

70  
2 y<sup>3</sup>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARACTERIZACION DEL MATORRAL ESCLEROFILO  
PERENNIFOLIO DEL VALLE SEMIARIDO DE TEHUACAN,  
PUEBLA: UNA COMPARACION CON LOS EXISTENTES  
EN EL CLIMA MEDITERRANEO.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

P R E S E N T A

NOE FLORES HERNANDEZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFONSO VALIENTE BANUET

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
"Caracterización del Matorral Esclerófilo Perennifolio del Valle  
Semiárido de Tehuacán, Puebla: Una comparación con los existentes  
en el clima Mediterráneo".  
realizado por

Noe Flores Hernández

con número de cuenta 8738115-7 pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Alfonso Valiente Banuet

*Alfonso Valiente Banuet*

Propietario Dra. Patricia Dolores Dávila Ananda

Propietario Dr. José Luis Villaseñor Ríos

Suplente Dr. Miguel Verdú del Campo

Suplente M. EN E.B. Leopoldo Valiente Banuet

*Leopoldo Valiente Banuet*

FACULTAD DE CIENCIAS

COORDINACION GENERAL  
DE BIOLOGIA

*Lo más terrible se aprende  
enseguida y lo hermoso nos cuesta  
la vida...*

*Silvio Rodríguez Domínguez (1969)*

*A mis abuelos*

*que nunca conoceran la derrota.*

*Esta tesis es producto del colosal  
esfuerzo de mis padres, es por ello  
que el dedicárselas sea demasiado  
poco.*

*Angélica Hernández Reyes  
Eneterio Flores Ortiz*

*A mis hermanos*

*Hugo y Juan Carlos.*

*A mis amigos*

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Alfonso Valiente Banuet le agradezco el apoyo, amistad, paciencia y orientación entre una gran diversidad de cosas.

A la Dra. Patricia Dávila Aranda la revisión de esta tesis y sus valiosas opiniones.

A el Dr. Jose Luis Villaseñor Rios la revisión de la tesis e identificación de material botánico, además de su valiosa asesoría.

A el Dr. Leopoldo Valiente Banuet su gran amistad, las grandes contribuciones que me ha transmitido y su tiempo. Así como la realización del análisis estadístico. Estoy seguro que te sigo debiendo algo.

A el Dr. Miguel Verdú del Campo su asesoría, ayuda en el campo y la revisión de esta tesis.

A la Dra. M<sup>a</sup> del Coro Arizmendi su gran amistad, sus valiosas opiniones y apoyo además el mapa de ubicación de la región de Tehuacán.

A la Biól. Rosalinda Medina Lemos la identificación del material botánico y sus asesorías.

A Jose Alfredo Solís la realización de los dibujos para los perfiles de vegetación, y su amistad.

A Raul Ivan por facilitarme el equipo de medición de áreas foliares.

A el Dr. Patricio Garcia-Fayos por facilitarme información y transparencias del Matorral chileno así como a sus agradables pláticas y opiniones en el campo.

A Jose Antonio Soriano, Hector Godínez y Alberto Rojas su apoyo en las salidas al campo.

A Jerónimo Reyes y Lillian López la identificación de material botánico.

A Graciela Alcántara su amistad, apoyo en el campo y también a Alejandro Alcántara por facilitarme su equipo de cómputo.

A mis compañeros de laboratorio y su desmesurado apoyo: Lugi, Verónica, Norma, Olga, Rocío José., Rocío Burgoa, Hector, Alberto, Ariel, Oscar, Carlos, Rodolfo, Soriano, Adolfo y Vicente.

A una serie de personas que de alguna manera me han impulsado y apoyado dando como resultado este trabajo: Graciela Carrasco, Yuriria Chacón, Artemisa López, Fam. Gómes López: Sra. Alicia, Sr. Joaquín, Sara y Luis, Fam. Valiente Banuet: Sra. Guadalupe, Lupita, Laura, Guillermo, Juan, Polo y Fam. Valiente Arizmendi: Vali y Coro sin olvidar a sus preciosas hijas Valentina y Corito. A Pilar Enriquez, M<sup>a</sup> Luisa Franco, M<sup>a</sup> de Jesus Teniente, Amelia Cornejo, Ma Elena Sanchez, Fernando García, Ernesto Coronilla, Gloria y a un gran número de personas que por el momento no me vienen a la mente, mil disculpas.

Al I.I.M.A.S.S. de la UNAM, Departamento de estadística por haber permitido llevar a cabo el análisis de correspondencia con su infraestructura.

Esta tesis se llevo a cabo con el apoyo de la DGAPA al proyecto IN 208 195.

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
Resumen .....	1
Introducción .....	2
Objetivos .....	4
Área de estudio .....	4
<b>Métodos</b>	
Clima .....	6
Listado florístico .....	6
Cálculo de la diversidad Beta .....	6
Muestreos de la vegetación .....	7
Comparación estructural de la vegetación con la de zonas de climas mediterráneo .....	7
Distribución de la vegetación esclerófila perennifolia en el territorio mexicano y taxa relacionados con el chaparral de California .....	9
<b>Resultados</b>	
Clima .....	10
Listado florístico .....	11
Diversidad Beta .....	11
Descripción de vegetación .....	12
Comparación estructural .....	18
Evidencias de fuegos .....	18
Distribución de la vegetación esclerófila perennifolia en el territorio mexicano y taxa relacionados con el chaparral de California .....	19
Discusión .....	21
Conclusión .....	25
Literatura citada .....	26
Apéndice 1 .....	32
Apéndice 2 .....	42

## RESUMEN

La denominación genérica de matorral esclerófilo perennifolio corresponde a un tipo de vegetación constituido por arbustos achaparrados con hojas esclerófilas perennifolias, cuya distribución ha sido asociada consistentemente con los climas de tipo mediterráneo localizados entre los 30° y 40° de latitud norte y sur. En las diferentes regiones donde se distribuye recibe nombres particulares entre los que destacan Chaparral en California, Matorral en Chile, Maquia en la cuenca Mediterránea, Fynbos en Sudafrica y Mallee en Australia.

Aunque diferentes trabajos reportan una vegetación de este tipo para Arizona en los Estados Unidos y para estados de la República Mexicana como Nuevo León y San Luis Potosí, así como observaciones en el Valle de Tehuacán, en el centro de México, que muestra una gran similitud con la típica Mediterránea, su presencia no ha sido considerada en los trabajos que explican la distribución de la vegetación esclerófila perennifolia.

La asociación de la vegetación esclerófila perennifolia con el clima mediterráneo ha sido un argumento para explicar la distribución de este tipo de vegetación, a tal grado que se ha propuesto que su origen y evolución está fuertemente relacionado al clima mediterráneo. Este argumento derivó, hasta nuestros días, en la teoría de la convergencia evolutiva en sistemas mediterráneos.

La presencia de este tipo de vegetación en el Valle semiárido de Tehuacán, con clima seco con lluvias en verano, sugiere que la distribución de la vegetación esclerófila perennifolia no es sólo resultado de procesos asociados con el clima mediterráneo, y que su existencia en latitudes intertropicales se puede explicar por otros factores, principalmente de índole histórico.

Este trabajo presenta una caracterización comparativa de algunas características de la comunidad entre el Matorral Esclerófilo Perennifolio del Valle de Tehuacán, designado como Mexical, y la vegetación de 4 zonas bajo la influencia de clima mediterráneo. Los resultados muestran que el Mexical no difiere en la incidencia de características que presentan las especies de las comunidades en los climas mediterráneos, ni en su estructura vegetal, además de que está ampliamente distribuido en parches en el territorio mexicano. Estos hechos permiten postular que la presencia y origen de esta vegetación en México forma parte de los relictos de la vegetación Madro-Terciario descrita por Axelrod, lo cual indica fuertemente la necesidad de replantear las teorías imperantes sobre la distribución y el origen de esta vegetación a nivel mundial.

## INTRODUCCIÓN

El denominado matorral esclerófilo perennifolio (Rzedowski, 1978), corresponde a un tipo de vegetación constituido principalmente por arbustos achaparrados con hojas esclerófilas perennifolias, cuya distribución ha sido asociada consistentemente a los climas de tipo mediterráneo, entre los 30° y 40° de latitud N y S (Schimper, 1898; Naveh, 1967; Specht, 1969; Thrower and Bradbury, 1977; di Castri, 1981). A nivel mundial recibe nombres particulares, entre los que destacan Chaparral en California, Matorral en Chile, Maquia en la cuenca Mediterránea, Fynbos en Sudáfrica y Malle en Australia (di Castri, 1981).

Los climas mediterráneos se caracterizan por presentar una concentración de lluvias y bajas temperaturas en invierno, y un verano seco con intensa radiación solar (Fig. 1), así como una alta variabilidad de precipitación año con año (Aschmann, 1973; Bradbury, 1981; di Castri, 1981). El origen de este tipo de clima se estima a finales del Plioceno (Axelrod 1973).

La asociación de la vegetación esclerófila perennifolia con el clima mediterráneo fue indicada por primera vez por Grisebach (1872), quien documenta que este tipo de vegetación está presente en diferentes países con clima mediterráneo. Schimper (1898) es el primero en tratar de darle a esta concordancia una explicación fisiológica y establece el valor adaptativo del stress ambiental producto del clima con veranos secos. Ruebel (1930) y Cain (1950) confirman este patrón para la vegetación distribuida en otros países con climas mediterráneos. También Naveh (1967) compara la vegetación, el clima y los suelos de Israel y California, determinando que existe gran parecido entre estos sistemas aunque con algunas diferencias. Trabajos posteriores comparan o resaltan el parecido de las características estructurales de la vegetación y similitudes de las floras asociados a estos climas, concluyendo que existe gran similitud (Specht, 1969; Mooney y Dunn, 1972; Parsons, 1976; Pignatti y Pignatti, 1985, entre otros).

Todos estos estudios sentaron las bases para proponer que el origen de la vegetación esclerófila perennifolia se debe a que el clima ha tenido un papel fundamental en su desarrollo y evolución. De hecho, es a partir del trabajo de Mooney y Dunn (1970), cuando todas estas similitudes son ordenadas y sistematizadas dentro del contexto de la convergencia evolutiva y en donde el clima se considera su motor evolutivo. Esta concepción de convergencia de la comunidad ha prevalecido hasta nuestros días (Mooney y Dunn, 1972; Pearsons y Moldenke, 1975; Mooney *et al.*, 1977; Cody y Mooney, 1978; Cowling y Campbell, 1980; Cowling y Witowski, 1994). Otros estudios han



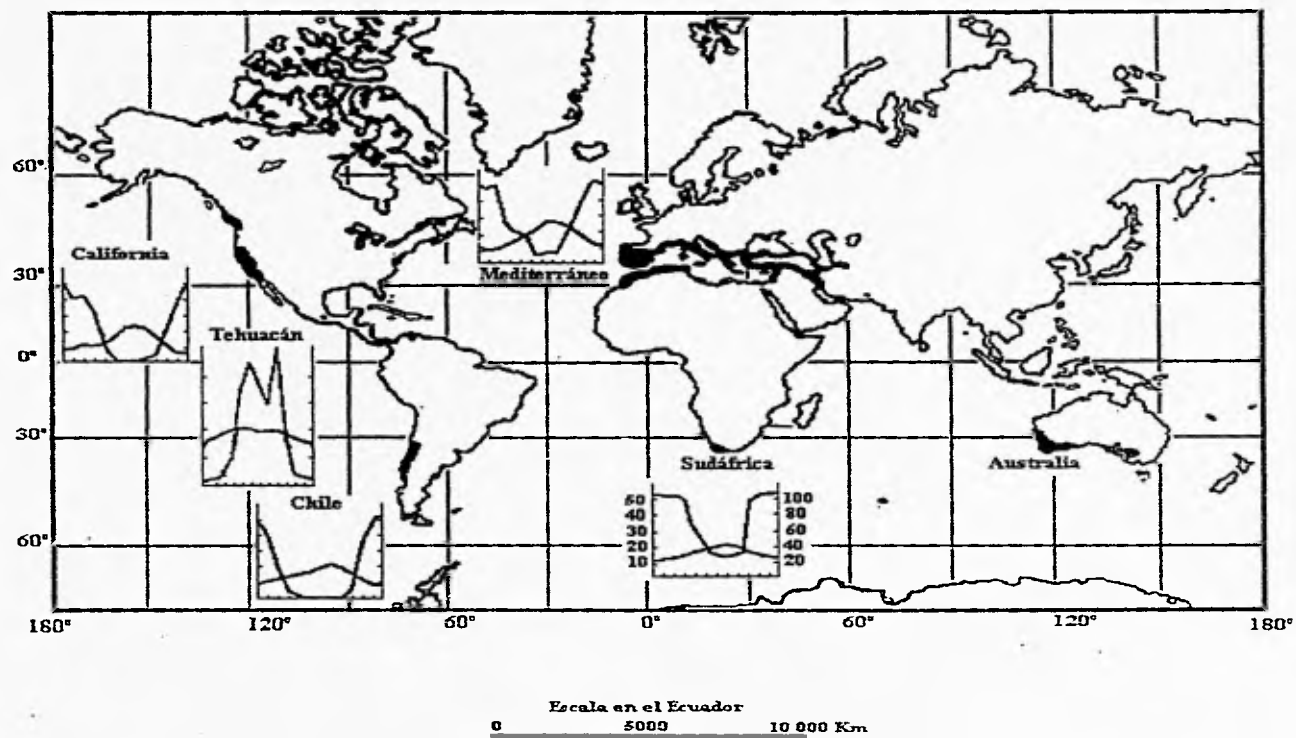


Figura 1. Mapa mundial mostrando las áreas con clima mediterráneo (Thrower & Bradbury 1977). Se incluye también al Valle de Tehuacán, con clima semiárido.

encontrado una asociación de la vegetación de Chaparral con la incidencia de fuegos, proponiendo que a éste se debe su origen (Mooney y Dunn, 1972).

