



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Geomorfología, clima y vegetación del valle de Tehuacán-Cuicatlán Pue.-Oax. México.”

295166

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

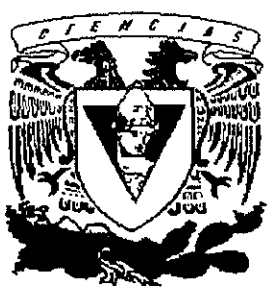
B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

VERÓNICA OCHOA TEJEDA

DIRECTOR DE TESIS : DRA. MA. ENGRACIA HERNÁNDEZ CERDA

CODIRECTOR DE TESIS : DR. JOSÉ INOCENTE LUGO HUBP



FACULTAD DE CIENCIAS UNAM





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

[Faint handwritten text]

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"Geomorfología, clima y vegetación en el valle de Tehuacán-Cuicatlán
Pue.-Oax. México."

realizado por Verónica Ochoa Tejeda

con número de cuenta 8632056-8 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dra. María Engracia Hernández Cerda

Ma Engracia Hernández Cerda

Propietario

Dr. José Inocente Lugo Hubp

[Handwritten signature]

Propietario

M. en C. José Fernando Acevez Quesada

[Handwritten signature]

Suplente

M. en C. Aurora Zlotnik Espinosa

Aurora Zlotnik

Suplente

M. en C. Gloria Alfaro Sánchez

Gloria Alfaro Sánchez

**FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.**

Consejo Departamental de Bio.

[Handwritten signature]



Dra. Patricia Ramos Morales

**DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA**

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a la UNAM y a todas las personas que me apoyaron en la realización del presente trabajo, en especial a la Dra. María Engracia Hernández Cerda y al Dr. José Lugo Hubp por su dirección en la tesis, por su interés y apoyo incondicional y el apoyo en las facilidades técnicas durante mi estancia en el Instituto de Geografía.

Un especial agradecimiento al Dr. Jean-Francois-Parrot por su valiosa asesoría desinteresada en el tratamiento digital de los mapas.

Igualmente agradezco a todos mis amigos de Ciencias y del Instituto de Geografía por sus valiosas críticas y observaciones.

Finalmente deseo expresar mi agradecimiento a mi familia que me ha apoyado a lo largo de vida académica y personal.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
I. OBJETIVO GENERAL	8
II. OBJETIVOS PARTICULARES	8
ANTECEDENTES	9
I. LOCALIZACIÓN	12
II. Condiciones climáticas de la zona en estudio.	13
A. CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA	13
B. TEMPERATURA	14
C. PRECIPITACIÓN	14
D. GRADOS DE HUMEDAD	15
VEGETACIÓN	17
A. MATORRAL XERÓFILO	18
1. Matorral crasicaule	18
2. Matorral desértico rosetófilo	21
3. Chaparral	21
B. SELVA	21
C. BOSQUES	22
Bosque de tascate	22
Bosque de encino	22
Bosque de encino-pino y bosque de pino-encino	22
Bosque de pino	23
Bosque mesófilo de montaña	23
D. OTROS TIPOS DE COMUNIDADES VEGETALES Y USOS DE SUELO	23
1. Palmar	23
2. Mezquital	24
3. Pastizales	24
4. Agricultura	24
IV. GEOLOGÍA GENERAL DEL VALLE	25
V. SUELOS	27
METODOLOGÍA	28
I. GEOMORFOLOGÍA	28
II. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO	28
III. PERFILES GEOMORFOLÓGICOS	29
IV. DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
I. DELIMITACIÓN GEOMORFOLÓGICA	31
II. DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA	31

III. RED FLUVIAL.....	35
IV. UNIDADES PRINCIPALES DEL RELIEVE	39
A. <i>DEPRESIONES</i>	39
1. Septentrional.....	39
2. Central	41
3. Meridional	42
B. <i>LOMERÍOS</i>	42
C. <i>MONTAÑAS</i>	44
1.-Elevaciones menores.....	44
a.- <i>Complejos basálticos</i>	44
b. - <i>Elevaciones de andesitas tipo cresta</i>	45
2.- Porción baja de las montañas de lutitas y areniscas.....	46
3.- Porción baja de las montañas de esquistos	47
4.- Montañas mayores de calizas plegadas.....	47
5.- Bloque montañoso de gneises.....	48
V. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO.....	49
VI. PERFILES GEOMORFOLÓGICOS	52
VII. CONDICIONES TÉRMICAS.....	56
VIII. CONDICIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	56
IX. DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN	59
X. RELACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES.....	61
A. <i>EN LA PLANICIE DE ACUMULACIÓN</i>	62
B. <i>ROCAS MASIVAS O CUERPOS MONTAÑOSOS</i>	64
C. <i>ROCAS SEDIMENTARIAS</i>	69
D. <i>ROCAS METAMÓRFICAS</i>	71
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	77
ANEXO	79

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en una revisión bibliográfica, cartográfica y de gabinete sobre los factores ambientales presentes en el valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se basa principalmente en un análisis del relieve, para relacionarlo con las condiciones climáticas y de vegetación.

Actualmente se ha incrementado la necesidad de realizar estudios ambientales integrales, para llevar a cabo la planeación y el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales. Tales estudios han recurrido a técnicas y métodos, con diferentes enfoques, para conocer la relación que guardan los múltiples componentes que integran los sistemas naturales (Cervantes, 1979).

Se puede, sin embargo, ver el conjunto del medio natural en todas sus interrelaciones, en un aspecto cualitativo, en el que los elementos más relevantes (relieve, clima, vegetación, litología, suelo, red fluvial, etc.) pueden analizarse aisladamente o vinculados. Existen muchos criterios al respecto, siendo uno de ellos el que se deriva de las apreciaciones en el campo, gabinete, cartográfico y bibliográfico.

Por regla general, en la naturaleza todos los organismos viven en los medios de vida físicos que les proporcionan condiciones adecuadas de existencia. El espacio en el cual se produce el intercambio de materia entre la parte viva e inanimada de la naturaleza, en función de sustancias minerales orgánicas e inorgánicas, recibe el nombre de ecosistema. Según la FAO (1991), los ecosistemas están determinados por factores ecológicos que se pueden dividir en abióticos, bióticos y antropógenos (efecto de la actividad del hombre sobre estos factores).

Existe una diversidad de ecosistemas en México, entre éstos, se encuentran los de las zonas áridas y semiáridas. Se menciona que la extensión, delimitación y definición precisa de estas zonas, son un motivo de discusión, que no hay una definición aceptada universalmente, debido a la naturaleza variable de los criterios y que están sujetas a continuos cambios. Estos criterios son el climático, en donde se toman en cuenta los principales factores del clima, como la cantidad y distribución de la temperatura, precipitación, etc., y los criterios morfogenéticos, litoedáficos y litogeográficos, los cuales se basan en aspectos geológicos, de suelo y de vegetación (Hernández, 1992).

Se puede decir entonces, que las zonas áridas se caracterizan por un gran número de rasgos comunes de tiempo, espacio, clima, relieve, hidrología, suelos, vegetación y fauna. Son regiones con poca lluvia y distribución irregular, baja humedad, precipitación menor de 325 mm, las

temperaturas medias oscilan entre los 15° y 25° C. fuerte viento, con al menos siete meses de sequía al año, distribución irregular durante el ciclo vegetativo, suelo con bajo contenido orgánico y alto contenido en sales, fuerte erosión hídrica y eólica y deficiente desarrollo de la red fluvial (Shreve, 1967). El aumento de la evaporación proveniente del suelo y la vegetación excede al promedio de la precipitación; la flora y la fauna muestran caracteres específicos para adaptarse a las altas temperaturas y a la escasez de agua. La cubierta vegetal es menor del 70% dominando especies de tipo xerófito. Las diferencias en las características de la topografía, del sustrato geológico y del suelo, ejercen a menudo una mayor influencia sobre la distribución de la vegetación que las que causa la misma precipitación (Maldonado, 1985; Lugo, 1989).

La zona semiárida se define como aquella región cuya precipitación pluvial varía de 345 a 600 mm al año, con una temperatura media anual de 18° a 22°C, con 3 a 6 meses de sequía; su cubierta vegetal es superior al 70% y la vegetación dominante está formada principalmente por diferentes tipos de matorrales y pastizales naturales (Maldonado, 1980).

Las zonas áridas y semiáridas de México, han sido estudiadas por diversos investigadores desde el punto de vista climático, de las formas de vida, existiendo estudios fitogeográficos y fitoecológicos. Es decir, se han venido reforzando con estudios botánicos, lo que contribuye al conocimiento del clima-vegetación y el paralelismo entre las coberturas de vegetación adaptadas a las condiciones de aridez, pero se conoce poco sobre la distribución de la vegetación y las relaciones relieve-vegetación.

De manera general, las zonas áridas y semiáridas mexicanas concentran un alto porcentaje de plantas y animales endémicos, y una considerable proporción de diversidad biológica que se acentúa hacia las porciones más tropicales de su distribución geográfica (Valiente-Banuet, 1990). De estas regiones sobresale el valle de Tehuacán-Cuicatlán, localizado entre los estados de Puebla y Oaxaca, el cual es importante por su gran diversidad biológica y alto grado de endemismo que presentan muchas de las especies que habitan el valle (Granados y García, 1989). Lo que da mayor riqueza florística a la fisionomía de la región. Hay ahí alrededor de 2700 y 3000 especies distribuidas en 922 géneros y 89 familias. (Dávila, 1983).

Biogeográficamente es el centro de diversidad más importante de cactáceas columnares gigantes en México. Actualmente subsisten también en esta región, áreas que sustentan relictos bien conservados de la vegetación que imperaba en el valle. Estos tesoros biológicos datan desde antes de la formación misma del valle de Tehuacán-Cuicatlán con los grandes yacimientos

fosilíferos que hacen de esta región una zona privilegiada para el conocimiento del Cretácico Medio en el país (Calderón, 1956; Valiente-Banuet, 1995).

Esta zona es valiosa como centro de evolución de la flora semiárida, con un 29% de especies endémicas (Smith, 1965). Destacan las cactáceas, las cuales, son muy apreciadas por coleccionistas de otros países. Este hecho ha motivado un saqueo desmesurado de especímenes y ha puesto algunas especies en peligro de extinción.

En cuanto a fauna se refiere, el valle se comporta como corredor para la quiropterofauna del lugar (Quintero y Briones, 1989).

Por la riqueza antropológica e histórica que hay en el valle, en particular en el valle de Zapotitlán Salinas, se encuentran una gran cantidad de restos precolombinos, que entre otras cosas nos hablan del proceso de domesticación de especies tan importantes como el maíz (*Zea mays*) y el aguacate (*Persea americana*) (Smith, 1967). Además, es una zona conocida por sus manantiales de aguas termales, yacimientos de carbón y canteras de mármol.

La zona en estudio presenta un relieve y una geología compleja que desempeñan un papel importante en la dinámica general del valle, por los flujos de materia que provocan y las modificaciones del modelado, y por su influencia en el clima y la vegetación.

El área objeto de esta, comprende el sur de Puebla y norte de Oaxaca, presenta una información geomorfológica escasa y restringida, sobre el relieve. La poca información existente está dispersa en diferentes publicaciones y mapas, además de no estar integrada.

El área de estudio, comprende parte de la Sierra Madre Oriental y parte del Eje Neovolcánico.

En este trabajo se realizó un estudio geomorfológico general del valle de Tehuacán-Cuicatlán, para relacionar el relieve con el clima, la vegetación, y su geología, para un mejor conocimiento de esta región.

Cabe mencionar que la geomorfología que se aplica en los estudios biológicos en general, se limita a una descripción fisiográfica. Esto es insuficiente, ya que para comprender el comportamiento de los seres vivos es necesario conocer el espacio físico donde habitan, es decir, el tipo de roca, el suelo que se origina en la misma, la forma del relieve y su influencia en el clima e hidrología, etc.

Para poder realizar dicho estudio se hizo una delimitación geomorfológica de la zona, debido a que las existentes de Smith (1965), Goytia y Granados (1981), Dávila (1983), García, (1987), entre otros, la delimitan arbitrariamente, según el interés de estudio, pues utilizaron diferentes

variables como la topografía, fisiografía, geología o de vegetación. Solamente se ha establecido una delimitación climática del lugar hecha por Hernández (1996, inédito), quien, considera al valle de Tehuacán-Cuicatlán como una unidad climática. La delimitación geomorfológica que se hizo fue de manera natural, tomando en cuenta uno de los atributos del relieve, el parteaguas principal de las montañas limítrofes de la cuenca.

Como punto de partida se puede decir que el relieve, el clima, la red fluvial, la litología y la vegetación son reguladores de los procesos morfogenéticos en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, por ello constituyen factores clave para establecer cualitativamente la estabilidad morfológica y ecológica del valle.

I. OBJETIVO GENERAL

Analizar cualitativamente los factores ambientales que participan en la estructura ecológica del valle, en particular el relieve-clima-vegetación.

II. OBJETIVOS PARTICULARES

- Definir y clasificar las principales unidades del relieve en función de su génesis.
- Caracterizar y delimitar geomorfológicamente el valle de Tehuacán-Cuicatlán.
- Elaborar el mapa geomorfológico general de acuerdo a la tipología establecida.
- Determinar la distribución de la vegetación con base a las unidades del relieve.

ANTECEDENTES

Durante el siglo XIX, se empieza a comprender que los organismos vivos están relacionados con el medio que los rodea. Se considera que el arreglo y la distribución de plantas y animales está estrechamente ligado a las condiciones del medio físico, con las que se establecen relaciones en varios niveles. Así, se definen de términos que involucran la noción de espacio e influencia ambiental sobre los organismos. Sendtner (1854) y Candolle (1855) emplean las palabras *Standirtichkeit* y *station*, para hablar de influencias ambientales en plantas. Mobius (1877) propone la palabra “biocenosis” para indicar la interdependencia y condicionalidad entre el medio biótico y abiótico, a diferentes escalas. Alejandro von Humboldt (1848-58), en su obra *Cosmos* expresó claramente la necesidad de ver la naturaleza “como un todo integrado”, para su mejor expresión y comprensión.

En el siglo XX los términos se hicieron gradualmente más precisos para designar interrelaciones; se agrega de manera muy concreta el factor espacial, de lo que resultan las palabras “biotopo” propuesta por Dahl (1908), “habitat” por Flahault y Schroter (1910), para delimitar áreas de influencia e interrelación en las que se involucran factores ambientales climáticos, edáficos y bióticos.

Varios investigadores, entre los que se encuentran Tansley (1926), Woltereck (1928) y Ellenberg (1973), introducen la noción de sistema en el estudio de comunidades vivas y su medio; se define desde entonces el término “ecosistema”, con los atributos de un sistema abierto con diferentes elementos agrupados en subsistemas, relacionados por causa-efecto en los ciclos de la materia y los flujos de energía, con capacidad de autorregulación y temporalidad.

Es decir, cualquier área de la naturaleza desde el punto de vista de la interacción de factores bióticos y abióticos, da mayor flexibilidad y generalidad a los conceptos anteriores y con el concepto la idea de sistema.

Hacia los años sesenta y setenta, Troll (1968), con el término geoeología, y Sukachew y Dylis (1964) con biogeoeología, coinciden al emplear métodos biológicos-ecológicos y geográficos-regionales para estudiar las interrelaciones que existen entre los componentes en los sistemas naturales.

En la década 1920-1930 surgió la biogeomorfología y en relación con otras ciencias se desarrollan las nociones de interacción entre los componentes bióticos y abióticos.

Aunque la investigación sobre el enfoque climático en las formas del modelado se iniciara en Europa, el primero en proponer un concepto funcional sobre las relaciones clima-geomorfología, fue el geógrafo norteamericano Sauer (1950), quien con base en las ideas de Gilbert (1942), Sauer establece la génesis del paisaje desde el antagonismo entre los factores geológicos y climáticos. Sobre el papel de lo segundo dice: “Los aspectos o contrastes de un paisaje natural, en general o primariamente, son originados por el clima. Incluso podemos ir más lejos y afirmar que, bajo un clima dado, a lo largo del tiempo acaba formándose un paisaje natural característico; en última instancia y en muchos casos, el clima termina borrando las influencias geognósticas”. Esta consideración morfogenética, aun sin citarlo explícitamente su autor, fundamenta el concepto de lo que es una zona morfoclimática (Pedraza *et al.*, 1996).

Chang (1968) referido por Jackson (1989), menciona que uno de los elementos importantes en el estudio de la vegetación es la precipitación, ya que es un factor importante en la dinámica de la misma.

El biólogo inglés Patin (1968), dice que el desarrollo de los seres vivos ha exigido cierto número de condiciones físico-químicas.

Miller (1975), propone que el clima local se define por cierto número de elementos (temperatura, humedad del aire, precipitación, velocidad del viento, entre otros). Éstos son resultado de la acción recíproca de diversos factores, como la altitud, el relieve, la vegetación, el suelo, es decir, ambos ejercen entre sí acciones complementarias o antagónicas. Por ejemplo, el efecto que ejerce la temperatura sobre la eficiencia de la precipitación o de ciertos suelos que por sus características favorables pueden suplir la escasez de agua, al tener mejor capacidad de almacenarla y ponerla a disposición de las plantas. Tal función del clima se debe a que este elemento no solamente actúa en forma directa sobre las plantas, sino también tiene influencia, a menudo decisiva en los procesos de formación del suelo y del relieve, afecta a la distribución de microorganismos y animales, e interfiere en los mecanismos de competencia, con lo cual ejerce controles múltiples.

Tricart (1977), Demek y Embleton (1978), Verstappen (1983), referidos por Palacio (1985), aplicaron distintos enfoques en el estudio geomorfológico. De manera general exponen que la geomorfología estática se refiere a las formas actuales del relieve: ejemplos, son la morfometría, que se basa en la medición de diversos rasgos del relieve, sin que involucre de manera precisa, un proceso definido: la geomorfología dinámica concerniente a los procesos y cambios “rápidos” de

las formas del relieve; la geomorfología genética o histórica que trata sobre los cambios “lentos” que sufre el relieve; y la geomorfología ambiental, que intenta analizar las relaciones entre las formas del relieve y los demás elementos que conforman el medio natural. Esta última es hoy en día muy importante por su carácter interdisciplinario. Numerosos grupos de investigadores de otras disciplinas consideran en sus estudios al relieve y procesos conexos, para la explicación de fenómenos específicos pertenecientes a sus respectivas especialidades. Así, el suelo, agua, vegetación, clima, entre otros temas, se interpretan incorporando el análisis a la variable geomorfológica.

El relieve terrestre de acuerdo con varios autores (Lugo, 1981), es el resultado de la interacción de los procesos endógenos, creadores de las irregularidades de la superficie de la Tierra y los exógenos, niveladores de las mismas. Estos últimos se manifiestan por la destrucción de las rocas *in situ* (intemperismo), la remoción de esos materiales (denudación) y su depositación (acumulación). La intensidad con que se presentan estos procesos, está condicionada por factores tectónicos, climáticos y litológicos: grado de fractura de las rocas, actividad volcánica, precipitaciones pluviales (climáticos) y resistencia de las rocas al intemperismo y la denudación (litológicos).

Tricart (1969), describe cómo el medio físico-geográfico debe algunos de sus caracteres esenciales al desarrollo de los seres vivos. Ambos están estrechamente integrados. Dice que no es posible estudiar la biosfera descuidando la ecología, es decir, la manera en que los seres vivos se adaptan al medio físico. Correlativamente no se puede comprender el medio físico descuidando a los seres vivos que en él se insertan o habitan, y le imprimen un buen número de caracteres. Entre los factores físicos que menciona y uno de los más importantes es la geomorfología. El principio de unidad de esta disciplina, reside en las interacciones entre el marco ecológico y la biosfera.

II. CONDICIONES CLIMÁTICAS DELA ZONA EN ESTUDIO

A. CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

México se encuentra en la zona de transición entre las latitudes medias y tropicales del globo, dominado por fenómenos meteorológicos propios de ambas latitudes. Éstos sufren corrimientos estacionales hacia el norte en verano, predominando los fenómenos de bajas latitudes, y hacia el sur, en invierno, los de latitudes medias (Carrasco, 1996).

Estos fenómenos también afectan la circulación regional del valle de Tehuacán-Cuicatlán. En verano (mayo-octubre), durante la mitad caliente del año, el valle se encuentra bajo el dominio de los vientos alisios húmedos provenientes del este; llegan por el Golfo de México y se ven reforzados en numerosas ocasiones por las *ondas del este*, las cuales son perturbaciones tropicales que viajan dentro de la corriente de los alisios provocando incremento de la precipitación en la zona.

Otros elementos que se incluyen en la circulación regional del valle, son los ciclones tropicales, ya que generan una mayor cantidad de precipitación en el área en estudio; los que se originan en el Atlántico tienen una mayor influencia (especialmente en el Caribe y Golfo de México) sobre los del Pacífico (Golfo de Tehuantepec).

La zona intertropical de convergencia (ITC), área nubosa, favorece la entrada de humedad y puede generar lluvias en el área en estudio cuando sufre un corrimiento hacia el norte, lo cual ocurre durante el verano.

En invierno, durante la época fría del año predominan los vientos del oeste y los frentes fríos. Estos últimos son masas de aire polar modificado (ondas frías), procedentes del norte de los Estados Unidos de América y sur de Canadá. Cuando ese aire frío y seco penetra al Golfo de México incrementa su contenido de humedad y al ascender por las laderas de la Sierra Madre Oriental, lo libera en forma de lluvia. Si la masa de aire polar es muy profunda, es capaz de atravesar la sierra produciendo lluvias de tipo orográfico y condiciones frías (Carrasco, *op.cit.*).

A lo largo de la superficie de separación entre el aire frío y el caliente que priva en la región, se forma un frente, esto es, el aire frío penetra debajo del caliente, el cual asciende, se enfría y se condensa su vapor de agua formando nubes que se encuentran a lo largo de la superficie frontal. Dichas invasiones de aire frío son conocidas como *nortes*.

De acuerdo con Mosiño (1989), citado por Carrasco (*op.cit*), los *nortes* más comunes durante el invierno en el valle, son los someros, invasiones de ondas frías a lo largo de la llanura costera y Golfo de México, cuya profundidad no supera la altitud del altiplano mexicano.

Hacia finales del invierno, el valle a veces se ve invadido por la corriente de chorro o *jet stream* subtropical, introduciendo nubosidad media y alta; si coincide esta corriente con un norte, lo cual es común en invierno, la precipitación que se produce es muy abundante.

B. TEMPERATURA

Por la posición del valle de Tehuacán-Cuicatlán en la zona tropical, presenta dos máximos de temperatura al año. Respecto a las condiciones de temperatura cambian inversamente con la altitud de las estaciones del valle. Es decir, a menor elevación es mayor la temperatura media, por lo que muestran valores de temperatura mayores de 22°C en la parte más baja del valle y menos de 18°C en las partes altas de las sierras. Pueden presentarse oscilaciones térmicas hasta de 30°C (Kjell y Whiteford, 1989). La temperatura más baja ocurre en diciembre y enero; abril y mayo son los meses más cálidos.

En el caso particular del valle, la evaporación como la temperatura, están muy relacionadas y el inicio de la temporada de lluvias favorece la disminución de la temperatura.

C. PRECIPITACIÓN

El patrón de precipitación en el valle de Tehuacán-Cuicatlán se presenta de acuerdo con las condiciones particulares del lugar que la hacen una región árida muy diferente de otras del norte de México. Por la circulación débil de los vientos alisios que no logran atravesar la Sierra Madre Oriental hacia el valle de Tehuacán-Cuicatlán, la distribución espacial de la precipitación no sufre grandes cambios de un año a otro, sólo se presenta una ligera variación en las cantidades totales. Estas son originadas principalmente por la topografía propia del valle, así como la constancia de los fenómenos meteorológicos productores de precipitación y la circulación de los vientos locales.

La precipitación es originada por los vientos alisios, ondas del este, ciclones tropicales y las invasiones de aire polar (Carrasco, *op.cit*). La mayoría de la lluvia se presenta durante una estación que normalmente inicia a principios de mayo, aumentando en junio, disminuye hacia julio y agosto; puede ocurrir nuevamente en el mes de septiembre. El régimen de lluvias es de

verano, el cual presenta el fenómeno de sequía intraestival, canícula o sequía de medio verano, es decir, es una época en la cual disminuye la precipitación. El porcentaje de precipitación invernal en la mayor parte del valle es menor a 5%, en el extremo norte aumenta a valores entre 5 y 10.2 %.

D. GRADOS DE HUMEDAD

El valle de Tehuacán-Cuicatlán (figura 2) presenta los tres subgrupos climáticos de los áridos: el semiárido (BS_1), el árido (BS_0) y el muy árido (BW), según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García, (1988). Los subgrupos BS se encuentran bordeando a los BW,

El subgrupo de clima muy árido (BW) se localiza en la parte central del valle, sobre la cuenca del Río Salado hasta una altitud menor a 1000 msnm.

El subgrupo de clima árido (BS_1) ocupa el segundo lugar en extensión en el valle, se encuentra entre los 1000 y 2000 msnm, cubre parte de los valles de Tehuacán, Zapotitlán y Cuicatlán.

El subgrupo semiárido (BS_0) abarca la mayor extensión del valle, se localiza a altitudes entre 1 500 a 2 400 msnm sobre las laderas orientales de las sierras de Zapotitlán Salinas, Tamazulapan y Nochixtlán, y parte del valle de Zapotitlán. También en el extremo sur y occidente del valle sobre el Cañón de Tomellín, valle de Cuicatlán y laderas occidentales de las sierras de Zongolica y Juárez, su altitud varía entre 1200 y 2900 msnm.

