

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MÉXICO**



**CAMPUS IZTACALA**

*[Firma manuscrita]*

**DESCRIPCIÓN Y REGIONALIZACIÓN FISIAGRÁFICA  
DEL VALLE DE ZAPOTITLÁN, PUEBLA**

**T E S I S**

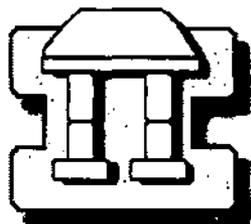
PARA OBTENER EL TITULO DE

**B I O L O G O**

P R E S E N T A:

**CARLOS BARRERA CARRERA**

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. DANIEL J. MUÑOZ INIESTRA





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **Presentación**

Uno de los principales problemas que tiene México es un inadecuado manejo de los recursos naturales y su aplicación en los planes de desarrollo, sobre todo en aquellos que tienen que ver concretamente con el medio ambiente; así como la conservación de dichos recursos, y que contribuirían a lograr un desarrollo sustentable de las comunidades, promoviendo un uso adecuado y manejo racional de los recursos, permitiendo a las futuras generaciones tener a su alcance una mejor calidad de vida.

Esta investigación es una contribución para llevar a cabo una mejor planeación en trabajos que estén encaminados a la investigación de los recursos naturales e incorporarlos a la práctica para elevar la producción en la región semiárida del Valle de Zapotitlán, la cual cuenta con una alta biodiversidad y forma parte del área natural protegida, Reserva de la Biosfera nombrada Valle de Tehuacán-Cuicatlán en el Estado de Puebla.

En este sentido, existen innumerables regiones en el país que carecen de programas de planeación regional adecuados y bien establecidos, con marcos legales que regulen la explotación de recursos naturales, y por ende, no se cuenta con una base de información completa que contenga inventarios de biodiversidad, cartografía temática y proyectos con propuestas integrales de desarrollo y alternativas para disminuir los problemas del medio ambiente, existentes en una región determinada. Para lo cual se necesita primero contar con una base de datos e información que contemplen aspectos del medio físico (geomorfología, geología y fisiografía), elementos que caracterizan y determinan los diferentes hábitats necesarios para el establecimiento de la vegetación y la fauna, en donde se llevan acabo también actividades humanas; cabe señalar que esto es muy importante, por que esto funciona como una información que debe analizarse primero para que, posteriormente, se lleve a cabo una estrategia de manejo bien fundamentada.

Por tal motivo, en este trabajo se aplica una de las metodologías de evaluación de zonas, que es la Regionalización Fisiográfica o Levantamiento Fisiográfico, que nos permite hacer una evaluación y ordenamiento de los recursos naturales que se presentan de forma heterogénea; facilitando la delimitación de áreas de tamaño adecuado para llevar a cabo proyectos de investigación, o aquellos relacionados con el uso intensivo de la tierra y el manejo de los recursos naturales del Valle de Zapotitlán Salinas.

## AGRADECIMIENTOS

**Principalmente** A mis padres por su amor, **José Guadalupe Barrera Flores** por su apoyo en las buenas y en las malas y el reconocimiento de mi parte por ser un hombre tan trabajador y dedicado. A mi Madre **Lidia Carrera Ojeda** con mucho cariño por su esfuerzo de siempre y por estar a mi lado en buenos y malos momentos durante mi vida y vaya también un reconocimiento por aguantarme tanto tiempo, tanta dedicación a la familia a ellos dos papá y mamá muchas felicidades por su gran esfuerzo y dedicación y muchas pero muchas gracias por su apoyo los quiero mucho.

A mis hermanas Mary, Soledad y Rosario por ese apoyo incondicional a pesar de la lejanía en la cual se encuentran viviendo y mi reconocimiento también por que han sabido salir adelante a pesar de los problemas, vaya de mi parte siempre les desearé lo mejor y espero algún día pagarles todo lo que me han dado. También agradezco el apoyo de mis hermanas Julia, Arte y Mirna. Gracias a todas ellas por que trataron, a su manera de aconsejarme. Y a mis Sobrinas Carla Cheryl , Ana Karen, Dayane, Yuki, por ser tan lindas conmigo a mis hermanas y sobrinas las quiero mucho.

A Dulce Neri una chica tan dulce “bebe” y linda por aguantarme durante este tiempo, por sus consejos, por sus regaños, por su amor, y a pesar de todo siempre te estaré agradecido, te quiero mucho.

A los familiares que siempre han estado al pendiente de la familia.

A Daniel, Panchito y Mayra por sus consejos para la realización de este trabajo.

En memoria de aquellos seres queridos y compañeros que ya no se encuentran aquí.

A mis cuates de toda la vida que son bastantes y que no basta con mencionarlos por que ellos ya lo saben que tienen un espacio muy especial aquí.

A los Maestros que mucho he aprendido de ellos y a toda la gente que siempre ha creído en mi

Gracias a Dios por brindarme espíritu, fuerza y fe para salir siempre adelante.

# ÍNDICE

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	
2.1. Objetivo General .....	3
2.1.1. Objetivos Particulares .....	3
2.2 Metas .....	4
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
3.1. Marco conceptual .....	5
3.2. Antecedentes .....	8
3.3 Justificación .....	10
<b>IV. ÁREA DE ESTUDIO</b>	
4.1 Ubicación geográfica .....	11
4.2. Clima .....	11
4.3. Fisiografía .....	11
4.4. Geología .....	13
4.5. Suelos .....	13
4.6. Vegetación .....	13
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
5.1. Fase I Revisión y Delimitación .....	15
5.1.1. Compilación de información .....	15
5.1.2. Levantamiento fisiográfico .....	15
5.2. Fase II Etapa de Campo .....	17
5.2.1. Verificación en campo .....	17
5.2.2. Toma de datos fisiográficos .....	17
5.2.2.1. Altitud .....	17
5.2.2.2. Pendientes .....	17
5.2.3. Toma de datos geológicos .....	17
5.2.4. Toma de datos geomorfológicos .....	18
5.3. Fase III Etapa de Síntesis y Análisis .....	18
5.3.1. Análisis del levantamiento fisiográfico .....	18
5.3.2. Análisis Geomorfológico .....	18
5.3.3. Análisis Geológico .....	19
5.3.4. Elaboración de Mapas .....	19

## VI. RESULTADOS

6.1. Fisiografía -----	21
6.1.1. Altitud -----	21
6.1.2. Curva hipsométrica -----	21
6.1.3. Pendientes -----	23
6.2. Geología del Valle de Zapotitlán -----	28
6.2.1. Historia Geológica -----	28
6.2.2. Unidades de roca -----	32
6.2.3. Litología superficial -----	32
6.3. Geomorfología del Valle de Zapotitlán -----	34
6.3.1. Clasificación geomorfológica -----	34
6.3.2. Unidades geomorfológicas -----	34
6.4. Regionalización Fisiográfica -----	39
6.4.1 Sistema SEDESOL Y OXFORD-MEXE -----	39
6.5. Levantamiento Fisiográfico -----	40
6.5.1. Sistemas Terrestres -----	44
6.5.1.1. Sistema Terrestre Acatepec -----	44
6.5.1.2. Sistema Terrestre Agua de Burro -----	48
6.5.1.3. Sistema Terrestre Aluvión -----	51
6.5.1.4. Sistema Terrestre Cipiapa -----	55
6.5.1.5. Sistema Terrestre Matzitzí -----	58
6.5.1.6. Sistema Terrestre Metzontla -----	62
6.5.1.7. Sistema Terrestre Miahuatepec -----	65
6.5.1.8. Sistema Terrestre San Juan Raya -----	68
6.5.1.9. Sistema Terrestre Zapotitlán -----	71

## VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

7.1 Regionalización -----	76
---------------------------	----

## VIII. CONCLUSIONES ----- 84

## IX. BIBLIOGRAFÍA ----- 86

## ANEXO

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.Principales Sistemas de regionalización para México -----	6
Cuadro 2.Tipología de escuelas nacionales e internacionales y su nivel de estudio -	8
Cuadro 3.Área superficial por categoría de pendiente de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán -----	25
Cuadro 4.Tabla comparativa de Unidades Cronoestratigráficas de las Formaciones geológicas del Valle de Zapotitlán establecidas por diferentes investigadores -----	31
Cuadro 5.Origen y proceso de formación de las unidades geomorfológicas -----	37
Cuadro 6.Clasificación de los Sistemas Terrestres del Valle de Zapotitlán y sus principales características de cada uno -----	42
Cuadro 7. Facetas del Sistema Terrestre Acatepec -----	46
Cuadro 8. Facetas del Sistema Terrestre Agua de Burro -----	49
Cuadro 9. Facetas del Sistema Terrestre Aluvión -----	53
Cuadro 10. Facetas del Sistema Terrestre Cipiapa -----	56
Cuadro 11. Facetas del Sistema Terrestre Matzitzi -----	60
Cuadro 12.Facetas del Sistema Terrestre Metzontla -----	64
Cuadro 13.Facetas del Sistema Terrestre Miahuatepec -----	67
Cuadro 14.Facetas del Sistema Terrestre San Juan Raya -----	70
Cuadro 15.Facetas del Sistema Terrestre Zapotitlán -----	74

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación geográfica de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán y el Valle del mismo nombre. -----	12
Figura 2.Eschema de la metodología para el Levantamiento Fisiográfico adaptado de Ortiz, 1978. -----	16
Figura 3. Esquema metodológico para la Descripción y Regionalización Fisiográfica del Valle de Zapotitlán -----	20
Fig.4 Curva Hipsométrica y Estimación de la Elevación Mediana del Valle de Zapotitlán -----	22
Fig.5 Mapa hipsométrico de la Cuenca Hidrográfica del Río Zapotitlán Salinas, Pue.-----	22
Figura 6.Perfil topográfico del Valle de Zapotitlán en el sentido de Sur a Norte ----	23
Figura 7.Gráfico de porcentaje de área de las clases de pendiente de la Cuenca hidrográfica de Zapotitlán -----	25
Figura 8. Curvas de nivel (topografía) de la Cuenca hidrográfica de Zapotitlán-----	26
Figura 9. Clases de pendiente de la Cuenca hidrográfica de Zapotitlán -----	27
Figura 10. Gráfico del área superficial de las unidades litológicas superficiales del Valle de Zapotitlán -----	33

Figura 11. Mapa geológico de litología superficial del Valle de Zapotitlán -----	33
Figura 12. Mapa de las unidades geomorfológicas del Valle de Zapotitlán -----	38
Figura 13. Grafico del área superficial de las unidades geomorfológicas del Valle -----	38
Figura 14. Grafico de las superficies de los Sistemas Terrestres del Valle de Zapotitlán -----	41
Figura 15. Mapa de los Sistemas Terrestres detectados para el Valle de Zapotitlán -----	41
Figura 16. Facetas del Sistema Terrestre Acatepec del Valle de Zapotitlán -----	47
Figura 17. Facetas del Sistema Terrestre Agua de Burro del Valle de Zapotitlán----	50
Figura 18. Facetas del Sistema Terrestre Aluvión del Valle de Zapotitlán -----	54
Figura 19. Facetas del Sistema Terrestre Cipiapa del Valle de Zapotitlán -----	57
Figura 20. Facetas del Sistema Terrestre Matzitzi del Valle de Zapotitlán -----	61
Figura 21. Facetas del Sistema Terrestre Metzontla del Valle de Zapotitlán -----	65
Figura 22. Facetas del Sistema Terrestre Miahuatepec del Valle de Zapotitlán -----	68
Figura 23. Facetas del Sistema Terrestre San Juan Raya del Valle de Zapotitlán ---	71
Figura 24. Facetas del Sistema Terrestre Zapotitlán del Valle de Zapotitlán -----	75
Figura 25. Esquema de las etapas de desarrollo de un Valle -----	77
Figura 26. Perfiles de nivelación del relieve formulado por Davis -----	82

## I. INTRODUCCIÓN.

México es un conjunto de espacios regionales que a través de su historia se han modificado, de acuerdo a las condiciones políticas, sociales, económicas y hasta religiosas del momento. Se ha visto que todos los espacios regionales son muy heterogéneos, muchos estudiosos del tema a lo largo del tiempo han tratado de distinguir y caracterizarlos para el país tomando en cuenta las particularidades de cada zona como son principalmente el clima, topografía, vegetación, las costumbres de la gente, las actividades productivas entre otros aspectos; pero esta tarea no ha sido fácil dada la gran complejidad del espacio geográfico de nuestro territorio, donde convergen e interactúan una multitud de factores ambientales, sociales y económicos. Por otra parte, aun falta integrar mucha información acerca de los procesos que dan origen a las condiciones físicas y biológicas del territorio. Obviamente que esta situación ha generado muchos problemas; sobre todo cuando se hacen intentos, para la planificación del espacio regional o para regular los usos de suelo para distintas regiones de acuerdo a las características muy particulares de cada lugar.

En consecuencia se tiene que la Regionalización, es parte fundamental para el ordenamiento territorial sobre todo de lugares donde existe una importante presión sobre los recursos naturales y que es necesario establecer marcos adecuados para analizar la disponibilidad de recursos de un área en particular de acuerdo a la demanda social que estos tienen (Bocco, 1998). El primer paso para la formulación de un plan de manejo, uso y conservación de los recursos naturales, así como para la preservación de la naturaleza, es la regionalización del territorio que a su vez es una parte fundamental dentro del esquema metodológico del ordenamiento ecológico del territorio, que se define como el instrumento técnico, operativo y legal para la planeación y regulación de actividades productivas en el país, todo lo anterior conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (López-Blanco, 1998).

El regionalizar el espacio geográfico permite facilitar del estudio y análisis de los paisajes terrestres, es decir ayuda a dividir grandes áreas heterogéneas en otras de menor dimensión y de menor complejidad, permite encontrar paisajes relativamente homogéneos dentro de la gran heterogeneidad de una región natural. Para poder comprender mejor la heterogeneidad de una región y explicarla en términos de su origen y evolución es necesario recurrir también a la geomorfología que explica como se desarrollan los procesos naturales como pueden ser la erosión y sedimentación en la superficie terrestre, estos procesos son los que principalmente van cambiando las formas del relieve y con ello van dando una heterogeneidad muy grande al paisaje. En esto tiene mucho que ver la fisiografía que se enfoca al estudio de las características externas de la superficie terrestre y su relación con las internas. El relieve forma parte del paisaje, el material parental, los organismos y la vegetación también lo forman (Botero, 1978).

Uno de los métodos más eficientes para realizar una regionalización geográfica, es el Levantamiento Fisiográfico el cual define las diversas áreas geográficas como unidades de paisaje, apoyándose en varios aspectos principalmente de la fisiografía y geomorfología, que describen en forma sistemática la realidad del paisaje y estudian las formas y aspectos de la superficie terrestre, desde el punto de vista de su origen y evolución (Cabrera, 1983).

El levantamiento fisiográfico es considerado como un sistema de clasificación de Tierras muy útil, sencillo y de bajo costo económico en comparación con otros tipos de levantamientos que utilizan métodos más costosos con herramientas de medición más costosas, el levantamiento permite organizar una región desde el punto de vista fisiográfico. Es importante para tener un análisis de una región grande y heterogénea a otras mas simples y homogéneas, considerar aspectos biológicos en cuanto a sus atributos para tener una perspectiva del uso y manejo de los recursos naturales de un espacio regional.

En el levantamiento fisiográfico, una región se divide en Sistemas Terrestres (unidades de paisaje), estas son áreas de tamaño adecuado para la planeación regional. Para obtener más información detallada en un sistema, este se divide en Facetas (unidad de paisaje) que se representan como un conjunto dentro del mismo sistema terrestre. Las Facetas tienen características más homogéneas de geología, suelo y vegetación; el área superficial de una faceta es de tamaño ideal para llevar a cabo una planificación en aquellos lugares donde principalmente la tierra se usa en forma moderadamente extensiva. Para ello se utilizan métodos fotogramétricos (análisis de imagen de satélite, mapa topográfico e interpretación de fotos aéreas) a escalas recomendables de trabajo de 1:250,000 a 1:20,000 estas son herramientas muy importantes empleadas en el levantamiento. El tener dos tipos de unidades de paisaje es muy importante ya que ayuda a optimizar el tiempo y además el análisis se vuelve fácil y entendible.

La información que arroja un levantamiento fisiográfico, permite al usuario emplearla como un archivo de información dinámica ó como un marco de referencia para la obtención de datos con propósitos específicos dentro del marco de las interpretaciones de las técnicas que permitan un avance en el conocimiento sobre problemas agrícolas, forestales, de perturbación a ecosistemas así como el brindar una gama de posibles soluciones a estos mismos; y poder establecer una jerarquía a los problemas y las posibilidades de desarrollo que existen en los espacios regionales dentro del territorio nacional.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General.**

- Realizar una regionalización fisiográfica y una descripción geomorfológica que permita delimitar y caracterizar los distintos paisajes de la Cuenca baja del Río Zapotitlán.

#### **2.1.1. Objetivos Particulares.**

- Hacer un levantamiento fisiográfico, para identificar y caracterizar los distintos Sistemas y Paisajes terrestres ó facetas que se presenten en el área de estudio.
- Describir y clasificar los distintos paisajes terrestres en función de sus atributos morfogénéticos (forma, relieve, litología y pendiente).
- Realizar un reconocimiento geológico general, que permita detectar y ubicar las principales formaciones geológicas del área.
- Identificar las distintas formas del relieve (topoformas) y clasificarlas según su origen y aspecto.
- Elaborar la cartografía temática básica, en los aspectos fisiográfico y geomorfológico.

## 2.2. METAS.

1. Que el presente trabajo contribuya a enriquecer la información del medio físico, en la región del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla como parte del proyecto general de la Unidad de Biología y Prototipos, en la ENEP-Iztacala UNAM.
2. Que los mapas temáticos que han sido elaborados sirvan de referencia espacial, para otro tipo de proyectos que se trabajen dentro del área en estudio.
3. La información de esta regionalización sirva de antecedente, así como el que pueda ser tomada en cuenta para un posterior trabajo de ordenamiento territorial en la zona y que se pueda compaginar con información ya existente.
4. Que la información vertida en la descripción y regionalización fisiográfica sea entendible para su consulta, incluso para aquellas personas ajenas al tema.
5. Dar a conocer esta información a la gente que habita la región, así como autoridades que la conforman para dar alternativas de planeación y manejo de los recursos naturales.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Marco Conceptual.

La regionalización es la división de grandes áreas en otras de menor tamaño para facilitar su estudio y análisis. El concepto de regionalización es muy amplio y su aplicación se ha llevado a múltiples disciplinas tales como la economía, política, demografía, geografía, ecología y desde luego en los trabajos encaminados a la evaluación, conservación, uso y manejo de los recursos naturales. El proceso de regionalización en el ámbito biológico geográfico, se ha encaminado principalmente hacia el ordenamiento ecológico, el desarrollo rural y en general hacia la planeación y manejo de los recursos naturales, lo que es básico en el nuevo orden establecido por el desarrollo sustentable.

Particularmente la regionalización fisiográfica, ha sido un tema de estudio para muchos investigadores desde fines del siglo XIX; en ese tiempo en los Estados Unidos se llevó a cabo una explotación muy intensiva del recurso natural por medio de las prácticas de agricultura y explotación forestal entre otras, por lo que se llevaron a cabo los primeros estudios.

El paisaje es la unidad funcional que se toma como base para los estudios geográficos; se define como una porción tridimensional de la superficie de la Tierra perteneciente a una sola unidad climática y geomorfológica, que tiene una relación definida con las áreas que lo rodean y dentro de la cual, al comparar posiciones, conllevan a un alto grado de homogeneidad geogenética.(Ortiz-Cuanalo,1978).

Existen dos tipos de paisaje: el fisiográfico y el ecológico. El primero llamado de tipo físico si se le agrega la acción de los seres vivos se convierte en ecológico. A su vez el ecológico se divide en modificado por el hombre (llamado cultural) y el no modificado (natural) (Ritter *et al.*, 1992).

Dentro de los métodos más empleados en la regionalización fisiográfica destacan tres corrientes o escuelas: la genetista, la morfológica y la paramétrica, la primera se basa en la apreciación general del paisaje en la que se destaca la influencia del clima, las grandes estructuras geológicas y en las relaciones entre la altitud y la variación de la temperatura, esta escuela es la más antigua y surge con los grandes naturalistas del siglo XIX, la principal aportación de esta corriente es el concepto de la Región Natural. La segunda escuela (paisajista o morfológica) ha resultado ser la más eficiente, práctica y útil hasta el momento, estas cualidades se deben en parte al apoyo de las técnicas de teledetección (interpretación de imágenes de satélite y de fotografías aéreas), que permiten apreciar mucho mejor los paisajes terrestres y otras características que son el resultado de controles geológicos, procesos geomorfológicos, etc. La tercera y última corriente es la paramétrica, cuya aplicación se restringe al conocimiento de la variación de parámetros ambientales específicos (temperatura, precipitación, pendiente, textura del suelo, etc.), por lo que su ámbito de utilidad se limita al estudio de espacios geográficos pequeños y para propósitos específicos, ya que por lo regular emplean técnicas analíticas costosas (Ortiz y Cuanalo, 1978). La corriente morfológica tiene algunas ventajas sobre la paramétrica, ya que ayuda a apreciar el paisaje como un todo y también permite explicar las causas de su diferencia; sin embargo, tanto el enfoque morfológico como el paramétrico no son excluyentes sino complementarios (Ortiz y Cuanalo, *op. cit.*).

Para la regionalización fisiográfica de la República Mexicana se tienen tres sistemas, todos ellos dentro la escuela morfológica, el primero de ellos es el propuesto por el INEGI que divide al país en provincias que son grandes áreas con respecto al clima y las geoformas de primer orden, estas a su vez se subdividen en subprovincias las cuales se reconocen con base a las topoformas (Quiñones, 1988). Otro sistema es el MEXE-OXFORD (Levantamiento Fisiográfico) que fue creado en Australia e Inglaterra (Oxford) y adaptado a las condiciones de México por investigadores del Colegio de Posgraduados (Ortiz y Cuanalo, 1978), las unidades fundamentales de clasificación fisiográfica de acuerdo a esta propuesta son la faceta y el sistema terrestre. El tercer sistema en uso es el diseñado por SEDESOL (1993) (Regionalización Ecológica), cuya finalidad es que sirva de marco de referencia geográfica para todo tipo de trabajo que tenga que ver con el ordenamiento ecológico, cuestiones de planeación del medio y uso de los recursos naturales. Este sistema al igual que los anteriores, tiene una estructura jerárquica en donde se parte de categorías superiores como son la zona y la provincia ecológica, para llegar a categorías menores como los sistemas ecogeográficos, los paisajes terrestres y la unidad natural (véase cuadro 1).

SISTEMAS	DIVISIONES	FINALIDAD
INEGI	Provincias, Subprovincias y Regiones	Para encontrar áreas homogéneas en cuanto su origen y aspecto.
MEXE-OXFORD (Levantamiento Fisiográfico).	Divisiones, Provincias, Regiones, Sistemas, Facetas y Elementos.	Adaptado a las condiciones de México, se utiliza para establecer unidades de manejo
SEDESOL (Regionalización Ecológica).	Zona, Provincia Ecológica, y categorías menores como son el Sistema ecogeográfico, Paisaje Terrestre y la Unidad Natural.	Para el ordenamiento ecológico, planeación del medio y uso de los recursos naturales.

Cuadro 1. Principales sistemas de regionalización para México.

Tanto para el levantamiento fisiográfico como para la regionalización ecológica, la interpretación de fotografías aéreas y el análisis de imágenes son herramientas fundamentales para analizar y dividir el paisaje. Estos métodos permiten entender con mayor claridad las causas fundamentales de las diferencias morfológicas de las unidades terrestres, además facilita la interpretación y la apreciación integral de las regiones, lo cual es fundamental para todo proyecto de planeación y desarrollo de un sitio. La subdivisión de un territorio en sistemas terrestres genera áreas de tamaño adecuado para la planeación regional integral y sobre todo para delimitar y diferenciar unidades reales de manejo y conservación.

Dentro del programa de SEDESOL (Regionalización Ecológica), se tiene que el nivel de zona se define principalmente en función del clima y corresponde así mismo a las estructuras geológicas mayores, a las regiones biogeográficas y áreas con procesos edáficos generales; de esto se determinaron cuatro grandes zonas para el territorio nacional: árida, semiárida, trópico seco y trópico húmedo.

Para nivel regional de provincia ecológica se tiene que corresponde a las unidades fisiográficas intermedias y comprende asociaciones geomorfológicas (mesetas, sierras lomeríos etc.). Las áreas resultantes poseen un patrón geomorfológico específico dentro de las grandes estructuras geológico-orográficas. Otro es el sistema ecogeográfico que se relaciona a conjuntos de topoformas homogéneas con un mismo patrón geomorfológico (relieve, evolución y génesis propia). Esta categoría está constituida de los siguientes elementos; lomeríos, mesetas, bajadas, llanuras, valles, depresiones, cañones y barras o playas.

El paisaje terrestre corresponde a divisiones simples y homogéneas, con un patrón de topoformas en donde el criterio edáfico es un factor auxiliar e importante que se suma a los básicos (clima y geomorfología). Este tercer criterio permite comprender la dinámica del paisaje ya que el suelo determina el tipo de vegetación y es el resultado del microclima y del patrón hidrológico.

La topoforma individual es muy pequeña y corresponde a una unidad natural cuya sucesión con otras similares o de origen común conforma un paisaje; así cada unidad posee un tipo de suelo propio y distintivo con procesos edáficos y geomorfológicos, hidrológicos y microclimáticos que determinan una fragilidad específica, por el grado de estabilidad entre los procesos edafogénicos y morfogenéticos (SEDESOL, 1993).

Por otra para el sistema MEXE-OXFORD, en general el Levantamiento Fisiográfico divide al paisaje en unidades naturales basándose en su origen, proceso y forma. Estas unidades tienen la ventaja práctica de que integran las complejas interrelaciones de muchos de los atributos del paisaje dentro de un todo. (Valero, 1982).

Las unidades fundamentales en la clasificación fisiográfica de acuerdo a esta propuesta son el sistema terrestre y la faceta. El sistema terrestre o ecogeográfico es un patrón recurrente de facetas, es decir como una unidad de paisaje en el cual las facetas guardan las mismas secuencias, este sistema es básicamente morfogenético mientras que la faceta es una unidad funcional. La faceta o paisaje terrestre corresponde al componente elemental de la unidad cartografiable a escala 1: 10, 000 a 1: 80,000 es un elemento morfogenético simple del relieve, con una apariencia uniforme y características edáficas constantes. (Ortiz y Cuanalo *op. cit.*) Las facetas son entonces subdivisiones del paisaje en áreas que se comportan de manera homogénea para usos semiintensivos y los sistemas terrestres también pueden concebirse como un conjunto de facetas genéticamente emparentadas.

