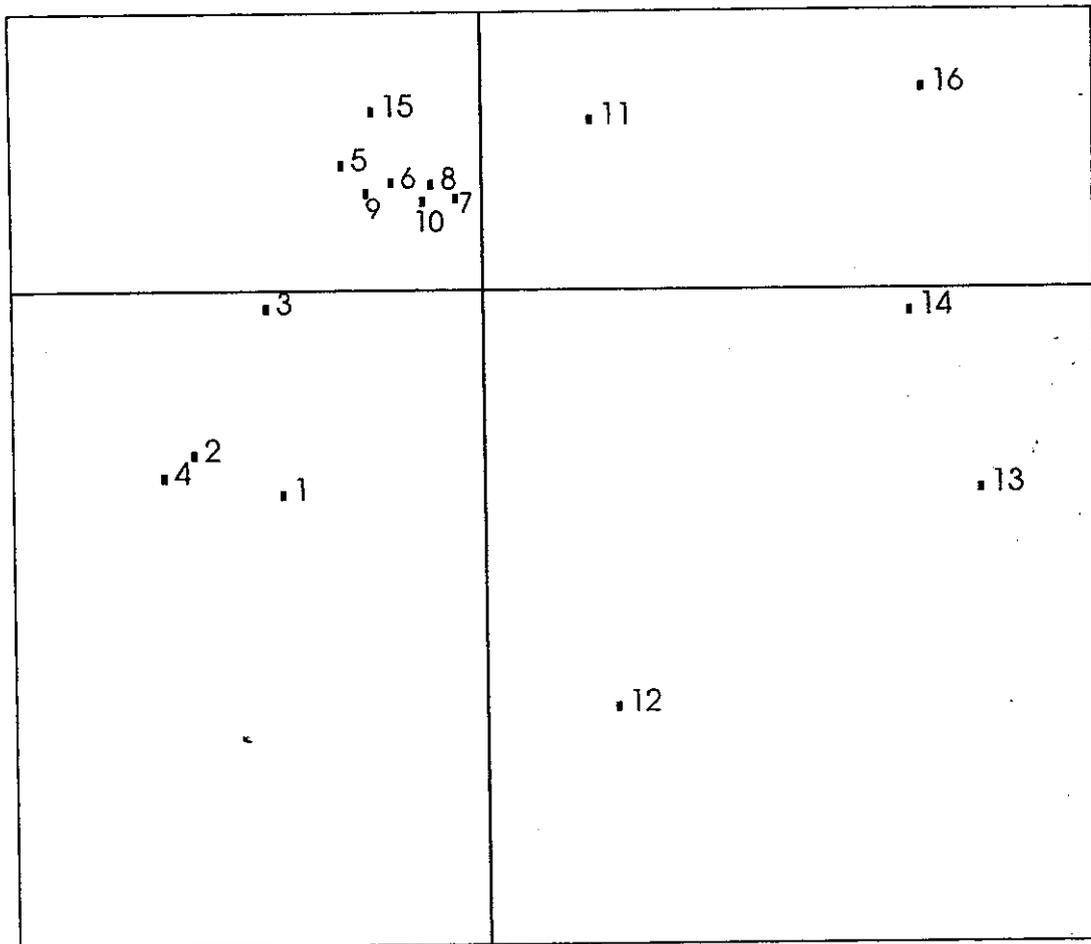
**Tabla 4.** Los valores indican el grado de correlación (correspondencia) entre los sitios de muestreo y las especies, para cada eje de ordenación.

Componente	I	II	III
Raíces propias	0.755	0.605	0.564

Si analizamos la figura 9, podemos observar que los sitios de muestreo 2 y 4 están ubicados muy cerca, indicando con ello un gran número de especies comunes a ambos sitios; de la misma forma los sitios de muestreo 1 y 3 se presentan muy próximos entre sí; otros sitios de muestreo, también muy cercanos entre sí, son los sitios 5, 9, 6, 7, 8 y 10; y los sitios 13, 14 y 16 se presentan como un tercer grupo bien definido.

Por otro lado, el sitio de muestreo 15 aparece separado de los demás en el espacio de ordenación; de la misma manera que el sitio 11 por un lado y el 12 en el otro extremo.

Del análisis anterior, podemos entonces detectar la presencia, más o menos clara de tres grupos, que representan el mismo número de unidades de vegetación; y que coinciden casi por completo con los resultados obtenidos en la clasificación.



**Eje I vs. Eje III**

**Figura 10.** Diagrama de ordenación indirecta de las comunidades vegetales (sitios de muestreo), estudiadas en la Sierra de Catorce, S. L. P.

Los otros ejes de la ordenación, (ejes I y III: figura 10), muestran un patrón espacial muy semejante al diagrama de ordenación anterior (figura 9); sin embargo, los sitios de muestreo 1 y 3 aparecen separados, lo cual, de acuerdo a sus características, podría resultar más fácil de explicar. El sitio de muestreo 15 aparece un poco más cerca del conglomerado formado por los sitios de muestreo 5, 6, 7, 9, 8, 10 (los sitios 8 y 10 guardan la misma relación de cercanía que en la figura anterior); el sitio 11 se mantiene independiente de los demás, al igual que el sitio 12. Los sitios de muestreo 13, 14 y 16, por otro lado, están alejados de todos los demás sitios de muestreo, pero ahora es más difícil ubicarlos como un grupo, pues se encuentran más separados entre sí que en la figura 9.

Los anteriores diagramas de ordenación corroboran los resultados obtenidos en la clasificación, ya que visualmente es posible detectar agrupaciones muy similares y que podrían ser agrupaciones naturales.

Los diagramas de ordenación indirecta para los dos primeros ejes de ordenación (eje I vs eje II; eje I vs. eje III) concuerdan bien; no ocurre lo mismo con el segundo y tercer eje de ordenación (eje II vs. eje III; el diagrama no se presenta), donde no se pudo encontrar una explicación lógica de la posición de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación.

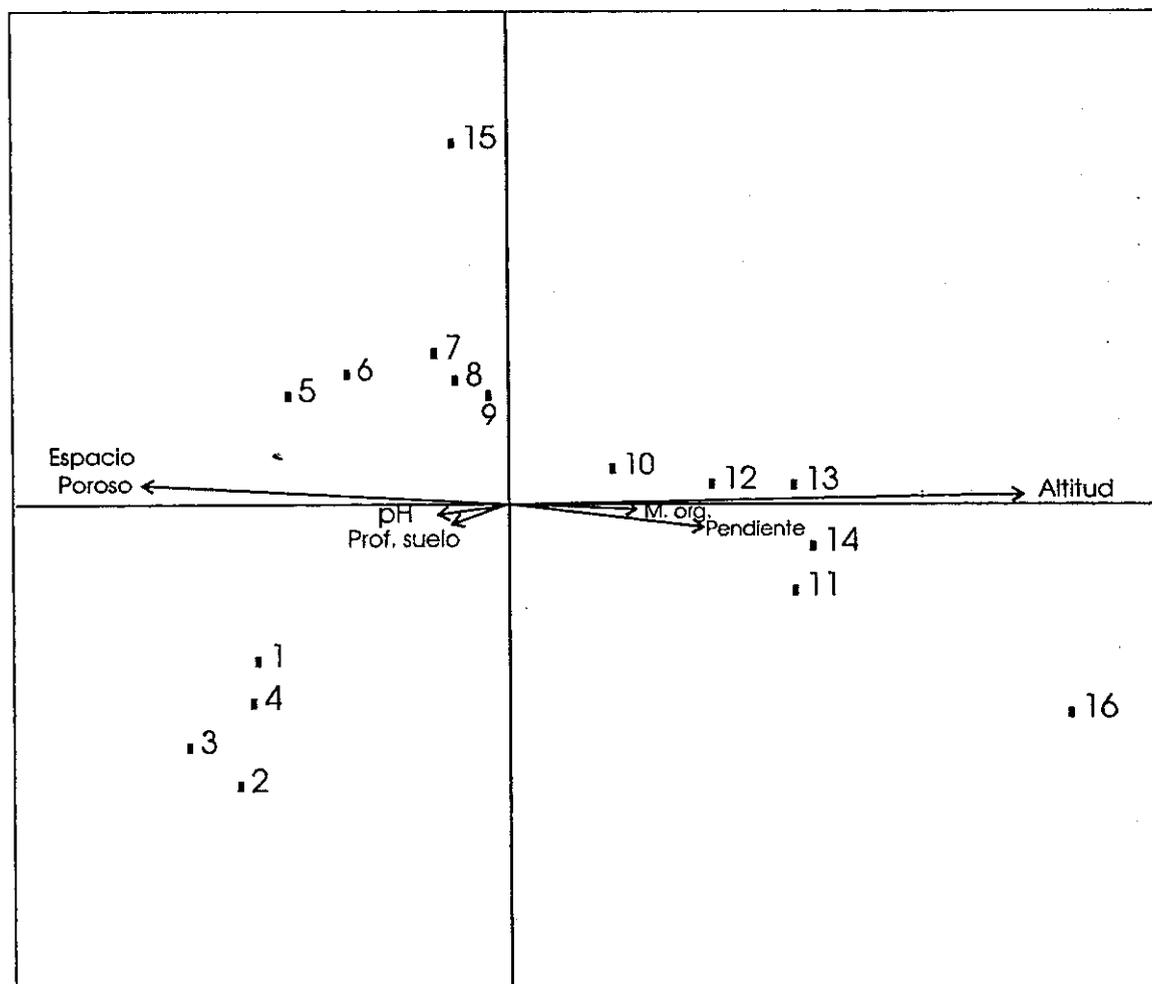
### **5.2.2 Ordenación directa**

El Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) es una forma del AC, que permite detectar los patrones de variación de los descriptores (en este caso sitios de muestreo ó especies) que pueden ser explicados de la “mejor” manera tomando como base los descriptores independientes de una segunda matriz (en este estudio son los parámetros ambientales). (De la Cruz, 1991).

El diagrama de ordenación del ACC, muestra sitios (ó especies) y variables ambientales. A los puntos con un número (que representan los sitios de muestreo) se les da la misma interpretación que en el AC, es decir, indican la variación en la composición de especies. Las variables ambientales están representadas con flechas. Una flecha, para una determinada variable ambiental, apunta en la dirección de máximo cambio de esa variable ambiental a través del diagrama, y su longitud es proporcional a la tasa de cambio en esta dirección. Las variables ambientales con flechas más largas están más fuertemente correlacionadas con los ejes de ordenación que aquellas que presentan flechas cortas, y por lo tanto, están más estrechamente relacionadas a el patrón de variación de la comunidad mostrado en el diagrama de ordenación.

Cada flecha, representando una variable ambiental determina una dirección o “eje” en el diagrama, los sitios de muestreo (o especies), pueden ser proyectados sobre este eje; esta proyección corresponde aproximadamente al rango de los promedios ponderados de los sitios o especies, con respecto a estas variables ambientales. Los promedios ponderados

indican la posición de la distribución de sitios o especies a lo largo de una variable ambiental. El diagrama de ordenación no puede determinar si hay correlación entre sitios, especies, o entre las variables ambientales (Ter Braak, 1986; 1987).



Eje I vs Eje II

**Figura 11.** Diagrama de ordenación directa de las comunidades vegetales (sitios de muestreo), estudiadas en la Sierra de Catorce, S. L. P.

La figura 11 (eje I vs. eje II) indica que aquellos factores ambientales más importantes en cuanto a la explicación de los patrones espaciales que presentan los sitios de muestreo son, en orden de importancia: La altitud, el espacio poroso, la pendiente, la cantidad de materia orgánica, el pH y por último, la profundidad del suelo (ver tabla 5).

De cualquier forma, la altitud parece ser el factor más relacionado con los ejes de la ordenación. El diagrama de ordenación ubica a los sitios de muestreo en conglomerados que siguen un patrón que va de menor a mayor altitud: los sitios 3, 2, 1 y 4 en las menores altitudes; los sitios 5, 6, 7, 8, y 9 le siguen en altitud, junto con el sitio 15; después aparecen los sitios 10, 12, 13, 11, 14 y en la mayor altitud el sitio 16, de cualquier forma, cabe la posibilidad de que alguna variable ambiental no tomada en consideración, y correlacionada con la altitud, sea la que determine esta distribución espacial.

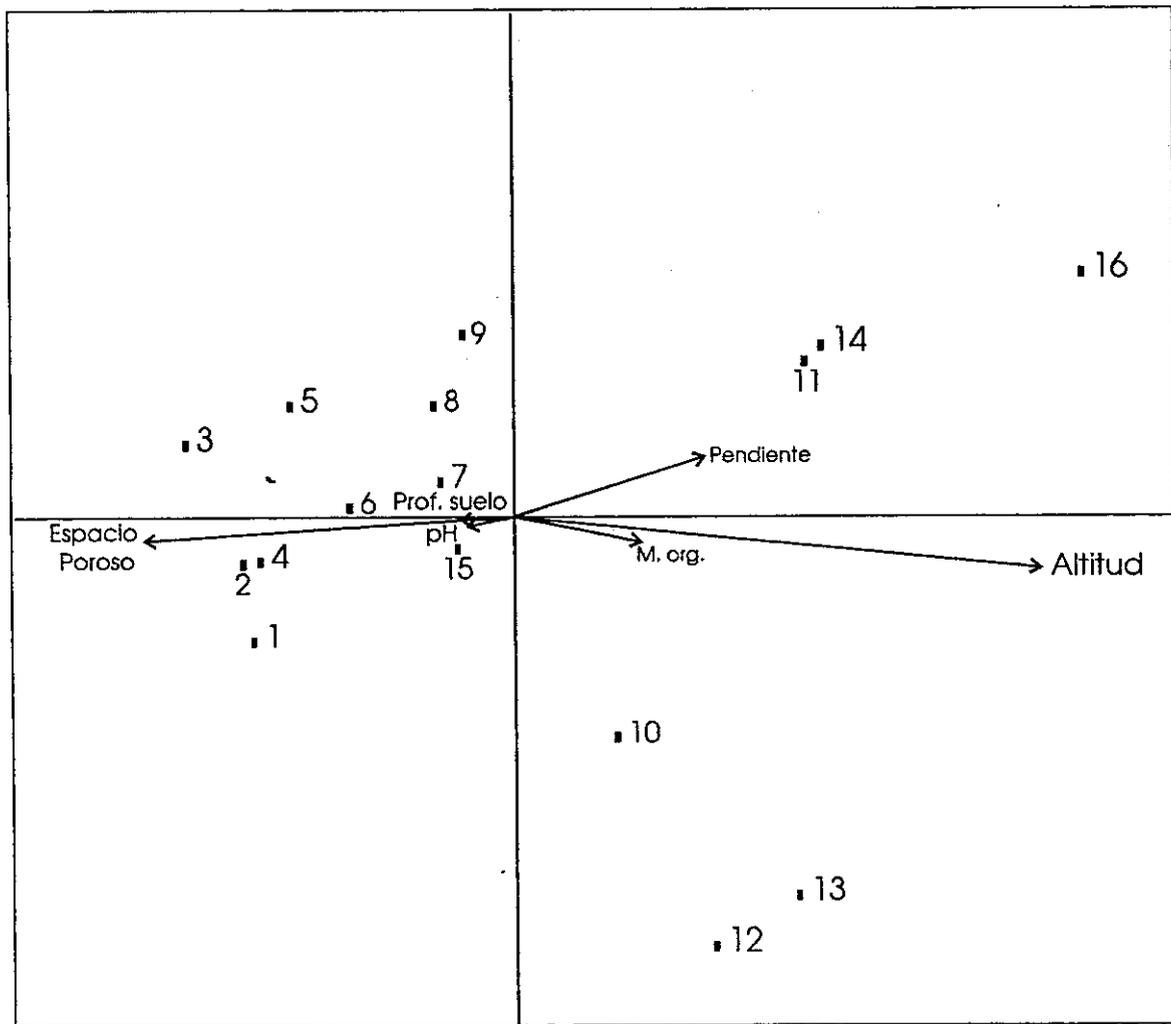
**Tabla 5.** Los valores indican el grado de correspondencia entre los sitios de muestreo (raíces propias), la correlación canónica entre los sitios de muestreo y las variables ambientales, y la correlación entre estas últimas y los ejes de la ordenación

COMPONENTE	I	II	III
Raíces propias	0.698	0.548	0.482
Coef. parámetros			
Altitud 1	0.478	0.185	- 0.709
Materia Orgánica 2	0.116	- 0.003	-0.210
Pendiente 3	0.183	- 0.229	1.031
Prof. del suelo 4	-0.057	-0.214	0.088
Espacio Poroso 5	-0.351	0.463	-0.210
pH 6	-0.065	-0.050	0.026
Correlación múltiple	0.980	0.979	0.955

Es importante aclarar que los sitios de muestreo representan al mismo tiempo una determinada constitución de especies y por lo tanto, una distribución de especies a lo largo de gradientes ambientales. Lo anterior implica que los sitios de muestreo 1, 2, 3, y 4 presentan una composición de especies cuya distribución está restringida a altitudes bajas, las especies de los sitios de muestreo 5, 6, 7, 8, 9 y 15 tienen un intervalo de distribución de mayor elevación sobre el nivel del mar, y las especies de los sitios de muestreo 10, 11, 12, 13, 14 y 16 se presentan en las partes más altas de la sierra.

Lo anterior no implica que todas las especies de un sitio de muestreo determinado estén restringidas a un solo intervalo o posición en cuanto al gradiente de altitud, pero sí que algunas especies tienen determinadas preferencias. La altitud de cualquier forma, es un

gradiente ambiental complejo e indirecto, que se manifiesta a través de variables tales como la temperatura y la precipitación, las cuales tienen un efecto directo sobre el crecimiento vegetal y están en estrecha correlación sitio-específica con la altitud.



Eje I vs. Eje III

**Figura 12.** Diagrama de ordenación directa de las comunidades vegetales (sitios de muestreo), estudiadas en la Sierra de Catorce, S. L. P.

La figura 12 (eje I vs. eje III) es muy similar a la anterior, los sitios de muestreo se distribuyen espacialmente en una dirección que parece estar explicada por la altitud, e indica que el orden de importancia de los factores ambientales en cuanto a la explicación de

los patrones espaciales que presentan los sitios de muestreo; son los mismos que en el diagrama de ordenación anterior: La altitud, el espacio poroso, la pendiente, la cantidad de materia orgánica, pH y la profundidad del suelo. Es conveniente recalcar que la altitud es el factor ambiental más relacionado con los ejes de ordenación.

El diagrama de ordenación formo los siguientes grupos, en orden de menor a mayor altitud: los sitios 3, 2, 4 y 1 en las menores altitudes; los sitios 5, 6, 7, 8, y 9 le siguen en altitud, junto con el sitio 15; después aparecen los sitios 10, 12, 11, 14, 13 y el sitio 16 se encuentra en la mayor altitud. Al igual que en la ordenación indirecta, los diagramas de ordenación para los dos primeros ejes de la ordenación directa (eje I vs eje II; eje I vs. eje III) concuerdan bien; no ocurre lo mismo con el segundo y tercer de eje de ordenación (eje II vs. eje III; el diagrama no se presenta), donde no se pudo encontrar una explicación lógica de la posición de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación, ni con respecto a los factores ambientales estudiados.

### 5.3 Caracterización de la vegetación

La caracterización de la vegetación de la Sierra de Catorce consistió en ubicar sitios de muestreo a lo largo de un gradiente altitudinal: partiendo de los 1780 msnm, en las llanuras aluviales de escasa pendiente y de topografía poco accidentada; hasta las cimas más elevadas de la sierra (alrededor de los 3 000 msnm).

A continuación se describen las características más importantes de cada uno de los sitios de muestreo estudiados.

**Tabla 6**

**Sitio 1. Matorral desértico micrófilo - matorral espinoso**

**Altitud: 1 780 msnm      Ubicación: NO**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
<b>ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR</b>				
<i>Prosopis laevigata</i>	4.8	1.2	5.8	3.9
<i>Prosopis juliflora</i>	4.0	1.3	5.8	3.6
<i>Yucca filifera</i>	P	P	P	P
<i>Yucca carnerosana</i>	7.9	1.3	7.2	5.5
<b>ESTRATO ARBUSTIVO</b>				
<i>Bacharis ramulosa</i>	1.6	6.4	5.8	4.6
<i>Berberis trifoliolata</i>	3.2	5.1	5.8	4.7
<i>Coryphantha cornifera</i>	4.8	4.0	5.8	4.9
<i>Flourensia cernua</i>	2.0	2.3	2.9	2.4
<i>Larrea tridentata</i>	25.4	4.0	11.6	13.6
<i>Lophophora williamsii</i>	0.008	3.0	2.9	2.0
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	9.0	4.0	5.8	6.3
<i>Mimosa zygophylla</i>	3.2	5.2	5.8	4.7
<i>Piqueria trinervia</i>	7.1	8.0	5.8	7.6
<i>Ptelea trifoliata</i>	3.2	8.0	5.8	5.7
<i>Salvia ballotaeflora</i>	8.7	13.3	5.8	9.3
<b>ESTRATO HERBACEO</b>				
<i>Carex cf polystachya</i>	7.9	13.0	5.8	8.9
<i>Haplopappus venetus</i>	3.2	10.2	5.8	6.4
<i>Stipa ichu</i>	4.0	8.5	5.8	6.1

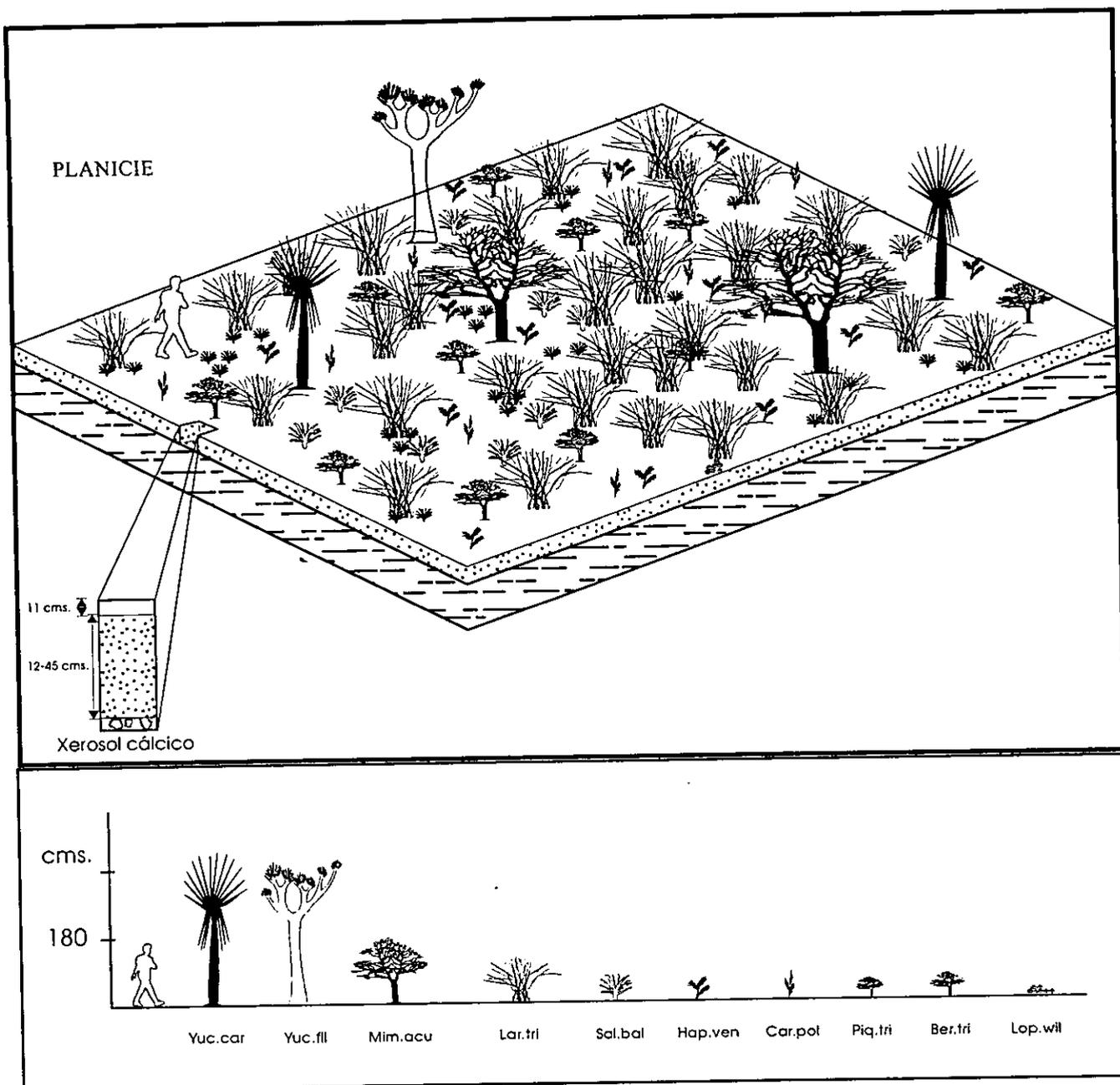
Este sitio se encuentra en la parte noroeste de la Sierra de Catorce (2 km. al norte de Estación Wadley); es uno de los lugares de menor altitud en la zona de estudio (1780 msnm). La topografía del lugar es relativamente uniforme; constituyendo una llanura con pendientes menores de 2 %, la cobertura de piedras y grava es de alrededor de 35 %.

En el perfil del suelo se pudo llegar a una profundidad de 70 cm.; encontrándose un horizonte A pequeño de 0 a 11 cm. y un horizonte B de 12 a 45 cm., descansando sobre una capa de caliche (horizonte C). El color predominante en los primeros 30 cm. es el café claro (en seco 6/4 YR), y el café oscuro (en húmedo 4/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El pH es de 7.88 y la cantidad de materia orgánica de 4.42 %.

Los mapas geológico y edáfico indican para esta zona suelos de origen aluvial; de tipo xerosol cálcico, de textura media, que poseen un horizonte petrocálcico profundo de entre 50 y 100 cms., se desarrollan en terreno plano con pendientes menores de 8 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 16.6 ° C y la precipitación media anual de 304.5 a 311 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Vanegas y Catorce).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo al valor de importancia calculado: *Larrea tridentata*, *Salvia ballotaeflora*, *Carex cf. polystachya*, *Piqueria trinervia*, *Haplopappus venetus*, *Stipa ichu*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Ptelea trifoliata*, *Yucca carnerosana*, *Coryphantha cornifera*, *Berberis trifoliolata*, *Mimosa zygophylla*, *Bacharis ramulosa*, *Prosopis laevigata*, *Flourensia cernua*, y otras de menor valor de importancia.



Los nombres asignados a cada planta en los diagramas de perfil; son las tres primeras letras del género y la especie, respectivamente. El nombre completo de cada especie aparece en la lista florística (tabla 27).

**Figura 13.** Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el **sitio 1**.

**Tabla 7**  
**Sitio 2. Matorral desértico micrófilo**  
**Altitud: 1 800 msnm. Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	1.4	1.5	4.2	2.4
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	5.7	6.4	4.2	5.4
<i>Agave scabra</i>	2.9	1.3	4.2	2.8
<i>Atriplex canescens</i>	8.3	1.6	4.2	4.7
<i>Coryphantha cornifera</i>	0.7	1.3	4.2	2.0
<i>Dalea bicolor</i>	0.4	6.3	4.2	3.6
<i>Dalea frutescens</i>	0.4	6.3	4.2	3.6
<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	P	P	P	P
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.2	2.5	4.2	2.3
<i>Flourensia cernua</i>	20.0	8.9	8.2	12.4
<i>Jatropha dioica</i>	1.4	3.2	4.2	2.9
<i>Larrea tridentata</i>	39.0	16.7	8.2	21.3
<i>Mimosa zygophylla</i>	4.7	0.5	4.2	3.1
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.1	1.3	4.2	1.9
<i>Opuntia leptocaulis</i>	5.7	9.6	8.2	7.9
<i>Opuntia microdays</i>	0.5	1.3	4.2	2.0
<i>Opuntia rastrera</i>	0.1	1.3	4.2	1.9
<i>Parthenium incanum</i>	3.0	10.0	4.1	5.7
ESTRATO HERBACEO				
<i>Echeveria mucronata</i>	P	P	P	P
<i>Krameria parviflora</i>	1.0	4.2	8.2	4.5
<i>Viguiera stenoloba</i>	1.4	5.6	4.2	3.7
<i>Zinnia acerosa</i>	3.1	9.2	4.2	6.5

El sitio 2 se ubica en la parte noreste de la Sierra de Catorce (km. 4 del camino hacia Real de Catorce, 1 km. antes de San Antonio de la Cruz), toda la orilla del camino muestra rasgos de perturbación debido a su fácil acceso, hay bastantes espacios desprovistos de vegetación. La altitud es de 1 800 msnm; la topografía es relativamente uniforme,

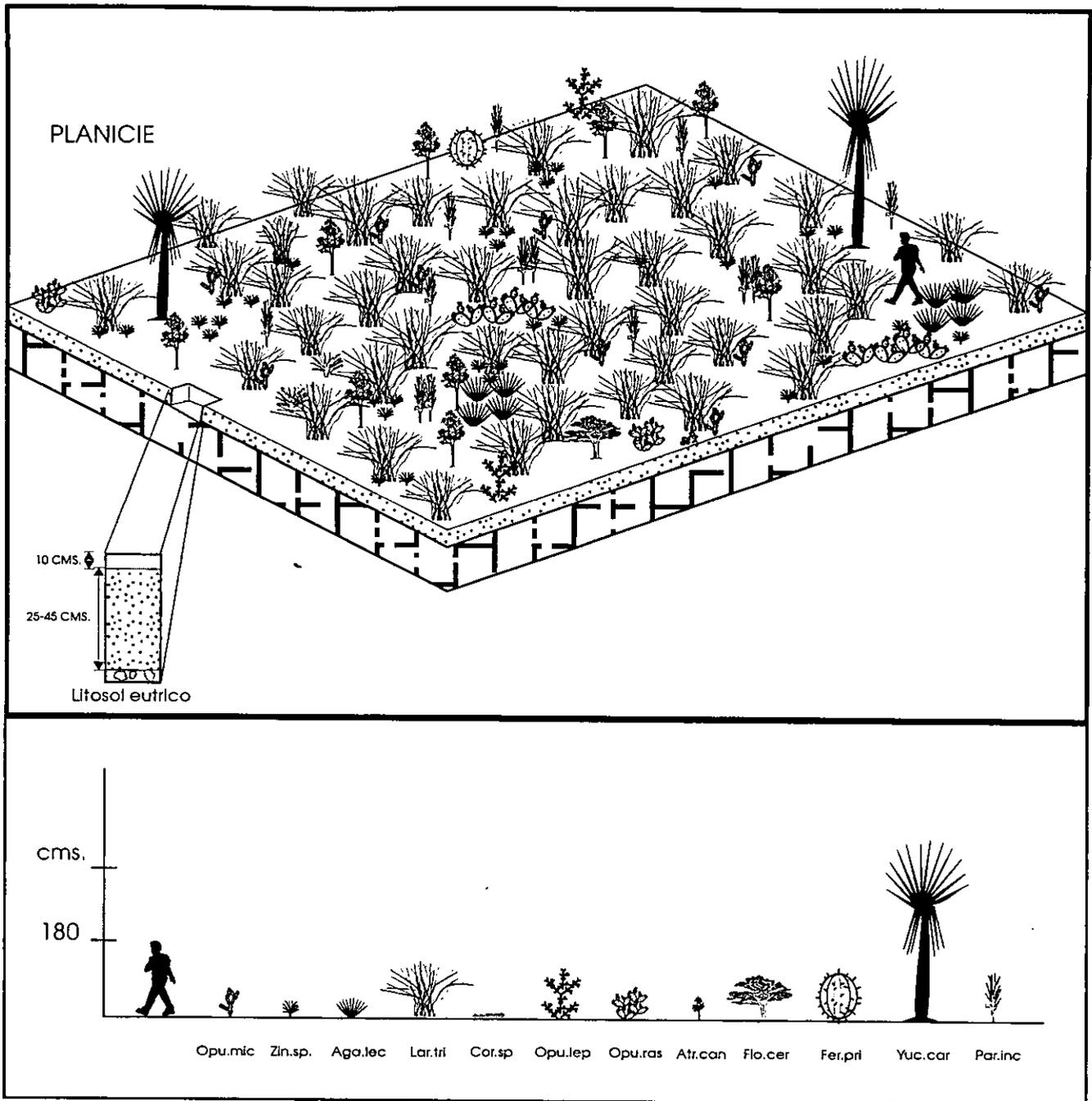
constituyendo una semiplanicie con pendientes de entre 0 y 6 %, el contenido de piedras y grava es de alrededor de 45 %.

El suelo tiene una profundidad de alrededor de 65 cm.; encontrándose un horizonte A pequeño de 0 a 10 cm. y un horizonte B entre los 11 y 45 cm., descansando sobre una capa de caliche (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo (6/4 YR), en seco y café oscuro en húmedo (4/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. En el horizonte A hay abundantes raíces: delgadas, medianas y gruesas; en el horizonte B también abundan las raíces, en especial las de tamaño medio. El pH es de 8.11, y la cantidad de materia orgánica de 2.55 %.

La bibliografía cartográfica indica para esta zona suelos de origen aluvial; de tipo litosol eutricto, de textura media, con un horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad, se desarrollan en terreno plano con pendientes menores de 8 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varía de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, en orden de valor de importancia: *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Opuntia leptocaulis*, *Zinnia acerosa*, *Parthenium incanum*, *Agave lechuguilla*, *Atriplex canescens*, *Krameria parviflora*, *Viguiera stenoloba*, *Dalea bicolor*, *Dalea frutescens*, *Mimosa zygophylla*, *Jatropha dioica*, *Agave scabra* y *Yucca carnerosana*, entre otras.



**Figura 14.** Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 2.

**Tabla 8**

**Sitio 3. Matorral desértico micrófilo - matorral desértico rosetófilo**

**Altitud: 1 850 msnm**

**Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	1.8	1.3	4.5	2.5
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	36.6	61.8	4.5	34.3
<i>Agave striata</i>	1.8	1.3	9.1	4.0
<i>Atriplex canescens</i>	1.6	2.6	9.1	4.4
<i>Baccharis cf steronioides</i>	P	P	P	P
<i>Echinocactus visnaga</i>	0.35	1.3	4.5	2.2
<i>Euphorbia antysiphilitica</i>	4.5	7.9	9.1	7.2
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.45	1.3	4.5	2.0
<i>Jatropha dioica</i>	0.27	2.6	4.5	2.5
<i>Larrea tridentata</i>	42.0	3.9	13.8	19.9
<i>Lophophora williamssii</i>	0.6	2.6	4.5	2.6
<i>Opuntia leptocaulis</i>	6.9	1.3	4.5	4.2
<i>Opuntia microdasys</i>	1.3	1.3	4.5	2.4
<i>Parthenium incanum</i>	0.67	3.9	9.1	4.6
ESTRATO HERBACEO				
<i>Dyssodia greggi</i>	0.85	3.9	9.1	4.6
<i>Echeveria eoccinea</i>	P	P	P	P
<i>Krameria parviflora</i>	0.67	2.6	4.5	2.6

Este sitio se encuentra en la parte noreste de la Sierra de Catorce (camino a Real de Catorce), a una altitud de 1850 msnm; la topografía del lugar es relativamente uniforme, constituyendo una semiplanicie con pendientes de entre 0 y 6 %, el contenido de piedras y grava es de alrededor de 50 %.