GRADOS DE HUMEDAD VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN

98°00' 96°30' 19°00'

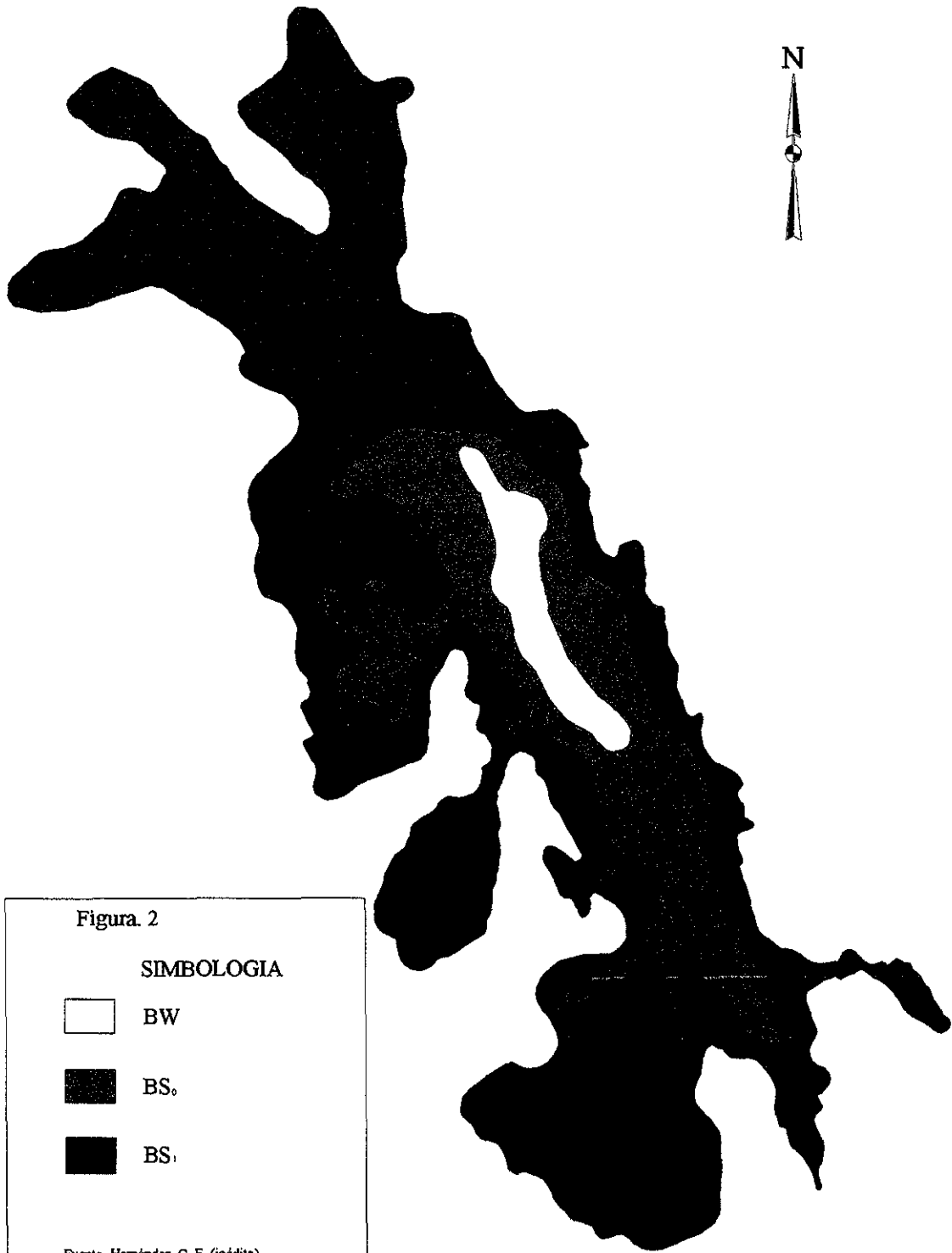


Figura. 2

SIMBOLOGIA

 BW

 BS.

 BS.

Fuente. Hernández. C. E. (inédito)
Elaboró Verónica Ochoa T.

0 20 50 Km

17°15' 98°00' 96°30' 17°15'

VEGETACIÓN

La evolución de la flora de México se debe, por igual, a la ubicación geográfica del país, a su variada topografía y al clim; así como a la migración de linajes bióticos a lo largo del tiempo geológico y a los movimientos tectónicos. La combinación de estos factores ha producido un conjunto único de comunidades vegetales, que integran la biota de la zonas ecológicas de México.

Manzo (1994) señala que la cobertura vegetal natural en el valle, está formada por hierbas, arbustos, árboles o diversas combinaciones, que pueden ser perennifolias o caducifolias. La disposición de estos elementos puede variar desde una capa abierta y diseminada en diversos grados, hasta una capa completamente cerrada. Tal arreglo puede formar un dosel continuo o diseminado que insertará la precipitación.

Valiente-Banuet (1995) y Dávila (1983) exponen que en el valle se encuentran alrededor de 2700 y 3000 especies distribuidas en 922 géneros y 89 familias, de los cuales 630 géneros y 1400 especies son plantas vasculares.

Rzedowski (1978), clasificó la vegetación del valle de Tehuacán-Cuicatlán en bosque tropical espinoso, bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo. Con lo que respecta a este último, Miranda y Hernández (1963) lo subdividieron en varios tipos (Sánchez, 1991).

Según lo reportado en las cartas de uso del suelo y vegetación de INEGI escala 1:250 000 (figura 3), en el valle hay 14 diferentes tipos de vegetación y formas de uso de suelo que en su conjunto pueden clasificarse en 4 grandes grupos: los matorrales, las selvas, los bosques templados y los otros tipos de vegetación que incluyen a los pastizales y áreas de cultivo. Los tipos de vegetación reconocidos para el valle son:

A-Matorrales xerófilos

- (1) Matorral *causicaule*
- (2) Matorral desértico *rosetófilo*
- (3) Chaparral

B- Selvas

- (4) Selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio

C- Bosques

- (5) Bosque de tascate
- (6) Bosque de encino
- (7) Bosque de encino-pino
- (8) Bosque de pino-encino
- (9) Bosque de pino
- (10) Bosque mesófilo

D- Otros tipos de vegetación y formas de uso de suelo.

- (11) Palmar
- (12) Mezquital
- (13) Pastizal inducido
- (14) Agricultura de riego y de temporal

A. MATORRAL XERÓFILO

Este tipo de vegetación está formado por arbustos de hojas coriáceas y pequeñas, con algunos elementos residuos y espinosos. Se localiza en todo tipo de condiciones topográficas y sin discriminación en sustrato geológico. Crece con temperatura media anual de 12° a 26°C y precipitación media anual < 700 mm y 100 a 400 mm principalmente, con 7 a 12 meses de sequía, en climas áridos (BW) y semiáridos (BS). Se desarrolla en suelos de drenaje deficiente, francamente salinos y yesos (Rzedowski, 1991). El matorral xerófilo del valle, ha estimulado la evolución *in situ* de muchas especies endémicas de México (Rzedowski, *op.cit*).

Se encuentra en Huajuapán, Juxtlahuaca, Coixtlahuaca, Teotitlán y Cuicatlán, se caracteriza por los cactus candelabrotales tales como *Cephalocereus chrysacanthus* (pitayo viejo), garambullo, candelabro, quiotilla, órgano (Aguilera, 1970).

1. Matorral crasicaule

El matorral crasicaule incluye a un gran número de comunidades de plantas arbustivas herbáceas que habitan en la parte de clima árido y semiárido del valle de Tehuacán-Cuicatlán, dominado fisionómicamente por cactáceas grandes con tallos aplanados. "nopaleras", y

cilíndricas, “cardonales”, plantas crasas altas (5 a 10 m) llamadas a veces candelabros y órganos (Miranda y Hernández, 1963). Prospera sobre laderas de roca volcánica y caliza, sobre suelos someros y suelos aluviales, con precipitación media anual <600 mm y temperatura < 22 °C. En algunas áreas el matorral crausicaule puede ocupar casi en su totalidad la cobertura vegetal y en otras zonas puede admitir la presencia de vegetación secundaria. Es un matorral abierto o medianamente denso y florísticamente muy rico, en el que a menudo intervienen especies de *Acacia*, *Prosopis*, al igual que plantas herbáceas perennes. La altura de este tipo de matorral crausicaule alcanza generalmente de 2 a 4 m de altura; su densidad es variable (Rzedoswki, 1991).

En algunas barrancas de la cuenca el matorral de *Cephalocereus* sp. y las “tetecheras”, agrupaciones de cactáceas columnares particularmente vistosas, llegan a cubrir importantes extensiones sobre las laderas de rocas calizas; en algunas localidades crecen en tal densidad que no admiten compañía de otras plantas.

También encontramos “cardonales” que presentan un alto número de elementos de la selva baja pero con un marcado dominio del cardón *Etenocereuos weberi*. También incluyen órganos, candelabros, teteches, gigantes, etc., y los “quietillales”, caracterizados por *Escontria chiotilla*, se encuentran en general en terrenos profundos y cercanos a los poblados (Miranda, 1948). Ambas comunidades son favorecidas por la actividad antrópica.

El “izotal”, se caracteriza por el dominio de los llamados izotes (*Yuca* spp.); se presenta comúnmente en climas semicálidos y puede desarrollarse sobre suelos profundos o someros (Miranda y Hernández, 1963.). En ésta comunidad *Yuca periculosa* cubre grandes extensiones sobre suelos rocosos calizos (Miranda y Hernández op.cit), se presenta en las cercanías de Tehuacán, desaparece bruscamente por abajo de los 1500 msnm. con extensiones hasta Oaxaca. Crece a menudo sobre las rocas calizas, a veces acompañada de *Nolina* o de *Beaucarnea* (Rzedoswki, op.cit).

Las nopaleras (*Opuntia* spp.) se encuentran generalmente en suelos someros derivados de rocas volcánicas o intrusivas (Miranda y Hernández op. cit.).

2. Matorral desértico rosetófilo

Rosetófilos prevalecen en rocas calizas; los elementos más característicos son especies de *Agave* sp., *Hechita* sp. y *Dasyllirion* sp., que forman un sustrato subarborescente espinoso y perennifolio, a menudo bastante denso, debido a la reproducción vegetativa de muchos de sus componentes.

Es un tipo de vegetación formado por elementos arbustivos de hoja pequeña que se desarrolla principalmente sobre terrenos aluviales.

3. Chaparral

Una segunda forma de matorral son aquellas comunidades conocidas como matorrales esclerófilos o chaparrales. Éstas son comunidades bajas de hasta 2 m de alto y con plantas de hojas coriáceas; principalmente están constituidas por densas poblaciones de *Quercus microphylla*, a menudo acompañado por otras especies arbustivas con hojas esclerófilas, como *Rhus* sp., *Ephedra compacta*, etc. Este tipo de vegetación difiere del bosque de encino porque sus especies son arbustivas y por el tipo de asociación que presenta con las especies mencionadas. Generalmente se desarrolla sobre areniscas (Sánchez, 1991). Se encuentran en Coixtlahuaca, Nochixtlán (Campos, *et al.*1992).

B. SELVA

La selva baja caducifolia [SBC] es una comunidad tropical que se caracteriza por una marcada estacionalidad, puesto que en la época seca las plantas pierden su follaje, crece en sitios donde la temperatura es alta y la precipitación baja. Se distribuye ampliamente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje y puede estar en contacto con selvas medianas, bosques y matorrales.

La selva baja caducifolia es la comunidad vegetal que tiene la mayor distribución en el valle, cubre el 24.6% del área total, más el área designada como SBC perturbada, el porcentaje aumenta hasta 29.4%, dominada por árboles bajos, de copas anchas y con una marcada estacionalidad (Miranda y Hernández, 1963; Dirzo, 1992; Trejo, 1996).

La SBC dominada por *Lysiloma microphylla*, se localiza en el extremo sureste del valle, en las inmediaciones de Cuicatlán y Dominguillo. La otra parte dominada por *Bursera* spp. y *Cyrtocarpa procer*, se localiza desde los alrededores de Teotitlán hasta Zinacatepec. Este tipo de

vegetación se reconoce principalmente en la parte sur del valle, en el estado de Oaxaca. Se presenta sobre las laderas del cañón del Tomellín. Los otros dos en las cuencas de los ríos de las Vueltas e Ixtlán y laderas de la Sierra Ixtlán, con altitud entre 500 y 2500 msnm. También se sitúa en una pequeña área al sur del estado de Puebla, y en “islas” localizadas en la parte noroeste del valle, en el municipio de Tepexi de Rodríguez. Otra al este de la ciudad de Tehuacán y la tercera en el centro del valle en las cercanías de San Gabriel Chilac, entre 1000 y 2000 m de altitud.

C. BOSQUES

Bosque de tascate

Comunidad vegetal formada por individuos escuamifoliados del género *Juniperus*, próspera en condiciones ecológicas diversas. Se desarrolla principalmente en contacto con bosque de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales.

Bosque de encino

Los encinares son más o menos bosques densos de encinos (*Quercus* sp.) de hojas generalmente perennifolias. Las especies que forman el encinar varían mucho según las localidades y las condiciones ecológicas. La altura del encinar, lo mismo que su densidad, está en relación en términos generales con la humedad del clima (Miranda y Hernández op.cit.).

Crece en suelos relativamente profundos, aunque también se pueden encontrar en suelos someros y entre las grietas de rocas calizas. Se localizan entre los 2300 y 2800 msnm (Sánchez, 1991).

Campos *et al.*, (1992) mencionan que los encinos se encuentran mezclados con los pinos cubriendo amplias extensiones, por lo que es mejor hablar de pino-encino, que de comunidades separadas.

Bosque de encino-pino y bosque de pino-encino

La similitud de las exigencias ecológicas de los pinares y encinares da como resultado que los dos tipos de bosque ocupen nichos muy similares, que se desarrollen con frecuencia uno al lado del otro, formando intrincados mosaicos y complejas interrelaciones sucesionales y que a menudo

se presenten en forma de bosques mixtos, lo cual dificulta su interpretación y cartografía precisa (Campos *et al.*, 1992).

Bosque de pino

Los pinos se desarrollan en altitudes entre 1500 y 3000 msnm, principalmente en el centro y sur del valle en las montañas constituidas de rocas calizas y las montañas menores de andesitas. Estos bosques reciben menos lluvia, en comparación con los bosques de pino que se encuentran en las laderas de las montañas que miran hacia el mar. Estas comunidades de pino son más abiertas, con abundantes arbustos de hojas gruesas y coriáceas. Cubren gran extensión en la sierra Mixteca, donde junto con los encinares son las comunidades dominantes (Campos *et al.*, 1992).

Bosque mesófilo de montaña

Es un tipo de vegetación que ocupa una pequeña porción de las partes altas de la Sierra Madre Oriental, al sureste del valle, entre los 2000-2500 msnm, en Teotitlán.

La vegetación localizada dentro de comunidades xerófitas, generalmente se encuentra en bosques de pino-encino, encinares o comunidades transicionales en las que predomina *Juniperus* sp. Ocupa las partes altas, templadas y húmedas del suroeste del valle entre los 1400 y 2250 msnm, se localiza en Teotitlán, Ixtlán y Miahuatlán.

D. OTROS TIPOS DE COMUNIDADES VEGETALES Y USOS DE SUELO

1. Palmar

Es un tipo de vegetación constituida por *Brahea* spp. y un estrato herbáceo compuesto de gramíneas, especialmente *Cathestecum* sp. Los palmares son plantas bastante restringidas a suelos derivados de caliza o de otras rocas ricas en carbonato de calcio, y prosperan principalmente sobre suelos someros de laderas de cerros (Sánchez 1991). La existencia de estos palmares al menos en la mayoría de los casos debe estar condicionada por incendios periódicos causados por el hombre. Prosperan por lo general entre los 1200 y 2200 msnm, muy frecuente en zonas de transición entre el bosque tropical caducifolio y los encinares. (Rzedowski, 1991). Se localiza en la Cuenca Alta del Papaloapan, Huajuapán de León, Tepelmeme, etc.

2. Mezquital

Comunidad ampliamente distribuida, en ocasiones aparentemente secundaria; se desarrolla frecuentemente en suelos profundos, en aluviones cercanos a escorrentías o en áreas con cierta deficiencia de drenaje; el principal elemento que lo constituye es *Prosopis* spp (mezquites), suele acompañarse por *Acacia* spp (huizache), *Cercidium* spp. (palo verde), entre otros.

3. Pastizales

Comunidad de especies gramínoideas que se desarrolla en suelos salinos, sódicos o salino sódicos, independientemente del clima. Se presenta en el fondo del valle. Otro tipo de pastizal cuyo desarrollo es el producto de interacción del clima, suelo y biota. Es equivalente al zacatal.

Pueden ser de muchas clases, primarios o secundarios, los más típicos que se encuentran en el centro del país son los primeros, donde cubren grandes extensiones de zonas situadas entre las agrupaciones vegetales de zonas áridas y las de zonas templadas subhúmedas (encinares y pinares). Crecen en serranías más o menos elevadas y casi siempre sobre suelos, a veces profundos, derivados principalmente de rocas ígneas.

Existe una gran variedad de pastizales que son producto del intenso sobrepastoreo esencialmente caprino. Los géneros dominantes son *Bouteloua* spp., *Aristida* spp., *Lycurus* spp. Entre otros. Se localizan desde los 2100 a más de 2500 msnm, en suelos calizos y someros (Sánchez, 1991). Los pastizales se localizan como manchones a lo largo del valle.

Bajo condiciones de intensa perturbación humana y fuerte pastoreo, se establecen pastizales inducidos en áreas ocupadas con anterioridad por asociaciones menos xerófitas (Miranda y Hernández, *op.cit.*)

4. Agricultura

La agricultura de riego y temporal, constituye el 30% del área del valle; el riego se da principalmente en la parte central, en las zonas más bajas a lo largo del mismo. De acuerdo con Kjell y Whitefor (1989), la agricultura de temporal está dada, a pesar de ser una zona árida, por la red fluvial alimentada por los escurrimientos de la Sierra madre Oriental.

IV. GEOLOGÍA GENERAL DEL VALLE

La historia geológica de la región se resume en los siguientes episodios principales (Nava, 1965; Brunet, 1967 y Fuentes, 1970). Durante el Paleozoico y Mesozoico se formó el complejo basal. Una serie de movimientos orogénicos desde el Cretácico temprano hasta finales del Terciario dieron lugar a la formación de las principales sierras de la cuenca, las cuales bajo la influencia de los ascensos neotectónicos (Mioceno-Cuaternario) alcanzaron su expresión geomorfológica moderna. El fallamiento del substrato geológico determinó la formación del graben superpuesto del valle de Tehuacan-Cicatlán, interrumpiendo así la conexión con la depresión Balsas y originando la formación de una cuenca lacustre. En el Terciario se depositaron grandes espesores de sedimentos fluvio-lacustres en la cuenca.

A finales del Terciario (Plioceno) y al inicio del Cuaternario (Pleistoceno) hubo una gran actividad volcánica que produjo la acumulación de sedimentos volcánicos sobre los sedimentos fluvio-lacustres. También se produjo una captura por parte del Río Santo Domingo, afluente del Papaloapan, del Río Salado y sus tributarios por erosión remontante (Brunet, 1967).

En la zona en estudio afloran grandes superficies de rocas sedimentarias plegadas, metamórficas y basálticas (figura 4), en la parte SW están presentes los gneises precámbricos. El Carbonífero tardío (Pensilvánico) está representado por areniscas mezcladas con conglomerados. También se encuentran areniscas con conglomerados y en algunas partes intercaladas con arcillas bentónicas de color rojo del Jurásico medio.

Del Cretácico inferior son datados los esquistos, calizas, margas, lutitas, areniscas y cuarzos, los cuales se localizan en el SE del valle. Del Cretácico medio datan las calizas plegadas y en algunos sitios se intercalan con margas. En el Cuaternario es difícil indicar los tipos de rocas, aunque en el piso del valle pueden observarse materiales de aluvión, travertinos, areniscas y conglomerados, y yesos que datan de esta época (López, R. 1981). En un futuro el problema de la datación y establecimiento de formaciones geológicas cuaternarias, constituye una de las tareas básicas de los geólogos mexicanos.

V. SUELOS

Los suelos son de diferentes tipos aunque se originan del mismo tipo de roca madre. Las características topográficas como la altitud, la pendiente, la orientación y el drenaje, y los factores climáticos (temperatura y precipitación), factores bióticos como el desarrollo y descomposición de las comunidades vegetales y la actividad de los microorganismos del suelo causan la intemperización de la roca madre y de la formación de los suelos.

El área de estudio carece de una descripción edafológica completa, aunque existen algunos trabajos que nos brindan información parcial sobre ciertas características edafológicas del valle de Tehuacan–Cuicatlán (Dávila, 1983).

Son ocho las principales unidades de suelo presentes en el valle; estos van, desde suelos profundos con una considerable cantidad de materia orgánica como los feozem en áreas templadas secas, hasta suelos ácidos, como los acrisoles ubicados sobre las sierras altas plegadas, bajo condiciones de humedad significativa, lo que permite rendimientos moderados para el cultivo.

Dichas unidades de suelos son: vertisoles, cambisoles, rendzinas, feozem, xerosoles, regosoles, litosoles y acrisoles.

Debido al relieve montañoso de la región, los suelos con escaso desarrollo dominan la superficie. Son suelos de tipo regosol y litosol que se encuentran en las laderas con pendiente mayor a los 8° de las Tierras Altas de Oaxaca y en las Sierras Mazateca y de Juárez.

En la planicie del valle existe una gran diversidad de afloramientos geológicos con diferentes tipos de roca y los suelos que se originan son someros, pedregosos, alomórficos con diferentes estados de alcalinidad y salinidad, entre los cuales encontramos cambisoles cálcicos, xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del Cretácico inferior (Aguilera, 1970).

En los alrededores del valle hay suelos calcáreos, salinos calcáreos, yesosos y calcáreos-yesosos de lomerío (Aguilera y Herrera 1970). Según este autor, corresponden a suelos de regiones áridas, derivados de evaporitas, los suelos son de tipo holomórfico, también con diferentes estados de salinidad y alcalinidad.

METODOLOGIA

La metodología utilizada para la consecución de los objetivos, fue la del principio de integración geomorfológica (Tricart y Killian, 1982), la cual consistió en definir las unidades del relieve en función de su geología, morfometría y geoforma; este principio facilitó el estudio de integración de los factores climáticos, la red fluvial, la vegetación y el suelo que participan en el valle.

I. GEOMORFOLOGÍA

Para el estudio geomorfológico del valle de Tehuacán-Cuicatlán, se utilizaron las cartas topográficas y geológicas de Orizaba y Oaxaca 1: 250 000 de INEGI, con las cuales se hicieron los mapas altimétrico y el de la red fluvial con divisorias de agua. Los mapas geológicos se utilizaron como complemento al relieve, proporcionaron una información valiosa sobre el tipo de rocas y la edad de las mismas.

A partir de la relación de todos los mapas se elaboró el mapa geomorfológico general, donde se reconocieron las principales unidades del relieve y con la divisoria de aguas principal se delimitó el valle. Estos mapas se digitalizaron con el sistema de información geográfica (ILWIS).

Para la representación de las 10 unidades del relieve presentes en la zona en estudio se usó la escala 1:250 000, donde fue clara la relación de la topografía contrastante con la estructura geológica. Se consideró conveniente aplicar una leyenda de tres tipos principales de formas: depresiones, lomeríos y montañas.

II. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

El análisis morfométrico es un método que permite estudiar las características cuantitativas del relieve (altura, longitud, superficie, pendientes, volumen, etc.), es decir, analiza los elementos del relieve a partir de diversos índices numéricos: mínimos, medios y máximos. Los principales índices morfométricos del relieve son la densidad de cauces fluviales, la amplitud del relieve (frecuencia de elevaciones y depresiones del relieve, o la distancia horizontal entre ellos), la profundidad de disección (corte vertical debido al cauce). La correlación entre la densidad y la profundidad de disección da la intensidad de la disección del relieve.

Para la realización del análisis morfométrico del relieve, se utilizaron las 20 cartas topográficas 1:50 000 de INEGI que cubren el valle de Tehuacán-Cuicatlán. Un primer estudio que se elaboró fue el de densidad de disección o de cauces fluviales. El método consistió en marcar una superficie de 16 km² en cada una de las unidades del relieve. Posteriormente se midió la longitud total de cauces con un curvómetro y el valor en km se dividió entre el área (16 km²), de lo que resulta la densidad de disección del relieve en km/km². En principio es un valor promedio, válido para toda una unidad del relieve.

Se elaboraron 10 ejemplos puntuales de la red fluvial para cada unidad del relieve calculando la densidad de disección y determinando el tipo de configuración en que se encuentra la red fluvial (Lugo, 1988).

Aplicando la fórmula:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

donde *Dd* es la densidad de disección, *Lt* la longitud total de los cauces en km y *A* el área en km².

Además se utilizaron otros métodos morfométricos para estimar la disección del relieve:

- El primero consiste en calcular la “profundidad por erosión o disección del relieve” que equivale a una altura vertical media entre el talweg y la divisoria de aguas. Visto en plano se trata de una distancia transversal al talweg y el valor se obtiene por la diferencia de cotas entre curvas de nivel. Para el análisis se toma el valor máximo en una superficie determinada, que en este caso fue de 25 km².
- El segundo método corresponde a la “energía del relieve”, la cual expresa la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena. Se calcula tomando el valor máximo de diferencia altitudinal en un mapa que representa una superficie aproximada de 1000 km².

III. PERFILES GEOMORFOLÓGICOS

El perfil geomorfológico es una expresión gráfica, en plano vertical, de una porción determinada de la superficie terrestre. Su línea superior representa una situación altimétrica exacta de la superficie. En la inferior se incluyó litología. Generalmente, la escala para el perfil es mayor que la horizontal, de 2 a 10 veces, dependiendo de la escala y el relieve, de no ser así, se pierden los detalles del relieve y de los depósitos cuaternarios, generalmente de poco espesor.

Se elaboraron 8 perfiles geomorfológicos transversales al valle, con base en el mapa topográfico escala 1:250 000. La escala horizontal es la misma y la vertical se exageró 10 veces. La línea de contorno del perfil representa la situación altimétrica de las formas del relieve, por debajo de esta línea se indican las unidades litológicas y por encima de la línea de perfil se agregaron símbolos para representar los tipos de vegetación, los símbolos son semejantes a los utilizados por Rzedowski, (1978) y Osorio *et al.* (1996).

En el eje vertical se dan los valores de la altitud en msnm (metros sobre el nivel del mar) y en el horizontal, los valores de longitud en km del perfil.

La bandas superiores en el perfil geomorfológico, representan las condiciones climáticas. en la primera banda se indican los valores de la temperatura media anual en °C y en la segunda los valores de la precipitación media anual en mm. La inferior muestra el tipo de suelos (tomado de las cartas de suelo de Orizaba y Oaxaca 1:250 000 de INEGI).

Para la presentación final de los perfiles, figuras y cuadros, se usaron los programas estándar: Excel, Corel Draw 8, Corel Photo-Paint 8, Corel OCR-TRACE 8.

IV. DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

Se hizo un cruce de los mapas de geomorfología y vegetación (INEGI 1983), por medio del sistema de información geográfica (ILWIS). Se obtuvieron las áreas cubiertas por la vegetación en cada unidad del relieve.