Otro sistema de clasificación fisiográfica es a partir del reconocimiento de sistemas geomorfológicos simples como las topofomas las cuales se comportan como una expresión muy particular de la superficie terrestre (valles, mesetas, llanuras, lomeríos y sierras). Por otro lado, en el cuadro siguiente tomado de Mendoza, 1998 se muestran las tipologías jerárquicas basadas en algunos componentes generales del paisaje como el clima, la cobertura vegetal, la geomorfología y la actividad humana, según los diferentes niveles jerárquicos de las escuelas anteriormente mencionadas y algunas internacionales más importantes en el estudio de la regionalización (véase cuadro2).

NIVEL	CHRISTIAN Y STEWART FISIOGRÁFICO, CSIRO .	ZONNEVELD (HOLISTICO ITC- CIAF)	VAN ZUIDAM (GEOMORFOLÓGICO, ITC)	ZINCK GEOMORFOLÓGICO SUELOS, ITC	SEDUE PAISAJISTICO	INEGI FISIOGRÁFICO	ORTIZ-SOLORIO Y CUANALO DE LA CERDA (LEVANTAMIENTO FISIOGRÁFICO DE SUELOS DE CHAPINGO)
General					Zona		Zona terrestre
↑				Geoestructura			División terrestre
						Provincia fisiográfica	Provincia terrestre
	Sistema de terreno complejo	Paisaje principal	Provincia de terreno	Ambiente morfogenético	Provincia ecológica	Subprovincias fisiográficas	Región terrestre
						Discontinuidad fisiográficas	Subregión terrestre
↓	Sistema de terreno	Sistema de terreno	Sistema de terreno	Paisaje geomorfológico	Sistema terrestre	Sistema de topofomas	Sistema terrestre
	Unidad de terreno	Faceta terrestre	Unidad de terreno	Relieve/modelado Litología/facies	Paisaje terrestre	Topofomas	Faceta
Detallado	Faceta de terreno	Ecotopo	Componente de terreno	Forma del relieve	Unidad natural	Elemento de topofomas	Elemento

Cuadro 2. Tipología de escuelas nacionales e internacionales y su nivel de estudio.

### 3.2. Antecedentes

Uno de los trabajos más importantes en revisión de información histórica con respecto al tema de Fisiografía fue hecho por Hernández (1995) con un ensayo, acerca de los conocimientos fisiográficos de los mexicas y los mayas, donde muestra la concepción de las culturas prehispánicas de mesoamerica hacia el medio físico y como utilizaban los conceptos según las características del relieve, y su aplicación hacia las construcciones de caminos, ciudades entre otros, también en base a la conceptualización se tiene la clasificación de suelos por parte de los nahuas y los mayas, todo esto resalta la importancia para el desarrollo de los pobladores de una región.

Uno de los primeros estudios donde se utiliza la regionalización fisiográfica es el de Webste y Beckett (1970), quienes hacen una revisión exhaustiva de estudios fisiográficos y proponen una clasificación cuya unidad mayor sea el sistema terrestre dentro de la cual estén las facetas, que su vez pueden ser subdivididas en elementos y variantes (Ortiz-Cuanalo, 1978).

Entre los estudios fisiográficos que han dejado escuela en México son el trabajo realizado por Ortiz - Cuanalo, (1977) en el que elaboran un levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo, México en tierras erosionadas y evalúan la capacidad de uso del suelo al dividir la región en sistemas terrestres y facetas.

Un año mas tarde Ortiz - Cuanalo, (1978) proponen una metodología para el levantamiento fisiográfico, como un sistema de clasificación de tierras, en donde por medio de imágenes de satélite y fotografías aéreas detectan los Sistemas terrestres y Facetas, para después elaborar los mapas fisiográficos.

Para los años 80s. Castillo-Cortina (1984) realizaron una descripción fisiográfica en la parte baja de la cuenca del Río Tuxpan, en donde a partir de las unidades fisiográficas y uso actual de suelo, elaboran una tesis acerca del uso actual y potencial proponiendo alternativas de manejo para cada unidad fisiográfica así como una serie de medidas de conservación.

Castro et.al. (1989) elaboraron un levantamiento fisiográfico en la reserva de la biosfera del cielo en Tamaulipas, a nivel faceta la cual describió y mapeo a escala 1:100,000, señalando como un aspecto importante a las clases de pendiente y la topografía para evaluar el riesgo de erosión.

Martínez (1992) realizó un levantamiento Ecofisiográfico en la comunidad de Zoyatlán de Juárez, Guerrero; en el cual utilizó rasgos fisiográficos y de vegetación para definir unidades ambientales específicas, las cuales comparo con las geofomas, encontrando una variación de las características del paisaje.

En un diagnóstico Ecofisiográfico reportado por Toledo (1994) en el municipio de Alcozauca, Guerrero; realizó un análisis de la geología y geomorfología, describiendo las geofomas tomando como base el mapa hipsométrico mostrando rasgos generales de la fisiografía, dicha información fue digitalizada utilizando el sistema de información geográfica ILWIS.

Fuentes (1972), publica un trabajo de regionalización del estado de Puebla, en donde se sigue el análisis de la vieja escuela genetista en la que logra reconocer y caracterizar las distintas regiones naturales por cada municipio del estado .

Para el área de estudio se tiene el trabajo hecho por Fuentes *et. al.* (1971) realizaron un análisis geográfico de la zona de San Juan Raya, Puebla, en el que se logra resaltar aspectos importantes de los recursos naturales que existen en la zona. También analizan la morfología del valle señalando que para su formación los procesos erosivos fueron muy importantes, todo esto a consecuencia de una hidrografía anárquica lo que se corrobora por la presencia de abundantes cárcavas y barrancas.

El trabajo de García (1991) quien llevó a cabo un análisis de las unidades del paisaje en la cuenca del río Zapotitlán y la relación de la vegetación con dichas unidades. Para ello se baso en la geomorfología, la cuál definió con base en la historia geológica de ésta región, asociando factores como el grado de la pendiente, tipos de suelo, tipo de vegetación y valores hidrométricos de acuerdo a subcuencas.

Osorio (1996) hace un análisis del tipo de vegetación y la diversidad que existe en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla; la descripción se hizo con base a las diferentes unidades geomorfológicas que existen tales como laderas, barrancas lomas, etc. y la influencia de la pendiente en la distribución de las especies.

Por último, uno de los trabajos más recientes sobre aspectos del medio físico en el Valle de Zapotitlán de las Salinas Puebla, es el realizado por Neri,(2000) en el que desarrolla una caracterización hidrológica de la Cuenca baja del río Zapotitlán y trabaja con las microcuencas que el mismo autor establece y analiza mediante las corrientes superficiales, geomorfología de cada microcuenca, datos de uso de suelo y vegetación así como la geología y además un análisis de las condiciones climáticas para la zona.

### **3.3. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Edafología, y forma parte del “Diagnostico Físico”, del proyecto general de la Unidad de Biología y Prototipos (UBIPRO), en la ENEP-IZTACALA, desarrollado en la localidad del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Con el fin de llegar a entender conclusiones útiles para los interesados, es importante no concentrarse exclusivamente en datos ambientales, en estos archivos de información hay que añadir informaciones agronómicas, económicas y sociológicas apropiadas a los objetivos fijados en un proyecto como éste, por lo tanto los estudios de la parte social deben realizarse paralelamente a los ambientales.

## IV. ÁREA DE ESTUDIO.

### 4.1 Ubicación Geográfica.

El Valle de Zapotitlán se encuentra al Sureste del estado de Puebla y zonas adyacentes al Noroeste de Oaxaca. Limita al oriente con las Sierras de Atzingo y Miahuatepec, al norte con los cerros Chacateca y Pajarito, al Poniente con los cerros Gordo y Otate y al Sur con los cerros os Yistepec y Acatepec (Osorio, 1996). Tiene una superficie aproximada  $269 \text{ Km}^2$  y se ubica entre los  $18^\circ 24'$  y  $18^\circ 12'$  latitud Norte y entre los  $97^\circ 24'$  y  $97^\circ 36'$  longitud Oeste. El Valle pertenece en términos hidrográficos a la Cuenca del Río Zapotitlán y colinda al Noroeste con el Valle de Santa Ana, este último pertenece también a dicha cuenca. (véase fig.1).

### 4.2. Clima.

El Valle es considerado como una región semiárida. La condición de sequía que prevalece en la región, es consecuencia del efecto de sombra de lluvia, ya que la Sierra Madre Oriental forma una barrera que dificulta el paso de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México (Díaz, 1991). Además, por su ubicación dentro del trópico seco mexicano el Valle de Zapotitlán presenta un clima seco, con lluvias de verano donde la precipitación es más estacional y predecible a diferencia de los desiertos del Norte de México. La precipitación total anual promedio es de 446.8 mm. y la temperatura media anual varía entre los 18 y 22 °C. La fórmula climática reportada para la estación meteorológica Zapotitlán-Salinas es  $B_{shw}(e)_{gw}$ , de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García. (Bernal, 1996).

### 4.3. Fisiografía.

El Valle de Zapotitlán pertenece a la provincia fisográfica del Valle de Tehuacán Cuicatlán, distinguiéndose por su fisonomía accidentada típica de la región conocida como Alta Mixteca. Entre las principales geofórmulas que caracterizan al área están los depósitos aluviales, laderas, zonas planas, cerros barrancas, cuevas y serranías con suelos derivados de lutitas, areniscas y calizas (Osorio, 1996).

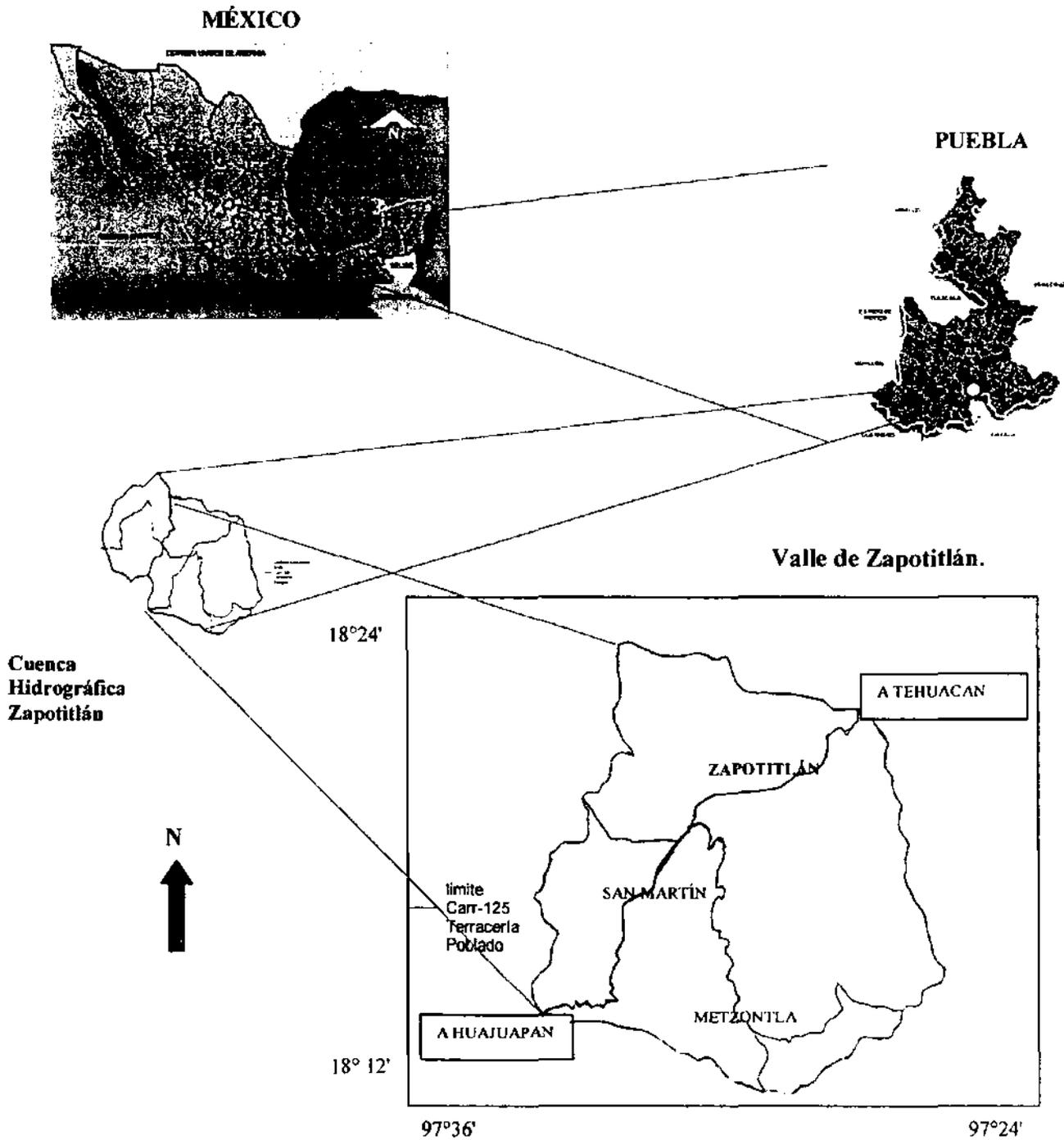


Fig. 1. Ubicación Geográfica de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán y el Valle del mismo nombre.

#### 4.4. Geología.

La geología del área está dominada por asociaciones de rocas sedimentarias como: calizas, lutitas, conglomerados y areniscas. Una parte del valle pertenece a la formación Zapotitlán, que consiste en una serie de lutitas con bancos margosos que afloran en los alrededores de Zapotitlán, pertenecientes al Barremiano Superior, que descansan sobre rocas metamórficas del complejo basal en las localidades del arroyo Carrizal y al Sureste de Acatepec. Ahora bien, hacia el Oeste y Norte de los Reyes Metzontla, Norte y Este de San Francisco Xochiltepec y al Este de San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec el basamento lo constituyen rocas continentales del Jurásico (Díaz, 1991).

#### 4.5. Suelos

Los suelos del Valle son someros pedregosos halomórficos, con diferentes estados de alcalinidad y salinidad, entre los cuales destacan por su importancia los Litosoles, Cambisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos (Díaz, *op. cit.*). Y hacia donde se acumula el aluvión predominan las Rendzinas y en segundo plano el Vertisol pélico y el Regosol calcárico con una clase textural media a los 30cm de superficie del suelo y hacia el Oeste del Valle predomina el Regosol éutrico (Carta Edafológica E 14-6, 1983, escala 1:250,000).

#### 4.6. Vegetación.

La vegetación es característica de zonas semiáridas y con algunos elementos característicos del trópico seco compuesta principalmente por matorrales y selvas bajas caducifolias de las cuales se tienen cinco categorías y son las siguientes:

##### a) Matorral Espinoso.

El tipo de vegetación existente en la zona es Matorral Espinoso con Espinas Terminales no mayor a dos metros de altura, las especies más importantes son, *Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox*, *Mimosa luisana*, *Cordia curassavica*, *Bursera arida* *Fouquieria formosa*. También se encuentran plantas suculentas y algunos elementos rosetófilos pertenecientes a : *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia pilifera*, *Agave karwinskii*, *Mammillaria carnea* y *Mammillaria sphaelata*. (Oliveros, 2000)

##### b) Matorral crasicaule ó tetechera.

Las Tetecheras, son agrupaciones de plantas crasas de 3 a 11 metros de altura la especie más importante es *Neobuxbaumia tetetzo* y algunos arbustos ; *Prosopis laevigata*, *Mimosa luisana*, *Castela tortuosa*, *Fouquieria formosa*, *Opuntia depresa*, *Beaucarnea gracilis*, *Pachycereus hollianus* y *Cephalocereus columna-trajani* (Oliveros, *op. cit.*).

c) Selva Baja Espinosa Perennifolia .

Este tipo se caracteriza por el predominio de *Prosopis laevigata* constituyendo los llamados mezquiales conformado por estratos arbustivos y herbáceos y una variedad de pastos. Las especies abundantes son *Celtis pallida*, *Castela tortuosa*, *Cercidium praecox* y cactáceas como: *Stenocereus pruinosus*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia pilifera*, *Opuntia tunicata*, *Pachycereus hollianus* , *Pachycereus marginatus* y *Peniocereus viperinus* . En el estrato herbáceo son: *Verbesina sp.* , *Talinum paniculatum* y *Agave marmorata* y *Agave macroacantha*. Los pastos *Aristida glauca* y *Bothriochloa barbinodis* , entre otros (Osorio, 1996).

d) Tetechera- Cardonal .

En este tipo de vegetación hay una mezcla de cactáceas columnares como las siguientes *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajani* otras son; *Acacia coulteri*, *Mimosa luisana*, *Fouquieria formosa*, *Caesalpinia melanadenia*, *Prosopis laevigata*, *Ferocactus flavovirens*, *Mammillaria haageana*, *Mammillaria sphacelata*, *Echinocereus pulchellus*, *Cercidium praecox*, *Verbesina sp.* y *Sanvitalia fruticosa*. (Osorio, *op. cit.*).

e) El Cardonal.

De las especies dominantes están *Stenocereus stellatus* y *Myrtillocactus geometrizans*, el otro es de *Cephalocereus columna-trajani* y también hay algunos elementos de Izotal; *Beaucarnea gracilis* y una gran variedad de Agaves, y un pasto representado por *Sporobolus pyramidatus*. Y por último la Selva Baja Caducifolia en este tipo predominan las familias, *Caesalpiniaceae*, *Fabaceae* y *Mimosaceae*. *Mimosa lacerata* , *Prosopis laevigata* *Senna holwayana*, *Zapoteca formosa* , *Acacia sericea*, *Ceiba parvifolia* y *Bursera biflora*, además de *Myrtillocactus geometrizans*, *Yucca sp.* junto con *Plumeria rubra*; (Osorio, *op.cit.*).

La Zona del Valle de Zapotitlán de las Salinas fue decretada Área Natural Protegida sujeta a conservación ecológica de acuerdo a la publicación del Diario oficial de Diciembre de 1995. (Osorio, *op. cit.*). Estas medidas deben contemplar programas que involucren el análisis de las actividades productivas de los pobladores del Valle de Zapotitlán y que junto con el conocimiento biológico ayuden a la conservación de la diversidad biológica y cultural de la región.

## V. MATERIALES Y MÉTODO.

### 5.1 FASE I Revisión y delimitación.

#### 5.1.1. Compilación de información.

El trabajo se inició con la compilación y revisión de información existente del área de estudio y de cuestiones metodológicas por medio del análisis de material bibliográfico y de cartografía temática (geología, clima, vegetación, suelos, topografía, etc). Con esta información se delimitó y describió el área y también se afinaron diversos aspectos metodológicos, como es la selección y estandarización de técnicas.

#### 5.1.2 Levantamiento Fisiográfico.

Se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Ortiz y Cuanalo (1978), que se inicia con un análisis visual de una imagen multispectral de satélite escala 1: 250,000 y de cartografía temática a la misma escala para reconocer y delimitar los distintos sistemas terrestres y formaciones geológicas para lo cual se consideraron los siguientes puntos: clima, geología, patrón de drenaje, formas del relieve, análisis de tonalidades y texturas.

Después se hizo una fotointerpretación hipotética preliminar sobre aerofotos de escala 1:75,000 y 1:20,000 blanco y negro con la finalidad de subdividir cada sistema terrestre reconocido en el paso anterior y posteriormente se delimitaron las facetas o paisajes terrestres que son unidades o categorías de menor dimensión y más homogéneas, para lo cual se tomaron aspectos como: pendiente, topografía, tipo de suelo, patrón hidrológico y cobertura vegetal.

La fotointerpretación se realizó por medio de identificación directa con un grado de semidetalle que permitió un reconocimiento más amplio, por otra parte, también se realizó una interpretación asociativa, en ésta, el terreno presenta una geomorfología comparable con otras y por último la interpretación deductiva, que se basa en la forma de paisaje y los patrones de drenaje; también se interpreta la estructura geológica y litológica; para esto se contó con mosaicos aerofotográficos, para obtener un mayor grado de precisión (Ortiz y Cuanalo, *op. cit.*). Así mismo, en cada faceta se hizo un reconocimiento de la litología superficial asociándola con la formación geológica correspondiente. Por último, se elaboro un mapa preliminar de sistemas y facetas con las divisiones hipotéticas.

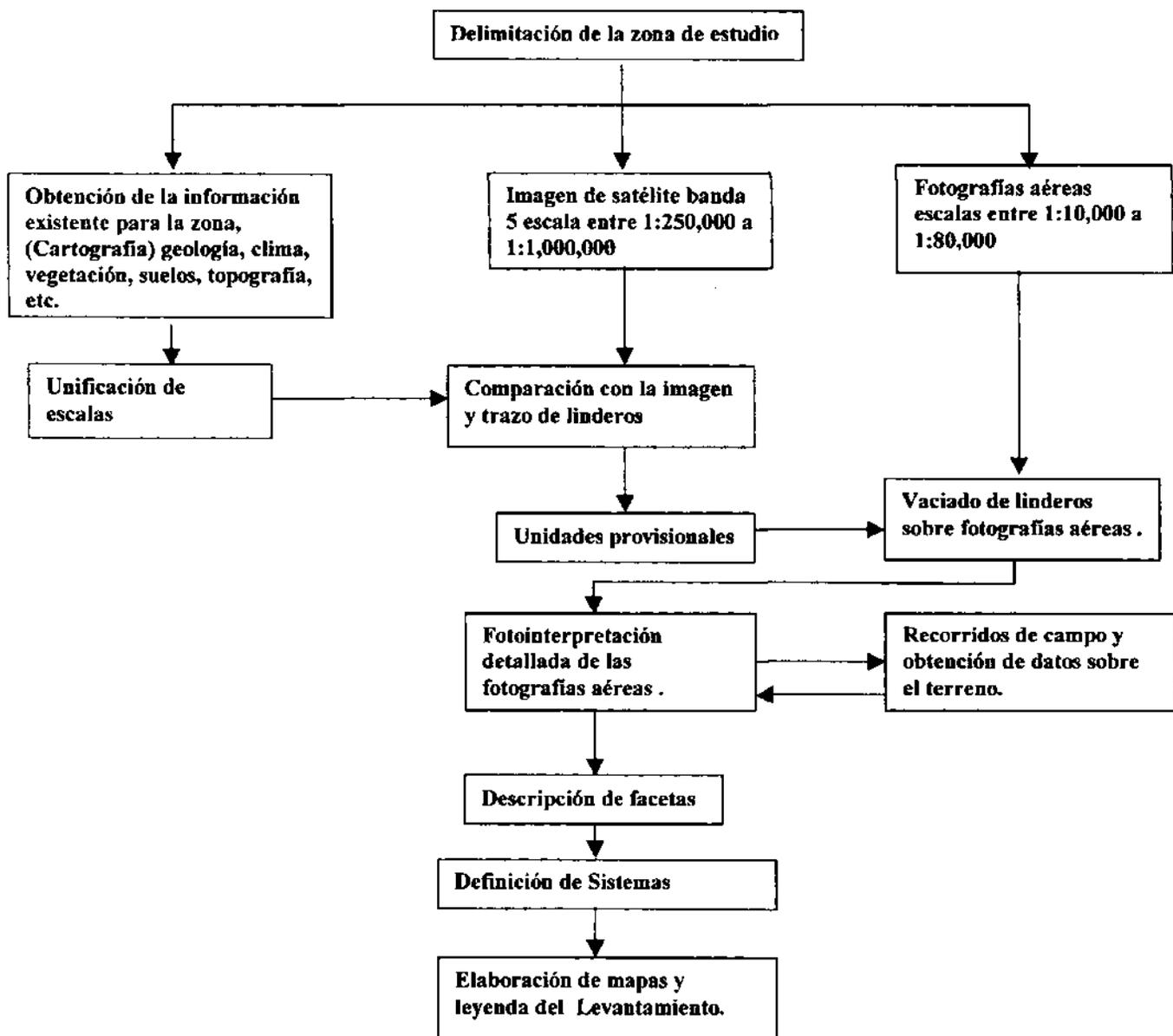


Figura 2 . Esquema metodológico para la realización del Levantamiento Fisiográfico (tomado de Ortiz,1978).

## 5.2.FASE II Etapa de Campo.

### 5.2.1. Verificación en campo.

En esta etapa se hizo una verificación de las observaciones anteriores, a través de la comprobación de datos y toma de muestras correspondientes, lo que implicó evaluar: pendiente, altitud, tipo de roca, reconocimiento de topoformas, tipo de suelo, uso del suelo, hidrología superficial y cobertura vegetal.

### 5.2.2 Toma de datos Fisiográficos.

Se llevó a cabo el reconocimiento de los Sistemas Terrestres y Facetas en estas últimas se consideraron los elementos naturales y las variantes ya antes mencionadas.

#### 5.2.2.1 Altitud.

La altitud se tomó en algunos sitios en el campo principalmente para ir corroborando junto con el mapa topográfico esta medición se llevó a cabo con un altímetro de bolsillo.

#### 5.2.2.2. Pendientes.

Para su descripción se tomaron medidas de pendientes de cada geoforma y se fueron tomando los siguientes rangos o categorías tomadas de Velasco (1983) con denominación que va para la clase 2T suaves, 3T moderadas 4T inclinadas, 5T muy inclinadas, 6T moderadamente escarpadas, 7T escarpadas y 8T muy escarpadas (véase anexo).

### 5.2.3. Toma de datos geológicos.

Se tomaron muestras de roca y minerales con la ayuda de un cincel y martillo etiquetando las muestras con los siguientes datos: localidad, fecha, formación, altitud, tipo de suelo y topografía. En este recorrido se delimitaron las unidades litológicas más significativas, tomando como criterio de significancia su expresión dada por unidades del relieve (Martínez, 1992).

Así mismo se trató de identificar las estructuras geológicas, tales como plegamientos, anticlinales sinclinales, rumbos y echados, fallas, etc. sólo de los principales sistemas, también se verificó la litología superficial y la presencia de las principales formaciones geológicas reportadas para la zona. Para el reconocimiento de las estructuras se realizaron mediciones de pendientes y las medidas de ángulos de inclinación (echado) en la que se empleó un clisímetro de mano, esto último para tener de forma general un aspecto de los plegamientos. Para la determinación del rumbo de los plegamientos se utilizó una brújula con clinómetro (Bruton). (Longwell, 1974).

Para el reconocimiento de las estructuras geológicas y unidades litológicas se recurrió a la ayuda de la fotogeología cualitativa en el Laboratorio, que nos permitió reconocer e interpretar los rasgos geológicos a partir de fotografías aéreas vistas a partir de lentes estereoscópicas de

bolsillo, tomando en cuenta algunos datos como son la tonalidad en la foto aérea, su textura, forma del relieve, rupturas de pendiente entre otras (véase anexo).