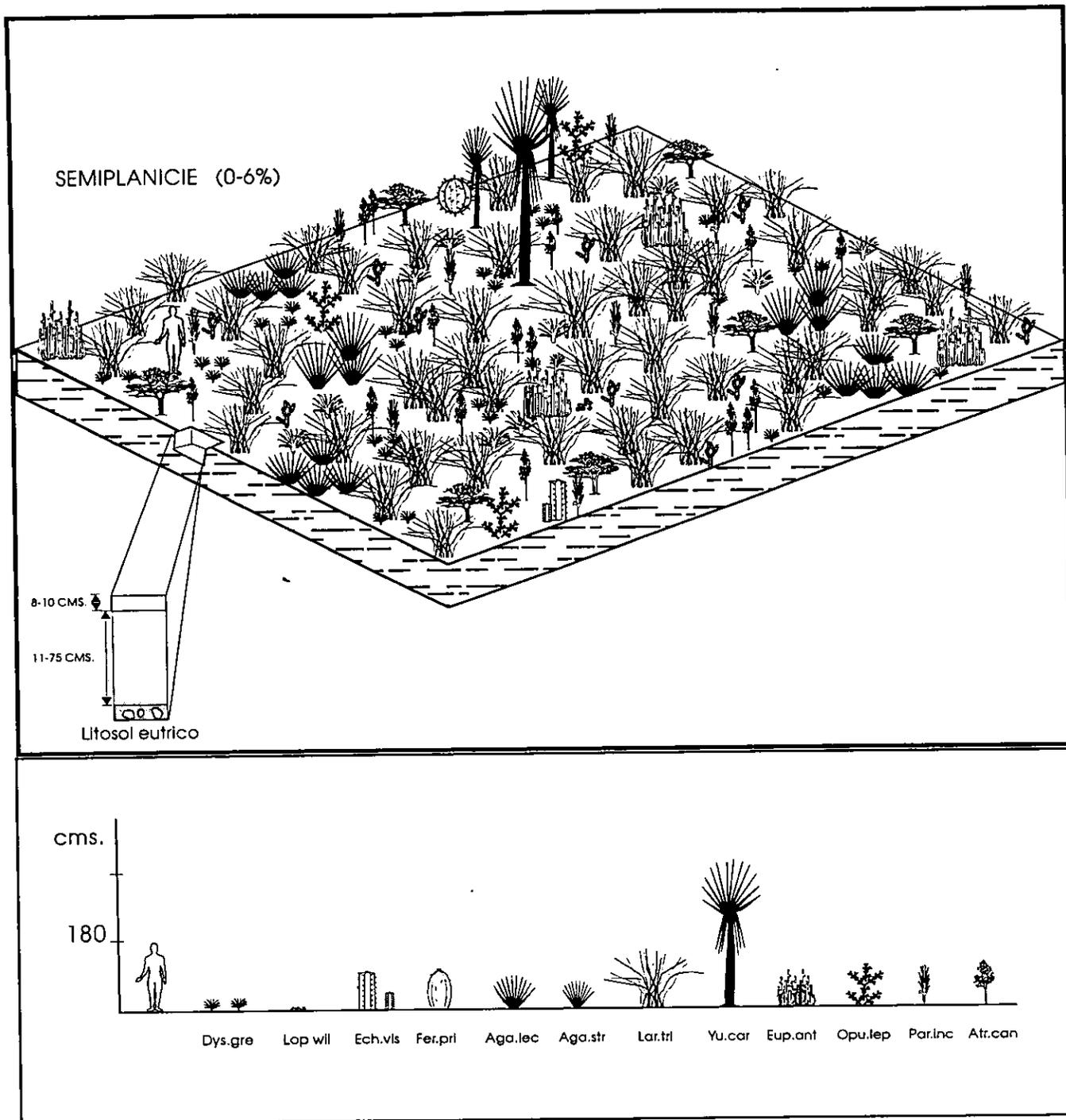
En el perfil del suelo se pudo llegar a una profundidad de 50 cm.; encontrándose un horizonte A pequeño de 8 a 10 cm., un horizonte B de 25 a 35 cm. y el horizonte C se presenta entre los 40 y 50 cm. El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo en

seco (6/2 YR) y café oscuro en húmedo (4/4 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El pH es de alrededor de 8.11 y la cantidad de materia orgánica de 2.55 %.

El sustrato geológico es de tipo aluvial y el suelo litosol eutricto; de textura media con un horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad, se desarrollan en terreno plano con pendientes menores de 8 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varía de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su importancia: *Agave lechuguilla*, *Larrea tridentata*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Parthenium incanum*, *Dyssodia greggi*, *Atriplex canescens*, *Opuntia leptocaulis*, *Agave striata*, *Krameria parviflora*, *Jatropha dioica*, *Yucca carnerosana*, *Lophophora williamsii* y *Opuntia microdasys*, entre otras.



**Figura 15.** Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 3.

**Tabla 9**

**Sitio 4. Matorral desértico micrófilo**

**Altitud: 1 930 msnm**

**Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	10.6	0.16	5.4	5.4
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Atriplex canescens</i>	0.7	0.18	2.7	1.2
<i>Echinocereus pectinatus</i>	0.7	0.6	5.4	2.2
<i>Euphorbia antysiphilitica</i>	0.9	1.8	8.1	3.6
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.4	0.2	2.7	1.0
<i>Ferocactus sp.</i>	0.4	0.6	8.1	3.0
<i>Flourensia cernua</i>	7.5	5.4	8.1	7.0
<i>Jatropha dioica</i>	1.9	1.7	5.4	3.0
<i>Larrea tridentata</i>	46.0	17.2	8.1	23.8
<i>Mammillaria pottsii</i>	0.4	0.4	2.7	1.2
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.4	0.4	5.4	2.0
<i>Opuntia leptocaulis</i>	8.5	1.1	8.1	5.9
<i>Opuntia microdasys</i>	0.5	0.18	2.7	1.1
<i>Parthenium incanum</i>	5.0	13.0	5.4	7.8
ESTRATO HERBACEO				
<i>Bahia pringlei</i>	0.08	2.2	5.4	2.6
<i>Zaluzania triloba</i>	13.0	46.5	8.1	22.5
<i>Zinnia acerosa</i>	2.0	8.3	8.1	6.1

El sitio 4 se ubica en la parte noreste de la Sierra de Catorce (camino a Real de Catorce), a una altitud de 1930 msnm; la topografía es relativamente uniforme, formando una planicie con pendientes menores de 2 %, la cantidad de piedras y grava es de alrededor de 50 %.

En el perfil del suelo se pudo llegar a una profundidad de 45 cm.; encontrándose un horizonte A muy pequeño de 5 - 8 cm., un horizonte B de 5 a 30 cm. y el horizonte C se presenta a partir de los 30 cm. El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo en

seco (6/2 YR) y café en húmedo (5/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El valor de pH es de 8.29 y la cantidad de materia orgánica de 2.76 %.

Los mapas cartográficos indican para esta zona suelos de origen aluvial; de tipo litosol eutrico, de textura media y que poseen un horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad, se desarrollan en terreno plano con pendientes menores de 8 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varia de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son: *Larrea tridentata*, *Zaluzania triloba*, *Parthenium incanum*, *Flourensia cernua*, *Zinnia acerosa*, *Opuntia leptocaulis*, *Yucca carnerosana*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Ferocactus sp.*, *Jatropha dioica*, *Bahia pringlei*, *Echinocereus pectinatus*, etc.

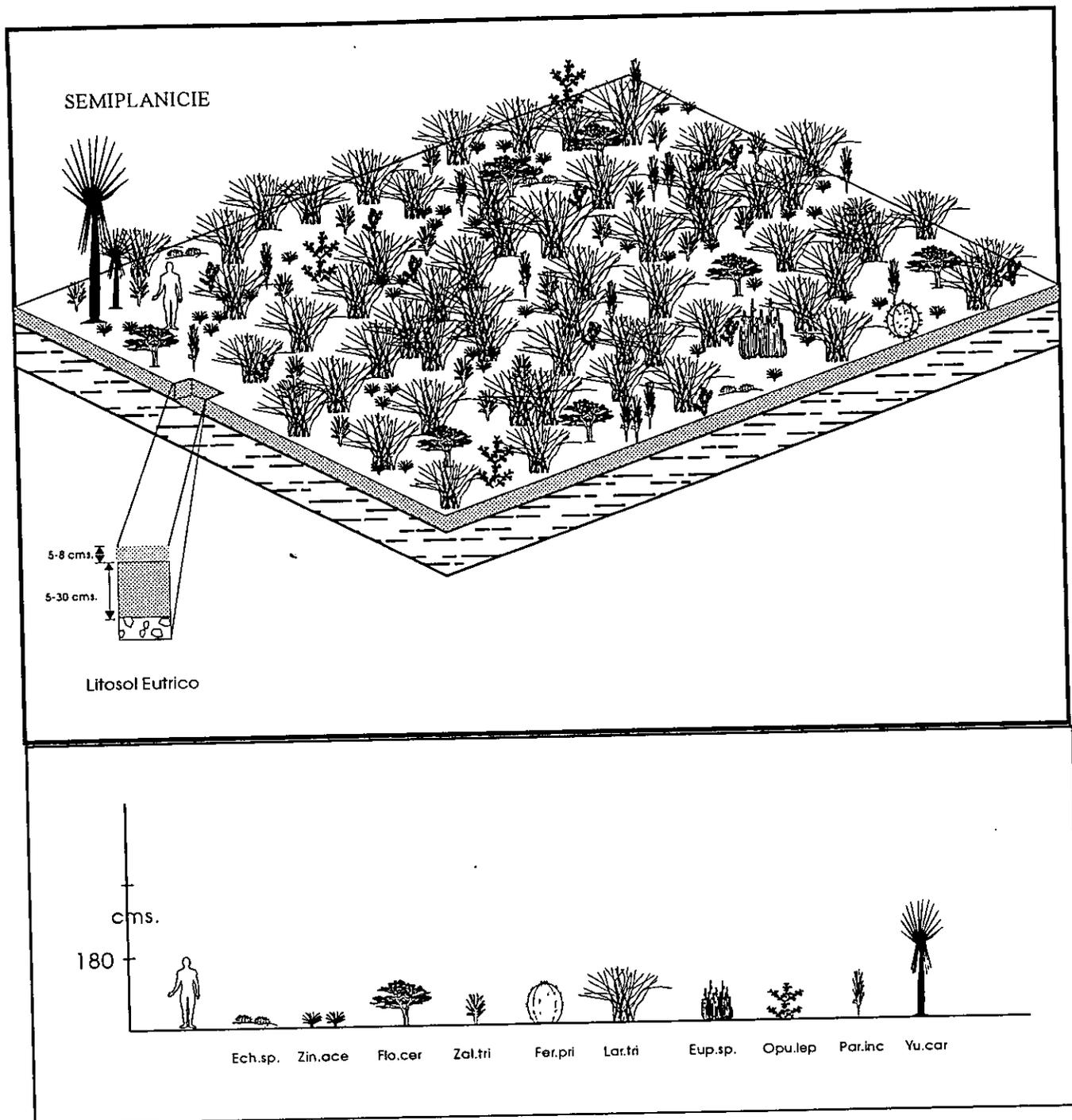


Figura 16. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 4.

**Tabla 10**

**Sitio 5. Matorral desértico rosetófilo**

**Altitud:2070 msnm**

**Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	13.4	0.6	6.9	7.0
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	50.0	65.3	10.4	42.0
<i>Cercocarpus sp.</i>	0.07	0.6	3.4	1.4
<i>Dasylium cedrosanum</i>	3.2	0.6	3.4	2.4
<i>Echinocactus visnaga</i>	3.2	1.2	6.9	3.8
<i>Ephedra aspera</i>	11.0	2.4	3.4	5.6
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.9	1.8	6.9	3.2
<i>Jatropha dioica</i>	1.8	1.8	10.4	4.6
<i>Larrea tridentata</i>	2.1	0.6	3.4	2.0
<i>Mimosa zigophylla</i>	0.8	0.6	3.4	1.6
<i>Opuntia imbricata</i>	1.8	9.4	6.9	6.0
<i>Opuntia leptocaulis</i>	1.1	2.4	3.4	2.2
<i>Opuntia rastrera</i>	1.3	1.2	3.4	2.0
<i>Rhus microphylla</i>	0.07	0.6	3.4	1.4
<i>Salvia cf lycypidas</i>	0.07	0.6	3.4	1.4
<i>Sophora secundiflora</i>	3.6	0.6	3.4	2.5
ESTRATO HERBACEO				
<i>Andropogon cirratus</i>	2.8	1.8	6.9	3.8
<i>Menodora longiflora</i>	1.6	7.6	6.9	5.4
<i>Xanthocephalum cf microcephalum</i>	0.07	0.6	3.4	1.4

Este sitio se encuentra en la parte noreste de la Sierra de Catorce (camino a Real de Catorce), a una altitud de 2 070 msnm; el terreno es escarpado y esta ubicado en una ladera, tiene una pendiente de entre 30 y 40 %, el contenido de piedras y grava esta entre un 55 y un 70 %.

El suelo es muy superficial: el horizonte A mide alrededor de 5 cm., el horizonte B aparece aproximadamente entre los 6 a 20 cm., más abajo abunda un sustrato rocoso, mezclado con suelo en proceso de formación y raíces abundantes, sobre todo las de tamaño pequeño y mediano (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo, en seco (6/2 YR) y el café oscuro en húmedo (3/2 YR); la clasificación textural es media, de tipo migajón-arenosa. El valor de pH es de 8.06 y el porcentaje de materia orgánica de 3.93.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de conglomerado; el suelo es tipo litosol eutricto, de textura media, con un horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad, se desarrollan en terreno plano con pendientes menores de 8 %, en lomerios y en terreno montañoso con pendientes entre 8 y 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varía de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Agave lechuguilla*, *Yucca carnerosana*, *Opuntia imbricata*, *Ephedra aspera*, *Menodora longiflora*, *Jatropha dioica*, *Echinocactus visnaga*, *Andropogon cirratus*, *Ferocactus pringlei*, *Sophora secundiflora*, *Dasylium cedrosanum*, *Opuntia leptocaulis*, *Opuntia rastrera*, *Larrea tridentata*, *Mimosa zigophylla* y otras de menor importancia.

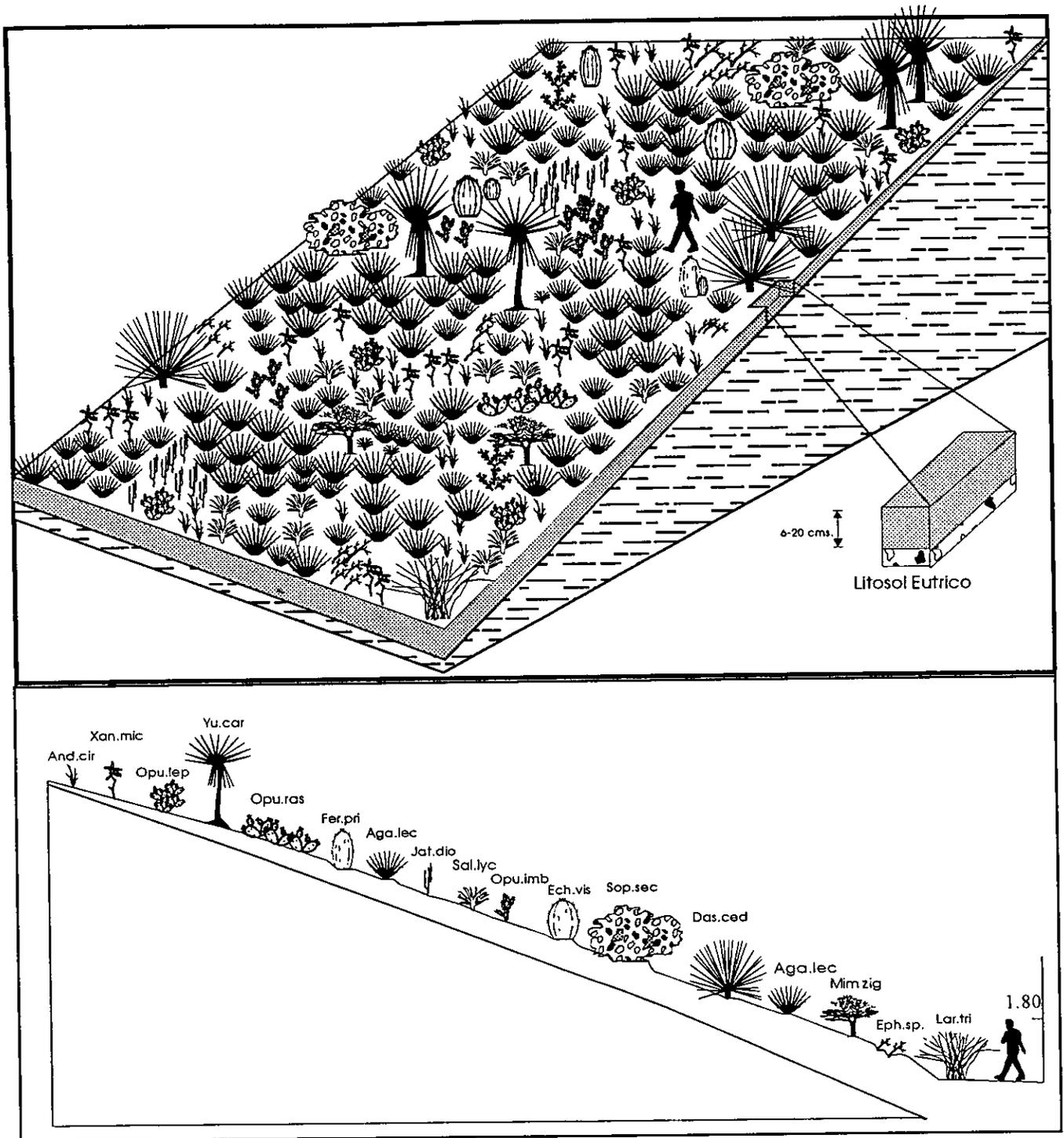


Figura 17. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 5.

**Tabla 11**

**Sitio 6. Matorral desértico rosetófilo**

**Altitud: 2 190 msnm**

**Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	1.4	0.7	2.9	1.7
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	63.0	73.3	11.8	49.4
<i>Agave striata</i>	1.6	1.1	2.9	1.9
<i>Berberis trifoliolata</i>	3.5	3.9	8.9	5.5
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.1	0.7	2.9	1.2
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	6.2	1.8	5.9	4.6
<i>Ephedra aspera</i>	1.4	0.7	2.9	1.2
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.2	1.5	8.8	3.6
<i>Forestiera cf angustifolia</i>	4.0	0.7	5.8	3.5
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	P	P	P	P
<i>Gutierrezia microcephala</i>	2.3	1.5	8.8	4.2
<i>Lamourouxia lasyantha</i>	1.5	1.9	5.9	3.1
<i>Lindleyella mespiloides</i>	0.3	0.4	2.9	1.2
<i>Mimosa zygophylla</i>	0.2	0.2	2.9	1.1
<i>Opuntia rastrera</i>	1.3	2.0	5.9	3.0
<i>Opuntia tunicata</i>	0.6	1.1	5.9	2.5
<i>Opuntia leptocaulis</i>	6.3	0.7	5.9	4.3
<i>Rhus microphylla</i>	P	P	P	P
<i>Salvia ballotaeflora</i>	6.0	6.5	5.9	6.2
<i>Schaefferia stenophylla</i>	P	P	P	P
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	0.1	0.4	2.9	1.1
ESTRATO HERBACEO				
<i>Aristida barbata</i>	P	P	P	P
<i>Aristida glauca</i>	P	P	P	P
<i>Bouteloua barbata</i>	P	P	P	P

Se localiza en la parte noreste de la Sierra de Catorce (camino a Real de Catorce), a una altitud de 2 190 msnm; el terreno es escarpado, ubicado en una ladera con una pendiente de alrededor de 35 %, el contenido de piedras y grava es de alrededor de 65 %.

El suelo es muy delgado, aunque la profundidad es muy variable; el horizonte A mide alrededor de 5 a 7 cm. y descansa sobre una capa de caliche, suelo y roca (horizonte C). El horizonte A presenta abundantes raíces gruesas, medianas y finas, en el horizonte C las raíces son muy delgadas. El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo, en seco (6/2 YR) y el café oscuro en húmedo (3/2 YR); la clasificación textural es media, de tipo migajón-arenosa. El valor obtenido para el pH es de 8.06 y el porcentaje de materia orgánica de 3.93.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de conglomerado; con suelo de tipo litosol eutrítico, textura media, con un horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad; se desarrollan en terreno plano con pendientes menores de 8 %, en lomeríos y en terreno montuoso con pendientes entre 8 y 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varía de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Agave lechuguilla*, *Salvia ballotaeflora*, *Berberis trifoliolata*, *Dasylirium cedrosanum*, *Opuntia leptocaulis*, *Gutierrezia microcephala*, *Ferocactus pringlei*, *Forestiera cf angustifolia*, *Lamourouxia lasyantha*, *Opuntia rastrera*, *Opuntia tunicata*, *Agave striata*, *Yucca carnerosana*, entre otras de menor importancia.

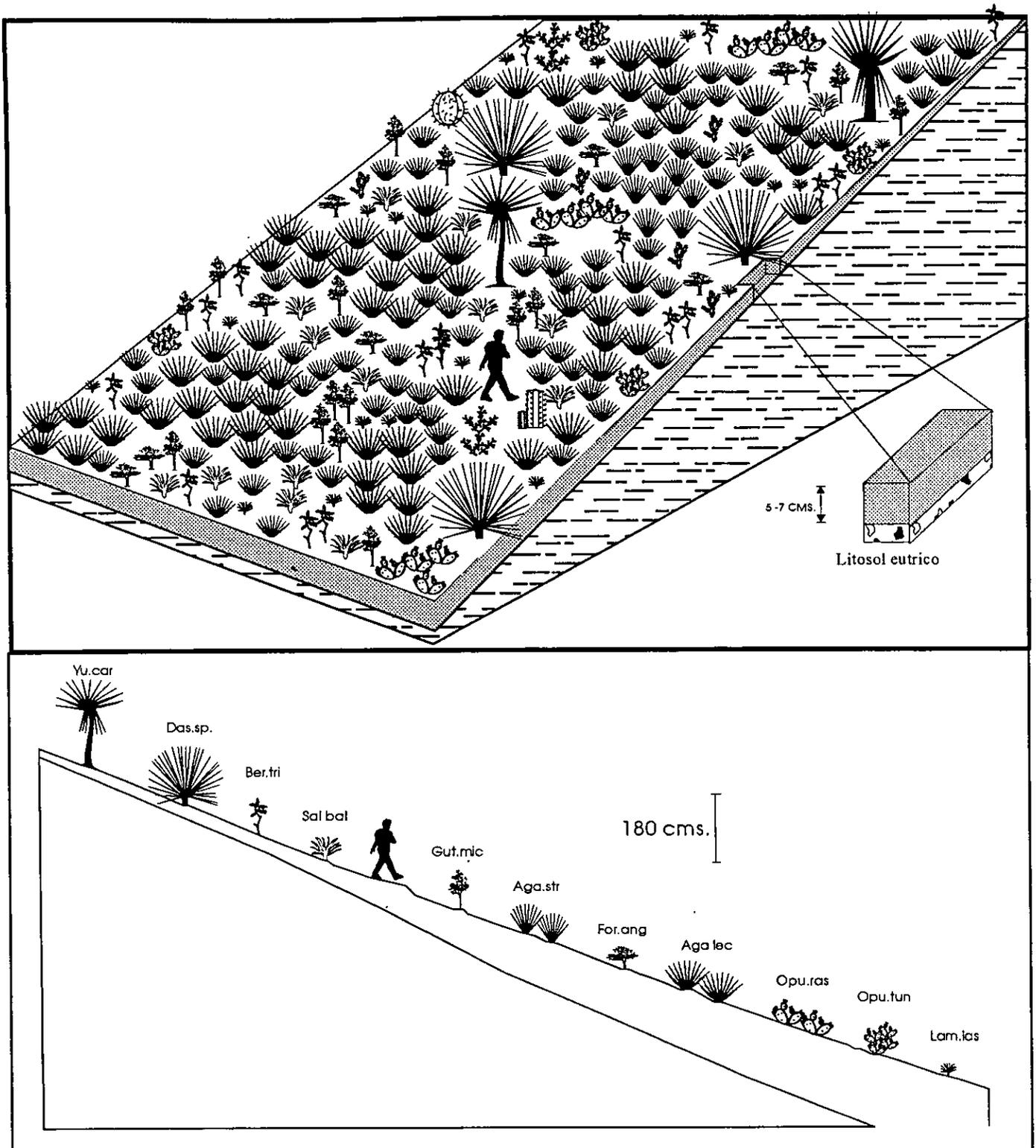


Figura 18. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 6.

**Tabla 12**

**Sitio 7. Matorral desértico rosetófilo - chaparral**

**Altitud: 2 250 msnm**

**Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	5.3	0.4	2.5	2.7
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	34.2	54.7	10.0	33.0
<i>Berberis trifoliolata</i>	2.0	2.5	7.5	4.0
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0.7	1.8	2.5	1.7
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	21.2	5.0	7.5	11.2
<i>Ephedra compacta</i>	0.6	0.9	2.5	1.3
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.2	0.5	2.5	1.0
<i>Gutierrezia microcephala</i>	0.4	2.0	2.5	1.6
<i>Jatropha dioica</i>	0.4	1.0	2.5	1.2
<i>Juniperus monticola</i>	21.0	1.4	7.5	10.0
<i>Lindleyella mespiloides</i>	0.5	2.0	2.5	1.7
<i>Mammillaria pottsii</i>	0.4	1.2	5.0	2.2
<i>Opuntia microdasys</i>	0.5	2.0	5.0	2.5
<i>Opuntia rastrera</i>	0.2	6.0	5.0	3.7
<i>Sophora secundiflora</i>	7.4	3.7	10.0	7.1
ESTRATO HERBACEO				
<i>Bouteloua scorpioides</i>	0.4	3.4	2.5	2.1
<i>Bouteloua triana</i>	0.6	2.0	2.5	1.7
<i>Dissodya setifolia</i>	0.8	1.0	2.5	1.4
<i>Linum cf aristatum</i>	0.6	3.3	5.0	3.0
<i>Muhlenbergia capillans</i>	0.5	3.0	5.0	2.8
<i>Polygala dolichocarpa</i>	0.5	1.0	2.5	1.3
<i>Stevia salicifolia</i>	0.5	1.0	5.0	2.2

Este sitio se encuentra en la parte noreste de la Sierra de Catorce (cerca del poblado de la Luz, Real de Catorce) a una altitud de 2 250 msnm; el terreno es escarpado y esta

ubicado en una ladera, presenta una pendiente de alrededor de 38 a 45 %, el contenido de piedras y grava es cercano al 60 %.

El suelo es muy delgado; de profundidad variable, el horizonte A mide alrededor de 8 cm. y descansa sobre una capa de caliche, suelo y roca (horizonte C). El horizonte A presenta abundantes raíces sobre todo delgadas. El color predominante en el horizonte A es el café, en seco (5/2 YR) y café oscuro en húmedo (3/2 YR); la textura es media: migajón-arenosa. El valor del pH es de 8.23 y la cantidad de materia orgánica es de 5.52 %.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza, el suelo es de tipo litosol eutrítico, textura media, se desarrollan en terrenos con disección severa a terrenos montañosos con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varía de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales más importantes son: *Agave lechuguilla*, *Dasylirium cedrosanum*, *Juniperus monticola*, *Sophora secundiflora*, *Berberis trifoliolata*, *Opuntia rastrera*, *Linum cf aristatum*, *Muhlenbergia capillans*, *Yucca carnerosana*, *Opuntia microdasys*, *Mammillaria pottsii*, *Stevia salicifolia*, principalmente.

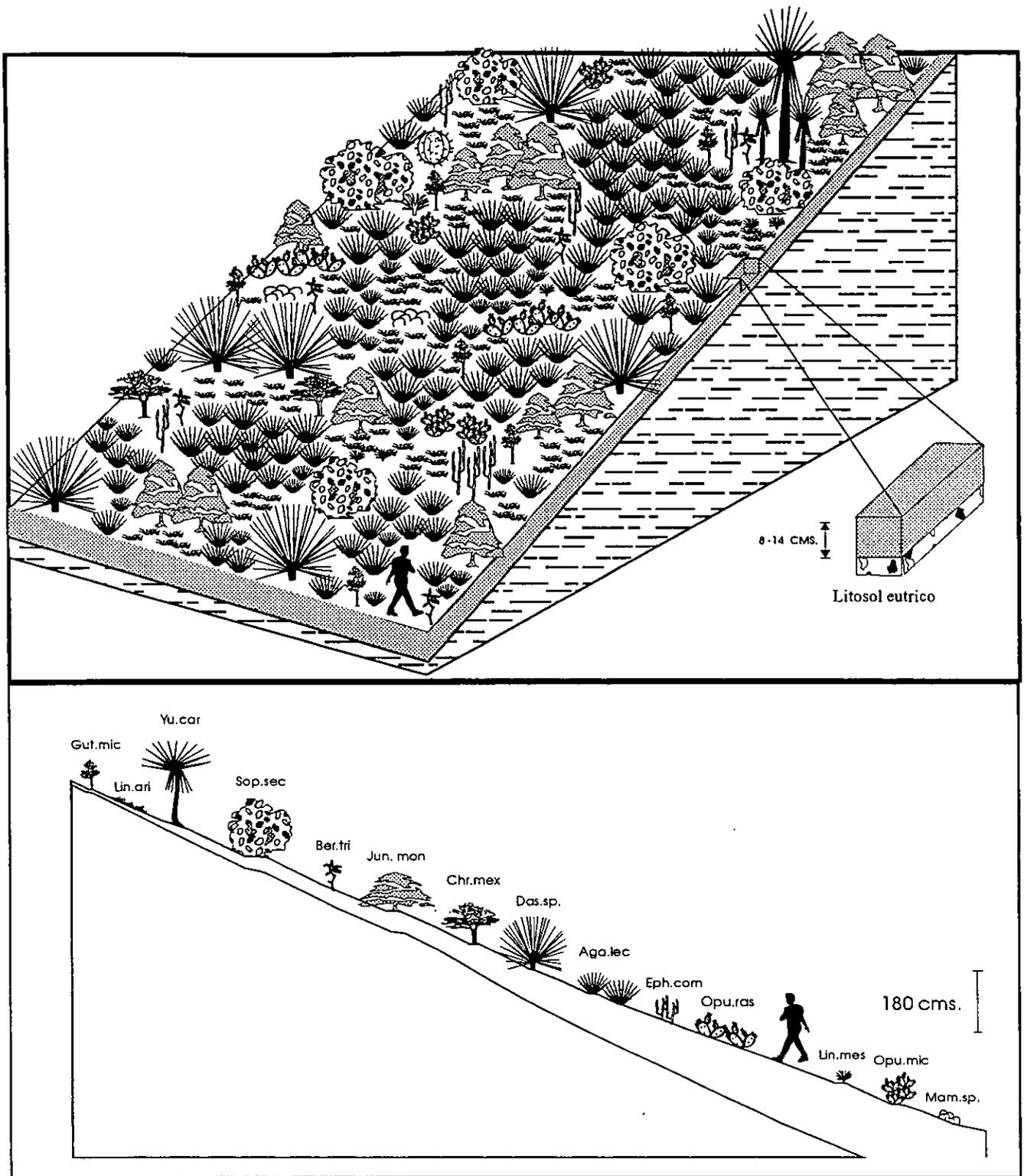


Figura 19. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 7.

**Tabla 13**

**Sitio 8. Matorral desértico rosetófilo - piñonar**

**Altitud: 2 260 msnm**

**Ubicación: O**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBOREO				
<i>Pinus cembroides</i>	32.4	5.0	10.3	15.9
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	4.0	0.5	2.6	2.4
<i>Yucca filifera</i>	12.3	1.0	2.6	5.3
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	16.0	33.7	10.3	19.9
<i>Berberis trifoliolata</i>	1.0	3.0	5.1	2.7
<i>Brickellia veronicifolia</i>	1.8	3.0	5.1	3.3
<i>Coryphanta cornifera</i>	0.8	5.0	5.1	3.6
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0.08	1.0	2.6	1.2
<i>Echinocactus visnaga</i>	0.5	0.5	2.6	1.2
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.2	1.0	5.1	2.1
<i>Forestiera angustifolia</i>	8.4	0.5	2.6	3.8
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	1.0	0.5	2.6	1.4
<i>Jatropha dioica</i>	2.2	9.0	2.6	4.6
<i>Lamourouxia lasiantha</i>	0.5	2.0	2.6	1.7
<i>Lindleyella mespiloides</i>	1.0	1.5	2.6	1.7
<i>Opuntia microdasys</i>	0.8	1.0	2.6	1.5
<i>Opuntia rastrera</i>	3.0	1.5	5.1	3.2
<i>Opuntia tunicata</i>	1.0	0.5	2.6	1.4
<i>Rhus microphylla</i>	0.8	1.5	2.6	1.6
<i>Sophora secundiflora</i>	1.6	1.0	5.1	2.6
ESTRATO HERBACEO				
<i>Bouteloua scorpioides</i>	2.5	6.6	5.1	4.7
<i>Carex cf polystachya</i>	4.5	1.5	2.6	2.9
<i>Dyssodia greggii</i>	0.5	1.0	2.6	1.4
<i>Linum aristatum</i>	1.0	10.1	2.6	4.6
<i>Menodora scoporia</i>	0.5	5.0	2.6	2.7
<i>Muhlenbergia pusilla</i>	2.5	3.0	2.6	2.7

El sitio de muestreo 8 se encuentra en la parte oeste de la Sierra de Catorce, a una altitud de 2 260 msnm; el terreno es escarpado, ubicado en una ladera de cerro, con una pendiente de alrededor de 47 %, el contenido de piedras y grava es alto, de alrededor de 60 % debido al arrastre de material.

El suelo es muy delgado, aunque la profundidad es muy variable; el horizonte A mide alrededor de 20 cm., descansando sobre una capa de caliche, suelo y roca (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo en seco (6/2 YR) y café oscuro en húmedo (3/2 YR); la clasificación textural es media, de tipo migajón-arenosa. El valor del pH es de 8.20 y el porcentaje de materia orgánica de 3.60.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza; suelo de tipo litosol eutricto, textura media; se desarrollan en terreno con disección severa a terreno montañoso con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 16.3 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 310.84 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita y San José Coronados).