Del cruzamiento se creó una tabla para conocer las características de la vegetación y uso del suelo en cada una de las unidades del relieve presentes en el valle de Tehuacan-Cuicatlán. La tabla correspondiente al cruzamiento se desplegó. La primera línea contuvo la siguiente información (0) Unidades del relieve (0) veg-uso del s. 0 =Número de píxeles (**n**). Lo que significa que los valores 0 (cero) del mapa geomorfológico se combina con los valores 0 (cero) del mapa de vegetación y uso del suelo en un total **n** de píxeles. En el mapa que se desplegó en la pantalla esta combinación tuvo el valor 1 (uno), que corresponde al valor del mapa resultado del cruzamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis general que se hizo del relieve terrestre tiene como objetivo obtener los parámetros más importantes del mismo que se relacionan de manera estrecha con el clima y la vegetación.

I. DELIMITACIÓN GEOMORFOLÓGICA

El elemento natural que se consideró para la delimitación geomorfológica del valle de Tehuacán-Cuicatlán, fue el parteaguas principal de las montañas limítrofes de la cuenca. Hacia el norte esta delimitado por el volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba con su cima a 5740 msnm.

Hacia el lado oriental, el valle está delimitado por la sierra Zongolica al noreste (NE), la cual forma parte de la Sierra Madre Oriental y tiene una altitud de más de 3000 msnm; al centro-este por la sierra de Juárez (3000 msnm); al sureste (SE) por la sierra de Ixtlán (>3000 msnm.).

En el lado occidental está delimitado por la sierra de Zapotitlán hacia el noroeste (NW) y tiene una altitud de 2500 msnm; en el centro-oeste se levantan las sierras de Tamazulapan (>3000 msnm) y de Nochixtlán (>3000 msnm), éstas pertenecientes a la Sierra Mixteca; hacia el suroeste (SW) el Cañón de Tomellín, y al sur la cuenca oaxaqueña.

En la figura 5, la zona en estudio está superpuesta sobre el sombreado de un modelo numérico de terreno, que se extiende desde Puebla hasta Oaxaca. Este modelo de terreno es el resultado de una interpolación (Taud *et al.*, 1998) aplicada a datos provenientes de la base Gtopo30.

II. DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA

El valle de Tehuacán-Cuicatlán surge en la altiplanicie del Eje Neovolcánico a una altura aproximada de 2060 msnm, tiene su cabecera al SW del Puebla y su terminación al NW de Oaxaca. Por su morfología presenta las características de una fosa tectónica que incluso tiene continuación hacia la ciudad de Oaxaca (la cual es otra cuenca fluvial). Se puede apreciar el fuerte contraste altitudinal del piso del valle de más de 1000 m de altura.

El valle es una depresión orientada de nor-noroeste a sur-sureste (figura 6) y tiene su parte más alta cerca de los 2000 msnm (en el noroeste, en la zona del poblado de Santa Cruz Huiziltepec), limitado por elevaciones montañosas de más de 2500 msnm. La depresión desciende hacia el sur y gradualmente se ensancha hasta 10 km en la población de Tehuacán, a una altura de 1600

msnm, donde se unen las corrientes provenientes del noroeste y sureste. En esta parte la corriente fluvial del valle es capturada por el Río Santo Domingo que corta la Sierra de Zongolica para desembocar al Golfo de México. De tal manera, esta enorme depresión intermontana de origen tectónico, encontró su salida al mar a través de una sola corriente fluvial.

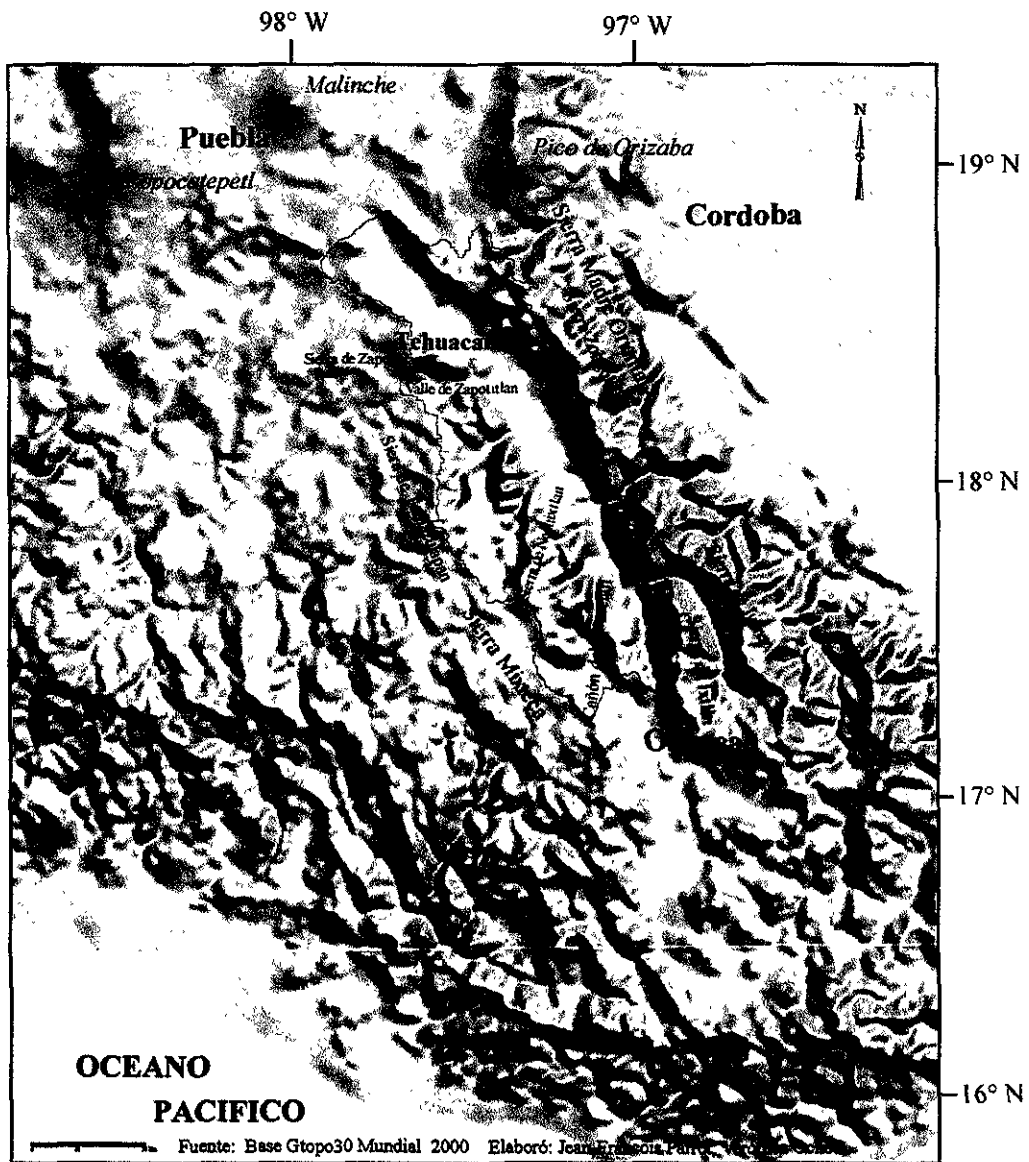


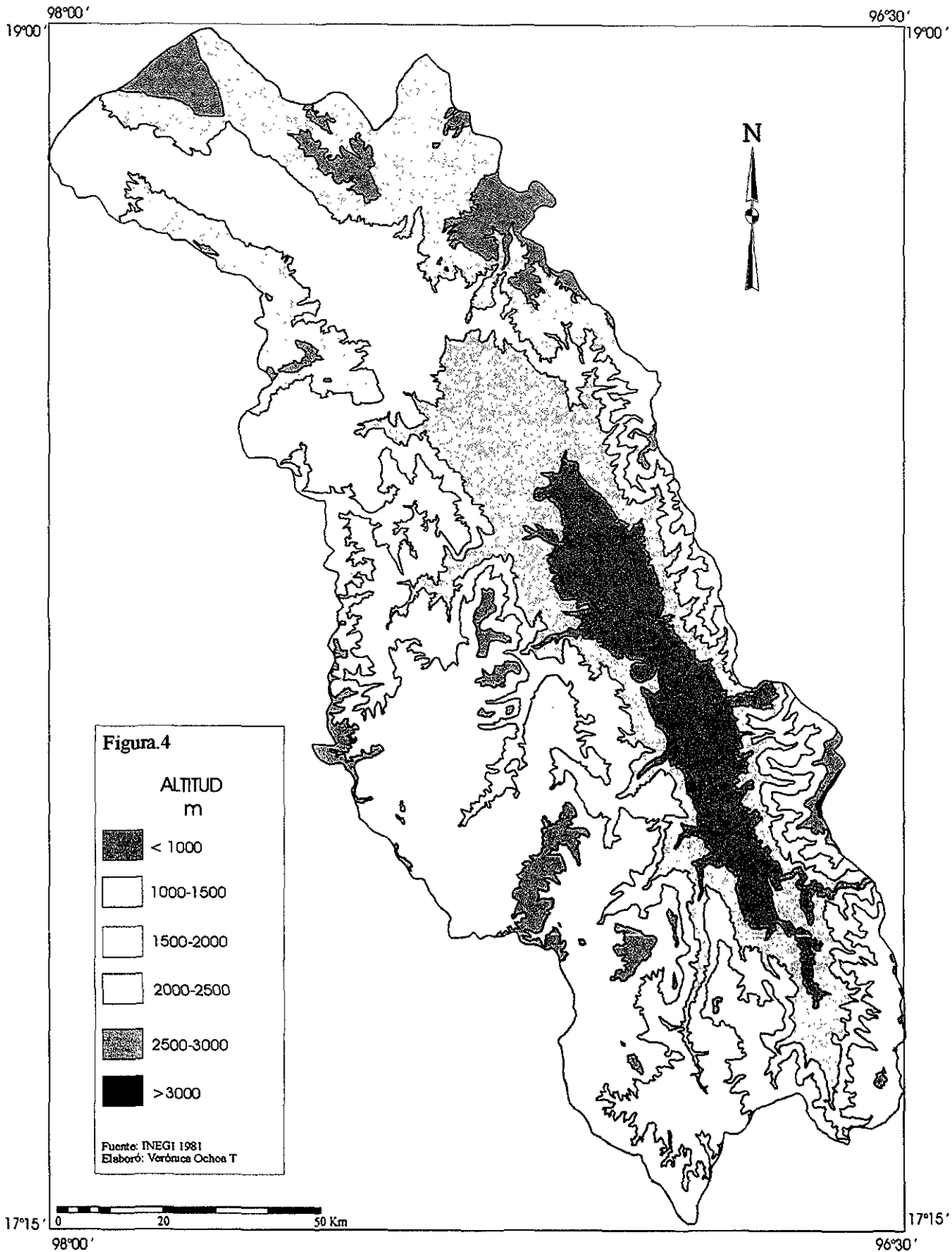
Figura 5. Delimitación del valle de Tehuacán-Cuicatlán sobre el modelo numérico (MNT) sombreado.

Se realizó un estudio más detallado a escala 1: 50 000 para el análisis del valle. A unos kilómetros al oriente surge otra depresión con orientación SE limitada por la Sierra El Monumento, con la misma orientación y por la Sierra de Tecalzingo por el S. Ambas depresiones se unen donde se encuentra, el poblado de Tlacotepec de Benito de Juárez y continúa en la misma dirección con una pendiente muy suave, en general menor a los 3° y un ancho del fondo de aproximadamente 6 km. Esta topografía continúa hasta la población de Tehuacán a 1600 msnm y a partir de este punto cambia bruscamente la pendiente del fondo del valle a 0.05. Este relieve se extiende hasta 1360 msnm, donde se localiza la población de Tepetzingo; en esta zona el valle tiene mejor expresión en el relieve con los límites de las montañas de la ribera izquierda, desembocaduras de corrientes de la misma, desarrollo de un piedemonte correspondiente e incisión del río, con una anchura de 20 m, hacia los 1000 msnm. La pendiente en los últimos 100 m es de 0.02. A partir de esta localidad cambia el relieve porque el fondo se hace más estrecho del orden de 1 a 2 km, las montañas limítrofes, en especial las del norte, alcanzan una altitud de 2300 m, esto es, 1400 m con respecto al cauce en una distancia de 8 km en sentido horizontal.

El valle tiene una definición clara hasta el poblado de Ignacio Mejía a una altura aproximada de 740 msnm. A partir de este punto el valle fluvial del Río Salado se encañona y reduce su anchura a 100-500 m, mientras que la depresión que se considera continuación de la del valle de Tehuacán, sigue con orientación casi norte-sur a partir del poblado de San Martín Toxpolan, donde conserva un ancho de 500 m a 1 km y un gradiente dominante del cauce de 0.04. Ambas depresiones se unen a 740 msnm, para continuar con un curso sinuoso con dirección dominante hacia el S con ligera desviación al E.

A 560 msnm tiene lugar el rasgo fisiográfico más interesante del valle, es la porción donde cambia la inclinación hacia el sur y se produce una captura por una poderosa corriente montañosa del Río Grande que atraviesa las montañas plegadas de la Sierra Madre del Sur con dirección norte. los siguientes 15 km el relieve es la continuación de la misma depresión ocupada en su fondo por el Río Grande, inclinada hacia el NW, donde el fondo es de un ancho en promedio de un kilómetro, limitado a ambos lados por altas montañas (más de 3000 m al oriente, más de 2400 m al occidente), de laderas empinadas y cortadas por numerosos valles erosivos, con paredes verticales de incluso más de 600 m.

MAPA ALTIMETRICO VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN



III. RED FLUVIAL

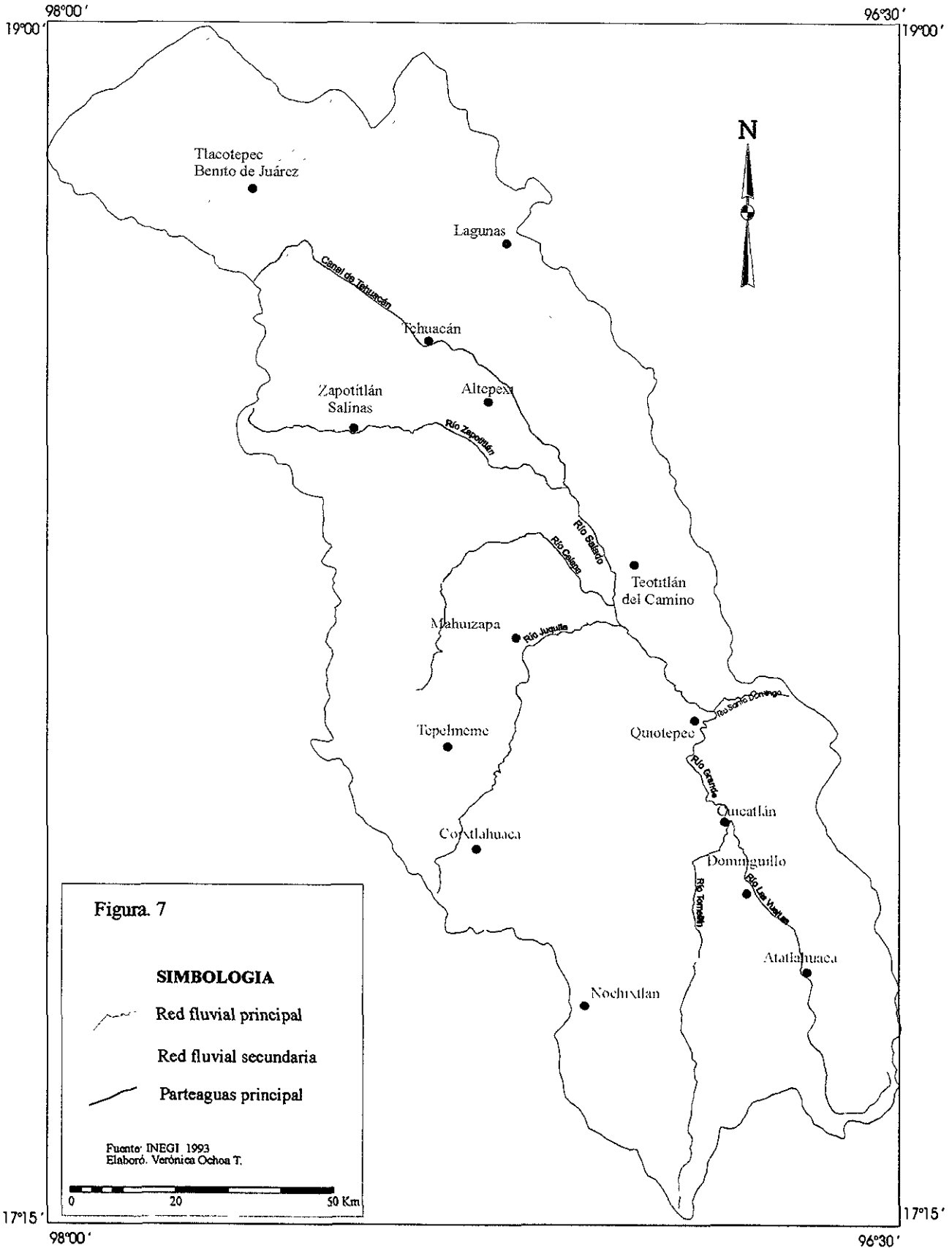
La red fluvial que presenta el valle de Tehuacán-Cuicatlán, por su morfología tiene características de una cuenca endorreica alimentada por corrientes de las márgenes montañosas y las cabeceras del sur, por esto, resulta anormal su desagüe en la porción centro-meridional. El valle continúa hacia el sur-suroeste unos 30 km, hacia donde se va estrechando y recibiendo las aguas de numerosas corrientes montañosas.

Esta depresión es un rasgo del relieve poco común y debida fundamentalmente a los movimientos tectónicos que formaron las montañas que la delimitan, en combinación con los procesos erosivos, que aprovechando las debilidades del terreno han originado los valles principales: al NE de Tlacotepec y al N el de Santiago Miahuatlán. Hacia el centro encontramos los valles del Río Salado y Zapotitlán. En la parte sureste se localizan los valles del Río Grande y del Río Tomellín. Hacia la porción sur y suroccidental están los valles de Huajuapán, Cuicatlán y Tepelmeme. Todos estos son parte de la Sierra Madre Oriental y están limitados por una serie de serranías, los cuales reciben diferentes nombres locales. Las serranías más importantes son la Sierra de Zongolica, de Tlacotepec, de Zapotitlán, de Tamazulapán, de Nochixtlán, de Juárez etc. (figura 7).

El valle de Tehuacán-Cuicatlán forma parte de la cuenca Alta del Río Papaloapan, mismo que se origina en la Sierra de Juárez, en el estado de Oaxaca y se infiltra por el NW en el valle, recibiendo el nombre de Río Grande, el cual, trae aguas del cañón de Cuicatlán, producto de los Ríos de las Vueltas, Tomellín, Apoala y San Pedro. Al sur de la cabecera del Río Grande, rebasando la línea divisoria de aguas continúa una depresión hacia la ciudad de Oaxaca.

Al norte de la cuenca del valle se encuentra el Río Salado, mismo que recibe aguas de los ríos Zapotitlán, Hondo y Xiquila. Se dirige a Oaxaca y en Quiotepec se une con el Río Grande, uno de los afluentes más importantes perteneciente a la vertiente oriental del valle. En ésta nacen numerosos arroyos, en general de menos de 10 km de longitud. De esta unión se forma el Río Santo Domingo, afluente del Papaloapan, el cual desemboca en el Golfo de México.

RED FLUVIAL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN



De acuerdo con el dibujo en plano (figura 7), el valle presenta una configuración de red fluvial tipo dendrítica o arborescente, subparalela en la planicie del valle y rectangular en las sierras Zapotitlán y Mazateca. Las corrientes se disponen en todas direcciones y se unen en ángulos agudos, lo que se debe a los bloques de rocas sedimentarias plegadas (calizas), esquistos, gneises y basaltos que rodean al valle, las cuales presentan una resistencia uniforme a la erosión y no ejercen control sobre la dirección de crecimiento de la red fluvial. Las corrientes pueden erosionar con igual facilidad de un lugar a otro. En cuanto a la planicie del valle, la red fluvial presenta una configuración paralela.

La red de drenaje es de mediana densidad y se encuentra bien integrada, a excepción de ciudad Serdán, donde las corrientes se infiltran al pie de las sierras. Las corrientes principales son en general perennes.

Los resultados obtenidos de la densidad de disección están reportados debajo de cada uno de los 10 ejemplos de configuraciones de red fluvial (figura 8).

Se observa que el mayor valor de densidad se presenta en los gneises (4.8 km/km^2) y las calizas (3.1 km/km^2) en relación con la distribución dendrítica que se desarrolla en este tipo de sustrato. Al contrario, la red presenta una disposición lineal (valor de 0.6 hasta 0.7) en las depresiones constituidas por aluvión y travertino.

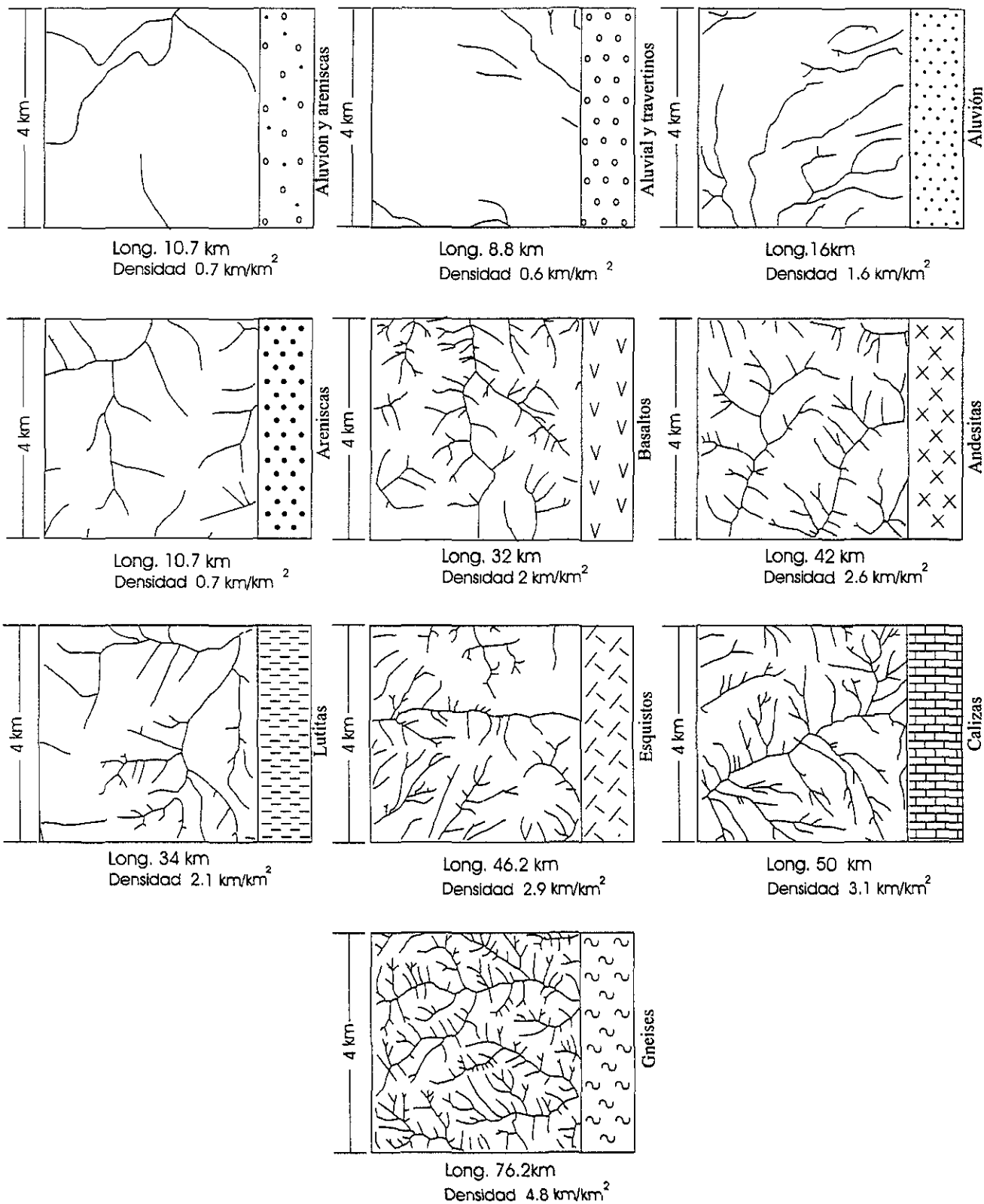


Figura 8. Representación de las configuraciones de las redes fluviales que caracterizan a cada unidad del relieve en la cuenca de Tehuacán-Cuicatlán

IV. UNIDADES PRINCIPALES DEL RELIEVE

En la zona estudiada (figuras 9 y 11) se reconocieron por su morfología tres unidades principales mayores del relieve: (a) depresiones o la planicie, (b) lomeríos y (c) montañas. Cada una de éstas se divide en subunidades o unidades menores del relieve. La descripción de las unidades se hizo con criterios geológicos, altimétricos, de forma y morfométricos.

A. DEPRESIONES

En geomorfología las depresiones son cualquier porción baja de la superficie terrestre respecto a las contiguas, en algunos casos son cerradas. En tectónica las depresiones son regiones de hundimiento de la corteza terrestre, con relleno parcial de sedimentos (Lugo, 1989).