#### 5.2.4. Toma de datos geomorfológicos

Para el reconocimiento de las unidades geomorfológicas se delimitaron las diferentes topoformas estas se sistematizaron con respecto al sistema de clasificación fisiográfica de la Dirección General de Geografía y al sistema general de Geoformas INEGI, 1987. Las unidades se clasificaron por su forma en: laderas, colinas, pie de monte, cumbres, lomerío, terrazas, cimas, etc. (Quiñones, 1987).

### 5.3 FASE III Etapa de síntesis y análisis

#### 5.3.1. Análisis del levantamiento fisiográfico.

Se diferenciaron los sistemas terrestres de acuerdo a características del terreno basándose en la litología, origen de las estructuras geológicas, patrón geomorfológico, así como la hidrología y análisis de patrones erosivos. Para el reconocimiento de las facetas se hizo una interpretación principalmente de la forma, esto en cuanto a la posición en el paisaje así como una interpretación de geoformas, análisis de pendientes, características edáficas y cobertura vegetal y uso del suelo. Paralelamente se realizaron fotointerpretaciones específicas para cada sistema terrestre para definir:

- Unidades fisiográficas.
- Unidades litológicas (formaciones y rocas superficiales).
- Unidades geomorfológicas (geoformas).

#### 5.3.2. Análisis Geomorfológico.

El reconocimiento geomorfológico se realizó con base a la identificación de topoformas donde se analizaron y compararon las distintas unidades, así como el modelado del paisaje, posición de las geoformas, espacio, disposición y comportamiento en cuanto a su formación y el grado de erosión. Se tuvo que proceder a realizar una segunda fotointerpretación que fue definitiva apoyada con toda la información recabada y obtenida en las etapas anteriores en donde se trazaron bien los límites de las topoformas. En este punto fue muy importante el apoyo de la información geológica, que ayudo a reconocer los principales procesos que dieron origen a las actuales estructuras geológicas; de igual modo un aspecto de gran valía fue el análisis del patrón de escurrimientos superficiales, indicador de la actividad erosiva y de modelado diferencial de la zona estudiada.

### 5.3.3. Análisis Geológico.

Esta llevó a cabo revisando aspectos de la historia geológica y con la identificación de las formaciones geológicas presentes en el Valle y a la relación que guardan estas con las unidades litológicas muy características que las conforman, y considerando la escala de tiempo geológico para ubicar los momentos de formación y los procesos que intervinieron. Todo se hizo principalmente con la revisión de los reportes geológicos del área y con apoyo de la fotointerpretación geológica.

### 5.3.4. Elaboración de Mapas.

Finalmente se procedió a elaborar los mapas correspondientes con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica, con el programa ILWIS versión 2.2 para Windows 97; (ITC,1997), instalado en el área de computo de la Unidad de Biología y Prototipos del Campus Iztacala. En la elaboración de los mapas se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- a) Un análisis de la carta topográfica escala 1:50,000. TEHUACAN. INEGI
- b) Se marcaron los límites sobre la carta topográfica.
- c) Colocación de la carta topográfica 1:50,000 con los límites marcados sobre una tableta electrónica.
- d) Para transferir los datos se tomo en cuenta las coordenadas geográficas del área, así como las propiedades del mapa, nombre del mapa y la información que va a proporcionar.
- e) Se creó un archivo para hacer un mapa de segmentos.
- f) Se digitalizo el Mapa, a partir de los trazos que fueron vaciados en la carta topográfica.
- g) Otro de los pasos fue el crear un mapa de puntos en el de segmentos para que se pueda dar un valor numérico a la información y así el programa nos permita desarrollar otras aptitudes en el mapa que se esta generando.
- h) Se poligonizó y rasterizó.
- i) También se elaboró un histograma (tabla de valores de área superficial) para respaldar la información mapeada.

Los Mapas que se obtuvieron fueron :

- Hipsométrico
- Pendientes .
- Sistemas Terrestres
- Facetas de cada Sistema Terrestre
- Unidades geomorfológicas (geoformas)
- Geológico

Por último, se ordeno y clasificó la información, y se presentó por medio de textos, cuadros y figuras.

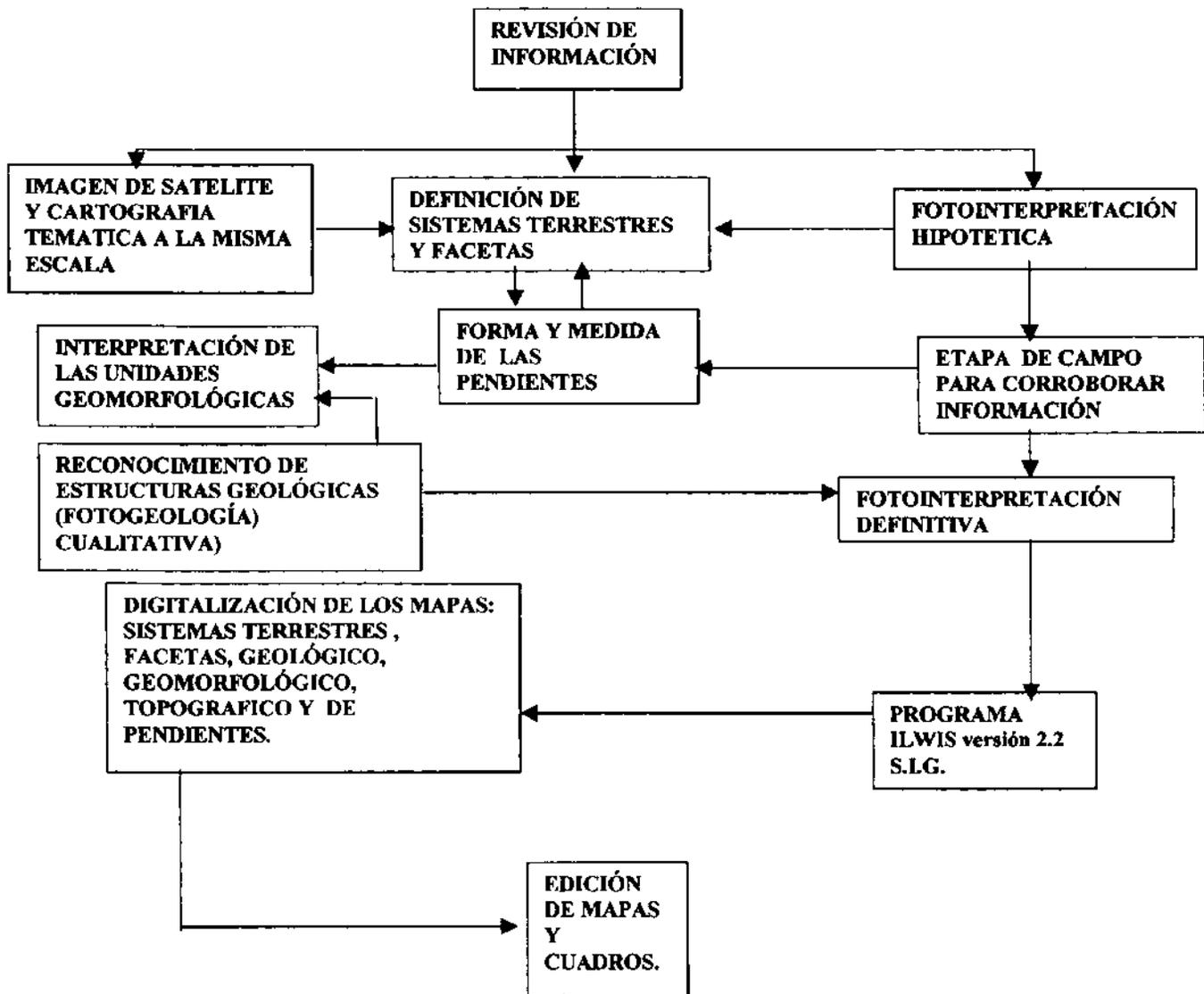


Figura 3. Esquema Metodológico de la Descripción y Regionalización Fisiográfica del Valle de Zapotitlán.

## VI. RESULTADOS.

### 6.1 Fisiografía.

#### 6.1.1 Altitud

El área estudiada es el Valle de Zapotitlán comprende una superficie de 269 km<sup>2</sup>, la topografía es en general heterogénea, presenta una variación altitudinal que va de los 1460 msnm. donde se encuentran las terrazas a los 2600 msnm. hacia los parteaguas donde se localizan las cimas de los cerros.

Las curvas de nivel representadas a través del mapa topográfico (véase fig. 8) indican un comportamiento del relieve es heterogéneo por lo que se establece que el terreno es irregular, esto quiere decir que las curvas de nivel se distorsionan tanto y siguen un patrón no tan definido en su comportamiento al presentar cambios bruscos, como los que se presentan en terrenos abarrancados y serranías de la región.

Las formas del relieve más representativas entre altitudes que van de 1400-1600 msnm fueron las terrazas. También en este rango de altitud se observaron los pie de monte y taludes. Los cerros aislados se ubicaron en altitudes entre los 1500-1700 msnm, y laderas altas en el rango que van de los 1800 a 2200 msnm (véase fig.6).

#### 6.1.2. Curva Hipsométrica.

El Valle de Zapotitlán tiene una superficie de 269km<sup>2</sup>, en la curva hipsométrica (véase figura 4) se tiene el 50% con un área acumulada de 120 km<sup>2</sup> con elevaciones representadas que van de los 2500 msnm. desde el parteaguas a los 1800 msnm. Mientras que el otro 50% tiene un área acumulada de 149km<sup>2</sup> con elevaciones por debajo de los 1800 msnm. hasta los 1440 msnm esta última cota se encuentra en la parte más baja donde va a desembocar el río Zapotitlán en la parte Este del Valle.

Por lo tanto se tiene un Valle Maduro ya que la mayor parte del área tiene un relieve que no es muy fuerte, es decir a menores cotas el relieve es menos accidentado por lo que la velocidad en el escurrimiento va a ser menor, que si estuviera en etapa del desarrollo tendiendo hacia la juventud donde el relieve sería más accidentado y la velocidad de escurrimiento sería mayor. (Campos,1992).

### Curva Hipsométrica y Estimación de la Elevación Mediana del Valle de Zapotitlán

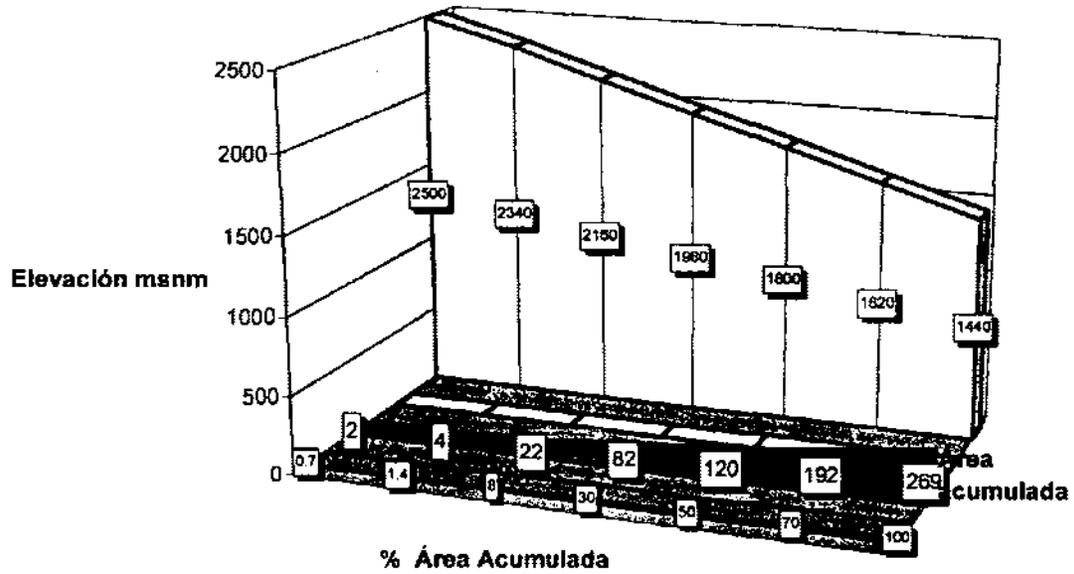


Fig.4. Curva Hipsométrica y Estimación de la Elevación Mediana del Valle de Zapotitlán Pue.

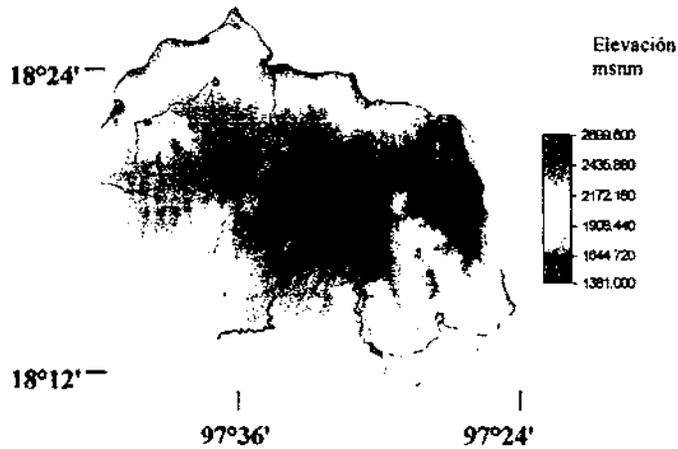


Fig.5 Mapa Hipsométrico de la Cuenca Hidrográfica del Río Zapotitlán Salinas, Pue.

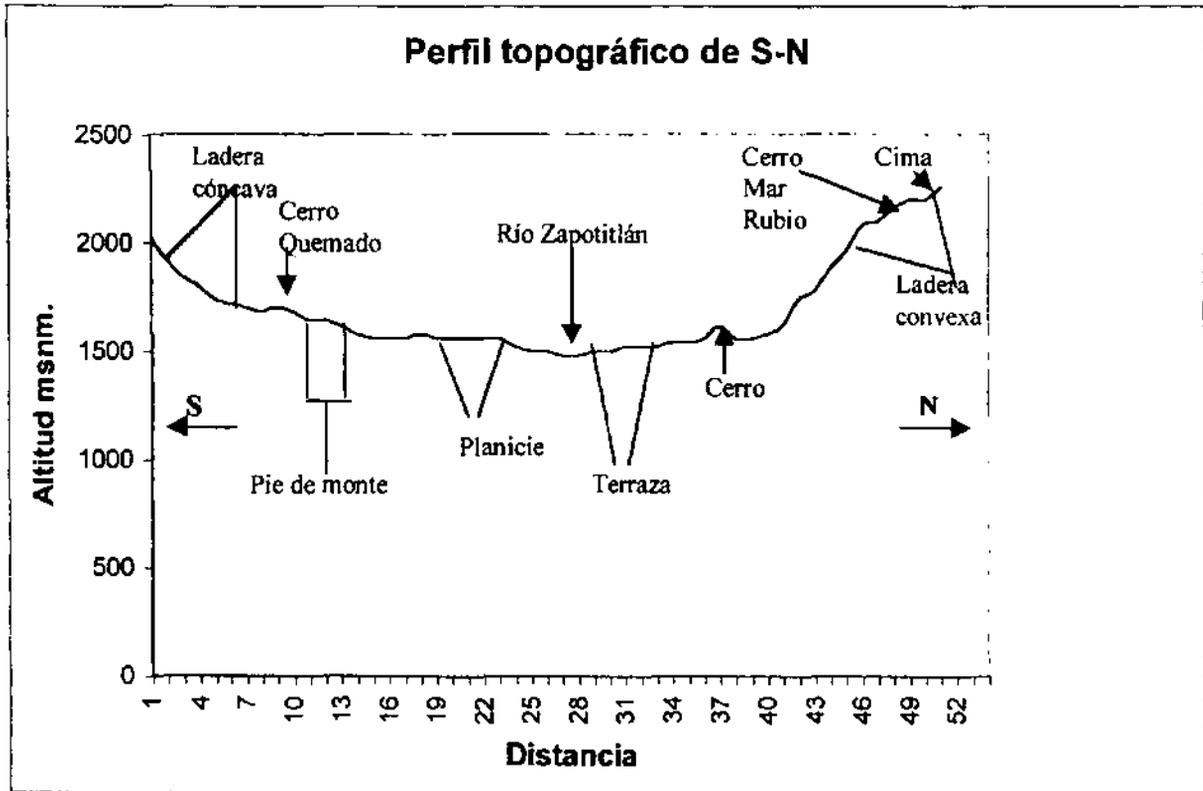


Fig. 6. Perfil topográfico del Valle de Zapotitlán, Puebla en el sentido de Sur a Norte.

### 6.1.3. Pendientes

A partir del mapa topográfico se hizo el cálculo de las pendientes del Valle, para posteriormente agruparlas por clases de rangos de acuerdo a los criterios de Velasco, 1983. Con esta información se elaboró el mapa de pendientes, donde se clasifican de acuerdo al tipo de terreno separándolas en ocho clases (véase cuadro 3). La denominación que se le dio a las categorías, fue tomada de la guía para la elaboración de estudios del medio físico, Clavér, 1982. (véase anexo.)

De un área de 396.34 km<sup>2</sup> de la Cuenca Hidrológica de Zapotitlán, el 21% presenta pendientes que corresponde a la categoría 5T muy inclinadas, el 22% del total del área tiene pendientes de la clase 6T moderadamente escarpadas, después le siguen la zonas de la clase 2T con pendientes suaves del 2-6%, ocupando el 19% del total. Otras categorías con menor presencia son la clase 3T moderadas con un 14%, clase 4T inclinadas con 11%, 7T escarpadas con el 13% y el valor más bajo en cuanto a superficie es la clase 8T con .14% esta última categoría corresponde a pendientes muy escarpadas (véase fig. 6y 7), y por lo general esta clase se encuentra en lugares donde la altitud en metros sobre el nivel del mar es muy considerable por arriba de los 2400 en el caso de cordilleras (véase fig.6 y anexo).

En el Valle existe una variedad en las formas de la pendiente y eso se debe a lo heterogéneo que es el relieve como se ha mencionado anteriormente. Las formas convexas de la pendiente actúan como pendientes de reptación para el transporte de sedimentos de las partes altas a las partes más bajas y están dentro de la categoría de pendientes moderadamente escarpadas a escarpadas. En los Sistemas Zapotitlán, Metzontla, Cipiapa, Matzitzí y San Juan Raya (véase fig.11) que más adelante mencionaremos sus características más importantes tienen la forma convexa y se distinguen por ser esparcidoras de agua, en general la curvatura de las pendientes convexas están reguladas por la condición de remoción en masa. La reptación actúa como un proceso gravitacional el ángulo de pendiente debe aumentar radialmente desde la cumbre con el objeto de mover la mayor cantidad de detritos, este fenómeno se da en las partes más altas como sucede en los Sistemas anteriormente mencionados.

Para el caso de las pendientes en forma cóncava, las curvas de nivel de la misma tienden a ser colectoras de agua que proviene de un área grande más alta en la pendiente por lo que este tipo entran dentro de la categoría de pendientes muy inclinadas a moderadamente escarpadas y se localizan en casi todos los Sistemas terrestres a excepción de los Sistemas Cipiapa con elevaciones muy altas muy escarpadas y Aluvi3n con elevaci3n muy baja y de pendiente casi llana. Este tipo de pendiente tienen una condici3n de forma en las laderas cóncavas que abarcan un 57 % de superficie del total para el Valle (véase fig. 24) (Bloom,1974). Para pendientes de forma recta estas se ubican en relieves muy elevados en donde aparece un escarpe o ca3da de la pendiente y están dentro de la categoría de muy escarpadas y se encuentran bien representadas en los Sistemas Cipiapa y Miahuatpec en altitudes que van de los 2200 msnm a los 2400 msnm. Estas clasificaciones destacan aspectos morfol3gicos, al mismo tiempo el tener en cuenta los procesos físicos que se llevan a cabo en cada una de las unidades, los procesos que se relacionan son remoci3n de masas ó reptaci3n y erosi3n

El análisis de las pendientes es muy importante para la planeaci3n de las actividades de una regi3n. Se tiene que para cada categoría de pendiente en grados las mayores de 25° de las clases 7T escarpadas y 8T muy escarpadas, existen riesgos de deslizamientos si sobre estos terrenos se realizan construcciones o labores de remoci3n; para pendientes entre 15-25°, correspondiente a la clase 6T moderadamente escarpadas, si se elimina vegetaci3n hay riesgo de erosi3n y formaci3n de cárcavas; y entre las pendientes que van de los 5-15°, de las clases 3T moderada, 4T inclinada, 5T muy inclinada y 6T moderadamente escarpada; con este tipo de pendientes se pueden desarrollar actividades agrícolas y de urbanizaci3n sin embargo un inadecuado uso del suelo puede hacer susceptible de erosi3n al suelo y pendientes menores a 5° de clase 2T denominada suave (véase anexo) Claver,1982.

Es importante señalar que las pendientes calculadas sobre el mapa topográfico fueron verificadas en campo con clisímetro. (véase anexo).

CATEGORÍA	Metros cuadrados	Kilómetros cuadrados	Hectáreas	Porcentaje
2T	75,440,390	75.440	7544	19%
3T	55,655,343	55.655	5565	14%
4T	44,650,774	44.650	4465	11%
5T	82,376,062	82.376	8237	21%
6T	85,620,793	85.620	8562	22%
7T	51,969,013	51.969	5196	13%
8T	633,419,	.63	63	0.00%
Totales	396,345,794	396.34	39634	100%

Cuadro.3. Área superficial por categoría de pendiente de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán.

**Porcentaje del área superficial de las Clases de Pendientes de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán.**

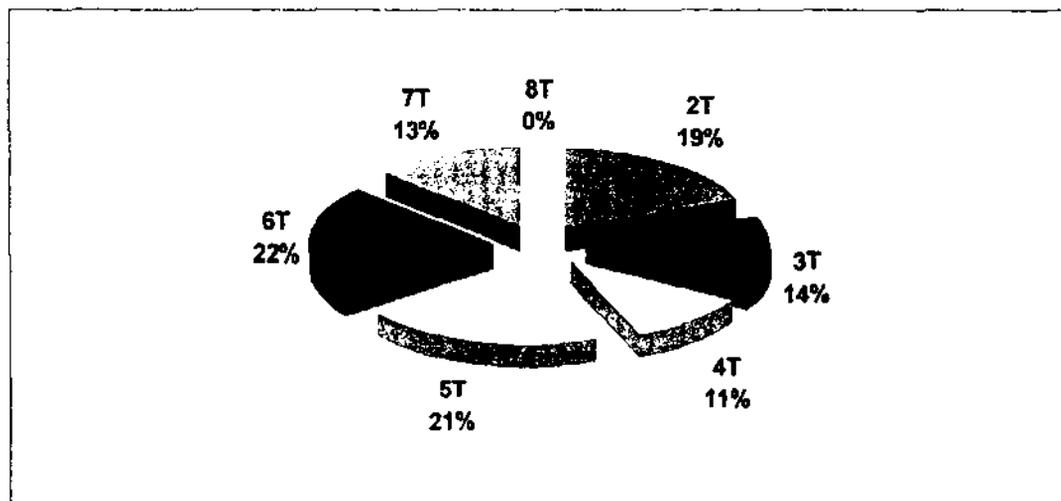


Fig.7. Grafico de porcentaje de área superficial de las clases de pendientes de la Cuenca de Zapotitlán.

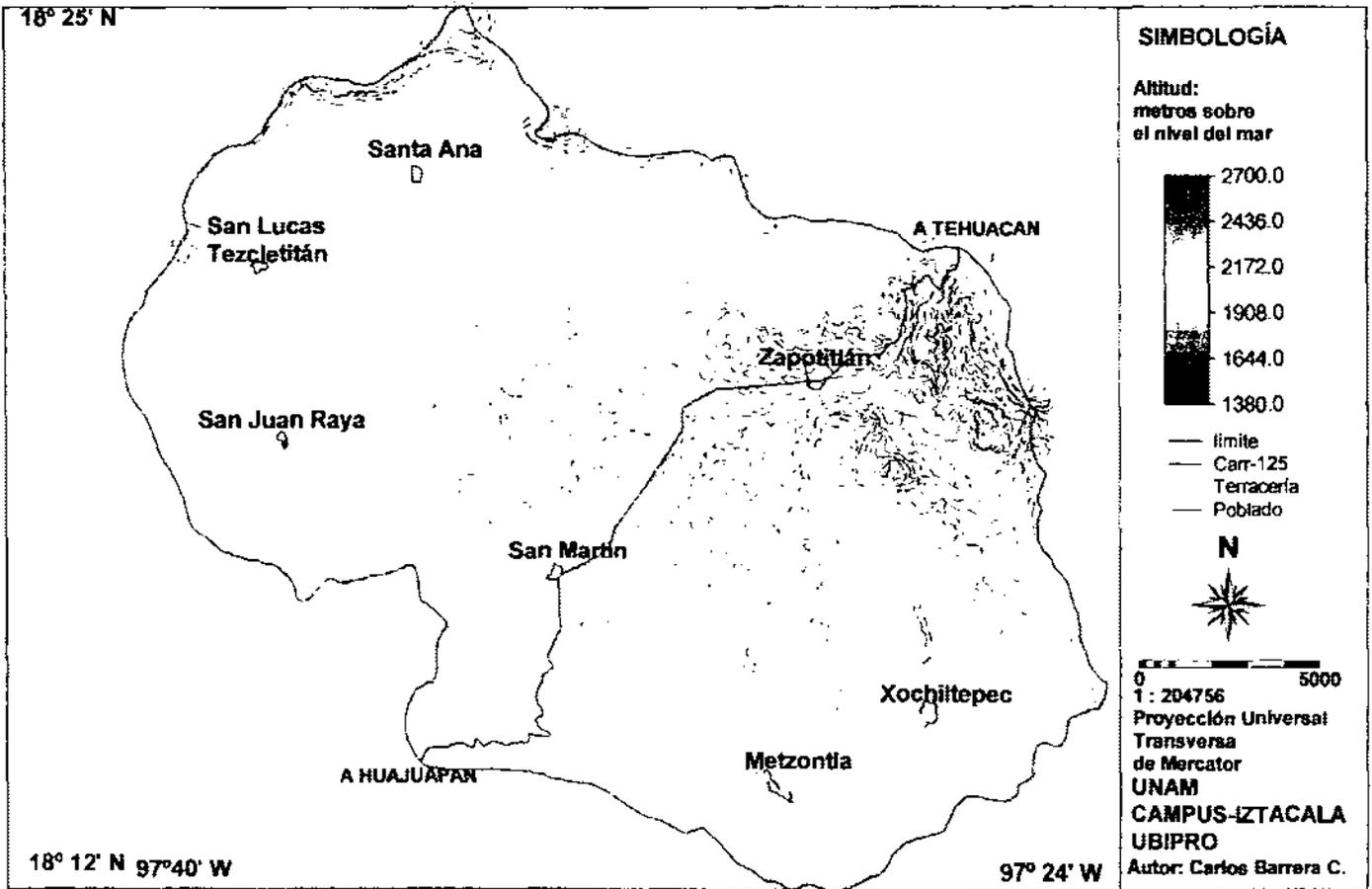


Fig. 8 Curvas de nivel (topografía) de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán.