Las especies vegetales con que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Agave lechuguilla*, *Pinus cembroides*, *Yucca filifera*, *Bouteloua scorpioides*, *Linum aristatum*, *Jatropha dioica*, *Forestiera cf angustifolia*, *Coryphanta cornifera*, *Brickellia veronicifolia*, *Opuntia rastrera*, *Carex cf polystachya*, *Berberis trifoliolata*, *Menodora scoporia*, *Muhlenbergia pusilla*, *Sophora secundiflora*, *Yucca carnerosana*, *Ferocactus pringlei* y otras de menor importancia.

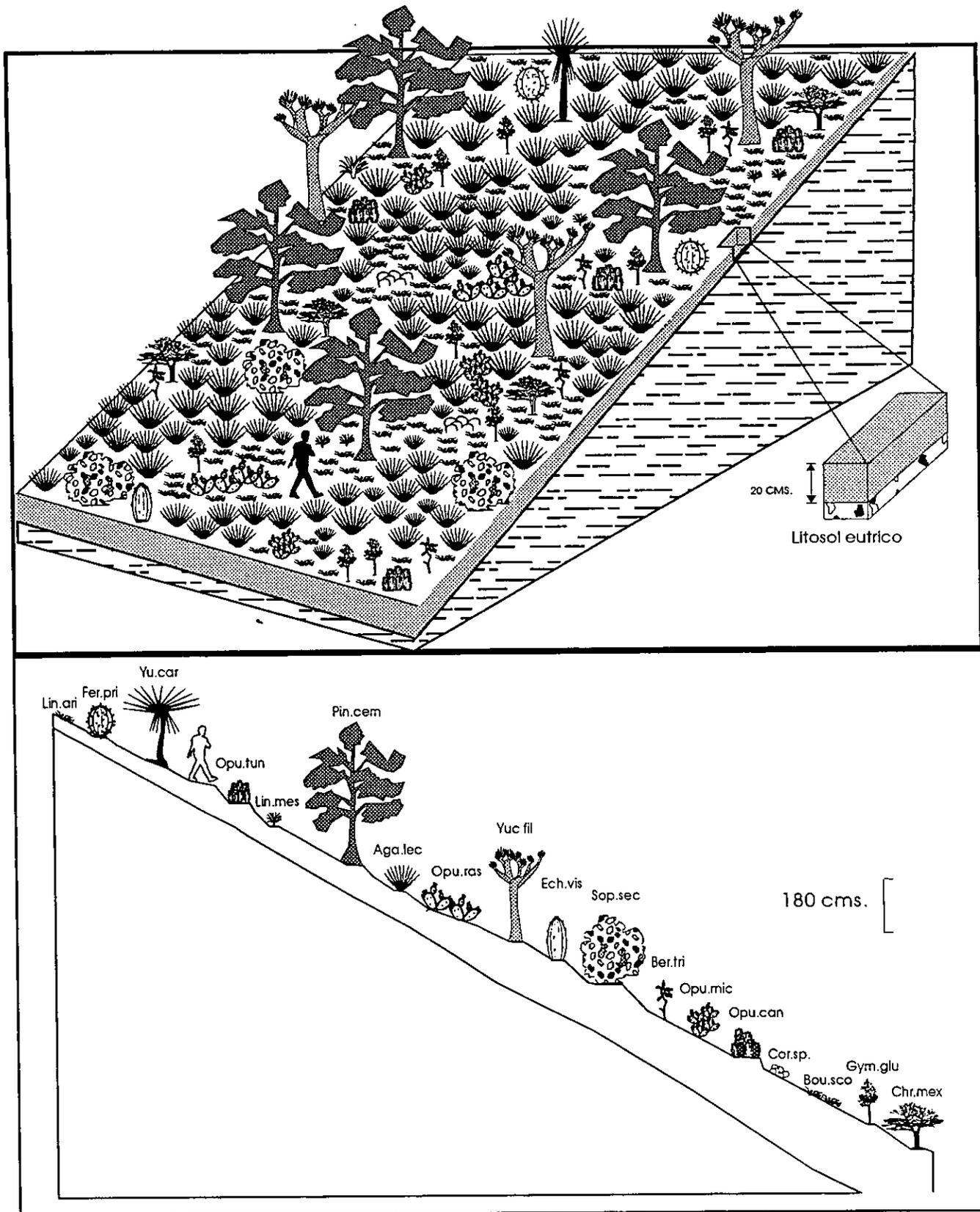


Figura 20. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 8.

**Tabla 14**

**Sitio 9. Matorral desértico rosetófilo - chaparral**

**Altitud: 2 270 msnm**

**Ubicación: NE**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Prosopis glandulosa</i>	0.8	0.2	3.6	1.5
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	55.0	57.5	8.9	40.5
<i>Agave salmiana var. crassispina</i>	1.3	0.22	3.6	1.7
<i>Atriplex canescens</i>	0.22	0.34	1.8	0.8
<i>Bouvardia ternifolia</i>	P	P	P	P
<i>Brickellia veronicifolia</i>	0.9	4.4	3.6	3.0
<i>Chrysactinia mexicana</i>	2.4	2.2	3.6	2.8
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	0.06	0.26	3.6	1.3
<i>Echinocactus visnaga</i>	0.1	1.0	3.6	1.6
<i>Ephedra aspera</i>	1.0	1.5	5.4	2.6
<i>Gutierrezia cf microcephala</i>	12.0	12.6	5.4	1.0
<i>Jatropha dioica</i>	1.6	1.7	1.8	1.7
<i>Juniperus monticola</i>	2.5	1.0	2.6	2.0
<i>Lamourouxia lasiantha</i>	1.7	4.0	7.1	4.3
<i>Lantana involucrata</i>	0.3	4.4	3.6	2.8
<i>Leucophillum minus</i>	0.5	0.12	1.8	0.8
<i>Mammillaria gummifera</i>	0.16	0.06	3.6	1.3
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	3.0	6.0	6.0	5.0
<i>Opuntia microdasys</i>	0.3	0.1	3.6	1.6
<i>Opuntia rastrera</i>	0.2	8.6	5.4	4.7
<i>Rhus microphylla</i>	3.2	0.4	3.6	2.4
<i>Sophora secundiflora</i>	6.0	0.4	3.6	3.4
ESTRATO HERBACEO				
<i>Bahia pringlei</i>	0.8	0.22	1.8	1.0
<i>Dyssodia greggii</i>	2.0	2.9	7.1	4.0
<i>Menodora scoporia</i>	2.2	4.0	5.4	4.0
<i>Viguiera stanoloba</i>	0.8	2.2	3.6	3.3

Este sitio de muestreo se ubica en la parte noreste de la Sierra de Catorce (a 3 km. del túnel de Ogarrío, Real de Catorce), a una altitud de 2 270 msnm; la topografía del terreno es escarpada, se presenta en la ladera de un cerro con una pendiente de alrededor de 40 %, el contenido de piedras y grava es alto (55 %).

El suelo es muy delgado; aunque la profundidad es muy variable; el horizonte A mide cerca de 16 cm. (descansando sobre una capa de caliche, suelo y roca: horizonte C), que aparece alrededor de los 17 cm. El color predominante en el horizonte A es el café, en seco (5/2 YR) y el café oscuro en húmedo (3/2 YR); como en la mayoría de los suelos muestreados la textura es media, de tipo migajón arenoso. El valor del pH es de 8.23, la cantidad de materia orgánica de 5.52 %.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza; el suelo es de tipo litosol eutrítico, luvisol crómico y rendzina de textura media, se desarrollan en terrenos con disección severa y terrenos montañosos con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 17.6° a 19.9 ° C y la precipitación varía de 452.77 a 476.76 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: Matehuala y Normal del Desierto).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Agave lechuguilla*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia rastrera*, *Lamourouxia lasiantha*, *Dyssodya greggii*, *Menodora scoporia*, *Sophora secundiflora*, *Viguiera stonoloba*, *Brickellia veronicifolia*, *Chrysactinia mexicana*, *Lantana involucrata*, *Ephedra aspera*, *Rhus microphylla*, *Juniperus monticola*, *Jatropha dioica*, *Agave salmiana* var. *crassispina*, *Echinocactus visnaga*, *Opuntia microdasys*, *Prosopis glandulosa*, *Dasylium cedrosanum* y otras de menor importancia.

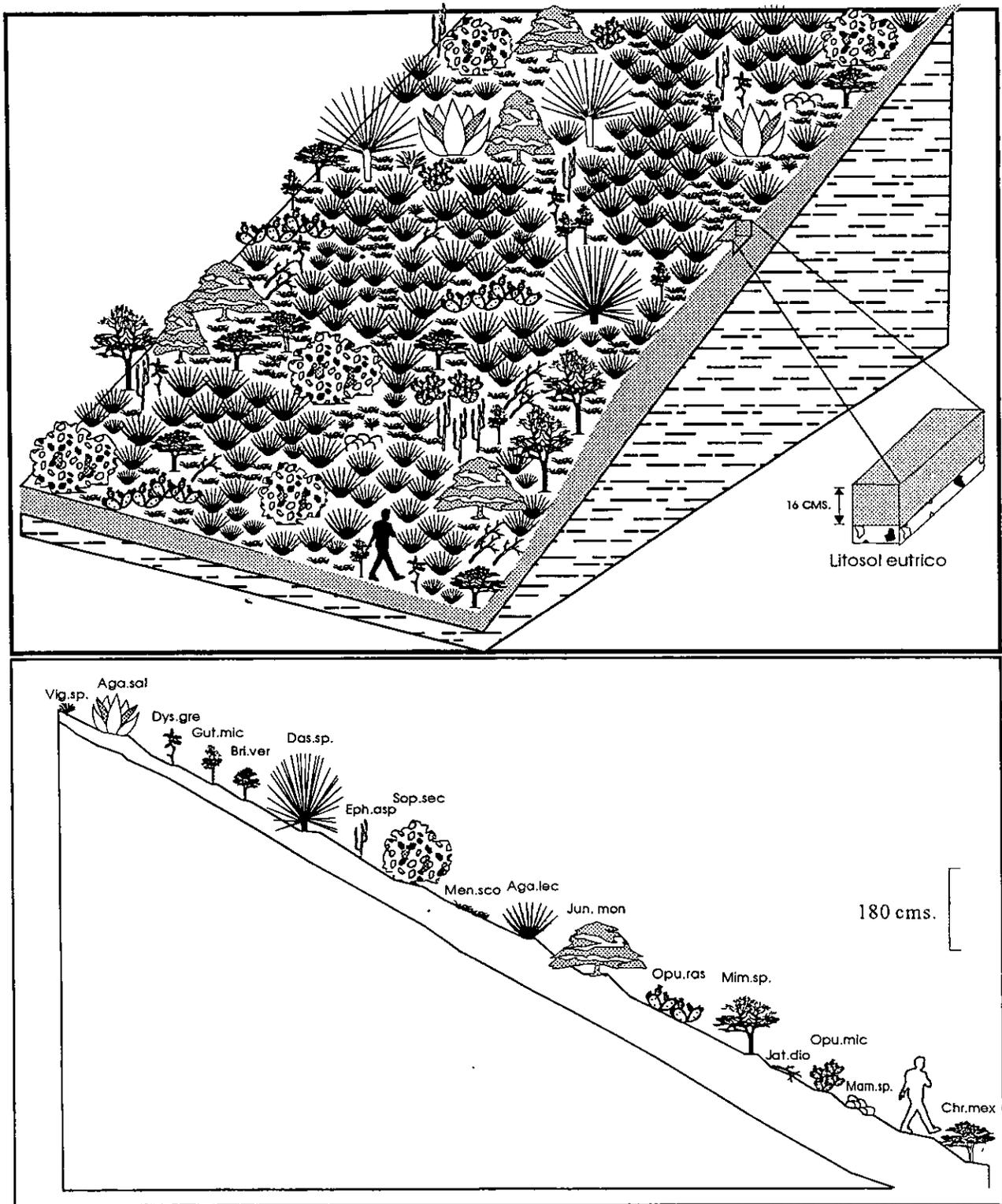


Figura 21. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 9.

Tabla 15

Sitio 10. Matorral desértico rosetófilo - piñonar

Altitud: 2 300 msnm

Ubicación: SO

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBOREO				
<i>Pinus cembroides</i>	43.0	5.4	11.7	20.0
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	30.0	5.4	11.7	15.7
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	17.0	58.0	11.7	29.0
<i>Berberis trifoliata</i>	1.3	1.2	5.9	2.8
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	P	P	P	P
<i>Dodonea viscosa</i>	1.3	4.5	5.9	3.9
<i>Ferocactus pringlei</i>	0.7	7.6	11.7	6.7
<i>Fraxinus greggii</i>	0.7	1.3	5.9	2.6
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.4	3.4	5.9	3.2
<i>Opuntia rastrera</i>	1.5	4.5	11.7	6.0
<i>Ptelea trifoliata</i>	2.0	4.9	5.9	4.3
<i>Sophora secundiflora</i>	1.8	3.5	11.7	5.7

Este sitio se localiza en la parte suroeste de la Sierra de Catorce (cercano al poblado de San José Coronados), a una altitud de 2 300 msnm; el terreno es escarpado y ocupa una ladera cercana a la cima de un cerro; presenta una pendiente de alrededor de 35 - 40 %, el contenido de piedras y grava es muy elevado (cerca de 60 %), debido al arrastre de material.

El suelo es delgado; el horizonte A mide alrededor de 15 - 25 cm., descansando sobre una capa de caliche, suelo y roca (horizonte C). El color del horizonte A es café-gris rosáceo, en seco (5/2 YR) y café muy oscuro en húmedo (2/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El valor de pH es de 8.18 y contiene 5.80 % de materia orgánica.

Las cartas geológica y topográfica indican para esta zona un sustrato geológico de caliza, el suelo es de tipo litosol eutrúico, de textura media, se desarrollan en terrenos con

disección severa y terrenos montañosos con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 16.3 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 310.84 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita y San José Coronados).

Las especies vegetales de mayor valor de importancia en esta comunidad son: *Agave lechuguilla*, *Pinus cembroides*, *Yucca carnerosana*, *Ferocactus pringlei*, *Opuntia rastrera*, *Sophora secundiflora*, *Ptelea trifoliata*, *Dodonea viscosa*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Berberis trifoliata*, y *Fraxinus greggi*.

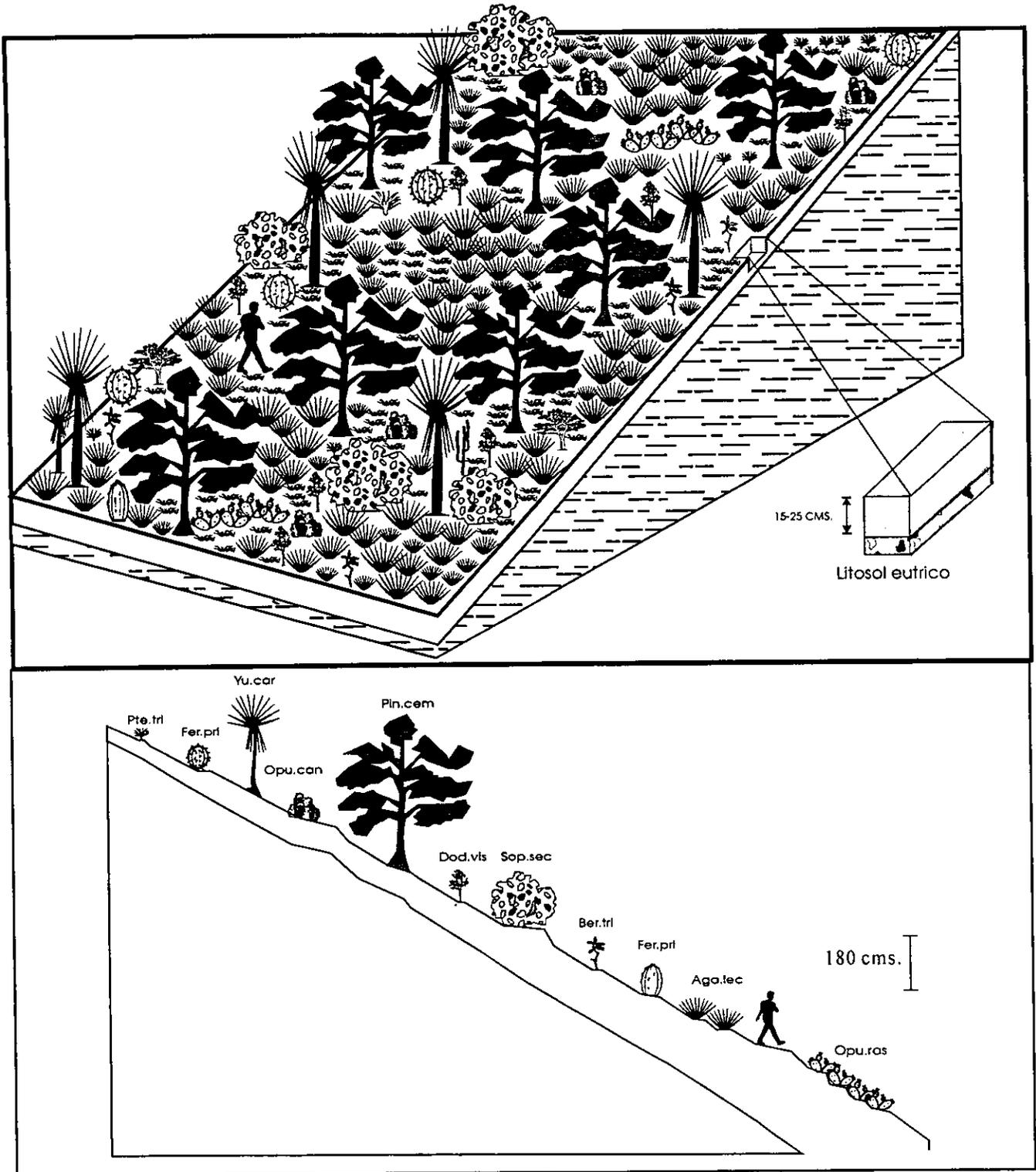


Figura 22. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 10.

Tabla 16

Sitio 11. Matorral desértico rosetófilo - piñonar

Altitud: 2 400 msnm

Ubicación: SO

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBOREO				
<i>Pinus cembroides</i>	29.0	4.2	15.0	16.0
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	8.6	1.0	5.0	4.9
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	26.0	21.0	15.0	20.7
<i>Agave striata</i>	6.9	31.6	10.0	16.2
<i>Buddleia scordoides</i>	P	P	P	P
<i>Ceanothus greggii</i>	0.86	5.2	5.0	3.7
<i>Chaetopappa belloides</i>	0.69	4.2	5.0	3.3
<i>Choisya katherinae</i>	0.86	4.2	5.0	3.4
<i>Chrysactinia truncata</i>	4.3	6.3	10.0	6.8
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	8.6	2.1	5.0	5.2
<i>Ephedra compacta</i>	2.6	3.1	5.0	3.6
<i>Euphorbia antysiphilitica</i>	P	P	P	P
ESTRATO HERBACEO				
<i>Bouteloua curtipendula</i>	P	P	P	P
<i>Erigeron unguiphilus</i>	P	P	P	P
<i>Gilia rigidula</i>	6.9	4.2	5.0	5.4
<i>Loeselia coerulea</i>	4.3	2.1	5.0	3.8
<i>Muhlenbergia ternifolia</i>	0.26	5.2	5.0	3.5
<i>Nama palmeri</i>	0.08	5.2	5.0	3.4
<i>Saluzania triloba</i>	P	P	P	P
<i>Sanvitalia procumbens</i>	P	P	P	P
<i>Verbena sp.</i>	P	P	P	P

Este sitio se encuentra en la parte suroeste de la Sierra de Catorce (muy cerca de la mina de San José Coronados), a una altitud de 2 400 msnm; el terreno es muy escarpado,

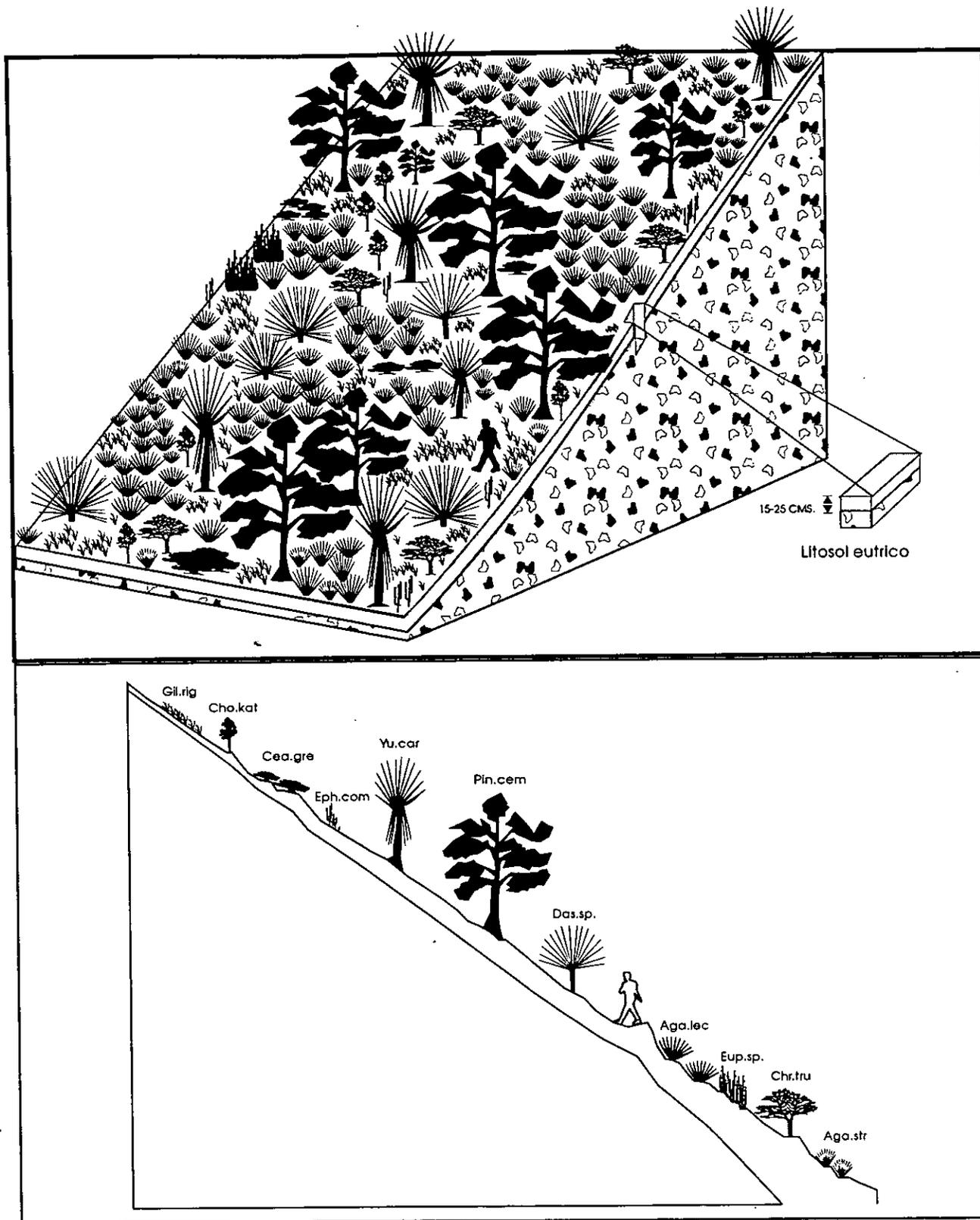
ubicado en una ladera, la pendiente es de 55 - 60 % y el contenido de piedras y grava es muy elevado (alrededor de 65 %).

El suelo es delgado; el horizonte A mide alrededor de 15 a 25 cm., descansando sobre una capa de caliche, suelo y roca (horizonte C). El color del horizonte A es gris rosáceo en seco (6/2 YR) y café oscuro en húmedo (4/2 YR); la clasificación textural es media, de tipo migajón-arenoso. El valor de pH es de 8.22 y la concentración de materia orgánica es alta: 5.80 %.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza; con suelo de tipo litosol eutrico de textura media, se desarrollan en terrenos con disección severa y terrenos montañosos con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 16.3 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 310.84 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita y San José Coronados).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Agave lechuguilla*, *Agave striata*, *Pinus cembroides*, *Chrysactinia truncata*, *Gilia rigidula*, *Dasylium cedrosanum*, *Yucca carnerosana*, *Loeselia coerulea*, *Ceanothus greggii*, *Ephedra compacta*, *Muhlenbergia ternifolia*, *Nama palmeri*, *Choisya katherinae*, *Chaetopappa belloides*, entre otras menos importantes.



**Figura 23.** Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el **sitio 11**.

Tabla 17

Sitio 12. Matorral desértico rosetófilo - chaparral

Altitud: 2 410 msnm

Ubicación: O

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	8.3	1.0	7.0	5.4
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave americana</i>	0.9	0.6	3.5	1.7
<i>Agave macroculmis</i>	21.7	25.0	7.0	18.0
<i>Agave lechuguilla</i>	12.2	12.0	3.5	9.2
<i>Agave striata</i>	7.8	13.4	7.0	9.4
<i>Arenaria lycopodioides</i>	3.2	1.8	3.5	2.8
<i>Bouvardia ternifolia</i>	P	P	P	P
<i>Crusea diversifolia</i>	1.2	2.5	3.5	2.4
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0.9	0.8	3.5	1.8
<i>Dasylium cedrosanum</i>	13.0	1.1	7.0	7.0
<i>Eupatorium espinosarum</i>	1.6	4.6	3.5	2.5
<i>Eupatorium schaffneri</i>	4.8	5.6	3.5	5.8
<i>Ferocactus pringlei</i>	P	P	P	P
<i>Gutierrezia cf microcephala</i>	P	P	P	P
<i>Piqueria trinervia</i>	2.4	2.0	3.5	2.6
<i>Ptelea trifoliata</i>	0.9	2.0	3.5	2.2
<i>Quercus deserticola</i>	3.2	0.9	3.5	2.5
<i>Quercus sp.</i>	4.4	1.6	3.5	3.2
<i>Salvia penelli</i>	P	P	P	P
ESTRATO HERBACEO				
<i>Ageratum corymbosum</i>	2.4	2.0	3.5	2.6
<i>Bouteloua scorpioides</i>	1.6	2.3	3.5	2.5
<i>Muhlenbergia villosa</i>	4.5	5.5	3.5	4.3
<i>Notholaena incana</i>	0.9	2.1	3.5	2.2
<i>Oxalis corniculata</i>	0.9	2.5	3.5	2.3
<i>Pinaropappus roseum</i>	0.7	2.8	3.5	2.3
<i>Polygala macradania</i>	0.4	2.1	3.5	2.0
<i>Stevia salicifolia</i>	P	P	P	P
<i>Stevia serrata</i>	0.5	0.8	3.5	1.6
<i>Stipa tenuissima</i>	1.6	4.3	3.5	3.2

Se localiza en la parte oeste de la Sierra de Catorce (al este del poblado de San José Coronados), a una altitud de 2 410 msnm; el terreno es moderadamente escarpado y ubicado en la cima de un cerro, la pendiente va de 20 a 25 %, el contenido de piedras y grava es de alrededor de 30 %.

En el perfil del suelo se pudo llegar a una profundidad de 50 cm.; encontrándose un horizonte A pequeño de 18 cm. y un horizonte B de 19 a 45 cm., descansando sobre una capa de caliche (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo, en seco (6/2 YR) y café oscuro en húmedo (4/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El pH es de alrededor de 8.20 y la cantidad de materia orgánica de 3.60 %.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza, el suelo es de tipo litosol eutrítico, textura media, se desarrollan en terrenos de lomerío a terreno montuoso con pendientes entre 8 y 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 16.3 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 310.84 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita y San José Coronados).

Las especies vegetales que se encuentran en esta comunidad son; de acuerdo a su valor de importancia: *Agave macroculmis*, *Agave striata*, *Agave lechuguilla*, *Dasylium cedrosanum*, *Eupatorium schaffneri*, *Yucca carnerosana*, *Muhlenbergia villosa*, *Stipa tenuissima*, *Quercus sp.*, *Arenaria lycopodioides*, *Agetarum corymbosum*, *Piqueria trinervia*, *Quercus deserticola*, *Eupatorium espinosarum*, *Bouteloua scorpioides* y *Crusea diversifolia*, principalmente.

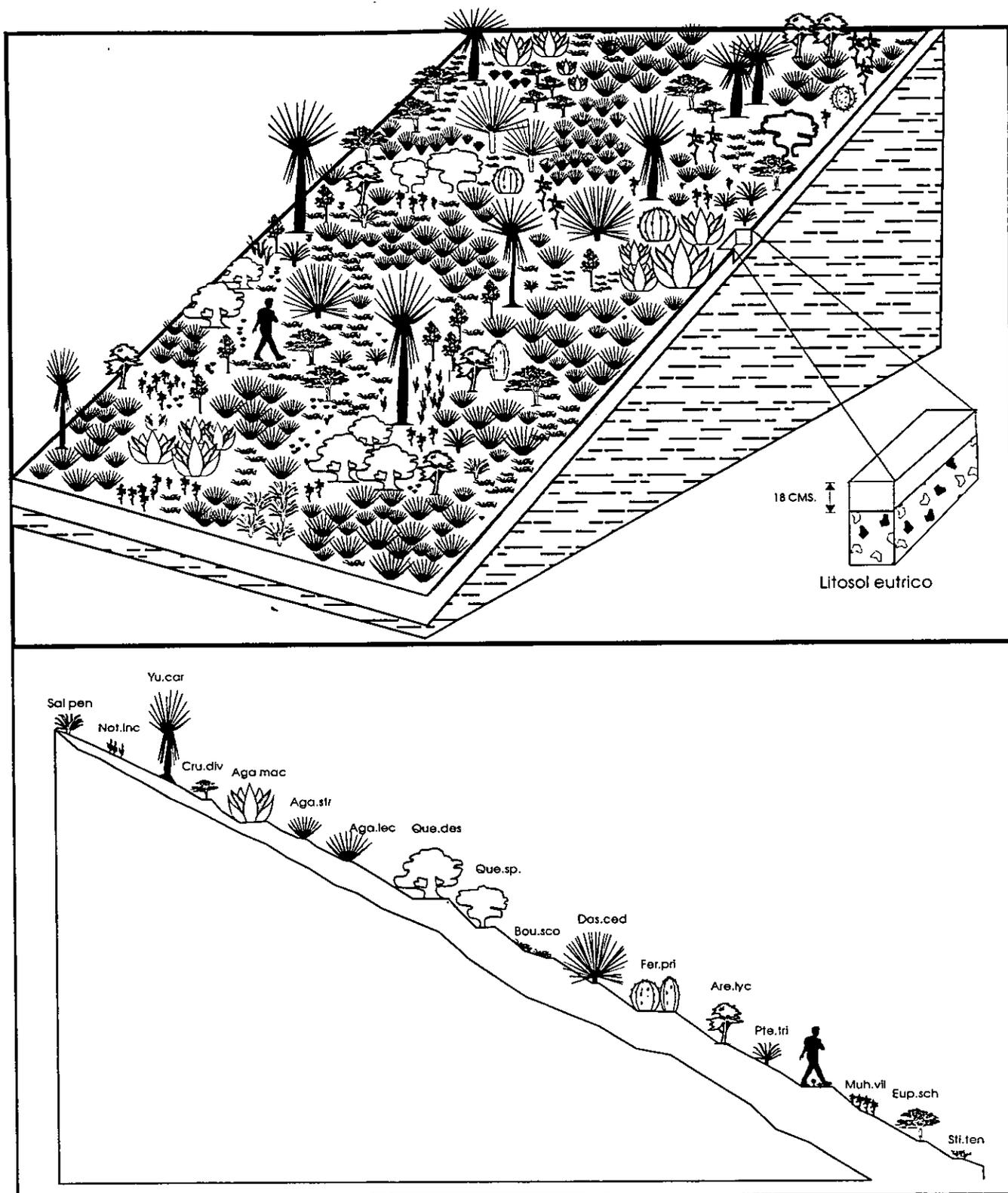


Figura 24. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 12.