El valle de Tehuacán-Cuicatlán es una depresión ancha de 10 a 15 km, y con una longitud de 150 km, orientada de manera general de nor-noroeste a sur-sureste y delimitada en ambos lados por elevaciones montañosas, principalmente de rocas calizas. Por la altitud, la depresión se subdivide en tres porciones:

1. Septentrional.

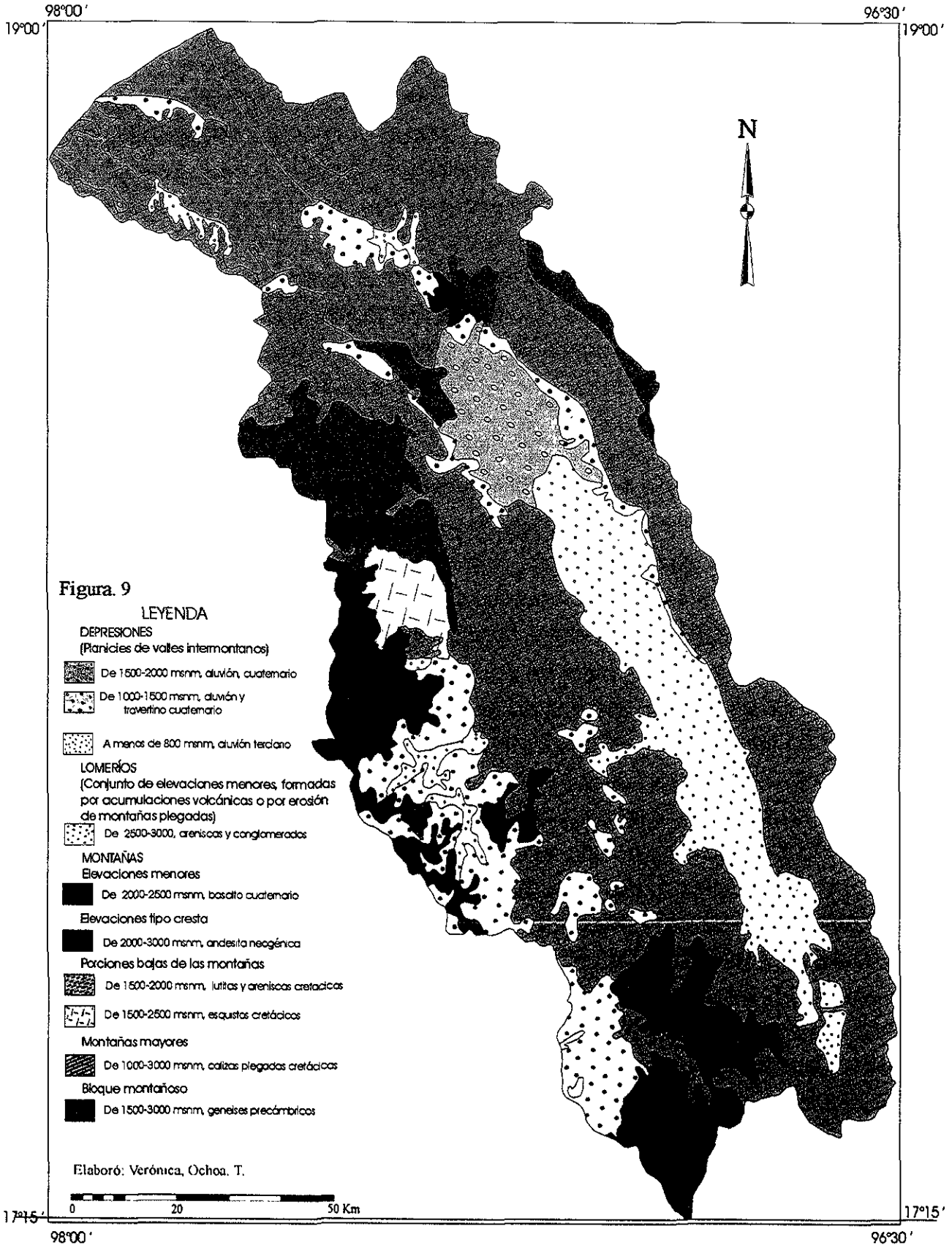
Se sitúa en el extremo norte entre el altiplano poblano y hasta la ciudad de Tehuacán, a una altitud de 1500-2000 msnm; es una superficie homogénea, rectilínea, con anchura variable de 5 a 17 km y 55 km de longitud. Está constituida de aluvión y areniscas; a diferencia de las siguientes categorías, es la que recibe menor alimentación por corrientes fluviales. El avenamiento es de tipo paralelo y es alimentada por corrientes intermitentes. La densidad de disección¹ es de 0.7 km/km² y la profundidad por erosión² es de <50 m.

La depresión colinda por el lado occidental con elevaciones montañosas (3000 msnm), constituidas por rocas calizas cretácicas, y del lado oriental se levantan lomeríos (<1000 msnm) constituidos de areniscas y conglomerados y también por montañas de calizas cretácicas de menos de 3000 msnm.

¹ La densidad de disección es la suma de todas las longitudes de las corrientes fluviales o talwegs de una porción de la superficie terrestre, dividida entre el área de la misma. Generalmente el valor se da en km/km².

² La profundidad por erosión es la distancia vertical entre el cauce fluvial y la divisoria de aguas correspondiente. El valor se da en metros.

ZONAS GEOMORFOLÓGICAS VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN



2. Central.

La depresión central se encuentra en el centro del valle. Representa una transición entre el nivel superior e inferior del valle, su altitud es de 1000 a 1500 msnm y tiene dimensiones aproximadas de 25-30 km de longitud y 16 km de ancho. Está constituida de sedimentos aluviales y en parte de travertino. A diferencia de la categoría anterior, en ésta hay más alimentación por corrientes fluviales paralelas. La densidad de disección es de 0.6 km/km^2 y la profundidad es de 250 m.

Dicha depresión está limitada en el lado occidental con las porciones bajas de las montañas de lutitas y areniscas (<2000 msnm) y lomeríos (2000 msnm) constituidos principalmente de areniscas y conglomerados (los cuales fueron originados por la erosión de las montañas), y en el lado oriental de la depresión se extienden lomeríos de areniscas y conglomerados (2000 msnm).

En la figura 10 se muestra la planicie central, es la zona ensanchada del valle, esta delimitado por las montañas de rocas calizas y margas.

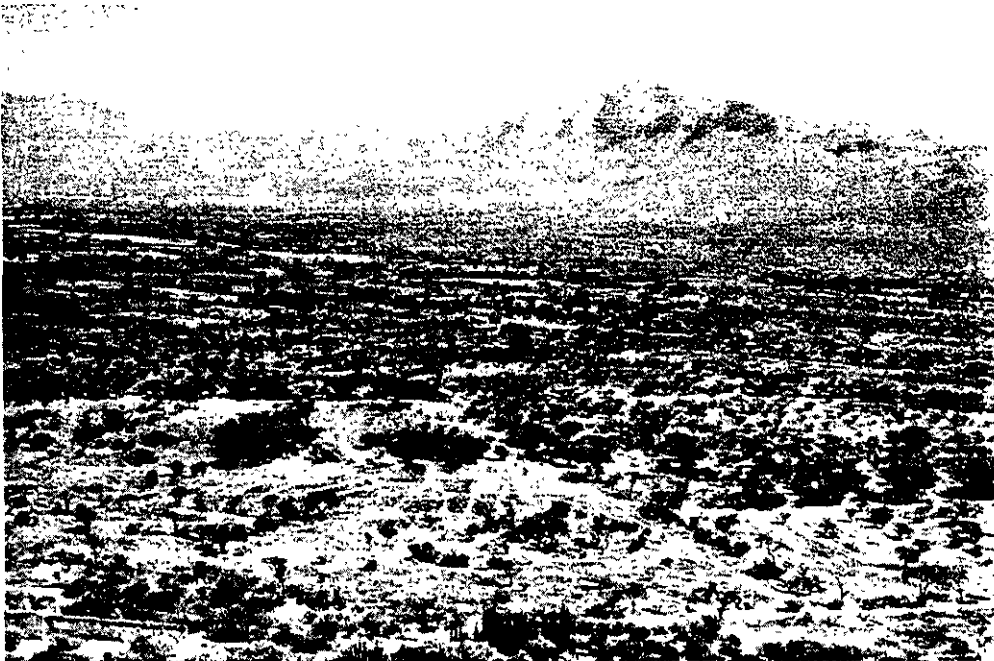


Figura 10.- Planicie y piedemonte de la depresión central

3. Meridional.

La depresión meridional (figura 10), tiene una altitud menor a los 800 msnm. Es la principal con respecto a las dos anteriores, porque aquí es donde el valle se estrecha en su fondo y aumenta la altura con respecto a las divisorias montañosas, a más de 2500 msnm en ambos márgenes. La depresión es una superficie homogénea, rectilínea, con dimensiones de 6 a 15 km de ancho y 95 km de longitud, con su extremo meridional cerca del poblado de Cuicatlán.

La depresión está constituida de sedimentos de aluviales. A diferencia de las anteriores, es la zona donde llegan más afluentes de corrientes fluviales tipo dendrítico y rectangular, permanentes, lo que representa una conjugación de procesos de erosión y acumulación fluvial. La densidad de disección es de 1.6 y la profundidad por erosión de 650 m.

La depresión está delimitada en ambos lados por elevaciones montañosas (3000 msnm) constituidas por rocas calizas cretácicas.

B. LOMERÍOS

Los lomeríos son un tipo de relieve que se origina por la disección de una planicie inclinada (piedemonte) o por la nivelación de montañas. De esta manera, puede ser resultado directo de procesos endógenos que condicionan una acción erosiva. También pueden ser las márgenes de sistemas orogénicos en los que, por movimientos débiles de levantamiento, se forman elevaciones marginales (Lugo, 1989).

Los lomeríos en valle de Tehuacán-Cuicatlán, se reconocen principalmente en la porción suroccidental, tienen una disposición considerablemente amplia en la vertiente exterior de las montañas, constituidas de rocas calizas dispuestas paralelamente a éstas. También se encuentran bordeando a las depresiones septentrional y meridional y están dispuestos a manera de un piedemonte estrecho de 2 a 5 km de ancho.

En esta unidad del relieve se presentan las elevaciones con altura relativa menor de 500 m, que tienen un nivel intermedio entre la planicie de nivel de base y las montañas. Se encuentran a una altitud de 2000 a 2500 msnm. En el occidente ocupan un territorio mayor con relación al oriente.

Los lomeríos están constituidos principalmente de areniscas, lutitas y conglomerados resultado de la erosión de las montañas. En algunos casos son de origen volcánico, se disponen a ambos lados del valle de la cuenca. La densidad de disección es de 1.5 km/km² y la profundidad máxima por erosión es de 300 m.

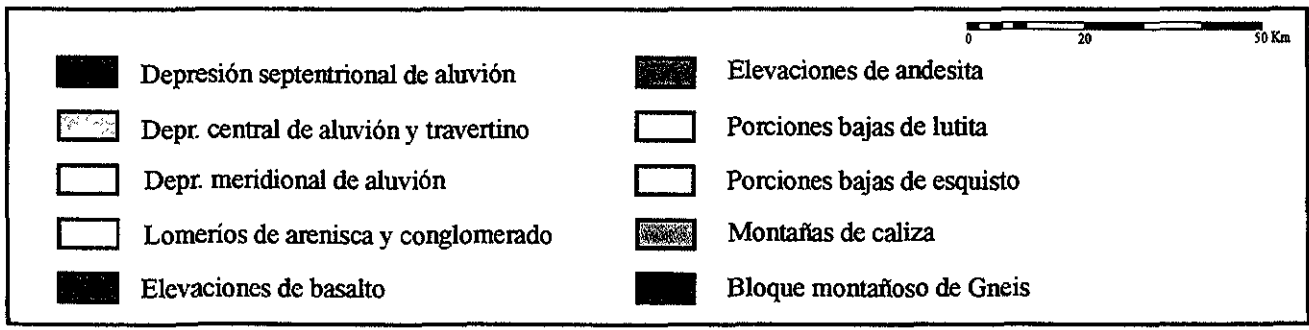
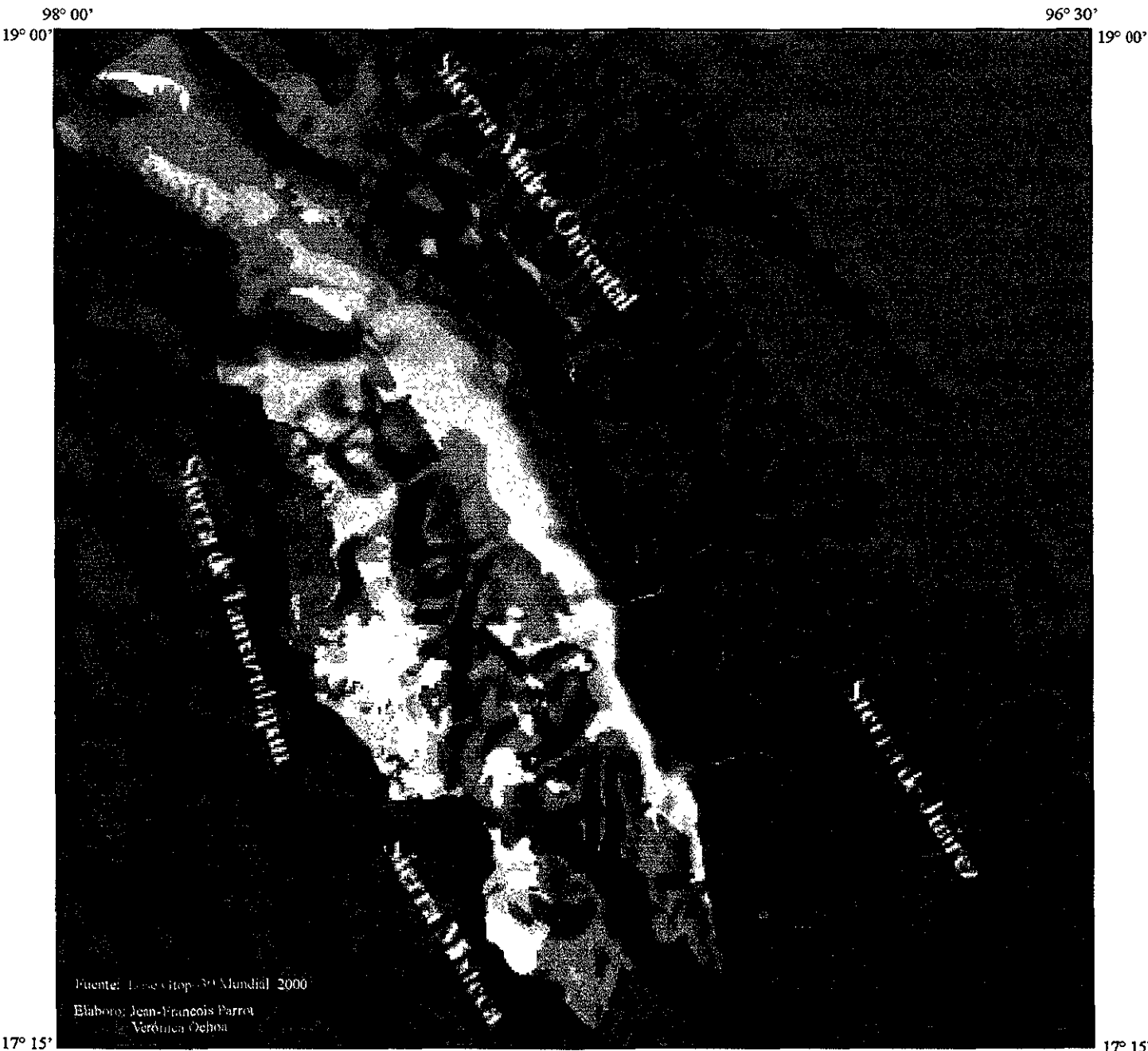


Figura 11. Unidades del relieve sobre un modelo numérico de terreno (MNT) sombreado.

Los lomeríos en el valle son la expresión de una prolongada erosión diferencial que ha conseguido una nivelación del relieve en una franja amplia, mientras que a los lados permanecen altas montañas en las que predominan las rocas resistentes a la erosión. Los lomeríos, como una unidad del relieve en unas partes son valles intermontanos y posiblemente antiguos lagos, en otras son antiguas elevaciones montañosas constituidas de lutitas y areniscas cretácicas que por su escasa resistencia han sido niveladas por la erosión.

C. MONTAÑAS

Las montañas son elevaciones naturales de la superficie terrestre con respecto a las porciones contiguas. Pueden estar en una forma aislada o alineados en conjuntos mayores. Las montañas se deben a procesos endógenos de plegamiento, magmatismo intrusivo, aunque también hay montañas erosivas, originadas por la disección de una estructura de formación endógena (Lugo, *op.cit.*)

El relieve dominante de la cuenca de Tehuacán-Cuicatlán es montañoso, de estructura geológica compleja, donde afloran gneises precámbricos, rocas sedimentarias cretácicas y rocas volcánicas terciarias y cuaternarias. Todo esto refleja un proceso orogénico, en especial a partir de fines del Eoceno, época del levantamiento al que sigue actividad volcánica que continúa en el Cuaternario.

Los diferentes tipos de montañas que se encuentran en la zona en estudio son:

1.-Elevaciones menores

a.- Complejos basálticos.

En el relieve los complejos basálticos ocupan la zona de la divisoria de aguas que delimita al valle de Tehuacán. la mayor parte de las rocas volcánicas se distribuyen en la vertiente exterior al occidente, alcanzan una altitud de 2000 a 2500 msnm. Su superficie es variable de 3.8-7.5 km ancho y 30 km de longitud. La densidad de disección es 2 km/km² y la profundidad por erosión es de 300 m.

Estas elevaciones están constituidas de basaltos cuaternarios y se apoyan en andesitas más antiguas, lo mismo que en rocas cretácicas (figura 12). La presencia de estas rocas basálticas es

una prueba de la actividad tectónica en el Cuaternario y seguramente se relacionan con el Cinturón Volcánico Mexicano, cercano a esta localidad.

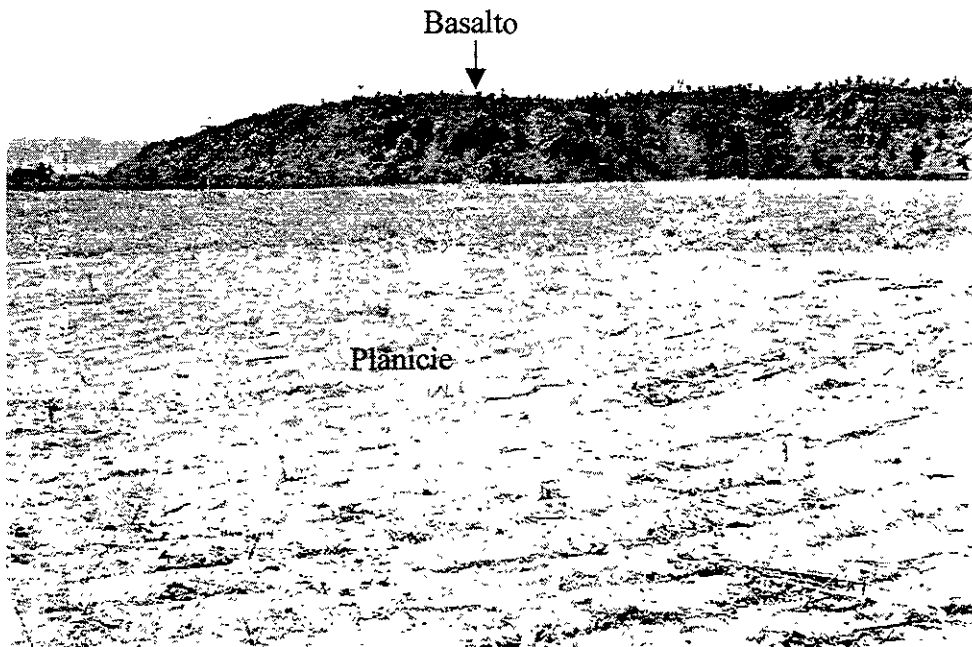


Figura. 12. En la parte superior se observa un afloramiento de rocas basálticas con matorral crasicaule y en la parte inferior depresión septentrional con cultivo de temporal.

b. - Elevaciones de andesitas tipo cresta.

Esta unidad del relieve volcánico se encuentra al occidente del valle constituyendo una parte de la divisoria del valle y también se encuentra a manera de pequeños manchones en el lado oriental de la depresión septentrional, el nivel altitudinal es de 2000 a 3000 msnm. Tiene superficie variable de 11.3-22 km de ancho y 45 km de longitud; la densidad de disección es de 2.6 km/km² y la profundidad por erosión es de 250 m.

Las elevaciones están constituidas de andesitas tipo cresta de edad posiblemente Plioceno. Aparentemente descansan sobre los depósitos de arenisca y conglomerado que constituyen los lomeríos.

2.- Porción baja de las montañas de lutitas y areniscas.

Elevaciones montañosas que se presentan a manera de franjas paralelas siguiendo la dirección del valle (NNW-SSE) del centro del mismo hacia el norte en ambos lados (oriental y occidental) y se alternan con crestas más altas constituidas de rocas calizas (figura 13). Presentan altitudes de 1500 a 2500 msnm. Las elevaciones montañosas tienen una superficie variable. La que se localiza en la parte oriental pegada al límite del valle, tiene dimensiones de 0.8-3.8 km ancho y 35 km de longitud; la unidad pegada al lado oriental de la depresión septentrional tiene una superficie de 0.3-6.3 km ancho y 2 km de longitud, por el otro lado occidental la unidad que está pegada a la depresión septentrional tiene un tamaño de 1.3 m ancho y 20 km de longitud. Por último, en el límite principal en el lado occidental la unidad tiene una superficie de 1.4 -20 km ancho y 27.5 km de largo. La densidad de disección de 2.1 km/km² y profundidad por erosión de 900 m.

Dichas elevaciones están constituidas de lutitas y areniscas, las cuales son el resultado de una erosión diferencial condicionada por la estructura geológica, como los ejes de los pliegues, fracturas paralelas y otros.



Figura. 13. Porciones bajas de las montañas de Lutitas. Relieve muy disectado.

3.- Porción baja de las montañas de esquistos.

Esta unidad del relieve está constituida de esquistos cretácicos, forma parte de la sierra de Zapotitlán, producen flancos escarpados, de pendiente uniforme, pero en los lugares donde se presentan grandes bancos de calizas irrumpen la uniformidad de la pendiente. Los esquistos en la parte inferior de la sierra se encuentran solos, en grandes bloques verticales o con intercalaciones de calizas.

4.- Montañas mayores de calizas plegadas

Las montañas mayores se localizan en ambos lados (oriental y occidental), tienen la misma orientación (NNW-SSE) del valle, dominan en el relieve por su extensión longitudinal continua y por nivel altitudinal de 1000 a >3000 msnm. Constituyen los límites principales del valle de Tehuacan-Cuicatlán. En el lado oriental las montañas mayores representan casi la totalidad de la línea divisoria, tienen una superficie variable de 2.5-22.5 km de ancho y 178 km de longitud y del lado occidental las montañas mayores forman una cresta en su mayor parte en el interior del valle, con la línea divisoria en otras porciones. La superficie es de 2.5-30 km ancho y 195 km de longitud. La densidad de disección es de 3.1 km/km² y la profundidad por erosión es de 1150 m.

En la zona en estudio esta unidad del relieve constituida de rocas calizas plegadas cretácicas y calizas metamorfoseadas (cataclasita), no sólo constituye las elevaciones mayores por su alta resistencia a la erosión sino también representan el relieve montañoso principal. La disección de la misma está condicionada por la estructura geológica, principalmente fallas y fracturas paralelas a las elevaciones, con los ejes de sus pliegues. Estas montañas alcanzan alturas superiores a los 3000 msnm. Es notable la Sierra Mazateca, con más de 3200 msnm y representan un extraordinario modelado kárstico, aunque está cortada por algunos valles profundos estrechos. Predomina la infiltración en donde las precipitaciones pluviales son de 400 y 500 mm y el desagüe se produce hacia la vertiente del Golfo de México.

La expresión dominante en el relieve se debe a la alta resistencia de este tipo de rocas a la erosión. Entre las dos crestas de roca caliza se dispone la planicie de nivel de base del valle de Tehuacán, lo que permite inferir que tiene su origen en factores relacionados con la estructura

geológica y la tectónica. En el caso de que el valle se deba a un proceso de erosión, ésta, puede producirse sólo a lo largo de una zona de debilidad como una fractura o una capa de roca poco resistente.

5.- Bloque montañoso de gneises.

Hacia el extremo meridional del valle se levanta un bloque montañoso con nivel altitudinal de 1500 a 3000 msnm; la superficie es variable 2.5-30 km ancho y 45 km de longitud, la densidad de disección de 4.8 km/km² y profundidad por erosión de 550 m.

El bloque está constituido por gneises precámbricos, representa una porción del parteaguas principal en el extremo sur y junto con las calizas, la cabecera del valle. Es la zona de mayor contraste altitudinal, donde la planicie de base está a menos de 800 m de altitud y en una distancia de menos de 25 km se incrementa a 3000 msnm.

V. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Se obtuvieron los siguientes cuadros del análisis morfométrico del relieve con base en las cartas topográficas de INEGI escala 1:50 000 que cubren el valle de Tehuacán- Cuicatlán

Carta	Unidades del relieve	Profundidad por erosión m	Energía del relieve m	Procesos
Tepeaca	Planicie 1 de aluvion Calizas	250	1020	Erosión fluvial moderada y Karst.
Serdán	Planicie 1 Calizas	250	1560	Erosión fluvial fuerte y Karst.
Molcaxac	Planicie 1 de aluvión Calizas	250	1240	Erosión fluvial moderada y acumulación fluvial.
Miahuatlán	Planicie 1 Calizas Conglomerado Lutitas	320	1240	Erosión fluvial moderada y acumulación fluvial.
Acultzingo	Calizas Lutitas	900	2040	Erosión fluvial fuerte y Karst.
Tehuacán	Planicie 1 y 2 Conglomerado Basalto Lutitas Calizas	250	1420	Erosión fluvial moderada y acumulación fluvial.
Zinacatepec	Planicie 2 Conglomerado Calizas Lutitas	450	2200	Erosión fluvial acumulada y pie de monte y Karst..
Atzumba	Planicie 2 Conglomerado Calizas Lutitas	1100	1600	Erosión fluvial fuerte.
Teotitlán	Planicie 2 y 3 Calizas Conglomerados	1000	2300	Erosión fluvial moderada y acumulación fluvial.

Tepelmeme	Planicie 3 Calizas Conglomerados Basalto	450	1320	Erosión fluvial fuerte y barrancos.
Tecomavaca	Planicie 3 Calizas Conglomerados Basaltos	550	2200	Erosión fluvial fuerte.
Cuicatlán	Planicie 3 Calizas	650	2200	Erosión fluvial fuerte.
Tamazulapan	Conglomerados Basaltos	250	1200	Erosión fluvial fuerte y Karst.
Coixtlahuaca	Calizas Conglomerados Esquistos	1100	2000	Erosión fluvial fuerte y Karst.
Santiago Nacaltepec	Planicie 3 Calizas Esquistos	650	2600	Erosión fluvial fuerte.
Nochixtlán	Calizas Conglomerado Esquistos	250	1300	Erosión fluvial y barrancos.
Telixtlahuaca	Planicie 3 Calizas Esquistos	550	2080	Erosión vertical y remontante intensa.

Cuadro I. Análisis morfométricos y procesos del relieve

La profundidad por erosión es el reflejo de un proceso de un tiempo determinado, con mayor intensidad en unas zonas que en otras, en función de las condiciones litológicas, estructurales, tectónicas y climáticas, principalmente (Lugo, 1988).

La profundidad de disección del relieve es un parámetro muy importante por su significado. Los valores más altos (cuadro II) son reflejo en un corte vertical más intenso, lo que normalmente se relaciona con las zonas de actividad tectónica.