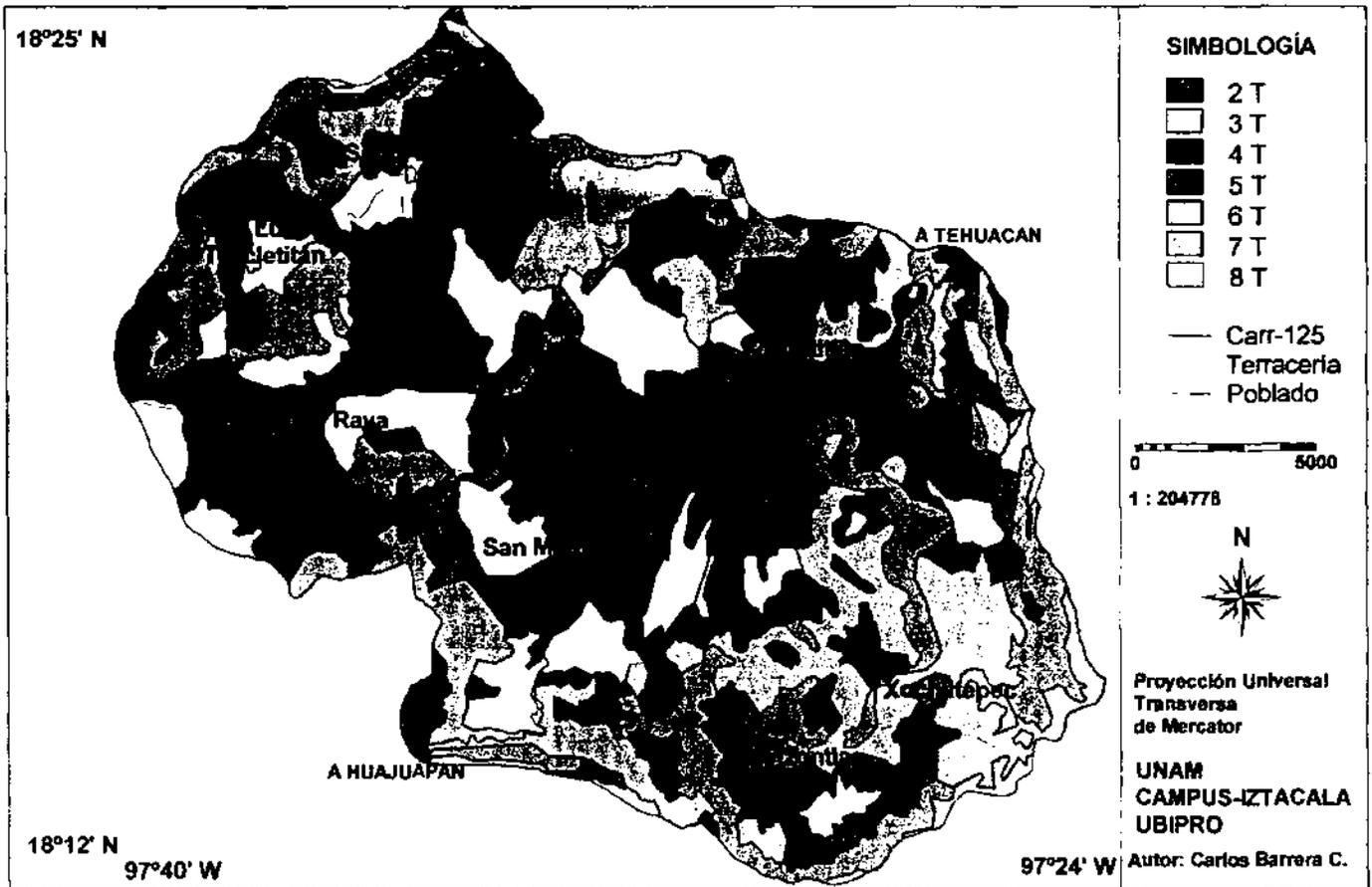


Fig.9. Clases de Pendientes de la Cuenca Hidrográfica de Zapotitlán

## 6.2 Geología del Valle de Zapotitlán.

### 6.2.1 Historia geológica.

La geología del Valle de Zapotitlán es sumamente compleja y difícil de entender, a pesar de que en esta zona se tienen varios estudios; sin embargo, no hay ninguno que defina con exactitud el desarrollo geológico y la presencia de las distintas formaciones y estructuras geológicas; no obstante en el presente trabajo se hizo una recopilación de las principales investigaciones geológicas y a partir de dicha información se presenta lo siguiente. En cuanto al origen geológico del área estudiada y siguiendo un orden cronológico, se tiene que, en el Paleozoico Superior, cuando se formó el Complejo Basal (basamento cristalino (Barcelo, 1978) ó Complejo Acatlán (Ortega-Gutiérrez, 1978)) de origen meta-igneo, evolucionó a partir de metamorfismo y manifestaciones magmáticas; se estima una edad para el Complejo de 890 millones de años, esta constituido por una litología de esquistos micáceos gneises de colores gris-verdosos (Maldonado, 1956). El Complejo Acatlán, tiene unidades metasedimentarias tales como pizarras, filitas, esquistos y migmatita, mientras que las unidades metaígneas formadas por rocas verdosas o foliáticas, gneis y metagranitos. Se sugiere que los depósitos marinos de las formaciones metasedimentarias del Complejo presentan estructuras eugeosinclinales, incluyendo elementos reconocibles de un complejo metaofílitico. El Complejo Acatlán tiene una relación aparentemente discordante subyaciendo a la Formación Matzitzi, esta se depositó sobre el basamento cristalino durante el Pensilvanico.

La edad de la Formación Matzitzi es Pensilvanico, en el cual se dieron una serie de eventos o resultados de la conjugación y desarrollo de varios ambientes geotéctonicos. La Formación Matzitzi subyace a terrenos meso y cenozoicos discordantemente y guarda una relación no clara con esquistos del complejo Acatlán y rocas cataclásticas, alojando moldes de plantas in situ, testimonio de que al menos parcialmente ella es de facies continental (Carrillo, 1983). Quizá del Pensilvanico al Jurásico tardío la zona se plegó y emergió para ser cubierta después por mares. Se deduce que el paleoambiente era de zonas pantanosas, con clima cálido y sin fuertes cambios estacionales, la cual corresponde a ambientes cercanos a la costa poco profundos (Barcelo, 1978). La litología de la formación la constituyen rocas sedimentarias, que sufren la intrusión de cuerpos ígneos afaníticos de composición básica. Los conglomerados están formados por fragmentos de rocas metamórficas bien redondeados, las lutitas y limolitas así como areniscas son de grano fino. El color de la secuencia es verde, aunque llegan a existir algunas porciones de pardas rojizas, el color del intemperismo de la misma es pardo.

Por otro lado la Formación Mapache, de una edad Kimmeridgiano-Portlandiano (Jurásico-Tardío) sobreyace discordantemente a la Formación Matzitzi formando una secuencia de calizas arcillosas inter estratificadas con limolitas y lutitas calcáreas, existe una relación estratigráfica con la Formación Zapotitlán del Cretácico por lo que se cree que se haya depositado en un mar somero en la zona infralitoral, en la actualidad la evidencia fósil consta de macrofauna, que consta de corales, pelecípodos y cefalópodos.

Tiempo después, estas secuencias expuestas a la erosión y plegadas durante el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano al Barremiano, hay una transgresión de mares hasta el Aptiano, durante el Barremiano Tardío existen intrusiones plutónicas principalmente en la Formación Zapotitlán, esta última de una edad del Cretácico Inferior que corresponden al Aptiano y al Barremiano. La Formación Zapotitlán tiene una litología que consiste en secuencias de lutitas calcáreas grises, micacíferas, de estratificación delgada con intercalaciones de caliza, arenisca y marga así como conglomerados (Buitrón,1970). La Formación descansa sobre las rocas metamórficas del Complejo Basal, como en las rocas continentales del Pensilvanico esta cubierta concordantemente por la Formación San Juan Raya al Oeste y por la Formación Miahuatepec al Este.

Hay un arqueamiento de la Formación creando una paleobahía donde se depositan las Formaciones Agua del Burro y del Cordero. La fracción conglomerítica es conocida como miembro Agua del Cordero y la fracción calcárea miembro Agua del Burro, la edad de esta última Formación ya reconocida como tal por ser una secuencia de calizas, corresponde al Barremiano Tardío (Maldonado,1956), descansando concordantemente sobre la Formación Zapotitlán la litología es de calizas de color gris con ventillas de calcita, se encuentran intercalaciones de areniscas calcáreas y lutitas calcáreas y bancos gruesos de caliza con Poquiodontos. Se interpreta que el ambiente de deposición era marino de alta energía, probablemente post-arrecifal, hay formación de pliegues isoclinales se aprecian numerosas fallas NNW-SSE que cortan las secuencias y complican la estructura. (Barcelo,1978).

La Transgresión marina del Barremiano no llegó a cubrir a los afloramientos del Jurásico Medio. La Formación Agua del Cordero es una secuencia de conglomerados y areniscas pertenecientes a la Formación Zapotitlán, de una edad Barremiano-Aptiano, el contacto superior se encuentra interdigitado con la Formación San Juan Raya que consta de rocas sedimentarias muy fosilíferas a una secuencia de lutitas y areniscas de edad Aptiana, esta formación se encuentra sumamente plegada y fallada y subyace discordantemente a la Formación Cipiapa. La litología está integrada por lutitas de color gris verdoso que intertemperiza a verde amarillento, intercalada con capas delgadas de arenisca calcárea bien cementada (Buitrón,1970).

El ambiente de depósito era marino costero ubicándose en la zona de mareas entre los arrecifes y la línea de la costa. Descansa concordantemente sobre la Formación Agua de Burro y concordantemente sobre la Formación Zapotitlán. En cuanto a fósiles se refiere es una de los lugares más ricos con abundancia en gasterópodos y pelecípodos escasos equinoides y amonites y "cabezas" de colonias de corales de hasta 30 centímetros de diámetro (Maldonado,1956).

En el Cretácico Inferior aflora la Formación Miahuatepec que descansa concordantemente sobre la Formación Zapotitlán y es sobreyacida en forma discordante por la Formación Tehuacan del Terciario. Otro caso a resaltar, es el de la Formación Miahuatepec que constituye un cambio de facies de la Formación San Juan Raya, también tiene un contacto por Falla con la Formación Matzitz del Pensilvanico. La litología propia de esta es de calizas y margas con pedernal de edad Aptiana.

Posteriormente hacia el Cretácico Medio se dieron fuertes procesos de erosión y sedimentación durante el Albiano-Cenomaniano, representado por la Formación Cipiapa, de un aspecto de acantilados, tienen un carácter transgresivo, una serie calcárea del Cenomaniano, la Formación descansa concordantemente sobre una serie de margas yesíferas del Albiano y pertenecientes a la Formación San Juan Raya, hay un contacto discordante con la Formación Tehuacan y Zapotitlán; la litología es una secuencia de calizas de color gris blanquecino o café amarillento bastante fracturada con ventillas de calcita y algunos nódulos de pedernal (Barcelo,1978). Hay abundancia de poquiodontos y foraminíferos, con estas evidencias se cree que el ambiente marino somero de acuerdo también a la litología.

Ya en el Cenozoico particularmente en el Terciario se encuentra una secuencia de calizas y conglomerados, la cual descansa discordantemente sobre la Formación Zapotitlán y en ocasiones sobreyacida por derrames lávicos andesíticos la secuencia entonces se le llamó Formación Acatepec, la cual consta de calizas, lutitas y conglomerados, teniendo un contacto con las rocas volcánicas andesíticas. Los conglomerados son de color rosáceo que intemperizan a color crema con nódulos de pedernal. La caliza se depositó en un ambiente lacustre.

Durante el Terciario se dieron una serie de eventos de vulcanismo, formándose una serie de cuencas lacustres, las rocas volcánicas principalmente andesitas y aglomerados andesina y olivino afloran discordantemente a las Formaciones Zapotitlán, Agua de Burro, San Juan Raya y Acatepec; existen rocas intrusivas que intrusionan a la Formación Matzitzí aflorando como cuerpos intrusivos. Hacia el Terciario Tardío existe un fallamiento contemporánea a las rocas volcánicas (véase cuadro 4).

Durante el Cuaternario se dieron procesos erosivos muy intensos que permitieron la acumulación de depósitos aluviales principalmente en las zonas bajas cerca del cauce de los ríos producto de la erosión de unidades preexistentes compuestas de cantos subredondeados a redondeados de calizas, areniscas, lutitas calcáreas y clastos de andesitas con cierta consistencia debido a la cementación fluvial.

Todo esto hace pensar que las rocas sedimentarias se formaron en mares someros cercanos a la costa a excepción de las rocas terciarias y los aluviones las cuáles fueron depositados en ambientes continentales (véase cuadro 4).

ERA	SISTEMA	SERIE	PISOS	BARCELO D. (1978)	BUTTRON B. (1970)	MALDONADO (1956)	ORTEGA -G. (1978)	VELASCO (1996)	
C E N O Z O I C O	CUATER- NARIO			ALUVION material de depósito. FORMACION ACATEPEC. Caliza-Con- glomerado-rocas andesiti-cas Lutitas		Material Aluvial			
	TERCIARIO								
M E S O Z O I C O	C R E T A C I C O	SUPERIOR			FORMACION ZAPOTTILAN Calizas-Lutitas Conglomerado				
		MEDIO	CENOMANIANO	FORMACION CIPIAPA	FORMACION MIAHUA- TEPEC. Calizas-Pedernal	FORMACION CIPIAPA. FORMACION SAN JUAN RAYA. Lutitas			
		INFERIOR	ALBIANO	FORMACION SAN JUAN R.	FORMACION SAN JUAN R. Lutitas	FORMACION SAN JUAN R. Lutitas Areniscas	FORMACION ZAPOTTILAN. MIEMBROS AGUA DE B. AGUA DEL C. Calizas Lutitas Conglomerados		
			APTIANO						
			BARREMIANO						
			HAUTERIVIANO						
			VALANGINIANO						
BERRIASIANO									
	J U R A S I C O	SUPERIOR		FORMACION MAPACHE					
		MEDIO		? Calizas Limolitas Lutitas					
		INFERIOR							
	TRIASICO								
P A L E O Z O I C O	PERMICO			FORMACION MATZITZI. Granitos		FORMACION MATZITZI. Lechos Rojos Areniscas Conglomerados	FORMA- CION MATZITZI Intruso- nada por igneos afaníticos Areniscas Lutitas Conglomer ados	FORMA- CION MATZITZI. Areniscas	
	CARBONI- FERO	PENSILVAN ICO MISISIPICO.							
	DEVONICO								
	SILURICO								
	ORDOVI- CICO CAMBRICO								
PRECAM- BRICO				COMPLEJO ACATLAN. Granitos-Gneis BASAMENTO CRISTALINO. Cuarceitas, Esquistos		COMPLEJO BASAL Meta-igneos Esquistos - gneis Filitas-Pizarras			

Cuadro 4. Tabla comparativa de Unidades Cronoestratigráficas de las Formaciones geológicas del Valle de Zapotitlán establecidas por diferentes investigadores.

### 6.2.2. Unidades de Roca ( Formaciones).

De acuerdo a la revisión realizada, se identificaron nueve formaciones geológicas para la cuenca. La primera es la Matzitzi ubicada en la parte Sur del Valle de Zapotitlán, la cual descansa sobre el complejo basal y discordante sobre la formación Metzontla, enseguida se tiene a la formación Zapotitlán que se ubica hacia Centro-Norte, discordante con la formación Agua de Burro esta última ubicada en la parte Oeste del Valle, en un orden cronológico se encuentra la formación San Juan Raya localizada en la parte Sur-Oeste. La sexta formación es Miahuatepec hacia el Este, en el Norte parte alta entre los 2000-2400 msnm se ubica la formación Cipiapa que descansa sobre la formación Zapotitlán y la formación Acatepec se ubica hacia el Centro - Oeste, mientras que la novena y última en formarse y más reciente es Aluvión teniendo una ubicación en la parte Centro entre los 1400-1600 msnm bordeando al río Zapotitlán (véase fig.15).

### 6.2.3. Litología superficial.

Las unidades litológicas para la cuenca estudiada son las siguientes; Unidad Caliza son sedimentarias del Cretácico, aflora en las formaciones de Zapotitlán, Miahuatepec, Agua de Burro y Metzontla esta unidad es la más representativa ya que cubre una superficie de 77 km<sup>2</sup> . También se tiene a la unidad Aluvión ubicada hacia las partes de menor altitud, corresponde a sedimentos aluviales del Cuaternario estos sedimentos abarcan un área de 19 km<sup>2</sup>.

Otra unidad importante son los conglomerados de lutitas y calizas, que forma la mayoría de las mesetas y lomeríos en la formación Zapotitlán con una superficie de 6 km<sup>2</sup>. Una alternancia de rocas en la parte de la formación Matzitzi es arenisca-lutita-caliza con 13 km<sup>2</sup> de superficie. Otra alternancia es la que se presenta en la formación Zapotitlán donde se presentan secuencias intercaladas de Conglomerados-Lutitas-Calizas con 29.5 km<sup>2</sup> de superficie. (véase figs. 10 y 11). Por último hacia la porción sur de la cuenca gran parte de la superficie del Valle está cubierto de areniscas y lutitas principalmente en las formaciones geológicas Metzontla, Acatepec y Matzitzi esta última perteneciente a la edad Jurásica como se ha mencionado anteriormente, por cierto esta unidad de rocas abarca una superficie representativa aproximadamente de 61 km<sup>2</sup>. ( véase fig.11).

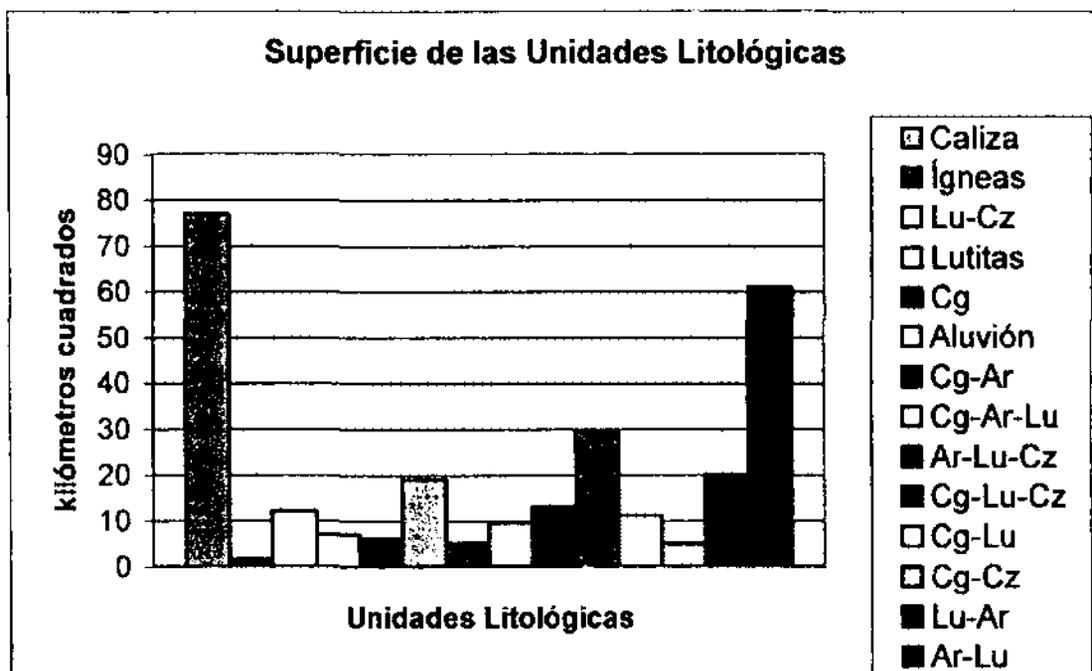


Fig.10. Área superficial de unidades litológicas superficiales del Valle de Zapotitlán, Pue.

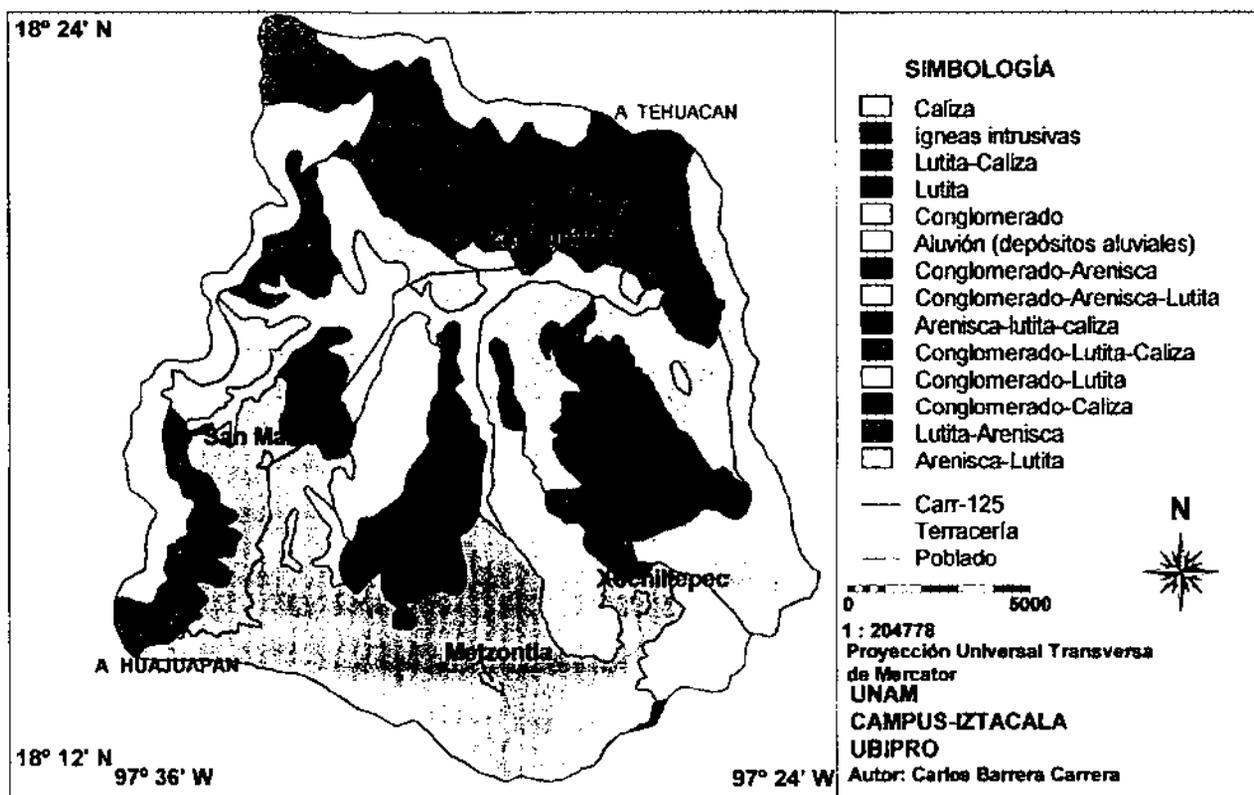


Fig.11. Mapa geológico de litología superficial del Valle de Zapotitlán, Pue. De acuerdo a las referencias bibliográficas y los recorridos en campo.

### 6.3. Geomorfología del Valle de Zapotitlán.

#### 6.3.1 Clasificación geomorfológica.

Se realizó un reconocimiento geomorfológico general de tipo descriptivo, utilizando para esto fotografías aéreas donde se reconocieron y clasificaron las distintas formas del relieve a través de un análisis estereoscópico, en el que se tomó como criterio el aspecto del terreno y la variación de la pendiente. La nomenclatura utilizada para la denominación de las geoformas fue tomada de Lugo, 1989 misma que también se usó para definir las facetas en el levantamiento fisiográfico. Asimismo también se realizó una verificación de campo, por medio recorridos donde se revisaron el origen, los límites y aspecto de cada forma *in situ*. En los resultados se obtuvieron un total de 16 geoformas mismas que a continuación se mencionan: Barranca, Cantil, Cerro, Cima, Cuesta, Cuesta homoclinal, Declive, Interrupción de Pendiente, Ladera cóncava, Ladera convexa, Ladera recta, Loma, Lomerío, Mesa, Pie de Monte y Terraza.

#### 6.3.2. Unidades Geomorfológicas.

Las Barrancas del área estudiada son producto de movimientos tectónicos, del modelado de la erosión hídrica y de la resistencia de las rocas a la erosión. El proceso de abarrancamiento puede ser un indicador muy útil para inferir la edad de algunos paisajes, por lo regular en los más jóvenes es donde se favorece más la formación de barrancas debido a las fuertes pendientes que determina una acción erosiva del agua muy intensa, que va disectando los materiales más blandos formando así estas barrancas. Para esta zona se encontró que las formas de barrancas se concentran principalmente en los paisajes más jóvenes (porción oriente de la zona), donde el tipo de roca son lutitas en algunos casos con diferente grado de metamorfismo. La formación de barrancos en la zona es debida a la preponderancia de la erosión lineal, son frecuentes donde falta cobertura vegetal continua, la formación de barrancos es mejor definida en aquellos lugares de clima semidesértico donde las lluvias son escasas (Derrau, 1981).

Las formas de Cantil son escarpes abruptos del lecho rocoso, se presentan en las zonas de mayor altitud donde las pendientes son muy escarpadas siempre delimitadas por laderas convexas ó cóncavas. Para esta unidad geomorfológica se tiene un área de 1 km<sup>2</sup>. Y se localizan en pequeñas áreas en los Sistemas Cipiapa, Miahuatepec y San Juan Raya; los escarpes son de origen tectónico, por levantamientos y plegamientos de tierra.

Una forma muy particular que se presenta en la cuenca estudiada es la geoforma denominada Cuesta homoclinal. Esta forma se origina de la diferencia que existe en el grado de inclinación de las capas de roca lutita-caliza y a una falla que corta en sentido vertical. Ocupa una superficie aproximada de 4.6 km<sup>2</sup> y se localiza en la parte Este del Cerro Cutac en la microcuenca de Miahuatepec (Neri, 2000).