La explicación de estos trabajos al parecer no han considerado que la distribución actual de esta vegetación, tanto en climas mediterráneos como de otro tipo, puede tener una explicación de índole histórico que sea una parte importante en la generación de teoría a este respecto. Así, Axelrod (1958) fundamenta con base en la evidencia fósil que la actual distribución de la vegetación esclerófila perennifolia se debe principalmente a factores históricos. Esto es, que la vegetación esclerófila perennifolia se originó a principios del Terciario en amplias zonas con climas templados y húmedos, distribuidos extensamente por todos los continentes, y lo que ahora existe tanto en climas mediterráneos como en otro tipo de clima son relictos de la antigua vegetación que ha sobrevivido (Axelrod, 1958, 1975).

La existencia de áreas cercanas a los trópicos donde un tipo de vegetación reúne características como la persistencia de las hojas (perennifolias) de arbustos esclerófilos apoyaría los argumentos de que la historia es fundamental para explicar su distribución y origen. Por ejemplo, fuera del cinturón con climas mediterráneos esta vegetación ha sido descrita en México por algunos autores como Muller (1939, 1947), Rzedowski (1978), Miranda y Hernández. X. (1963), entre otros y sólo describen a la vegetación esclerófila perennifolia pero no se tienen estudios que analicen las similitudes con la vegetación mediterránea para poder explicar su distribución.

La presencia de este tipo de vegetación en el Valle semiárido de Tehuacán, con un clima de lluvias en verano, así como evidencias reales de ausencia de fuegos en la región, indicaría que la distribución de la vegetación esclerófila perennifolia no es resultado de procesos asociados con el clima mediterráneo o los fuegos, sino que su presencia se debe a otros factores, principalmente históricos. En consecuencia, la finalidad del presente trabajo es realizar una caracterización de la vegetación arbustiva perennifolia ubicada dentro del Valle de Tehuacán, con base en caracteres que han sido asociados consistentemente con climas mediterráneos, como base para hacer una comparación con la vegetación de las áreas mediterráneas del mundo. Esta comparación permitiría analizar el posible papel de la historia en el origen y distribución de esta vegetación y al mismo tiempo poner a prueba la hipótesis de la convergencia evolutiva por arriba del nivel de especie.

## OBJETIVOS

1. Documentar la presencia y caracterizar el matorral esclerófilo perennifolio de el Valle semiárido de Tehuacán, Puebla.
2. Comparar esta vegetación con las existentes en clima mediterráneo.
3. Evidenciar la distribución actual de la vegetación esclerófila perennifolia en el territorio mexicano.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Valle semiárido de Tehuacán Puebla forma parte de la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán, ésta se localiza en la zona sureste del estado de Puebla y noroeste de Oaxaca, entre los 17° 39' y 18° 53' de latitud norte y los 96° 55' y 97° 44' de longitud oeste. Presenta alrededor de 10,000 Km<sup>2</sup> de superficie; abarca a su vez varios valles internos, separados por numerosas serranías pequeñas. Su clima es semiárido con una precipitación media anual de 400 mm y una canícula bien definida (Fig. 2). Las condiciones áridas del valle se deben principalmente al efecto de sombra orográfica que produce la sierra Madre Oriental y a la desecación paulatina de los mantos freáticos (Villaseñor, 1990; Dávila *et al.*, 1993).

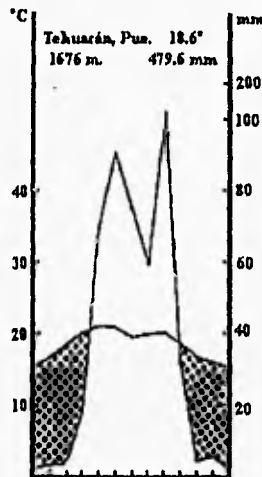


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de Tehuacán, Puebla (tomado de Rzedowski, 1978).

Las dos zonas de estudio se encuentran localizadas en el macizo montañoso de Cerro Viejo, a los 18° 15' N y 97° 26' O y en el Cerro Zotoltepec, a los 18° 38' N y 97° 27' O (Fig. 3). Ambos son macizos montañosos oscilan entre los 2350 y 2450 m.s.n.m. aproximadamente. Ambas zonas son parte de macizos montañosos de roca caliza del Cretácico inferior (INEGI, 1987) que alcanzan una altura máxima de 2900 msnm dentro del Valle de Tehuacán, comprendiendo la parte central de una cuenca continental Cenozoica formada de un brazo del mar Cretácico (Brunet, 1967).

La vegetación según la cartografía de INEGI (1987) es un matorral esclerófilo perennifolio o chaparral que se desarrolla en suelos poco profundos con gran cantidad de materia orgánica. En las partes más altas a partir de los 2500 m.s.n.m. predominan encinares y pinares con elementos de *Quercus obtusata* Humb. & Bonpl., *Pinus oaxacana* Mirov, *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. y *Quercus glabrescens* Benth.

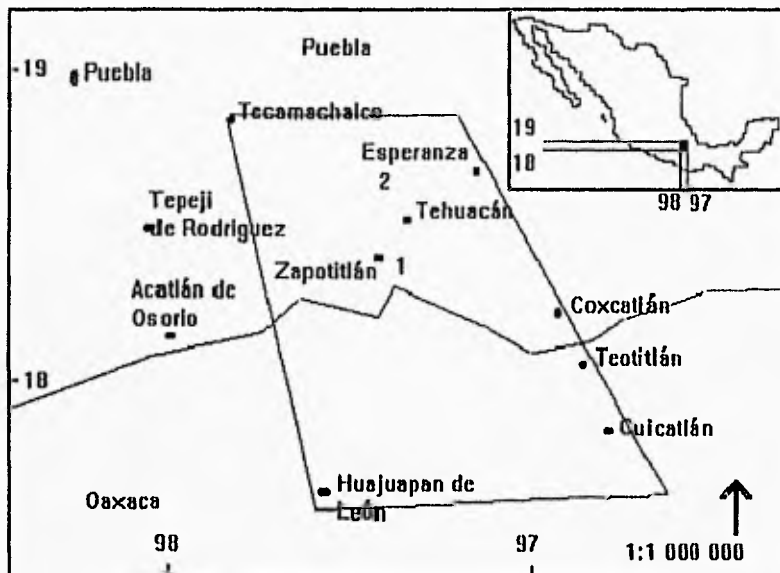


Figura 3. Ubicación de las áreas de estudio dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

1. Cerro viejo, 2. Cerro Zotoltepec.

## MÉTODOS

### Clima

Al no existir registros precisos de la precipitación y temperatura en las áreas de estudio, debido a la ausencia de estaciones meteorológicas en los sitios, se procedió a estimarlos con base en dos regresiones lineares en donde se utilizaron, por una parte, los datos de altitud y de precipitación media anual, así como altitud y temperatura media anual. Los datos empleados fueron obtenidos de Valiente (1991) y García (1981) quienes recopilan los datos de las estaciones meteorológicas cercanas a las áreas de estudio ubicadas dentro del Valle de Tehuacán.

### Listado florístico

El listado florístico se preparó con base en colectas de material botánico realizadas en junio y julio de 1991 (Valiente-Banuet). Se efectuaron colectas complementarias en julio, septiembre, octubre y diciembre de 1995 (Valiente-Banuet y Flores-Hernández). En el caso del Cerro Zotoltepec la colecta se pudo extender a una mayor altitud, hasta los pinos en la cota de los 2900 m.s.n.m. Los ejemplares fueron numerados y enviados al Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM (MEXU) para su identificación y posterior inclusión en la colección. Cada especie fue clasificada de con los espectros de formas de vida de Raunkiaer (1934).

### Cálculo de la diversidad Beta entre las dos áreas estudiadas

A partir de las especies encontradas en cada zona se calculó la diversidad  $\beta$  de acuerdo con la siguiente ecuación propuesta por Wilson y Schmida (1984).

$$\beta = (g + l) / 2 \alpha$$

Donde:

$\beta$  = Diversidad beta.

$g$  = Número de especies encontradas entre comunidades.

$l$  = Número de especies que desaparecen entre comunidades.

$\alpha$  = Promedio de especies en las muestras entre comunidades.

### Muestréos de la vegetación

Para describir la vegetación se hicieron muestréos con líneas de Canfield de 50 m (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974) de donde se obtuvo para cada especie leñosa el diámetro, cobertura relativa (%), altura máxima y mínima y frecuencia (%). A partir de estos datos se obtuvo un índice de dominancia relativo (I.D.R.), que se calculó de la siguiente manera:

$$\text{I.D.R.} = \text{cobertura relativa} \times \text{frecuencia (\%)} \times \text{densidad relativa}$$

$$\text{densidad relativa} = \sum \text{individuos por sp} / 50$$

Los muestréos se hicieron en 3 zonas dentro del área de Cerro Viejo y en 2 zonas dentro del área de Cerro Zotoltepec, haciéndose un total de 15 líneas de canfield de 50 m de largo. Con estos datos se construyeron perfiles diagramáticos de la vegetación tratando de representar la dominancia de cada especie. A la par con la realización de los muestréos de vegetación, se hicieron observaciones de los perfiles de suelo de diferentes zonas hasta de 10 metros de profundidad, para buscar evidencias de fuegos en la región. Además se obtuvieron los datos necesarios para la comparación estructural que se mencionan en la siguiente sección.

### Comparación estructural de la vegetación con la de zonas de clima mediterráneo

Los datos de los atributos de las especies dominantes de las diferentes regiones mediterráneas fueron tomados de la recopilación de Specht (1988). La información que respalda la importancia estructural de las especies usadas para la comparación fue obtenida de los siguientes trabajos: Wilson y Vogl (1965), Mooney *et al.* (1977) y Hanes (1977) para el Chaparral de California, Mooney *et al.* (1977) y Rundel (1981) para el Matorral de Chile; Beadle (1981) y Specht (1981) para el Malle de Australia, y Tomaselli (1981) para Francia, Quezel 1981 para España y Romane 1992 para Grecia que conjuntamente representan la cuenca Mediterránea.

De acuerdo con la recopilación de Specht (1988), en la comparación estructural se consideran 14 atributos de las especies, que abarcan aspectos relacionadas con la forma de la planta, los órganos fotosintéticos y las características foliares. Los tres grupos definen lo que se ha considerado como el conjunto típico de características de las especies de los ambientes mediterráneos. Todas las características fueron consideradas de manera binaria, evitando así la

baja frecuencia de características raras o poco frecuentes de acuerdo a la siguiente codificación. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Codificación de las características empleadas en el análisis.