Hoja	Lugar	Profundidad m
Molcaxac	Tepexi de Rodríguez	140
Molcaxac	Cordillera de la Cuesta	180
Molcaxac	Todos los Santos	40
Tepeaca	Cordillera el Monumento	260
Tepeaca	Cordillera Tentzo	320
Serdán	Monumento	240
Serdán	Sierra Quecholac	280
Miauhatlán	Sierra Tepeteopan	220
Miauhatlán	Sierra Tepoxtla	320
Miauhatlán	Sierra Chapulco	340
Tehuacán	San Diego Chalma	100
Tehuacán	Zapotitlán de las Salinas	240
Zinacatepec	San Antonio Cañadas	420
Zinacatepec	Cuautzingo	440
Atzumba	San Juan Teotitlán	180
Teotitlán	Chichiltepec	420
Teotitlán	Ignacio Mejía	660
Tepelmeme	La Campana	420
Tepelmeme	San Miguel Tequixtepec	60
Tecomavaca	Tequixtepec	320
Cuicatlán	Tequixtepec	220
Santiago Nacaltepec	San José del Chillar	80
Santiago Nacaltepec	Tutepetongo	300
Nochixtlán	Santiago Tillo	80
Nochixtlán	Nochixtlán	100
Telixtlahuaca	Río Flácido	500

Cuadro II. Valores de profundidad máxima por erosión de las unidades del relieve

Los procesos formadores del relieve pueden ser endógenos o exógenos y son manifestaciones totales de las morfogénesis. De acuerdo con Lugo (1989) en el valle de Tehuacán-Cuicatlán influyeron en el modelado del relieve los procesos endógenos, hubo movimientos tectónicos para la formación del valle, y los procesos exógenos, por ejemplo, en las partes altas de las montañas de calizas predominan los procesos de ladera.

Estas se modelan por el desprendimiento de la cubierta de material consolidado o por bloques de rocas del sustrato, el material desprendido se acumula en el piedemonte a mayor distancia, por el transporte que hacen otros agentes de la denudación (ríos) (Lugo, *op cit.*).

De manera general el relieve en el valle muestra cambios bruscos de altitud (energía del relieve) del piso de la depresión en su parte más baja de 600 a 1000 m y con alturas de las divisorias de aguas donde predominan las altitudes de más de 2500 m, en parte superan los 3000 m de altitud (cuadro I y II).

Podemos considerar otra porción de altura media entre los 1000 y 1500 msnm y otra alta, de los 1500 a 2000 msnm. El corte vertical por erosión es considerable, en general de más de 250 m en los valles menores y más de 3000 m en los mayores, cortando transversalmente la sierra de rocas plegadas, aparentemente un proceso de capturas sucesivas.

El cuadro I muestra que la energía del relieve en la zona en estudio, el punto más bajo según las cartas de Nochixtlán y Tamazulapan, es de 1020 m, presenta un proceso de erosión moderada y karst, debido a la poca diferencia altitudinal. En cambio en la parte oriental de la cuenca (hoja Necaltepec), presenta el valor máximo de la energía del relieve 2600 m, fue la zona de mayor actividad tectónica y con mayor erosión fluvial. Las diferencias altitudinales van de menos de 800 m a más de 3000 m. Tiene una gran cantidad de valles menores intermontanos, barrancos y circos de erosión. Al ser una zona con mayor diferencia altitudinal y con fuertes pendientes el tipo de suelo es poco desarrollado, muy delgado y con poca materia orgánica.

VI. PERFILES GEOMORFOLÓGICOS

La secuencia de los perfiles es en dirección nor-noroeste a sur-sureste (figura 14). Por la configuración geomorfológica en corte transversal que presentan, el valle es semejante a un rectángulo casi cóncavo, con fondo plano no muy profundo, hacia el sur se va haciendo más angosto con forma asimétrica (ver la secuencia de todos los perfiles (figura 15). El relieve que lo rodea son las montañas mayores formadas por rocas calizas plegadas del periodo Cretácico. También lo bordean las colinas menores o lomeríos de rocas sedimentarias plegadas, conglomerados y lutitas. Ya en sur de la cuenca lo delimitan un complejo de gneises del período Precámbrico.

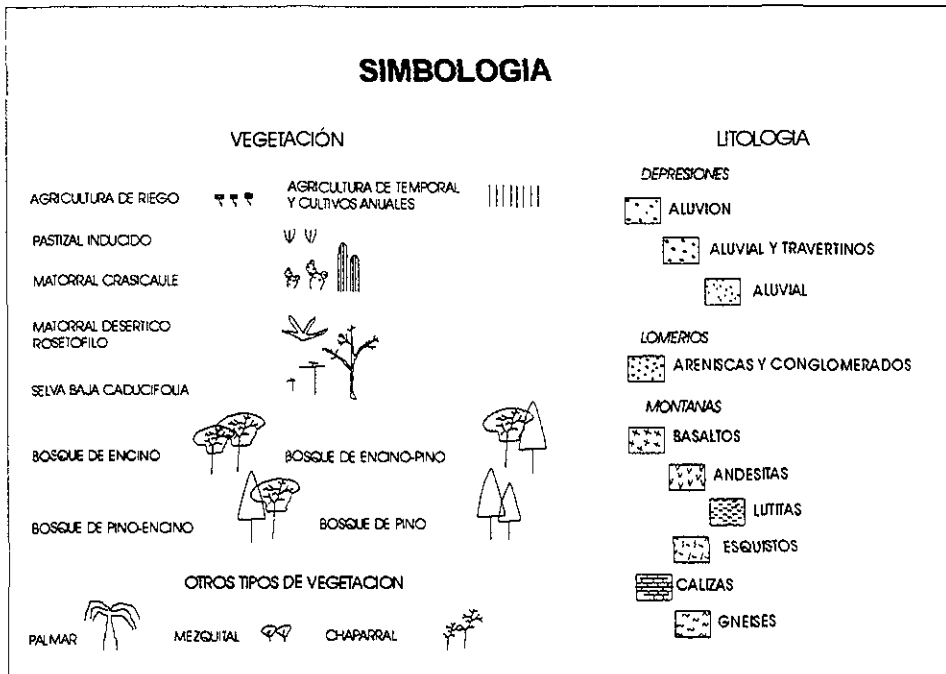
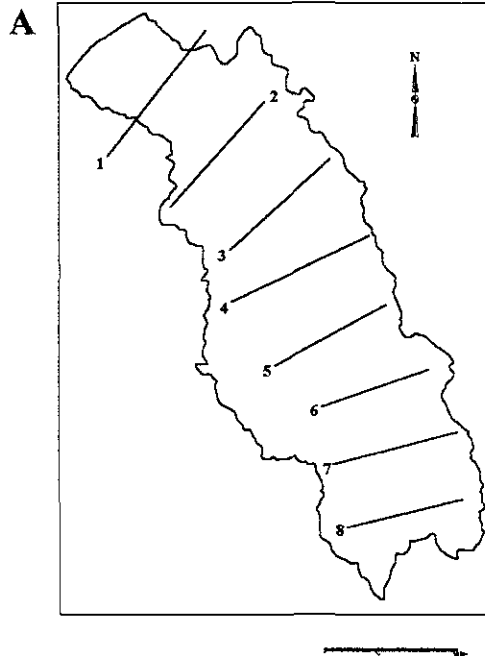


Figura 14 – Perfiles geomorfológicos. A.- Localización de los 8 perfiles geomorfológicos a lo largo del valle. B.- Simbología de la vegetación y la litología utilizada en la figura 15 .

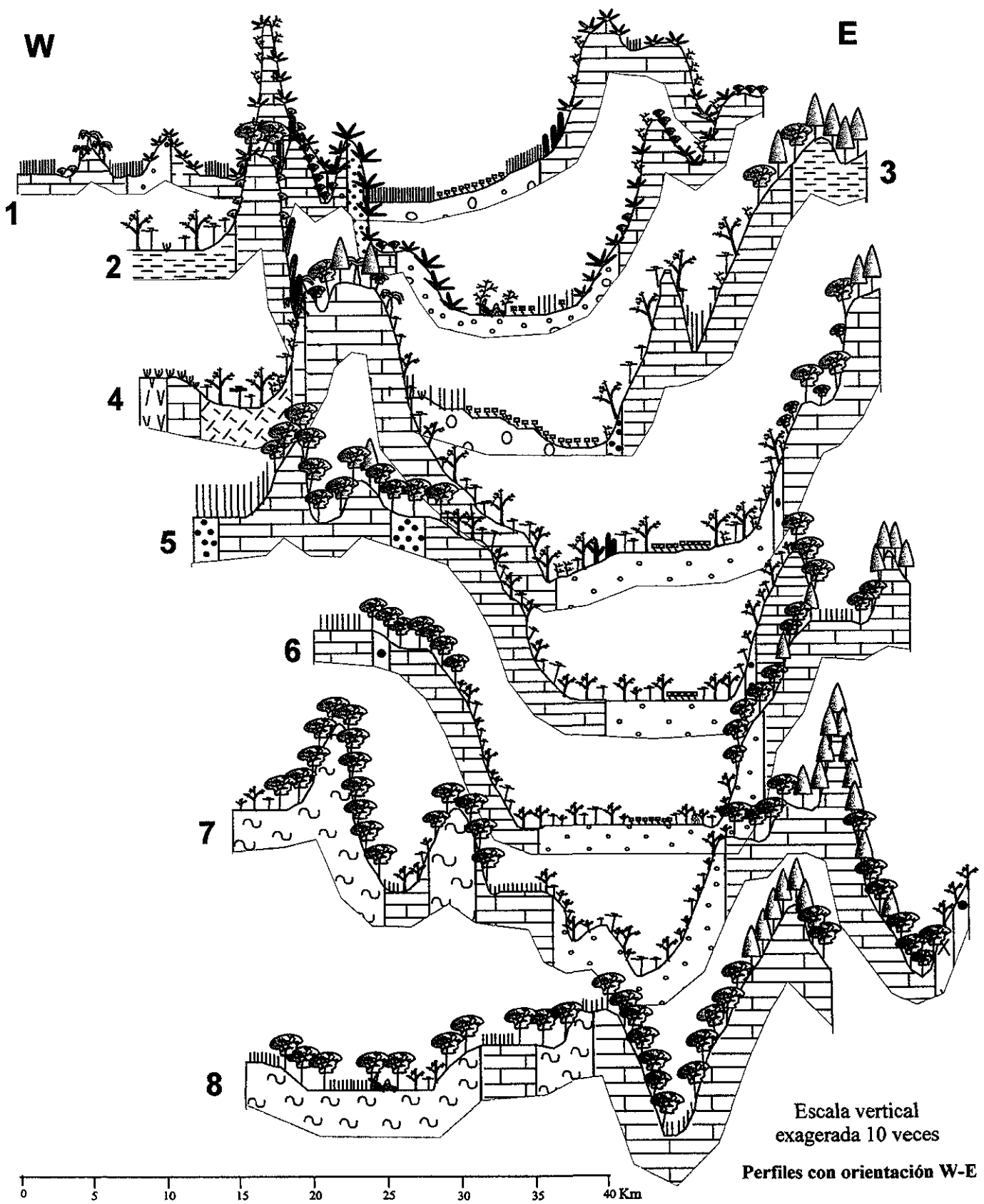


Figura 15. Secuencia de los perfiles geomorfológicos y distribución de la vegetación a lo largo del valle de Tehuacán-Cuicatlán.

La planicie está cubierta por aluvión de una acumulación abundante, donde predominan los cultivos de temporal y de riego unidos a vegetación secundaria. En la región central del valle, la planicie se hace más ancha y la temperatura aumenta.

De manera general, en los alrededores del valle, la mayoría de las zonas de cultivo son de temporal y anuales, en menor proporción los cultivos de riego, a excepción de la planicie del norte y centro del valle que en su mayoría son de riego.

Para caracterizar los perfiles (figuras anexo de A - H), se trató como ejemplo el perfil uno (A) correspondiente al norte del valle, tiene orientación suroeste a noroeste situado entre los poblados de San Juan Ixcaquixtla y Chacnopalan. Las porciones más altas de estas elevaciones montañosas ascienden hasta 2700 msnm con una longitud de 5 km la del lado oeste y 10 km la del este. La litología es de rocas sedimentarias plegadas cretácicas, consiste en calizas muy resistentes a la erosión, este proceso les da una configuración afilada o achatada. Los suelos son litosoles como orden predominante, se encuentran en las cimas de las elevaciones y laderas donde la penetración de humedad es limitada debido a las pendientes. Por tanto, la profundidad del suelo es superficial. Estos suelos están acompañados de rendzinas como suelo secundario, el cual, tiene un alto contenido en arcilla, debido a su material parental que son las calizas. Los cambisoles son poco dominantes y se encuentran en el pie de la ladera montañosa oriental. Cuentan con una precipitación pluvial anual de 600 a 700 mm y una temperatura media anual que fluctúa entre los 12° y 16° C.

En cuanto a la planicie del valle, es homogénea sin muchas irregularidades, tiene una elevación de 1900 msnm y está compuesta de aluvión cuaternario, ahí se forma una cuenca endorreica donde se desarrollan los vertisoles, como suelo dominante acompañados por suelos secundarios de rendzinas. La vegetación dominante está constituida por matorral crasicaule y matorral espinoso. En la margen izquierda cerca del canal de Tehuacán el área es ocupada por agricultura de riego y cultivos anuales, aprovechando la alta fertilidad. Presenta precipitaciones pluviales de 400 a 500 mm y temperaturas de 16° a 18°C.

La mayoría de los suelos presentes en la planicie y piedemonte son derivados de roca madre sedimentaria principalmente, son jóvenes, delgados y muy fértiles. Lo que ha permitido que se haga un uso con fines agrícolas, además de estar muy cercanos al suministro de agua, por parte del canal de Tehuacán y el río Salado.

VII CONDICIONES TÉRMICAS

Se presentan cuatro zonas térmicas: cálida, semicálida, templada y semifría (Cuadro III y figura 16).

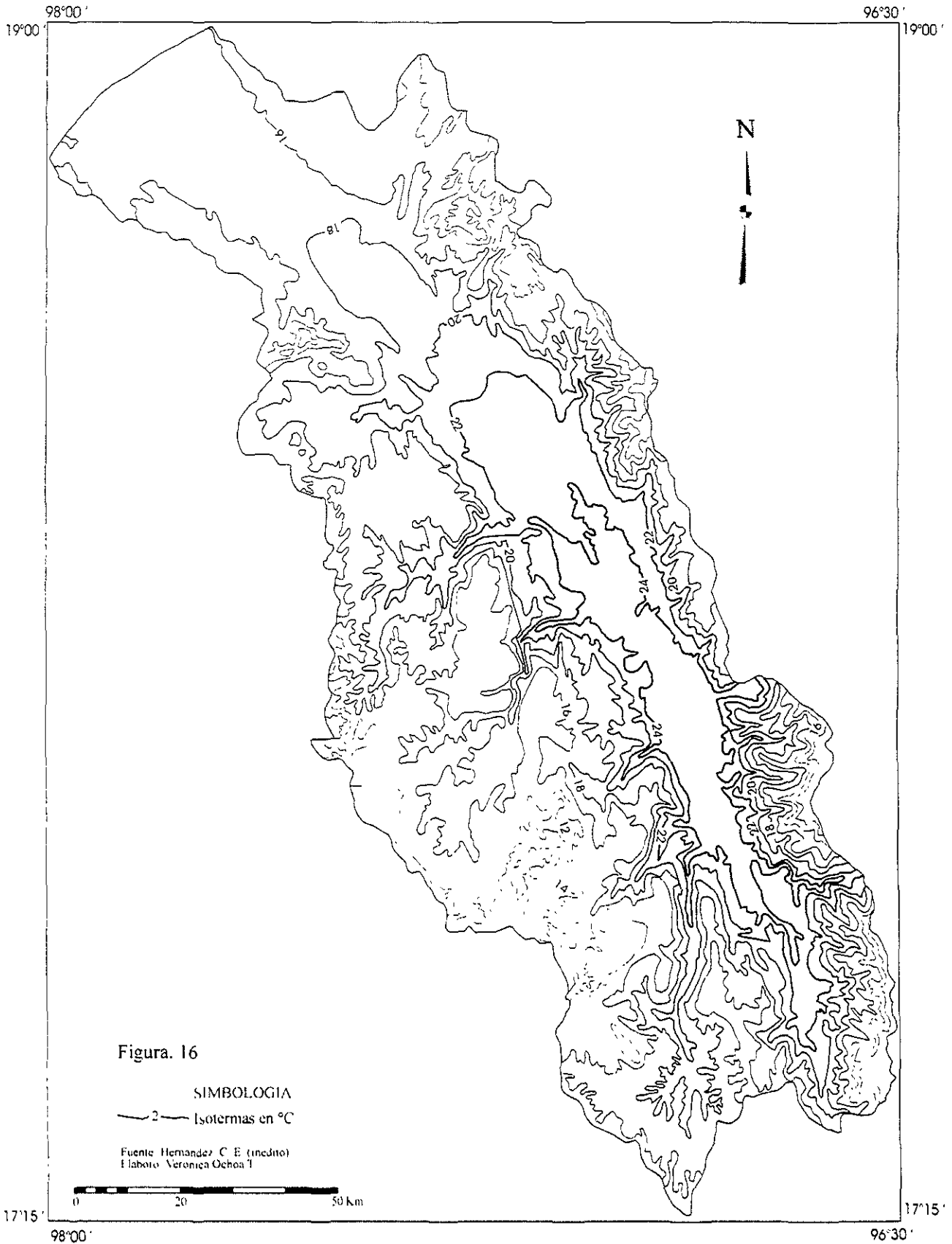
ZONA TÉRMICA	TEMP. MEDIA ANUAL (° C)	LOCALIZACIÓN
Cálida	22 y 26	Cuenca del río Salado-Quiootepec hasta altitudes de 1200 msnm
Semicálida	18 y 22	Laderas oeste de la sierra de Zongolica, Juárez e Ixtlán. Laderas orientales de las sierras de Zapotitlán, Tamazulapan y de Nochixtlán. Altitudes de 1200 y 1800 msnm
Templada	12 y 18	Parte de la sierra de Zongolica, Juárez, Ixtlán, Zapotitlán, Tamazulapan, Nochixtlán y de Tecamachalco. Altitud entre 1800 y 2600 msnm.
Semifría	5 y 12	Reducida a las partes de las sierras mencionadas. Altitud por arriba de 2600 msnm.

Cuadro I. Zonas térmicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

VIII. CONDICIONES PLUVIOMÉTRICAS

De manera general y de acuerdo con las áreas que están situadas cerca de las estribaciones y sierras en la parte oriental del valle reciben más lluvia que las del centro (figura 17).

TEMPERATURA MEDIA ANUAL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN



PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN

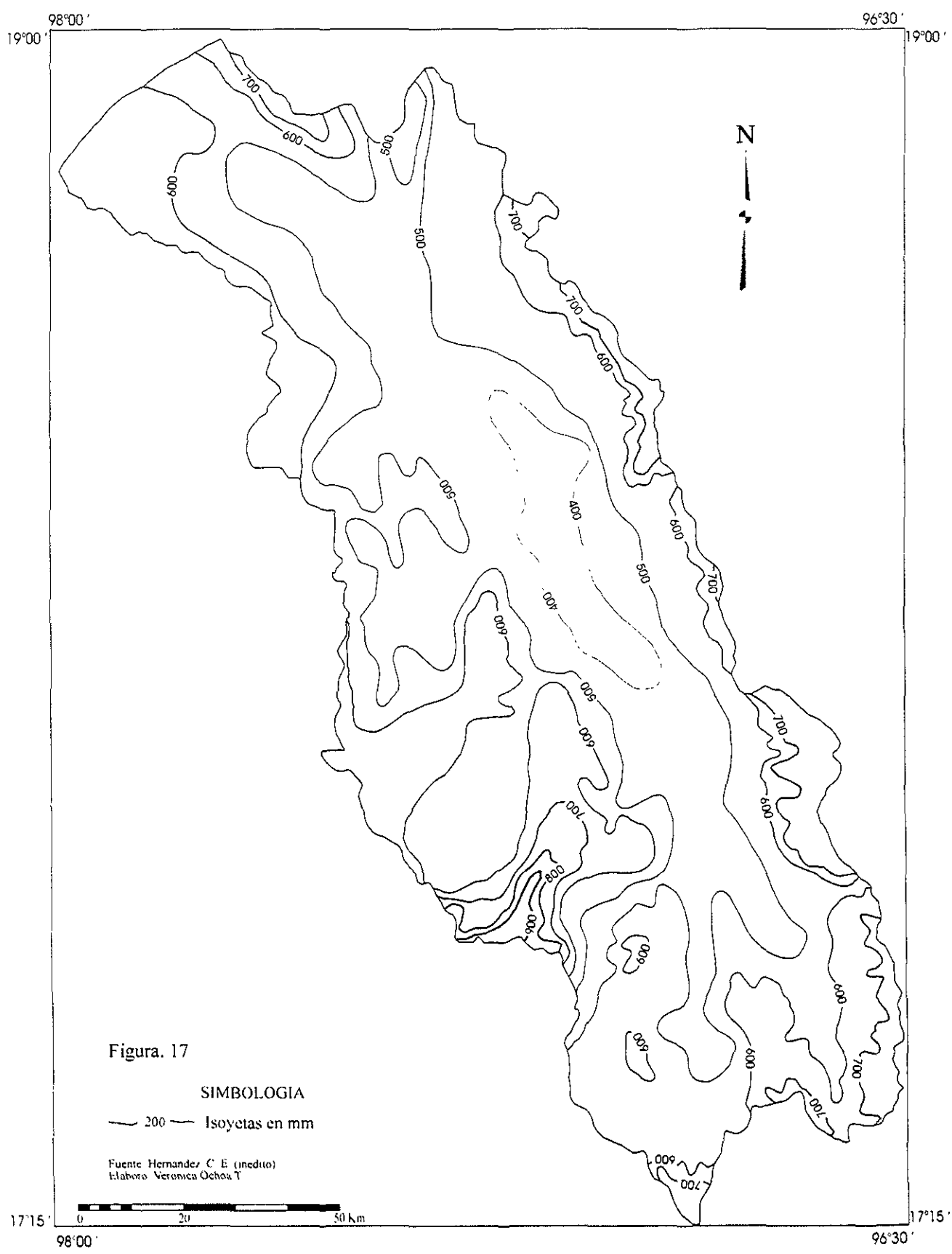


Figura. 17

SIMBOLOGIA

— 200 — Isoyetas en mm

Fuente Hernandez C E (inedito)
Elaboro Veronica Ochoa T

IX. DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

Como se mencionó, los mapas de vegetación y geomorfológico, se cruzaron para tratar de ubicar las comunidades de vegetación presentes en cada unidad del relieve. De este proceso se obtuvo que de la vegetación natural total presente en el valle (casi el 70%) (figuras 18 y 19), la selva baja caducifolia es la que ocupa mayor extensión (22%) con respecto a las demás comunidades.

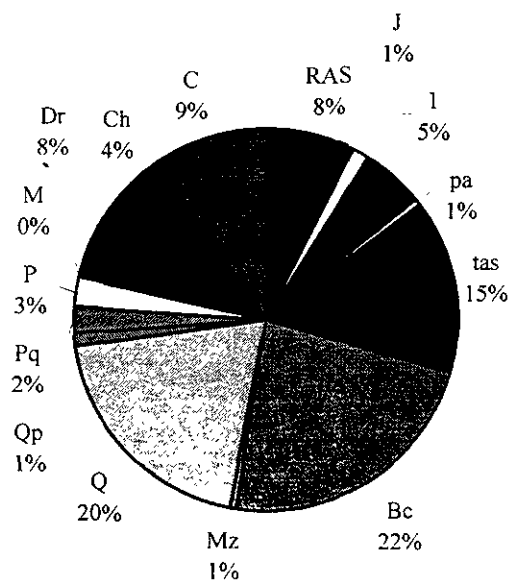


Figura 18. La gráfica muestra el porcentaje (%) de las comunidades vegetales y uso del suelo presentes en el valle, con respecto a la delimitación geomorfológica: agricultura de riego (RAS), agricultura de temporal (Tas), pastizal (I), matorral crasicaule (C), matorral desértico rosetófilo (Dr), selva baja caducifolia (Bc), bosque de tascate (J), bosque de encino (Q), bosque de encino-pino (Qp), bosque de pino-encino (Pq), bosque de pino (P), bosque mesófilo (M), palmar (pa), mezquital (Mz) y chaparral (Ch).

La selva baja caducifolia (Bc) se encuentra distribuida en mayor porcentaje en las montañas de roca caliza (46%) y en la planicie aluvial del sur (35%), el resto se localiza en las demás unidades del relieve excepto en las montañas menores de andesitas.

Esta comunidad vegetal, se establece en el valle de Tehuacán-Cuicatlán principalmente en las unidades del relieve de origen sedimentario, en las montañas de calizas cretácicas (46%) y planicie aluvial (35%). Trejo (1996) indica que a escala regional estas comunidades se asientan en un 57% en rocas de origen ígneo y 41% en rocas de tipo sedimentario y que el 60% de la SBC se establece en formaciones del Terciario y cerca del 25% en formaciones del Cretácico.

En segundo lugar se encuentra el bosque de encino (20%), se distribuye en mayor proporción en las montañas de calizas (69%) y en segundo en las unidades: planicie central aluvial con travertinos, lomeríos de areniscas y conglomerados y el bloque montañoso de gneis (25%).

El matorral crausicaule ocupa el tercer lugar con un 9% y se distribuye en las montañas de calizas (36%) y en las montañas menores de caliza (23%).

El matorral desértico rosetófilo (8%) se ubica sobre las montañas de caliza (57%) y en las elevaciones menores de lutitas (21%).

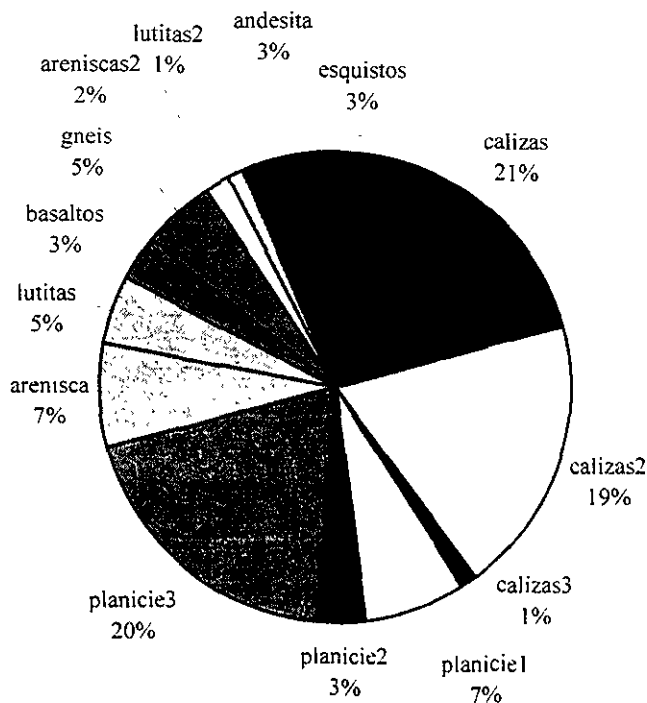


Figura 19. Gráfica del porcentaje de vegetación (%) presente para cada unidad del relieve

El chaparral (4%) se presenta en las montañas de caliza (67%) y lomeríos de areniscas (22%).