Otras formas más comunes y frecuentes son los cerros, que son bruscas elevaciones locales y aisladas de la superficie terrestre, de dimensiones relativamente reducidas. La forma Cerro tiene una superficie de 5.6 km<sup>2</sup> (véase fig.12). Estos se encuentran esparcidos

prácticamente por toda la cuenca; sin embargo los más importantes para la población de la localidad son: Cutac, Cerro Barranca las Salinas, Cerro La Laguna, Cerro Pajarito y Cerro Chacateca solo por mencionar algunos. Los cerros son los elementos del paisaje mas familiares para la población, ellos cumplen con la función de orientar y dar referencia a los distintos componentes del paisaje; en algunos lugares se consideran como sitios mágicos o misteriosos, donde se vinculan con ciertas leyendas, mitos o eventos históricos, así es el caso del Cerro Cutac, símbolo del Valle de Zapotitlán de las Salinas.

Las cimas son las partes más elevadas del valle con altitudes por arriba de los 2,300 m.s.n.m., corresponden al punto más alto de un relieve positivo (loma, cerro o macizo montañoso), desde la cual se da una disminución en la altitud del relieve hacia los lados. Esta limitada por una línea de base cerrada. La cimas son aplanadas, con una superficie de 4.8km<sup>2</sup>.

La Cuesta es una elevación tipo grada con laderas asimétricas, pueden ser de moderada inclinación coincidente con el buzamiento de las capas y o de condición abrupta, discordante con las capas. La principal cuesta en el Valle es la que se ubica en la parte centro – sur con una superficie de 8.5 km<sup>2</sup>.

Los declives son formas del relieve que se expresan como un plano inclinado (ladera abrupta) que baja desde una cima hasta lo que es una superficie con pendiente suave ligeramente ondulada. El principal declive en el valle se encuentra en el Sistema fisiográfico de Zapotitlán tienen un basamento rocoso de conglomerados, lutitas o calizas es una gran extensión de la formación Zapotitlán tiene una superficie de 30 km<sup>2</sup>. Su formación se debe a un proceso de erosión a través de millones de años de formación como en casi todas las geoformas. Una variante de un declive que se observó en la aerofoto como un borde en la escarpa ubicado en la parte alta del lado oeste de la formación geológica Metzontla cerca de la localidad conocida como las Granjas, que se manifiesta como una ruptura de pendiente manifestándose como una variación en el declive, que se debe al tipo de roca que aflora la cual es resistente a la erosión, por lo tanto se da una ruptura ó interrupción de pendiente como si fuese un escalón. Por lo tanto en el campo son muy difíciles de identificar y en este caso el medio para su identificación fue la fotografía aérea, esta forma del relieve tiene un área superficial de 1km<sup>2</sup>.

Las laderas son relieves inclinados de la superficie terrestre que delimitan formas positivas y negativas, por su aspecto y su relación con la horizontal pueden ser; laderas rectas; verticales a desplome e inclinadas, todas con una clara expresión de su base. En el área estudiada son las formas más frecuentes y se encuentran prácticamente en todos los Sistemas Terrestres asociándose con a rocas calizas y lutitas como en el Noreste del Valle cerca del Cerro Cutac. Las laderas cóncavas; son las unidades más comunes para el Valle de Zapotitlán con una superficie de 56 km<sup>2</sup>, tienen su forma porque la parte superior es inclinada y la inferior suave, con base de débil expresión, están delimitadas por pendientes muy escarpadas el tipo de roca relacionada a esta forma es lutita y arenisca.

La ladera convexa tiene como expresión la parte superior suave incrementándose la pendiente hacia abajo, el piso se aprecia fácilmente es una geoforma también representativa para el Valle con 37 km<sup>2</sup> siempre hacia las partes altas donde nace la pendiente. Según W. Penck, (Lugo,1989) durante un levantamiento, el nivel base de denudación se prolonga por mucho tiempo, se conserva una situación estable y es modelada una ladera cóncava ( a costa de la

ampliación del pedimento). Si el nivel base de denudación disminuye con el mismo ritmo que la erosión de la ladera, está adquiere el mismo ritmo que la erosión y adquiere un perfil rectilíneo. El predominio en el relieve de laderas cóncavas y convexas caracterizan un estudio de desarrollo de grandes porciones de la superficie terrestre como pasa en el Valle de Zapotitlán, presenta una superficie de 268.9 km<sup>2</sup>. Las laderas cóncavas y convexas comprenden el 21 y 14% respectivamente del total del Valle, juntas suman un 35% de la superficie total del Valle.

La Loma es una pequeña elevación del terreno con una configuración suave de sus laderas y bases, generalmente con alturas relativas de más de 200 m, aunque las absolutas pueden ser mayores, principalmente se encuentran en las partes más bajas del Valle dentro de los Sistemas Fisiográficos Acatepec y Metzontla asociándose a rocas como conglomerados y lutitas. Existe un sistema de lomeríos originados por la disección de una planicie inclinada (de pie de monte) o por la nivelación de montañas, se localizan hacia el Sur-Este del valle dentro del Sistema Metzontla, esta forma del relieve cubre una extensión de 36km<sup>2</sup> de superficie.

Las mesas se manifiestan como una elevación de cima plana, se distinguen por estar delimitadas por pendientes muy marcadas en todo el alrededor, la altura es variable. Estas formas se presentan con mayor frecuencia hacia el centro del Valle dentro del Sistema terrestre Acatepec, asentadas sobre rocas sedimentarias como conglomerados y lutitas de baja inclinación. Ocupan una superficie de 11 km<sup>2</sup>.

El Pie de monte o talud es una forma marginal a las montañas, formada por la acumulación de material grueso depositado por corrientes superficiales o efectos de gravedad (deslizamientos de tierras), tienen como límite superior a las laderas o declives e inferior las terrazas de aluvión. El pie de monte ocupa una superficie de 22 km<sup>2</sup>. La forma y estructura del pie de monte es muy diversas, teniendo para la zona las siguientes dos variantes: talud constituido por el sustrato rocoso, con una capa delgada de material no consolidado, en relieve de lomeríos, cuesta, meseta, superficie escalonada; y talud conformado en capas potentes de sedimentos principalmente proluviales (conos de eyecciones, coalescentes), a mancha de un manto de perfil ligeramente convexo o disectado por barrancas. Las rocas subyacen al pie de monte pueden ser de la misma edad que las de las montañas, o más jóvenes y, por lo mismo, menos deformadas.

Y por último se tienen a las terrazas fluviales, que son formas estrechas, alargadas de superficie plana, de posición escalonada. En el valle están asociadas a las márgenes de ríos. Son producto de eventos de depositación de las corrientes superficiales por lo que su origen es fluvial. Están formadas por secuencias de materiales sedimentarios acumulados a través del tiempo, por lo regular se trata de materiales frescos del reciente. Las terrazas cubren un área de 24 km<sup>2</sup> y se localizan en las partes más bajas de la cuenca.(véase cuadro 5 y figs.12 y 13).

<b>UNIDAD GEOMORFOLÓGICA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>MODELADO</b>
Barranca	Tectónico,	Erosión
Cantil	Tectónico,	Erosión
Cerro	Capa de roca resistente	Levantamiento
Cima	Tectónico	Denudación
Cuesta	Tectónico	Erosión
Cuesta homoclinal	Buzamiento de la roca.	Erosión
Declive	Tectónico	Erosión
Interrupción de pendiente	Litológico y tectónico	Erosión.
Ladera cóncava	Por levantamiento y queda el nivel base de denudación	Erosivo- fluvial, desplazamiento gravitacional, derrumbe denudatorio y lavado superficial.
Ladera convexa	Por levantamiento y queda el nivel base de denudación	Erosivo- fluvial, desplazamiento gravitacional, derrumbe denudatorio y lavado superficial.
Ladera recta	Por levantamiento y queda el nivel base de denudación	Erosivo- fluvial, desplazamiento gravitacional, derrumbe denudatorio y lavado superficial.
Loma	Disección de planicies levantadas de pie de monte.	Denudatorio
Lomerío	Disección de una planicie inclinada de pie de monte, o por nivelación de montañas o por movimientos débiles de levantamiento.	Procesos endógenos que condicionan una acción erosiva.
Mesa	Es un resto de erosión de superficies tabulares mas extensas.	Por agentes erosivos fluviales
Pie de monte o Talud	A partir del transporte y acumulación de tipo coluvial.	Por acumulación y desplazamiento
Terraza	A partir de una planicie de inundación. erosión fluvial	Proceso coluvial, caída y acumulación de materiales.

Cuadro 5. Origen y proceso de formación de las Unidades Geomorfológicas en el Valle de Zapotitlán Pue.

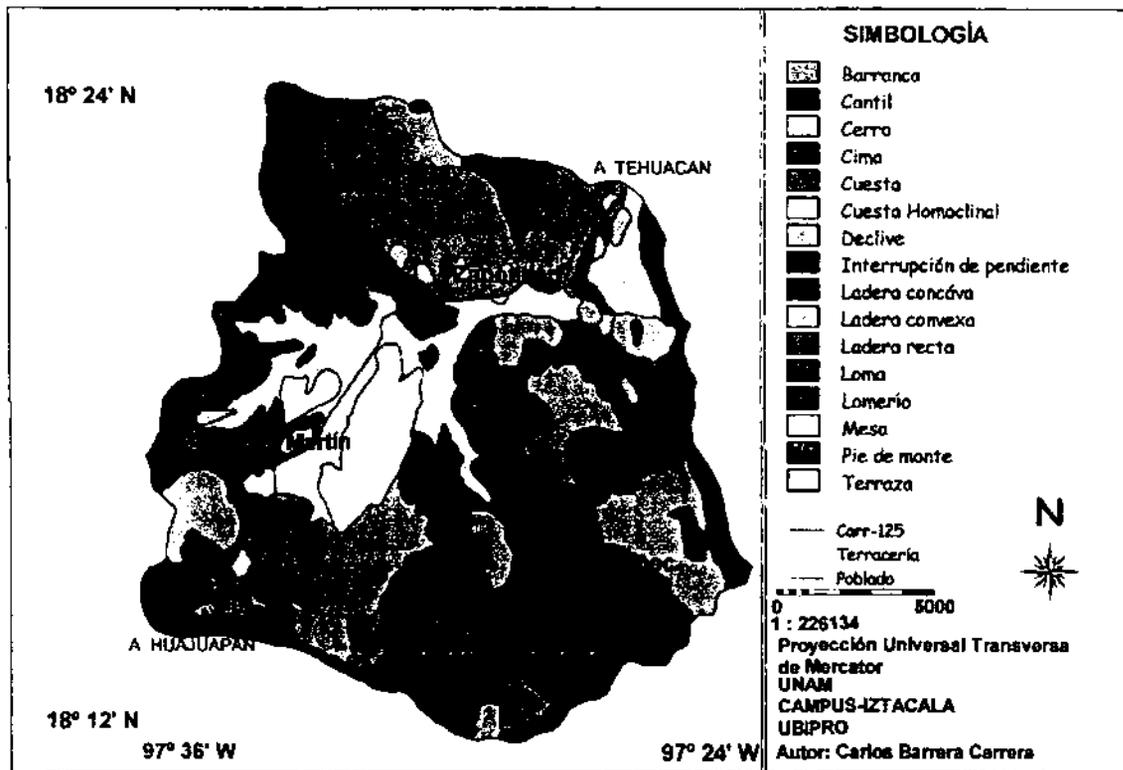


Fig.12. Mapa de las unidades geomorfológicas del Valle de Zapotitlán, Pue.

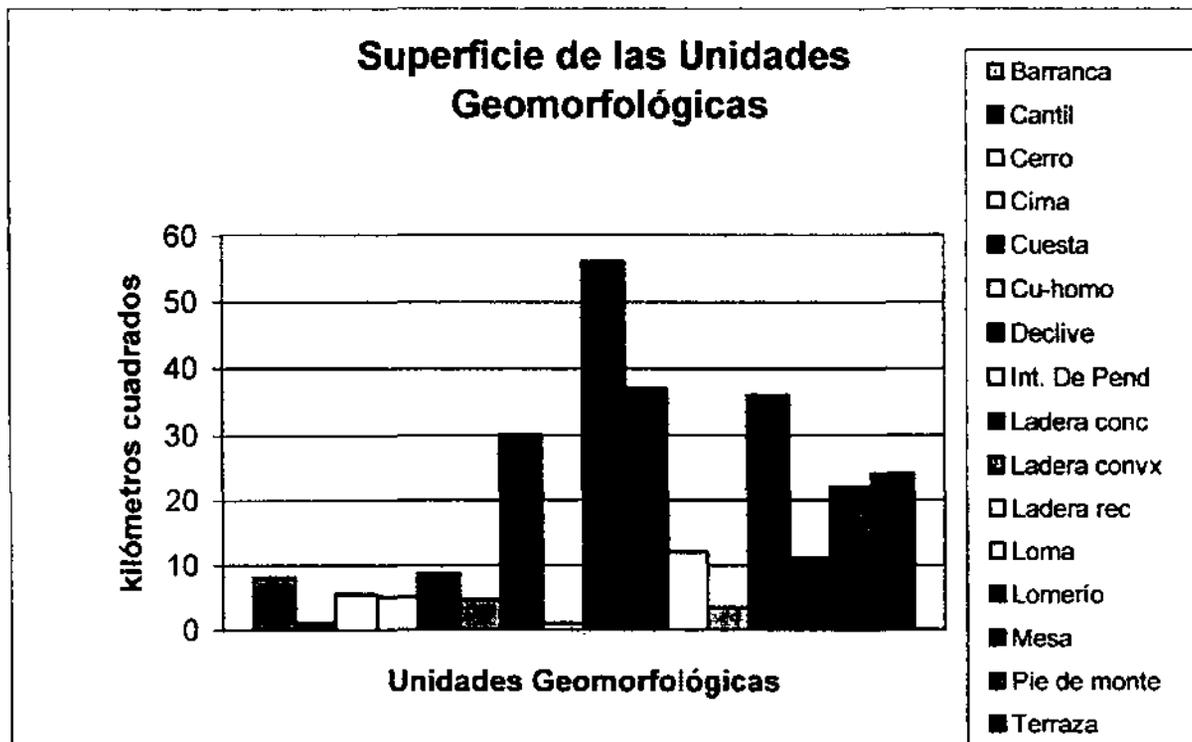


Fig.13. Área superficial de las Unidades Geomorfológicas del Valle de Zapotitlán Pue.

## 6.4 Regionalización fisiográfica.

### 6.4.1. Sistemas SEDESOL y MEXE-OXFORD.

Como ya se explico, la regionalización es un ejercicio que consiste en dividir el paisaje en elementos más homogéneos y simples, para facilitar su estudio, manejo y conservación. Es decir, se trata de ir de lo general a lo específico, de lo complejo a lo simple. Regionalizar no es una tarea sencilla ya que el ambiente físico es sumamente complejo y heterogéneo. De acuerdo a la metodología propuesta por SEDESOL 1993, se reconoció la ubicación de la Cuenca de Zapotitlán dentro del contexto nacional, regional y local, donde se partió de lo general a lo particular dentro de un sistema jerárquico. Pasando directamente a los resultados, se tiene que el área estudiada pertenece a la:

**Zona:** Trópico seco  
**División terrestre:** Sierra Madre del Sur.  
**Provincia ecológica:** Sierras Centrales de Oaxaca  
**Sistema ecogeográfico:** Sierra de Zapotitlán.

Los niveles anteriores van de acuerdo la misma variabilidad de los elementos naturales; es decir, el nivel de zona esta definido a través de una regionalización climática ya que es precisamente el clima elemento que menos varía. La ubicación que tiene la Cuenca de Zapotitlán dentro de la Sierra Madre del Sur es muy importante, ya que esto da una idea de su condición orográfica y su fisonomía general, por otra parte, el reconocer que se encuentra dentro de la región de las Sierras Centrales de Oaxaca y particularmente en la alta Mixteca, ayuda a comprender el origen de la cuenca expresado a través de su historia geológica precedida por una serie de plegamientos y levantamientos (Lugo,1992). Por último el reconocimiento del sistema ecogeográfico Sierra de Zapotitlán se da a una escala mayor y da una idea mas precisa del origen, evolución y patrón geomorfológico de la Cuenca de Zapotitlán.

También se regionalizó el área de acuerdo al esquema metodológico OXFORD-MEXE, 1970 obteniendo los siguientes resultados:

**División terrestre:** Sierra Madre del Sur.  
**Región terrestre:** Sierras Centrales de Oaxaca.  
**Provincia terrestre:** Alta Mixteca.  
**Subprovincia:** Sierra de Zapotitlan.  
**Sistemas terrestres:** Acatepec, Agua de Burro, Aluvión, Cipiapa, Matzitzi, Metzontla, Miahuatepec, San Juan Raya y Zapotitlán (véase fig.11).

## 6.5. Levantamiento Fisiográfico.

El levantamiento fisiográfico permite situarse en niveles de regionalización más detallados y de mayor escala, es decir, gracias a este método es posible llegar a reconocer unidades de paisaje más simples y homogéneas. Lo que significa que se pueden delimitar áreas donde ya es posible desarrollar y ejecutar una gran variedad de proyectos relacionados con el manejo y ordenación del espacio geográfico. El levantamiento fisiográfico permitió obtener una división del Valle en áreas más pequeñas y más homogéneas por lo que se fue de lo general a lo particular, de esta manera se dividió al Valle en Sistemas Terrestres y Facetas

Con la definición de los Sistemas Terrestres se busco obtener áreas fisiográficas más homogéneas tomando en cuenta criterios naturales como son el origen y la forma de los distintos paisajes. El Valle de Zapotitlán se dividió en nueve unidades de paisaje (*Sistemas Terrestres*) que llevan como nombre, Sistema Terrestre Acatepec, Agua de Burro, Aluvión, Cipiapa, Matzitzi, Metzontla, Miahuatepec, San Juan Raya y Zapotitlán (véase fig.15); los criterios que se tomaron para reconocerlos, fueron básicamente dos, el origen y el patrón geomorfológico. El origen se determina a través de una revisión exhaustiva de cuestiones geológicas que implicaron obtener información la historia geológica, formaciones, litología y estructuras. Para el reconocimiento del patrón geomorfológico, se analizaron, aspectos como lo son análisis de pendientes, reconocimiento de topoformas, análisis del patrón del drenaje, tipo respuesta ante la erosión y tipo de vegetación.

Los nombres que se les dio a los Sistemas Terrestres fue de acuerdo a la formación geológica que les dio origen ya que un sistema es definido por su origen y patrón geomorfológico (aspecto), en otros casos, el nombre asignado fue de acuerdo a algún poblado ubicado dentro de la formación. De esta manera ya queda ubicado el Valle de Zapotitlán dentro de lo que es un contexto fisiográfico particular que puede ser representado con escalas cartográficas muy pequeñas.

El Sistema Terrestre que mayor área abarca es el de Zapotitlán con 81 km<sup>2</sup> le sigue Metzontla con 69 km<sup>2</sup> y Matzitzi con 39km<sup>2</sup> (véase fig.14). De los Sistemas que menos área representan esta Agua de Burro con solo 3km<sup>2</sup> que viene siendo el 1.5% aproximadamente. Los tipo de vegetación que se presentan para los Sistemas Terrestres son; matorral crasicaule, matorral espinoso, matorral subinerme, Izotal y Selva baja. Las practicas de uso de suelo que se presentan para la región en todos los sistemas es la Agricultura de temporal, Salineras y Minería y Pastoreo de ganado caprino.

### Superficie de Sistemas Terrestres

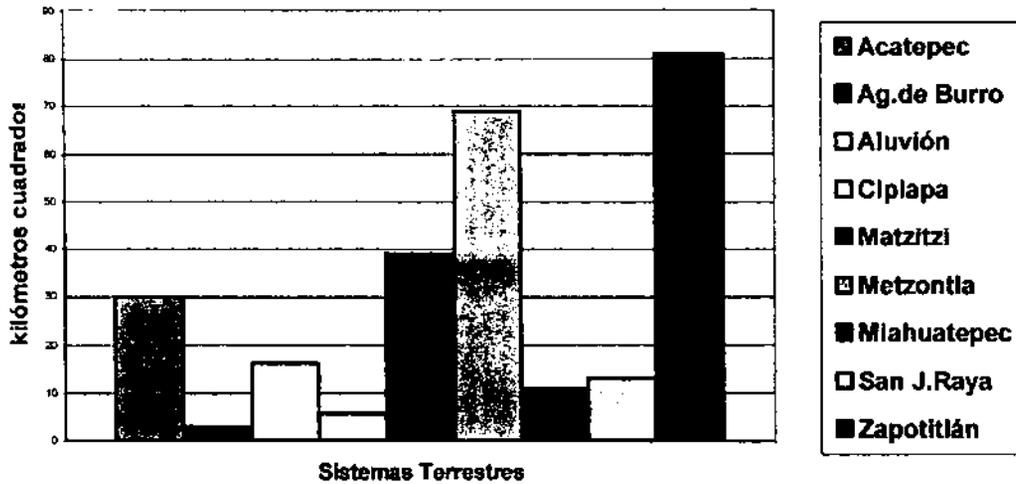


Fig. 14. Gráfico de la superficie de los Sistemas Terrestres del Valle de Zapotitlán.

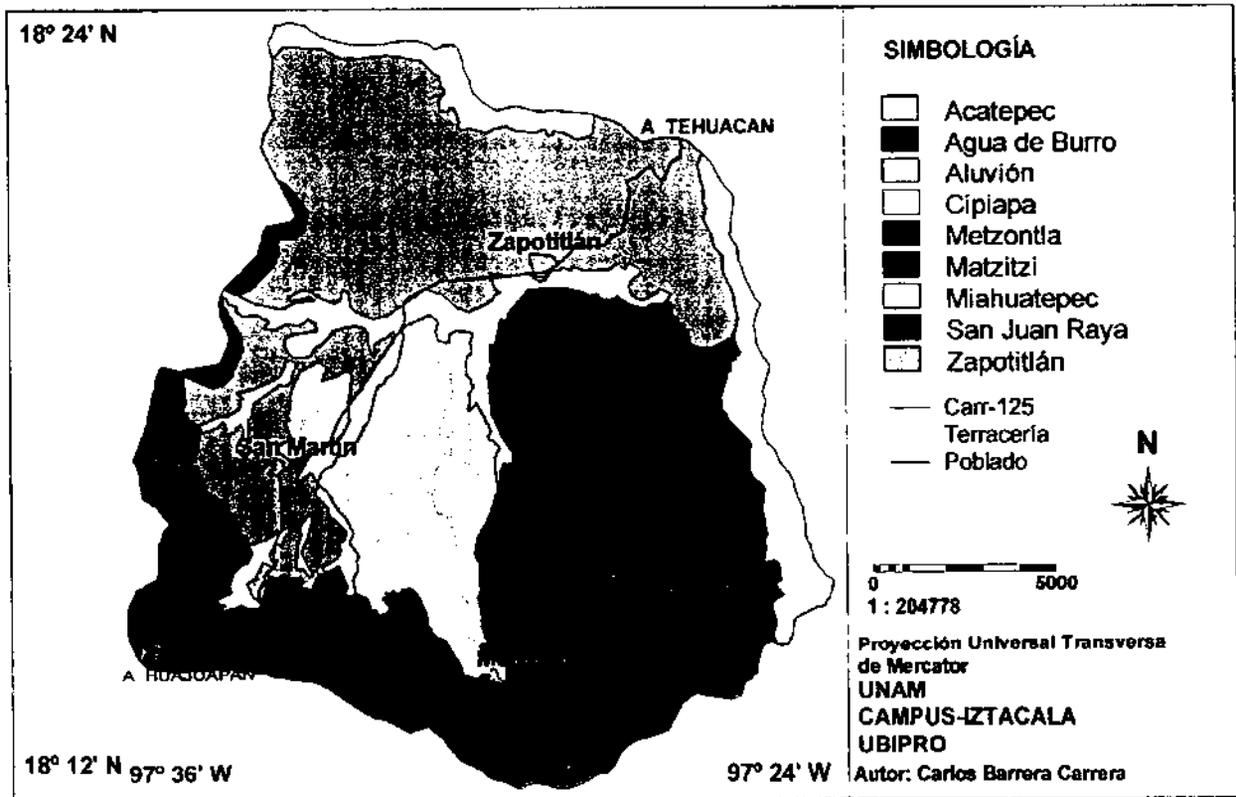


Fig.15. Mapa de los Sistemas Terrestres detectados para el Valle de Zapotitlán.

SISTEMA TERRESTRE	HIDROLOGÍA (tipo de drenaje)	GEOLOGIA (litología)	ALTITUD (rango)	PAISAJE	VEGETACION	USO ACTUAL
ACATEPEC	Subdendritico, paralelo y subparalelo.	Calizas, conglomerado, andesitas.	1600-1740 msnm	Lomas y mesas	Matorral Crasicaule y Subinerme	Agricultura de temporal
AGUA DEL BURRO	Paralelo	Calizas areniscas y lutitas.	1600-1800 msnm	Laderas cóncavas	Matorral crasicaule	Sin Uso
ALUVION	Corriente principal	Sedimentos transportados, conglomerado	1400-1600 msnm	Terrazas aluviales.	Matorral Espinoso y crasicaule e izotal.	Agricultura de temporal.
CIPIAPA	Dendritico	Calizas	2200-2620 msnm	Acantilados laderas convexas.	Mat. crasicaule, Bosque de encino	Sin uso
MATZITZI	Subdendritico	Conglomerados lutitas y metamórficas	1720-2300 msnm	Lomeríos	Selva baja y Matorral Subinerme	Agricultura de Temporal
METZONTLA	Subdendritico	Calizas, limolitas, lutitas calcáreas.	1500-2460 msnm	Laderas cóncavas, convexas y lomas.	Mat. crasicaule Bosque de encino y Mat. Subinerme	Sin Uso
MIAHUATEPEC	Rectangular y subparalelo	Calizas y margas con pedernal.	1500-2400 msnm	Laderas rectas, y cantiles.	Mat. Espinoso Selva baja cad. Mat. crasicaule	Minas y Salineras
SAN JUAN RAYA	Dendritico	Lutitas y areniscas.	1760-2300 msnm	Laderas convexas y barrancas.	Matorral Crasicaule	Sin Uso
ZAPOTITLAN	Dendritico y subdendritico	Lutitas, areniscas conglomerados y calizas.	1480-2100 msnm	Declives, laderas y cerros.	Mat. espinoso, crasicaule, pastizal inducido	Agricultura de temporal

Cuadro. 6. Clasificación de los Sistemas Terrestres de La Cuenca de Zapotitlán y sus principales características de cada uno.

Aunque los Sistemas Terrestres son considerados como unidades de Paisaje de menor jerarquía, aún así todavía presentan variaciones de formas, pendiente que van de un rango del 2% al 100% , cambios en el suelo y tipos de vegetación (véase cuadro 6), existen suelos pedregosos (Xerosoles, Litosoles y Rendzinas (García, 1991). Someros hacia las partes altas por ejemplo en las formaciones Zapotitlán, Miahuatepec, Metzontla y suelos profundos hacia el Sistema Aluvión (Terrazas).