Tabla 18

Sitio 13. Encinar arbustivo - piñonar

Altitud: 2 520 msnm

Ubicación: O

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBOREO	.			
<i>Pinus cembroides</i>	3.6	1.8	3.7	3.0
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave americana</i>	0.3	1.7	3.7	1.9
<i>Artostaphyllum punges</i>	0.8	3.5	3.7	2.6
<i>Chrysactinia mexicana</i>	29.7	17.5	7.4	18.2
<i>Chrysactinia truncata</i>	0.5	1.7	3.7	2.0
<i>Dalea frutescens</i>	0.5	1.7	3.7	2.0
<i>Dalea bicolor</i>	0.8	1.7	3.7	2.0
<i>Dasylium cedrosanum</i>	3.8	3.5	7.4	4.9
<i>Eupatorium calaminthifolium</i>	2.1	1.7	3.7	2.6
<i>Lindleyella mespiloides</i>	0.5	3.5	3.7	2.6
<i>Phoradendrom brachystachyum</i>	1.0	1.7	3.7	2.1
<i>Quercus cf eduardii</i>	2.1	1.7	3.7	2.5
<i>Quercus deserticola</i>	50.0	32.1	14.8	32.3
<i>Quercus cf pringlei</i>	0.8	10.7	3.7	5.0
<i>Rhus virens</i>	0.33	3.5	3.7	2.5
<i>Salvia microphylla</i>	0.7	3.5	3.7	2.6
<i>Salvia penelli</i>	0.8	1.8	3.7	2.1
<i>Salvia regla</i>	0.7	1.7	7.4	3.3
ESTRATO HERBACEO				
<i>Aster subulatus</i>	0.8	1.8	3.7	2.1
<i>Haplopappus spinulosus</i>	0.7	1.7	3.7	2.0
<i>Lycurus phleoides</i>	0.5	1.8	3.7	2.0

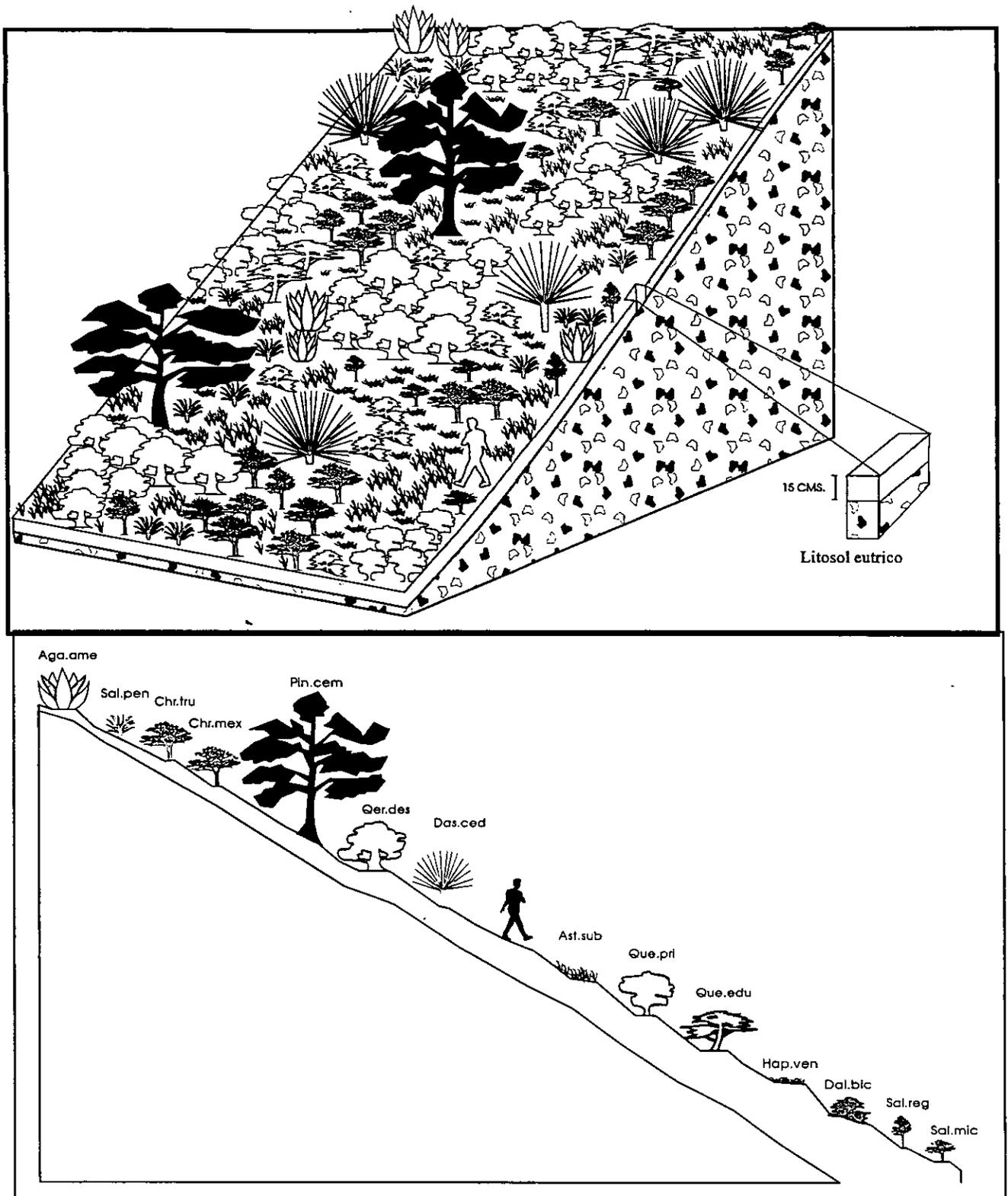
Este sitio se ubica en la parte oeste de la Sierra de Catorce (cerca del poblado de San José Coronados), a una altitud de 2 520 msnm; el terreno es escarpado, ocupa una ladera con pendiente de entre 35 y 40 %, el grado de pedregosidad es cercano al 30 %.

En el perfil del suelo se pudo llegar a una profundidad de 60 cm.; encontrándose un horizonte A pequeño de 15 cm. y un horizonte B de 16 a 45 cm., descansando sobre una capa de roca (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo, en seco (6/2 YR) y café oscuro en húmedo (4/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El pH es de alrededor de 8.20 y la cantidad de materia orgánica de 3.60 %.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza; el suelo es de tipo litosol eutrítico, textura media, se desarrollan en lomeríos a terrenos montañosos con pendientes entre 8 % y 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 16.3 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 310.84 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita y San José Coronados).

Las especies vegetales que representan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Quercus deserticola*, *Chrysactinia mexicana*, *Quercus cf pringlei*, *Dasylium cedrosanum*, *Salvia regla*, *Pinus cembroides*, *Salvia microphylla*, *Lindleyella mespiloides*, *Eupatorium calaminthifolium*, *Artostaphyllum pungens*, *Rhus virens*, *Quercus cf eduardii*, *Aster subulatum*, *Salvia penelli*, *Phoradendrom brachystachyum*, *Chrysactinia truncata*, *Dalea frutescens*, entre otras con menor valor de importancia.



**Figura 25.** Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 13.

**Tabla 19**

**Sitio 14. Piñonar - encinar arbustivo**

**Altitud: 2 550 msnm**

**Ubicación: NO**

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBOREO				
<i>Pinus cembroides</i>	33.0	8.3	12.0	18.0
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Ceanothus coeruleus</i>	0.5	8.3	8.0	5.6
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0.3	6.2	4.0	3.5
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	4.5	4.2	8.0	5.6
<i>Gutierrezia cf microcephala</i>	4.5	2.0	8.0	4.8
<i>Lindleyella mespiloides</i>	3.3	2.0	4.0	3.1
<i>Mandevilla karwinskii</i>	1.0	2.0	4.0	2.3
<i>Phoradendrum villosum ssp. flavum</i>	0.5	2.0	4.0	2.2
<i>Poliomintha longiftora</i>	1.0	2.0	4.0	2.3
<i>Quercus cf eduardi</i>	4.5	8.3	8.0	6.9
<i>Quercus cf pringlei.</i>	30.0	18.8	12.0	20.3
<i>Rhus andreuxi</i>	7.0	16.7	4.0	9.2
<i>Salvia regla</i>	1.4	4.2	4.0	3.2
ESTRATO HERBACEO				
<i>Ageratum corymbosum</i>	P	P	P	P
<i>Haplopappus spinulosus</i>	P	P	P	P
<i>Carex cf polystachya</i>	2.4	4.2	4.0	3.5
<i>Castilleja tenuiflora</i>	P	P	P	P
<i>Gnaphalium turneri</i>	0.5	2.0	4.0	2.2
<i>Linum aristatum</i>	1.5	2.0	4.0	2.5
<i>Seymeris decurba</i>	P	P	P	P
<i>Zinnia juniperifolia</i>	4.0	6.2	4.0	4.7

Se localiza en la parte suroeste de la Sierra de Catorce (arriba de la mina de San José Coronados), a una altitud que va de 2 550 a 2 850 msnm. La topografía del terreno es muy escarpada; pues se presenta en una ladera con pendiente de alrededor de 70 %, el contenido de piedras y grava es de alrededor de 60 %.

En el perfil del suelo sólo se encuentra un horizonte A con un espesor de 20 a 25 cm. (posee abundantes raíces delgadas y medianas; el grosor de estas disminuye conforme a la profundidad); descansando sobre una capa de caliche (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el gris rosáceo, en seco (6/2 YR) y café oscuro en húmedo (4/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arenosa. El pH es de alrededor de 8.22, mientras que el porcentaje de materia orgánica es de 5.80.

La cartografía indica para esta zona un sustrato geológico de caliza; el suelo es de tipo litosol eutricto, de textura media, se desarrollan en terrenos con disección severa y terrenos montañosos, en pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 17.7 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 343.40 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita, San José Coronados y La Maroma).

Las especies vegetales características de esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Quercus cf pringlei*, *Pinus cembroides*, *Rhus andreuxi*, *Quercus cf eduardi*, *Dasylirium cedrosanum*, *Ceanothus coeruleus*, *Gutierrezia cf microcephala*, *Zinnia juniperifolia*, *Carex polystachya*, *Chrysactinia mexicana*, *Salvia regla*, *Lindleyella mespiloides*, *Linum aristatum*, *Mandevilla karwinskii*, entre otras de menor importancia.

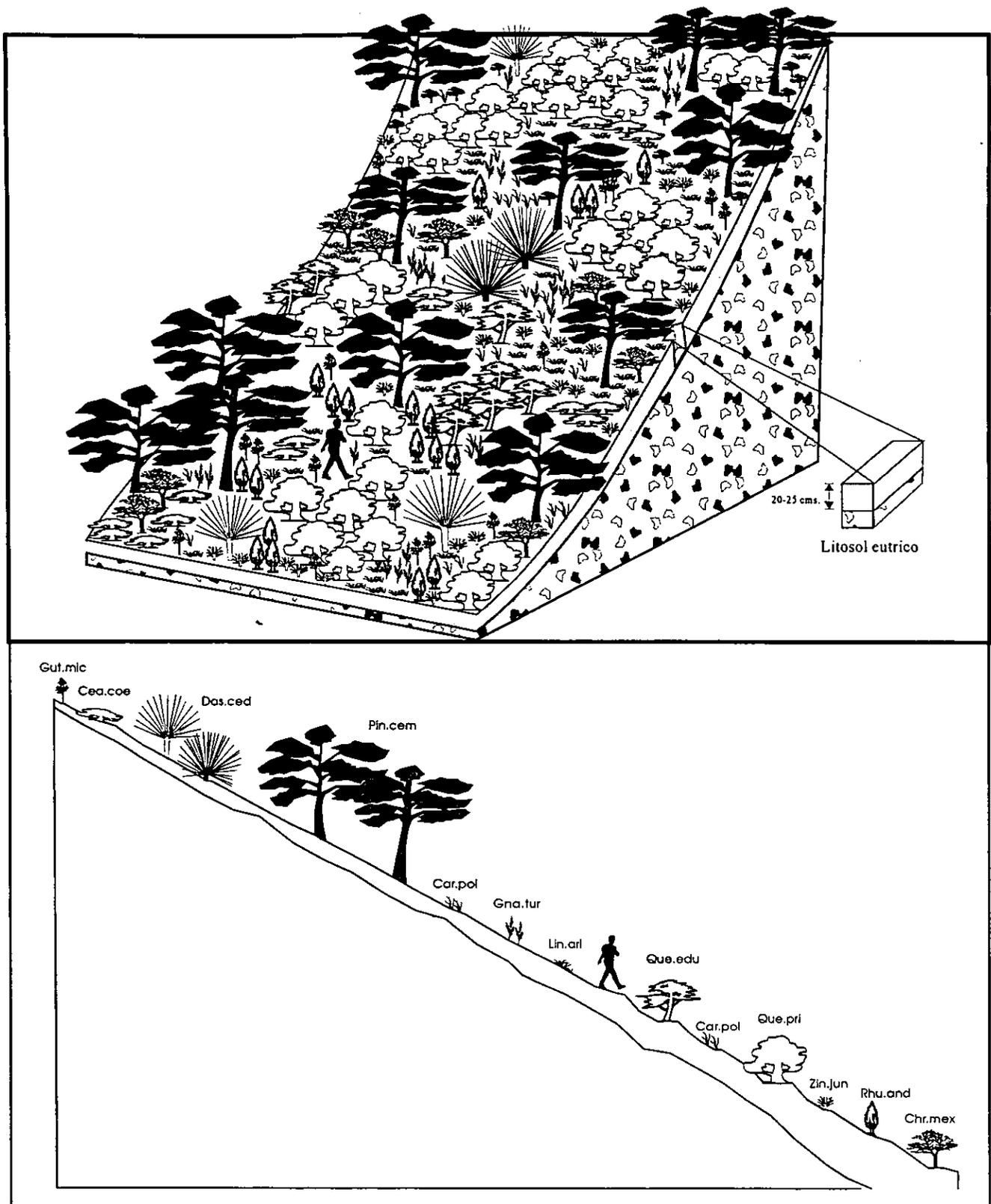


Figura 26. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 14.

Tabla 20

Sitio 15. Matorral crasicaule - matorral desértico rosetófilo - chaparral

Altitud: 2630 msnm

Ubicación: E

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	3.3	1.0	6.25	3.5
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave lechuguilla</i>	7.6	10.6	9.4	9.2
<i>Agave salmiana var. crassispina</i>	21.1	20.7	6.25	16.0
<i>Baccharis pteronioides</i>	8.9	2.4	6.25	5.8
<i>Baccharis ramulosa</i>	P	P	P	P
<i>Bouvardia ternifolia</i>	1.1	3.4	3.1	3.3
<i>Brickellia veronicifolia</i>	3.3	3.4	3.1	3.3
<i>Buddleia ternifolia</i>	P	P	P	P
<i>Euphorbia furcillata</i>	1.0	1.0	3.1	1.7
<i>Forestiera angustifolia</i>	4.4	2.8	3.1	3.4
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	0.6	1.4	3.1	1.7
<i>Mimosa biuncifera</i>	3.0	5.3	3.1	3.8
<i>Opuntia mycrodasy</i>	1.1	1.9	6.25	3.0
<i>Opuntia rastrera</i>	4.2	2.4	6.25	4.3
<i>Opuntia tunicata</i>	10.6	9.1	9.4	9.7
<i>Ptelea trifoliata</i>	1.1	1.9	3.1	2.0
<i>Salvia cf penelli</i>	1.1	2.8	6.25	3.4
<i>Salvia chamaedryoides</i>	P	P	P	P
<i>Sophora secundiflora</i>	24.4	28.8	12.5	21.9
ESTRATO HERBACEO				
<i>Asphodelus fistulosus</i>	P	P	P	P
<i>Linum aristatum</i>	P	P	P	P
<i>Menodora scoporia</i>	0.6	2.4	3.1	2.0
<i>Muhlenbergia rigens</i>	P	P	P	P
<i>Stevia salicifolia</i>	2.2	1.4	6.25	3.3

Este sitio de muestreo se encuentra en la parte noreste de la Sierra de Catorce (junto al túnel de Ogarrío, Real de Catorce) a una altitud de 2 630 msnm; el terreno es muy

escarpado y esta ubicado en una ladera cercana a la cima de un monte, la pendiente va de 55 a 60 %, el contenido de piedras y grava es de alrededor de 50 %.

El suelo presenta un horizonte A con un espesor de alrededor de 20 cm. (presenta raíces delgadas y medianas en abundancia), que descansa sobre una capa de caliche y suelo (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el café muy pálido, en seco (8/4 YR) y el café amarillento en húmedo (5/4 YR); la textura es media, tipo arena-migajonosa. El valor del pH es de 8.03 y la cantidad de materia orgánica va de 0.97 a 1.60 %.

En esta zona el sustrato geológico es de caliza; el suelo es litosol eutricto, de textura media, se desarrolla en terrenos con disección severa y terrenos montañosos con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 16.6 ° C y la precipitación de 311.0 mm. (datos de la estación meteorológica: Estación Catorce).

Las especies vegetales de mayor importancia en esta comunidad son: *Sophora secundiflora*, *Agave salmiana*, *Opuntia tunicata*, *Agave lechuguilla*, *Baccharis pteronioides*, *Opuntia rastrera*, *Mimosa biuncifera*, *Yucca carnerosana*, *Salvia penelli*, *Forestiera angustifolia*, *Bouvardia ternifolia*, *Brickellia veronicifolia*, *Stevia salicifolia*, *Opuntia microdasys*, *Ptelea trifoliata*, entre otras de menor importancia.

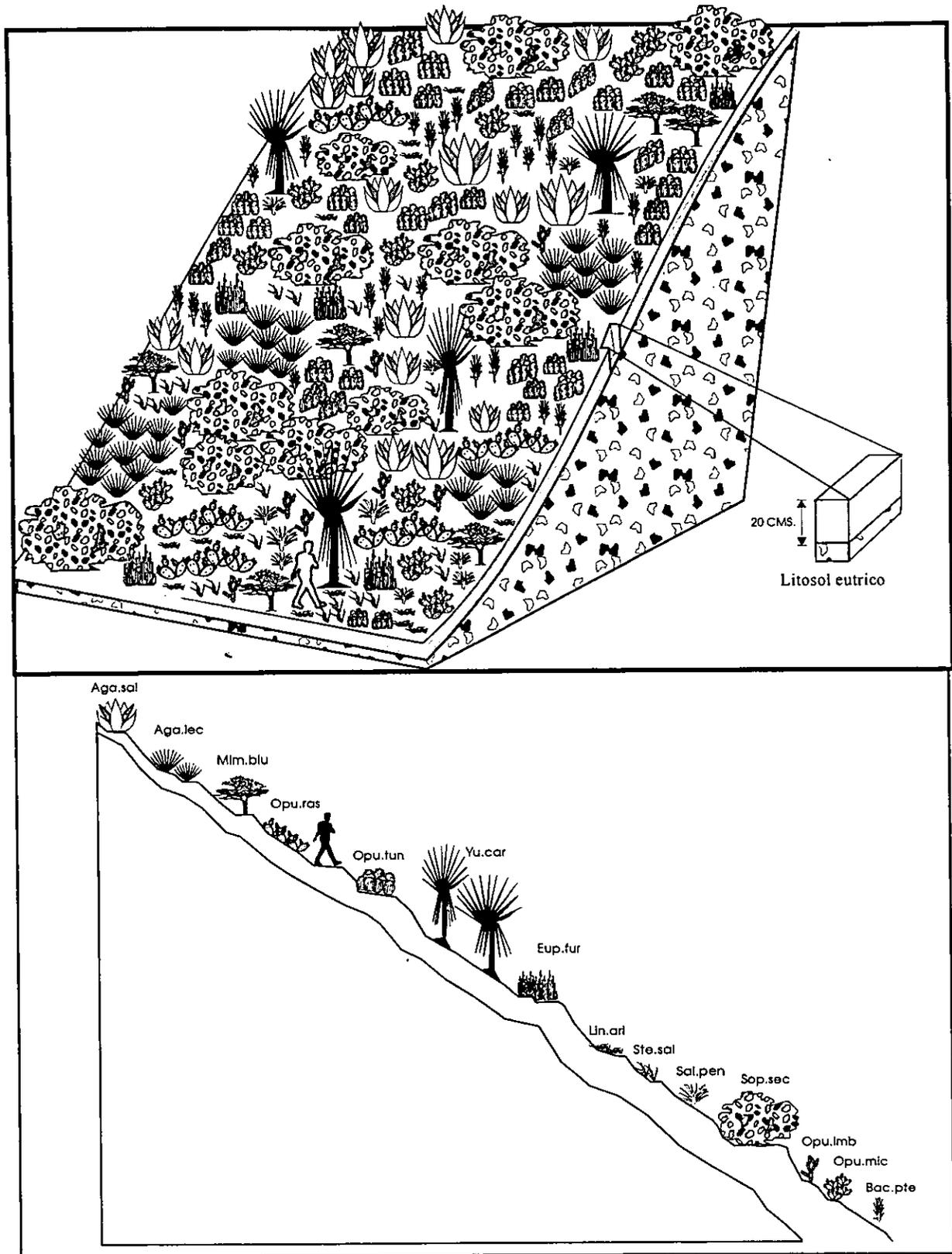


Figura 27. Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 15.

Tabla 21

Sitio 16. Piñonar - encinar arbustivo - chaparral

Altitud: 2700

Ubicación: SO

ESPECIE	Cobertura Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia
ESTRATO ARBOREO				
<i>Pinus cembroides</i>	20.3	2.0	4.3	8.9
ESTRATO ARBUSTIVO SUPERIOR				
<i>Yucca carnerosana</i>	1.3	2.0	8.7	4.0
ESTRATO ARBUSTIVO				
<i>Agave americana</i>	0.1	2.0	4.3	2.1
<i>Agave striata</i>	6.3	2.0	4.3	4.2
<i>Arctostaphyllum pungens</i>	P	P	P	P
<i>Bouvardia ternifolia</i>	1.3	4.4	4.3	3.3
<i>Calibanus hookeri</i>	1.3	2.0	4.3	2.5
<i>Ceanothus greggii</i> <sup>-</sup>	19.0	20.8	8.8	16.2
<i>Chrysactinia mexicana</i>	2.5	4.4	4.3	3.7
<i>Dasylirium cedrosanum</i>	1.3	2.0	8.8	4.0
<i>Ephedra aspera</i>	0.8	10.4	4.3	5.2
<i>Juniperus sp.</i>	6.3	8.9	4.3	6.5
<i>Lindleyella menispermoides</i>	P	P	P	P
<i>Lindleyella mespiloides</i>	P	P	P	P
<i>Quercus hiposantha</i>	20.3	6.2	8.7	11.7
<i>Quercus pringlei</i>	10.2	4.4	8.8	7.8
<i>Quercus stricta</i>	6.3	8.9	8.8	8.0
<i>Rhamnus serrata</i>	1.1	6.2	4.3	3.9
<i>Rhus andrieuxii</i>	1.3	8.9	4.3	4.8
<i>Rhus virens</i>	0.1	6.2	4.3	3.5
ESTRATO HERBACEO				
<i>Cheilanthes estonii</i>	P	P	P	P

Este lugar se encuentra en la parte suroeste de la Sierra de Catorce (en la mina de San José Coronados); en un intervalo de altitud que va de 2 700 a 2 850 msnm. El terreno

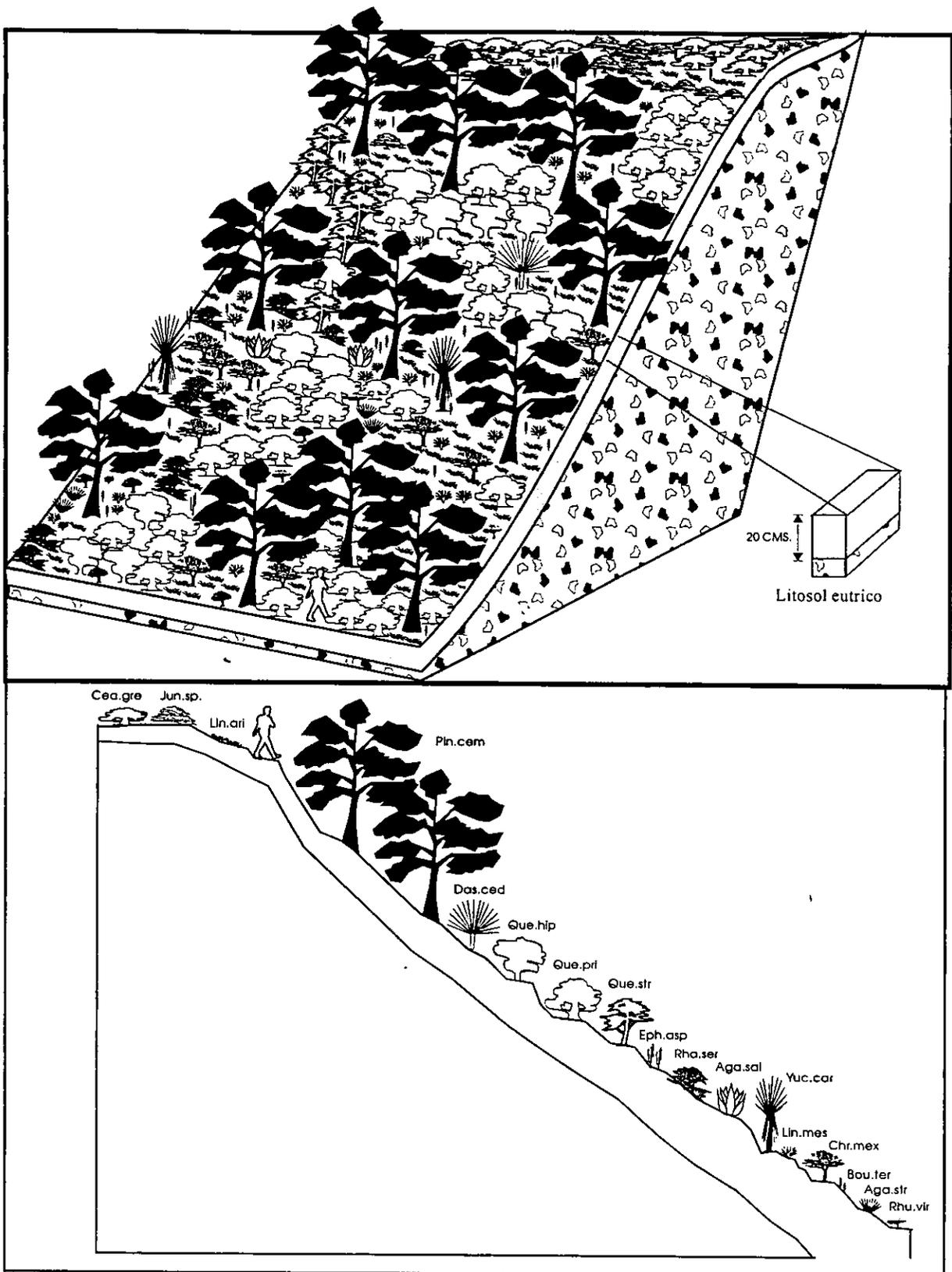
es muy escarpado; pues esta ubicado entre una ladera y la cima de un monte, la pendiente de la ladera es de alrededor de 70 % y la pedregosidad cercana al 55 %.

El suelo posee un horizonte A con un espesor de alrededor de 15 a 20 cm. (con raíces delgadas y medianas abundantes, el diámetro de estas disminuye conforme a la profundidad), descansando sobre una capa de caliche (horizonte C). El color predominante en el horizonte A es el café oscuro, en seco (4/4 YR) y el café oscuro en húmedo (3/2 YR); la textura es media, de tipo migajón-arcillo-arenoso. El valor de pH es de 6.66 y la cantidad de materia orgánica de 4.48 %.

En esta zona se presenta un sustrato geológico de caliza, el suelo es de tipo litosol eutrítico de textura media, se desarrolla en terrenos con disección severa y terrenos montañosos con pendientes mayores de 20 % (CETENAL, 1970).

La temperatura promedio anual es de 15.1° a 17.7 ° C y la precipitación varía de 266.46 a 343.40 mm. (datos de las estaciones meteorológicas: La Cardoncita, San José Coronados y La Maroma).

Las especies vegetales que caracterizan esta comunidad son, de acuerdo a su valor de importancia: *Ceanothus greggii*, *Quercus hiposantha*, *Pinus cembroides*, *Quercus stricta*, *Quercus pringlei*, *Juniperus sp.*, *Ephedra aspera*, *Rhus andrieuxii*, *Agave striata*, *Dasylirium cedrosanum*, *Yucca carnerosana*, *Rhamnus serrata*, *Chrysactinia mexicana*, *Rhus virens*, *Bouvardia ternifolia*, *Calibanus hookeri*, entre otras de menor importancia.



**Figura 28.** Diagrama de bloques (parte superior), donde se establece en forma tridimensional: la topografía, el perfil del suelo, la distribución vertical y horizontal de las formas de vida; y se puede observar la densidad y cobertura de la vegetación. En la parte inferior: Diagrama de perfil semirealista de Richards (modificado), que describe la estratificación y composición de especies. Ambos diagramas para el sitio 16.

#### 5.4 Tipos de suelos presentes en la Sierra de Catorce

La tabla 22 (página siguiente), presenta las características principales de algunos tipos de suelos de la Sierra de Catorce; es importante aclarar que las muestras fueron tomadas únicamente de la capa superficial (dentro de los primeros 30- 40 cm.). Como se puede apreciar en dicha tabla; los valores obtenidos para cada una de las características estudiadas muestran poca variación entre los sitios de muestreo. Se puede decir por ejemplo, que el pH es en general básico (7.9 - 8.3), con excepción del sitio de muestreo 16, en donde es ligeramente ácido (6.7). Los valores de la densidad aparente, densidad real y espacio poroso (%), tienen también poca variación en los sitios estudiados y solamente en el sitio de muestreo 15 se presentan diferencias apreciables en estas características.

La textura del suelo es en general de tipo migajón - arenosa, las excepciones se presentan en los sitios de muestreo 15 y 16, con una clase textural de tipo arena-migajonosa y migajón- arcillo - arenosa, respectivamente. El porcentaje de materia orgánica para los suelos de la Sierra de Catorce tiene un mayor intervalo de variación: el valor más bajo fue de 0.97 (sitio de muestreo 15) y el más alto de 5.8 (sitios de muestreo 10, 11 y 14).

Los suelos presentan en general colores claros; en seco, el más común es el gris - rosáceo, pero se encuentran también de color café ligero a café oscuro. En húmedo; el color café - oscuro es la clase predominante, pero existen también suelos de color café - amarillento a color café muy oscuro.

Tabla 22. Características de algunos tipos de suelos<sup>24</sup> de la Sierra de Catorce, S. L. P.

SITIOS DE MUESTREO	ALTITUD (m.s.n.m.)	pH	DENSIDAD APARENTE (gr./ml.)	DENSIDAD REAL (gr./ml.)	ESPACIO POROSO (%)	TEXTURA	MATERIA ORGÁNICA (%)	COLOR (EN SECO)	COLOR (EN HÚMEDO)
1	1 780	7.88	0.97	2.22	56.3	migajón arenoso	4.42	café ligero 6/4	café fuerte 4/4
2	1 800	8.11	1.05	2.27	53.8	migajón arenoso	2.55	gris rosáceo 6/4	café oscuro 4/2
3	1 850	8.11	1.05	2.27	53.8	migajón arenoso	2.55	gris rosáceo 6/2	café oscuro 4/2
4	1 930	8.29	1.00	2.27	56.0	migajón arenoso	2.76	gris rosáceo 6/2	café 5/2
5	2 070	8.06	0.72	2.17	66.9	migajón arenoso	3.93	gris rosáceo 6/2	café oscuro 3/2
6	2 190	8.06	0.72	2.17	66.9	migajón arenoso	3.93	gris rosáceo 6/2	café oscuro 3/2
7	2 250	8.23	0.90	2.08	56.8	migajón arenoso	5.52	café 5/2	café oscuro 3/2
8	2 260	8.20	1.00	2.15	55.0	migajón arenoso	3.60	gris rosáceo 6/2	café oscuro 3/2
9	2 270	8.23	0.90	2.08	56.8	migajón arenoso	5.52	café 5/2	café oscuro 3/2
10	2 300	8.18	0.94	2.38	60.5	migajón arenoso	5.80	café gris oscuro 5/2	café muy oscuro 2/2
11	2 400	8.22	0.92	2.38	61.3	migajón arenoso	5.80	gris rosáceo 6/2	café oscuro 4/2
12	2 410	8.20	1.00	2.15	55.0	migajón arenoso	3.60	gris rosáceo 6/2	café oscuro 4/2
13	2 520	8.20	1.00	2.15	55.0	migajón arenoso	3.60	gris rosáceo 6/2	café oscuro 4/2
14	2 550	8.22	0.92	2.38	61.3	migajón arenoso	5.80	gris rosado 6/2	café oscuro 4/2
15	2 600	8.03	1.35	6.67	79.7	arena migajonosa	0.97	café muy pálido 8/4	café amarillento 5/4
16	2 700	6.66	1.05	2.17	51.7	migajón arcillo arenoso	4.48	café oscuro 4/4	café oscuro 3/2

<sup>24</sup> Las muestras fueron tomadas de la capa superficial (primeros 30 cms.).

## 5.5 Regionalización

La Sierra de Catorce se localiza en la **Zona** noreste del Altiplano potosino-zacatecano, formando parte de las sierras inferiores de la **Provincia** fisiográfica de la Sierra Madre Oriental.

A continuación se indican cada uno de los sistemas (y sus correspondientes facetas), identificados para la Sierra de Catorce, S.L.P.; las facetas se describen en términos de su forma, pendiente, suelos y cubierta vegetal. La faceta se considero como "una porción homogénea de la superficie terrestre, sobre una misma roca o depósito superficial, con suelo y régimen de humedad uniforme, o bien que varían en forma simple y consistente" (Ortiz, 1978).

Un sistema terrestre o sistema ecogeográfico; se definió como "un conjunto de facetas con un patrón geomorfológico distintivo y con una litología común en cuanto a génesis y evolución", por lo tanto, los sistemas son considerados como regularmente constantes en cuanto a clima, geología y geomorfología (Ortiz, 1978).

### 5.5.1 Sistemas ecogeográficos y sus facetas

En la siguiente tabla, se esquematizan 7 sistemas básicos; cada uno con una letra distinta; las facetas dentro de cada sistema se indican con números. A continuación de la tabla se presenta el mapa de la distribución de los sistemas (figura 29) y el mapa de las facetas de cada sistema (figura 30), para la Sierra de Catorce, S.L.P.