El bosque de pino (3%) se distribuye en montañas de calizas (83%) y montañas menores de andesitas (16%).

El bosque de pino-encino (2%) se distribuye sobre las elevaciones menores de lutitas, (40%) en montañas de calizas (38%) y bloque montañoso de gneis (14%).

Las demás cubiertas de vegetación natural (bosque de tascate, bosque de encino-pino, mezquital y palmar) se encuentran en menor proporción (4%).

La agricultura de temporal, de riego y pastizal inducido ocupan el 30% de la vegetación total y uso del suelo del valle (Figura 18 y 19). Las zonas de cultivos de temporal (en mayor proporción) y de riego ocupan el 80%, se distribuyen en los alrededores del valle (Anexo A y B y figura 19), a excepción de las depresiones septentrional y central. Esto puede deberse a que probablemente la mayoría de los suelos presentes de estas depresiones son derivados de roca madre sedimentaria principalmente, son jóvenes, delgados y muy fértiles.

El riego se da principalmente en la parte central, en las zonas más bajas a lo largo del valle y que de acuerdo a Kjell y Whiteford (1989), la presencia de la agricultura está dada, a pesar de ser una zona árida, por la presencia de la red hidrológica alimentada de los escurrimientos por la Sierra Madre Oriental.

VIII. RELACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES.

El factor relieve es determinante en la circulación de los vientos del valle y en la distribución de la humedad: en combinación con la temperatura influye en el establecimiento de la vegetación, la densidad de cobertura (ya sea cerrada, semicerrada o abierta) modifica la eficiencia energética de la precipitación, por lo que puede influir en la formación de los cauces fluviales (tipo de avenamiento) a través de procesos de intemperismo y erosión.

Rzedowki (1955, 1958) señala que en las zonas áridas, y bajo una misma condición climática los suelos derivados de diferentes litologías tienen diferente capacidad de retención del agua ocasionando marcadas diferencias de vegetación.

Una misma litología puede tener diferentes respuestas desde el punto de vista de densidad de la disección, pendiente de las geoformas, y tipo de avenamiento, que son resultado del grado de

compactación, fracturamiento, plegamiento, genesis del material geológico. Éstos, a su vez, han sido respuestas de condiciones ambientales que se presentaron en diferentes tiempos.

La densidad de disección es un parámetro que proporciona información sobre la red fluvial y como consecuencia del tipo de litología y de las posibilidades de infiltración de agua de lluvia de forma cualitativa (cuadro IV), por ejemplo:

LITOLOGÍA		DENSIDAD DE CAUCES km/km ²	INDICADOR DE INFILTRACIÓN	PENDIENTE ° de inclinación	TIPO DE RED FLUVIAL
Unidad mayor	Unidad menor				
Material acumulado (no cuerpo montañoso)	Aluvión Par.s. finas	0.7	escasa	2-5	Paralela escasa
	Aluvión y travertinos	0.6	escasa	1-4	Paralela
	Aluvial montañoso	1.6	regular.	6-11	Paralela
Rocas masivas (Cuerpos montañosos)	Calizas	3.1	moderada	6-23 y 90	Dendríticas
	Basaltos	2.0	regular	6-22	Dendríticas
	Andesitas	2.6	moderada	6-22	Dendríticas
Rocas sedimentarias	Areniscas y conglomerados	0.7	escasa	4-22 frec. 18	Dendríticas rectangular
	Lutitas	2.1	regular	6-18	Dendríticas
Rocas metamórficas (montañas bloque)	Esquistos	2.9	moderada	13-22	Dendríticas
	Gneises	4.8	abundante	13-15	Dendríticas

Cuadro IV. Filtración de agua. Aplicación de los aspectos geomorfológico (morfometría) como índice de la infiltración del agua de lluvia (ver también figura 8 pag. 62).

A. EN LA PLANICIE DE ACUMULACIÓN

La planicie del valle, como ya se indicó, se dividió en tres depresiones de acuerdo con su altitud: depresión septentrional, depresión central y depresión meridional (figura 21). Bajo las mismas condiciones climáticas, se observan diferencias entre las depresiones septentrional y central, con respecto a la depresión meridional. Los sedimentos de aluvión y travertino de las dos

primeras presentan los valores mas bajos de densidad de disección (0.6 y 0.7 km/km^2), y el más alto se localiza en la depresión sur constituida de material aluvial (1.6 km/km^2). De lo anterior se interpreta que las primeras tienen un potencial de infiltración de agua de lluvia mayor que la tercera. Esto también se reflejó en el valor de la pendientes, entre mayor es la pendiente se estima menor la infiltración de agua, por ejemplo en las depresiones de aluvi3n y travertino la pendiente es de 1 a 4 grados de inclinaci3n y en la depresión sur la pendiente es de 6 a 11 grados; de esto resulta comparativamente menor infiltraci3n de agua y mayor escurrimiento superficial en esta última depresión.

En cuanto a la distribuci3n de la vegetaci3n y uso del suelo de esta unidad del relieve, se puede observar en la figura 20 que sustenta el 30% de la vegetaci3n total y uso del suelo, sobre la depresión septentrional se encuentra el 7% de la vegetaci3n. De este porcentaje, más del 70% es ocupado por la agricultura de temporal y de riego, le sigue el matorral crasicaule (13%) y el resto (7%) por el mezquital, matorral desértico rosetófilo y selva baja caducifolia.

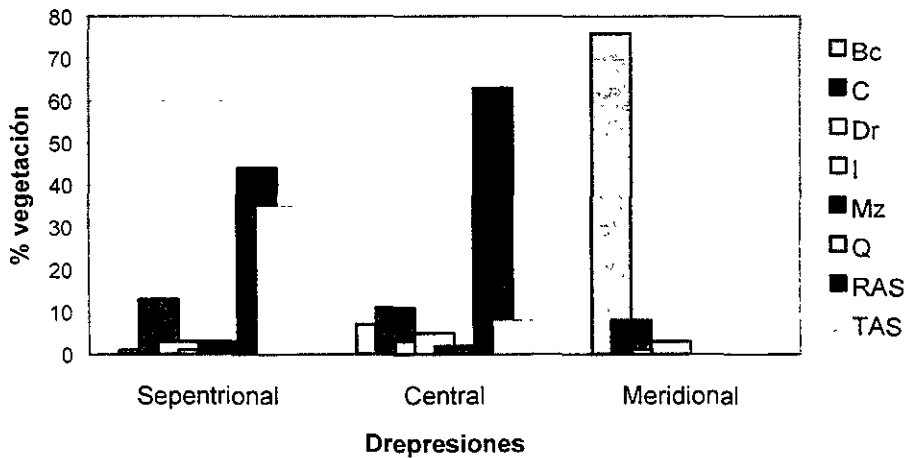


Figura 20. Gráfica de porcentaje de las comunidades vegetales presentes en las depresiones septentrional, central y meridional. Simbología: selva baja caducifolia (Bc), matorral crasicaule (C), matorral desértico rosetófilo (Dr), pastizal (I), mezquital (Mz), bosque de encino (Q), agricultura de riego (RAS), agricultura de temporal (Tas).

La depresión central es la más pequeña de las tres zonas y sustenta el 35% de la vegetación, al igual que la planicie septentrional, la mayor área es ocupada por la agricultura de riego y

temporal (71%), le sigue el matorral *crusicaule* (11%) y el resto (15%) lo ocupa la selva baja caducifolia, pastizal inducido, matorral desértico rosetófilo y mezquital.

La depresión meridional tiene mayor proporción de vegetación (20%) natural, dentro de esta área la selva baja caducifolia ocupa más del 70%, le sigue el matorral *crusicaule* y el matorral desértico rosetófilo, el resto es ocupado por agricultura de temporal y pastizal inducido.

En los perfiles 1 y 2 (figuras anexo A y B) correspondientes a la parte norte del valle, se tiene que sobre las laderas con pendientes muy inclinadas y en los barrancos de rocas calizas, se desarrolla el chaparral a altitud de 2000 a 2400 msnm, con temperatura media anual de 12 a 16°C sobre la ladera occidental y 18 °C en la oriental; precipitación media anual de 500 a 600 mm en ambas laderas y suelos rocoso (litosoles).

B. ROCAS MASIVAS O CUERPOS MONTAÑOSOS

Las rocas masivas forman las montañas mayores constituidas de calizas plegadas; las elevaciones menores están constituídas por basalto, así, también se tiene las de tipo cresta compuesta de andesita. Al comparar estas tres unidades del relieve, las calizas son las que tienen mayor densidad de disección 3.1 km/km², en segundo lugar las andesitas 2.6 km/km², y por último los basaltos 2 km/km². Aunque las tres presentan un valor similar de pendiente que va de 6° a 22° ó 23° de inclinación, las calizas sugieren un potencial de infiltración mayor que las otras dos, debido a las fracturas que tienen las calizas y que permiten que el agua pase a través de ellas. Otra característica de las calizas es que en ocasiones presentan laderas escarpadas con 90° de inclinación (figura 22), donde se considera que la infiltración de agua de lluvia sea muy reducida, comparativamente.

También las montañas de calizas tienen un piedemonte bien marcado, circos de erosión acompañados de abanicos aluviales o conos de eyecciones, los cuales son formas acumulativas con aspecto de medio cono inclinado con el ápice arriba. Se puede decir que se originaron por las lluvias torrenciales y de varias temporadas. Surgen en la desembocadura de la corriente montañosa. El cambio brusco de la pendiente provoca que la corriente deposite su carga hacia el frente, expandiéndose. En la base de las montañas los conos están fusionados, formando un extenso manto acumulativo.

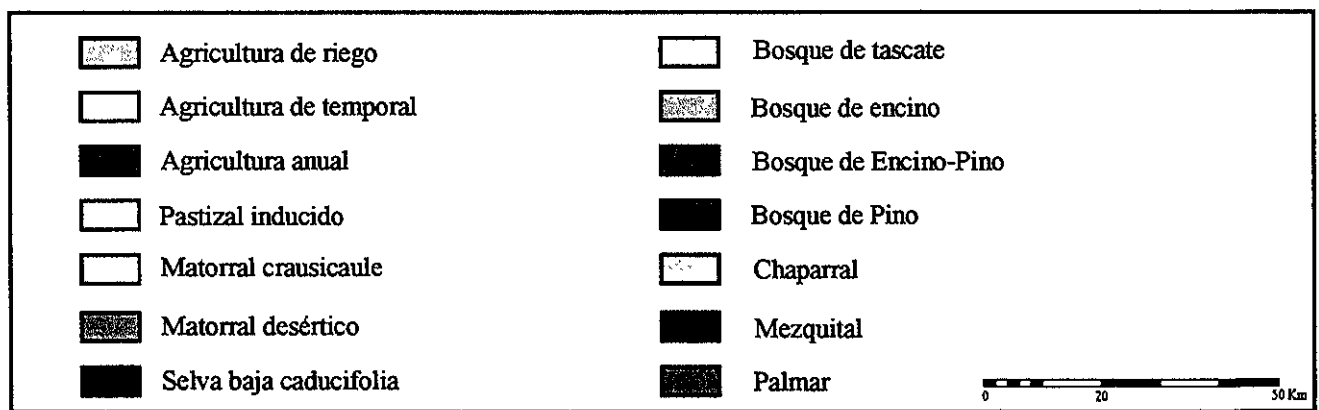
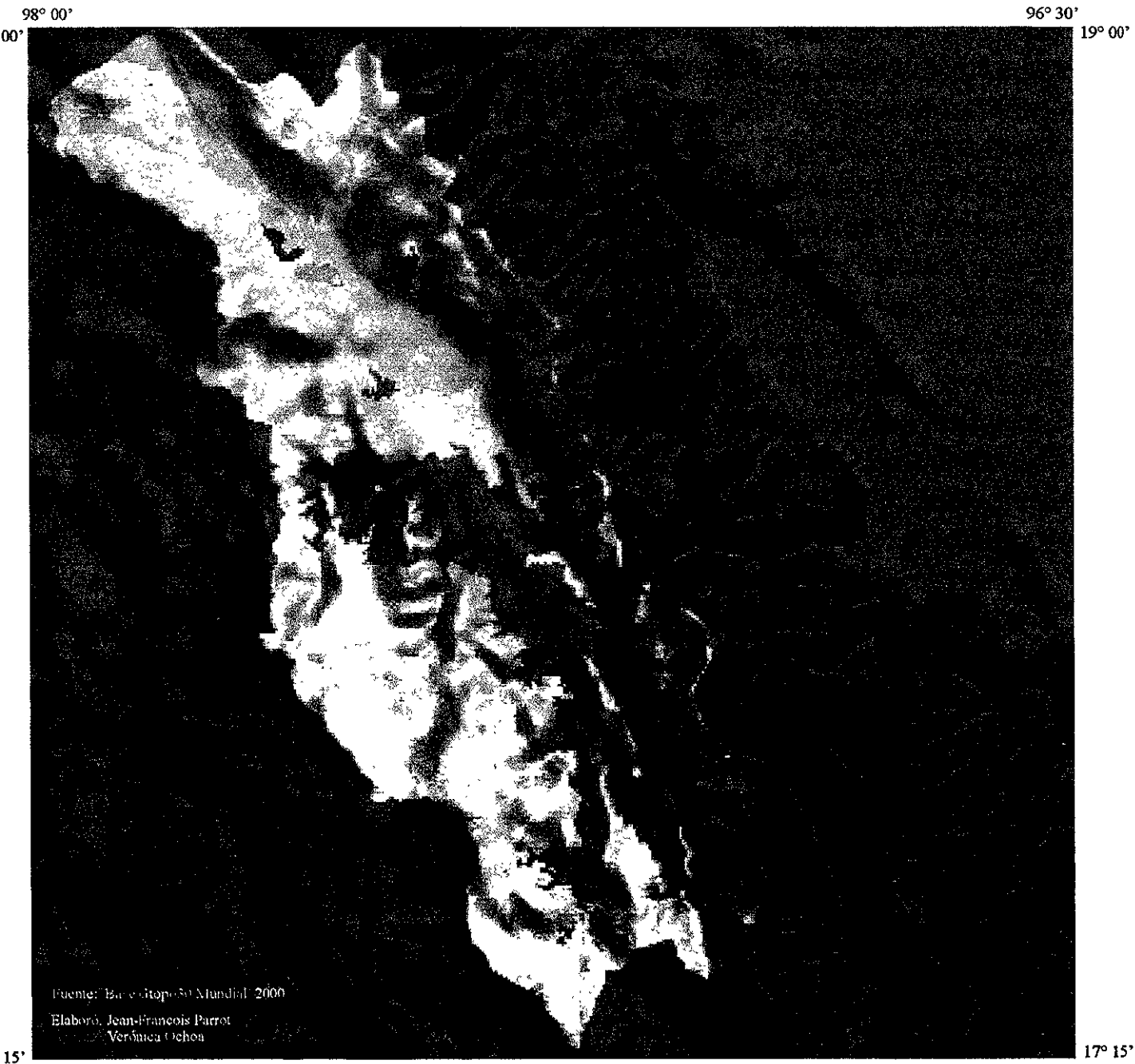


Figura 21. Vegetación del valle de Tehuacán Cuicatlán sobre un modelo numérico de terreno (MNT) sombreado.

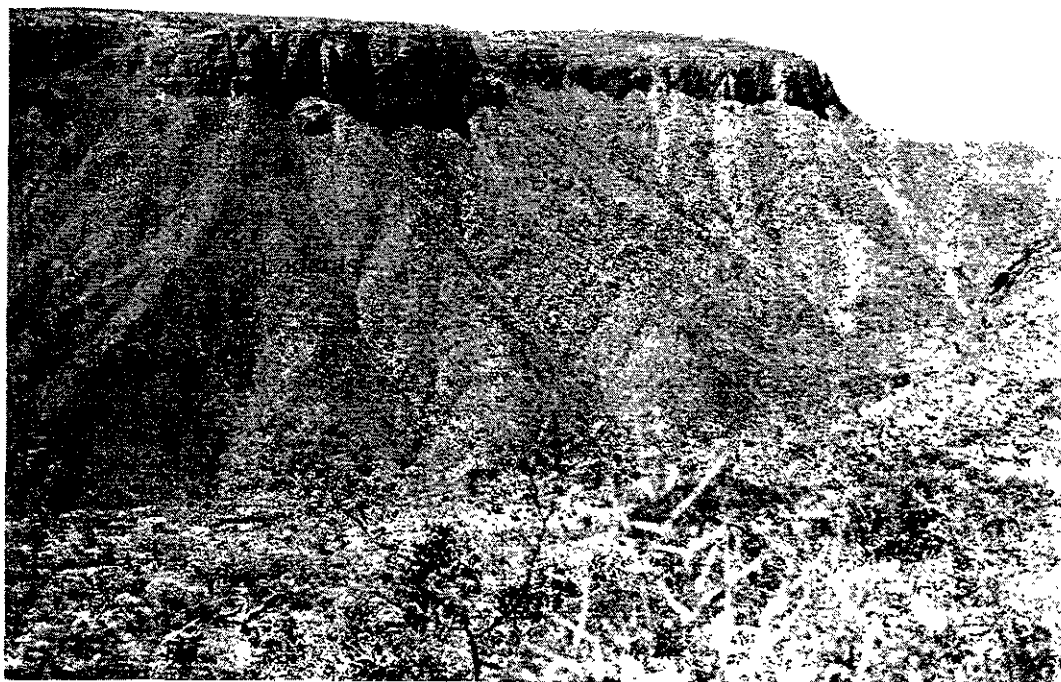


Figura 22. Montañas constituidas de rocas calizas con laderas de fuerte inclinación y escarpadas.

Del cruzamiento que se hizo del mapa de vegetación y unidades del relieve, y cuyos resultados se muestran en la figura 19, se observa que las montañas mayores constituidas de roca caliza son las que sustentan la mayor proporción de vegetación (41%), dicha unidad del relieve es la que ocupa mayor extensión en el valle con respecto a las demás. Las calizas son la roca madre donde se forman diferentes tipos de suelos (litosoles, cambisoles, regosoles, vertisoles, luvisoles, rendzinas y acrisoles), lo cual puede influir en el establecimiento de diferentes tipos de vegetación. MacAuliffe (1994) y Valiente-Banuet *et al.* (1995), indican que la distribución de especies bajo una misma condición litológica puede presentar diferencias de vegetación como producto de la antigüedad de los suelos.

Esta unidad del relieve (montañas de calizas) dada su gran extensión (figuras. 9.11 y 19) se subdividió en tres porciones de acuerdo con su orientación: Vertiente occidental (W), vertiente oriental (E) y elevación menor noroccidental (NW).

Al analizar la distribución de la vegetación en estas tres áreas, se observa (figura 23) que la vertiente occidental tiene una mayor proporción de vegetación (22%). El bosque de encino ocupa una mayor extensión (32%), le sigue la selva baja caducifolia (28%), el matorral *causicaule*,

matorral desértico rosetófilo y el chaparral ocupan el 21%. El bosque de tascate y palmar ocupan el 3% del área, estas dos cubiertas de vegetación sólo se encuentran en esta vertiente.

Sobre la vertiente oriental se encuentra el 20% de vegetación. Las comunidades vegetales son el bosque de encino (23%), selva baja (14%), matorral desértico rosetófilo (14%), pino y pino encino (16%).

La subregión denominada elevación noroccidental es la más pequeña de las tres y sustenta sólo el 1% de la vegetación, se distribuye en mayor proporción el matorral crasicuale (30%) y matorral desértico rosetófilo (20%).

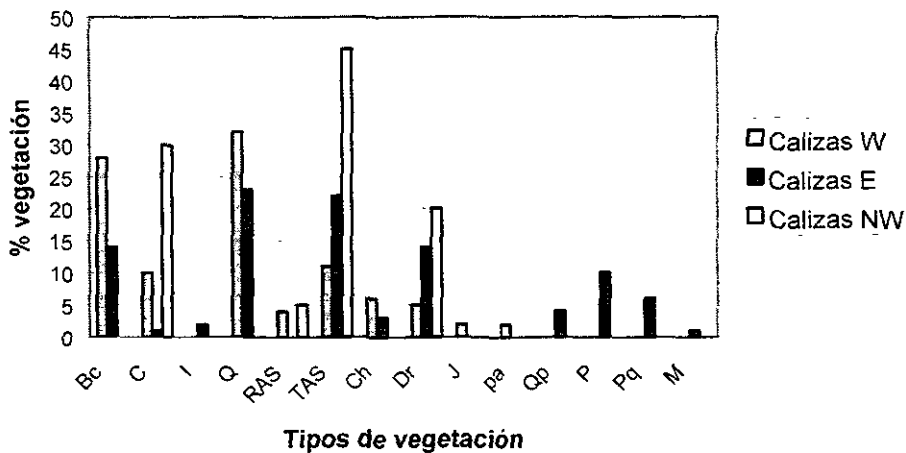


Figura 23. La gráfica muestra el porcentaje de distribución de las comunidades vegetales en las porciones de montañas constituidas de calizas (W, E y NW). Simbología: selva baja caducifolia (Bc), matorral crasicuale (C), pastizal (I), bosque de encino (Q), agricultura de riego (RAS), agricultura de temporal (Tas), chaparral (Ch), matorral desértico rosetófilo (Dr), bosque de tascate (J), palmar (pa), bosque de encino-pino (Qp), bosque de pino (P), bosque de pino-encino (Pa), bosque mesófilo (M).

El tipo de geoforma bajo una misma condición litológica, donde se encuentran los suelos, en forma indirecta muestra una relación con la profundidad del nivel freático, por ejemplo, el piedemonte es una zona de transición de depósito de material, por lo cual es una área muy heterogénea (en cuanto a tamaño de partículas de material arrastrado), allí la corriente de agua que viene de la cima pierde energía y hay gran infiltración de agua. En el piedemonte alto las partículas de material arrastrado son mayores en comparación con el piedemonte bajo (partículas

menores), esto indica diferencia en los suelos, arriba se tienen suelos delgados y poco desarrollados (figuras anexo C, D y E) en dicha zona de piedemonte se encuentran suelos someros y pedregosos (regosoles) donde se desarrolla la selva baja caducifolia y vegetación secundaria herbácea.

En los perfiles A y B (anexo) del norte del valle se puede observar que sobre las laderas de calizas de 14 a 23 grados de inclinación y altitudes de 750 a 1 500 msnm (anexo 1 figuras A y B) el matorral crausicaule cubre importantes extensiones donde predomina el cardonal.

Las elevaciones menores de las montañas de basalto sustentan el 3% de la vegetación predominando el bosque de tascate (34%), le siguen los matorrales desértico rosetófilo y crausicaule (32%), el 13% lo ocupa el bosque de encino y por último, con un 19%, la selva baja caducifolia, agricultura de temporal y pastizal inducido.

En esta unidad del relieve se observa que en las laderas de poca pendiente, se forman suelos delgados poco desarrollados, la vegetación que comúnmente se presenta es el cardonal (figura 12, pag. 45 y figura. 24)

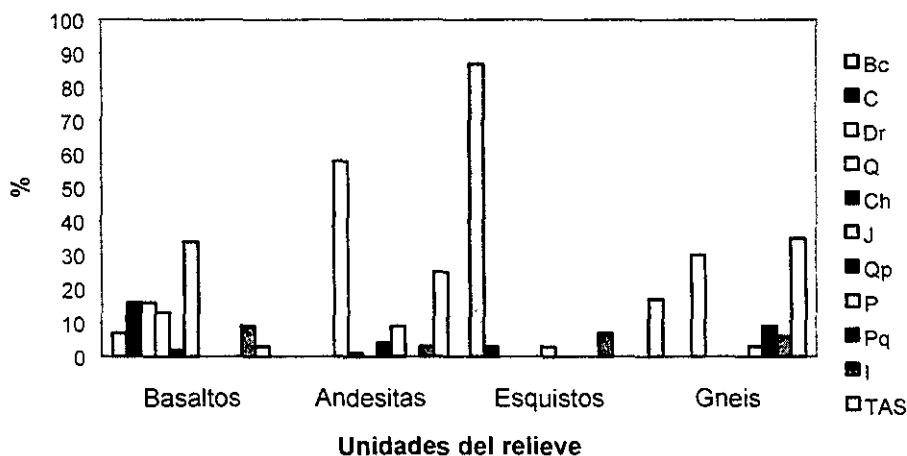


Figura 24. Porcentaje de distribución de las comunidades vegetales en los complejos basálticos, elevaciones de andesitas, porciones de las montañas de esquistos y bloque montañoso de gneises. Simbología: selva baja caducifolia (Bc), matorral crausicaule (C), matorral desértico rosetófilo (Dr), bosque de encino (Q), chaparral (Ch), bosque de tascate (J), bosque de encino-pino (Qp), pino (P), bosque de pino-encino (Pq), pastizal (I) y agricultura de temporal (Tas).

Las andesitas al igual que los basaltos sustentan el 3% de la vegetación en el valle, el bosque de pino (58%) ocupa mayor extensión, le sigue la agricultura de temporal y cultivos anuales y 14% de superficie restante lo ocupan el bosque de pino, bosque de encino pino y el chaparral.

C. ROCAS SEDIMENTARIAS

En las rocas sedimentarias que forman los lomeríos de areniscas y conglomerados, y las porciones bajas de las montañas de lutitas pasa lo contrario, a lo que ocurre en las rocas masivas. Esto es, a pesar de que las lutitas tengan un valor de densidad de disección alto (2.1 km/km^2) en comparación con las areniscas (0.7 km/km^2), y tengan rango de pendiente de inclinación menor (6 a 18 grados) que las areniscas (4 a 22 grados y más frecuente a los 18 grados), su índice de infiltración se considera bajo y en las areniscas de medio-bajo. En las lutitas el agua escurre superficialmente formando una red fluvial con muchos cauces de mayor orden, por lo que refleja un relieve muy disecado (energía del relieve de 2 040 m). En ambos tipos de rocas se presenta una gran heterogeneidad en vegetación y uso del suelo, predominando las comunidades de matorrales *causicaule* y *rosetófilo*, pastizal inducido, bosque de encino-pino, selva baja caducifolia y bosque de pino-encino, y en menor proporción cultivos de temporal.