Al considerar esta variabilidad natural que tienen los Sistemas Terrestres, se subdividieron aun más en una de las categorías más bajas que ofrece la clasificación del Levantamiento Fisiográfico en la que se tiene a la Faceta, que es mucho más homogénea en cuanto a la topografía, forma de relieve, litología, hidrología y asociación de suelos. La Faceta por su homogeneidad es considerada como la unidad idónea para el manejo del espacio geográfico y de los recursos que este tienen. (Valero, 1982).

Las Facetas no son más que subdivisiones de los Sistemas Terrestres, que se caracterizan por ser áreas más homogéneas y simples, ya que en toda su extensión, presenta una pendiente uniforme, misma forma, misma litología, hidrología y variación edáfica; es decir se trata de una superficie muy homogénea, lo que permite tomarla como unidad fisiográfica ideal, para la realización de prácticas referentes al uso, manejo y conservación. Si se ve esto desde la perspectiva del proceso de planeación todas las acciones que se propongan en los planes u ordenamientos para que sean factibles deben programarse para áreas como las facetas.

Las Facetas se establecieron por medio de la división geomorfológica ya que están representadas por geoformas tales como laderas, lomeríos, cuestras, terrazas, declives, lomas, pie de monte, y barrancas en algunos casos, y también por la forma de la pendiente, en cada Sistema Terrestre hay diferentes facetas para las cuales se tomó en cuenta el tipo de pendiente por clase, patrón hidrológico, grado de erosión y el uso de suelo y vegetación. Es importante aclarar que el reconocimiento de facetas se realizó con trabajo de fotointerpretación de aerofotos de escala 1: 20,000 y 1:75,000, análisis cartográfico y verificación de campo.

## 6.5.1. Sistemas Terrestres

### 6.5.1.1. Sistema Terrestre Acatepec.

#### a) Localización.

El Sistema Terrestre Acatepec, se encuentra hacia la parte centro-oeste del Valle, presenta un rango altitudinal que va de los 1600 a 1740 msnm. Dentro de él se encuentran los cerros Tochenga, Mogote de León y una serie de lomas que bordean a la Barranca Coahuino. Rumbo al Norte limita con el Sistema Zapotitlán, hacia el Sur con el Sistema Matzitzí y al Oeste en una porción pequeña limita con el Sistema Aluvión y otra parte con el Sistema Zapotitlán. El acceso está por la carretera Núm. 125 de Tehuacan a Huajuapán de León, tomando la desviación de terracería que va hacia Los Reyes Metzontla.

#### b) Geología.

El sistema Acatepec, tuvo su origen en el Terciario que es precisamente cuando surge la Formación Geológica Acatepec, que descansa discordantemente sobre la formación Zapotitlán. El tipo de rocas que predominan son de origen sedimentario principalmente destacando los conglomerados, calizas y areniscas como principales unidades litológicas (Barcelo, 1978).

#### c) Geomorfología.

En la expresión del relieve natural que hay en este sistema, predominan las formas, de origen tectónico con plegamientos de baja inclinación, flujos masivos y algunas elevaciones que han dado origen a geoformas como: lomas, mesas, terrazas y laderas, para estas dos últimas, el modelado de los procesos erosivos han tenido una gran influencia. Las pendientes varían de acuerdo a la geoforma, así se tiene que para las mesas predominan las clases 2T que son suaves; en los lomeríos son de clase 3T y 4T moderadas e inclinadas respectivamente, 6T en laderas rectas y 7T escarpadas en laderas cóncavas.

#### d) Hidrología.

En el caso de las laderas que conforman el sistema, predominan los comportamientos de hidrología superficial dendríticos y subdendríticos, el paralelo y subparalelo se presentan principalmente en aquellas laderas que conforman algunas topoformas como son las lomas y mesas, lo cual puede estar determinado por el tipo de roca que se presenta para el Sistema.

#### e) Vegetación.

El tipo de vegetación que tiene mayor presencia es el matorral crasicaule de *Neobuxbaumia tetetzo*, también hay asociaciones de matorral espinoso y matorral subinorme, con las observaciones en el campo se pudo constatar que en dichas asociaciones las especies más representativas son, *Stenocereus pruinosus*, *Cercidium praecox*, *Prosopis laevigata*, esta última dominante en el matorral espinoso, *Agave sp.* y *Verbesina sp.* por mencionar algunas (Oliveros,2000).

#### f) Suelos.

Los suelos para este sistema son poco profundos los derivados de conglomerados de calizas son Leptosoles rendzicos y Feozem calcáricos con carácter calcáreo, ricos en materia orgánica de color oscuro y sobre las lutitas se presentan unidades como Regosoles calcáricos y Leptosoles líticos, ambos poco desarrollados sin presencia de horizontes genéticos y de escasa profundidad.

#### g) Facetas.

En este sistema se reconocieron un total de 8 facetas (unidades ambientales), que recibieron su nombre de acuerdo a la condición de relieve que prevalece, así se tienen a las facetas: ladera cóncava escarpada, ladera cóncava inclinada, ladera recta moderadamente escarpada, loma moderada, loma inclinada, loma suave, planicie suave en esta última no se consideró en las formas del relieve ya que es producto de la resistencia de la estructura geológica y por lo tanto se puede manifestar como una zona homogénea apta para prácticas de agricultura. Por último cabe destacar las superficies de las facetas de laderas cóncavas escarpadas e inclinadas con 8.2 km<sup>2</sup> y con 10 km<sup>2</sup> sumando nos dan 18.2 km<sup>2</sup> ocupando el 60% del área total del Sistema Acatepec como se muestra en el mapa de Facetas del Sistema (véase cuadro 7 y fig.16).

#### h) Problemas y limitantes

En general el Sistema Terrestre Acatepec, es de los que presentan buenas condiciones de conservación, el grado de erosión es ligera; sin embargo, para laderas tanto cóncavas y rectas, la erosión va de moderada a severa. Con relación a las limitantes que tiene el Sistema hacia las actividades productivas se tiene que entre las principales demeritantes son desde luego la falta de precipitación, la escasa profundidad de los suelos, la pedregosidad y las variaciones del relieve. La capacidad de uso de suelo que más adecuada para el sistema es para el desarrollo limitado de actividades pecuarias y para la recolección forestal a nivel doméstico.

No.	Nombre de la faceta	Clase de pendiente	Patrón de drenaje superficial	Grado de erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Ladera cóncava escarpada	7T	Subparalela	severa	Matorral crasicaule	8.2
2	Ladera cóncava inclinada	4T	Dendrítico	Moderada	Matorral subinerme	10.0
3	Ladera recta moderadamente escarpada	6T	Paralela	severa	Matorral espinoso- Matorral crasicaule	0.4
4	Loma moderada	3T	Subdendrítico	Ligero	Matorral subinerme	0.4
5	Loma inclinada	4T	Subdendrítico	Ligera	Matorral espinoso- Izotal	3.6
6	Loma suave	2T	Subdendrítico	Incipiente	Matorral subinerme- Matorral crasicaule	0.3
7	Planicie suave	2T	Angular	Bajo	Matorral espinoso- Izotal	3.7
8	Terraza suave	2T	Dendrítico	Severa	Matorral espinoso y Agricultura de temporal	3.0

Cuadro.7. Facetas del Sistema Terrestre Acatepec.

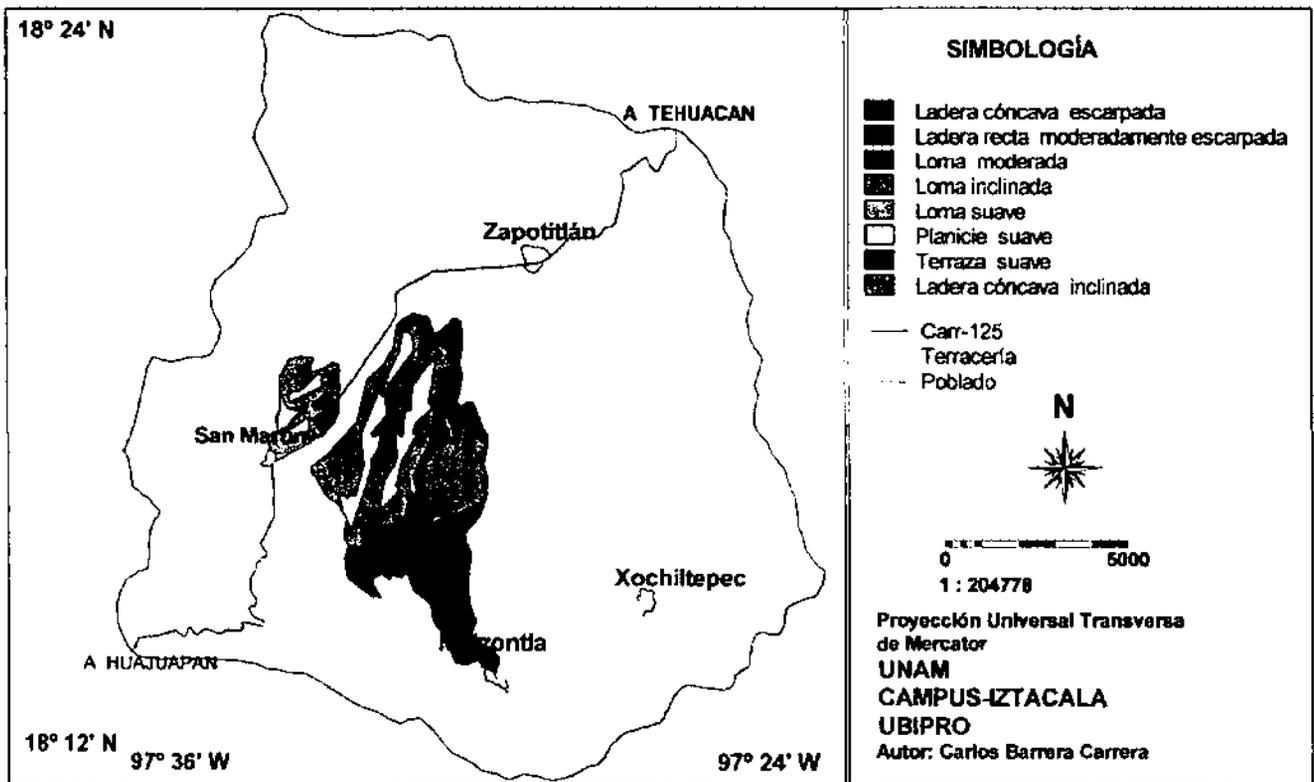


Fig. 16. Facetas del Sistema Terrestre Acatepec del Valle de Zapotitlán .

### 6.5.1.2. Sistema Terrestre Agua de Burro.

#### a) Localización.

Se localiza en la parte Oeste de la Cuenca de Zapotitlán, esta representado por los cerros: La Mesa, Xentile y Yolotepec, mismos que conforman el parte aguas que divide al Valle de Zapotitlán del Valle de Santa Ana ubicado también hacia el Oeste. Los límites del Sistema Terrestre Agua de Burro son: hacia el Este y Norte limita con el Sistema Zapotitlán y al Sur con el Sistema San Juan Raya. Para acceder al Sistema se toma la Carretera 125 que va de Tehuacán a Huajuapán de León y se toma la desviación de terracería a San Juan Raya (véase fig.17).

#### b) Geología.

Este Sistema pertenece a la formación geológica denominada "Agua de Burro" que se formo en el Cretácico particularmente en el Barremiano Tardío y está en discordancia con la Formación geológica Zapotitlán También del Cretácico (Maldonado, 1956). El tipo de unidad litológica que predomina es la roca sedimentaria caliza, en el recorrido en el campo se observó una disposición en capas inclinadas con un grado de buzamiento  $16^\circ$  (29%) mostrándose la formación como un plegamiento dirección de Oeste a Este.

#### c) Geomorfología.

Las formas del relieve que predominan son laderas de forma cóncava esparcidoras de agua con pendiente de la clase 7T del 40-100% moderadamente escarpadas con denominación escarpada, es la única condición que se manifiesta para todo el Sistema. Este declive se origino a partir de un plegamiento.

#### d) Hidrología.

El patrón del drenaje natural de toda la ladera es de tipo paralelo, esto se manifiesta por las capas de rocas resistentes con cierta horizontalidad en las cuales el drenaje no se puede esparcir en otra forma lo que también tiene influencia es la pendiente que al ser escarpada permite un escurrimiento más acelerado, este patrón paralelo también indica una condición del relieve muy homogénea (véase cuadro 6).

#### e) Vegetación.

El tipo de vegetación que prevalece es el matorral crasicale, donde las especies más representativas son *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus hopenstetti*, (INEGI,1989) formando verdaderas tetecheras en las laderas que presentan una orientación hacia el Este (véase cuadro 6).

f) Suelos.

Por las condiciones topográficas imperantes, los suelos del sistema son poco profundos derivados de calizas, en prácticamente todo el sistema predomina la asociación, Leptosol rendzico, lítico, Feozem calcárico, estos suelos son poco desarrollados y su productividad se limita a las actividades forestales de recolección para fines domésticos.

g) Facetas.

El Sistema terrestre Agua de Burro es el más homogéneo de todos, por lo que sólo se reconoció en el una faceta que es la ladera cóncava con pendiente escarpada de la clase 7T, con una superficie de 2.3 km<sup>2</sup> que representa el 100 % del Sistema y el 0.85% e toda la cuenca (véase cuadro 6).

h) Problemas y limitantes.

Es un sistema con muchas limitaciones para las actividades productivas, principalmente por las restricciones del clima, las pendientes y la escasa profundidad de los suelos. La pendiente obliga a proponer al Sistema como zona dedicada a la conservación de vida silvestre ya que no se contemplan actividades agrícolas de ningún tipo. La actividad pecuaria tampoco es recomendable, que aunque puede estar regulada la actividad de pastoreo del ganado caprino, sin embargo, pone en riesgo la vegetación presente contribuyendo a la degradación del suelo por la erosión y por la compactación producida por al pisoteo constante del ganado(Montaña, 2000).

No.	Nombre de la Faceta	Clase de pendiente	Patrón hidrológico	Grado de erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en Km <sup>2</sup>
1	Ladera cóncava escarpada	7T	Paralelo	Bajo	Matorral crasicaule	2.3

Cuadro. 8. Facetas del Sistema terrestre Agua de Burro

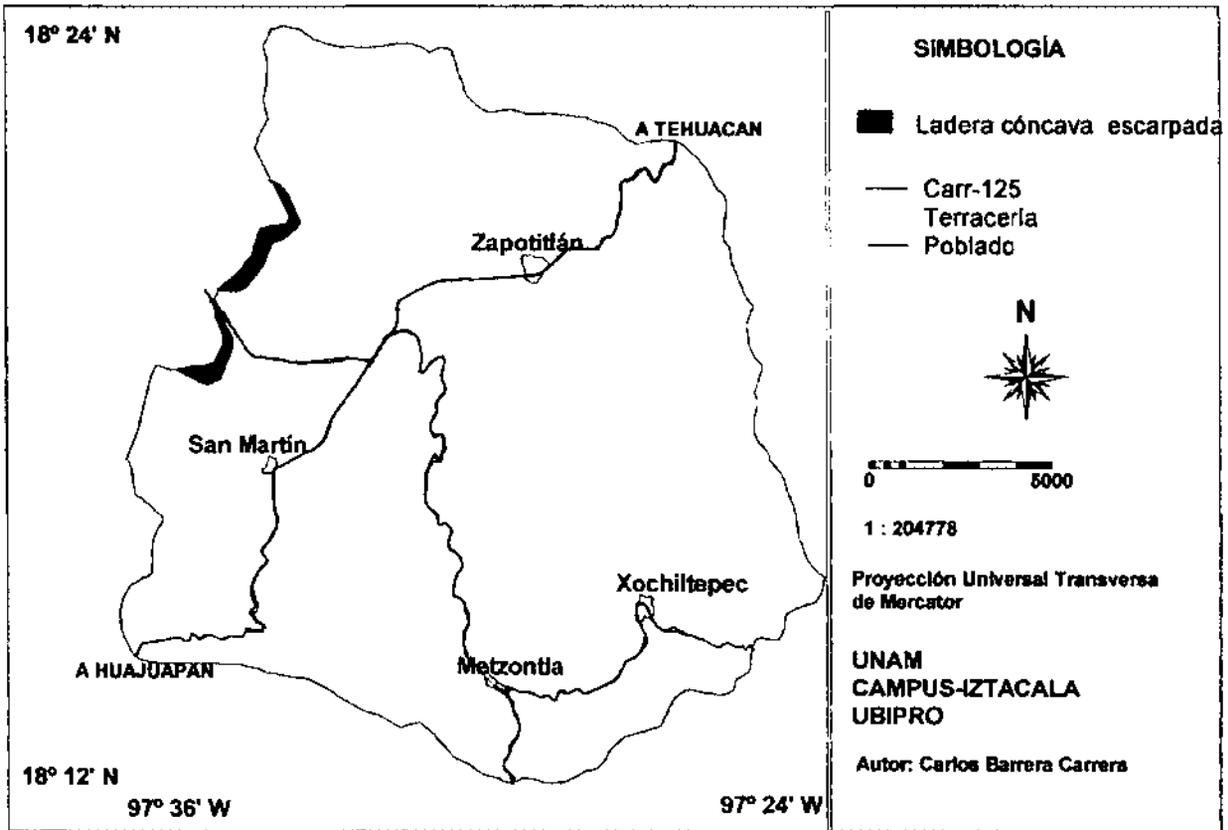


Fig. 17. Facetas del Sistema Terrestre Agua de Burro en el Valle de Zapotitlán.

### 6.5.1.3. Sistema Terrestre Aluvión

#### a) Localización.

Se localiza hacia la porción más baja de la Cuenca en un rango altitudinal que va entre los 1380 m.s.n.m. y los 1600 m.s.n.m., formando la planicie de inundación del Río Zapotitlán, comprende los fondos y paredes de las distintas Barrancas asociadas a la red hidrológica (véase fig. 18) Hacia el Norte colinda con el Sistema Zapotitlán, rumbo al Sur con el Sistema Acatepec, hacia el Oeste con el Sistema Agua de Burro y en la parte Sureste con el Sistema Metzontla. Este Sistema es de fácil acceso ya que se puede llegar caminando por veredas, desde el poblado de Zapotitlán en dirección Sur ó también se llega por la Carretera 125 que va de Tehuacan a Huajuapán, hasta llegar al Río Zapotitlán.

#### b) Geología.

El origen del Sistema Terrestre Aluvión data del Cuaternario momento en el cual se presentaron eventos extraordinarios de erosión y depositación; conformada de depósitos aluviales cantos rodados, y fragmentos de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas. En la actualidad el Sistema Aluvión sigue recibiendo una gran cantidad de materiales provenientes del proceso de erosión de la cuenca.

#### c) Geomorfología.

La forma del terreno para este sistema es casi llana, las pendientes que predominan pertenecen a las clases 2T y 3T con relieve suave u ondulado respectivamente, que corresponde a la geoforma terraza aluvial. En realidad se trata de una serie de pisos de terrazas de diferente composición y edad; aún las más recientes las pegadas al cauce del río y las más antiguas las de mayor altitud. Este sistema es de los que mayor dinamismo tienen, cambiando frecuentemente de acuerdo a los procesos de maduración y evolución de la cuenca y particularmente del cauce del río. Es conveniente aclarar que el Sistema no es continuo ya que en algunas partes desaparece, principalmente por el encañonamiento del río, por la dureza de las rocas, o bien, por que ya fue totalmente erosionado por el cauce.

Algo muy importante que hay que destacar, es la presencia dentro del sistema de una forma de paisaje o unidad ambiental conocido como tierras malas (Badlands), que son un conjunto de geoformas originadas por fuertes procesos erosivos que se acentuaron donde se dio una gran confluencia de escurrimientos, que coincidieron con la presencia de materiales altamente erodables. Fisonómicamente las tierras malas son sitios muy fragmentados y seccionados por un sin número de canales, cárcavas y barrancos con variaciones de pendientes muy bruscas.

#### d) Hidrología.

En el sistema domina un patrón de drenaje superficial de tipo dendrítico, presentándose como unidad hidrológica importante al río Zapotitlán el cual circula a través de casi todo el Sistema Aluvión, este tipo de patrón indica que los materiales de depósito no se encuentran bien consolidados y que el agua va penetrando por aquellos lugares donde los materiales son blandos (López, 1978). Por otra parte, la densidad del sistema de avenamiento es variable dependiendo de las características de permeabilidad de las rocas y sobre todo del suelo, encontrándose redes más densas sobre materiales arcillosos. Para la unidad de tierras malas, el patrón de avenamiento es muy denso y con formas que fluctúan entre pinadas, subdendríticas y subparalelas, lo que indica una baja permeabilidad del suelo lo que fomenta la presencia de escurrimientos superficiales y en consecuencia la actividad erosiva.

#### e) Vegetación.

Los tipos de vegetación que dominan son el matorral espinoso y subinermes, entre las especies más representativas están *Prosopis laevigata*, *Cercidium precox*, *Myrtillocactus geometrizans*, y *Verbena sp.* En cuanto al uso del suelo, es precisamente este sistema donde se establece prácticamente toda la actividad agrícola de la cuenca, el sistema que se tiene es de temporal donde el cultivo principal es el maíz.

#### f) Suelos.

Los suelos para el Sistema terrestre Aluvión son de origen (Cuaternario) reciente y se caracterizan por ser jóvenes, poco evolucionados pero muy profundos y con buen potencial productivo. Las unidades que se presentan y son Fluvisoles y Regosoles calcáricos, al parecer existe una relación entre el edad de la terraza y el tipo de suelo presente, de tal modo que en las terrazas más jóvenes dominan los Fluvisoles y en las más antiguas y estables los Regosoles. Ambas unidades se distinguen por sus colores claros, moderados contenidos de materia orgánica, de pH alcalino y de textura variable.

#### g) Facetas

Del reconocimiento fisiográfico se obtuvieron dos Facetas asignándole un nombre de acuerdo a la forma del relieve que representa y al grado de pendiente que predomina estas son; Terraza suave que ocupa una superficie de 16.6 km<sup>2</sup> que equivale aproximadamente al 95% del total de la superficie. El 5% restante lo ocupa la faceta Pie de monte de pendiente moderada, otro tipo de faceta que tenemos son las Tierras Malas las cuales ocupan una superficie indefinida en el Sistema, ya que su crecimiento depende de la velocidad de erosión que hay en algunos lugares. (véase cuadro 9).

Con esto se da un caso extremo: el de las cárcavas (Bad lands) ó tierras malas donde las posibilidades de desarrollo de la vegetación y actividades humanas es una limitante, estas se observaron en campo a través del Sistema Aluvión solo en aquellas partes muy cercanas al río principal, esto puede ser debido a la erosión que se da en la época de lluvias torrenciales al incrementarse la velocidad del agua corriente hacia el cauce principal. Se trata de una topografía de barrancos ramificados, muy estrechos y próximos y bastante profundos, en este caso en las Terrazas estos son poco profundos y en proceso de formación estos barrancos están separados por aristas relativamente agudas.

En la formación de los Bad lands se tiene como una condicionante al grado de la pendiente; si ésta es muy inclinada la velocidad de la corriente de agua aumenta y la erosión gana terreno, ya que el lavado de los materiales se da más rápido y mucho depende las características del material geológico que en el caso de las Terrazas es Aluvión que esta conformado por capas de sedimentos poco consolidados producto del proceso de depositación y cambios climáticos que se dio durante el periodo Cuaternario. Esto es por que la pendiente no influye para este caso que el proceso de erosión se acentuó para las Terrazas ( Derrau 1981) .

#### h) Problemas y limitantes

El Sistema aluvión es de los afectados por las actividades humanas ya que como se mencionó ahí es donde se practica la agricultura de la cuenca, además también hay pastoreo de ganado caprino; Por otra parte, su cercanía con el poblado de Zapotitlán ejerce gran influencia en las terrazas sobre todo afectándolas por la apertura de caminos y por la disposición de residuos domésticos o desechos de la actividad artesanal del mármol y ónix. En algunos lugares se presenta un grado de erosión severa que ha determinado la formación de tierras malas o estériles representada por cárcavas y barrancos de considerable profundidad. La agricultura de temporal ha generado todo un mosaico de condiciones del uso del suelos, ya que en algunos sitios como se pudo observar en campo están abandonados, lo que acelera el proceso de erosión que se agrava en época de lluvias, por la disolución y ruptura de las partículas del suelo lo que influye en la pérdida de biodiversidad (Montaño,2000).

No.	Nombre de la Faceta	Clase de pendiente	Patrón hidrológico	Grado de erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Terraza suave	2T	Dendrítico	Moderada Ligera	Matorral espinoso y Agricultura de temporal	16.6
2	Pie de monte moderado	3T	Dendrítico	Moderado	Matorral espinoso-Matorral subinermes	0.8
3	Tierras malas	Variable	Pinado Subparalelo	Muy severa	Sin vegetación	?

Cuadro. 9. Facetas del Sistema Terrestre Aluvión.

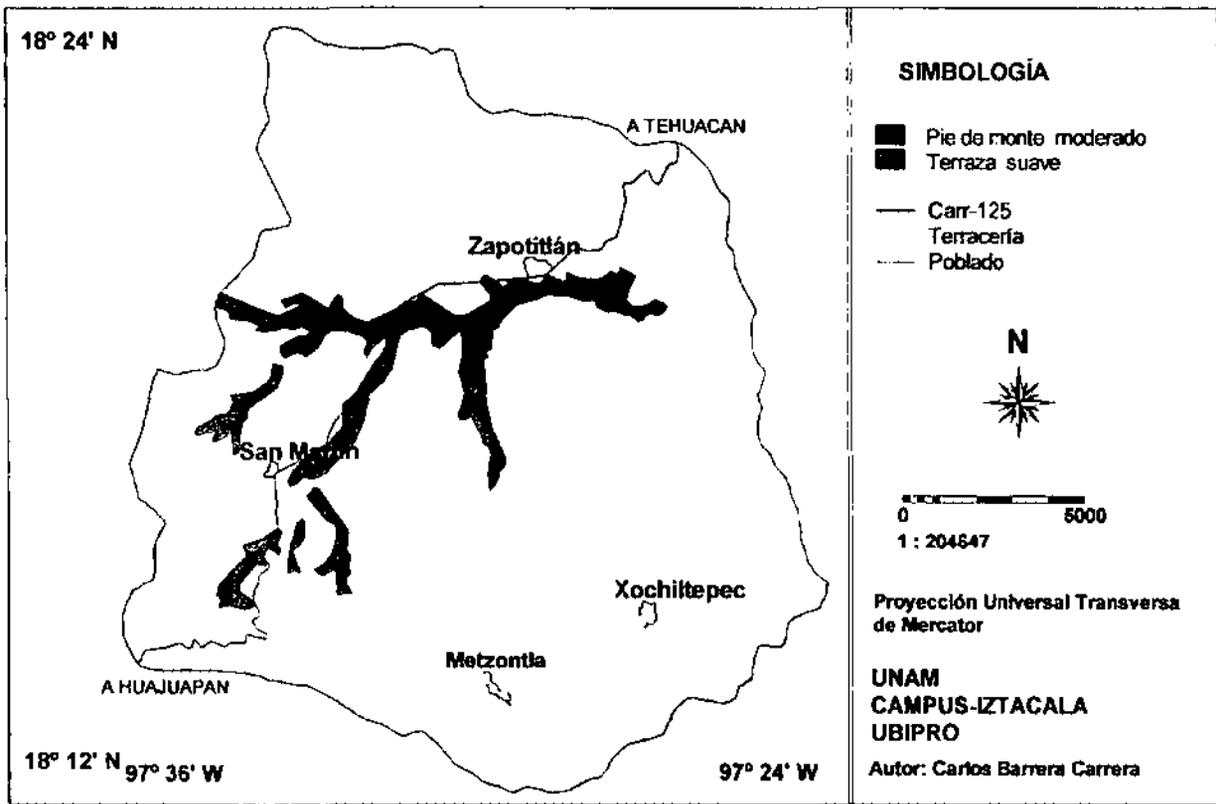


Fig.18. Facetas del Sistema Terrestre Aluvión del Valle de Zapotitlán.