**Tabla 23. Descripción general de facetas para la Sierra de Catorce, S. L. P.**

Sistema	Faceta	Forma	Suelos	Cubierta Vegetal
A	1	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, fase petrocálcica a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	2	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina	Z - MDM- MDR
	3	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina	MS - MDR
	4	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, fase petrocálcica a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR

	5	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina	MDR - MDM
	6	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR
	7	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDM - MDR
	8	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media	MS - MDR
	9	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Litosol eutrico, textura fina	MDM - MDR
	10	De terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Litosol eutrico, textura fina	MDR
	11	De terreno con disección severa a terreno montuoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MS - MDR
	12	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25%	Litosol eutrico, textura media	ME - MDR - MC
	13	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25%	Litosol eutrico, textura media	MDR
	14	De terreno con disección severa a terreno montuoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media.	Z
	15	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR - MDM - I
	16	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	ME- MDR - MC
	17	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR - Z
	18	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	P (E) - MDR
	19	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	En -Pi
	20	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	Ch - MDR
	21	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	Z
	22	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR
	23	De terreno con disección severa a terreno montuoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media.	P - MDR
	24	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	B (E) - MDR
	25	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina	MDR
	26	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina	Z
	27	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina	B (E) - MDR
	28	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media	Z
	29	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR - MDM
	30	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	31	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol calcárico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR
	32	De terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR
<b>B</b>	1	De lomerío a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MS - MDR
	2	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR

	3	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MS
	4	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	5	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	P (E) - MDR
	6	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - Z
	7	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MDM
	8	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR
	9	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	10	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media	MDR - MDM
	11	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media	MDM
	12	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	13	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MDM - I
	14	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR
	15	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	Z
	16	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR
	17	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR
	18	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	19	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MDM - I
	20	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR
	21	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MS
	22	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, Xerosol cálcico, textura media	MDR - MDM - I
	23	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm de profundidad	MDR - MDM
	24	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MDM
	25	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	P (E) - MDR
	26	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	B (E) - MDR
<b>C</b>	1	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR - MS
	2	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR
	3	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	P - MDR
	4	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	MDR
	5	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutrico, textura media	Ch - MDR
	6	De terreno con disección severa a terreno	Litosol eutrico, textura media	MDR - Z

		montañoso, pendientes mayores de 25 %		
	7	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, luvisol crómico, rendzina, textura media	MDR - Z
	8	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, luvisol crómico, rendzina, textura media	Z
	9	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, luvisol crómico, rendzina, textura media	Ch - MDR
	10	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDR - I
	11	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	Ch - MDR - I
	12	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media.	Z - MDR
	13	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media.	MDR - Ch - I
	14	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media.	MDR - Ch
	15	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	Z
	16	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Luvisol crómico, textura media.	Ch - MDR
	17	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	E
	18	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media.	E - P
	19	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Rendzina, textura media.	Ch - MDR
	20	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media.	MDR - Ch
	21	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDR - I - Ch
	22	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, luvisol crómico, rendzina, textura media.	MDR - Ch - I
	23	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media.	Z
	24	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	B (E) - MDR
	25	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	P (E) - MDR
<b>D</b>	1	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media.	Ch - MDR
	2	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media.	MDR - MS
	3	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, luvisol crómico, Rendzina, textura media	Ch - MDR
	4	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media.	MDR - Ch
	5	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDM - MC
	6	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDR - Ch
	7	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media.	Z
	8	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, luvisol crómico, rendzina, textura media	MDR - Z
	9	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media.	Ch - MDR
	10	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media.	MDR - Ch - I
	11	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm.	P (E) - MDR
	12	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media	P (E) - MDR

	13	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura fina	B (E) - MDR
	14	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	B (E)- MDR
	15	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura fina	MDR - Ch - I
	16	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores a 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDR
	17	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	18	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MS
	19	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutríco, textura media	MS
	20	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm.	MDR
<b>E</b>	1	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MS
	2	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	Z - Ch- MDR
	3	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Xerosol cálcico, textura media	MS
	4	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Xerosol cálcico, textura media	MDM
	5	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Xerosol cálcico, textura media	MDM - MDR
	6	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDM
	7	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR
	8	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media.	MDM - I
	9	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura fina	MDM - MDR
	10	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6%	Xerosol cálcico, textura media.	VS- MDM
	11	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutríco, textura media	MDM
	12	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDM - MDR
	13	De lomerio a terreno montañoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutríco, textura media	MS - MDR
	14	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol eutríco, litosol eutríco, textura fina, horizonte superficial a menos de 50 cm. de profundidad.	MS
	15	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol eutríco, litosol eutríco, textura fina, horizonte superficial a menos de 50 cm. de profundidad.	MDM
	16	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol eutríco, litosol eutríco, textura fina, horizonte superficial a menos de 50 cm. de profundidad.	VS - MDM
	17	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutríco, textura fina, fase petrocálcica a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	18	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	19	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutríco, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR
	20	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	21	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutríco, xerosol gypsico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
	22	Terreno plano a ligeramente ondulado,	Xerosol gypsico, textura media, fase lítica,	MDM

		pendientes menores de 6 %	lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	
23		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm. de profundidad	MDM
24		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm.	MDM
25		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm.	MS
26		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Yermosol gypico, textura media	MDM
27		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, textura media	MDM- VH - MC
28		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm. de profundidad	ME - VH
29		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm.	MS - VH
30		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
31		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, litosol eutrico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
32		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MS - VH
33		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MS
34		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm. de profundidad	MDM - VH - MC
35		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media	Mz - MDM - VH
36		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
37		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
38		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm. de profundidad	MDM
39		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm. de profundidad	MS
40		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
41		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MS
42		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm de profundidad	MS
43		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	MDM - VH - MC
44		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura fina	MS
45		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad, textura media, lecho rocoso entre 50 y 100 cm. de profundidad	MDM
46		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - Z - MDR
47		Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad, suelos con más del 15 % de	MDM

			saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad	
48	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol gypico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	V S - M D M
49	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol gypico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	Mz
50	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol gypico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	Z
51	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol gypico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad, textura media	M D M
52	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol gypico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad, textura media	Mz - Z
53	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Litosol eutrico, xerosol gypico, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	Z - Mz
54	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M D M
55	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Fluvisol calcárico, Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M D M
56	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %		Litosol eutrico, textura media	M D M
57	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Litosol eutrico, xerosol gypico, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	M S
58	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Litosol eutrico, xerosol gypico, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	Z
59	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura fina, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M E
60	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol cálcico, textura fina	M E
61	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Litosol eutrico, xerosol gypico, textura media, lecho rocoso entre 25 y 50 cm. de profundidad	M D M
62	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol cálcico, textura media	M E
63	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %		Xerosol cálcico, textura media	M D R - M C
64	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %		Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M D R - Z
65	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %		Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	B (E) - M D R
66	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %		Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M D R - Ch
67	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %		Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	B (E) - M D R

68	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MDM - I
69	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media	V S - M E
70	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media	M E
71	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	Escoria
72	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M S
73	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, textura media	M S - MDR
74	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M S - MDR
75	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - MDM
76	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media	M E
77	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
78	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M E
79	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Fluvisol calcárico, textura media	M E
80	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	P (E) - MDR
81	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol calcárico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDR - M S
82	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M S
83	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	V S - M E
84	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M S - MDR
85	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M E
86	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	M E
87	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM
88	De lomerio a terreno montuoso, pendientes entre 6 y 25 %	Litosol eutrico, rendzina, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR
89	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Fluvisol calcárico, textura media	M S
90	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Litosol eutrico, xerosol cálcico, textura media, horizonte petrocálcico a menos de 50 cm. de profundidad	MDM - MDR
90	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol cálcico, textura media	M S
91	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypico, textura media, suelo moderadamente salino, conductividad de 9 a 15 mmhos./cm., con más del 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm. de profundidad	Mz

<b>F</b>	1	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	B (E) - MDR
	2	De terreno con disección severa a terreno montañoso, pendientes mayores de 25 %	Litosol eutríco, textura media	MDR - MDM
<b>G</b>	1	Terreno plano a ligeramente ondulado, pendientes menores de 6 %	Xerosol gypsico, textura media, horizonte petrocálcico entre 50 y 100 cm. de profundidad	MDM

### SIMBOLOGIA:

SISTEMA:	TIPO DE VEGETACIÓN:	TIPO DE VEGETACIÓN:
A: Lutita arenisca	MDM: matorral desértico micrófilo	Pi: pinar
B: Conglomerado	MDR: matorral desértico rosetófilo	P: piñonar
C: Caliza	MC: matorral crasicaule	En: encinar
D: Caliza - Lutita	Ch: chaparral	VS: vegetación secundaria
E: Aluvial	Mz: mezquital	I: izotal
F: Roca ígnea intrusiva ácida	P (E): piñonar con Enebro	Z: zacatal
G: Basalto	B (E): bosque de Enebro	MS: matorral subinerme = MDM
	ME: matorral espinoso	+ arbustos con espinas

Como se puede observar en la tabla anterior; hay un patrón general que caracteriza a la gran mayoría de las facetas dentro del sistema al que pertenecen, es decir, la variación en las características de cada una de las unidades (facetas) consideradas en este estudio, dentro de cada sistema no es muy grande.

El sistema A posee como material geológico lutita - arenisca; se presenta principalmente en las laderas de los cerros y entremontes, en general su forma topográfica va desde pendientes inclinadas (6 - 15 %) <sup>25</sup>, terreno moderadamente escarpado (15 - 25 %), terreno escarpado (pendientes entre 25 y 55 %), hasta sitios muy escarpados (pendientes mayores de 55 %).

El tipo de suelo predominante es el litosol eutríco, de textura fina y media, con un horizonte petrocálcico superficial en donde abunda el matorral desértico rosetófilo y en sitios con disección severa, el piñonar -con enebro- y el encinar. En menor proporción se encuentra el zacatal y el matorral subinerme en las laderas de pendiente ligera; y el matorral desértico micrófilo, que se encuentra en las zonas planas (que son escasas en este sistema), o en terrenos con disección ligera (en donde esta vegetación es poco frecuente).

<sup>25</sup> La asignación de valores para la descripción de la topografía de la zona de estudio se basa en la clasificación propuesta por la FAO, (1979): tomado de Robledo, (1990).

El sistema B esta representado por un sustrato geológico formado por conglomerado; se ubica a lo largo de la sierra ocupando principalmente las laderas de los cerros, lomerios y terrenos montañosos con pendientes no muy pronunciadas de entre 6 y 25 %, o bien, en terrenos planos (pendientes entre 0 y 2 %), a ligeramente ondulados (con pendientes entre 2 y 6 %), predomina al norte y noroeste de la sierra.

El tipo de suelo más común es el litosol eutrico, de textura media, muy somero; con un horizonte petrocálcico de menos de 50 cm. de profundidad. La vegetación característica es el matorral desértico micrófilo en las zonas planas o con pendiente muy ligera, y es substituido por matorral desértico rosetófilo, matorral crasicaule y matorral subinerme a medida que la pendiente se hace más pronunciada y aumenta la altitud. En las partes más elevadas, podemos encontrar piñonar (con enebro), aunque este tipo de vegetación es muy escasa en este sistema.

El sistema C es uno de los más ampliamente distribuidos en la Sierra de Catorce; el sustrato geológico esta constituido por caliza, se le encuentra en los sitios de mayor altitud, ocupando las cimas de los montes y en terrenos con disección severa: terrenos montañosos muy escarpados, con pendientes mayores del 25 %, es decir, se presenta en prácticamente toda la sierra, teniendo como límite de distribución en las partes bajas a los piamontes, lomerios y terrenos montuosos, que son las zonas de pendiente más ligera (entre 6 y 25 % de inclinación).

El suelo es principalmente de tipo litosol eutrico; de textura media, aunque podemos encontrar también luvisol crómico y rendzina, pero son muy escasos. El tipo de vegetación más ampliamente distribuido es el matorral desértico rosetófilo y en menor grado, el matorral crasicaule, presentándose en distintas combinaciones, ya sea con zacatal, chaparral, izotal, o matorral subinerme.

En la parte este y suroeste de la Sierra de Catorce, se encuentra vegetación de tipo encinar - arbustivo y en los sitios de mayor altitud, una zona en donde encuentra su mayor abundancia el piñonar (faceta 3). Existe también un chaparral de enebro (*Juniperus sp.*), de

menos de 30 cm. de altura, en pequeños manchones; que es característico de algunas cimas de la sierra, sin embargo, esta especie parece estar en peligro de extinción, a juzgar por su abundancia, distribución tan restringida y a que no hay reportes de su existencia en otras zonas de nuestro país.

El sistema **D** esta caracterizado por un conjunto de facetas cuyo sustrato geológico es de caliza - lutita; la topografía es de lomerios y terrenos montuosos, hasta llegar a sitios de pendiente severa en terrenos montañosos (pendientes entre 6 y 55 %). El suelo característico es de tipo litosol eutrico, de textura media.

Los tipos de vegetación más importantes son: el matorral desértico rosetófilo y el matorral crasicaule; a veces en combinación con chaparral, izotal, zacatal y matorral subinermes. En las zonas con pendiente más severa y de mayor altitud, podemos encontrar piñonar (con enebro).

El sistema **E** es característico de las partes más bajas de la sierra; presenta un sustrato aluvial, en donde la topografía es poco accidentada, formando terrenos planos a ligeramente ondulados, con pendientes menores de 6 %. Se caracteriza por la presencia de dos tipos principales de suelo: el litosol eutrico, de textura media, algunas veces combinado con fluvisol eutrico, xerosol cálcico o gypico, con un horizonte superficial de menos de 50 cm. de profundidad. El otro tipo de suelo importante por su extensión; es el xerosol cálcico y/o gypico, de textura media, con un horizonte petrocálcico o lecho rocoso entre 25 y 100 cm. de profundidad.

El principal tipo de vegetación para este sistema es por su extensión: el matorral desértico micrófilo y el matorral subinermes; algunas veces en combinación con izotal, matorral desértico rosetófilo, zacatal, vegetación halófila, matorral crasicaule (nopalera) y mezquital. En los pocos sitios con pendiente pronunciada (de entre 6 y 13 %), que corresponden a lomerios y terrenos montuosos de mayor altitud; se presenta vegetación de piñonar o de enebro (chaparral de *Juniperus monticola*), en combinación con matorral desértico rosetófilo y matorral crasicaule, pero el área que ocupan es muy pequeña.

El sistema F se presenta sobre un sustrato de roca ígnea intrusiva, en terrenos con pendiente severa (25 - 55 %); el suelo es de tipo litosol eutríco, de textura media. Podemos encontrar chaparral de *Juniperus monticola* (enebro), matorral crasicaule y matorral desértico rosetófilo.

El sistema G posee un sustrato geológico de basalto; la topografía es llana, con pendientes menores de 6 %, el suelo que lo caracteriza es de tipo xerosol gypsico, de textura media y la vegetación es de matorral desértico micrófilo. El área que ocupan estos dos últimos sistemas (F y G), en la Sierra de Catorce es muy reducida.



Figura 29. Mapa de sistemas para la Sierra de Catorce, S. L. P.

Las letras representan a cada uno de los siete sistemas descritos en la tabla 23.

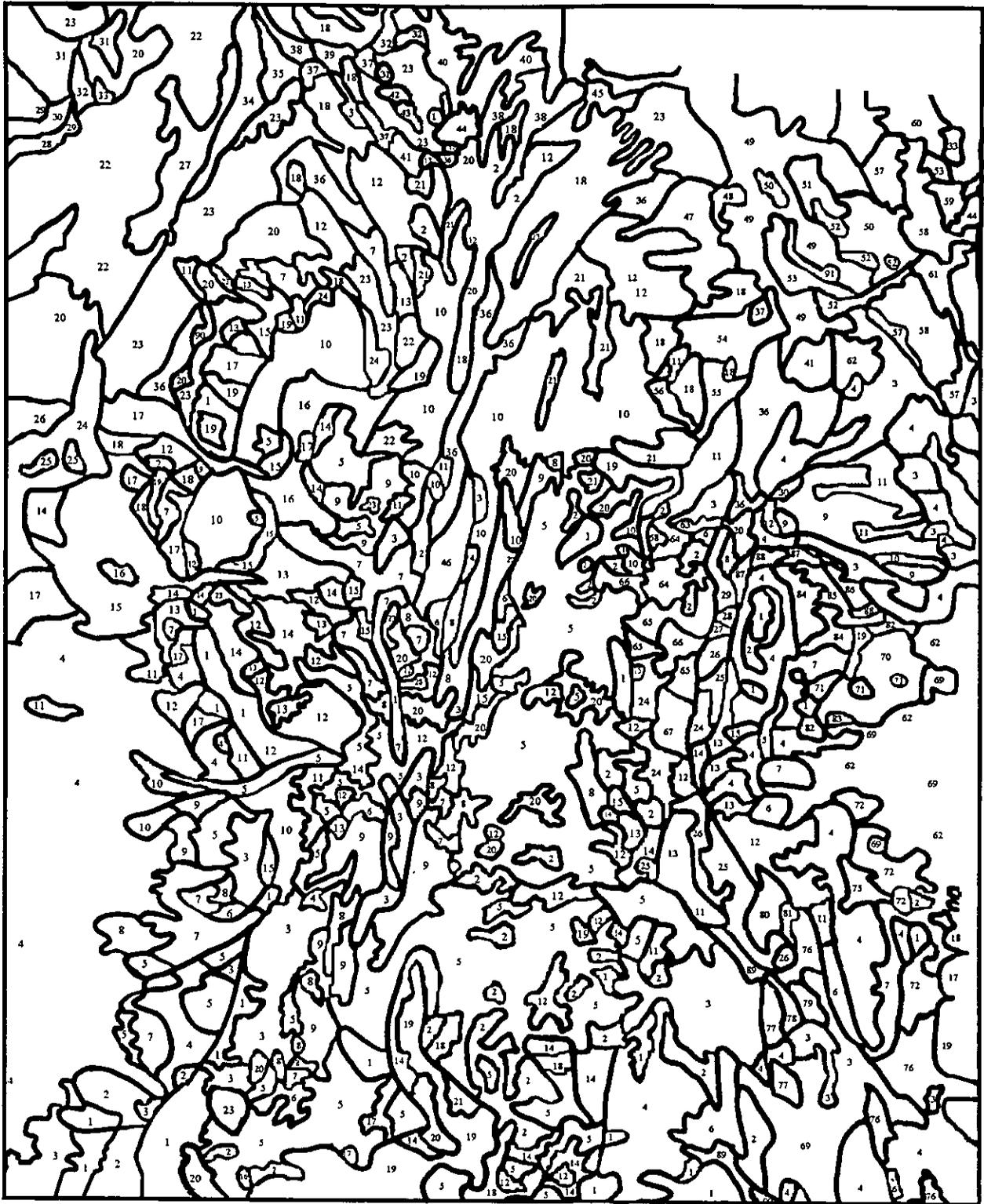


Figura 30. Mapa de facetas para la Sierra de Catorce, S. L. P.

Los números representan cada una de las facetas descritas en la tabla 23.  
 (Los sistemas se ilustran a color).

### 5.5.2 Tipos de vegetación presentes en la Sierra de Catorce, S. L. P.

Para la descripción de las comunidades vegetales que se encuentran en la Sierra de Catorce, en la presente investigación se utilizó la clasificación propuesta por Rzedowski (1965), en su trabajo sobre la vegetación del estado de San Luis Potosí; por considerarla al igual que otros autores, la más sencilla y adecuada (Rzedowski, 1978; Marroquín et al., 1981; Del Castillo, 1982; Robledo, 1990; Reyes, 1992, Villalobos, 1994, etc.).

De acuerdo a lo anterior; el termino: matorral inerme y subinerme que utiliza el INEGI, en las cartas de vegetación (CETENAL, 1970), corresponden a lo que Rzedowski (op. cit.) describe como matorral desértico micrófilo y sus variantes (ver tabla 24).

El mezquital y el pastizal natural (INEGI), tienen su equivalencia con el mezquital extradesértico y el zacatal, respectivamente; mientras que el bosque natural de coníferas (Pino) y la combinación del bosque natural de coníferas de Pino - Enebro (INEGI), equivaldrían al piñonar y al piñonar - chaparral, respectivamente (tabla 24).

El termino chaparral que maneja el INEGI; coincide ya sea con el de encinar - arbustivo (chaparral) que utiliza Rzedowski (op. cit.), o con otros tipos de matorrales que se presentan en el estado de San Luis Potosí. En el caso de la Sierra de Catorce; la vegetación de chaparral ocupa las zonas de mayor altitud en las cimas de los montes y de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, esta constituida principalmente por especies del género *Quercus*, *Juniperus monticola*, *Juniperus sp.*, *Ceanothus greggii* o *Sophora secundiflora*.

El bosque natural de coníferas (Pino), en combinación con el bosque natural de latifoliadas (Encino), se conoce como encinar - pinar (piñonar - encinar: según Rebolledo, 1982); y el bosque natural de latifoliadas tiene su equivalencia con el encinar o con el encinar - arbustivo según Rzedowski (op. cit.).

Por otra parte, el termino de nopalera (INEGI), se conoce como: matorral crasicuale; sin embargo, este tipo de vegetación (en estado natural) es muy escasa o nula en la sierra.

Una lista de los tipos de vegetación antes mencionados; así como su distribución en la Sierra de Catorce, aparece en la tabla 24 y en la figura 31, respectivamente.

**Tabla 24.** Tipos de vegetación presentes en la Sierra de Catorce, S. L. P., la tabla indica la clasificación utilizada por el INEGI y su equivalencia con la clasificación propuesta por Rzedowski (1965), para la vegetación del estado de San Luis Potosí.

No.	TIPO DE VEGETACIÓN (I.N.E.G.I.)	SÍMBOLO	TIPO DE VEGETACIÓN (Rzedowski, 1965)	COLOR <sup>26</sup>
1	Matorral inerme	M D M	Matorral desértico micrófilo	○ ○
2	Crasirosulifolios espinosos	M D R	Matorral desértico rosetófilo	○ ○
3	Matorral subinerme	M S	Matorral desértico micrófilo típico	○ ○
4	Matorral espinoso	M E	Matorral espinoso	○ ○
5	Izotal	I	Izotal	○ ○
6	Mezquital	Mz	Mezquital extradesértico	○ ○
7	Pastizal natural	Z	Zacatal	○ ○
8	Bosque natural de coníferas: Pino	P	Piñonar	○ ○
9	Bosque natural de coníferas: Pino-Enebro	P (E)	Piñonar- chaparral	○ ○
10	Bosque natural de coníferas: Enebro	B (E)	No hay equivalencia: chaparral	○ ○
11	Bosque natural de latifoliadas: Encino	En	Encinar = Encinar arbustivo	○ ○
12	8 y 11 juntos: B.N.C.: Pino - encino	En - Pi	Encinar- pinar	○ ○
13	Chaparral	Ch	Chaparral	○ ○
14	Vegetación halófila	V H	No hay equivalencia: "zacatal halófito" <sup>27</sup>	○ ○
15	Vegetación secundaria	V S	Vegetación secundaria	○ ○
16	Nopalera	M C	Matorral crasicaule	○ ○
	OTRAS CARACTERÍSTICAS:			○ ○
17	Agricultura de temporal anual	Atpa		○ ○
18	Agricultura de riego anual	Ara		○ ○
19	Erosión hídrica leve	Ehl		○ ○
20	Erosión hídrica moderada	Ehm		○ ○
21	Erosión hídrica fuerte	Ehf		○ ○

<sup>26</sup> Se refiere a la clave de color utilizada para indicar los tipos de vegetación presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P., en el mapa de la figura 31.

<sup>27</sup> Podría tratarse de otro tipo de vegetación, incluso de alguna variante del matorral desértico micrófilo.

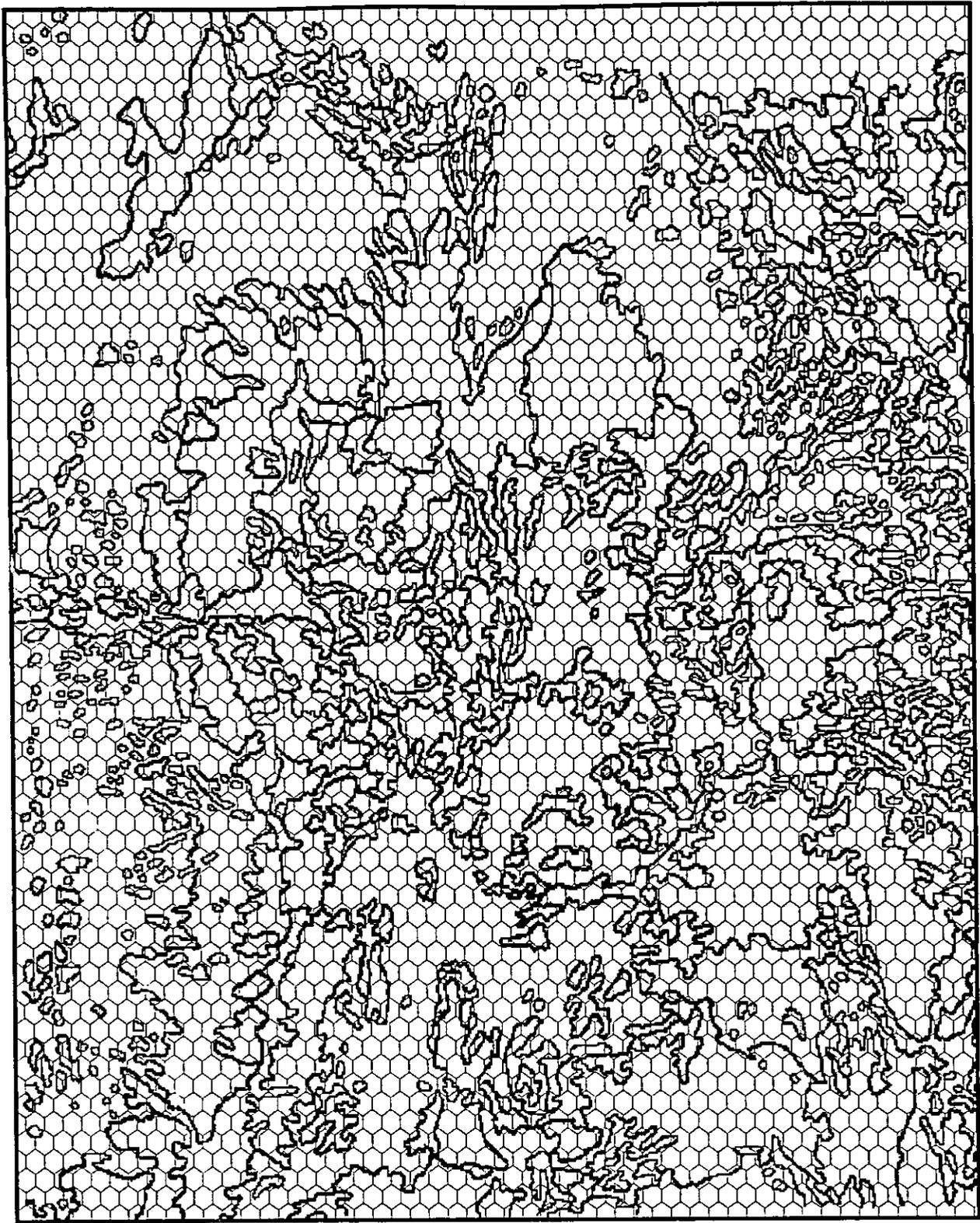


Figura 31. Mapa de las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S.L.P.  
(La clave aparece en la tabla 24)

### **5.5.3 Uso Potencial del suelo para la Sierra de Catorce, S. L. P.**

En la Sierra de Catorce se presentan condiciones ambientales que hacen difícil una explotación intensiva de los recursos naturales; el uso potencial del suelo en dicha zona está limitado principalmente por factores de carácter físico: el clima, el tipo de suelo y la erosión natural son los más importantes (ver tabla 25).

Aunado a las condiciones de aridez; la geomorfología y las geoformas conforman también la base de la morfogénesis de los suelos de la zona de estudio y producen en el suelo en general un escaso desarrollo. Hay además una fuerte erosión natural debido a la topografía tan accidentada (figura 33), es por ello que la explotación de la tierra con fines agrícolas es inadecuada.

Lo anterior determina que el uso potencial sugerido tenga como base a la vegetación natural, que está adaptada a las condiciones ambientales de la zona: principalmente a la escasa precipitación.

Los resultados de la regionalización y el levantamiento florístico; indican que la Sierra de Catorce posee recursos vegetales muy importantes y variados: en especial el matorral desértico micrófilo y rosetófilo, que tienen una amplia distribución y abundancia en dicha sierra. No podemos descartar, sin embargo, otros tipos de vegetación tales como: el piñonar, el encinar arbustivo, el zacatal y el mezquital; entre otros potencialmente útiles (ver figuras 31 y 32).

Tabla 25. Uso Potencial del suelo para la Sierra de Catorce, S. L. P.<sup>28</sup>

NÚMERO	Uso potencial						EROSIÓN	LIMITANTE	COLOR
	SILVESTRE	FORESTAL	PRAIRIA	PRAIRIA	PRAIRIA	AGRICULTURA			
16	X	X	X	X	X	X	Área que requiere control inmediato	Clima	OO
15	X	X	X	X	X	X	Área que requiere control inmediato	Suelo y erosión	OO
14	X	X	X	X	X	X		Clima, suelo y erosión	OO
13	X	X	X	X	X			Clima	OO
12	X	X	X	X	X		Área que requiere control a futuro	Clima	OO
11	X	X	X	X	X			Clima y suelo	OO
10	X	X	X	X				Clima	OO
9	X	X	X	X				Suelo y clima	OO
8	X	X	X	X				Suelo	OO
7	X	X	X	X			Área que requiere control inmediato	Clima	OO
6	X	X	X	X			Área que requiere control a futuro	Clima	OO
5	X	X	X	X			Área que requiere control a futuro	Suelo	OO
4	X	X	X	X				Clima, suelo y erosión	OO
3	X	X	X					Suelo	OO
2	X	X	X					Suelo y erosión	OO
1	X								OO

<sup>28</sup> Los números y la clave de color que aparecen en la primera y última columna de la tabla 25, ilustran el mapa de uso potencial del suelo (figura 32).

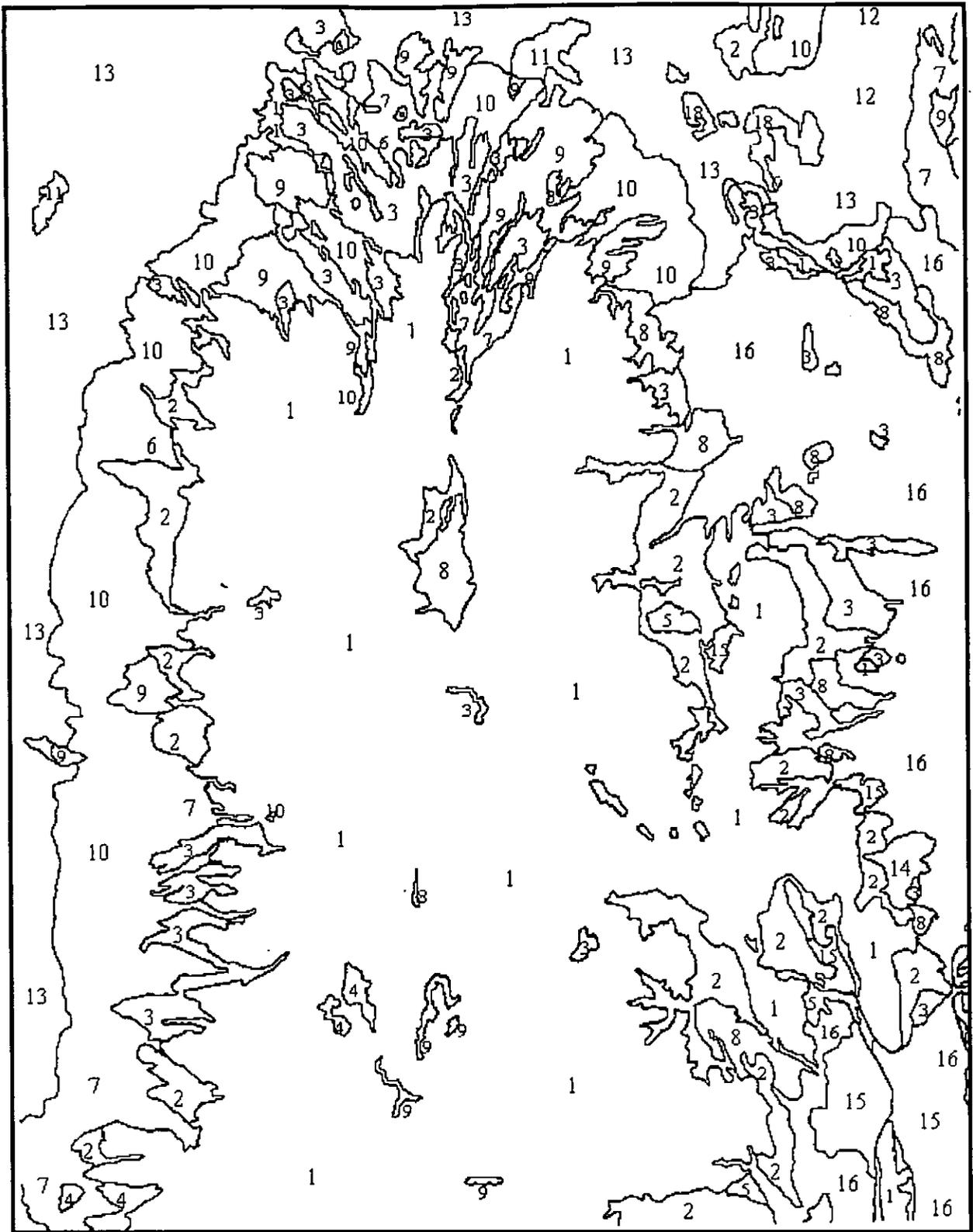
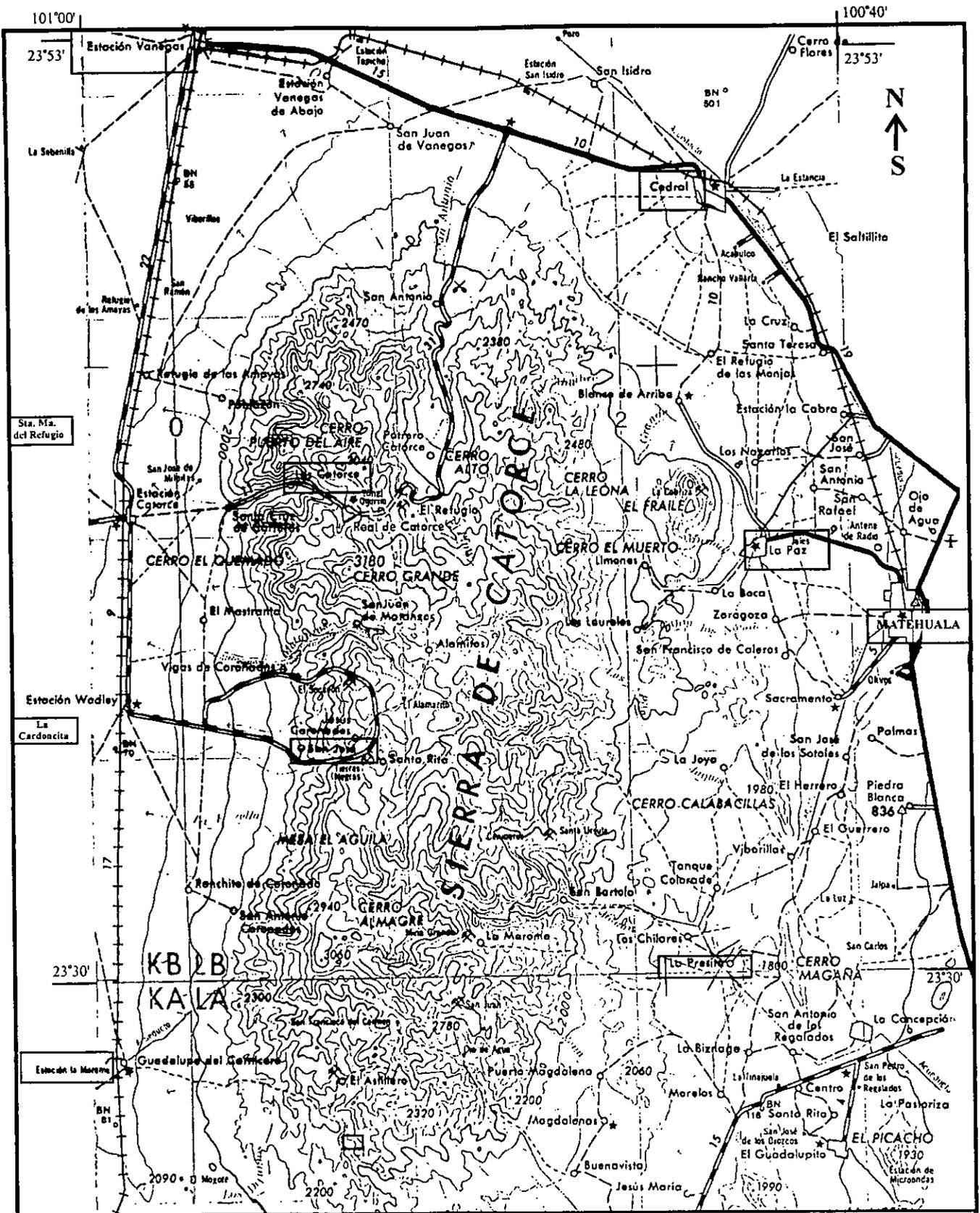


Figura 32. Mapa de uso potencial del suelo para la Sierra de Catorce, S.L.P.