Características	valor = 1	valor = 0
1. Forma de vida	microfanerofita	nanofanerofita
2. Altura de la planta	25-100 cm	1-10 m
3. Diámetro de la copa	<10-100 cm	1-10 m
4. Órganos fotosintéticos	hojas	filodios o cladodios, con hojas y tallos, ausentes
5. Tamaño de la hoja	subleptófila (<0.10 cm <sup>2</sup> )- nanomicrofila (12.25 cm <sup>2</sup> )	microfila (12.25 cm <sup>2</sup> )- mesófila (180.25 cm <sup>2</sup> )
6. Largo de la hoja	<1 - 2 cm	2 - 20 cm
7. Ancho de la hoja	<1 - 5 mm	5 - >50 mm
8. Angulo de la hoja	horizontal principalmente	vertical principalmente y entre horizontal y vertical
9. Margen de la hoja	entero	serrado/dentado, lobado/profundamente disectado o enrollado, recurvado/revoluto
10. Consistencia de la hoja	malacófila	semiesclerófila, esclerófila
11. Tomentosidad de la hoja	sin vellosidades	vellosidad por abajo, arriba y ambos lados
12. Estacionalidad de la hoja	perennifolia	caducifolia en verano e invierno
13. Color de la hoja	toda verde	toda glauca, toda blanca, verde y blanca, glauca y blanca
14. Número de tallos	uno	muchos

La incidencia de las características de las especies de las diferentes regiones se ordenó mediante un análisis de correspondencia simple (Greenacre, 1984). Para el análisis de la tabla de

incidencia cada frecuencia se ponderó por el número de especies para cada región, en el sentido que las mismas sólo consideran a aquellas típicas que definen a la vegetación de las diferentes regiones. Para este análisis se tomó en cuenta a un grupo externo que considera la información de un Matorral Espinoso típico de climas áridos (apéndice 2) ubicado en los alrededores del Cerro Cutác, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, con el fin de incluir en el análisis especies con características bajo el mismo régimen climático que el Mexical, además que sus especies comparten por razones históricas características con algunas especies del Mexical. Esta zona esta localizada a los 18° 20' latitud norte y 97° 27' de longitud oeste, dentro del Valle de Zapotitlán. La altitud esta en el rango de los 1380 y 1700 m.s.n.m. (Díaz, 1991). El clima es cálido y semiárido, con una temperatura media anual de 21 °C, presentandose una canícula bien definida a mitad del periodo de lluvias, con una precipitación media anual de 425 mm (Villaseñor *et al.*, 1990; Valiente B. L., 1991).

Las especies dominantes consideradas en el análisis son en total 121 y están repartidas de la siguiente manera: para el Mexical de Tehuacán 28, para el Matorral espinoso de Tehuacán 18, para el Chaparral de California 23, para el Matorral de Chile 13, para la vegetación del Mediterráneo 24, y para el Malle de Australia 15.

El análisis de correspondencia se efectuó con el paquete estadístico SAS V 6.07.

#### **Distribución de la vegetación esclerófila perennifolia en el territorio mexicano, y taxa relacionados con el chaparral de California.**

Se buscaron evidencias de los rangos de distribución de esta vegetación esclerófila perennifolia, con sus posibles variantes, dentro del territorio mexicano y se realizó una búsqueda de los géneros compartidos de algunas zonas del país con el chaparral de California, a través de la literatura disponible.



## RESULTADOS

### Clima

Con los datos proporcionados por García (1981) y Valiente B. L. (1991) se tomaron en cuenta 22 estaciones meteorológicas que incluyen a las presentes en el Valle de Tehuacán y los alrededores de Cerro Zotoltepec. Con una regresión lineal se obtuvieron los parámetros necesarios para estimar a la precipitación y la temperatura promedio anual de las zonas de estudio por medio de ecuaciones lineales.

	m	b	r <sup>2</sup>	g.l.	p
pp promedio anual	0.294	24.95	0.884	21	.000000
temp. promedio anual	-6.78x10 <sup>-3</sup>	30.6	-0.935	21	.000000

En ambos casos la r<sup>2</sup> explica aproximadamente el 90 % de la variación de los datos, por lo que las funciones propuestas explican satisfactoriamente los cambios de estos parámetros con respecto a la altitud. Para Cerro Viejo a una altitud de 2450 m.s.n.m. se tiene una precipitación promedio anual de 745.25 mm y una temperatura promedio anual de 13.9 °C. Para Cerro Zotoltepec a 2350 m.s.n.m. se tiene una precipitación promedio de 715.85 mm y una temperatura de 14.6 °C. Esto señala que el tipo de clima predominante en las áreas donde se encuentra el Mexical es más húmedo y templado que el resto del valle (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Características climáticas de las áreas de estudio en comparación con la ciudad de Tehuacán.

Áreas	Ubicación Geográfica	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación Promedio Anual	Temperatura Promedio Anual
Cerro Viejo	18° 15' N 97° 26' O	2450	745.2 mm	13.9 °C
Cerro Zotoltepec	18° 38' N 97° 27' O	2350	715.8 mm	14.6 °C
Tehuacán	18° 29' N 97° 23' O	1676	479.6 mm	18.6 °C

### **Listado florístico**

Se realizaron un total de 542 números de colecta, de los cuales 375 números corresponden a Cerro Viejo y 167 a Cerro Zotoltepec. De la colecta realizada se identificaron 71 familias, 151 géneros y 217 especies (ver apéndice 1). Las familias con más especies son: Asteraceae (32), Fabaceae (15), Lamiaceae (10), Euphorbiaceae (10), Mimosaceae (9), Scrophulariaceae (9), Poaceae (8), Fagaceae (6) y Rubiaceae (6).

### **Diversidad Beta**

El cálculo de la diversidad Beta indica que existe un recambio de especies del 53 % ( $\beta=0.53$ ) entre ambas localidades estudiadas.

### **Espectro de Formas de Vida**

El espectro de formas de vida indica que existe una predominancia de la forma de vida arbustiva o nanofanerófita (42.5 %), siguiéndole las anuales o terófitas (39.2 %), caméfitas (10.8%) y árboles o microfanerófitas (7.1 %). El Cuadro 3 muestra el espectro de formas de vida de la vegetación esclerófila perennifolia distribuida en Tehuacán y 4 zonas con clima mediterráneo. En esta tabla se puede observar que existen semejanzas estrechas de las proporciones de algunas formas de vida encontradas en el valle de Tehuacán con otras zonas; tal es por ejemplo el caso de las microfanerófitas de California, Italia y Australia, con las caméfitas de California y Sur de Australia, y con las terófitas de dos zonas de California, Chile e Italia.

Cuadro 3. Composición (%) de las formas de vida de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán y otras áreas del mundo (Fuentes: 1.-*Specht, 1969*; 2.-*Mooney y Dunn, 1970*; 3.-*Mooney y Parsons, 1973*; 4.-*Ish-Shalom-Gordon, 1993*; 5.- *Parsons y Moldenke, 1975*; 6.- *di Castri, 1981*).

Mf =Mesofanerófitas, Mi =Microfanerófitas, Nf =Nanofanerófitas, F =Fanerófitas, Ca =Caméfitas, H =Hemicriptófitas, Cr =Criptófitas, T =Terófitas.

Áreas	Mf	Mi	Nf	F	Ca	H	Cr	T	# sp	Cita
Tehuacán		7.1	42.5		10.8		0.5	39.2	217	
California										
(Sta Catalina)		9	9		5	27	5	41	391	2
(San Dimas)			60		9	12.5	12.5	6		1
(San Dimas )				15	5	33	7	40		3
(Localidad desc.)				41	16	18	11	14	44	5
Chile		2	17		6	20	12	42	319	2
Chile				24	14	20	6	36	108	5
Francia	13		14.5		20	33.5	1.5	5.5		1
Italia		6	6		6	29	2	42	866	2
S. Australia	5		52.5		12.5	12.5	12.5			1
Australia		9	48.1		19.6	9.6	7.4	6.2	270	6
Israel		3	15.1			8	12.1	55.8		4

### Descripción de la vegetación

En el área de Cerro Viejo se diferenciaron tres zonas con características contrastantes en cuanto a composición de elementos. La zona de palmas, donde el paisaje está dominado por *Brahea nitida*; la zona de árboles de *Quercus*, que es la única zona donde existe *Quercus obtusata*, y la zona de meseta, donde solo existe un estrato arbustivo.

La zona de palmas presenta una pendiente de 20°, orientación NE 50° y altitud de 2475 m.s.n.m., la cobertura de la vegetación arbustiva alcanza el 121 % en donde predomina un sólo estrato arbustivo donde las alturas varían alcanzando hasta 2.9 m si se excluye a *Brahea nitida* que llega a medir hasta 6 m dominando físicamente la vegetación. Dentro de las especies que predominan se encuentra *Quercus sebifera*, siguiéndole especies como *Rhus virens*, *Ageratina espinosarum*, *Citharexylum oleimum*, *Comarostaphylis polifolia*, *Litsea glaucescens*, *Dasylium serratifolium* y *Nolina longifolia* (Cuadro 4 y Figura 4)

Cuadro 4. Características estructurales de la vegetación de la zona de palmas del Cerro Viejo (la altura está expresada en m).

Especie	Cobertura (%)	Altura Máxima	Altura Mínima	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa
<i>Quercus sebifera</i>	32.46	2.90	0.10	100	1125.06
<i>Rhus virens</i>	13.45	2.00	0.30	100	224.02
<i>Ageratina espinosarum</i>	12.13	2.00	0.30	100	202.14
<i>Citharexylum oleimum</i>	10.81	2.24	0.24	100	115.19
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	9.65	1.40	0.14	100	147.88
<i>Brahea nitida</i>	8.87	6.00	0.20	100	100.37
<i>Litsea glaucescens</i>	6.13	1.10	0.18	100	8.09
<i>Dasylium serratifolium</i>	4.73	1.95	0.60	100	21.77
<i>Bouvardia longiflora</i>	4.07	0.70	0.20	33.3	1.78
<i>Nolina longifolia</i>	3.51	2.00	0.40	100	16.34
<i>Garrya ovata</i>	2.97	2.20	0.60	33.3	2.56
<i>Croton hypoleucus</i>	2.23	0.65	0.30	33.3	2.97
<i>Cercocarpus farthergilloides</i>	1.93	2.60	0.60	66.6	4.27
<i>Salvia candicans</i>	1.77	0.65	0.30	66.6	5.48
<i>Rhus standleyi</i>	1.67	1.10	0.50	66.6	2.95
<i>Havardia elachistophylla</i>	1.43	0.80	0.60	100	6.67
<i>Lamouroxia pringlei</i>	1.00	1.20	0.60	33.3	0.22
<i>Bumelia salicifolia</i>	0.87	2.30		33.3	0.19
<i>Desmonthus pumilus</i>	0.60	0.70		66.6	1.04
<i>Agave potatorum</i>	0.27	0.20		33.3	0.06
<i>Quercus greggii</i>	0.20	0.43		33.3	0.04
<i>Gochmatia hypoleuca</i>	0.13	1.20		33.3	0.03



Figura 4. Perfil de vegetación de la zona de palmas en el Cerro Viejo. 1. *Comarostaphylis polifolia*, 2. *Brahea nitida*, 3. *Ageratina espinosarum*, 4. *Litsea glauscescens*, 5. *Salvia candicans*, 6. *Dasyllirion serratifolium*, 7. *Quercus sebifera*, 8. *Citharexylum oleinum*, 9. *Rhus virens*, 10. *Nolina longifolia*, 11. *Cercocarpus fothergilloides*.

<i>Xerosiprea hartwegiana</i>	0.13	0.40		33.3	0.03
Total	121.01				

La zona de meseta presenta una pendiente de 4°, una orientación SO 205°, y su altitud es de 2490 m.s.n.m., la cobertura de la vegetación arbustiva es de 94.7 % y la altura que alcanza es 2.8 m aproximadamente. Dentro de las especies predominantes se encuentran *Quercus sebifera*, *Citharexylum oleinum*, *Havardia elachistophylla*, *Dasyllirion serratifolium*, *Rhus virens*, *Salvia candicans*, *Phyllanthus subcuneatus*, *Krameria cytisoides*, *Ageratina espinosarium*, *Garrya ovata*, *Agave stricta* y *Salvia aspera* (Cuadro 5 y Figura 5).

Cuadro 5. Características estructurales de la vegetación de la zona de meseta en el Cerro Viejo (la altura está expresada en m).

Especie	Cobertura (%)	Altura Máxima	Altura Mínima	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa
<i>Quercus sebifera</i>	37.00	2.60	0.20	100	764.42
<i>Citharexylum oleinum</i>	9.13	2.80	0.30	100	36.53
<i>Havardia elachistophylla</i>	9.09	0.80	0.15	100	78.75
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	5.73	2.00	0.35	100	38.18
<i>Rhus virens</i>	4.67	1.50	0.40	100	37.33
<i>Phyllanthus subcuneatus</i>	4.67	1.00	0.16	66.6	20.70
<i>Salvia candicans</i>	4.43	1.00	0.20	100	82.73
<i>Krameria cytisoides</i>	3.80	0.90	0.70	66.6	6.73
<i>Ageratina espinosarium</i>	2.93	1.30	0.60	66.6	5.20
<i>Garrya ovata</i>	2.87	1.70	1.00	66.6	3.82
<i>Agave stricta</i>	2.33	0.34		66.6	7.24
<i>Salvia aspera</i>	1.70	0.75	0.30	66.6	1.49
<i>Bouvardia longiflora</i>	1.20	0.70	0.25	33.3	0.80
<i>Rhus standleyi</i>	1.17	0.70	0.30	100	3.12
<i>Ceanothus greggii</i>	1.13	1.10	0.50	33.3	0.50
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	1.07	0.90	0.30	33.3	0.47
<i>Leucaena confertiflora</i>	0.53	1.30	0.57	33.3	0.23
<i>Colia secundiflora</i>	0.53	1.90	0.68	33.3	0.23
<i>Agave potatorum</i>	0.33	0.50		33.3	0.07
<i>Lindleya mespiloides</i>	0.27	1.40		33.3	0.05
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.13	0.64		33.3	0.02
Total	94.73				



Figura 5. Perfil de vegetación de la zona de meseta en el Cerro Viejo. 1. *Havardia elachistophylla*, 2. *Quercus sebifera*, 3. *Agave stricta*, 4. *Citharexylum oleinum*, 5. *Rhus virens*, 6. *Ageratina espinosarum*, 7. *Phyllanthus subcuneatus*, 8. *Garrya ovata*, 9. *Dasyllirion serratifolium*.