Los lomeríos constituidos de areniscas y conglomerados sustentan el 10% de la vegetación en el valle. Esta unidad se dividió de acuerdo a su orientación en lomeríos del occidente y lomeríos del oriente (figura 25).

Del análisis de la distribución de la vegetación se obtuvo que los lomeríos del lado occidental tienen mayor proporción de vegetación y uso del suelo (8%). De este porcentaje, la agricultura de temporal, riego y pastizal inducido ocupan casi el 60%, bosque de encino (17%), chaparral (10%) y el resto (14%) es ocupado por matorral *causicaule*, selva baja caducifolia, matorral desértico *rosetófilo* y bosque de tascate.

En el lado oriental que sustenta el 2% de la vegetación presente en esta unidad del relieve, está representado por un mosaico de cubiertas de vegetación, como el matorral desértico *rosetófilo*, selva baja caducifolia y matorral *causicaule* ocupan más del 70% de superficie, la agricultura de temporal, riego y pastizal inducido ocupan el 20%, y por último, el 2% por chaparral y encino.

La unidad de relieve porción baja de las montañas constituidas de lutitas sustentan el 6% de la vegetación total del valle. Esta unidad se dividió de acuerdo con su orientación en las montañas del W y las montañas del E.

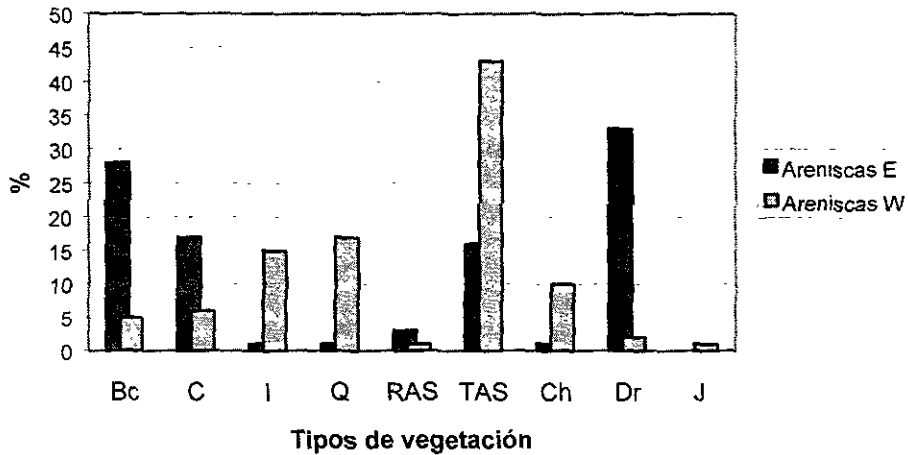


Figura 25. Porcentaje de distribución de las comunidades vegetales en los lomeríos constituidos de areniscas y conglomerados del W y E. Simbología: selva baja caducifolia (Bc), matorral crasicaule (C), pastizal (I), bosque de encino (Q), agricultura de riego (RAS), agricultura de temporal (Tas), chaparral (Ch), matorral desértico rosetófilo (Dr) y bosque de tascate (J).

Al analizar la distribución de la vegetación en estas dos áreas (figura 26), se observa que en el lado occidental hay mayor proporción de vegetación (5%), el matorral crasicaule ocupa mayor extensión (58%), la selva baja caducifolia y el chaparral ocupan el 21% y el resto (21%) es ocupado por agricultura de temporal y pastizal inducido.

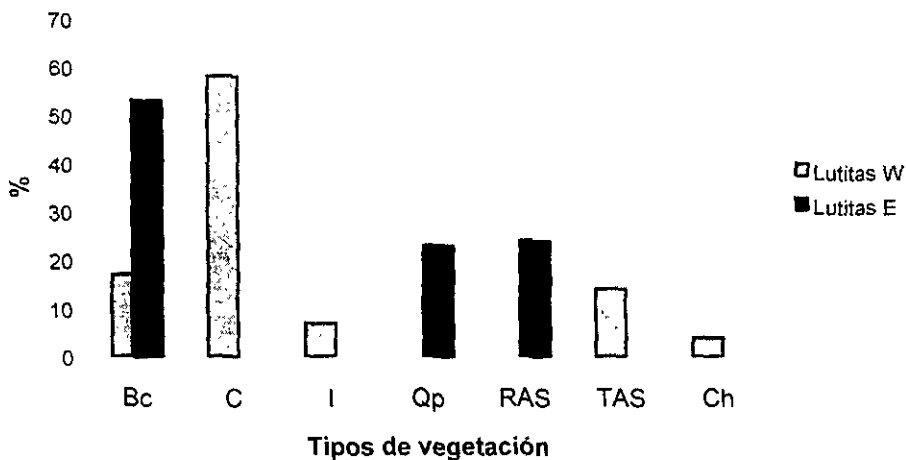


Figura 26. Gráfica de porcentaje de distribución de las comunidades de vegetación presentes en las porciones bajas de las montañas del W y E constituidas de lutitas. Simbología: selva baja caducifolia (Bc), matorral crasicaule (C), pastizal (I), bosque de encino-pino (Qp), agricultura de riego (RAS), agricultura de temporal (Tas), y chaparral (Ch).

En el lado oriental se encuentra el 15 de la vegetación y es ocupado por la selva baja caducifolia (53%), 24% de agricultura de riego y 23% de bosque de encino-pino.

D. ROCAS METAMÓRFICAS

Entre la rocas metamórficas se encuentran las porciones bajas de las montañas constituidas de esquistos y el bloque montañoso de gneis, este último es el de mayor densidad de todas las unidades del relieve (4.1 km/km^2), por lo que su potencial de infiltración se considera que es el más bajo (respecto a todas las demás unidades del relieve); es una zona muy alterada superficialmente que permite la infiltración, pero debido a lo compacto de su litología esta zona no es muy profunda, pues hay mayor escorrentía de agua superficial. Es importante remarcar que el bloque montañoso de gneis se comporta de una manera diferente al resto de las montañas, el tipo de red fluvial que presenta el bloque es la más densa, las corrientes se disponen en todas direcciones y se unen en ángulos agudos, lo que se debe a que los gneises presentan una resistencia uniforme a la erosión. También el bloque montañoso tiene los valores más altos de profundidad por erosión (550 m) y de energía del relieve (2100 a 3000 m).

Los gneis sostienen el 5% de la vegetación, el 41% es ocupado por agricultura de temporal y pastizal inducido, le sigue el bosque de encino (30%), 17% por selva baja caducifolia y 12 % de bosque de pino y pino-encino(figura 24, pag. 68).

En los gneises la infiltración es en tan solo unos metros de lo que resulta una esponja que retiene agua de lluvia para las plantas que requieren mayor cantidad de agua(Tóth, 2000).

Los esquistos al igual que las andesitas y los basaltos sostienen el 3% de la vegetación, predominando la selva baja caducifolia (87%), pastizal inducido 7% y el bosque de tascate y matorral crasicaule (6%).

CONCLUSIONES

El elemento natural que se consideró para la delimitación geomorfológica del valle, fue el parteaguas principal de las montañas limítrofes de la cuenca.

En el valle se reconocieron por su morfología tres unidades principales: planicie, lomeríos y montañas, cada una dividida en subunidades o geoformas, que se caracterizan por su geología, edad, tamaño, tipo de red fluvial y morfometría.

El relieve dominante en el valle son las montañas plegadas de rocas calizas y es donde hay mayor distribución de la vegetación.

En la porción meridional del valle la profundidad de los valles fluviales favorece la conservación de la humedad y desarrollo de la vegetación,

La parte suroriental del valle presenta el máximo valor de energía del relieve, fue la zona con mayor actividad tectónica y mayor erosión fluvial.

El mayor valor de densidad de la disección se presentó en bloque montañoso de gneis y las montañas de calizas.

La selva baja caducifolia es la que ocupa mayor superficie en el valle con respecto a las demás comunidades vegetales y se establece principalmente sobre las montañas de caliza y la depresión sur de aluvial. En segundo lugar, se encuentra el bosque de encino y el cual se desarrolla principalmente en las montañas de calizas. Los matorrales *causicaule* y *rosetófilo*, se distribuyen principalmente sobre las montañas menores y mayores de calizas y elevaciones menores de lutitas.

La distribución de la vegetación no sólo responde a la heterogeneidad de las geoformas, sino también a otros factores ambientales como suelo, red fluvial, zonas de infiltración de agua de lluvia, etc.

Bajo una misma condición climática, los suelos derivados de diferentes litologías, tienen distinta capacidad de retención del agua lo que ocasiona marcadas diferencias de vegetación. A su vez una misma litología puede tener diferentes respuestas en términos morfométricos, los cuales, influyen en el tipo de configuración de las redes de drenaje, en el desarrollo de los suelos y de las comunidades vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, H. N. (1970). Suelos de las zonas áridas de Tehuacán, Puebla y sus relaciones con las cactáceas. *Cact. Suc. México*. XV (3): 51-63.
- Brunet, J. (1967). Geologycal studies. **In:** Byers, D.S. (ed.), The prehistory of the Tehuacan valley. Vol. 1. Environment and Subsistence. *University of Texas Press, Austin. USA.* : 66-90.
- Byers, D.S. (1967). Climate and hydrology. **In.** Byers, D.S. (ed.), The prehistory of the Tehuacan valley. Vol. 1. Environment and Subsistence. *University of Texas Press, Austin. USA* : 48-65.
- Campos, A., Cortés, L., Dávila, P., García, A., Reyes, J., Toriz, G. Torres, L. y Torres, R. (1992). Plantas y flores de Oaxaca *Cuadernos 18 del Inst. de Biol. UNAM.* México. 62 p.
- Candolle, A. (1855). *Geographie botanique raisonnée.....*, 2 vols. Geneve.
- Carrasco, G. (1996). La precipitación en relación a ciclones tropicales en el valle de Tehuacan-Cuicatlán (Puebla-Oaxaca). *Tesis de licenciatura UNAM*, México. 78 p.
- Cervantes, J. (1979). Reseña general sobre la investigación sistemática del medio natural *Bol. Inst. Geog. UNAM*, México. 9: 1-3.
- Chang, J.H. (1968). Climate and agriculture, and ecolical survey. *Aldine Ed. Chicago, USA.* 304 p.
- Dahl. F. (1908). Grundsätze und Grundbegriffe der biozonologischen Forschung. *Zoologischen Anzeiger*, Alemania. 33: 349- 353.
- Dávila. P. (1983). Flora genérica del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Tesis maestría en ciencias UNAM*, México. 694 p.
- Dávila. P. Villaseñor, J.L., Medina, R., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez-Ken, J. y Tenorio, P. (1983). Flora del valle de Tehuacan-Cuicatlán. *Listados Florísticos de México X. Inst. de Biol. UNAM.* México. 195 p.
- Demek, J. y Embleton, C. (1978). Guide to medium scale geomorphological mapping. *International Geographical Union. Commission on Geomorphological Survey and Mapping*, Stuttgart.

- Dirzo, R. (1992). Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. **En:** Sarukhan, J y Dirzo, R.(ed.), "México ante los retos de la biodiversidad." *CONABIO México*: 283-290.
- FAO (1991). Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada, FAO-UNESCO (Versión en castellano de Carballas, T., Macías, F. Días-Fierros *et al.*), *Roma*. 142 p.
- Fuentes-Aguilar, R.B. Jr. (1970). Metodología para el análisis geográfico de la zona de San Juan Raya. *Bol. Inst. de Geografía, UNAM, México*. 4: 324-368.
- García, D. (1987). Clasificación fisionómica de la vegetación del Tehuacán, Puebla. *Tesis de licenciatura ENEP Iztacala UNAM, México*. 120p.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. *Larios. Ed. México*. 218 p.
- Gilbert G.K. (1942). Report on the geology of the Henry Mountais. *Geographical and geological survey of the rocky mountains region*. 2° Ed. U.S. H(3):160 p.
- Granados, D. y García, D. (1989). Clasificación fisionómica de la vegetación del valle de Tehuacan Puebla. **En:** "Memorias de la reunión sobre las líneas de investigación ecológica en zonas áridas." *UAM-I, México*. 27 p.
- Hernández. M. E. (inédito) 1996. Delimitación climática del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Inst. Geog. UNAM, México*.
- Hernández. M.E (1992). Climas áridos de México. *Tesis doctorado UNAM, México*. 152 p.
- Humboldt, von A. (1948-58). *Cosmos*. Traducido por Otté E. C. 5 vols. Londres.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1981). Carta Topográfica Oaxaca e 14-6 y Orizaba E 14-9. Escala 1:250 000 México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1981). Carta geológica Oaxaca e 14-6 y Orizaba E 14-9. Escala 1:250 000 México.
- Jackson. I. J. (1989). Climate, water and agriculture in the tropics. *Longman scientific and technical*. USA. 377 p.
- Jaramillo, J. (1982). Ordenación y clasificación de la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán. *Tesis licenciatura UNAM, México* 122 p.
- Jaramillo, V. y González, F. (1983). Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México*. 45: 49-64.

- Kjell, I. E. y Whiteford, S. (1989). The Tehuacan Valley in: The keeper of water and earth Mexican Rural Social Organization and Irrigation. *University of Texas, Austin* : 18-75
- Lomas, C. T. (1998). Estudio de la lluvia y la dinámica de la vegetación en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, a través del uso del índice de vegetación. *Tesis de licenciatura UNAM, México*, 141 p.
- Lugo, H. J. (1981). La disección del relieve en la porción centro-meridional del Sistema Volcánico Transversal. *Bol. Inst. Geog. UNAM, México*. No.11.
- Lugo, H. J. (1988). Elementos de geomorfología aplicada. *Inst. Geografía UNAM, México*, 128 p.
- Lugo, H.J. (1988). Las estructuras mayores del relieve *Ins. de Geografía, UNAM. México*.
- Lugo, H. J. (1989). Diccionario Geomorfológico. *Inst. Geog. UNAM, México*, 337 p.
- Maldonado, L. J. (1985). Sistemas de productividad forestal de zonas áridas (Experiencia en Latinoamérica). *Bol. Div. 72 SARH, México*.
- McAuliffe, J. R. (1994). Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran desert. *Ecological Monographs*, **64(2)**: 111-148.
- Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch mountain area. Virginia and Tennessee. Technical Report 3. *Dept. of Geo. Columbia University. USA* :271-300
- Miranda. F. (1948). Datos sobre la vegetación de la cuenca alta del Papaloapan. *An. Inst. Biología, México*. **19**: 333-364.
- Miranda, F. y Hernández. E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. México*. **28**: 29-179.
- Mosiño, A. P. (1983). Climatología de las zonas áridas y semiáridas de México. **En**: Molina, G. J. (Ed.). Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. *Colegio de Postgraduados de Chapingo, México* : 9-37.
- Nava, M. (1965). El exdistrito de Tehuacán. *Publ. Inst.de Geografía, UNAM. México*. **1**: 159-162.
- Osorio, O., Valiente-Banuet, A., Dávila, P. y Medina, R. (1996). Tipos de vegetación y diversidad B en el valle de Zapotitlán de la Salinas, Puebla, México. *Bol. Soc. Bot. México*. **59**: 35-58.

- Palacio, J.L (1985). Geomorfología regional del oriente de Michoacán y occidente del Edo. de México. *Tesis de Doctorado UNAM*, México. 120 p.
- Palacio, J.L. y Luna, L. (1993). Sistemas de información Geográfica. Introducción al manejo del “Integrate Land and Water Management Information System” (ILWIS) version 3.1 y 2.1. *Inst. de Geografía UNAM*, México. 72 p.
- Rzedowski, J. (1987). Atlas cultural de México. Vol. “Flora Colección Atlas Cultural México”. 223 p.
- Rzedowski, J (1978). Vegetación de México. *Limusa. Ed*, México. 432 p.
- Rzedowski, J. (1992). Diversidad del universo vegetal de México: perspectivas de un conocimiento sólido. **En:** Sarukhán, J. y Dirzo, R. (eds.). “México ante los retos de la Biodiversidad”. *CONABIO*, México: 251-257.
- Sánchez, K.J. (1991). El género *Aristida* (Poaceae) en el valle de Tehuacán-Cuicatlán *Tesis (licenciatura) Facultad de Ciencias UNAM*, México:120 p
- Sauer C.O. (1950). The morphology of landscape. *Publ. Geogr. Univ. California USA*. **2(2)**: 19-53.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. INEGI (1983) Carta Vegetación y Uso del Suelo Oaxaca E 14-6 y Orizaba E 14-9. Escala 1:250 000 México.
- Shreve, R.L. (1967). Infinite topologically random channel networks, *T. Geol.* **75**:178-186.
- Smith. C. E. (1965). Flora Tehuacan Valley. *Fieldiana Botany*, USA. **31**: 101-143.
- Smith, C. E. (1967). Plant remains In Byers, D.S.(Ed) The prehistory of the Tehuacan valley. Environment and subsistence, Vol. 1 *University of Texas*. USA : 220-255.
- Strahler. A. N. (1952). Hypsometric analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Amer.* USA. **63**: 1117-1142.
- Tansley, A. G. and Chipp, T. T. (1926). Aims and methods in the study of vegetation. I vol. XVI-383 Londres. 62 p.
- Taud, H., Parrot, J-F. y Alvarez. R. (1999). DEM generation by contour line dilation. *Computers & Geosciences*. **25**:775-783.
- Tóth. J. (2000). Las aguas subterráneas como agente geológico: causas, procesos y manifestaciones *Bol. Geo. Min.* Vol. 111, México. **4**: 9-26.
- Trejo, I. (1996). Características del medio Físico de la Selva Baja Caducifolia en México, Investigaciones Geográficas. *Bol. Inst. Geog. UNAM*, México. **4**: 95-110.

- Tricart, J. (1969). La epidermis de la Tierra. *Nueva Colección Labor*, Barcelona.
- Tricart, J. y Kilian, J. (1982). La Eco-geografía y la ordenación del medio natural *Anagrama Ed.*, Barcelona, 280 p.
- Troll C. (1968). The Cordilleras of the tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology: **In** : “Geo-ecology of the montaneous regions of the tropical Americas.”, C. Troll (Ed.): 15-56.
- Valiente-Banuet, A. (1990). Los desiertos de México. *Rev. Soc. Mex. Hist Nat. México.* **41**: 83-84.
- Valiente-Banuet, A. (1995). La ecología de los desiertos de México. *Rev. de la UNAM*, México. **(536-537)**: 39-42.
- Valiente-Banuet, A., Dávila, P., Ortega, J., Aismendi, C., León, L. Breceda, A. y Cancino, J. (1995). Influencia de la evolución del paisaje en una pendiente en un Piedemonte en una vegetación de cardonal de *Pachycereus pringlei* en Baja California Sur. *Investigaciones Geográficas Boletín*, num. especial, México. **3**: 101-113.
- Velasco, M. H. (1991). Las zonas áridas y semiáridas. Sus características y manejo. *Limusa Ed.*, México. 725 p.
- Verstappen, H. T. (1983). Applied Geomorphology. *Ed. Elsevier Science Publishers*, USA. 437 p.
- Villaseñor, J.L. (1982). Las compositae del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Tesis de licenciatura UNAM*. México. 168 p.
- Villaseñor, J.L., Dávila, P. y Chiang, F. (1990). Fitogeografía del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Soc. Bot. México.* **50**: 135-149
- Zavala, H. (1982). Estudios ecológicos en el Valle Semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especie. vol. 7 *BIOTICA*, México. 1: 99-120.
- Zavala, H., *et al.* (1996). Vegetation-environment relationships based on a life-forms classification in a semiarid region of Tropical Mexico. *Rev. Biol. Trop*, Mexico. **44(2)**: 581-590.

OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Clements, F. (1916). Plant succession. An analysis of the development of vegetation. *Carnegie Inst. Of Washington USA.* **242(1)**: 512 p.

- Dávila, P. y Villaseñor, J.L. (1996). Plantas en peligro de extinción en el valle de Tehuacán-Cuicatlán (Puebla-Oaxaca). Documentación, mapeo y análisis. México: 747-750.
- Jaramillo, L.V. y González, M. F. (1983). Análisis de la vegetación arbórea de la Provincia Florística de Tehuacan-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Mexico*. **45**: 49-64.
- Mosiño, P. A. Y García, E. (1968). Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados, *Esc. Nal. de Agr.* México: 35-51 p.
- Rzedowski, J. (1973). Geographical relationships of flora of Mexican dry regions. **In**: Graham, A. (Edr.). Vegetation and vegetational history of Northern Latin America. *Elsevir*. Amsterdam: 61-72.
- García, O.F. (1991). Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la cuenca del Río Zapotitlán. Puebla. *Inv. Geog. México*. 23.
- Tricart J. And Cailleux, A. (1964). Introduction to climatic geomorphology *W.H. Freeman*. San Francisco. USA. 295 p.

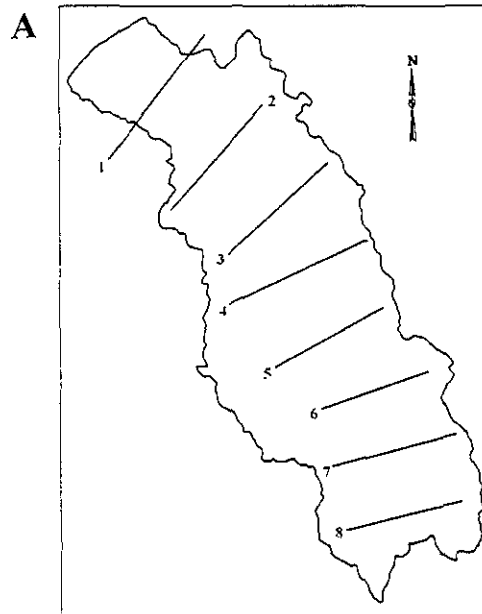
ANEXO I

FIGURAS DE PERFILES GEOMORFOLÓGICOS A-I

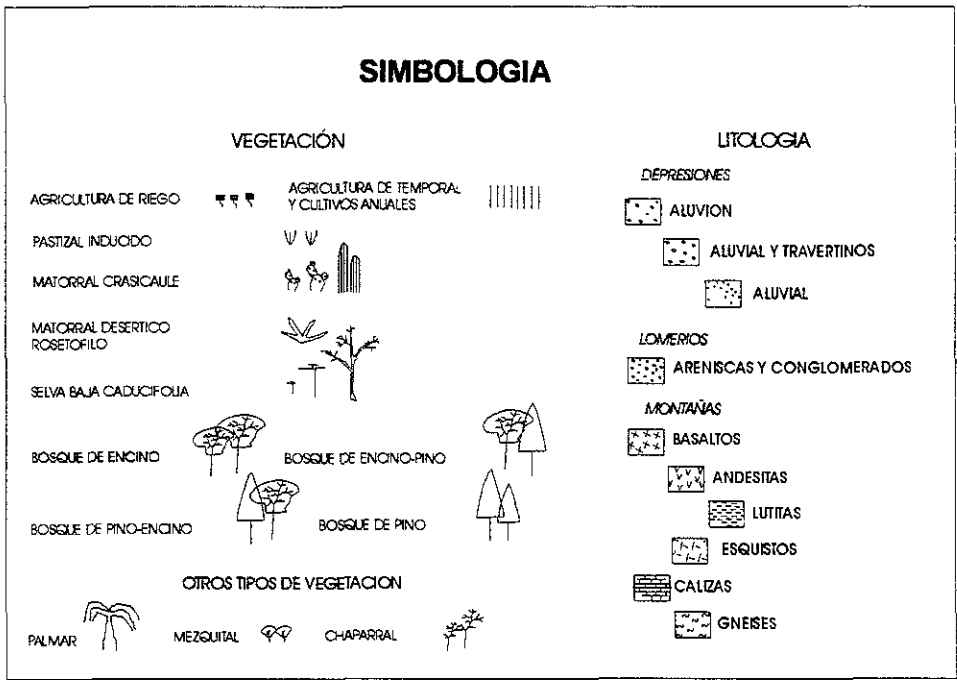
Se elaboraron 8 perfiles geomorfológicos transversales al valle, con base en el mapa topográfico escala 1:250 000. La escala horizontal es la misma y la vertical se exageró 10 veces. La línea de contorno del perfil representa la situación altimétrica de las formas del relieve, por debajo de esta línea se indican las unidades del relieve con la geología y por encima de la línea de perfil se agregaron símbolos para representar los tipos de vegetación, los símbolos son semejantes a los utilizados por Rzedowski, (1978) y Osorio *et al.* (1996).

En el eje vertical se dan los valores de la altitud en msnm (metros sobre el nivel del mar) y en el horizontal, los valores de longitud en km del perfil.

La bandas superiores en el perfil geomorfológico, representan las condiciones climáticas, en la primera banda se indican los valores de la temperatura media anual en °C y en la segunda los valores de la precipitación media anual en mm. La inferior muestra el tipo de suelos (tomado de las cartas de suelo de Orizaba y Oaxaca 1:250 000 de INEGI).



ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



B

Figura 27. – Perfiles geomorfológicos. A.- Localización de los 8 perfiles geomorfológicos a lo largo del valle. B.- Simbología de la vegetación y la litología utilizada en las figuras 20 y 21.