ESCALA 1 : 250 000

Figura 33. Mapa topográfico de la Sierra de Catorce, S. L. P.

□ Estaciones climatológicas.

## VI. DISCUSIÓN

Como lo han mencionado diversos autores, las técnicas de clasificación y ordenación de comunidades no están en contraposición, cuando se realizan mapeos de vegetación, la clasificación podría ser preferida, pero cuando se pretende analizar los patrones de variación temporal o espacial de la vegetación, la ordenación puede resultar más adecuada (Zavala, 1986; Bridge, 1993; Randerson, 1993).

A pesar de lo anterior y dado el desarrollo teórico de las técnicas de análisis multivariado, sobre una misma base de datos pueden ser aplicadas adecuadamente técnicas numéricas de clasificación y ordenación. En cualquier caso, debe ser útil poder someter a comparación los resultados de una ordenación y una clasificación, pues como ha sido señalado: siempre se ha demostrado la complementariedad de estas dos técnicas (Woodall, 1978; Jaramillo, 1982; Zavala, 1986; Ludwig y Reynolds, 1988).

Los resultados obtenidos en este trabajo enfatizan dicha complementariedad, dado que los diagramas de ordenación (con el AC y ACC), nos permitieron visualizar agrupaciones "naturales" que coinciden y simplifican los conglomerados formados con las técnicas de clasificación numérica. Por lo anterior, consideramos que al menos en este estudio, el método de ordenación usado nos permitió determinar relaciones entre los agrupamientos de comunidades identificados por los resultados de la clasificación, la ordenación también fue útil para relacionar los resultados de la clasificación con gradientes ambientales y con ciertas especies o grupos de especies.

Con respecto al uso de valores cualitativos o cuantitativos para llevar a cabo las técnicas de clasificación y ordenación de la vegetación, algunos autores mencionan que la medición cuantitativa debe reservarse para un trabajo detallado y no para una primera exploración de la vegetación (Lambert y Dale, 1964: Citados por Jaramillo, 1982). La afirmación anterior implica que el establecer un patron general de las relaciones entre la vegetación y la vegetación con el ambiente no requiere de estudios detallados, lo cual no es verdad, ya que es necesario que los ecólogos trabajen exhaustivamente a nivel de campo para adquirir más experiencia, aumentando con ello la posibilidad de la generación de datos

más confiables y objetivos (principalmente cuantitativos) a nivel comunitario, así como la mejor interpretación de los resultados, pues el trabajo de gabinete es cada vez más sencillo y eficiente debido al nivel de desarrollo alcanzado por los métodos de análisis multivariado (Palmer, 1997).

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que si bien no hay una diferencia muy evidente en cuanto a interpretación, es más confiable el uso de valores cuantitativos para la clasificación y ordenación de la vegetación y los resultados se adecuan más a la realidad.

Algunas de las comunidades vegetales identificadas en el presente estudio habían sido descritas parcialmente por algunos autores para el Desierto Chihuahuense, o bien para el Altiplano Potosino y zonas aledañas a la Sierra de Catorce, la clasificación esta basada en un punto de vista estructural y fisonómico, se menciona a continuación:

Según Rzedowski (1965; 1978), el matorral desértico micrófilo ocupa alrededor del 38 % del estado de San Luis Potosí, se distingue por la predominancia de elementos arbustivos de hoja o foliolo pequeño y es propia de los terrenos planos y de las partes inferiores de los cerros de una gran zona del altiplano.

Para este autor, se puede distinguir la siguiente estructura general en la vegetación: el estrato más alto esta constituido principalmente por especies de *Yucca sp.*, el estrato dominante es el arbustivo superior donde abunda principalmente *Prosopis sp.* (Mezquital), el estrato arbustivo inferior incluye casi siempre a *Larrea tridentata* y con frecuencia a *Flourensia cernua* como dominantes, pero se pueden encontrar otras especies arbustivas, más los componentes del estrato herbáceo, ya sea entre los arbustos o en los espacios no ocupados por estos. También menciona que existen variantes de matorral monótono de *Larrea tridentata* o de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, frecuentemente con un estrato inferior de *Zinnia acerosa*.

Marroquín et al. (1981), mencionan que son pocas las variantes de importancia que tiene este tipo de vegetación, sin embargo, la zonas de transición con otras comunidades

son a veces tan paulatinas, que impiden una delimitación precisa. Esta formación se caracteriza además por la estatura uniforme del estrato arbustivo, intercalada con las especies de porte alto antes mencionadas: *Yucca carnerosana* y *Yucca filifera*. Según estos autores, *Larrea tridentata* y la mayoría de las especies que se le asocian, difícilmente se mezclan con la vegetación de las partes altas de las sierras, ni se presentan en llanuras salobres o con exceso de yeso, las especies que se encuentran en este tipo de comunidad no coexisten en todas las localidades y desaparecen a medida que la pendiente aumenta.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los criterios anteriores, los sitios de muestreo 2 y 4 pueden considerarse como matorral desértico micrófilo: con dominancia de *Larrea tridentata* principalmente, y en menor grado de *Flourensia cernua*, con los elementos característicos de este tipo de comunidad, sin embargo, en estos sitios *Prosopis sp.* no se presenta (ver tablas 7 y 9).

El sitio de muestreo 1 representa una variante del matorral desértico micrófilo, dominado también por *Larrea tridentata*, en donde se presentan elementos de matorral espinoso (mezquital): *Prosopis sp.* y *Mimosa sp.*, con valores de importancia muy bajos. Es relevante también la ausencia de especies del género *Opuntia*, característicos de dicha vegetación, y en los lugares donde se presentan la densidad es muy baja.

En este sitio hay una menor densidad de especies, por ello existe mucho espacio entre los arbustos que constituyen dicha comunidad (ver tabla 6 y fig. 13).

El sitio de muestreo 3 puede catalogarse como otra variante del matorral desértico micrófilo, debido a la presencia de *Agave lechuguilla* y *Agave striata*, o bien como una transición con el matorral desértico rosetófilo, ya que como menciona Marroquín (op. cit.); se pueden apreciar ecotonos entre el matorral desértico micrófilo y el matorral crasicaule, así como entre el primero y el matorral rosetófilo en las colinas de las serranías calizas en el norte de San Luis Potosí. En la Sierra de Catorce específicamente, se pueden observar dichas transiciones, ya que muchas especies que se encuentran en el matorral dominado por *Larrea tridentata*, también suelen localizarse en el matorral desértico rosetófilo, estas zonas

de transición se presentan en las partes bajas de las cerros de caliza y conglomerado, principalmente (tabla 8, fig. 15).

Según Rzedowski (1965; 1978), el matorral desértico rosetófilo ocupa cerca del 9 % del territorio del estado de San Luis Potosí, se caracteriza por la presencia de especies arbustivas o subarbustivas de hojas gruesas, alargadas y estrechas, a veces espinosas, agrupadas a manera de roseta. Entre estas plantas podemos encontrar esencialmente dos tipos: las que poseen un tallo (caudex) alargado y manifiesto (*Yucca sp.*, *Dasyliirium sp.*), y las que carecen de tallo visible (*Agave sp.*, *Hechtia sp.*).

Las agrupaciones densas de lechuguilla, guapilla, sotol y palma, cubren los lomerios y serranías calizas de la zona árida y semiárida chihuahuense, ya sea que se mezclen dos o más especies o en manchones casi puros, entonces se define a la vegetación como lechuguillales, guapillales y palmares (o izotales), respectivamente. Este tipo de vegetación reviste una gran importancia económica en el medio rural y para el país (Marroquín et al., 1981; Reyes, 1993).

Muchas especies de hábitat saxícola y litófitas acompañan a las especies dominantes, algunas de las cuales tienen una distribución geográfica restringida, como por ejemplo las cactáceas. La vegetación calcícola esta representada por especies adaptadas a suelos someros, bien drenados, pedregosos, calichosos y margosos que se encuentran en laderas con diversos grados de inclinación; desde pendientes suaves en las partes superiores de los abanicos aluviales situados en la base de los cerros, hasta paredes rocosas abruptas (Rzedowski, 1965; Marroquín et al., 1981).

Este tipo de vegetación suele presentar transiciones con otros tipos de comunidades, especialmente hacia el matorral submontano, el zacatal y el encinar arbustivo, según la altitud, grado de aridez y condiciones edáficas.

Desde el punto de vista estructural, el estrato subarbustivo juega el papel primordial en este tipo de vegetación, las especies dominantes suelen ser una o varias de las siguientes: *Agave lechuguilla*, *Agave striata* y *Hechtia glomerata*, que frecuentemente forman colonias

de varios metros de diámetro. El estrato más alto se caracteriza por la presencia de *Yucca carnerosana*, que hace que la comunidad presente un aspecto de bosquecillo, si bien, el valor de importancia de esta especie es bajo. El estrato arbustivo está compuesto por varias especies de plantas leñosas con valores de cobertura bajos, las plantas herbáceas incluyen también un gran número de especies, tanto anuales como perennes, sin embargo, su importancia cuantitativa no es muy grande (Marroquín et al., 1981).

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la vegetación de los sitios de muestreo 5, 6, 7, 8, y 9 corresponden a lo que Rzedowski (op. cit.), denomina matorral desértico rosetófilo y concuerdan de manera general con la anterior descripción, la especie que caracteriza este tipo de vegetación tanto fisonómica como cuantitativamente es *Agave lechuguilla*, aunque hay zonas en las que domina *Agave striata* o bien se presentan ambas especies (véase tablas 10 a 14 y figs. 17 a 21).

En algunos sitios de la Sierra de Catorce se distinguen zonas de transición entre el matorral desértico rosetófilo y otras comunidades, los sitios de muestreo 7, 8, 9 y 10, por ejemplo, presentan elementos de lo que podríamos llamar vegetación de chaparral, especies como *Juniperus monticola* y *Sophora secundiflora* son comunes e incluso abundantes.

Otra variante que ha sido descrita por Rzedowski (op. cit.), como un ecotono, es la del matorral desértico rosetófilo - encinar arbustivo, se presenta en el sitio de muestreo 12, en donde varias especies del género *Quercus* coexisten con otros elementos arbustivos (ver tabla 17, fig. 24).

En los sitios de muestreo 10 y 11 se encontró otro tipo de variante en donde *Agave lechuguilla* y *Agave striata* crecen junto al pino piñonero (*Pinus cembroides*). Varios autores (Rebolledo, 1982; Hernández, 1985; Villalobos, 1994), han descrito la presencia de elementos de matorral desértico rosetófilo dentro de lo que se considera como vegetación de piñonar, sin embargo, en el presente estudio basándonos en atributos cuantitativos y en la fisonomía de la vegetación podemos indicar que en los sitios de muestreo antes mencionados *Pinus cembroides* (debido a su baja densidad), es un elemento que le da características particulares al matorral desértico rosetófilo (ver tablas 15 y 16; figs. 22 y 23).

El encinar arbustivo ocupa en el estado de San Luis Potosí aproximadamente el 3 % de su superficie, se caracteriza por la predominancia de especies arbustivas del género *Quercus*, su hábitat más frecuente es sobre laderas de cerros, se diferencian dos tipos generales de encinar en base al tipo de sustrato en que se desarrollan, ya sea de suelo derivado de roca ígnea o caliza (Rzedowski, 1965; 1978).

En el caso de la Sierra de Catorce, el encinar arbustivo se desarrolla principalmente sobre sustrato calizo (ver tablas 18, 19 y 21). Rzedowski (op. cit.), reporta encinar arbustivo de *Quercus tinkhamii* en las laderas calizas de la sierra y lo describe como un matorral bajo y muy denso a menudo presente en masas puras, aunque en algunas zonas se encuentra junto con otros elementos arbustivos, hay un pobre desarrollo del estrato herbáceo, que se observa sólo en algunos claros, existe también encinar arbustivo muy achaparrado y denso de *Quercus pringlei* y de *Q. cordifolia*.

En la presente investigación no fue posible localizar las zonas donde se desarrolla el encinar arbustivo de *Quercus tinkhamii* y *Q. cordifolia* antes mencionados y sólo en una localidad visitada, ubicada al suroeste de la sierra (San José de Coronados), se observaron masas puras de encino (*Quercus sp.*) formando un bosque de extensión muy reducida y de alrededor de 5 mts. de alto.

Rzedowski (op. cit.), reporta también la existencia de comunidades arbóreas de *Quercus sp.* en un área bastante pequeña de la Sierra de Catorce (sureste), lo cual se pudo constatar en los recorridos de campo del presente estudio.

En los sitios de muestreo 12, 13, 14 y 16 se encontraron especies de encino, pero sólo el sitio de muestreo 13 cumple las características como para ser considerado como una comunidad de tipo encinar arbustivo; en este sitio la vegetación dominante es de porte arbustivo bajo, la especie más importante es *Quercus deserticola*, pero se encuentran también *Quercus pringlei* y *Quercus eduardii*, junto con otras varias especies arbustivas, de las cuales la de mayor importancia es *Chrysactinia mexicana*. Se puede observar también un estrato arbóreo constituido por *Pinus cembroides*, que presenta sin embargo valores muy bajos en cuanto a densidad y otros atributos cuantitativos.

Los sitios de muestreo 14 y 16 representan comunidades de piñonar, este tipo de vegetación posee una fisonomía y una composición florística definida, y responde a condiciones ecológicas distintas de las de otras comunidades en donde dominan otras especies del género *Pinus*. Según Rzedowski (op. cit.), el bosque de *Pinus cembroides* ocupaba alrededor del 1 % de la superficie del estado de San Luis Potosí, y menciona a la parte suroeste de la Sierra de Catorce como uno de los sitios en donde se observa este tipo de vegetación.

El piñonar se desarrolla en suelos someros y bien drenados de las laderas de los cerros, en particular en la Sierra de Catorce es un poco distinto en su fisonomía y composición florística a otros piñonares del estado de San Luis Potosí, se desarrolla sobre calizas, es más abierto y los arbustos ocupan más espacio en él (Rzedowski, 1965; 1978; Rebolledo, 1982; Reyes y García, 1985; García, 1985).

Se pueden observar transiciones entre el piñonar - encinar, piñonar - encinar arbustivo y entre el piñonar, con el matorral desértico rosetófilo, respectivamente. Rzedowski (op. cit.) menciona además, que en la Sierra de Catorce hay ecotonos notables en los que *Larrea tridentata* crece a la sombra de los pinos piñoneros, lo cual, de acuerdo a lo observado durante los recorridos de campo es muy poco frecuente y en los lugares donde ocurre la gobernadora presenta una densidad muy baja.

Rebolledo (1982), menciona algunas variantes para los piñonares del Altiplano potosino-zacatecano en base a su fisonomía, todas las variantes encontradas presentan un estrato arbóreo de *Pinus cembroides*, un estrato arbustivo crasicaule y un estrato herbáceo y de gramíneas. El estrato arbustivo leñoso sólo se presenta en las variantes piñonar - encinar (con especies de *Quercus*) y piñonar - chaparral (especies de *Quercus* y de *Artostaphylos*), también reporta la variante: piñonar - zacatal y el piñonar en masas puras.

Hernández (1985), menciona que en la Sierra de Catorce (en San Antonio Coronados, cerca de Estación Wadley<sup>29</sup>), la cobertura del estrato arbustivo es superior a

---

<sup>29</sup> Las comunidades de pino piñonero que Hernández (1985), menciona como cercanas a Estación Wadley corresponden a los sitios de muestreo 13, 14 y 16 del presente estudio y el nombre de la localidad más cercana es en realidad San José de Coronados. San Antonio Coronados se encuentra muy cerca, unos dos km. al sur de dicha zona.

otras comunidades de pino piñonero del estado de San Luis Potosí, hace una descripción detallada de las especies presentes en los diferentes estratos de dicha comunidad e indica que las especies arbustivas más importantes de esta localidad son: *Gymnosperma glutinosum*, *Chrysactinia mexicana*, *Menodora coulteri*, *Salvia greggi* y *Brickellia veronicifolia*.

En el presente estudio, las comunidades de pino piñonero encontradas en San José de Coronados (sitios de muestreo 14 y 16), corresponderían a la variante piñonar - encinar que menciona Rzedowski, (1965) y Rebolledo, (1982), y corroboran lo mencionado por Hernández (1985), en cuanto a la presencia de un estrato arbustivo dominado principalmente por especies del género *Quercus* y otros elementos arbustivos (ver tablas 18, 19 y 21; figs. 25, 26 y 28).

Como se puede apreciar con la información anterior, en zonas áridas y semiáridas la vegetación frecuentemente se presenta como manchones o parches, en donde hay variación continua en la abundancia y distribución tanto de especies como de comunidades tipo a través del paisaje. Debido a que estas zonas están caracterizadas por una mínima precipitación y por lo tanto sufren frecuentes sequías, la disponibilidad de agua puede ser uno de los factores primarios en el control de la distribución de las especies, consecuentemente, la variación en los factores físicos que influyen la disponibilidad del agua pueden explicar la heterogeneidad en el mosaico vegetacional (Patten y Ellis, 1995).

En una región semiárida como la Sierra de Catorce es razonable pensar que el factor principal que controla la distribución de las plantas es la disponibilidad de humedad, pues en dicha sierra la precipitación media anual es muy baja (306 mm.) y la evaporación es muy alta (con un promedio anual de 2010 mm.), según los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas (tabla 2, figura 33).

El estudiar desde un punto de vista cualitativo y mejor aun, cuantitativo la importancia relativa de las especies sobre una serie de sitios es muy útil, pues implica conocer como difieren dichos sitios en la composición y en la abundancia relativa de las especies de manera espacial. Aunado a lo anterior, si estudiamos variables ambientales

podemos tener un pánorama de cuales son los factores que están determinando la distribución y la abundancia de las especies en una región determinada.

El análisis de gradientes es una poderosa técnica para analizar y detectar cambios en la estructura y función de los ecosistemas, las "fronteras" entre zonas o comunidades ocurren en localidades distintivas a lo largo de gradientes ambientales y son especialmente sensitivas al cambio ambiental. Las técnicas de ordenación para el análisis de gradientes pueden ser aplicadas en todas las escalas y permiten la integración y extrapolación de los cambios observados desde una escala comunitaria hasta una escala de bioma (Gosz, 1992).

Los resultados de la ordenación directa e indirecta indican que en la Sierra de Catorce, los gradientes en los factores abióticos representan el mecanismo de control más importante en cuanto a la distribución de los vegetales. En regiones áridas y semiáridas los gradientes más críticos pueden ser aquellos relacionados con la disponibilidad de agua, incluyendo entre otros, la precipitación pluvial, las características del suelo y la topografía (Jaramillo, 1982; Westman, 1985; Tueller et al., 1991; Patten y Ellis, 1995).

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que factores tales como la altitud, la pendiente, las características del suelo (espacio poroso) y la orientación, son muy importantes en cuanto a la ordenación de la vegetación en la zona estudiada. La altitud es un gradiente ambiental complejo, que se manifiesta a través de variables tales como la temperatura y la precipitación, que tienen a su vez un efecto directo sobre el crecimiento vegetal y están correlacionadas de manera sitio-específica (Whittaker, 1978).

Los datos de temperatura promedio anual y precipitación total anual calculados a partir de varias estaciones metereológicas cercanas a la Sierra de Catorce, indican que existe una correlación significativa entre estas variables y con la altitud (ver tabla no. 2).

Además de lo anterior, el gradiente altitudinal al menos para la zona de estudio muestra en general un patrón topográfico característico; dado que en dicha sierra las partes más altas presentan pendientes muy abruptas, los sitios de altitudes intermedias tienen

pendientes menos inclinadas y los sitios de menor altitud se presentan en planicies o lugares de pendiente muy ligera.

Podemos decir que la precipitación es el principal componente en la entrada total de agua dentro del sistema, creando fuentes de agua superficial y recargando los mantos acuíferos, una vez que el agua está en el sistema, su disponibilidad para las plantas está influenciada por el tipo de suelo y el relieve topográfico. Las características del suelo, tales como el contenido de arcilla, limo y arena (que determinan el espacio poroso y otras características del suelo), deben influir sobre la tasa de infiltración y la capacidad de las plantas para tomar esta agua. La variación topográfica (longitud, forma e inclinación de la pendiente), puede redistribuir la humedad de tal forma que algunos sitios reciban una cantidad de agua mayor que la aportada únicamente por la precipitación.

Se ha sugerido que el efecto de exposición es también un factor muy importante en cuanto a la distribución y abundancia de las comunidades vegetales, dado que afecta en forma considerable a la disponibilidad de agua (principal factor limitante en zonas áridas y semiáridas) y la temperatura, variable muy relacionada con la distribución y abundancia de diversas cactáceas (Niering, et al., 1963: citado por Del castillo, 1982; Trujillo, 1982).

Se dice que en hábitats de pendientes pronunciadas y latitudes medias se espera que los efectos de orientación sean muy acentuados con respecto a la humedad y la temperatura, pues se pueden encontrar situaciones topográficas contrastantes en sitios muy próximos, que elegidos adecuadamente permiten eliminar al máximo los efectos de otras variables ambientales. En el hemisferio norte, las laderas orientadas al sur permanecen durante más tiempo expuestas al sol y por ello sus temperaturas son mayores y su humedad es menor que las laderas orientadas al norte, debido a ello, las diferencias climáticas entre laderas con distinta exposición son suficientes para provocar cambios notables en la vegetación (Trujillo, 1982).

A un nivel más localizado, podemos considerar también que al ser la luz solar la fuente primaria de energía en la biósfera, los factores que afectan su calidad (longitud de onda) y cantidad (intensidad y duración) presentan una importancia trascendental en los

sistemas biológicos. En los ecosistemas terrestres, la latitud y los efectos topográficos de exposición son de los factores que más influyen en la cantidad de luz que reciben los seres vivos; la luz solar influye en las comunidades vegetales como fuente de energía luminosa, térmica, e indirectamente al modificar la disponibilidad de agua.

Con respecto al efecto de orientación de ladera en la zona de estudio, podemos decir que la sombra orográfica generada por la Sierra de Catorce y otras pequeñas sierras como las de Guadalcazar y Alvarez, con dirección norte-sur respectivamente, se interponen al paso de los vientos húmedos del Golfo de México, generando condiciones diferenciales de aridez en uno y otro lado de la sierra.

El diagrama de ordenación separa claramente los sitios de muestreo de acuerdo a la posición (oriental u occidental), que ocupan en la Sierra de Catorce: las condiciones ambientales son diferentes en ambos lados de la sierra, en la parte occidental, en los sitios de mayor altitud, se presentan condiciones propicias para el establecimiento y desarrollo de las comunidades vegetales que requieren mayor humedad, como es el caso de las comunidades de encinar arbustivo y piñonar.

A causa del significado de la altitud, pendiente, efecto de exposición y las características del suelo en la Sierra de Catorce, la distribución y abundancia de las especies cambia a lo largo de gradientes en dichos factores; los cambios en la distribución y abundancia de los vegetales asociados con estos gradientes físicos pueden ser diferentes para cada especie, creando un mosaico vegetal de poblaciones interpuestas a través del paisaje.

Cabe aclarar sin embargo, que el análisis de ordenación indica que el gradiente altitudinal es el factor ambiental que mejor explica la distribución de la vegetación en la Sierra de Catorce, y que el espacio poroso presenta muy poca variación como para ser considerado un gradiente ambiental importante.

En base a lo anterior, podemos decir de manera general que las comunidades vegetales que se presentan en la Sierra de Catorce tienen la siguiente distribución:

En las partes bajas de menor altitud, creciendo sobre un sustrato aluvial, y en terrenos de topografía poco accidentada se presenta el matorral desértico micrófilo, la especie dominante es la gobernadora *Larrea tridentata*, en algunas zonas existen variantes en donde juegan un papel importante otras especies arbustivas tales como: *Flourensia cernua*, y/o algunos arbustos espinosos: *Prosopis sp.* y *Mimosa sp.*, otras especies características de este tipo de vegetación son *Opuntia spp.*, *Yucca carnerosana*, *Yucca filifera*, *Parthenium incanum*, entre otras de menor importancia (ver fig. 34).

En las bajadas inferiores, piamontes, escombros de talud y escarpas con pendiente ligera a muy inclinada, en altitudes medias a elevadas, creciendo sobre sustrato de caliza o conglomerado y suelo somero, se presenta el matorral desértico rosetófilo, cuya especie característica es el *Agave lechuguilla*, sin embargo, en algunos lugares de la sierra es muy abundante el *Agave striata*, o bien se presentan ambas especies. Otros elementos característicos de este tipo de vegetación son: *Dasylirium cedrosanum*, *Yucca carnerosana*, *Opuntia microdasys*, *Opuntia rastrera* y diversas especies arbustivas, además, existen variantes de este tipo de matorral debido a la presencia de especies como *Sophora secundiflora* y *Juniperus monticola* (vegetación de chaparral); otra variante se da en la parte suroeste de la sierra (efecto de orientación), en donde se presenta el matorral desértico rosetófilo junto con vegetación de piñonar (*Pinus cembroides*) y/o encinar arbustivo (*Quercus spp.*).

El matorral crasicaule es poco abundante en la Sierra de Catorce, ya que las especies características de este tipo de vegetación (*Opuntia spp.*), generalmente no forman masas puras y se presentan como parte del matorral desértico rosetófilo. Los pocos sitios donde hay matorral crasicaule son lugares de pendiente muy escarpada, en altitudes medias a elevadas, creciendo sobre sustrato calizo y suelo muy somero (figura 34).

En las zonas de mayor elevación de la parte oeste y suroeste la sierra, creciendo sobre sustrato calizo, suelo somero y en pendientes muy inclinadas, podemos encontrar comunidades de piñonar (*Pinus cembroides*) y de encinar arbustivo (*Quercus spp.*), sin embargo, no se presentan como masas puras y en el caso del piñonar, las especies

características del estrato arbustivo son muy importantes. Existe un límite altitudinal en la distribución del pino piñonero (*Pinus cembroides*), que se presenta cerca de los 2 800 msnm, mientras que para el encino (*Quercus spp.*) dicho límite es un poco menor.

En las cimas de mayor elevación de la sierra, creciendo sobre sustrato calizo, podemos encontrar comunidades de chaparral (en algunos sitios es muy abundante *Ceanothus greggii*) y de zacatal (figura 34).

Aunque podemos observar que la distribución de las especies puede sobrelaparse en un patrón de cambio continuo a lo largo del gradiente altitudinal, es posible definir comunidades tipo dentro del "continuum": las especies con tolerancias ambientales similares pueden agruparse juntas en ambientes semejantes; esta combinación de especies puede repetirse en áreas con condiciones ambientales similares y de esta forma clasificarse como un tipo, el patrón del paisaje resultante sería entonces una mezcla de comunidades definibles que se matizan sin límites discretos, el como distinguir los "límites" de las comunidades estaría en función de la tasa de cambio de los gradientes físicos.

Los "límites" entre comunidades pueden definirse mejor en áreas donde los gradientes físicos cambian bruscamente, pues la abundancia de especies puede variar más rápidamente en estos sitios (Patten y Ellis, 1995).

Whittaker (1953), desarrollo el concepto de " **patrón de clímax** " para describir los patrones de vegetación que resultan de la respuesta de las especies individuales a factores físicos, esta hipótesis establece que las comunidades son el resultado de patrones de respuesta de las poblaciones individuales a gradientes ambientales, creando una gradación continua del patrón de clímax a lo largo del paisaje.

Debido a que los gradientes físicos relacionados con la disponibilidad de agua pueden ser el control primario de la distribución de especies en el área estudiada, la idea de patrón de clímax podría constituir una descripción adecuada del mosaico vegetal que se observa en la Sierra de Catorce.

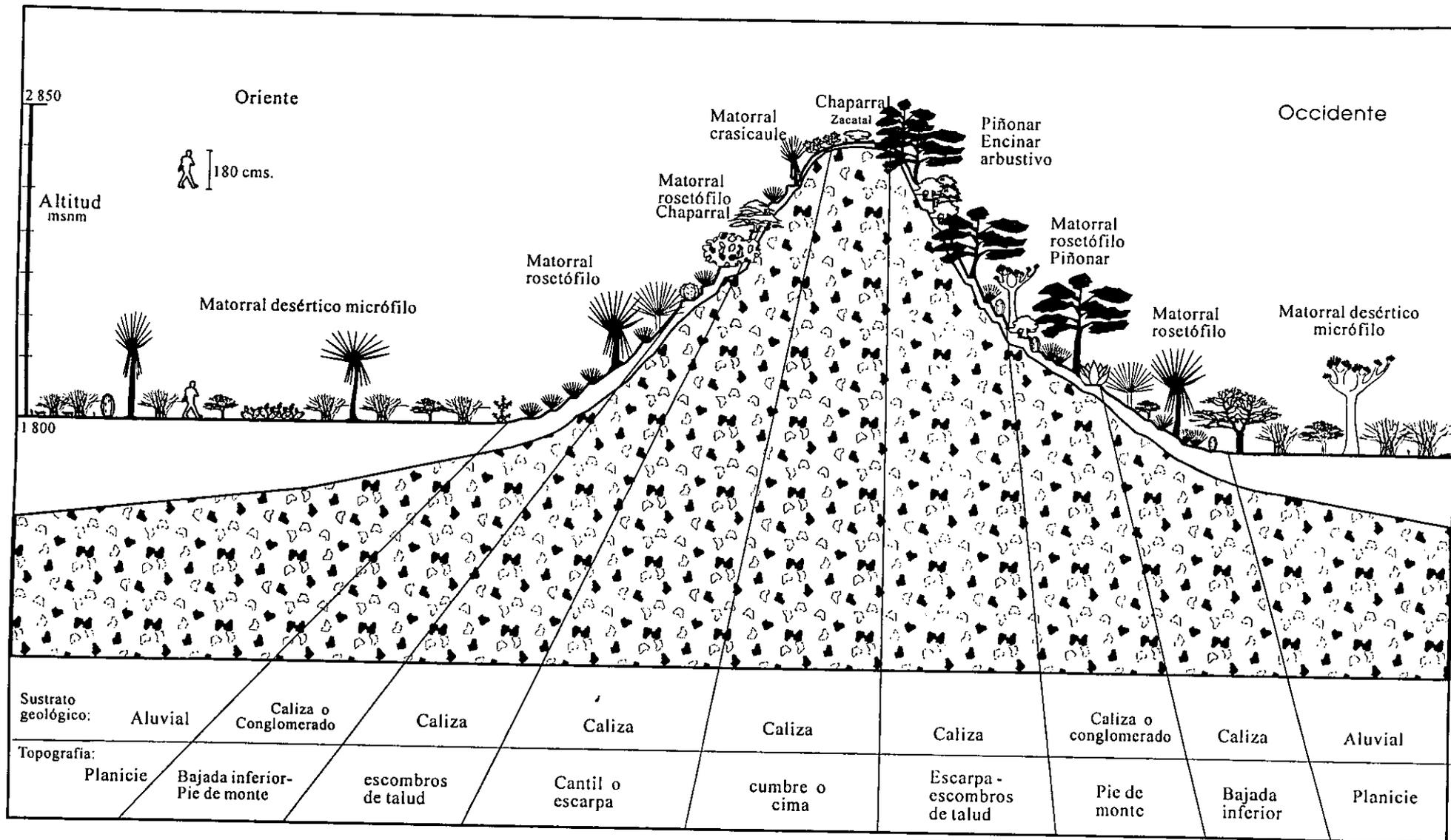


Figura 34. Perfil fisonómico fisiográfico de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí.

De cualquier manera, el intervalo de distribución de algunas especies vegetales en la zona estudiada debe estar influido potencialmente tanto por factores bióticos como abióticos, la distinción entre las dos series de factores esta enmascarado por el hecho de que las plantas residentes pueden influenciar profundamente el ambiente local.

Por ejemplo, Beals (1969) encontró que la existencia de discontinuidades o límites en la vegetación a lo largo de gradientes altitudinales en Etiopía depende en gran medida del grado de inclinación del gradiente, las discontinuidades en sitios con pendientes inclinadas parecen ir seguidas por cambios más rápidos en la composición de los taxa dominantes que en pendientes menos inclinadas. Más aun, cuando no existen cambios edáficos fuertes tal como ocurre en la Sierra de Catorce, es razonable atribuir agregaciones coincidentes a lo largo del gradiente ambiental a interacciones interespecificas.

Además de lo anterior, los límites inferiores y superiores entre comunidades no están necesariamente determinados por los mismos factores y consecuentemente pueden no mostrar los mismos patrones espaciales. Según Hamilton y Perrott (1981)<sup>30</sup>, en las montañas los límites superiores parecen estar frecuentemente relacionados con la temperatura u otros parámetros climáticos, mientras que los límites inferiores pueden estar determinados por la competencia con especies de gran estatura y vigor. Este patrón sugiere que la competencia es probablemente un determinante muy importante de los límites de distribución de la vegetación en un gradiente ambiental "benigno", mientras que las presiones fisiológicas deben predominar cuando se presenta un gradiente físico esencial y los límites deben ser más claros.

La gran mayoría de estudios sobre cambio vegetacional a lo largo de gradientes de altitud no han encontrado evidencia de comunidades discretas (Whittaker, 1956; Auerbach y Shmida, 1993), aunque una o dos zonas de transición son mencionadas comunmente en estudios de ordenación, estos ecotonos están marcados usualmente por cambios en la abundancia de las especies dominantes y son usados con frecuencia para definir diferentes asociaciones vegetales a lo largo del gradiente.