La zona de árboles de *Quercus obtusata* presenta una pendiente de 7°, una orientación NO 308° y una altitud de 2470 m.s.n.m., la vegetación arbustiva y arbórea presenta una cobertura del 100 %, aunque como se puede notar en el perfil de vegetación existen espacios abiertos. Las especies que sobresalen del estrato arbustivo son *Quercus obtusata* y *Brahea nitida*, y dentro de los elementos que predominan se encuentran *Garrya ovata*, *Dasyllirion serratifolium*, *Havardia elachistophylla*, *Salvia candicans*, *Ceanothus greggi*, *Quercus sebifera*, *Dodonaea viscosa*, *Krameria cytisoides*, *Citharexylum oleinum* y *Rhus virens* (Cuadro 6 y Figura 6).

Cuadro 6. Características estructurales de la vegetación de la zona de árboles de *Quercus obtusata* en el Cerro Viejo (la altura está expresada en m).

Especie	Cobertura (%)	Altura Máxima	Altura Mínima	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa
<i>Garrya ovata</i>	16.03	3.50	0.20	100	128.27
<i>Quercus obtusata</i>	14.47	4.00	3.50	100	28.93
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	9.63	1.70	0.50	100	83.42
<i>Havardia elachistophylla</i>	7.33	0.70	0.05	100	78.10
<i>Ceanothus greggii</i>	7.17	1.80	0.50	100	57.39
<i>Krameria cytisoides</i>	5.80	1.30	0.50	100	19.25
<i>Citharexylum oleinum</i>	5.63	3.50	0.15	66.6	17.48
<i>Quercus sebifera</i>	5.30	2.00	0.15	100	49.39
<i>Salvia candicans</i>	4.83	0.85	0.10	100	77.33
<i>Dodonaea viscosa</i>	4.53	2.40	0.50	100	21.12
<i>Rhus virens</i>	4.27	0.50	0.20	66.6	11.36
<i>Brahea nitida</i>	3.80	4.50	0.15	66.6	10.12
<i>Lisea glaucescens</i>	2.27	1.00	0.40	66.6	3.02
<i>Leucaena confertiflora</i>	1.60	1.10	0.50	66.6	2.83
<i>Salvia thymoides</i>	1.53	0.20	0.04	33.3	0.67
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	1.40	1.20	0.40	33.3	0.93
<i>Salvia aspera</i>	0.90	0.30	0.25	66.6	1.99
<i>Bouvardia longiflora</i>	0.67	0.35		33.3	0.14
<i>Bumelia salicifolia</i>	0.67	0.70		33.3	0.29
<i>Bouvardia grandiflora</i>	0.47	0.90		33.3	0.20
<i>Rhus standleyi</i>	0.40	0.25		33.3	0.09
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.37	0.60	0.20	33.3	0.16
<i>Ageratina calaminthifolia</i>	0.30	0.40		33.3	0.06
<i>Xerospirea hartwegiana</i>	0.23	0.20		33.3	0.05
<i>Forestiera rotundifolia</i>	0.13	0.60		33.3	0.03
<i>Senna guatemalensis</i>	0.13	0.55		33.3	0.03
Total	99.87				



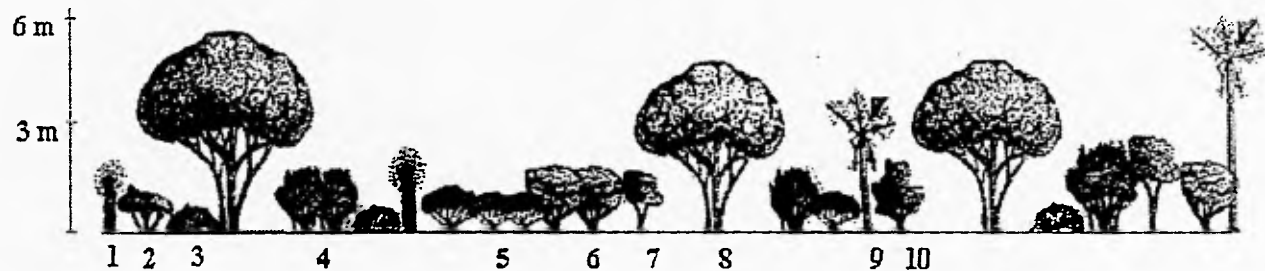


Figura 6. Perfil de vegetación de la zona de árboles de *Quercus obtusata* en el Cerro Viejo 1. *Dasylium serratifolium*, 2. *Ceanothus greggii*, 3. *Havardia elachistophylla*, 4. *Citharexylum oleimum*, 5. *Rhus virens*, 6. *Quercus sebifera*, 7. *Ceanothus greggii*, 8. *Quercus obtusata*, 9. *Brahea nitida*, 10. *Garrya ovata*.

En el área del Cerro Zotoitepec se diferenciaron dos zonas. La zona de cañada que es la ladera de una cañada que corre de noroeste-suroeste, y la zona inclinada que se encuentra en la parte superior de esta ladera presentando una ligera inclinación.

La zona de cañada presenta una pendiente de 30°, una orientación NO 302° y una altitud de 2320 m.s.n.m. la vegetación presentó el 205 % de cobertura, siendo la única zona que alcanzó esta cubierta vegetal. En general la vegetación presenta mayor altura, tal es el caso de *Lindleya mespiloides* que llega a medir hasta 4.5 m. Las especie que más predomina es *Quercus sebifera*, siguiéndole *Ageratina espinosarum*, *Garrya ovata*, *Lindleya mespiloides*, *Salvia candicans*, *Dodonaea viscosa*, *Citharexylum oleimum*, *Amelanchier denticulata*, *Rhus virens*, *Desmanthus pumilus*, *Salvia thymoides*, *Leucaena confertiflora*, *Forestiera rotundifolia*, *Satureja oaxacana*, *Mimosa lacerata* (Cuadro 7 y Figura 7).

Cuadro 7. Características estructurales de la vegetación de la zona de cañada en el Cerro Zotoitepec (la altura está expresada en m).

Especie	Cobertura (%)	Altura Máxima	Altura Mínima	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa
<i>Quercus sebifera</i>	53.653	4.32	0.60	100	1491.47
<i>Ageratina espinosarum</i>	18.43	2.40	0.70	100	294.83
<i>Lindleya mespiloides</i>	14.97	4.48	0.66	100	129.61
<i>Garrya ovata</i>	14.93	4.10	1.05	100	159.19
<i>Rhus virens</i>	10.51	3.40	1.73	66.6	36.39
<i>Salvia candicans</i>	9.27	1.40	0.23	100	98.23
<i>Citharexylum oleimum</i>	8.72	2.00	0.30	100	74.99
<i>Dodonaea viscosa</i>	8.66	3.95	0.70	100	74.99
<i>Satureja oaxacana</i>	8.40	1.60	0.60	33.3	22.38
<i>Amelanchier denticulata</i>	8.33	2.50	0.33	66.6	47.73
<i>Leucaena confertiflora</i>	8.17	3.34	0.94	66.6	28.28
<i>Desmanthus pumilus</i>	6.95	1.60	0.20	100	36.12
<i>Forestiera rotundifolia</i>	6.53	2.00	0.94	66.6	22.62
<i>Salvia thymoides</i>	5.61	1.10	0.15	66.6	29.87
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	5.36	4.33	0.80	66.6	11.42
<i>Rhus standleyi</i>	5.33	2.48	1.04	66.6	9.22
<i>Mimosa lacerata</i>	5.12	3.02	1.09	66.6	20.46
<i>Xerosiprea hartwegiana</i>	4.44	2.30	1.24	66.6	7.86
<i>Senna galeattiana</i>	1.33	3.30	3.15	66.6	1.17
<i>Agave potatorum</i>	0.95	0.43	0.23	33.3	0.63
Total	205.65				

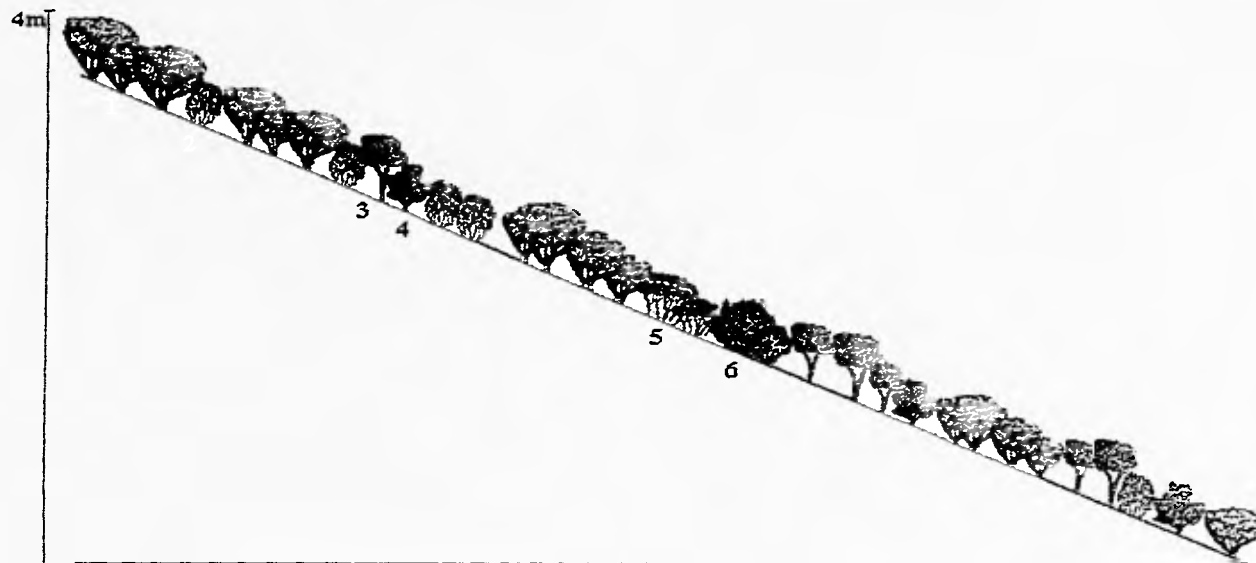


Figura 7. Perfil de vegetación de la zona de cañada. en el Cerro Zotoltepec. 1. *Quercus sebifera*, 2. *Ageratina espinosarum*, 3. *Lindleya mespilioides*, 4. *Garrya ovata*, 5. *Rhus virens*, 6. *Citharexylum oleinum*.

La zona inclinada presenta una pendiente de 7°, una orientación SO 250° y una altitud de 2280 m.s.n.m. La cobertura de la vegetación alcanza el 171 % aunque existen espacios abiertos; la altura máxima lo presentan manchones de *Rhus virens*. Sin embargo, la especie que domina en lo que se refiere a cobertura es *Amelanchier denticulata*, siguiéndole *Ageratina espinosarum*, *Forestiera rotundifolia*, *Salvia thymoides*, *Salvia candicans*, *Quercus sebifera*, *Mimosa lacerata*, *Gochmatia hypoleuca*, *Citharexylum oleinum* y *Havardia elachistophylla* (Cuadro 8 y Figura 8).

Cuadro 8. Características estructurales de la vegetación de la zona inclinada en el Cerro Zotoltepec (la altura está expresada en m).