### 6.3.1.4 Sistema Terrestre Cipiapa.

#### a) Localización.

Se ubica hacia la porción más alta de la Cuenca, el cual forma parte del parteaguas de la zona norte, con un rango altitudinal que va de los 2,200 a los 2,620 msnm. Se encuentra representado en la topografía por los cerros Pajarito, Mar Rubio y Chacateca. Este sistema colinda hacia el Sur con el Sistema Terrestre Zapotitlán; el acceso al Sistema es muy complicado ya que no existe un camino de Terracería, pero se llega por veredas que van desde el Poblado de Zapotitlán con dirección Norte. (véase fig.19).

#### b) Geología.

El Sistema Cipiapa tiene su origen desde el Cretácico medio donde a través de un plegamiento surge la formación geológica de Cipiapa con unidades litológicas compuestas principalmente por calizas en la parte más alta y conglomerados calizos aflorando en distintos lugares. De acuerdo a las observaciones hechas en campo y a lo que señala García, 1991, se puede constatar que la estructura del sistema es un anticlinal erosionado con una falla hacia el sur.

#### c) Geomorfología.

Las formas del relieve presentes son de origen tectónico y representan las topofomas típicas de los plegamientos que se expresan con elementos como laderas convexas y rectas, cimas y cantiles. La cima presenta una pendiente inclinada que es el nacimiento de una pendiente escarpada de la clase 7T. Los declives son muy inclinados y rocosos. Los cantiles con una pendiente muy escarpada y sin suelo (Patrick, 1978).

#### d) Hidrología.

El patrón más representado es el dendrítico y el subdendrítico esto va de acuerdo con la resistencia que presentan las calizas y los conglomerados que se disponen en diferentes capas alternadas, con lo que las corrientes van buscando en una serie de fracturas que presentan las rocas, a su paso.

#### e) Vegetación.

La vegetación que se presenta para todo el Sistema es el chaparral y matorral crasicale, este último representado por especies como *Cephalocereus columna-trajani*, *Opuntia sp.* y *Pachycereus sp.* Para el Chaparral las especies más representativas son *Cercidium preacox* y *Quercus spp.* Esta última especie no alcanza tallas grandes.

f) Suelos.

Los suelos que se presentan son someros pero evolucionados derivados de calizas, la mayoría presenta horizontes genéticos bien desarrollados, las unidades que se presentan son asociaciones de Feozem calcárico + Leptosol rendzico caracterizados por la presencia de horizontes mólicos y diferentes grados de acumulaciones de carbonatos de calcio. Otro suelo que se reportado por Rivas (en prensa) es el Calcisol suelo maduro con presencia de horizonte árgico y abundante concentración de carbonato de calcio (Ortiz, 1994).

g) Facetas.

Al regionalizar el Sistema se obtuvo un total de 4 facetas cuyas pendientes varían entre inclinadas y moderadamente escarpadas. Los nombres asignados a cada faceta son: Ladera recta escarpada (1), Cima inclinada (2), Ladera convexa moderadamente escarpada (3) y Cantil muy escarpado (4). La faceta con la mayor superficie es la faceta 3 con 4 km<sup>2</sup> lo que representa casi el 80% de toda el área del Sistema (véase cuadro 10).

h) Problemas y limitantes.

La erosión que presenta el Sistema va de ligera a moderada, lo que indica que el grado de conservación es bueno. Esto es gracias a la lejanía de los poblados y a lo inaccesible del área; sin embargo, de las observaciones hechas en campo se constató la presencia de actividades pecuarias y de tala, lo que a futuro puede acarrear problemas en lo que a erosión del suelo se refiere. Por las condiciones que prevalecen de pendientes inclinadas, suelos someros y pedregosos y sobre todo por el relieve accidentado las actividades productivas no son muy recomendables para este sistema. (Claver, 1982).

No.	Nombre de la Faceta	Clase de pendiente	Patrón hidrológico	Grado de erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Ladera recta escarpada	7T	Angular	Ligera	Chaparral	2.0
2	Cima inclinada	4T	Subdendrítico	Moderado	Matorral crasicaule	0.2
3	Ladera convexa moderadamente escarpada	6T	Dendrítico	Moderado	Matorral crasicaule	4.0
4	Cantil muy escarpado	8T	No presenta	Ligero	Chaparral	0.2

Cuadro. 10. Facetas del Sistema Terrestre Cipiapa

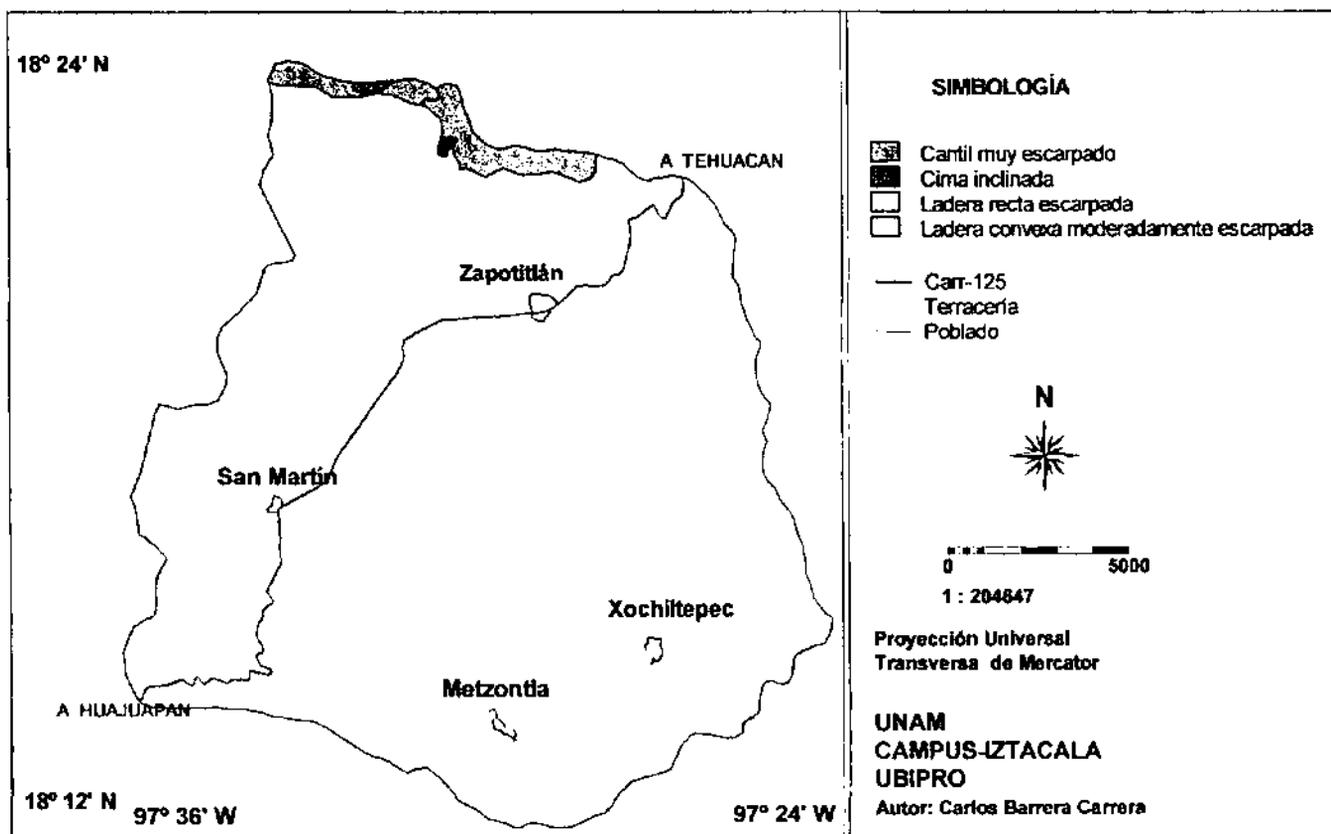


Fig.19. Facetas del Sistema Terrestre Cipiapa del Valle de Zapotitlán

### 6.5.1.5. Sistema Terrestre Matzitzi.

#### a) Localización.

Se localiza en la parte Sur de la Cuenca , (véase fig.20) el Cerro más representativo ubicado en la carta topográfica escala 1:50,000 es Yistepec con una altitud máxima de 2300 msnm. otra área distintiva es la Barranca Nacional hacia el este del poblado cercano llamado Metzontla, en la parte Norte colinda con el Sistema Terrestre Metzontla del mismo nombre del poblado, el Sistema Terrestre Acatepec y parte del Sistema Aluvión, en la parte Este tiene límite con el Sistema Miahuatepec. El rango de altitud que tiene va de 1720 a 2300 msnm. en el plano topográfico. Para llegar al Sistema Matzitzi son dos formas una por la Carretera 125 que va de Tehuacan a Huajuapán de León, Pasando el poblado de San Martín con dirección Sur; y otro es llegando por la desviación de terracería sobre la carretera, a Los Reyes Metzontla.

#### b) Geología.

Tiene como origen a la Formación geológica Matzitzi del Jurásico y que descansa sobre un complejo basal o cristalino del paleozoico. Es probable que del Pensilvanico al Jurásico tardío el Sistema emergió para ser cubierto por mares. La litología que se presentan es muy variada, se tienen unidades de rocas llamadas lechos rojos que son lutitas de color rojo en algunas zonas areniscas bien cementadas y plegadas (Barcelo, 1978). Desde el punto de vista del tiempo geológico esta área es la más antigua de toda la Cuenca (véase cuadro 4).

#### c) Geomorfología.

Las formas del relieve son muy variadas van desde lo que son mesas ubicada en partes altas, laderas rectas y cóncavas, Pie de monte, lomerios y algunas barrancas. La mayoría de las expresiones del relieve son de origen tectónico por medio de levantamientos que dieron origen a las secuencias de lomerios y laderas, asociadas a estructuras de anticlinales y sinclinales. En consecuencia las pendientes varían mucho teniendo clases que van desde la 3 hasta la 7 con denominaciones de moderadas a escarpadas respectivamente.

#### d) Hidrología.

En todo lo que es el plegamiento donde se ubican las laderas, la red de drenaje es de enrejado asimétrica, esto por la complejidad, heterogeneidad y disposición de las capas de roca que se presentan; por ejemplo, para el caso las areniscas que por su grado de cementación son muy resistentes y el agua va buscando las fracturas de la roca disectandola y marcando el patrón de avenamiento. En otros sitios dominan los patrones, pinados, retorcidos, dendríticos y subdendrítico, estos últimos se manifiestan en las partes bajas donde se presentan suelos y rocas de menor permeabilidad como las lutitas. En general la estructura geológica ejerce una marcada influencia sobre las formas del patrón de escurrimientos.

#### e) Vegetación.

Por medio de la fotointerpretación y de las visitas al campo, se obtuvo que en este Sistema Matzitzi se presenta una Selva baja con especies dominantes como, *Bursera sp.*, *Stenocereus sp.* y *Myrtillocactus geometrizans.* en su mayor parte. En otros sitios, principalmente sobre lomerios se presenta el matorral subinermne con especies dominantes: *Yucca sp.*, *Prosopis laevigata,* y *Opuntia sp.*

#### f) Suelos.

Se presentan unidades como Litosol y Regosol (INEGI,1990), como los suelos dominantes, se han formado a partir de lutitas de color rojo y areniscas. Son jóvenes y de profundidad variable dependiendo de su posición topográfica, muchas de sus propiedades son heredades del material parental.

#### g) Facetas.

El Sistema Matzitzi es tal vez el más heterogéneo en cuanto a geoformas se refiere, al regionalizarlo de acuerdo al patrón geomorfológico y ritmo topográfico se reconocieron un total de nueve facetas que son: Lomas moderadamente escarpadas (1), Cima moderada (2), Lomerío muy inclinado (3), Pie de monte inclinado (4), Pie de monte moderado (5), Ladera recta escarpada (6), Ladera recta moderadamente escarpadas (7), Ladera cóncava moderadamente escarpadas (8), Planicies moderadas (9). Las facetas que más superficie cubren son la tres con 15 km<sup>2</sup> y la faceta uno con 6 km<sup>2</sup> que juntas representan el 55% de la superficie total del sistema (véase cuadro 11 y fig. 20). Cabe señalar que la planicie es un relieve producto de la denudación que se da en la parte alta de una loma ó cerro, la faceta planicie suave conforma la parte alta ó superficie de la Mcsa, la cual esta delimitada por laderas de pendiente moderadamente escarpada (Lugo, 1989).

#### h) Problemas y limitantes.

El principal problema detectado para el Sistema es la deforestación por la tala inmoderada, sin duda alguna es el paisaje más afectado en este sentido y más presionado por las actividades humanas, ya que dentro del Sistema se presentan diversos asentamientos humanos. Esto ha ocasionado diversos grados de erosión, así se tiene que para las facetas 1, 6 y 7 (véase cuadro 11 ) la erosión es severa; donde se presenta erosión ligera es en las facetas Cima moderada y Planicie moderada y Pie de monte. Las practicas de desmonte han sido principalmente para abrir áreas para la agricultura de temporal, que es una de las principales actividades de esta zona.

No.	Nombre de la Faceta	Clase de Pendiente	Patrón Hidrológico	Grado de Erosión	Uso de Suelo y Vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Lomas moderadamente escarpadas	6T	Asimétrico	Severa	Desmonte	6.0
2	Cima moderada	3T	No presenta	Ligera	Selva baja	0.3
3	Lomerío muy inclinado	5T	Subdendrítico	Moderada	Matorral subinerme- Matorral crasicaule	15.0
4	Pie de monte inclinado	4T	Dendrítico	Moderada	Agricultura de temporal	3.6
5	Pie de monte moderado	3T	Dendrítico	Moderada	Agricultura de temporal, Matorral crasicaule- Matorral subinerme	0.8
6	Ladera recta escarpada	7T	Asimétrica	Severa	Selva baja	5.0
7	Ladera recta moderadamente escarpada	6T	Asimétrica	Severa	Selva baja	2.4
8	Ladera cóncava moderadamente escarpada	6T	Angular	Moderada	Selva baja	4.6
9	Planicie moderada	3T	Asimétrico	Ligera	Matorral subinerme	1.5

Cuadro. 11. Facetas del Sistema Terrestre Matzitzi

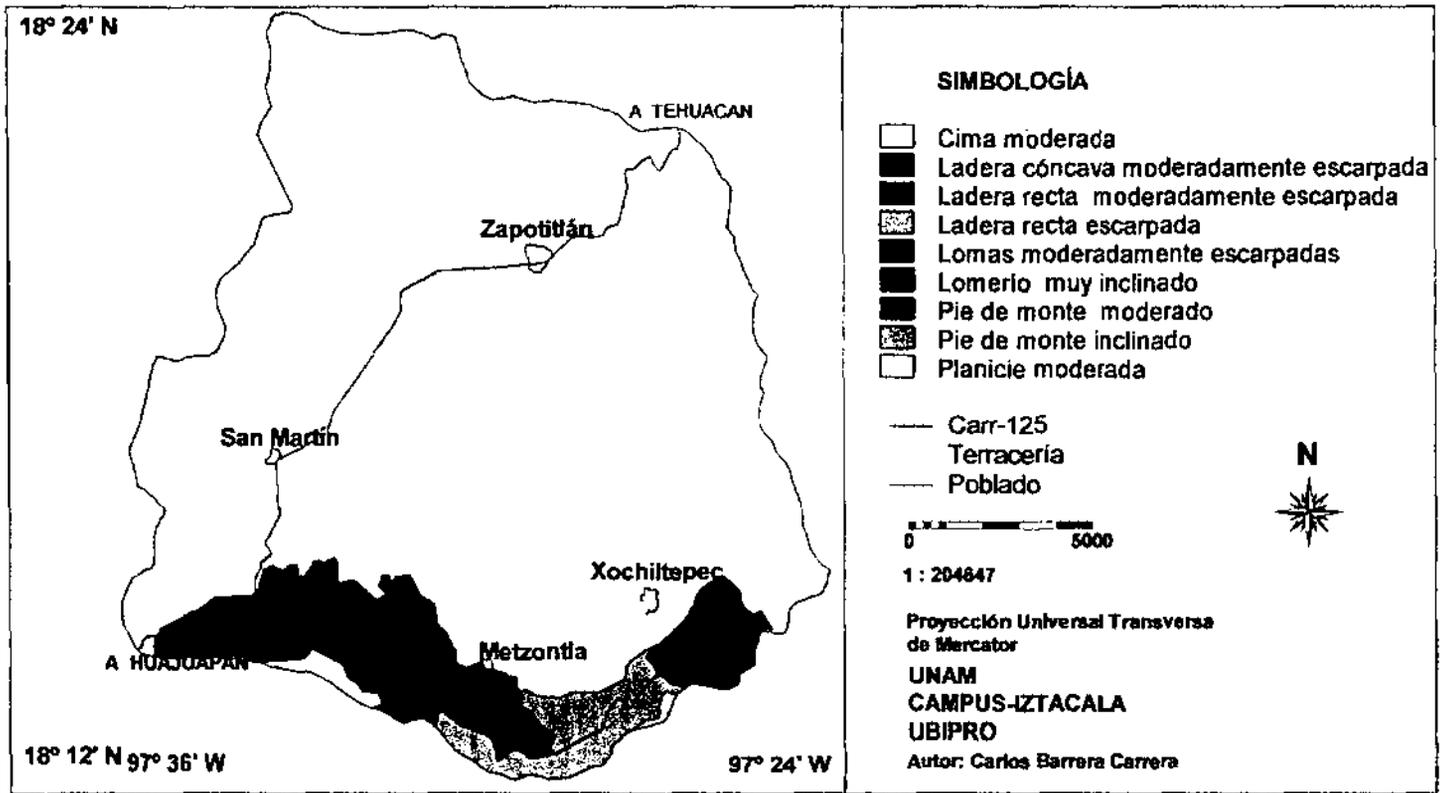


Fig. 20. Facetas del Sistema Terrestre Matzitzi del Valle de Zapotitlán.

### 6.5.1.6. Sistema Terrestre Metzontla

#### a) Localización.

El Sistema Terrestre Metzontla está ubicado hacia la parte Sur-Este del Valle, es un macizo montañoso muy extenso con un rango de altitud entre los 1500 a 2460 msnm. En el se encuentran localizados los cerros Grande, Otate, Tierra Amarilla y Viejo, también dentro de este sistema se ubica el poblado que lleva el mismo nombre que es, Metzontla. Sus límites son hacia el Norte con el Sistema Aluvión, al Este con el Sistema Miahuatepec, en el Sur esta limitado con el Sistema Matzitzí y al Oeste con el Sistema Acatepec (véase fig. 21). Es tal vez el Sistema menos accesible, por lo accidentado de su orografía, se llega a él por la Carretera 125 tomando la desviación de terracería que va a Los Reyes Metzontla .

#### b) Geología.

Esta conformado por una estructura muy compleja en cuanto a origen y litología. Entre los principales rasgos estructurales esta una falla representada por la Barranca Nacional ubicada hacia el sur. La Formación geológica que da origen a este Sistema Terrestre es llamada Mapache en alusión al nombre de una barranca en la región (Barcelo,1978). Esta formación descansa sobre el Complejo Basal ó cristalino y esta discordante con la Formación Matzitzí. El Sistema Metzontla data del Jurásico Tardío . Las unidades litológicas que predominan son lutitas con diferentes grados de metamorfismo, Areniscas bien cementadas de grano fino, calizas plegadas como se observó en el campo y en algunas partes altas del cerro Otate hay presencia de rocas ígneas.

#### c) Geomorfología.

En realidad se trata de una gran macizo con múltiples geoformas que definen una gran variedad de relieves tales como: Serranías, Cerros, Laderas cóncavas, Laderas rectas Pie de monte, Lomas, Cimas, Cuestas y Barrancos. La mayoría de las formas son de origen tectónico, para todo el sistema en general predominan las pendientes de todo tipo, desde suaves a nivel de terraza hasta escarpadas para laderas rectas. El único tipo que no se presenta es para la clase 8T denominada muy escarpada.

#### d) Hidrología.

Los patrones hidrológicos que predominan son los subdendríticos, dendríticos y los asimétricos. Los primeros patrones están mas asociados en regiones de rocas sedimentarias poco resistentes como son lutitas presentes en el área en las laderas y a calizas plegadas en las cuales el agua va buscando su cauce (Guerra, 1980).

#### e) Vegetación.

La presencia del Sistema por su magnitud seguramente tiene una influencia muy marcada en las condiciones mesoclimáticas de la cuenca, al modificar localmente el patrón de circulación de los vientos y al crear una área de mayor protección, lo que seguramente a favorecido presencia un clima más benigno hacia el sur, guardando más humedad y el calor. Este cambio de las condiciones climáticas se refleja directamente en la presencia de una selva baja caducifolia, ubicada en las partes más altas, hacia las partes de menor altura se presenta el matorral crasicale-Matorral subinorme, con especies como son *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia sp.*, *Verbesina sp.*, *Mammillaria sp.*, *Pachycereus holianus* y *Cercidium praecox* (Osorio,1996). Esta asociación no presenta en si especies dominantes en su estructura según se pudo apreciar en las observaciones durante el recorrido en campo.

#### f) Suelos.

Aunque actualmente no se tiene un estudio edafológico para esta zona, por los recorridos de campo se puede advertir la presencia de unidades de suelo como Leptosol rendzico y Regosol calcárico asociada al matorral crasicale - subinorme y Feozem calcárico corresponde a un suelo con una capa de caliche aunque son considerados también suelos ricos en materia orgánica un poco desarrollados (Ortiz,1994).

#### f) Facetas

Dada la gran variedad de formas se reconocieron un total de 14 facetas para el Sistema Terrestre Metzontla,(véase cuadro 16) estando representadas casi todas las clases de pendientes que va de la clase 2T con denominación suave (para la faceta 10); clase 3T con denominación de moderada (para las facetas 6, 7 y 8 ); 4T con denominación inclinada ( para las facetas 3, 5, 11 y 12); 5T con la denominación de muy inclinada (facetas 1 y 9) para la clase 6T de moderadamente escarpada pertenecen las facetas 2 y 14 y finalmente para la clase 7T de escarpadas corresponde a la faceta 13.

El patrón hidrológico dominante para las facetas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11 y 14 es el dendrítico después el subdendrítico para las facetas 9,12 y 13 y finalmente el paralelo asimétrico para las facetas 7 y 8. El grado de erosión fue ligero para las facetas 1, 7 y 8; moderado para las facetas 2, 3, 5, 6, 9,11, 13 y 14; también hubo facetas con erosión severa como la 4, 10 y 12. Según el tipo de vegetación las facetas 3, 4 y 9 tienen una asociación de matorral crasicale y matorral subinorme. También se presentan muchas áreas de desmonte dedicadas a la práctica de la agricultura de temporal presentes en las facetas 5, 10 y 12. El matorral espinoso ocupa la mayor superficie de la faceta 6 y el chaparral el de la 13. De las facetas que presentaron una mayor área son la 2 con 18 km<sup>2</sup> , faceta 12 con 12 km<sup>2</sup> y la faceta 14 con 11 km<sup>2</sup>, en conjunto las superficies anteriores suman el 82% del total de superficie del Sistema (véase cuadro 12).

h) Problemas y limitantes.

Debido a lo accidentado del Sistema uno de los problemas más preocupantes es la erosión, de hecho hay zonas en donde se presenta una erosión severa, principalmente sobre laderas de pendiente escarpada. Los principales agentes promotores de la erosión son los desmontes para abrir nuevas tierras al cultivo, la tala no controlada y el sobrepastoreo.

No.	Nombre de las Facetas	Clase de Pendiente	Patrón Hidrológico	Grado de Erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Cerro muy inclinado	5T	Dendrítico	Incipiente	Matorral crasicaule	0.4
2	Ladera cóncava moderadamente escarpada	6T	Dendrítico	Moderado	Izotal-Matorral crasicaule	18.0
3	Ladera cóncava inclinada	4T	Dendrítico	Moderado	Matorral crasicaule-Matorral subinerme	0.2
4	Ladera cóncava escarpada	7T	Dendrítico	Severa	Matorral crasicaule-Matorral subinerme	1.35
5	Pie de monte inclinado	4T	Dendrítico	Moderada	Agricultura de Temporal	1.6
6	Pie de monte moderado	3T	Dendrítico	Moderada	Matorral espinoso	8.0
7	Cima moderada	3T	Asimétrico	Incipiente	Selva baja	0.6
8	Planicie moderada	3T	Asimétrico	Incipiente	Matorral subinerme-Matorral crasicaule	0.7
9	Ladera convexa muy inclinada	5T	Subdendrítico	Moderada	Matorral crasicaule-Matorral subinerme	6.7
10	Terraza suave	2T	Dendrítico	Severa	Agricultura de Temporal	0.6
11	Ladera cóncava inclinada	4T	Dendrítico	Moderada	Matorral crasicaule	5.0
12	Loma inclinada	4T	Subdendrítico	Severa	Matorral subinerme-Agricultura de temporal	12.0
13	Ladera recta escarpada	7T	Subdendrítico	Moderada	Chaparral	2.0
14	Cuesta moderadamente escarpada	6T	Dendrítico	Moderada	Matorral subinerme	11.0

Cuadro 12. Facetas del Sistema Terrestre Metzontla.