---

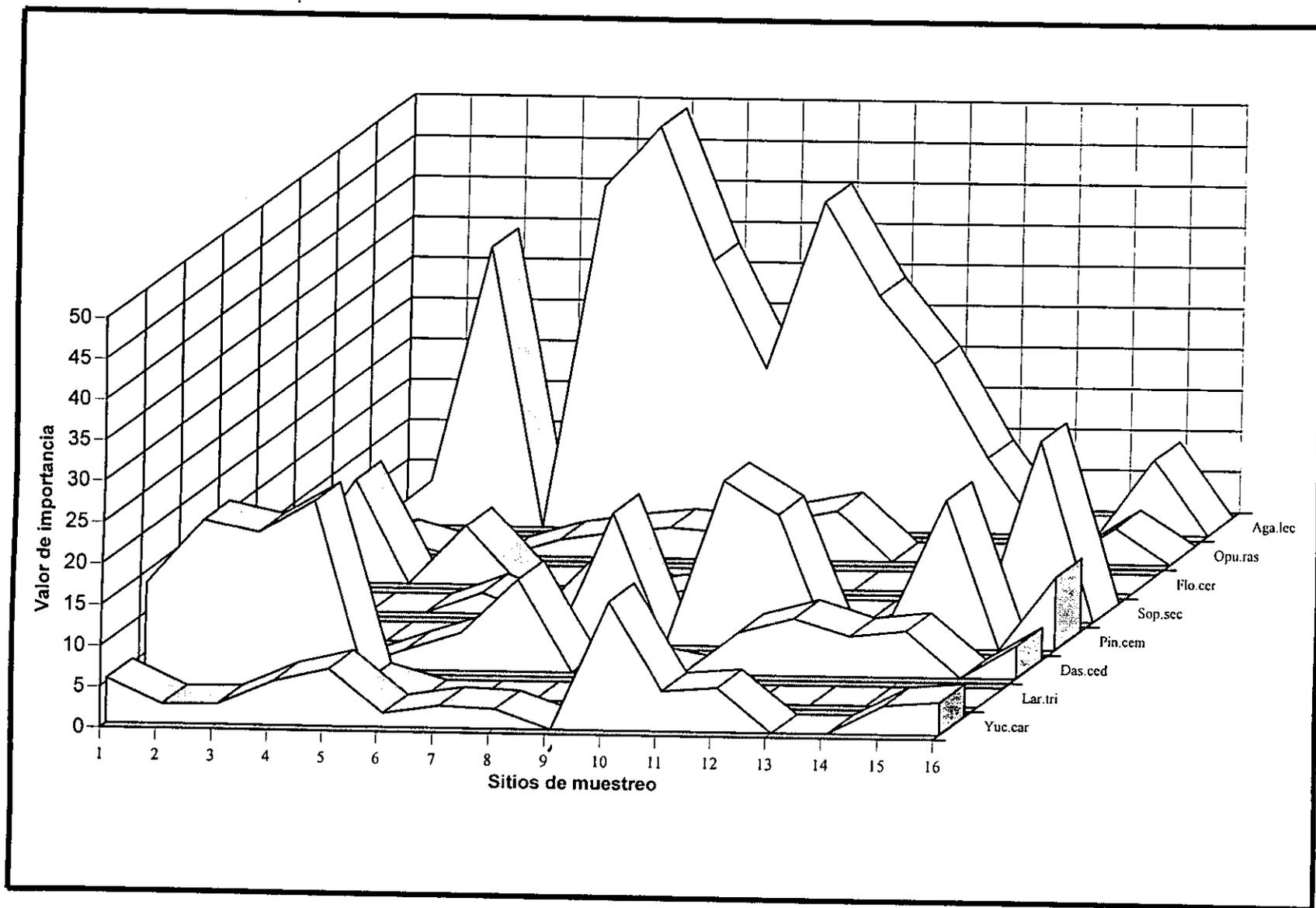
<sup>30</sup> Citados por Auerbach y Shmida, (1993).

Ogden y Powell (1979), notaron en su estudio de cambios a lo largo de gradientes altitudinales en Tasmania, que aunque pudieron reconocer fácilmente tres zonas diferentes de vegetación de bosque en el área estudiada, existía suficiente continuidad entre estas zonas como para manejar cualquier argumento estéril acerca de los límites altitudinales precisos. De esta forma, en ausencia de una discontinuidad edáfica severa el cambio a lo largo de gradientes altitudinales generalmente parece ser un proceso sutil y continuo (Auerbach y Shmida, 1993).

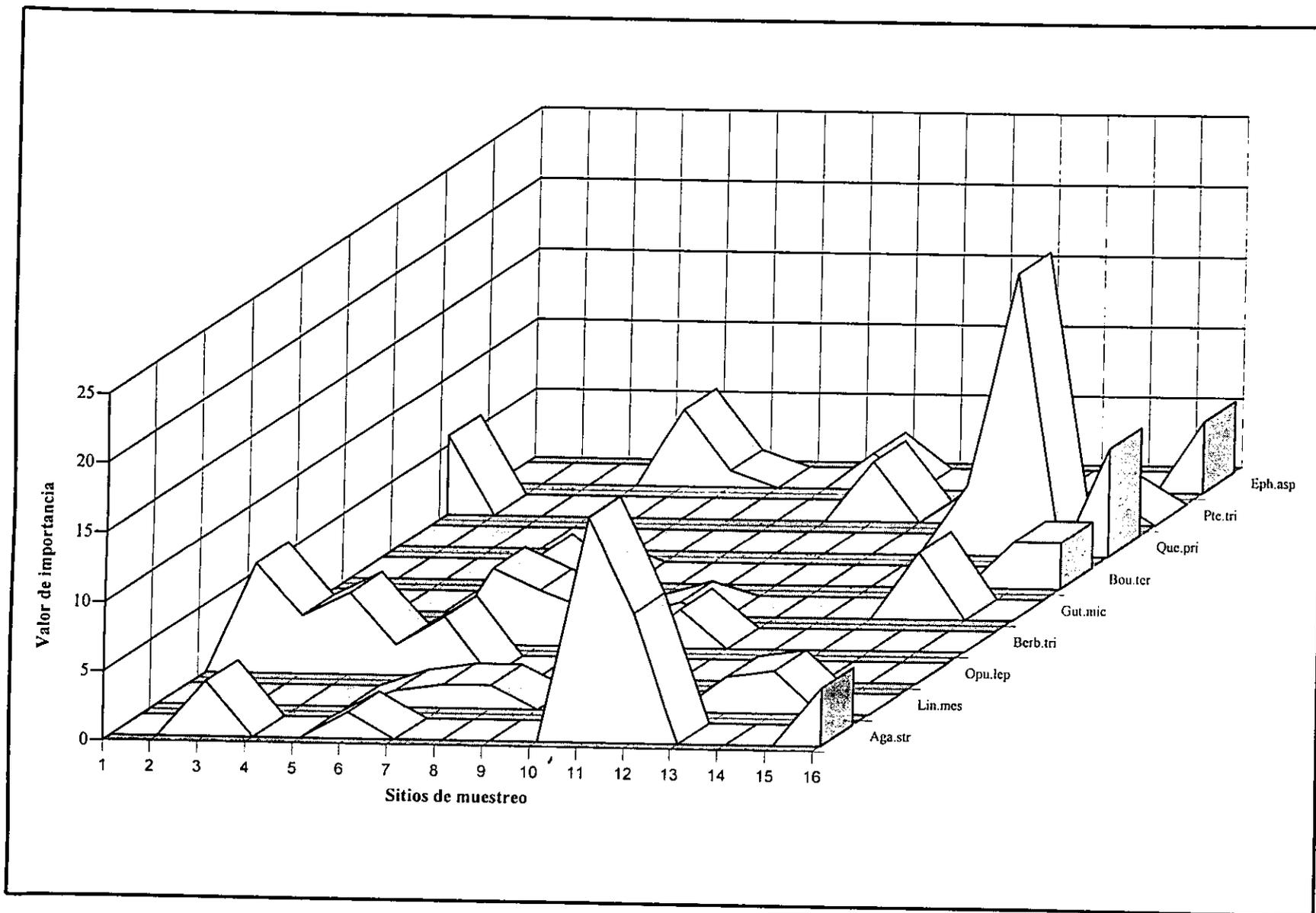
Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que si bien podemos reconocer distintas comunidades vegetales a lo largo del gradiente altitudinal, no hay evidencia de la existencia de comunidades discretas en la Sierra de Catorce.

Los "límites" de las asociaciones que determinan los ecotonos están generalmente muy pobremente definidos, además, mientras las especies dominantes (*Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Agave lechuguilla*, *Agave striata*, *Sophora secundiflora*, *Juniperus monticola*, *Quercus spp.*, *Pinus cembroides*, *Ceanothus greggii*, entre otras), cambian en el ecotono, la distribución y abundancia de muchos otros miembros de cada asociación extienden la zona de transición, pues algunas especies son de muy amplia distribución (*Yucca carnerosana*, *Ferocatus pringlei*, *Agave lechuguilla*, *Opuntia rastrera*, *Opuntia microdasys*, *Dasylirium cedrosanum*, entre otras), es decir, se presentan en prácticamente todas las comunidades estudiadas. Con estas pruebas explícitas, es posible asegurar que hay un número inusual de especies concordantes en estos ecotonos y que frecuentemente sólo unos pocos taxa dominantes aparecen o desaparecen (ver figura 35).

La clasificación y ordenación de la vegetación de la zona estudiada nos permitió, de cualquier manera, determinar semejanzas y diferencias (cuantitativas y cualitativas) en la vegetación entre los sitios de muestreo y de esta forma proceder a usar los tipos de vegetación identificados para regionalizar la Sierra de Catorce.



**Figura 35.** Distribución de las especies con mayor valor de importancia a lo largo del gradiente altitudinal estudiado en la Sierra de Catorce, S.L.P. (continua en la página siguiente).



**Figura 36.** Distribución de las especies con mayor valor de importancia a lo largo del gradiente altitudinal estudiado en la Sierra de Catorce, S.L.P.

Los mecanismos que explican los fenómenos ecológicos que son necesarios para el manejo, ordinariamente requieren información sobre:

- a) El ambiente físico que esta presionando la operación del ecosistema.
- b) Los seres vivos que operan dentro de estas presiones.
- c) Las interacciones entre la biota y entre la biota y el medio ambiente.

Estos tres elementos determinan la estructura biótica y el tipo de procesos que ocurren dentro de un ecosistema, sin embargo, su importancia relativa difiere entre ambientes o a lo largo de gradientes ambientales. En hábitats más húmedos, por ejemplo, las condiciones abióticas favorables permiten que los seres vivos y sus interacciones expliquen toda a casi toda la varianza en la estructura y función del sistema, en cambio, en hábitats más áridos las condiciones físicas representan las presiones primarias sobre la estructura y actividad de los seres vivos.

La cuantificación de los gradientes que determinan tales presiones a escala local o regional, provee de una poderosa herramienta para analizar el control de los procesos a diferentes escalas (Gosz, 1992).

El manejo de la vegetación involucra un amplio arreglo de productos, servicios y valores que varían en importancia a través del tiempo y las regiones, es muy reciente la idea de la intervención de la sociedad en la sustentabilidad, el mantenimiento de la biodiversidad y la estética. Una de las iniciativas desarrolladas, nuevamente se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas naturales y manejados, esta iniciativa reconoce que el sostenimiento de los sistemas ecológicos de la Tierra requiere el conocimiento de los mismos mediante la investigación básica.

Dado que mucho del conocimiento corriente acerca de la estructura y función de los ecosistemas se ha obtenido de pequeñas áreas representadas por sitios de muestreo, frecuentemente se asume que el clima es constante y la variabilidad espacial se ha ignorado o removido del diseño experimental, la comprensión de la dinámica espacial a varias

escalas, la variación en la estructura y función de los sistemas ecológicos a lo largo de gradientes ambientales y los patrones de diversidad a través de dichos gradientes, son fundamentales para llevar a cabo dicha iniciativa (Gosz, 1992).

La regionalización de la Sierra de Catorce representa el primer paso hacia el establecimiento de programas de conservación y explotación racional de sus recursos naturales, dicha sierra posee una topografía y posición geográfica que le confieren recursos vegetales importantes, sin embargo, su uso ha sido limitado y sujeto a las condiciones ambientales, principalmente a la precipitación.

Si tomamos en cuenta las condiciones de aridez, la geomorfología y las geoformas que conforman las bases de la morfogénesis de los suelos de la zona de estudio, estas características producen en el suelo en general un escaso desarrollo.

Debido a lo anterior, la explotación de la tierra con fines agrícolas en esta zona requeriría de la tecnificación en dichas prácticas y el rendimiento probablemente no lo justificaría. Por lo tanto, a reserva de un estudio sobre la capacidad de los mantos acuíferos y un análisis socioeconómico en la zona, podríamos descartar la agricultura de riego por los altos costos que implica

Con respecto a la agricultura de temporal, hay una gran cantidad de tierras de cultivo abandonadas pues si bien llueve regularmente en todos los meses del año (ver figuras 5 y 6), la precipitación total es baja y como se mencionó anteriormente, el tipo de sustrato y la topografía no favorecen la agricultura intensiva. Debido a esto, en general sólo se cultiva en terrenos planos (principalmente en la parte noreste y noroeste de la sierra), ya que la agricultura que se lleva a cabo en zonas de mayor altitud esta sujeta a una fuerte erosión natural, consecuencia de las pendientes tan pronunciadas.

Aunado a lo anterior, la densidad poblacional es muy baja, la mayoría de los hombres emigran y sólo regresan por temporadas, por lo tanto no hay mano de obra suficiente, aunque en los últimos tres años debido al incremento del turismo, la densidad

poblacional ha aumentado considerablemente<sup>31</sup>, sobre todo en la cabecera municipal: Real de Catorce.

La alternativa más viable sería la explotación de especies que crecen naturalmente en la zona, tal es el caso de muchas gramíneas y arbustos que pueden ser utilizados como alimento para el ganado ovino, caprino, porcino y bovino (ver tabla 26).

Desde hace muchos años algunas de las familias de la zona se dedican a la recolección y venta de piñon, pero sólo lo hacen a escala microindustrial, si bien ello ha favorecido la “conservación” del bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*); si se podría establecer un programa forestal para la parte suroeste de la sierra destinado a la explotación racional de esta especie con fines comerciales, dado que es uno de los recursos renovables más importantes con que cuenta, aunque el área que actualmente ocupan los piñoneros en la sierra no es muy grande (ver fig. 31).

Por otra parte, hay muchas especies vegetales utilizadas regionalmente y que pueden ser explotadas de una forma más óptima, se cuentan entre ellas: *Agave lechuguilla* (maguey), *Yucca carnerosana* y *Yucca filifera* (palmas); *Jatropha dioica* (llora sangre); la gobernadora, *Larrea tridentata*, el hojásén *Flourensia cernua*, varias especies del género *Opuntia* (nopales); la candelilla, *Euphorbia antisiphilitica*; el mezquite *Prosopis spp.*; el huizache, *Acacia spp.*, etc. Hay una lista muy extensa de especies que constituyen parte de los recursos naturales de la zona.

En la siguiente tabla se presenta un listado de algunas de las especies vegetales colectadas en la Sierra de Catorce, su nombre común y los principales usos locales y/o potenciales para cada una de ellas:

---

<sup>31</sup> El incremento en la densidad poblacional es un fenómeno observado a nivel general para las zonas áridas y semiáridas de nuestro país. Si consideramos que en San Luis Potosí la extensión de dichas zonas abarca el 81.7 % del estado, este aumento poblacional puede traer consecuencias graves para sus recursos naturales en los próximos años.

**Tabla 26. Usos locales y/o potenciales para algunas de las especies vegetales presentes en la Sierra de Catorce, S. L. P.**

<b>Especie</b>	<b>Usos</b>
<i>Acacia constricta</i> "Huizache"	Construcción, leña, combustible, sombra para los animales, obtención de perfumes (en otros países), forraje.
<i>Agave lechuguilla</i> "maguey"	Fibras duras para uso casero o industrial: cepillos, costales y cordelería; jabón (guishe), forraje, complemento en la elaboración del sotol.
<i>Agave salmiana ssp. crassispina.</i> "maguey verde"	Elaboración de mezcal, el qurote se usa para construcción, las pencas como forraje para el ganado, combustible, ornamental, cercos vivos.
<i>Agave salmiana var. salmiana</i> "maguey manso"	Producción de aguamiel: jarabes, vinagre, alcohol, goma o pegamento, forraje para el ganado (pencas), alimento (pedúnculo floral), combustible, Barbacoa (hojas tiernas), techado, cercas, ornamento, fibras, etc.
<i>Arctostaphyllum pungens</i> "manzanilla"	Medicinal, alimento.
<i>Aristida barbata</i>	Forraje
<i>Aristida glauca</i> "zacate"	Forraje
<i>Atriplex canescens</i> "costilla de vaca, chamizo"	Forraje: alimento del ganado caprino; concentrados de alimento para conejo, como complemento.
<i>Bouteloua sp.</i> "navajita, banderita"	Forraje: alimento para ganado.
<i>Brickellia veronicifolia</i> "peixto, orégano"	Té para el dolor de estómago.
<i>Buddleia cordata</i> "tepozán"	Construcción, medicinal.
<i>Chrysactinia mexicana</i> "hierba de San Nicolas"	Medicinal: estimulante.
<i>Dalea bicolor</i> "engordacabras"	Forraje.
<i>Dasylirium cedrosanum</i> "sotol"	Construcción: techos, adornos con las hojas (cucharitas), bebidas alcohólicas: "sotol", ornamentales. Alimento: flores y semillas.
<i>Dodonaea viscosa</i> "ocotillo"	Combustible, podría ser ornamental, por sus frutos vistosos y follaje perenne.
<i>Echinocactus sp.</i> "biznaga"	Alimento: se consumen sus frutos o botones florales "cabuches", dulce de biznaga: acitrón, forraje, ornamento.
<i>Echinocereus sp.</i> "alicoche"	Alimento: condimento, ornamental.
<i>Ephedra sp.</i> "popotillo"	Productos farmacéuticos: efedrina

<i>Euphorbia antisyphilitica</i> "candelilla "	Cera de alta calidad; uso industrial: recubrimiento de frutos y pastillas de goma de mascar; cosméticos; medicinal: enfermedades venéreas.
<i>Ferocactus pringlei</i> "biznaga "	" Alimento: se consumen sus frutos o botones florales "cabuches", dulce de biznaga, forraje, ornamento. "
<i>Flourensia cernua</i> "hojasén "	Medicinal: males estomacales, los compuestos extraídos de sus hojas poseen actividad fungicida.
<i>Jatropha dioica</i> "sangre de drago "	Medicinal: evitar la caída del cabello; medicinal: antiséptico bucal, endurecedor de encías.
<i>Juniperus monticola</i> "cedro o enebro "	Madera, ornamental.
<i>Juniperus sp.</i> "cedro o enebro "	Madera, ornamental: bonsai natural; aunque posiblemente esta especie esta amenazada o en peligro de extinción.
<i>Larrea tridentata</i> "gobernadora "	Resinas para barnices y lacas; para desincrustar calderas, medicinal: males estomacales, antirreumático, cálculos renales, dermatitis, hepatitis.
<i>Lophopora williamsii</i> "peyote "	Medicinal, ritual, elaboración de bebidas y como agente fungicida, tónico cardiaco, cura la hidropesía y la disnea.
<i>Lycurus phleoides</i>	Forraje.
<i>Mammillaria sp.</i> "chilitos "	Alimento, ornamental.
<i>Muhlenbergia sp.</i>	Forraje.
<i>Opuntia leucotricha</i> "nopal duraznillo "	Alimento humano, se consume el fruto (tuna) con todo y cascara, el nopal se usa como alimento para el ganado.
<i>Opuntia streptacantha</i> "nopal cardón "	Alimento humano, se consume el fruto: tuna, queso de tuna, colonche, elaboración de alcohol etílico, alimento para el ganado.
<i>Pinus cembroides</i> "pino piñonero "	Construcción: postes, Alimento humano: semillas "piñones": industria dulcera y de helados, las resinas pueden tener usos industriales.
<i>Poliomintha longiflora</i> "orégano cenizo "	Condimento.
<i>Prosopis laevigata</i> "mezquite "	Madera: fabricación de muebles, duelas, postes, carbón, leña, artesanías. Vainas: alimento humano y del ganado.
<i>Quercus spp.</i> "encino "	Madera: construcción, leña, cerco vivo.
<i>Sophora secundiflora</i> "pato! "	Extracción de aceite.
<i>Yucca carnerosana</i> "palma samandoca "	Fibras duras: ixtle, alimento: flores y frutos, los renuevos "cogollos", se dan como alimento al ganado, ornamental, combustible, elaboración de papel.
<i>Yucca filifera</i> "palma china "	Construcción: techos, cercos vivos; alimento para humanos: flores y frutos; los "cogollos" se dan como alimento al ganado; de las semillas se extraen hormonas esteroides (sarsapogenina), ornamental, combustible.

En general, para aprovechar de forma racional y eficiente los recursos con que cuenta dicha zona sin provocar problemas de deterioro ambiental, se requiere de estudios detallados de cada una de las especies a explotar, es decir, de estudios autoecológicos para la obtención de datos tanto cualitativos como cuantitativos que permitirán, junto con los antecedentes geológicos, edafológicos, topográficos, de vegetación asociada, económicos, sociales, etc. del lugar; proponer y llevar a cabo acciones para el uso óptimo de los recursos naturales, evaluar los resultados, y de esta manera, establecer programas de manejo integral adecuados. Los trabajos de Hernández, 1985; Hernández y García, 1985 y el de Islas (en prensa), son un ejemplo de este tipo de estudios autoecológicos para la Sierra de Catorce.

Los resultados de la presente investigación indican que no podemos hablar todavía de una excesiva explotación de los recursos naturales en la Sierra de Catorce y que se esta a tiempo de establecer programas de conservación. Un ejemplo ilustrativo de lo anterior es la explotación de las zonas de zacatal para el ganado, que es una práctica común pero no se hace en forma controlada, muchos animales sobre todo cabras y vacas invaden el matorral desértico micrófilo y rosetófilo, ello representará muy pronto un serio peligro para varias especies vegetales, en especial algunas cactáceas.

Por otro lado, la actividad minera es característica de Real de Catorce, es uno de los principales recursos con que cuenta, e incluso a principios de siglo llegó a ser una de las zonas mineras más importantes del país y de América en extracción de plata (Montejano, 1986); actualmente la principal actividad minera es la extracción de antimonio (INEGI, 1995; Sánchez, 1997).

Real de Catorce es también un sitio de interés turístico, el lugar es considerado como un pueblo fantasma pues durante mucho tiempo permaneció abandonado, de igual forma sus festejos, en especial en el mes de abril y octubre son muy famosos.

Desde el punto de vista tradicional es un lugar muy importante, pues cercano a la Sierra de Catorce se encuentra ubicado "Wirikúta": el Valle Sagrado de los Huicholes (Nahmad, et al., 1972; Triedo, 1996), en donde el peyote es ritualmente recolectado.

Aproximadamente el 60 % del territorio Mexicano esta representado por zonas áridas y semiáridas (Hernández, 1992; Hernández y García, 1997), esto implica que en el proceso de desarrollo del país dichas zonas deben ser tomadas en consideración, por lo que es imperante conocerlas en detalle en todos los aspectos: biológico, geológico, social, cultural, etc. Ello posibilitará la implementación de estrategias adecuadas para un uso controlado y eficiente de sus recursos naturales.

Los estudios de este tipo son esenciales como punto de partida para cualquier investigación de una región, ya que nos dan una visión bastante clara de las condiciones ambientales del lugar, en este caso de la Sierra de Catorce.

El conocimiento de la historia geológica y de los suelos de una zona nos dan un panorama de los procesos que han ocurrido y que pueden llegar a ocurrir, dependiendo de los sucesos naturales y de las condiciones de manejo del sistema. El estudio de la vegetación es igual de importante, pues esta directamente relacionado con las condiciones ambientales del lugar y es factor clave en el desarrollo de programas de conservación, manejo y explotación de los recursos naturales, de igual forma no debemos olvidar el aspecto socioeconómico, cultural y político del lugar en estudio.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el adecuado aprovechamiento de las especies vegetales de la Sierra de Catorce es importante tanto para los habitantes como para el fortalecimiento de la economía de la región.

En 1995, la Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), inicio el "Programa de Desarrollo Regional Sustentable" en algunas regiones del país, la elección realizada dio prioridad a regiones especiales; ya sea por poseer determinadas condiciones ecológicas, socioeconómicas, altos niveles de biodiversidad, potencial de recursos, etc. (SEMARNAP, 1996).

Los resultados de la presente investigación indican que la Sierra de Catorce, ubicada en la parte norte del estado de San Luis Potosí, posee características muy importantes desde el punto de vista ecológico, por ello es vital la conservación y en lo posible la explotación

racional de sus recursos naturales, si a esto sumamos su importancia cultural, su relación con grupos étnicos (Huicholes), turismo, minería, etc. Esta zona tiene el potencial para convertirse en una más de las regiones prioritarias y en un ejemplo de integración al desarrollo sostenido (que tanto se maneja en el discurso político y en el papel) de nuestro país, para así contrarrestar las condiciones de pobreza, la desigualdad y el deterioro ambiental extremo en que vivimos la gran mayoría de los mexicanos.

## VII. CONCLUSIONES

◊ Los métodos de análisis multivariado utilizados para la clasificación y ordenación de la vegetación de la zona estudiada nos ayudaron a simplificar un conjunto de datos grande y complejo y a entender las relaciones entre la vegetación y los factores ambientales más importantes, con lo cual se demuestra que los modelos teóricos son muy útiles, si están respaldados por las observaciones y el trabajo de campo.

◊ Los resultados obtenidos indican que es más apropiado el uso de variables cuantitativas que cualitativas para la clasificación y ordenación de la vegetación en la Sierra de Catorce, ya que nos proporcionan mayor seguridad, hacen más fácil la interpretación de los resultados y se aproximan más a la realidad.

◊ En este trabajo se corroboró la complementariedad de las técnicas de clasificación y ordenación, pues aunque no hay evidencia de la existencia de comunidades discretas en la zona de estudio, fue posible reconocer comunidades tipo a lo largo del continuo vegetacional. Ello se debió principalmente a que hay especies dominantes cuya distribución y abundancia cambia a través del paisaje, fueron estas especies las que nos permitieron reconocer comunidades tipo y comunidades mixtas, debido a la estructura tan particular que confieren a la comunidad.

◊ En la Sierra de Catorce existen especies con valor de importancia elevado y que además poseen, en diversos grados, intervalos de distribución más amplios; son estas especies las que determinan la existencia del continuo vegetacional al combinarse con las especies dominantes y con otras especies de menor valor de importancia, todo ello como resultado de los patrones de respuesta de las especies individuales a los gradientes ambientales.

◊ La clasificación y ordenación nos permitieron reconocer las siguientes comunidades vegetales en la Sierra de Catorce:

- 1) Matorral desértico micrófilo
- 2) Matorral desértico micrófilo - matorral espinoso
- 3) Matorral desértico micrófilo - matorral desértico rosetófilo
- 4) Matorral desértico rosetófilo
- 5) Matorral desértico rosetófilo - piñonar
- 6) Matorral desértico rosetófilo - encinar arbustivo
- 7) Matorral desértico rosetófilo - chaparral
- 8) Matorral desértico rosetófilo - matorral crasicaule
- 9) Piñonar - encinar arbustivo
- 10) Piñonar - chaparral

Cabe aclarar que los recorridos de campo y la regionalización nos permitieron reconocer de manera cualitativa, otros tipos de comunidades vegetales en el área de estudio, como por ejemplo el bosque de encino (*Quercus sp.*), el bosque de enebro (*Juniperus monticola*), el zacatal y el chaparral de enebro (*Juniperus sp.*), este último es un matorral de alrededor de 30 cm. de altura, que crece en pequeños manchones en algunas las cimas de mayor altitud de la sierra y cuya existencia no está reportada en la literatura.

◊ El Análisis de Correspondencias y el Análisis Canónico de Correspondencias nos permitieron realizar una ordenación de la vegetación: los diagramas indican que la altitud es el gradiente ambiental que mejor explica la distribución de la vegetación en la Sierra de Catorce, sin embargo, el gradiente altitudinal se manifiesta en realidad a través de variables como la temperatura y la humedad, principalmente. Los resultados ponen de manifiesto que los factores ambientales que se relacionan con la disponibilidad de agua para las plantas son los más importantes, pues como lo han manifestado diversos autores:

en zonas áridas y semiáridas la humedad es el mecanismo de control principal de la distribución de la vegetación, por ello, factores tales como la topografía (pendiente), el tipo de suelo y la orientación u exposición, son también relevantes.

◊ A una escala mayor, los resultados de la regionalización indican que en la zona estudiada los factores físicos son los que tienen mayor influencia en el sistema, de esta forma, la escasa precipitación, la elevada evaporación, la topografía, el escaso desarrollo del suelo, entre otros factores, determinan que en la Sierra de Catorce no se den condiciones adecuadas para la explotación de la tierra con fines agrícolas y al parecer, la tecnificación de dichas prácticas no es redituable.

◊ La vegetación natural esta adaptada a las condiciones drásticas del ambiente en la zona de estudio. La distribución de la vegetación esta influida principalmente por los factores ambientales definidos en el análisis de ordenación y complementados con la regionalización; por lo anterior se sugiere el establecimiento de programas de conservación y aprovechamiento racional de los recursos vegetales, pues de acuerdo al levantamiento florístico, a lo datos cualitativos y cuantitativos obtenidos y a la información recabada, en la Sierra de Catorce existe un alto potencial de recursos naturales, aunado a la importancia cultural, turística y minera del municipio de Real de Catorce, donde esta ubicada dicha sierra.

◊ Es muy importante realizar un estudio florístico en el que se explore toda la Sierra de Catorce, en especial en el estrato herbáceo, que en la presente investigación jugó un papel secundario, ello permitirá determinar la riqueza de especies, dato indispensable para iniciar un programa sobre uso de recursos.

◊ Es imprescindible que las instituciones gubernamentales dedicadas al conocimiento, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales lleven a cabo

acciones directas y a corto plazo en la Sierra de Catorce, ya que aunque la presente investigación no indica evidencia de una sobreexplotación de los recursos vegetales en dicha zona, en años recientes, la población de Real de Catorce se ha incrementado debido a un resurgimiento de la actividad turística y por consiguiente, hay una mayor presión sobre los recursos naturales.

**TABLA 27. Lista florística de la Sierra de Catorce, S. L. P.**

FAMILIA	Nombre común	Formas de vida
AGAVACEAE		
<i>Agave salmiana</i> var. <i>crassispina</i> (Trel.) Gentry	Maguey manso	N
<i>Agave macroculmis</i>	Maguey	N
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Lechuguilla	N
<i>Agave scabra</i>	Maguey	N
<i>Agave striata</i> Zucc.	Guapilla, espadín	N
<i>Agave americana</i>	Maguey	N
ANACARDIACEAE		
<i>Rhus andreuxii</i> Engelm.		N
<i>Rhus microphylla</i> Engelm.	Correoso	N
<i>Rhus virens</i> Gray.		N
APOCYNACEAE		
<i>Mandevilla karwinskii</i> (Muell) Hemsl.		C
ASTERACEAE		
<i>Ageratum corymbosum</i> Zucc. ex Pers.		H
<i>Aster subulatus</i> Michx.		T
<i>Brickellia veronicifolia</i> H.B.K. Gray	Orégano	H
<i>Baccharis cf pteronioides</i>		C
<i>Baccharis ramulosa</i> (DC.) A. Gray.	Jarilla	C
<i>Bahia pringlei</i>		H
<i>Chaetopappa bellioides</i> (Gray) Shinnars	Peistón	H
<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray.	Hierba de San Nicolas	T
<i>Chrysactinia truncata</i> S. Wats		T
<i>Dyssodia greggi</i> A. Gray.		T
<i>Dyssodia setifolia</i> (Lag.) B. L. Rob.	Parraleña	T
<i>Erigeron unguiphilus</i>		H
<i>Eupatorium calaminthifolium</i> H.B.K.		H
<i>Eupatorium espinosarum</i> Gray.		H
<i>Eupatorium schaffneri</i>		H

<i>Flourensia cernua</i> DC	Hojasén	N
<i>Gnaphalium turneri</i> Nelson		C
<i>Gutierrezia cf. microcephala</i> (Q. C.) Gray.		C
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Hierba de Juan Antonio	H
<i>Haplopappus spinulosus</i> (Pursh.) DC.		H
<i>Haplopappus venetus</i> H.B.K. Blacke	Escobilla	H
<i>Parthenium incanum</i> H. B. K.	Mariola	C
<i>Pinaropappus roseus</i> Less.		C
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.		H
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	Ojo de gallo	H
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.		H
<i>Stevia serrata</i> Cav.		H
<i>Viguiera stonoloba</i>	Escalerilla	H
<i>Viguiera sp.</i>		H
<i>Xanthocephalum cf. microcephalum</i> DC. Schinners		C
<i>Zaluzania triloba</i> (Ort.) Pers.	Altamisa	C
<i>Zinnia acerosa</i> (D.C.) A. Gray	Hierba del burro	C
<i>Zinnia juniperifolia</i> (D.C.) Gray		C.
BERBERIDACEAE		
<i>Berberis trifoliolata</i> Moric.	Agrio verde	C
BROMELIACEAE		
<i>Tillandsia sp.</i>	Heno, Pastle	E
CACTACEAE		
<i>Coryphantha cornifera</i>		C
<i>Coryphantha macromeris</i>		C
<i>Echinocereus conglomeratus</i>	Alicoche	C
<i>Echinocereus pectinatus</i>		C
<i>Echinocactus visnaga</i> Hook.	Bisnaga	C
<i>Echinomastus unguispinus</i>		C
<i>Ferocactus pringlei</i> (Coulter) Br. & Rose	Bisnaga	C
<i>Ferocactus sp.</i>	Bisnaga	C
<i>Hamatocactus hamatacanthus</i>		C

<i>Lophophora williamsii</i> (Lem.) Coulter.	Peyote	C
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch.	Nopal cuijo	N
<i>Opuntia imbricata</i>	Nopal	C
<i>Opuntia leptocaulis</i> D. C.	Tasajillo	C
<i>Opuntia microdasys</i> (Lehmann) Pfeiffer.	Nopal cegador	C
<i>Opuntia polyacantha</i>	Nopal	C
<i>Opuntia rastrera</i> Weber.	Nopal rastrero	C
<i>Opuntia tunicata</i> (Lehm.) Link & Otto.	Clavelina	C
<i>Mammillaria pottsii</i>	Chilitos	C
<i>Mammillaria gummifera</i>	Chilitos	C
CAPRIFOLIACEAE		
<i>Symphoricarpes microphyllus</i> H.B.K.		H
CARYOPHILLACEAE		
<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd. ex Schl.		H
CELASTRACEAE		
<i>Schaefferia stenophylla</i>		N
CHENOPODIACEAE		
<i>Atriplex canescens</i>	Costilla de vaca	N
CRASSULACEAE		
<i>Echeveria eoccinea</i> Car. D.C.		H
<i>Echeveria mucronata</i> (Back) Schlechtendal	Siempreviva	H
CUPRESSACEAE		
<i>Juniperus monticola</i>	Cedro, Enebro	N
<i>Juniperus sp.</i>	Cedro, Enebro	N
CYPERACEAE		
<i>Carex cf polystachya</i>		N
EPHEDRACEAE		
<i>Ephedra aspera</i> Engelm.	Pico de gorrión	C
<i>Ephedra compacta</i> Rose.		C
ERICACEAE		
<i>Arctostaphylos punges</i> H.B.K.	Manzanilla	C