Especie	Cobertura (%)	Altura Máxima	Altura Mínima	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa
<i>Amelanchier denticulata</i>	36.69	1.48	0.28	100	1540.84
<i>Ageratina espinosarum</i>	27.56	1.83	0.25	100	789.87
<i>Forestiera rotundifolia</i>	17.27	2.76	0.46	100	253.13
<i>Salvia thymoides</i>	16.09	1.30	0.08	100	418.25
<i>Rhus virens</i>	15.27	3.00	1.10	100	122.19
<i>Salvia candicans</i>	12.91	1.64	0.12	100	301.14
<i>Quercus sebifera</i>	10.75	3.51	0.76	100	57.17
<i>Mimosa lacerata</i>	9.39	2.50	0.53	100	67.63
<i>Gochmatia hypoleuca</i>	5.27	1.65	0.27	100	24.57
<i>Agave sp 1</i>	5.18	1.18	0.37	100	41.44
<i>Citharexylum oleinum</i>	5.13	2.52	1.65	100	17.02
<i>Havardia elachistophylla</i>	3.45	1.20	0.25	66.6	6.10
<i>Opuntia sp 2</i>	1.67	1.56	0.84	33.3	0.00
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	1.43	1.70		33.3	0.31
<i>Agave ghiesbreghtii</i>	1.08	0.63	0.45	33.3	0.47
<i>Opuntia sp 1</i>	0.67	1.17		33.3	0.00
<i>Rhus standleyi</i>	0.63	1.40	0.64	66.6	0.55
<i>Garrya ovata</i>	0.43	2.13		33.3	0.09
<i>Yucca periculosa</i>	0.38	1.15		33.3	0.08
<i>Opuntia sp 3</i>	0.33	1.40		33.3	0.00
<i>Senna galeottiana</i>	0.12	0.48		33.3	0.02
Total	171.70				

En la mayoría de las zonas el estrato arbustivo conforma más del 100 % de la cobertura, dominando los esclerófilos perennifolios, con alturas menores de 2 m, con hojas nanófilas y nanomicrofilas que forman ángulos que tienden a la vertical, y modificaciones de tallo como son los lignotubérculos (Cuadro 9).

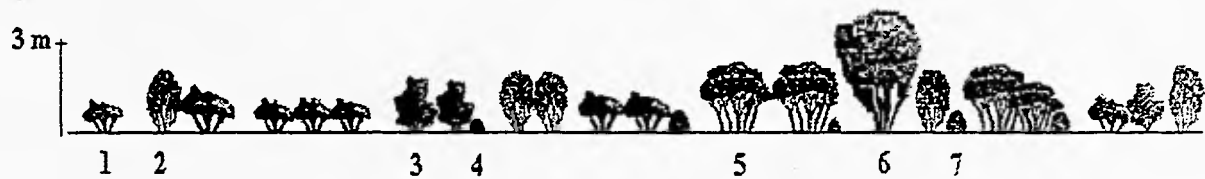


Figura 8. Perfil de vegetación de la zona inclinada en el Cerro Zotoltepec. 1. *Amelanchier denticulata*, 2. *Ageratina espinosarum*, 3. *Forestiera rotundifolia*, 4. *Salvia thymoides*, 5. *Rhus virens*, 6. *Quercus sebifera*, 7. *Salvia candicans*.

Cuadro 9. Características de las formas arbustivas predominantes de la vegetación esclerófila del Valle de Tehuacán (valores dados en porcentaje).

Altura de la planta	
25 - 50 cm	10.7
50 - 100 cm	14.3
1 - 2 m	67.9
2 - 6 m	7.1
Diámetro de la copa	
25 - 50 cm	17.9
50 - 100 cm	25.0
1 - 2 m	50.0
2 - 5 m	7.1
Tamaño de la hoja	
Leptófila 0.10 - 0.25 cm <sup>2</sup>	7.1
Nanófila 0.25 - 2.25 cm <sup>2</sup>	50.0
Nano-micrófila 2.25 - 12.25 cm <sup>2</sup>	32.1
Micrófila 12.25 - 20.25 cm <sup>2</sup>	7.1
Micro-mesófila 20.25 - 56.25 cm <sup>2</sup>	3.6
Angulo de la hoja	
Principalmente horizontal	7.1
Principalmente vertical	92.9
Consistencia de la hoja	
Malacófila	21.4
Semiesclerófila	21.4
Esclerófila	57.1
Estacionalidad de la hoja	
Perennifolia	85.7
Caducifolia en invierno	10.7
Caducifolia en verano	3.6
Morfología de tallos subterráneos	
Rizomas	10.7
Lignotubérculos	85.7

### **Comparación estructural**

El análisis de correspondencia sobre la tabla de incidencias ponderadas, para las seis regiones y las 14 variables binarias, muestra a partir de una descomposición de valores singulares que un primer eje explica 57.89% de la variación, mientras un segundo explica el 16%. La Figura 9 muestra la ubicación de los puntajes de las zonas y de las características obtenidas de la descomposición singular para los dos primeros ejes. De acuerdo al primer eje, el Mexical de Tehuacán en cuanto a la incidencia de sus características se ubica intermedio al Matorral Chileno y al Chaparral Californiano. Dicho eje arregla a las zonas fundamentalmente en cuanto a características foliares, como la estacionalidad de la hoja, la consistencia y su ángulo. De esta manera el Mexical se ubica junto a las demás zonas definidas por hojas siempreverdes, semiesclerófilas y esclerófilas, con ángulos de verticales a horizontales. El segundo eje arregla a las zonas de acuerdo preferencialmente al número de tallos, órganos fotosintéticos y tamaños de las hojas. También en este eje el Mexical se ubica cercano al Matorral Chileno y Chaparral Californiano. A partir de esta representación es clara la separación del Matorral Espinoso de Tehuacán que comparte algunas características con los elementos del Mexical, mostrándose a su vez que no existe alguna deformación en la representación debida a este hecho. De esta manera es clara la similitud en la incidencia de las características del Mexical con la de las vegetaciones llamadas mediterráneas de Chile y de California, y en general a la de los demás sistemas definidos como de vegetación esclerófila mediterránea. La importancia de las características que definen este arreglo fue determinada en función de las diferencias de sus valores absolutos por cada par binario.

### **Evidencias de fuegos en las zonas estudiadas**

En ninguna de las zonas estudiadas se encontró evidencia pasada de fuegos en los perfiles de suelos revisados, ya que no hubo presencia de carbones.

**Distribución de la vegetación esclerófila perennifolia el territorio mexicano y taxa  
relacionados con el chaparral de California.**

La presencia de la vegetación esclerófila perennifolia es amplia de acuerdo con trabajos que describen a este tipo de vegetación, aunque existen algunas variaciones dentro de la República Mexicana en lugares como los declives del Pacífico del Noroeste de Baja California, que es el único estado con clima mediterráneo típico (Miranda y Hernández X., 1963), Chihuahua (Shreve, 1939; Le Sueur, 1945), Coahuila (Le Sueur, 1945; Muller, 1947), Nuevo León (Muller, 1939; Miranda y Hernández X., 1963; Rojas-Mendoza, 1965), Tamaulipas (Martin, 1958; Puig, 1970), San Luis Potosí (Miranda y Hernández X., 1963; Rzedowski, 1966), Jalisco y Aguascalientes (Rzedowski y Mac Vaugh, 1966), Zacatecas, Guanajuato, Querétaro y Tlaxcala (Rzedowski 1978), Hidalgo (Gonzales-Quintero, 1968; Rzedowski, 1978; Hiriart, 1981), Puebla (Miranda, 1948; Rzedowski, 1978) y Oaxaca (Rzedowski, 1978, Cruz-Cisneros y Rzedowski, 1980; García, 1983).

Los géneros compartidos con el chaparral de California (Munz y Keck, 1959; Mooney et al., 1977; Parsons, 1976; Cody y Mooney, 1978; Specht, 1988) son *Acacia*, *Amelanchier*, *Arbutus*, *Arenaria*, *Aristida*, *Asclepias*, *Astragalus*, *Baccharis*, *Castilleja*, *Ceanothus*, *Cercocarpus*, *Comarostaphylis*, *Croton*, *Cuscuta*, *Forestiera*, *Fraxinus*, *Galium*, *Garrya*, *Juniperus*, *Karwinskia*, *Mirabilis*, *Muhlenbergia*, *Nolina*, *Opuntia*, *Oxalis*, *Penstemon*, *Penstemon*, *Poa*, *Polygala*, *Quercus*, *Rhus*, *Salvia*, *Satureja*, *Sedum*, *Solanum*, *Viguiera*, *Yucca*. De estos *Amelanchier*, *Comarostaphylis* (*Arctostaphylos*), *Ceanothus*, *Cercocarpus*, *Garrya*, *Quercus* y *Rhus* son considerados por Axelrod (1958) como elementos importantes que conformaron la Geoflora Madro-Terciaria. También se obtuvo la distribución de algunas especies que Axelrod (1975) considera de origen Terciario y que actualmente se distribuyen en algunas zonas de México (Cuadro 10).



Cuadro 10. Taxa idénticos o cercanamente relacionados en la vegetación esclerófila en la región subhúmeda denominada Madrea de Norte América (\*=presencia fósil Axelrod, 1975) y algunas zonas de México.

Taxa	California	SO EU	NE México	Valle de Tehuacán	NO Oaxaca
<i>Arbutus</i>	<i>menziesii</i>	----	<i>xalapensis</i>	<i>xalapensis</i>	<i>xalapensis</i>
<i>Ceanothus</i>	<i>greggii</i>	<i>greggii</i>	<i>greggii</i>	<i>greggii</i>	<i>greggii</i>
<i>Garrya</i>	<i>elliptica</i> *( <i>masoni</i> Plioceno)	----	<i>ovata</i>	<i>ovata</i>	<i>ovata</i>
<i>Garrya</i>	*( <i>axelrodi</i> Mioceno Nevada)	----	<i>ovata</i>	<i>ovata</i>	<i>ovata</i>
<i>Juniperus</i>	<i>californica</i>	<i>monosperma</i>	<i>depeana</i> ; <i>mexicana</i>	<i>depeana</i>	----
<i>Karwinskia</i>	*( <i>californica</i> , Mioceno y Plioceno)	----	<i>humboldtiana</i>	<i>humboldtiana</i>	<i>humboldtiana</i>
<i>Rhus</i>	*( <i>sonorensis</i> , Mioceno)	<i>virens</i>	<i>virens</i>	<i>virens</i>	<i>virens</i>
<i>Rhus</i>	*( <i>tehachapiensis</i> , Mioceno)	<i>chondroloma</i>	---	<i>chondroloma</i>	<i>chondroloma</i>

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán (Mexico) no presenta diferencias significativas con la vegetación esclerófila perennifolia distribuida en climas mediterráneos. Esto se afirma a partir de que los caracteres o atributos de la vegetación considerados diagnósticos y convergentes en el clima mediterráneo, como son una cobertura leñosa de más del 40 %, una vegetación uniestratificada, la dominancia de arbustos con hojas esclerófilas y perennifolias (Barbour y Minnich, 1990) y la semejanza en la incidencia de caracteres de las especies, es también lo que caracterizan a la vegetación estudiada del Valle de Tehuacán, incluyendo a esto el gran número de géneros compartidos con el chaparral de California. Este trabajo, por lo tanto, cuestiona la llamada relación evolutiva clima-vegetación en estos ambientes, aunque trabajos recientes sigan tratando de afirmar su existencia (Cowling y Campbell, 1980; di Castri, 1981; Pignatti y Pignatti, 1985; Cowling y Witkowski, 1994; Peinado *et al.*, 1995 y Hobbs *et al.*, 1995).

Muy seguramente la explicación de la distribución y diversidad de los matorrales esclerófilos perennifolios no está dada exclusivamente por factores climáticos, sino que existe un componente histórico relacionado con la flora y vegetación Mado Terciario de Axelrod (1958), que no ha sido integrada a la teoría sobre la existencia y distribución de esta vegetación.

La modificación del tallo en lugares como el Chaparral de California, como son los lignotubérculos, ha sido asociada con la presencia de fuegos recurrentes, de tal forma que se cree que el origen del Chaparral se debe a este factor. Sin embargo, en las áreas con vegetación esclerófila en el Valle de Tehuacán no existe evidencia de fuegos, pero sí de modificaciones vegetativas como los lignotubérculos, lo cual podría indicar que este carácter y otros señalados en la literatura, podrían ser preadaptaciones a la resistencia de perturbaciones hechas por el hombre.

Axelrod (1958, 1975) establece, con base en el registro fósil y la distribución de las especies actuales, que la vegetación esclerófila perennifolia es el remanente de una vieja flora esclerófila que formó parte del estrato arbustivo de bosques laurófilos pertenecientes a la denominada vegetación esclerófila Madrean-Tethyan que se distribuyó a nivel mundial desde el Terciario, a mediados del Eoceno. Esta formó un cinturón en latitudes medias y bajas entre la Geoflora Tropical o Neotropical-Terciaria y la Geoflora Arcto-Terciaria, que con el incremento de la aridez condujo a una amplia distribución durante el Plioceno. De esta manera, la vegetación

esclerófila perennifolia que ahora se encuentra distribuida ampliamente tanto en climas mediterráneos como de otro tipo son relictos de esta antigua vegetación.