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 1

Temp. °C
Precip mm

>14	14 → 16	16 → 18	16 → 14
700 → 600	600 → 500	400 → 500	500 → 600
			600 → 700
			700 → 600

Altitud W
msnm

E

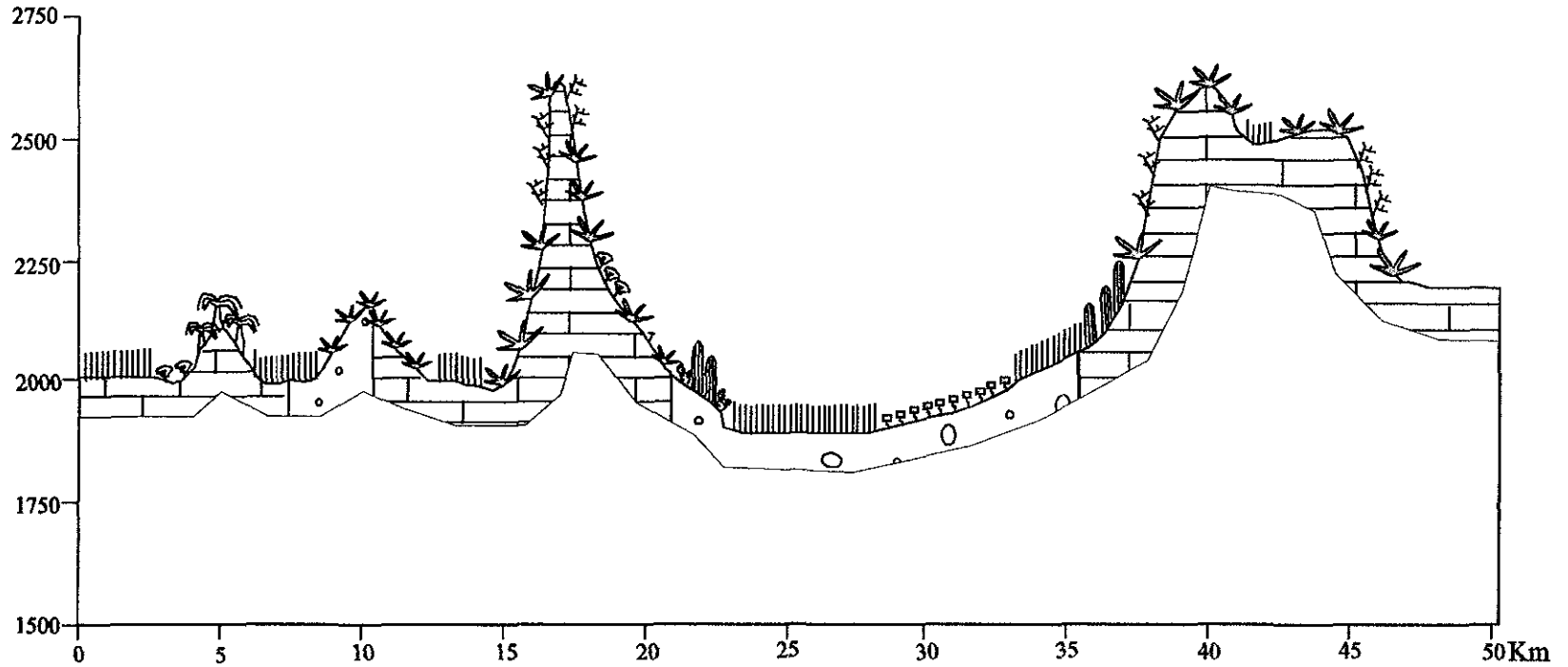


Figura A

Elaboró: Verónica Ochoa

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 2

Temp. °C	20 → 18	18 → 16	16 → 14	12 → 16	16 → 14	14 → 16	16 → 18	20 → 18	18 → 16	16 → 14
Precip mm	700 → 600	600 → 500			400 → 500			500 → 600		

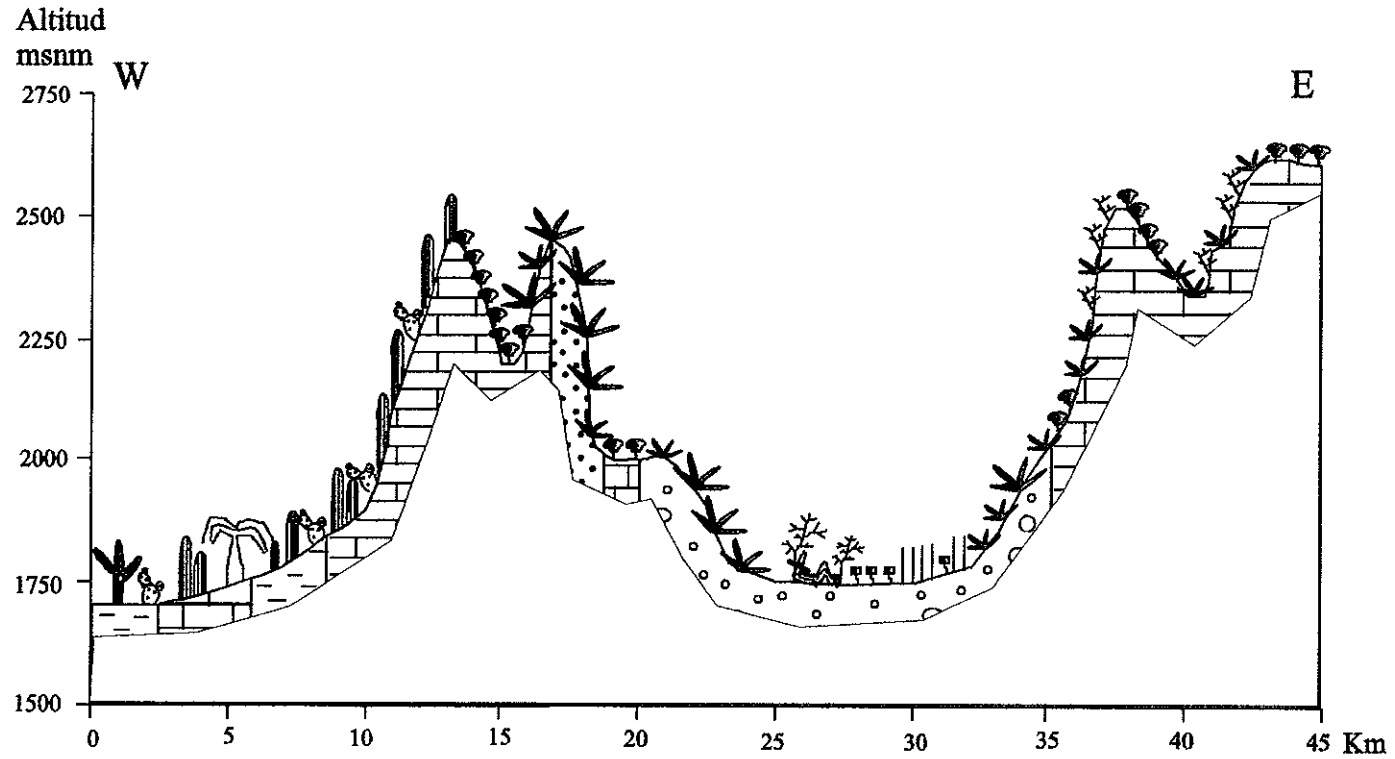


Figura B

Elaboró: Verónica Ochoa

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 4

Temp. °C	20 → 18	18 → 16	20 → 18	18 → 16	16 → 14	14 → 12	14 → 16	16 → 18	18 → 20	20 → 22	22 → 24	> 24	24 → 22	22 → 20	20 → 18	18 → 16	16 → 14
Precip mm	500	500 → 400	500	600	700	600	500 → 400	400	400	400 → 500	500 → 600	600 → 700	600 → 700	600 → 700	600 → 700	600 → 700	600 → 700

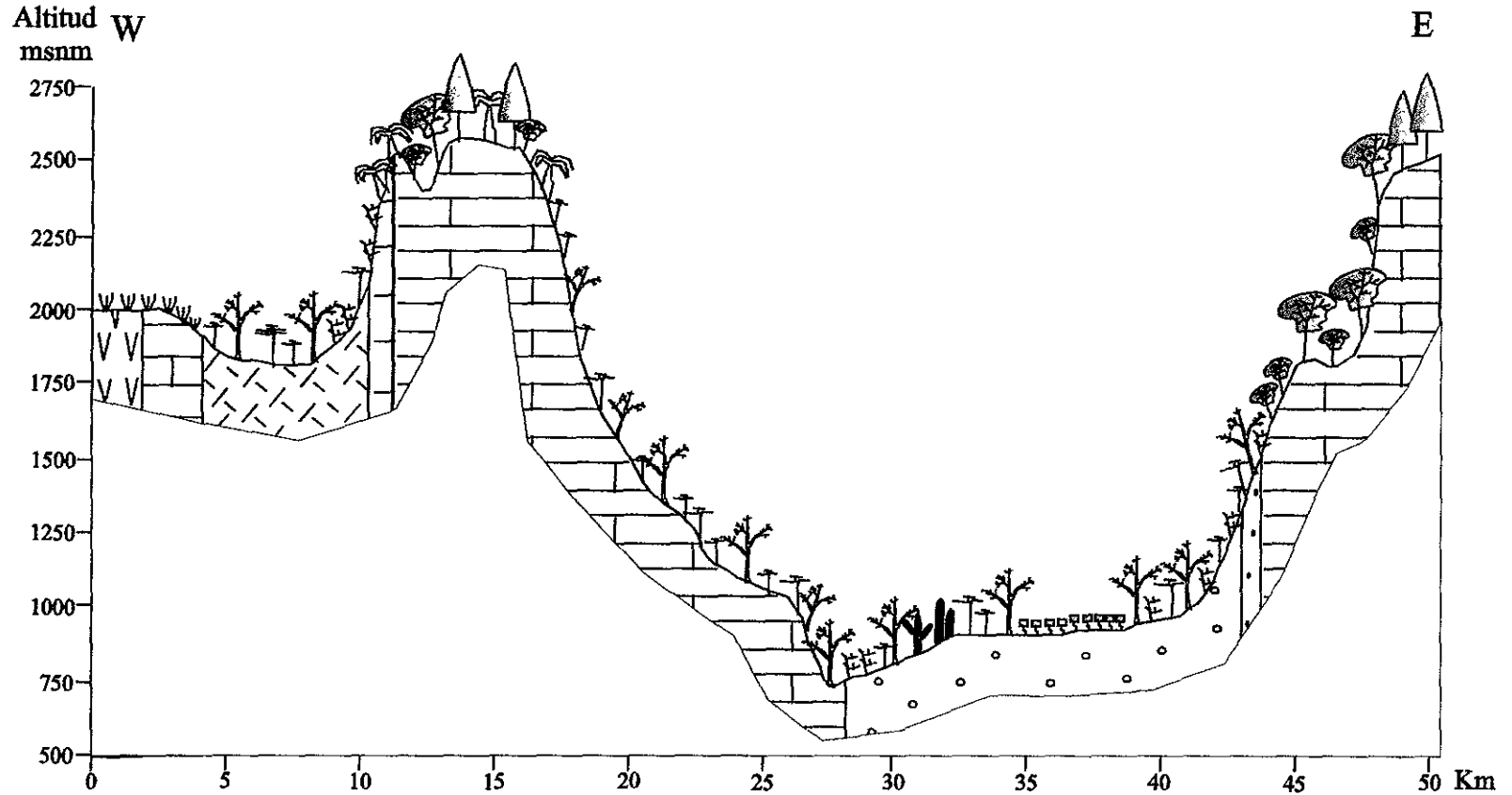


Figura D

Elaboró: Verónica Ochoa

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 5

Temp. °C	>16	<16	16	$14 \rightarrow 16$	$\frac{16}{\rightarrow 18}$	$18 \rightarrow 20$	$20 \rightarrow 22$	$22 \rightarrow 24$	>24	$\frac{24}{22}$	$\frac{22}{\rightarrow 20}$	$\frac{20}{18}$	<18
Precip mm	600	$700 \rightarrow 600$				$400 \rightarrow 500$				$\frac{500}{\rightarrow 600}$	$\frac{600}{700}$	>700	

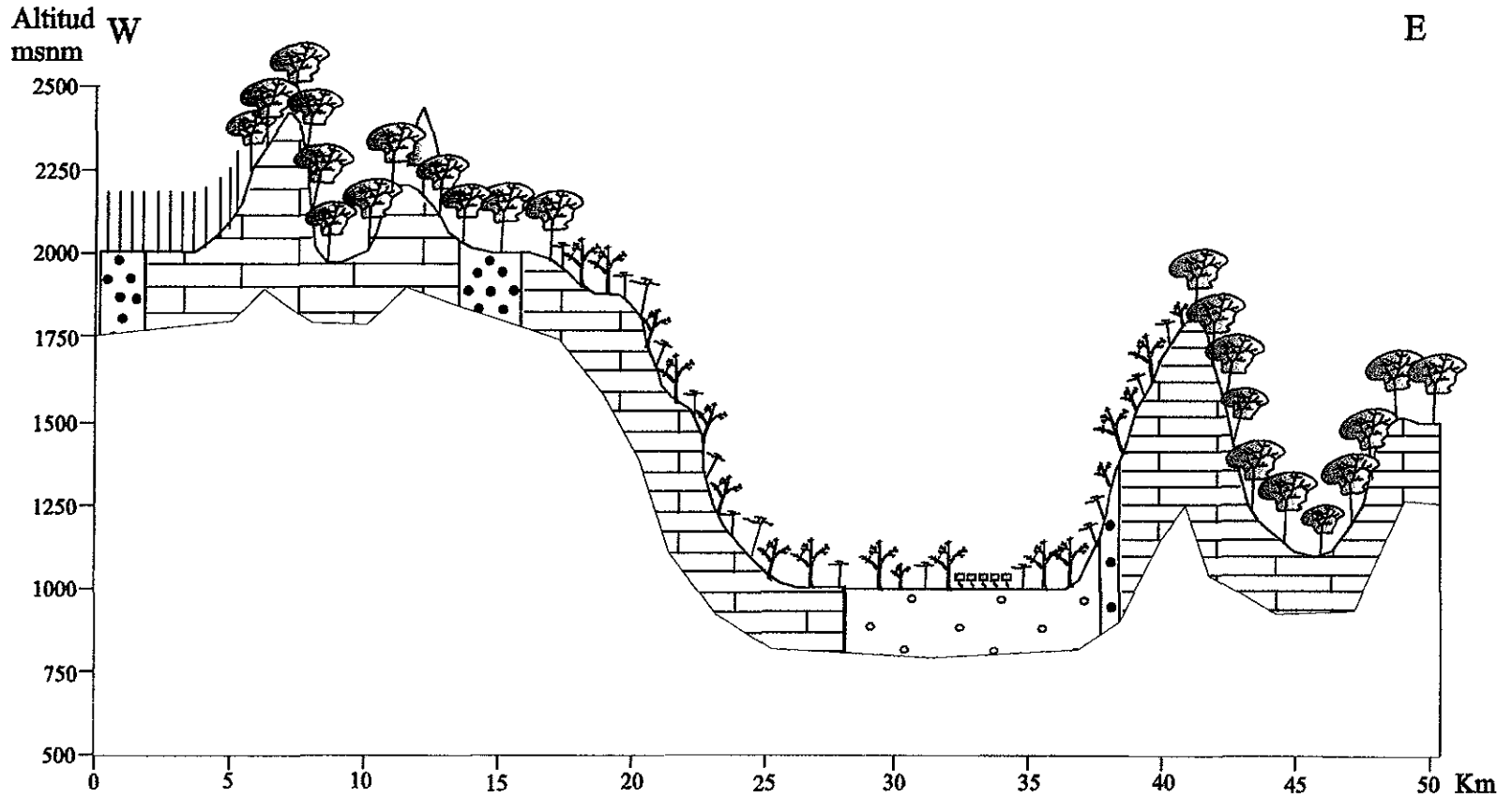


Figura E

Elaboró: Verónica Ochoa

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 6

Temp. °C	<16	16 18 20	22 → 24	>24	24 22	20 18	16 → 14	14 12	<12
Precip mm	>600	600 → 500	400 → 500	500 → 600	600 700	700 800	800 900	>900	

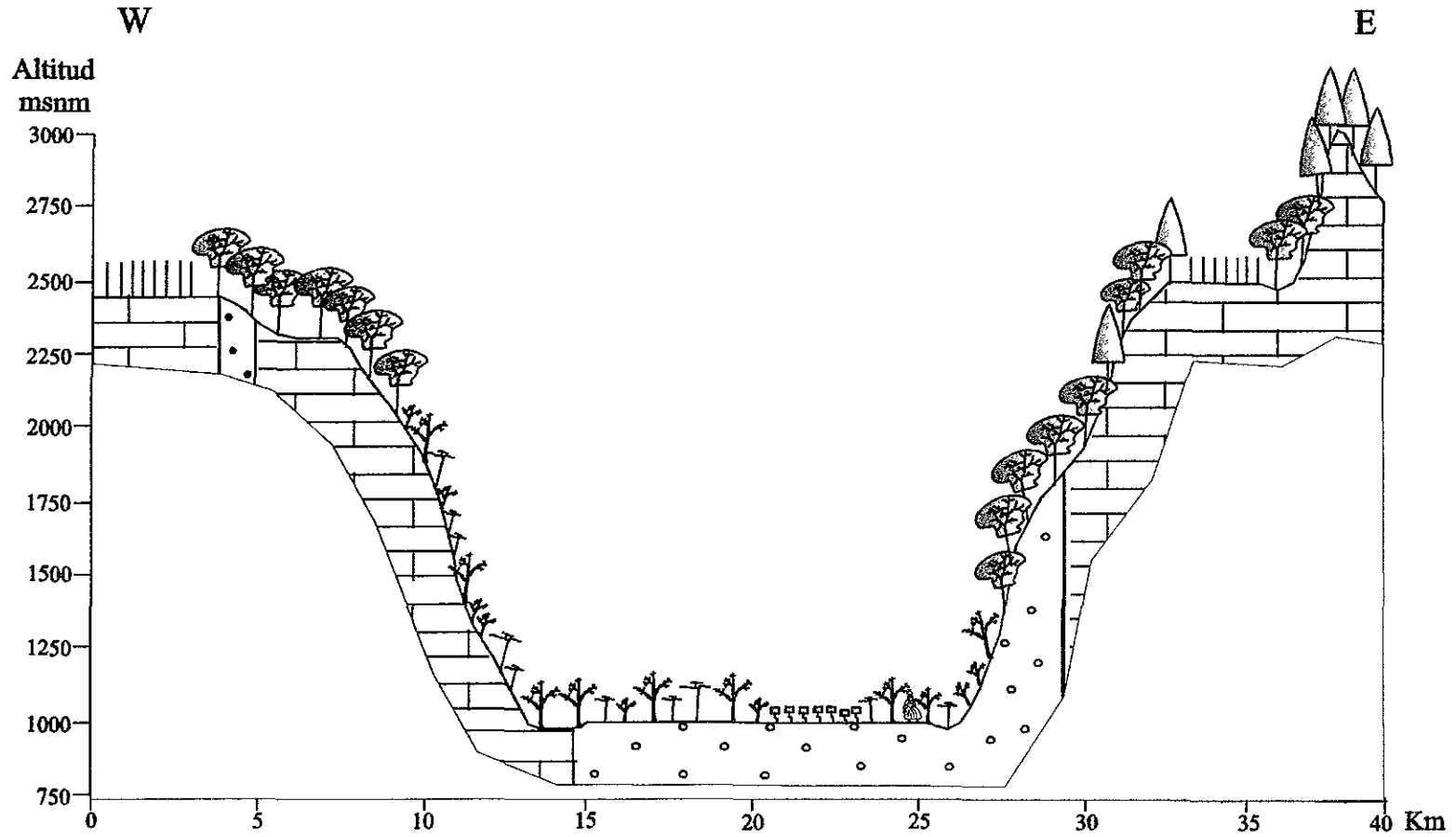


Figura F

Elaboró: Verónica Ochoa

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 7

Temp. °C	>16	16	14-16	16	18	20	18	16	18	20	20	22	>24	24	22	20	18	18	16	16	<16
Precip mm	>500			400	500	600	700	600	500	400	500	300	600	700	800	700	800	>800			

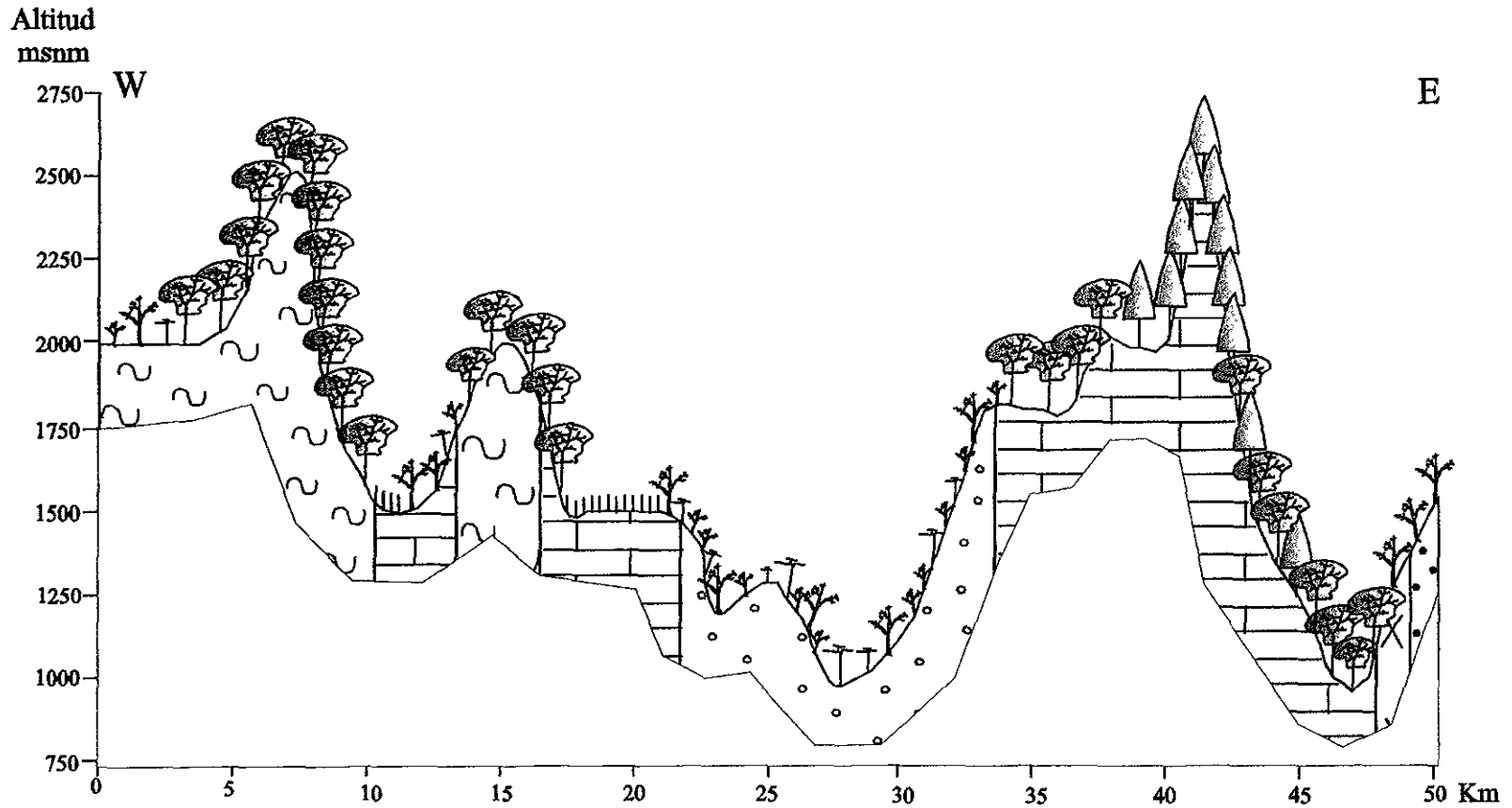


Figura G

Elaboró: Verónica Ochoa

PERFIL GEOMORFOLÓGICO 8

Temp. °C
Precip mm

<18	18	<18	>18	16	18	16	18	20	18	16	14	16	18	20	20	20	18	16	14	12	14
<600									700	800	900	800	700	600	700	700	800	800	900	>900	

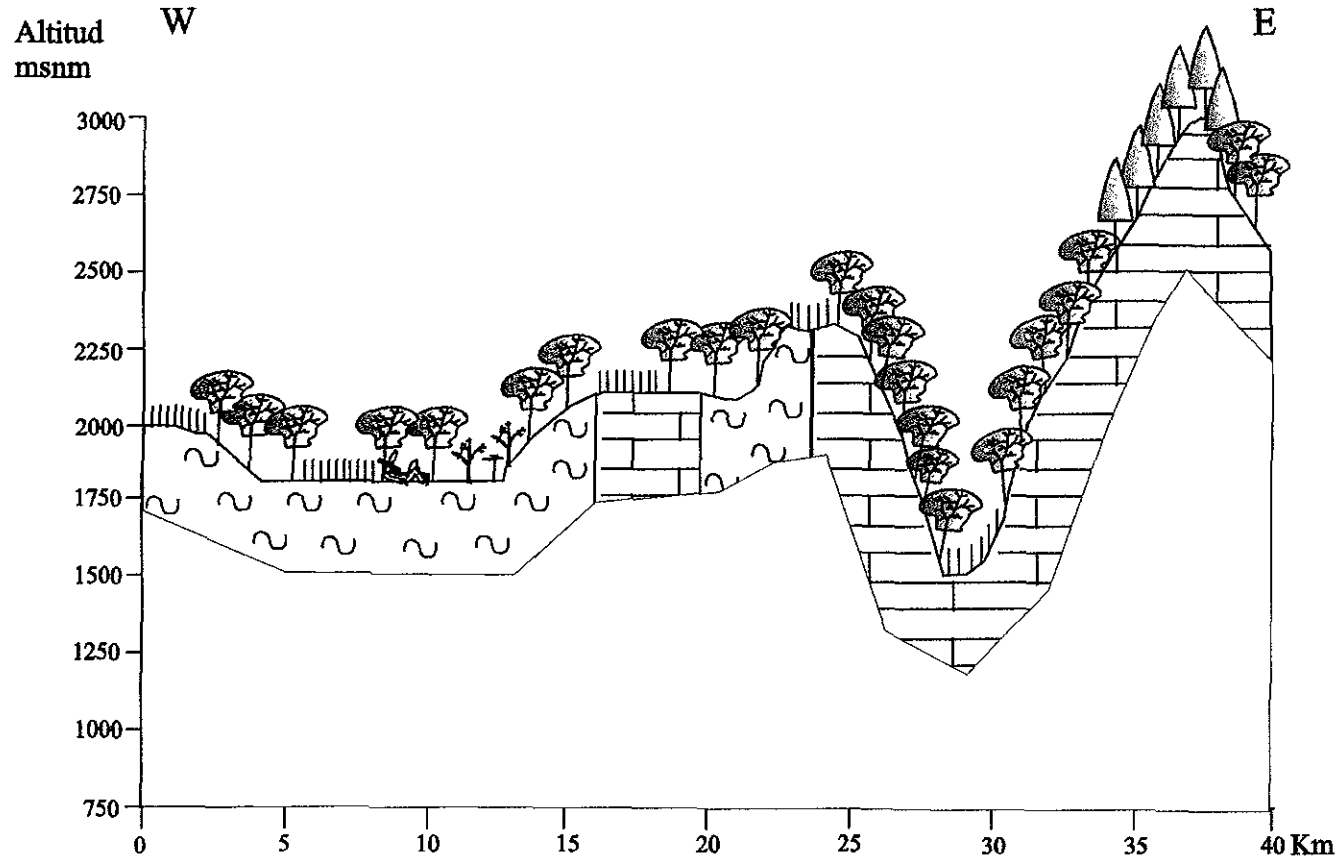


Figura H

Elaboró: Verónica Ochoa