EUPHORBIACEAE		
<i>Acalypha hederacea</i>		T
<i>Euphorbia sp.</i>	Pajuela	T
<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	Candelilla	C
<i>Euphorbia furcillata</i> H.B.K.		C
<i>Jatropha dioica</i> Sesse ex Cerv.	Llora sangre	C
FAGACEAE		
<i>Quercus sp.</i>	Encino	N
<i>Quercus deserticola</i> Trel.	Encino	M
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	Encino	M
<i>Quercus hiposhanta</i> Trel.	Encino	M
<i>Quercus cf. pringlei</i> Seem.	Encino	M
<i>Quercus striatula</i> Trel.	Encino	M
FOUQUIERIACEAE		
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo	
HYDROPHYLLACEAE		
<i>Nama palmeri</i> A. Gray ex Hemsl.		H
LABIATAE (LAMIACEAE)		
<i>Poliomintha longiflora</i> A. Gray	Orégano	H
<i>Salvia ballotaeflora</i> Benth.		H
<i>Salvia chamaedryoides</i> Cav.		H
<i>Salvia cf lycypidas</i>		H
<i>Salvia mexicana</i>		H
<i>Salvia microphylla</i> H.B.K.	Mirto	H
<i>Salvia cf pennelli</i> Epling.		H
<i>Salvia regla</i> Car.		H
LEGUMINOSAE		
<i>Dalea frutescens</i> Gray.		N
<i>Dalea bicolor</i> H. & B.	Engordacabras	N
<i>Krameria cystoides</i> Car.		C
<i>Krameria parviflora</i> Benth var. <i>imperata</i>		C
<i>Sophora secundiflora</i> (Ort.) Lag.	Patol	N

LILIACEAE			
<i>Asphodelus fistulosus</i> L.			N
<i>Calibanus hookeri</i> (Lem.) Trel.			N
<i>Dasylirium cedrosanum</i> Trel.	Sotol		N
<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey	Palma samandoca		M
<i>Yucca filifera</i> Chabaud.	Palma china		M
LINACEAE			
<i>Linum cf. aristatum</i> Engelm.			T
LOGANIACEAE			
<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	Tepozán		N
<i>Buddleia scordioides</i> H.B.K.	Escobilla		N
<i>Buddleia ternifolia</i> Car. Schl.			N
LORANTHACEAE			
<i>Phoradendrom brachystachyum</i> (DC.) Nutt			P
<i>Phoradendron villosum ssp. Flavum</i> (Jhonst.) Wiers.			P
MIMOSACEAE			
<i>Acacia constricta</i>	Huizache		N
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ort.			N
<i>Mimosa biuncifera</i> Bentham	Garabatillo, uña de gato		N
<i>Mimosa zygophylla</i> Bentham	Charrasquillo		N
<i>Prosopis laevigata</i> H. & B. Johnst	Mezquite		M
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite		N
OLEACEAE			
<i>Forestiera cf angustifolia</i> Torr.			N
<i>Fraxinus greggii</i> Gray. var. Greggii			N
<i>Menodora scoporia</i> Engelm.			N
<i>Menodora longiflora</i> Gray			N
OXALIDACEAE			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Agritos		H
PINACEAE			
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	Pino piñonero		M

POACEA			
<i>Andropogon cirratus</i> Hack.			H
<i>Aristida barbata</i>	Zacate tres barbas		H
<i>Aristida glauca</i> (Ness) Welp.	Zacate		H
<i>Bouteloua</i> sp.	Zacate		H
<i>Bouteloua barbata</i> Lag.	Zacate		H
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	Zacate banderita		H
<i>Bouteloua scorpioides</i> Lag.			H
<i>Bouteloua triana</i>			H
<i>Lycurus phleoides</i> H.B.K.			H
<i>Muhlenbergia capillans</i>	Zacate		H
<i>Muhlenbergia pusilla</i>			H
<i>Muhlenbergia tenuifolia</i> (H.B.K.) Kunth			H
<i>Muhlenbergia villosa</i> Sw.			H
<i>Stipa ichu</i>			H
<i>Stipa tenuissima</i> Trin.			H
POLEMONIACEAE			
<i>Gilia rigidula</i> Benth.			H
<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.) G. Don.			H
POLYPODIACEAE			
<i>Notholaena incana</i>			H
POLYGALACEAE			
<i>Polygala dolichocarpa</i> Blacke			H
<i>Polygala macradania</i>			H
PTERIDACEAE			
<i>Cheilanthes estonii</i> Baker			C
<i>Cheilanthes aschenborniana</i> (Klotzsch) Mett.			C
<i>Cheilanthes kaufussii</i> Kunze.			C
<i>Cheiloplecton rigidum</i> var. <i>rigidum</i> (Sw.) Fée			C
RHAMNACEAE			
<i>Ceanothus coeruleus</i>			C
<i>Ceanothus greggii</i> Gray			C

<i>Rhamnus serrata</i> Willd.		C
ROSACEAE		
<i>Cercocarpus</i> sp.		N
<i>Lindleyella mespiloides</i> (H.B.K.) Rydb.		N
RUBIACEAE		
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht		H
<i>Crusea diversifolia</i>		H
RUTACEA		
<i>Choisya katherinae</i>		C
<i>Ptelea trifoliata</i> L.		C
SAPINDACEAE		
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Chamizo	C
SCROPHULARIACEAE		
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	Chamizo	H
<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Schutt. & Cham.) Ernest.		H
<i>Leucophyllum minus</i> Gray.		H
<i>Seymeria decurva</i>		H
SELAGINALES		
<i>Selaginella sartorii</i> Hieron.		H
<i>Selaginella sellowii</i> Hieron.		H
VERBENACEAE		
<i>Lantana involucrata</i> L.		H
<i>Verbena</i> sp.	Verbena	H
ZYGOPHYLLACEAE		
<i>Larrea tridentata</i> (DC.) Cov.	Gobernadora	N
<b>Simbología para las formas de vida de Raunkier:</b>		
H: Hemicriptófitas	N: Nanofanerófitas	E: Epífitas
M: Microfanerófitas	C: Caméfitas	T: Terófitas
P: Parásitas		

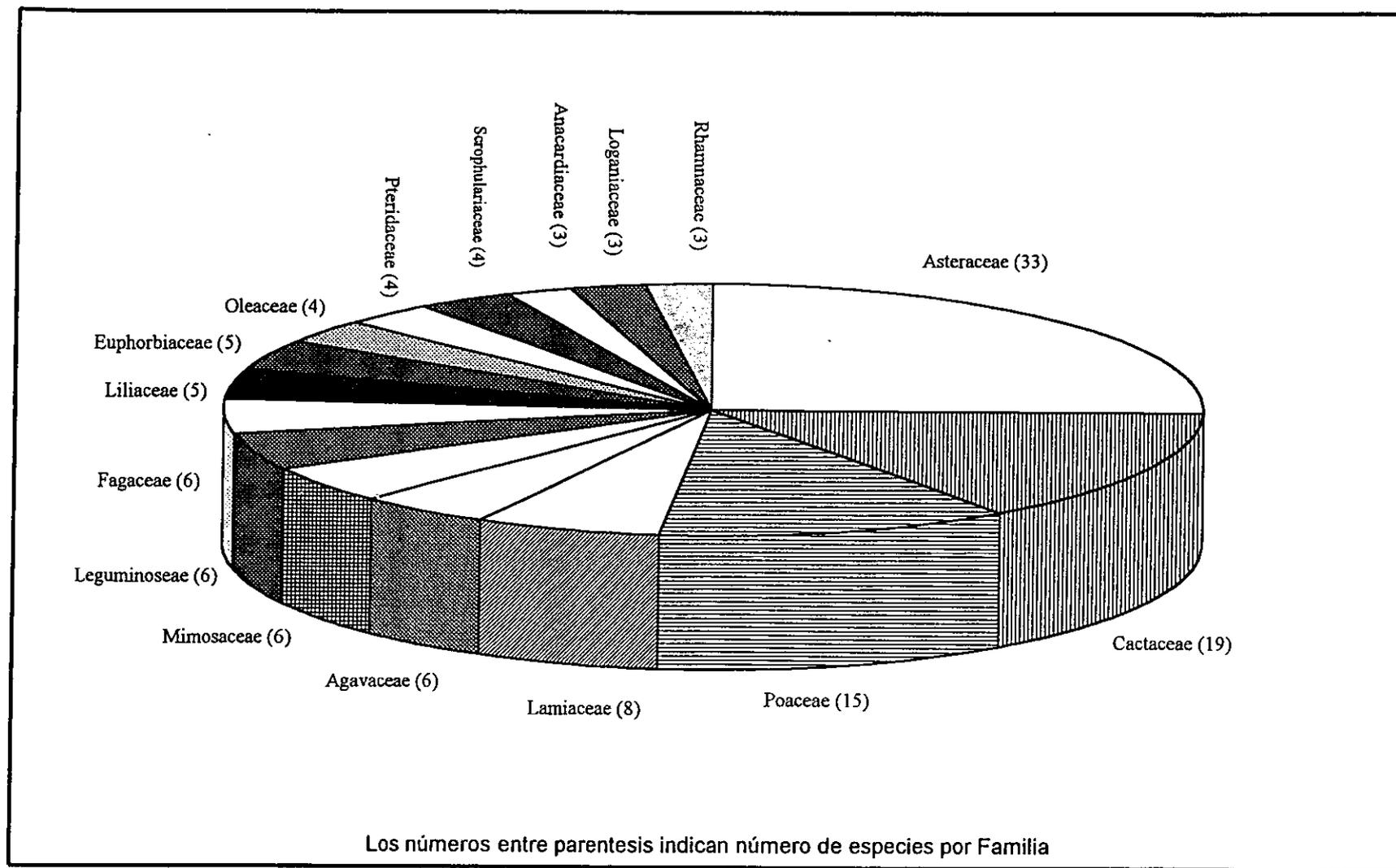
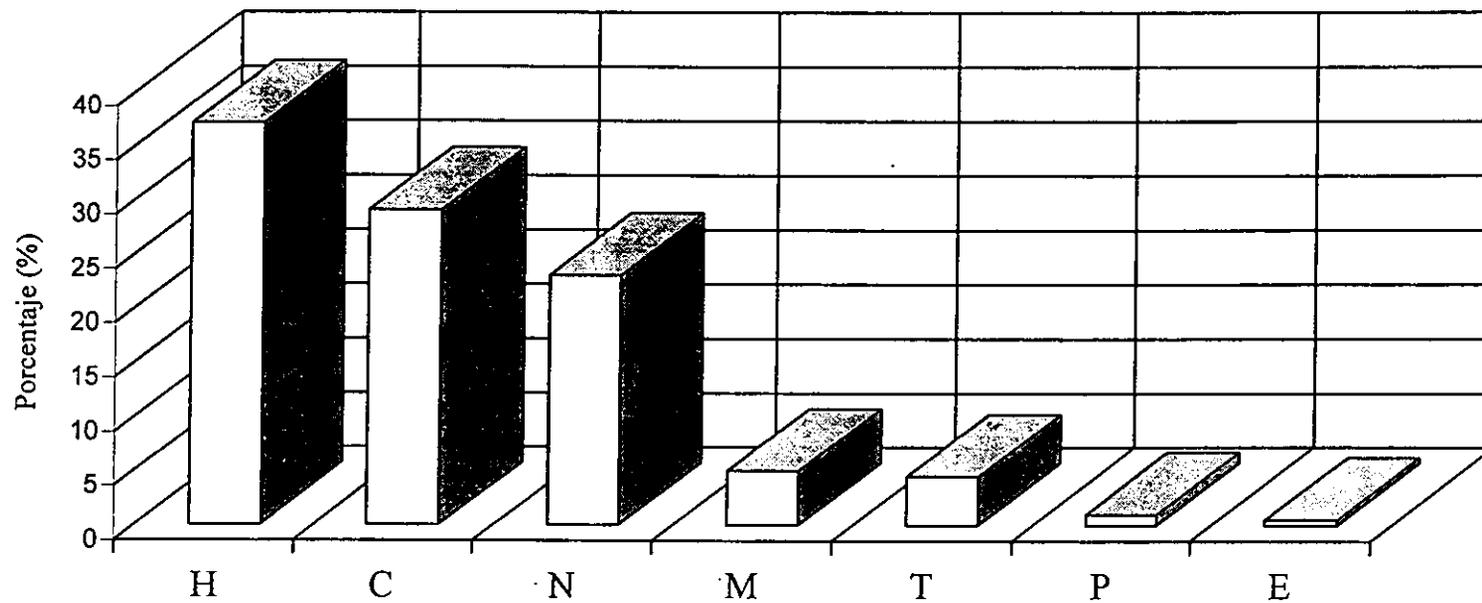


Figura 37. Familias con mayor número de especies para la Sierra de Catorce, S. L. P.



El significado de cada letra aparece en la tabla 27

Figura 38. Formas de vida de Raunkier para la Sierra de Catorce, S. L. P.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ◇ Acot, P. Cómo nació la Ecología. Mundo Científico Vol. 10; 98: 71-77, 1989.
- ◇ Aguado, S. G. A., et al. Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos. Acta Botánica Mexicana, 35:65-81, 1996.
- ◇ Aguilera, H. N. Tratado de edafología de México (Tomo 1). Dirección General de Publicaciones. Facultad de Ciencias, UNAM, Primera edición, México, 1989.
- ◇ Alvarez-Sánchez, J. Contribución de la Sociedad Mexicana de Botánica a la Investigación y Conservación de la Biodiversidad. Vol. Esp. (XLIV) Rev. Soc. Méx. Hist. Nat. pp. 51-57, 1993.
- ◇ Auerback, M. y Shmida, A. Vegetation change along an altitudinal gradient on Mt. Hermon, Israel no evidence for discrete communities. J. of Ecology 81: 25-33, 1993.
- ◇ Austin, M. P. Current approaches to the non-linearity problem in vegetation analysis. Contemporary quantitative Ecology and Related Ecometrics. pp. 197-210, 1979.
- ◇ Austin, M. P. , Cunningham, R. B. y Fleming, P. M. New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. Vegetatio 55:11-27, 1984.
- ◇ Austin, M. P. Models for the analysis of species' response to environmental gradients. Vegetatio 69: 35-45, 1987.
- ◇ Austin, M. P. y Smith, T. M. A new model for the continuum concept. Vegetatio. 83: 35-47, 1989.
- ◇ Ávila, N. J. A., et al. Registro de *Pinus discolor* Bailey et Hawksworth en la Sierra de Monte Grande, San Luis Potosí. Acta Bot. Mex., 20:9-12, 1992.

- ◇ Ávila S. H. Pasado, presente y futuro del análisis regional. Rev. Geogr. Agrícola (Universidad Autónoma de Chapingo), 18: 107-112, 1993.
- ◇ Barbault, R. Estructura y estrategias en comunidades. Ciencia y Desarrollo. Conacyt, México: 120-126, 1980.
- ◇ Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. Ecology: Individuals, populations and communities. Sinaus Associates; Sundirland, M.A., pp. 591- 602, 1986
- ◇ Bridge, P. D. Classification. En: Biological data analysis. A practical approach. The Practical Approach Series. D. Rickwood & B. D. Hames, IRL.. Press, Oxford University Press, pp. 219-241, 1993.
- ◇ Carabias, J., Toledo, V. M., Toledo, C. y González-Pacheco, C. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno, A. C. y Prensa de Ciencias, UNAM, México, primera edición, 1989.
- ◇ Carrizales, A. A. Estudio geológico del mineral de la Maroma, Municipio de Real de Catorce. Trabajo recepcional para obtener el título de Ing. Geologo: Facultad de Ingeniería: Área Ciencias de la Tierra, U. A. S. L. P., Méx, 1984.
- ◇ Cernusca, A. y Seeber, M. C. Canopy structure, microclimate and the energy budget in different alpine plant communities. 21<sup>st</sup>. symposium of the British Ecological Society.1979.
- ◇ Cetenal: Comisión de Estudios del Territorio. Secretaria de la Presidencia. Cartas: topográfica, geológica, edafológica, de uso potencial, de vegetación y de uso del suelo: F14 A24. México, D. F., 1970.
- ◇ Clark, G. J. Economic development vs. sustainable societies: reflections on the players in a crucial contest. Annu. Rev. Ecol. Syst. 26:225-48, 1995.
- ◇ Comisión Nacional del Agua (CNA): Gerencia en el estado de San Luis Potosí: Subgerencia de administración del agua: Especialidad hidráulica en aguas superficiales:

- Datos de temperatura mínima, máxima y media; lluvia total y evaporación total en las estaciones meteorológicas cercanas a la Sierra de Real de Catorce, de los últimos 10 años, 1996.
- ◇ Del Castillo, S. R. F. Estudio ecológico de *Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1982.
  - ◇ De la Cruz, G. A. Sistema para el Análisis de Comunidades (ANACOM) Versión 3. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, Apdo. Postal 73 - Cordemex, Mérida Yucatán, 97310, Méx., 1991.
  - ◇ Digby, P. G. N. y Kempton, R. A. Multivariate analysis of ecological communities. Population and community biology series. Chapman and Hall. London and New York, pp. 49- 147, 1987.
  - ◇ Duch, G. J. El concepto de medio geográfico y el problema de la diferenciación regional en los estudios sobre producción agrícola. Rev. Geogr. Agrícola (Universidad Autónoma de Chapingo), Enero: 45-55, 1982.
  - ◇ Enciclopedia de los municipios de México: Los municipios de San Luis Potosí. Secretaria de Gobernación y Gobierno del estado de S.L.P. 1a. edición, México, 1988.
  - ◇ Engel, J., et al. Underexploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences, Washington, U.S.A., 1975.
  - ◇ Equihua, M. Análisis de la vegetación empleando la teoría de conjuntos difusos como base conceptual. Acta Botánica Mexicana, 15:1-16, 1991.
  - ◇ Equihua, M. Fuzzi clustering of ecological data. Journal of Ecology 78: 519-534, 1990.
  - ◇ Flores, C. G. Algunos estudios edafológicos de los municipios de Ahualulco, Salinas y Villa de Arriaga del Estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1988.

- ◇ Flores, M. S. Estudio citogenético y fitogeográfico de *Agave crassispina* Trel. y *Agave lechuguilla* Torr. en el municipio de Pinos, Zacatecas y en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí., México, Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1986.
- ◇ Franco, L. J., et al. Manual de ecología. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, 1985.
- ◇ Galindo, A. S. y García, M. E. Algunos estudios sobre mezquite (*Prosopis spp.*, *Leguminosae*) en San Luis Potosí y Sinaloa. Memorias del Simposio Agroforestal: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo, Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Facultad de Ciencias Forestales, Linares Nuevo Leon, Tomo II, 1989.
- ◇ García, D. R. y Escalona, A. M. A. Regionalización ecológica de Copándaro de Galeana, Michoacán (En base al proceso de producción agrícola). Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1984.
- ◇ García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM., México, D.F., 1971.
- ◇ García, E., Vidal, R. y Hernández, Ma. E. Aspectos climáticos de las zonas áridas del norte de la altiplanicie mexicana. Bol. Inst. Geogr. 15:41-74, 1985.
- ◇ García, de M. E. Apuntes de climatología. D. R. por Enriqueta García de Miranda, México, 1986.
- ◇ García, M. E. y Villa, J. V. Factores ambientales que afectan la distribución geográfica y ecológica de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., en el Estado de San Luis Potosí. Agrociencia 28:3-29, 1977.
- ◇ Gauch, H. G. Noise reduction by eigenvector ordinations. Ecology 63(6):1643-1649, 1982.

- ◇ Gómez L. F., et al. Mezquites y Huizaches. Algunos aspectos de la Economía, Ecología y Taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C.; México, D. F. , pp. 16-24, 1970.
- ◇ Gómez L. F. Algunas plantas útiles de la zona árida del estado de San Luis Potosí. México. Inst. Inv. Zon. Desert., U. A. S. L. P., 1986.
- ◇ Goodland, R. The concept of environmental sustainability. Annu. Rev. Ecol. Syst. 26:1-24, 1995.
- ◇ Gosz, R. J. Gradient analysis of ecological change in time and space: implications for forest management. Ecological Applications, 2(3):248-261, 1992.
- ◇ Gower, C. J. Introduction to ordination technique. In: Ecological sciences series G; Developments in numerical ecology, Springer-Verlag, Berlin, Alemania. 14: 3-63,1987.
- ◇ Granados, S. D. Métodos de estudio de la vegetación. Universidad Autónoma de Chapingo: Departamento de Bosques. Texcoco, México, 1983.
- ◇ Granados, S. D. y Tapia, V. R. Comunidades vegetales. Colección: Cuadernos Universitarios. Serie de Agronomía no. 15. Universidad Autónoma de Chapingo. Primera Edición, Texcoco, México, 1990.
- ◇ Granados, S. D. Los Agaves de México. Universidad Autónoma de Chapingo: Departamento de Bosques; Primera edición, Texcoco, México, 1993.
- ◇ Granados, S. D. Comunicación personal, 1993.
- ◇ Granados, S. D. Ecología de comunidades vegetales (Fitosociología): en prensa.
- ◇ Greegor, H. D. Jr. Ecology from space. Biologists need to be involved today in planning remote sensing systems for tomorrow. BioScience 36(7):429-432, 1986.

- ◇ Greig- Smith, P. Quantitative plant ecology. Series Studies in Ecology, Third Edition. University of California Press. Vol. no. 9, U.S.A, 1983.
- ◇ Gutierrez de M. Ma. T. y Valdéz, Q. R. Zonas áridas de México: cambios en el crecimiento de la población urbana y en su distribución 1900 a 1990. Geografía y Desarrollo. Revista del Colegio Mexicano de Geografía, A. C., 15: 67-80, 1997.
- ◇ Hernández, M. H. y Godínez, A. H. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Bot. Mex. 26: 33-52, 1994.
- ◇ Hernández, R. A. Análisis estructural de los piñonares del altiplano potosino-zacatecano. Tesis: Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados de Chapingo, Méx., 155 pp., 1985.
- ◇ Hernández, S., et al. Caracterización de suelos y aguas y sus posibles usos en el área del Salado, Estados de Zacatecas y San Luis Potosí. Geografía y Desarrollo I (2): 19-26, 1988.
- ◇ Hernández, V. R. E. M. Cactáceas de San Luis Potosí, México. Instituto de Investigaciones en zonas desérticas. U.A.S.L.P., 91 pp., 1985
- ◇ Hernández, C. Ma. E. Las zonas áridas de México. Tesis para obtener el Grado de Dr. en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM, 1992.
- ◇ Hernández, C. Ma. E. y García, E. Condiciones climáticas de las zonas áridas de México. Geogr. y Desarrollo. Revista del Colegio Mexicano de Geografía, A. C. 15: 5-16, 1997.
- ◇ Humara, G. G. Estudio Geológico del extremo nor-oriental de la Sierra del Tunal, Municipio del Cedral. Tesis para optar por el título de Ing. Geólogo. Escuela de Ingeniería, U.A.S.L.P., México, 1967.

- ◇ I.N.E.G.I. Anuario Estadístico del estado de San Luis Potosí. Gobierno del estado de San Luis Potosí, México. Edición, 1995.
- ◇ I.N.E.G.I. La minería en México, México. Edición 1995.
- ◇ Islas, H. H. Estudio ecológico de *Lophophora williamsii* (Lem.) Coulter en una comunidad vegetal perturbada del desierto de Catorce, San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, (en prensa).
- ◇ James, C. F. y McCulloch, E. C. Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or Pandora's Box?. Annu. Rev. Ecol. Sys. 21: 129-66, 1990.
- ◇ Jaramillo, L. V. J. Ordenación y clasificación de vegetación en la provincia florística de Tehuacan- Cuicatlan. Tesis para obtener el grado de licenciado en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1982.
- ◇ Kershaw, A. K. Quantitative and dynamic plant ecology, William Clowes and Sons. Segunda Edición, Londres Inglaterra, 1973.
- ◇ Knox, R. G. Effects of detrending and rescaling on correspondence analysis: solution stability and accuracy. Vegetatio. 83: 129-136, 1989.
- ◇ Krebs, J. C. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Editorial Trillas, S.A. de C.V. segunda edición, México, D.F., 1985.
- ◇ Lagunes, E. Caracterización química de una serie de suelos ígneos, calcáreos y yesíferos del altiplano potosino-zacatecano. Tesis profesional, Universidad Veracruzana. Ver. 130 p., 1985.
- ◇ Legendre, P. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio. 80: 107-138, 1989.
- ◇ Legendre, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm?. Ecology, 74(6):1659-1673, 1993.

- ◇ Llorente, B. J. y Soberón, M. J. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (CONABIO). En: *Diversidad Biológica de México*. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp. (XLIV): 3-17, 1993.
- ◇ Lozano-García, S. Interpretaciones sobre la lluvia de polen en la región de San Luis Potosí, México. Bol. Soc. Bot. México 46: 53-74, 1984.
- ◇ Ludwig, A. J. y Reynolds, F. J. Statistical ecology: a primer on methods and computing. John Wiley and Sons, USA, 1988.
- ◇ Maass, M. J. y Martínez, Y. A. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. Ciencias, 4:10-20, 1990.
- ◇ Maldonado, A. L. J. Manejo de la cubierta vegetal en las zonas áridas de México. S.A.R.H., I.N.I.F.A., División Forestal, 2a edición, México, Bol. Div. no.75, 1993.
- ◇ Marroquín, S. J., Borja, L. G., Velázquez, C. R. y de la Cruz, C. J. A. Estudio dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, publicación especial, no. 2, segunda edición, México, 1981.
- ◇ Martínez, A. R. Factores ecológicos, culturales y áreas de distribución de las plantas medicinales del género *Euphorbia* de México. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1992.
- ◇ Matteucci, S. D. y Colma, A. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C., 1982.
- ◇ Medina- Rivero, J.F. Estudio hidrogeológico en Wadley, municipio de Catorce, S. L. P. Folleto técnico no 86: Instituto de Geología y Metalurgia, Univ. Aut. San Luis Potosí, México, 1983.

- ◇ Minchin, P. R. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio*, 69:89-107, 1987.
- ◇ Montejano y Aguiñaga., R. Real de Catorce: el Real de Minas de la Purísima Concepción de los Catorce, S.L.P. Ed. Univ. Potosina, tercera Edición. México, 1986.
- ◇ Montesano, V. H. El ixtle y la candelilla: recursos del desierto mexicano. Tesis para obtener el grado de Lic. en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, 1987.
- ◇ Muench, N. P. Producción agrícola regional y las bases conceptuales para su estudio. *Rev. Geogr. Agrícola*. (Universidad Autónoma de Chapingo), Enero: 33-44, 1982.
- ◇ Murphy, L. L. Estudio geológico de la sierra el Tunal, Municipio de Cedral y Vanegas. Estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el título de Ing. Geólogo. Esc. de Ing. U.A.S.L.P., México, 1966.
- ◇ Nahmad, S. S., et al. El peyote y los huicholes. En: Montejano y Aguiñaga., R. Real de Catorce: el Real de Minas de la Purísima Concepción de los Catorce, S.L.P. Ed. Univ. Potosina, Tercera Edición, México, 1986.
- ◇ Naples, V. M. Caracterización de los suelos de el Salado, municipio de Vanegas, San Luis Potosí.
- ◇ Noest, V. y Van der Maarel, E. A new dissimilarity measure and a new optimality criterion in phytosociological classification. *Vegetatio*. 83: 157-165, 1989.
- ◇ Ortega, R. S. A. Sistemas de captación de agua de escurrimiento para el establecimiento de Costilla de Vaca *Atriples canescens*. S.A.R.H., I.N.I.F.A., División Forestal, 2a edición, Méx., Bol. Div. No. 76, 1993.
- ◇ Ortiz Solorio, C. A. Un método para la cartografía de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de suelos, 1985.

- ◇ Ortiz-Solorio, C. A. y Cuanalo, De la C. H. E. Metodología del levantamiento fisiográfico, un sistema de clasificación de tierras. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx., Segunda Edición, México, 1984.
- ◇ Palmer, W. M. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. Ecology, 74(8):2215-2230, 1993.
- ◇ Palmer, W. M. Ordination methods for ecologists. Carex[DBDL] OSUUNX.UCC.OKSTATE.EDU, 1997.
- ◇ Parra, V. M., Perales, R. M. y Hernández, X. E. Desarrollo histórico del concepto de región y su aplicación en México. Rev. Geogr. Agrícola (Universidad Autónoma de Chapingo), Enero: 7-31, 1982
- ◇ Patten, R. S. y Ellis, J. E. Patterns of species and community distributions related to environmental gradients in an arid tropical ecosystem. Vegetatio 117: 69-79, 1995.
- ◇ Phillips, D. L. Polynomial ordination: field and computer simulation testing of a new method. Vegetatio, 37: 129-140, 1978.
- ◇ Podani, J. Comparison of ordinations and classifications of vegetation data. Vegetatio. 83: 11-128, 1989.
- ◇ Quintana, A. P. F. Dispersión de semillas de nopal (*Opuntia spp.*) por animales silvestres y domésticos en "El Gran Tunal", San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1985.
- ◇ Randerson, P. F. Ordination. En: Biological data analysis. A practical approach. The Practical Approach Series. D. Rickwood & B. D. Hames, IRL.. Press, Oxford University Press, pp. 173-217, 1993.

- ◇ Rebolledo, V. A. Estudio preliminar sobre la ecología de los piñonares del altiplano Potosino - Zacatecano. Tesis: Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados de Chapingo, Méx. 1982. pp. 123.
- ◇ Retuerto, R. y Carballeira, A. Use of direct gradient analysis to study the climate-vegetation relationships in Galicia, Spain. *Vegetatio* 101: 183-194, 1992.
- ◇ Reyes, A. J. A. Estudio florístico de la sierra de Monte Grande, Municipio de Charcas, S.L.P. Tesis: Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, 1992. pp. 212.
- ◇ Reyes, C. E. Contribución al conocimiento de la Biología y aprovechamiento de *Yucca spp.* y *Nolina spp.* en México. Tesis para obtener el grado de Lic en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1993.
- ◇ Reyes, N. M. Aprovechamiento y comercialización del nopal (*Opuntia robusta* Wenland) en el estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Forestal, DICIFO, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1993.
- ◇ Rivera, D. J. M. Notas sobre clasificación de suelos (Guía general de clasificación de suelos por sistema F.A.O. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Suelos, serie: clasificación, 1970.
- ◇ Robledo, A, Ma. de los A. Aspectos ecológicos del orégano silvestre en el Altiplano potosino zacatecano, Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1990.
- ◇ Rodríguez, L. T. Prácticas terapéuticas y plantas medicinales utilizadas en los aspectos ginecológicos de los Nahuas de San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1994.
- ◇ Romme, W. H. y Knight, H. D. Fire frequency and subalpine forest succession along a topographic gradient in Wyoming. *Ecology* 62 (2) 319-326, 1981.

- ◇ Rzedowsky, J. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Cient. Potosina. V: 1,2: 5-291, 1965.
- ◇ Rzedowsky, J. Nombres regionales de algunas plantas de la Huasteca Potosina. Acta Cient. Potosina. 6 (1):7-58, 1966.
- ◇ Rzedowsky, J. Vegetación de México. Ed. Limusa, S. A. México, D. F. pp. 432, 1978.
- ◇ Rzedowsky, J. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Ciencias 6:47-56, 1992.
- ◇ Sánchez, C. J. La palmilla (*Nolina spp.*): una planta de interés económico. Rev. Ciencia Forestal 6:31(4 -17), 1981.
- ◇ Sánchez, V. F. El uso de sensores remotos para la cuantificación de erosión en zonas áridas y semiáridas. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, 1992.
- ◇ SEMARNAP: Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México: hacia el desarrollo sustentable. Bases de la transición, México, D. F., 1996.
- ◇ Tello, B. J. J. Utilización del maguey (*Agave spp.*) en el Altiplano potosino-zacatecano. Tesis recepcional: Escuela de Agricultura, U. A. S. L. P., Méx., 1983.
- ◇ Tello, B. J. J. y García, M. E. El maguey (*Agave*, subgénero *Agave*) en el Altiplano potosino-zacatecano. Bol. Soc. Bot. México 48: 119-134, 1988.
- ◇ Ter Braak, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67(5):1167-1179, 1986.
- ◇ Ter Braak, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. Vegetatio 69:69-77, 1987.

- ◇ Toledo, V. M. La Diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo. Julio agosto. 81:17-30, 1988.
- ◇ Toledo, V. M. La Diversidad biológica de México: Nuevos retos en los noventas. Ciencias. 34:43-59, 1994.
- ◇ Torres, F. A. Estudio químico de las vainas de mezquite e importancia económica en el estado de San Luis Potosí. Inst. Inv. Zonas Desérticas, 1977.
- ◇ Torres, S. M. G. Estudio geológico minero del área de San Bartolo Tahonas, Sierra de Catorce, S.L.P. trabajo recepcional, Escuela de Ingeniería, U.A.S.L.P., 1979.
- ◇ Triedo, N. Viaje a Wirikuta. La tierra del peyote, la morada de los dioses. México Desconocido. Año XX, 233: 22-27, 1996.
- ◇ Trujillo, A. S. Estudio sobre algunos aspectos ecológicos de *Echinocactus platyacanthus* LK. & O. en el estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Lic. en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, 1982.
- ◇ Tueller, P. T., Tausch, R. J. y Bostick, V. Species and plant community distribution in a Mojave-Great Basin desert transition. Vegetatio. 92: 133-150, 1991.
- ◇ Van Groenwoud, H. The robustness of correspondence analysis, detrended correspondence Analysis, and TWINSpan analysis. Journal of Vegetation Science, 3:239-246, 1992.
- ◇ Villalobos, V. M. Estudio fisonómico ecológico de las comunidades de pinos piñoneros del estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Biólogo. E.N.E.P. Iztacala, UNAM., 1994.
- ◇ Villanueva, D. J. Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata* H. & B. Johnst.) en el estado de San Luis Potosí. SARH., INIFAP., División Forestal. Bol. Div. no. 74, Méx., 1985.

- ◇ Villaseñor, J. L. Las Heliantheae endémicas a México: una guía hacia la conservación. Acta Botánica Mexicana. 15:29-46, 1991.
- ◇ Westman, E. W. Ecology, impact assessment, and environmental planning. John Wiley and Sons, USA., 1985.
- ◇ Willem, J. H. Joint ordination of species and sites: the unfolding technique. In: Ecological sciences series G; Developments in numerical ecology, Springer-Verlag, Berlin, Alemania. 14: 189-221,1987.
- ◇ Whittaker, R. H. Communities and ecosystems. Editorial Macmillan, New York, 1970.
- ◇ Whittaker, R. H. Approaches to classifying vegetation. En: Classification of plant communities. Edit by R. H. Whittaker. Kluwer Academic Publishers Group. Netherlands, pp. 3-19, 1978.
- ◇ Whittaker, R. H. y Niering, W. A. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope. Ecology 46:4(429-52), 1965.
- ◇ Whittaker, R. H. y Niering, W. A. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. V. biomass, production, and diversity, along the elevation gradient. Ecology 56:771-790, 1975.
- ◇ Woodall, W. D. Numerical classification. En: Classification of plant communities. Edit by R. H. Whittaker. Kluwer Academic Publishers Group. Netherlands, pp. 249-283, 1978.
- ◇ Zavala, H. J. A. Introducción al enfoque multivariado en estudios de vegetación. Cuadernos de Divulgación, INIREB. no. 26. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Jalapa Veracruz, México, 1986.