Las floras que componen a esta vegetación Madrean-Tethyan Axelrod (1975) las define de acuerdo a su origen geográfico. Por una parte la flora que se extendió en la región de Tethys del sur de Eurasia al final del Eoceno y que actualmente ocupa grandes extensiones en la región mediterránea es denominada Geoflora Tethyan-Terciaria. Por otra parte, en el continente Americano se encuentra a la Geoflora Madro-Terciaria originada en la Sierra Madre al este de México donde actualmente se distribuyen algunos de sus géneros. Es importante recalcar algunos aspectos importantes de la Geoflora Madro-Terciaria, como es el caso de que son derivados de asociaciones preponderantemente tropicales que muestran adaptaciones a ambientes secos dentro o en los márgenes de los trópicos, siendo algunos de estos elementos pertenecientes a géneros como: *Quercus*, *Ceanothus*, *Karwinskia* y *Garrya*, entre otros. Posiblemente también algunos de los géneros representan a familias templadas derivados de plantas Arcto-Terciarias que evolucionaron en respuesta al clima seco, tales como *Amelanchier*, aunque algunos de estos elementos fueron en un inicio de origen tropical. Cabe señalar, que todos estos elementos son géneros de gran importancia en la vegetación de Mexical, siendo algunos dominantes en las zonas muestreadas.

Lo anterior sugiere que con respecto a su composición, la vegetación de Mexical y de las llamadas zonas de clima mediterráneo, tienen una mezcla de plantas Madro-Terciarias, que junto con los derivados tropicales y asociaciones templadas calientes de la Geoflora Neotropical-Terciaria, que evolucionaron en respuesta a ambientes subhúmedos dentro o en los márgenes de los trópicos, constituyendo cinturones de vegetación altamente diversos.

Existe evidencia que en Norte America la Geoflora Madro-Terciaria estuvo ampliamente distribuida, ya que se conformó de varias asociaciones, pero no se tiene claro su límite sur puesto que sólo se sabe de la distribución de los taxos típicos dentro de México hasta San Luis Potosí (Axelrod, 1958). Así, la distribución generalizada que se hace en el territorio mexicano de la vegetación esclerófila perennifolia fundamenta un límite más amplio intertropical. Esto se afirma al encontrar que los elementos que componen principalmente a la vegetación ubicada en el Valle de Tehuacán y Oaxaca (García, 1983) son especies Madro-Terciarias, como *Arbutus xalapensis*, *Ceanothus greggii*, *Garrya ovata*, *Juniperus deppeana*, *Karwinskia humboldtiana*, *Rhus virens* y

*Rhus chondroloma*, además de la presencia de algunos otros géneros que contienen descendientes de especies fósiles que fueron plantas esclerófilas, resistentes a la sequedad como *Arctostaphylos*, *Cercocarpus* y *Vauquelinia*.

Estos relictos Madro-Terciarios prevalecen en las condiciones climáticas más húmedas y templadas dentro del Valle de Tehuacán y en general en todo el territorio, ya que este patrón es consistente a lo largo de su distribución en México, pues se presentan como un corredor por en medio de la Sierra Madre Oriental y Occidental, atravesando el eje Neovolcánico y llegando al extremo sureste del estado de Oaxaca (INEGI 1987), por lo general por arriba de la cota de los 2000 m.s.n.m. (Rzedowski, 1978). Estas condiciones son de alguna manera semejantes a las que existieron cuando se fueron diferenciando como estrato arbustivo durante el Terciario con el incremento de la aridez.

El incremento de la aridez trajo como consecuencia la disminución de taxones Terciarios, ya que se argumenta para la vegetación del Mediterráneo, que existe una extinción diferencial de la vegetación esclerófila de la antigua vegetación Terciaria y por tanto presentan un reemplazamiento progresivo de estos elementos florísticos por otros recientes de origen Cuaternario, ya que su extinción selectiva de los taxa Terciarios se acompaña de la radiación adaptativa de los taxa Cuaternarios (Herrera, 1985, 1992).

Patrones similares de extinción diferencial y radiación deben estar sucediendo en la vegetación esclerófila de Valle de Tehuacán. En este sentido sería interesante probar hipótesis referentes a la tasas de extinción que pudiera presentar esta vegetación en ambos climas, así como a llegar a establecer con mayor claridad qué características son las que tienen mayor peso en este proceso.

Un aspecto sobresaliente de la vegetación mediterránea es la alta diversidad florística que lo caracteriza (Cowling *et al.*, 1996). En términos generales, Cowling *et al.* (1992), resalta la alta diversidad del Fynbos Sudafricano, lo cual lo coloca como una de las zonas más diversas del mundo, aún cuando se trata de zonas con suelos pobres en nutrientes. El listado florístico aquí presentarlo marca la presencia de 217 especies dentro de las áreas de estudio en el Valle de Tehuacán, así como un recambio de especies del 53 % entre ambas localidades estudiadas; ambas representan cifras significativas para un cinturón de vegetación relativamente estrecho. Esto sugiere que puede existir una mayor diversidad en áreas adyacentes de la encontrada para el Valle

de Tehuacán. La alta diversidad  $\beta$  encontrada en el valle podría estar relacionada con la heterogeneidad ambiental manifestada edáficamente de las áreas de estudio, así como a causas completamente históricas, como se ha señalado previamente, ya que se trata de mezclas de elementos Terciarios y Cuaternarios.

Se espera que con estudios posteriores se puedan esclarecer los procesos relacionados con la extinción diferencial de los taxa Terciarios de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, así como la implicación ecológica de algunos otros aspectos funcionales que se observan en esta vegetación, ya que pueden estar definiendo su permanencia en los diferentes tipos de ambientes. Funcionalmente caracteres de las especies del Chaparral, como la reducción del área fotosintética de las hojas ha sido detectado por ser una tendencia gradual pasando de hojas micrófilas en el terciario a leptófilas en la actualidad, la modificación de los ángulos de las hojas que tienden hacia la vertical que es muy marcada en la vegetación de Tehuacán, la permanencia de las características foliares de esclerofilia y perennifoliedad originadas bajo ambientes más húmedos en el pasado, son aspectos a estudiar en el futuro (Axelrod, 1958; Ehleringer y Comstock, 1989; Turner, 1994; Aers, 1995).

## CONCLUSIÓN

- a). La vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, de acuerdo con sus similitudes florísticas, estructurales y de la incidencia de caracteres de las especies, tiene mucha relación con aquella que esta presente en los climas mediterráneos.
- b). Este tipo de vegetación, como lo menciona Axelrod (1958, 1975), es un relictos de la vegetación constituida por elementos de la Geoflora Madro-Terciaria o, en términos más generales, la denominada vegetación esclerófila Madrean-Tethyan distribuida ampliamente en el continente Americano, Australiano, Africano y Europeo durante el Terciario, bajo climas más húmedos.
- c). La vegetación estudiada tanto en el Valle de Tehuacán, como en otras zonas del país y del mundo, son relictos de esta vegetación que ha subsistido al incremento de la aridez durante el Terciario y el Cuaternario.
- d). Se reafirma que el límite sur de la vegetación Madro-Terciaria se ha expandido hasta actuales ambientes intertropicales.
- e). Esta vegetación se ha reducido y combinado con otro tipo de floras, dando como resultado las variantes de vegetación que ahora existen con taxones claramente de origen Terciario y Cuaternario.
- f). Bajo esta visión histórica y considerando la alta variabilidad climática y edáfica del Valle de Tehuacán puede darse una explicación bastante aceptable de porqué la alta diversidad de especies y tipos de vegetación se registran en el.

## LITERATURA CITADA

- Aerts, R. 1995. The advantages of being evergreen. *TREE* 10(10): 402-407
- Aschmann, H. 1973. *Distribution and peculiarity of mediterranean ecosystems*. In: di Castri, F. and Mooney H. A. (eds.) *Mediterranean type ecosystems, origin and structure*. Springer-Verlag, Heidelberg. 11-20 pp.
- Axelrod, D. I. 1958. Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. *The Botanical Review* 24(7): 433-509.
- Axelrod, D. I. 1973. *History of the mediterranean ecosystem in California*. In: di Castri, F. and Mooney H. A. (eds.) *Mediterranean type ecosystems, origin and structure*. Springer-Verlag, Heidelberg. 225-284 pp.
- Axelrod, D. I. 1975. Evolution and biogeography of Madrean-Tethyan sclerophyll vegetation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62: 280-334.
- Barbour, M. G. and Minnich, R. A. 1990. The myth of chaparral convergence. *Israel Journal of Botany* 39: 453-463.
- Beadle, N. C. W. 1981. *The vegetation of Australia*. Edit. G. Fisher, Stuttgart Alemania Occidental. 340-359 pp.
- Bradbury, D. 1981. *The physical geography of the mediterranean lands*. In: di Castri, F., Goodall D. W. and Specht, R. L. (eds.) *Ecosystems of the world*. Vol. 11. *Mediterranean-type shrublands*. Elsevier, Amsterdam. 53-62 pp.
- Brunet, J. 1967. Geologic studies. In Byers, D. S. *The prehistory of the Tehuacan Valley*. Vol. I *Environment and subsistence*. Robert Peabody Foundation, Phillips Academy, Andover. University of Texas Press, Austin, USA. 66-90 pp.
- Cain, S. A. 1950. Lifeforms and phytoclimate. *The Botanical Review* 16: 1-33.
- Cody, M. L., and Mooney, H. A. 1978. Convergence versus nonconvergence in mediterranean-climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9: 265-321.
- Cowling, R. M., and Campbell, B. M. 1980. Convergence in vegetation structure in the mediterranean communities of California, Chile and South Africa. *Vegetatio* 43:191-197.
- Cowling, R. M., Holmes, P.M. and Rebelo, A.M. 1992. *Plant diversity and endemism*. In: *The Ecology of Fynbos. Nutrients, Fire and Diversity*. Cowling, R. M. (ed.) Oxford University Press. South Africa. 62-112 pp.

- Cowling, R. M. and Witkowski, E. T. F. 1994. Convergence and non-convergence of plant traits in climatically and edaphically matched sites in Mediterranean Australia and South Africa. *Australian Journal of Ecology* 19: 220-232
- Cowling, R. M., Rundel P. W., Lamont B. B., Arroyo M. K. and Arianoutsou M. 1996. Plant diversity in mediterranean-climate regions. *TREE* 11(9): 362-366.
- Cruz-Cisneros, R. y Rzedowski J. 1980. Vegetación de la Cuenca del Río Tepelmeme, Alta Mixteca, Estado de Oaxaca, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México*. 22: 19-84.
- Dávila, A. P., Villaseñor, R. J. L., Medina, L. R., Ramírez, R. A., Salinas, T. A., Sánchez-Ken, J. y Tenorio, L. P. 1993. *Listados florísticos de México. X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología UNAM. México. 185 p.
- Díaz, M. 1991. *Efectos dependientes de la densidad en una cactácea columnar (Neobuxbaumia tetetzo) del Valle de Zapotitlán de las Salinas. Puebla*. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM. México, D. F. 55 p.
- di Castri, F. 1981. *Mediterranean-type shrublands of the world*. In: di Castri, F., Goodall D. W. and Specht, R. L. (eds.) *Ecosystems of the world*. Vol. 11. *Mediterranean-type shrublands*. Elsevier, Amsterdam. 1-52 pp.
- Ehleringer, J. R. and Comstock, J. P. 1989. *Stress tolerance and adaptive variation in leaf absorptance and leaf angle*. In: *The California chaparral, paradigms reexamined*. Keeley, S. C. (ed.), Science series No 34, Natural History Museum of Los Angeles Country. USA. 21-24 pp.
- García, E. 1981. *Modificaciones al sistema climático de KÖPPEN (Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana)*. 239 p.
- García M., A. 1983. *Estudio ecológico-florístico de una porción de la sierra de Tamazulapan. Distrito de Teposcolula, Oaxaca, México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM. México D. F. 112 p.
- González-Quintero, J. 1968. Tipos de vegetación del Valle de Mezquital, Hidalgo. Dep. Prehist. Inst. Nac. Antr. Hist. México, D. F. 53 p.
- Greenacre, M. J. 1984. *Theory and Applications of Correspondence Analysis*. Academic Press. New York, USA. 360 p.



- Grisebach, A. 1872. Die vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Engelmann, Leipzig. 603 p.
- Hanes, T. L. 1977. California Chaparral. In: Barbour, M. G. & Major J. (eds.). *Terrestrial Vegetation of California*. John Wiley, New York. 417-469 pp.
- Herrera, C. M. 1985. Tipos morfológicos y funcionales en plantas del matorral mediterráneo del sur de España. *Studia Oecologica* 3: 7-33.
- Herrera, C. M. 1992. Historical effects and sorting processes as explanations for contemporary ecological patterns: character syndromes in mediterranean woody plants. *The American Naturalist* 140(3): 421-446.
- Hiriart, V. P. 1981. *Vegetación y Fitogeografía de la Barranca de Tolantongo, Hidalgo. México*. Tesis Facultad de Ciencias UNAM. Mexico, D. F. 98 p.
- Hobbs, R. J., Richardson, D. M. and Davis, G. W. 1995. *Mediterranean-type ecosystems. Opportunities and constrains for studying the function of biodiversity*. In: Davis, G. W. and Richardson, D. M. (eds.). *Mediterranean-Type Ecosystems. The Function of Biodiversity*. Springer-Verlag. Alemania. 337-356 pp.
- INEGI, 1987. Cartas Orizaba 1:250 000 Edafológica y Geológica del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.
- Ish-Shalom-Gordon, N. 1993. Floristic composition and floral phenology of the Mediterranean batha of Ariel, Samaria. *Vegetatio* 109: 191-200.
- Le Sueur, H. 1945. *The ecology of the vegetation of Chihuahua, Mexico, north of parallel 28*. Univ. Texas Publ. 4521. Austin. 92 pp.
- Martin, P. S. 1958. *A biogeography of reptiles and amphibians in the Gomez Farias region, Tamaulipas, Mexico*. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. 101. Ann Arbor. 102 pp.
- Munz, P. A. and Keck D. D. 1958. *A California flora*. University of California press. L. A. California, USA. 1681 p.
- Miranda, F. 1948. Datos sobre la vegetación de la Cuenca Alta del Papaloapan. *Anales. Inst. Biol. Univ. Nac. México* 19: 333-364.
- Miranda, F. y Hernández X., E. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

- Mooney, H. A. and Dunn, E. L. 1970. Convergent evolution of mediterranean-climate evergreen sclerophyll shrubs. *Evolution* 24: 292-303.
- Mooney, H. A. and Dunn, E. L. 1972. Land-use history of California and Chile as related to the structure of the sclerophyll scrub vegetations. *Madroño* 21: 305-319.
- Mooney, H. A., Kummerow, J., Johnson, A. W., Parsons, D. J., Keeley, S., Hoffmann, A., Hays, R. Y., Giliberto, J. and Chu, C. 1977. *The producers-their resources and adaptive responses*. In: Mooney, H. A. (ed.) Convergent evolution in Chile and California: Mediterranean climate ecosystems. Stroudsburg, Pennsylvania. Dowden, Hutchinson & Ross. 85-143 pp.
- Mooney, H. A., and Parsons, D. J. 1973. *Structure and function in the California chaparral-an example from San Dimas*. In: di Castri, F. and Mooney, H. A. (eds.) Mediterranean type ecosystems, origin and structure. Springer-Verlag, Heidelberg. 83-112 pp.
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. USA. 547 p.
- Muller, C. H. 1939. Relations of the vegetation and climatic types in Nuevo Leon, Mexico. *American Midland Naturalist* 21: 687-729.
- Muller, C. H. 1947. Vegetation and climate of Coahuila, México. *Madroño* 9(1): 1-32
- Naveh, Z. 1967. Mediterranean ecosystem and vegetation types in California and Israel. *Ecology* 48(3): 445-459.
- Parsons, D. J. 1976. Vegetation structure in the mediterranean scrub communities of California and Chile. *Journal of Ecology* 64: 435-447.
- Parsons, D. J. and Moldenke A. R. 1975. Convergence in vegetation structure along analogous climatic gradients in California and Chile. *Ecology* 56: 950-957.
- Peinado, M., Alcaraz, F., Aguirre, J. L., Delgadillo, J., and Aguado, I. 1995. Shrubland formations and associations in mediterranean-desert transitional zones of northwestern Baja California. *Vegetatio* 117: 165-179.
- Pignatti, E. and Pignatti, S. 1985. Mediterranean type vegetation of SW Australia, Chile and the Mediterranean Basin, a comparison. *Annali Di Botanica* 43: 227-243.
- Puig, H. 1970. Notas acerca de la flora y la vegetación de la Sierra de Tamaulipas. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México* 17: 37-49.

- Quezel, P. 1981. *Floristic composition and phytosociological structure of sclerophyllous matorral around the Mediterranean*. In: di Castri, F., Goodall, D.W. and Specht, R.L. (eds.) *Mediterranean type shrublands. Ecosystems of the world 11*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 107-121 pp.
- Raunkiaer, C. 1934. *The lifeforms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press, Oxford. 632 p.
- Rojas-Mendoza, P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias UNAM, México D. F., 199 p.
- Romane, F. and Terradas, J. (eds.) 1972. *Quercus ilex L. ecosystems: function, dynamics and management*. Kluwer Academic Publishers, Belgium. 376 p.
- Ruebel, E. 1930. *Pflanzengesellschaften der Erden*. Hans Huber, Bern-Berlin. 464 p.
- Rundel, P. W. 1981. *The Matorral zone of central Chile*. In di Castri, F., Goodall, D. W. and Specht, R. L. (eds.) *Ecosystems of the world. Vol. 11. Mediterranean-type shrublands*. Elsevier, Amsterdam. 175-201 pp.
- Rzedowski, J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina* 5: 5-291.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed Linusa. México D. F. 432 p.
- Rzedowski, J. y McVaugh, R. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. *Contr. Univ. Mich. Herb.* 9: 1-123.
- SAS. 1995. SAS user guide: statistics, version 6.08. SAS Institute Inc. Cary. MC, USA.
- Schimper, A. F. W. 1898. *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. G. Fischer, Jena. 877 p.
- Shreve, F. 1939. Observations of the vegetation of Chihuahua. *Macroño* 5: 1-13.
- Specht, R. L. 1969. A comparison of the sclerophyllous vegetation characteristic of mediterranean type climates in France, California, and southern australia. *Australian Journal of Botany* 17: 277-292.
- Specht, R. L. 1988. *Mediterranean-type ecosystems, a data source book. Tasks for vegetation science 19*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 248 p.

- Specht, R. L. 1981. *Mallee ecosystems in southern Australia*. In: di Castri, F., Goodall, D.W. and Specht, R.L. (eds.) *Mediterranean type shrublands. Ecosystems of the world 11*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 203-231 pp.
- Thrower, N. J. W. and Bradbury, D. E. 1977. *Chile-California Mediterranean scrub atlas. A comparative analysis*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania. 237 pp.
- Turner, I. M. 1994. Sclerophylly: primarily protective?. *Functional Ecology* 8: 669-675.
- Tomaselli, R. 1981. *Main physiognomic types and geographic distribution of shrub systems related to mediterranean climates*. In: di Castri, F., Goodall, D.W. and Specht, R.L. (eds.) *Mediterranean type shrublands. Ecosystems of the world 11*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 95-106 pp.
- Valiente B., L. 1991. *Patrones de Precipitación en el Valle Semiarido de Tehuacan, Puebla, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México D.F. 65 p.
- Villaseñor, J. L. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. *Aliso* 12(4): 685-692.
- Villaseñor, J. L., Dávila, A. P. y Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50: 135-149.
- Wilson, M. V. and Shmida, A. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology* 72: 1055-1064.
- Wilson R. C. and Vogl R. J. 1965. Manzanita chaparral in the Santa Ana Mountains, California. *Madroño* 18: 47-62.

### Apéndice 1

Listado florístico del Mexical ubicado en Cerro Viejo y Cerro Zotoltepec en el Valle de Tehuacán.

	18° 15' N 97° 26' O	18° 38' N 97° 27' O
Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>CONIFEROPHYTA</b>		
<b>CUPRESSACEAE</b>		
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	-	x
<b>PINACEAE</b>		
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov	-	x
<b>ANTHOPHYTA</b>		
<b>DICOTYLEDONEAE</b>		
<b>ACANTHACEAE</b>		
<i>Holographis mueblensis</i> T.F. Daniel	x	-
<i>Stenandrium verticillatum</i> Brandegee	-	x
<b>AMARANTHACEAE</b>		
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	x	-
<i>Iresine rotundifolia</i> Standl.	x	-
<b>ANACARDIACEAE</b>		
<i>Actinocheita filicina</i> (DC.) Barkley	x	-
<i>Rhus chondroloma</i> Standl. subsp. <i>huajuapensis</i> Young	-	x
<i>Rhus standleyi</i> Barkley	x	x
<i>Rhus virens</i> Lindh.	x	x
<b>ARECACEAE</b>		
<i>Brahea nitida</i> André	x	-
<b>ASCLEPIADACEAE</b>		
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	x	-
<i>Asclepias notha</i> W.D. Stevens	-	x
<i>Metastelma</i> sp.	-	x

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>ASTERACEAE</b>		
<i>Ageratina calaminthifolia</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.	x	x
<i>Ageratina espinosarum</i> (A. Gray) R. M. King. & H. Rob.	x	x
<i>Ageratum tehuacanum</i> R. M. King & H. Rob	x	x
<i>Baccharis mexicana</i> Cuatrec.	x	-
<i>Bidens anthemoides</i> (DC.) Sherff	-	x
<i>Chaptalia pringlei</i> Greene	x	-
<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray	-	x
<i>Coreopsis parvifolia</i> S.F. Blake	x	-
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	x	-
<i>Dahlia merckii</i> Lehm.	-	x
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	x	x
subsp. <i>obtusata</i> (S.F. Blake)		
<i>Gochmatia purpusii</i> Brandegec	x	-
<i>Gochmatia smithii</i> B.L. Rob. & Greenm	x	x
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	x	x
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	x	-
<i>Jefea pringlei</i> (Greenm.) Strother.	x	x
<i>Montanoa leucantha</i> (Lag. & Segura) S.F. Blake	x	-
subsp. <i>arborescens</i> (DC.) V.A. Funk		
<i>Montanoa mollissima</i> Brongn. ex Groenl.	x	-
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv. subsp. <i>tomentosa</i>	x	-
<i>Parthenium tomentosum</i> DC. var. <i>tomentosum</i>	x	-
<i>Perymenium asperifolium</i> Sch. Bip. ex Klatt	x	-
<i>Perymenium discolor</i> Schrader	x	x
<i>Perymenium mendezii</i> DC. var. <i>angustifolium</i> (Brandegec) Fay	x	-
<i>Stevia lucida</i> Lag.	x	x
<i>Stevia salicifolia</i> Cav var. <i>salicifolia</i> .	x	x
<i>Tetrachyron brandegei</i> (Greenm.) Wussow & Urbatsch.	x	x
<i>Verbesina abscondita</i> Klatt	-	x
<i>Verbesina gracilipes</i> B.L. Rob.	x	-
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng. var. <i>dentata</i>	x	-
<i>Viguiera grammatoglossa</i> DC.	-	x
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	x	-
<b>BIGNONIACEAE</b>		
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	x	x

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>BORAGINACEAE</b>		
<i>Antiphytum heliotropioides</i> DC.	x	-
<i>Antiphytum paniculatum</i> I.M. Johnst.	-	x
<i>Heliotropium calcicola</i> Fernald	x	-
<i>Lithospermum calcicola</i> B.L. Rob	x	x
<b>BUDDLEJACEAE</b>		
<i>Buddleja cordata</i> Kunth subsp. <i>cordata</i>	-	x
<b>BURSERACEAE</b>		
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	x	-
<b>CACTACEAE</b>		
<i>Ferocactus hamatacanthus</i> Britton & Rose.	-	x
<i>Ferocactus latispinus</i> Britton & Rose.	-	x
<i>Ferocactus robustus</i> Britton & Rose.	-	x
<i>Mammillaria haageana</i> Pfeiffer	x	x
<i>Mammillaria sphaelata</i> C. Martius	x	x
<i>Opuntia</i> sp1	-	x
<i>Opuntia</i> sp2	x	x
<b>CAESALPINACEAE</b>		
<i>Senna galeottiana</i> (M. Martens & Galeotti) Irwin & Barneby	x	-
<i>Senna guatemalensis</i> (Donn. Snt.) Irwin & Barneby var. <i>scopulorum</i> (Britton & Rose) Irwin & Barneby	x	-
<i>Senna unijuga</i> (Rose) Irwin & Barneby	x	x
<b>CAPPARACEAE</b>		
<i>Setchellanthus caeruleus</i> Brandegee	x	-
<b>CAPRIFOLIACEAE</b>		
<i>Abelia floribunda</i> Decne.	x	-
<b>CARYOPHYLLACEAE</b>		
<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd.	x	x
<b>CELASTRACEAE</b>		
<i>Mortonia diffusa</i> Rose & Standl.	-	x

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotaltepec
<b>CONVOLVULACEAE</b>		
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	-	x
<i>Ipomoea stans</i> Cav.	-	x
<i>Ipomoea arborescens</i> G. Don		x
<b>CRASSULACEAE</b>		
<i>Echeveria heterosepala</i> Rose	x	x
<i>Echeveria megacalyx</i> E. Walther	x	x
<i>Sedum dendroideum</i> Moc. & Sessé ex DC.	-	x
<i>Sedum liebmannianum</i> Hemsl.	x	-
<i>Sedum stahlia</i> Solms-Laub.	-	x
<b>CUSCUTACEAE</b>		
<i>Cuscuta corimbosa</i> Ruiz y Pav.	-	x
<b>ERICACEAE</b>		
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	-	x
<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch subsp. <i>polifolia</i>	x	x
<b>ERYTHROXYLACEAE</b>		
<i>Erythroxylum compactum</i> Rose	x	-
<b>EUPHORBIACEAE</b>		
<i>Acalypha monostachya</i> Cav.	x	-
<i>Acalypha purpurascens</i> Kunth	-	x
<i>Chamaesyce dioica</i> (Kunth) Millsp.	x	-
<i>Croton ciliato-glandulosus</i> Ortega	x	-
<i>Croton hypoleucus</i> Schldtl.	x	-
<i>Euphorbia pueblensis</i> Brandege	x	x
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	x	-
<i>Phyllanthus subcuneatus</i> Greenm.	x	-
<i>Sapium hiloculare</i> (S. Watson) Pax	x	-
<b>FABACEAE</b>		
<i>Astragalus strigosus</i> Kunth	-	x
<i>Brongnartia foliolosa</i> Benth.	-	x
<i>Brongnartia oligospermoides</i> Baill.	x	-
<i>Calia secundiflora</i> (Ortega) Yakovlev	x	-
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	x	x
<i>Dalea botterii</i> (Rydb.) Barneby	x	-
<i>Dalea caeciliae</i> Hanns	x	-



Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<i>Dalea carthagenensis</i> (Jacq.) Macbr. var <i>capitulata</i> (Rydb.) Barneby.	-	x
<i>Dalea filiciformis</i> B.L. Rob. & Greenm.	-	x
<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby	x	-
<i>Dalea greggii</i> A. Gray	x	x
<i>Dalea lutea</i> (Cav) Willd. var. <i>gigantea</i> (Rose) Barneby	x	-
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	x	x
<i>Nissolia pringlei</i> Rose	-	x
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	-	x
<b>FAGACEAE</b>		
<i>Quercus glabrescens</i> Benth.	-	x
<i>Quercus greggii</i> (A. DC.) Trel.	x	x
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	-	x
<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	x	-
<i>Quercus peduncularis</i> Nee	x	-
<i>Quercus sebifera</i> Trel.	x	x
<b>FLACOURTIACEAE</b>		
<i>Neopringlea viscosa</i> (Liebm.) Rose	x	-
<b>GARRYACEAE</b>		
<i>Garrya ovata</i> Benth.	x	x
<b>KRAMERIACEAE</b>		
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	x	x
<b>LAMIACEAE</b>		
<i>Salvia aspera</i> M. Martens & Galeotti	x	x
<i>Salvia axillaris</i> Moc. & Sessé ex Benth.	-	x
<i>Salvia candicans</i> M. Martens & Galeotti	x	x
<i>Salvia lineata</i> Benth.	x	x
<i>Salvia oaxacana</i> Fernald	x	x
<i>Salvia pubescens</i> Benth.	-	x
<i>Salvia melissodora</i> Lag	-	x
<i>Salvia thymoides</i> Benth.	x	x
<i>Satureja oaxacana</i> (Fernald) Standl.	x	x
<b>LAURACEAE</b>		
<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	x	-

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>LENTIBULARIACEAE</b>		
<i>Pinguicula moranensis</i> Kunth	-	x
<b>LINACEAE</b>		
<i>Linum rupestre</i> (A. Gray) Engelm.	x	x
<i>Linum scabrellum</i> Planch.	x	-
<b>LORANTHACEAE</b>		
<i>Phoradendron forestierae</i> B.L. Rob. & Greenm.	-	x
<b>MALPIGHIACEAE</b>		
<i>Bunchosia montana</i> A. Juss.	x	-
<i>Galphimia glauca</i> Cav.	x	x
<i>Gaudichaudia galeottiana</i> Chodat.	x	x
<i>Malpighia galeottiana</i> A. Juss.	x	-
<b>MALVACEAE</b>		
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schldl.	x	-
<i>Hibiscus martianus</i> Zucc.	x	-
<b>MIMOSACEAE</b>		
<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze var <i>angustissima</i>	x	-
<i>Desmanthus pumilus</i> (Schldl.) Macbr.	x	x
<i>Havardia elasticophylla</i> A. Gray ex S. Watson	x	-
<i>Pithecellobium leptophyllum</i> (Cav.) L. Rico	-	x
<i>Leucaena confertiflora</i> Zárate subsp. <i>confertiflora</i>	x	x
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	-	x
<i>Mimosa lacerata</i> Rose	-	x
<i>Mimosa pueblensis</i> R. Grether	-	x
<i>Mimosa purpusii</i> Brandegee	-	x
<b>NYCTAGINACEAE</b>		
<i>Mirabilis oblongifolia</i> (A. Gray) Heimerl	x	x
<i>Mirabilis violacea</i> (L.) Heimerl	x	-
<b>OLEACEAE</b>		
<i>Forestiera phillyreoides</i> (Benth.) Torr.	-	x
<i>Forestiera rotundifolia</i> (Brandegee) Standl.	x	x
<i>Fraxinus purpusii</i> Brandegee	-	x

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>OXALIDACEAE</b>		
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindley	x	-
<i>Oxalis neaei</i> DC.	x	-
<b>PASSIFLORACEAE</b>		
<i>Passiflora suberosa</i> L.	x	x
<b>PHYTOLACCACEAE</b>		
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	-	x
<b>PIPERACEAE</b>		
<i>Peperomia campylotropa</i> A.W. Hill	-	x
<b>POLEMONIACEAE</b>		
<i>Loeselia caerulea</i> (Cav) G. Don	-	x
<b>POLYGALACEAE</b>		
<i>Polygala oscura</i> Benth.	x	x
<b>PORTULACACEAE</b>		
<i>Portulaca mexicana</i> P.G. Wilson	x	-
<b>RANUNCULACEAE</b>		
<i>Anemone mexicana</i> Kunth	x	-
<b>RHAMNACEAE</b>		
<i>Ceanothus greggii</i> A. Gray	x	x
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roem. & Schult.) Zucc.	-	x
<b>ROSACEAE</b>		
<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) Koch var. <i>denticulata</i>	x	x
<i>Cercocarpus fothersgilloides</i> Kunth	x	x
<i>Lindleya mespiloides</i> Kunth	x	x
<i>Vanquelinia australis</i> Standl.	x	x
<i>Xerospirea hartwegiana</i> (Rydb.) Henr.	x	x
<b>RUBIACEAE</b>		
<i>Bouvardia erecta</i> (DC.) Standl.	x	-
<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth	x	x
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schtdl.	x	x
<i>Coutaportia ghiesbreghtiana</i> (Baill.) Urb.	x	x

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA  
C. Viejo C. Zotoltepec

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<i>Galium fuscum</i> M. Martens & Galeotti	x	-
<i>Randia capitata</i> DC.	x	-
<b>RUTACEAE</b>		
<i>Choisya</i> sp. nov.	x	-
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	-	x
<b>SAPINDACEAE</b>		
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	x	x
<b>SAPOTACEAE</b>		
<i>Sideroxylon salicifolium</i> (L.) Lam.	x	-
<b>SAXIFRAGACEAE</b>		
<i>Pterostemon rotundifolius</i> Ramirez	x	-
<b>SCROPHULARIACEAE</b>		
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	x	-
<i>Hemichaena levigata</i> (B. L. Rob. & Greenm.) Thieret	x	-
<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Cham. & Schltdl.) W.R. Ernst	x	x
<i>Lamourouxia pringlei</i> B.L. Rob. & Greenm.	x	x
<i>Lamourouxia xalapensis</i> Kunth	x	-
<i>Leucophyllum pringlei</i> (Greenm.) Stendl.	-	x
<i>Lophospermum purpusii</i> (Brandege) Rothm.	x	-
<i>Penstemon isophyllus</i> B.L. Rob.	-	x
<i>Russelia obtusata</i> S.F. Blake	x	-
<b>SOLANACEAE</b>		
<i>Solanum laurifolium</i> Mill.	x	-
<i>Solanum tridynamum</i> Dunal	x	x
<b>TURNERACEAE</b>		
<i>Turnera diffusa</i> Willd.	x	x
<b>URTICACEAE</b>		
<i>Pilea trianthemoides</i> Lindl. var. <i>microphylla</i> (Griseb.)	x	x
<b>VALERIANACEAE</b>		
<i>Valeriana laciniosa</i> M. Martens & Galeotti	-	x

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>VERBENACEAE</b>		
<i>Citharexylum oleinum</i> (Benth.) Moldenke	x	x
<i>Lippia mutans</i> B.L. Rob. & Greenm.	x	x
<b>VIOLACEAE</b>		
<i>Hybanthus oppositifolius</i> (L.) Taub.	x	-
<b>MONOCOTYLEDONEAE</b>		
<b>AGAVACEAE</b>		
<i>Agave atrovirens</i> Karw. ex. Salin-Dyck	-	x
<i>Agave kerchovei</i> Lem.	-	x
<i>Agave potatorum</i> Zucc.	-	x
<i>Beschorneria calycicola</i> García-Mendoza	x	-
<i>Yucca periculosa</i> F. Baker	x	x
<b>BROMELIACEAE</b>		
<i>Hechtia podantha</i> Mez.	-	x
<b>COMMELINACEAE</b>		
<i>Callisia insignis</i> C.B. Clarke	x	-
<i>Gibasis consobrina</i> D.R. Hunt	x	x
<i>Thyrsanthemum floribundum</i> (M. Martens & Galeotti) Pichon	x	-
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	x	x
<b>CYPERACEAE</b>		
<i>Cyperus spectabilis</i> Link	x	-
<b>HYACINTHACEAE</b>		
<i>Hemiphylacus latifolius</i> S. Watson	x	-
<i>Hemiphylacus mahindae</i> L. Hernández	x	-
<b>IRIDACEAE</b>		
<i>Sisyrinchium angustissimum</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Greenm. & Thompson	-	x
<b>MELANTHIACEAE</b>		
<i>Schoenocaulon tenuifolium</i> (M. Martens & Galeotti) B.L. Rob. & Greenm.	x	-

Familia /Especie	C. Viejo	C. Zotoltepec
<b>NOLINACEAE</b>		
<i>Dasyllirion serratifolium</i> Karw.	-	x
<i>Nolina longifolia</i> (Schult.) Hemsl.	-	x
<b>POACEAE</b>		
<i>Aristida</i> sp. nov.	x	-
<i>Bouteloua triaena</i> (Trin.) Scribn.	x	-
<i>Erioneuron avenaceum</i> (Kunth) Tateoka	x	-
<i>Metcalfia mexicana</i> (Scribn.) Conert	x	-
<i>Muhlenbergia distichophylla</i> (Presl) Kunth	x	-
<i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey	x	-
<i>Nassella mucronata</i> (Kunth) Pohl	x	-
<i>Poa annua</i> L.	x	-

## Apéndice 2

Listado de especies del Matorral espinoso del Valle de Tehuacán utilizado en la comparación estadística

### ACANTHACEAE

*Ruellia hirsuto-glandulosa* (Oerst.) Hemsl.

### BOMBACACEAE

*Ceiba parvifolia* Rose

### BURSERACEAE

*Bursera aptera* Ramirez.

*Bursera schlechtendalii* Engl.

### CAESALPINIACEAE

*Caesalpinia melanadenia* (Rose) Standl.

*Caesalpinia* sp

*Cercidium praecox* (Ruiz & Pavón) Standl.

### CELASTRACEAE

*Schaefferia stenophylla* Standley

### CONVOLVULACEAE

*Ipomoea arborescens* G. Don

### FABACEAE

*Aeschynomene compacta* Rose

### FOUQUIERACEAE

*Fouquieria formosa* Kunth

### MIMOSACEAE

*Acacia constricta* Benth.

*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.

*Mimosa luisana* Brandegee

### ULMACEAE

*Celtis pallida* Torrey