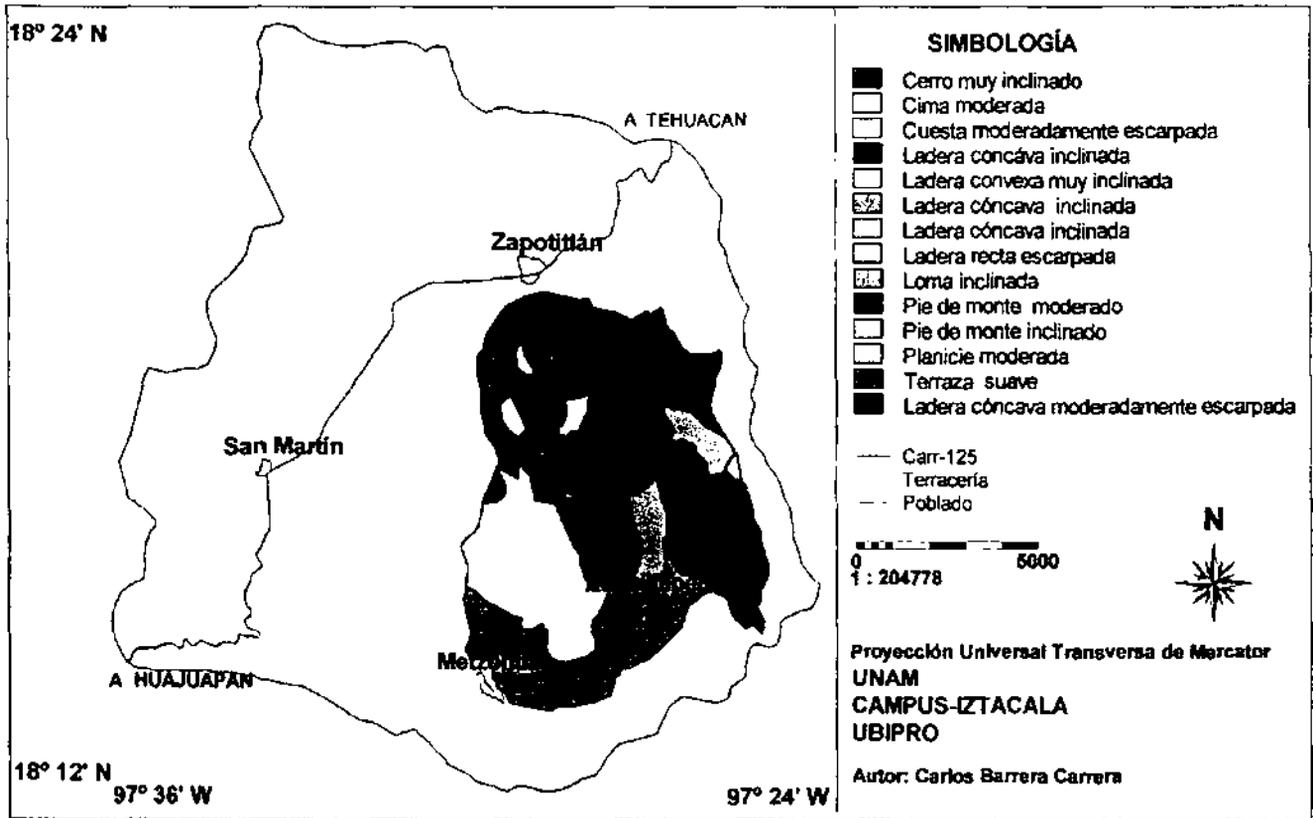


Fig.21. Facetas del Sistema Terrestre Metzontla del Valle de Zapotitlán.

### 6.5.1.7. Sistema Terrestre Miahuatpec.

#### a) Localización.

El Sistema Miahuatpec se encuentra hacia el este de la zona (véase fig.22), los cerros que lo caracterizan son: Miahuatpec, Lomas, Cuates, La Cantera y Cerro El Calvario. Este Sistema constituye el parteaguas este de la Cuenca del Río Zapotitlán. Las altitudes que tienen van desde los 1500 a los 2400 msnm. Limita al oeste con el Sistema Terrestre Zapotitlán, y al Sur-Oeste con el Sistema Metzontla. Para llegar al Sistema, por la Carretera 125 que va de Tehuacán a Huajuapán de León y se toma el camino de terracería que parte desde el poblado de Zapotitlán hacia las Salinas San Pedro y otra forma de llegar es caminando sobre el Río Zapotitlán en dirección Este.

#### b) Geología.

Este Sistema esta representado en su origen por la Formación geológica Miahuatepec que data del Cretácico inferior. Las unidades litológicas que la caracterizan son principalmente calizas con nódulos de pedernal. Esta formación presenta en su estructura una serie de plegamientos, paralelos y alineados en dirección de Sur a Norte, que forman las Sierras de Miahuatepec y Atzingo. Hacia el flanco oriental de las sierras se encuentra el Valle de Chilac que pertenece a la Cuenca del Río Salado.

#### c) Geomorfología.

El patrón geomorfológico del Sistema es el típico de un sistema acordillerado, con cimas alineadas y alargadas que definen sobre sus vertientes laderas rectas, laderas cóncavas y cantiles de pendientes muy escarpadas. El origen de estas formas es tectónico a partir de una serie de plegamientos, las pendientes restantes van de inclinadas a escarpadas. Entre los distintos plegamientos se originan una secuencia de barrancas (microcuencas) perfectamente alineadas.

#### d) Hidrología.

En las laderas se presenta un patrón Paralelo, Subparalelo y Dendritico este tipo de disposición es característica de zonas plegadas y por el tipo de roca presente hay zonas en las que las fracturas se disponen de una forma paralela facilitando el escurrimiento.

#### e) Vegetación.

El tipo de vegetación que mayor presencia tiene es Matorral crasicaule con especies dominantes como *Neoboubaemia tetetzo* y *Cephalocereus sp.* El Matorral Espinoso esta ubicado en las áreas cercanas a los escurrimientos las especies representativas son *Prosopis laevigata* y *Acacia sp.* Hay también algunos manchones de Selva baja en las partes altas de las laderas rectas con especies dominantes, *Bursera biflora*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Fouquieria formosa* y *Ceiba parviflora*. (Osorio,1996). El uso del suelo se restringe para el pastoreo de ganado caprino característico de zonas áridas y aprovechamiento forestal a nivel doméstico (Montaño,2000).

#### f) Suelos.

Los suelos que se presentan en esta región son derivados de rocas calizas, son poco profundos y muy pedregosos, las unidades de suelos son; Leptosol rendzicos, Leptosol-calcico Feozem calcárico y Regosol calcárico. Los dos primeros tienen horizontes superficiales oscuros de abundante materia orgánica y muchas raíces, son de carácter básico y con texturas medias.

g) Facetas.

Para el Sistema Terrestre Miahuatepec se identificaron cinco Facetas, en las que se les asigno el siguiente nombre según el tipo de pendiente que tienen: Planicie Suave, Cantil muy escarpado, Ladera recta escarpada, Ladera cóncava inclinada y Ladera cóncava moderadamente escarpada. Las facetas tres y cuatro están representadas con categorías de pendiente que están entre las clases 4T (de 10% a 15% ) a 8T (mayor al 100% ) entrando en la denominación de inclinada a escarpadas ó muy escarpadas con patrón hidrológico paralelo y subparalelo. Para la faceta 1 la clase de pendiente es 2T y no se presenta un patrón de drenaje muy evidente lo que indica una alta permeabilidad del sustrato y un bajo grado de erosión. La faceta que más extensión tiene dentro del sistema es la tres denominada Ladera recta escarpada con 7 km<sup>2</sup> (véase cuadro 11) cubriendo el 70% de superficie total del área del Sistema. (véase fig.22 y cuadro 13).

h) Problemas y Limitantes.

La forma en que se dispone este Sistema constituido principalmente de laderas con pendientes inclinadas y escarpadas no da posibilidad alguna de hacer planes uso del suelo, por lo que la mejor alternativa de utilización del Sistema es en lo referente a conservación y desarrollo de la vida silvestre. Los principales problemas que se tienen para el establecimiento de sistemas productivos son lo inaccesible del sitio, el relieve accidentado, el suelos somero y pedregoso, también es una zona de riesgo de movimientos en masa por la pendiente y el tipo de roca que aflora, siendo calizas.(Peña,1997).

No.	Nombre de la Faceta	Clase de Pendiente	Patrón Hidrológico	Grado de Erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Planicie suave	2 T	No presenta	Ligero	Matorral espinoso	0.3
2	Cantil muy escarpado	8 T	No presenta	Incipiente	Matorral Subinerme-Izotal	0.4
3	Ladera recta escarpada	7 T	Subparalelo	Moderado	Matorral subinerme-Izotal	7.0
4	Ladera cóncava inclinada	4 T	Paralelo	Moderado	Matorral subinerme e Izotal	1.7
5	Ladera cóncava moderadamente escarpada	6 T	Dendrítico	Severa	Matorral crasicaule-matorral espinoso	1.2

Cuadro. 13. Facetas del Sistema Terrestre Miahuatepec.

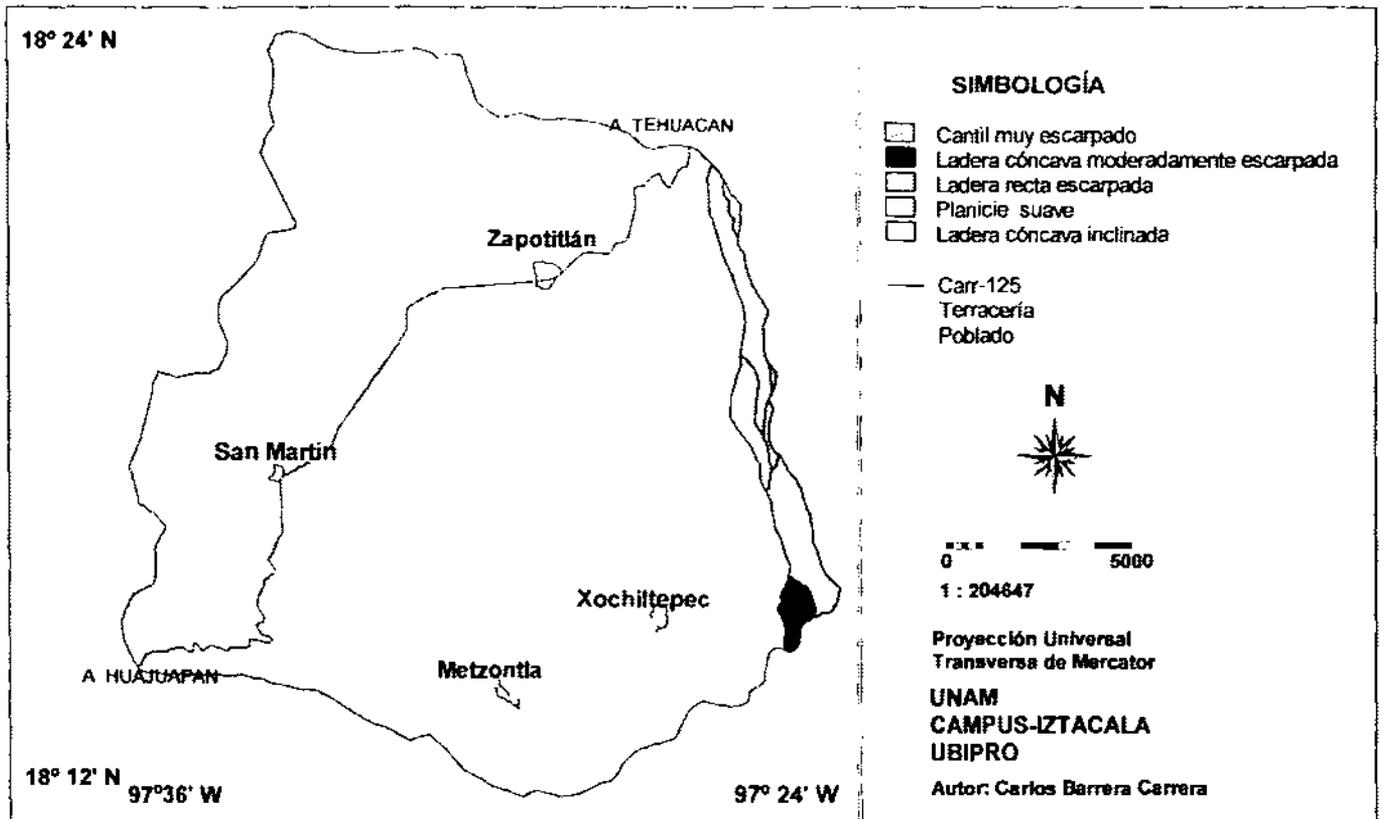


Fig. 22. Facetas del Sistema Terrestre Miahuatepec del Valle de Zapotitlán.

### 6.5.1.8. Sistema Terrestre San Juan Raya.

#### a) Localización.

Se presenta hacia el límite Sur-Oeste funcionando como límite natural entre la Cuenca de Santa Ana (occidente) y la de Zapotitlán (oriente) (véase fig.23 ), del cual destacan los Cerros Campanario, Ometepec y La Yerba, con una altitud que va de los 1760 a 2300 msnm. Colinda hacia el Este con los Sistemas Terrestres Aluvi3n y Zapotitlán, en el Noreste con el Sistema Agua de Burro y en el Sureste con Matzitzí. Para tener acceso se llega por la Carretera 125 que va de Tehuacán a Huajuapán de León y tomando la desviación de terracería en el Poblado de San Martín con dirección Oeste.

#### b) Geología.

El Sistema se origino en el Cretácico y corresponde a la Formación geológica San Juan Raya de edad Cretácea en discordancia con las formaciones Agua de Burro y Zapotitlán. El área fue un fondo marino que se elevó al plegarse. Dentro de las unidades litológicas representativas presentan secuencias de lutitas y calizas que contienen una muestra paleontológica muy interesante constituida por fauna fósil consistente principalmente por gasterópodos y pelecípodos. El Sistema es la evidencia de la gran actividad tectónica reflejada por las regresiones y transgresiones marinas que sufrió la zona caracterizada por plegamientos (Maldonado, 1956).

#### c) Geomorfología.

En general se trata una pequeña sierra de varias formaciones cerriles donde predominan laderas convexas esparcidoras de agua, esto por la forma de la pendiente y su porcentaje del 25 al 100% con denominación de moderadamente escarpadas y una condición de erosión muy fuerte. Como ya se explicó estas formas son de origen tectónico con modelado erosivo, los productos de la erosión se han depositado sobre la base de las laderas formando con lo que se da origen a taludes a través de la acumulación de materiales durante mucho tiempo. Las pendientes reflejan estos eventos presentando variaciones determinando la presencia de clases 3T, 4T y 6T., que van desde moderadas a moderadamente escarpadas sobre todo en las laderas convexas. El patrón erosivo indica el fuerte desgaste al que ha estado sujeto el Sistema y sobre todo da una idea de su antigüedad.

#### d) Hidrología.

Los patrones de escurrimientos más importantes son los de forma dendrítica, subdendrítica y angular. Los primeras son los más frecuentes y van muy relacionadas a las t rocas que son calizas y a la estructura que se presenta en plegamientos. En general las rocas muestran una permeabilidad moderada y una infiltración baja por la posición que tienen.

#### e) Vegetación.

El matorral crasicaule es el más representativo, como especies dominantes tenemos a *Neoboubaumia tetetzo* y *Cephalocereus sp*. Su distribución se limita en laderas de pendiente moderadamente escarpada e inclinada (Osorio, 1996). El uso del suelo se limita a la ganadería de caprinos. También sobre la base de las laderas se realizan algunas prácticas de agricultura de temporal.

#### f) Suelos.

Son derivados de lutitas y calizas, como unidad de suelo tenemos presente a los Leptosoles rendzicos, Feozems calcáricos y Regosoles calcáricos, principalmente estos últimos en zonas de taludes. Aparentemente a simple vista se apreció en el recorrido en campo que los suelos son poco profundos, sin embargo cuando se revisa con detalle no lo son.

g) Facetas.

De acuerdo a la variación geomorfológica natural que tiene el Sistema, se distinguieron cuatro facetas, que son, Ladera cóncava moderadamente escarpada (1), Ladera convexa moderada (2), Talud inclinado (3) y Talud moderado (4) con clases de pendientes que van de clase 3T con denominación moderada a 6T moderadamente escarpadas, con patrón hidrológico dendrítico.

Para las facetas 3 y 4, el grado de erosión es moderado, para la 1 y 2 la erosión va de ligera a moderada y el patrón de drenaje subdendrítico y angular respectivamente. La vegetación que predomina es el matorral crasicaule para las facetas 1 y 2 que en conjunto abarcan un 90% de la superficie del Sistema San Juan Raya. La faceta que más superficie tiene es la uno con 9 km<sup>2</sup> abarcando cerca del 80% de toda la superficie del total del Sistema (véase cuadro 14).

h) Problemas y limitantes.

La erosión, las pendientes y la falta de precipitación son los principales problemas que tiene el Sistema, lo que limitan muchas veces las actividades humanas. Dada la susceptibilidad del sistema a la erosión se recomienda no realizar prácticas de desmonte ni sobre pastoreo, por el contrario sería conveniente empezar a desarrollar programas de restauración de suelos con prácticas de reforestación.

No.	Nombre de la Faceta	Clase de pendiente	Patrón hidrológico	Grado de erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Ladera cóncava moderadamente escarpada	6T	Subdendrítico	Ligera	Matorral crasicaule	9.0
2	Ladera convexa moderada	3T	Angular	Moderado	Matorral crasicaule	2.0
3	Pie de monte inclinado	4T	Dendrítico	Moderado	Matorral Subinerme- Matorral crasicaule	0.7
4	Pie de monte moderado	3T	Dendrítico	Moderado	Matorral espinoso- Izotal	0.7

Cuadro. 14. Facetas del Sistema Terrestre San Juan Raya.

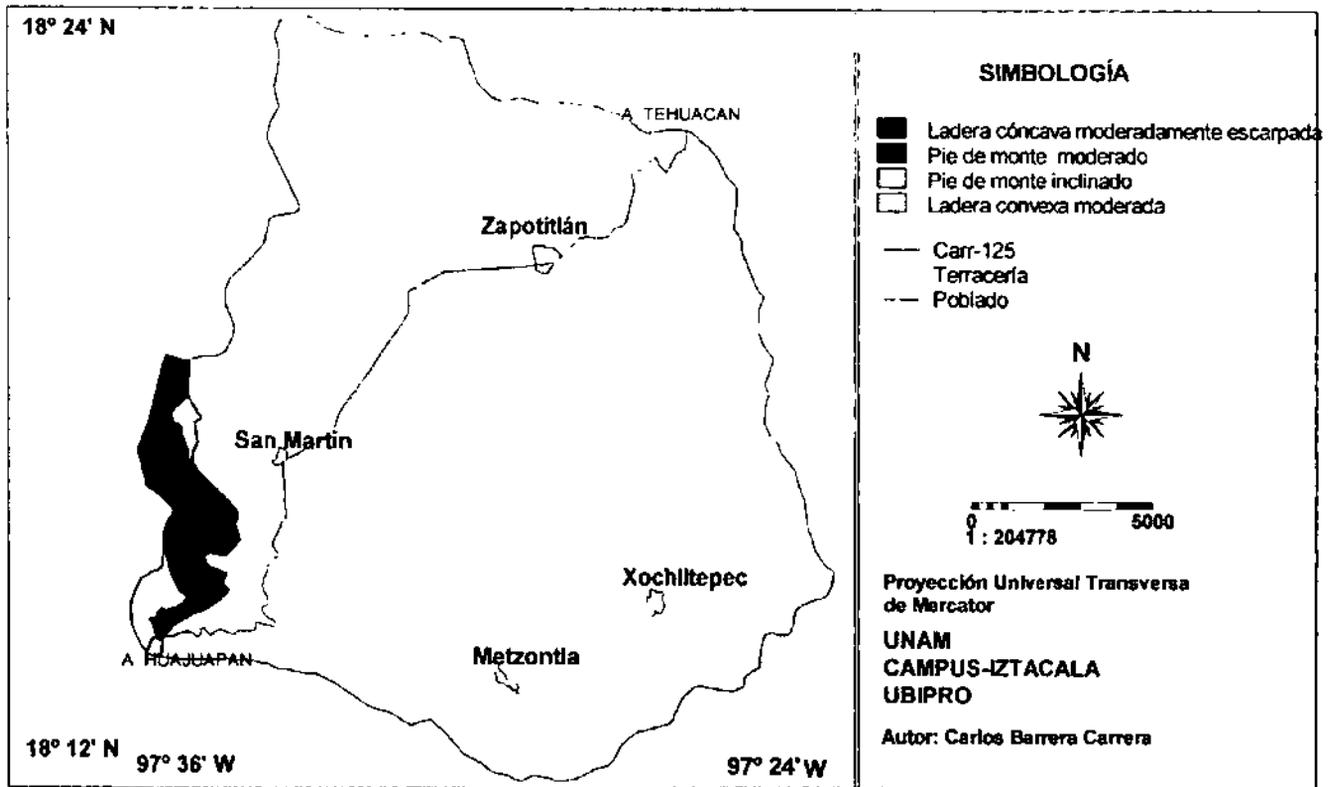


Fig. 23. Facetas del Sistema Terrestre San Juan Raya del Valle de Zapotitlán.

#### 6.5.1.9. Sistema Terrestre Zapotitlán.

##### a) Localización.

Sistema Terrestre Zapotitlán es el que tiene mayor presencia en cuanto a extensión e importancia se refiere, se ubica principalmente en la porción Norte del Valle y en algunos sitios rumbo al Poniente, donde se entremezcla con los lomeríos de Acatepec (véase fig. 24). Como elementos distintivo del Sistema están los Cerros Cutac, Tarantula y Pajaritos; así como la Barranca las Salinas; y al poblado Zapotitlán de las Salinas. Presenta un rango de altitud que va de los 1480 a los 2100 msnm, limita hacia el norte con el Sistema Cipiapa, al Sur con el Sistema Aluvión, al este con el Sistema Miahuatepec y al oeste con el Sistema Agua de Burro. Por la Carretera 125 que va de Tehuacan a Huajuapán de León tomando las desviaciones de terracería con dirección Norte ó por veredas de fácil acceso cerca del poblado de Zapotitlán dirección Norte.

b) Geología.

El Sistema Terrestre Zapotitlán es parte de la Formación geológica Zapotitlán con una edad que data desde el Cretácico Inferior, presenta una litología que va desde lutitas calcáreas de color gris, con intercalaciones de calizas y conglomerados esparcidos por todo el Sistema. en discordancia con la Formación Acatepec y esta por debajo de la Formación geológica Aluvión (Buitrón, 1970).

c) Geomorfología.

El Sistema Zapotitlán es de los más diversos en cuanto a formas de relieve, esto se debe por una parte a la presencia de distintas estructuras geológicas donde las capas de las rocas están dispuestas en plegamientos y que en algunos casos como en la Barranca Miahuatepec el buzamiento de las rocas originan formas singulares en toda la cuenca como: cuestras homoclinales, cerros, lomeríos, laderas rectas, convexas y un gran declive delimitado por fallas geológicas; y por la otra, los procesos erosivos se han encargado de modificar notablemente estas formas para crear otras de segundo orden como: laderas cóncavas, barrancas, terrazas, taludes. Las pendientes van desde muy suaves hasta escarpadas.

d) Hidrología.

A pesar de las diversas formas del relieve, el patrón de drenaje que tiene el sistema en su mayor parte es el dendrítico y subdendrítico (véase cuadro 6), estos dos tipos están relacionados al tipo de roca que se presenta en la región del sistema. La resistencia que presenta el conglomerado, las calizas y lutitas a la penetración del agua la cual busca su cauce siguiendo siempre las zonas de fracturas de lutitas, de acuerdo a las observaciones que se hicieron en campo.

e) Vegetación.

El matorral crasicale es el tipo de vegetación que se presenta con más frecuencia, sobre todo en zonas de laderas. Las especies que dominan son *Neoboubaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna trajani*. Otro tipo de vegetación dominante es el Matorral espinoso compuesto principalmente de *Cercidium preacox*, *Prosopis laevigata*, *Opuntia sp.* Un punto que vale la pena comentar es que este Sistema es donde se da con mayor intensidad la interacción con las actividades humanas. Aquí es precisamente donde se encuentra asentado el poblado más grande que es Zapotitlán de las Salinas que es la cabecera municipal. También sobre el Sistema pasa la principal vía de comunicación que es la carretera estatal que comunica a las ciudades de Tehuacán, Puebla y Huajuapán de León, Oaxaca, ambas situaciones provocan un fuerte impacto sobre el paisaje.

#### f) Suelos.

Son derivados de rocas lutitas, calizas y conglomerados, presentan profundidad variable, pero todos de carácter calcáreo. Dada la heterogeneidad topográfica y litológica se presentan varias unidades de suelos siendo las principales: Leptosol rendzico, Regosol calcárico, Fluvisol calcárico y Feozem háplico. Excepto este último todos los demás se consideran como jóvenes con desarrollo incipiente. Los Leptosoles y Feozem se presentan en declives y mesas, los Regosoles se encuentran sobre la base de laderas y declives muy inclinados y los Fluvisoles en las zonas bajas cerca de los arroyos.

#### g) Facetas.

Como es uno de los Sistemas más extensos y complejos se tienen un gran número de facetas o unidades ambienteales, se identificaron un total de 17 facetas correspondiendo a este el más numeroso y heterogéneo en cuanto a facetas. Las clases de pendientes van desde la clase 2T hasta la clase 7T y las denominaciones desde suave hasta pendientes escarpadas. El patrón hidrológico que domina es el dendrítico y se presenta en las facetas 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 16 y 17; para la faceta uno se presenta un patrón rectangular, en la faceta 5, 10 y 14 es subdendrítico y en la 9 Angular. El grado de erosión esta entre ligera, incipiente, moderada y severa. La vegetación que hay en la mayor parte de las facetas es el matorral crasicaule y este mismo con algún tipo de asociación. También se presentan áreas donde se desarrolla la agricultura de temporal. En relación a la superficie que ocupan las distintas facetas, la seis y la diez son las de mayor tamaño con 17 km<sup>2</sup> y 12 km<sup>2</sup> respectivamente juntas suman 29 km<sup>2</sup> lo que representa el 35 % del área total del sistema.(véase cuadro 15 y figura 24).

#### h) Problemas y limitantes.

Dentro de este Sistema se observa una intensa actividad humana aquí es donde se desarrolla el mayor porcentaje de las actividades productivas, por ejemplo el establecimiento de salineras, talleres de ónix y mármol, comercio, agricultura y ganadería. Esto ha generado un impacto sobre el paisaje, suelo y vegetación incrementado el grado de erosión y el deterioro del área.

No.	Nombre de las Facetas	Clase de Pendiente	Patrón Hidrológico	Grado de Erosión	Uso de suelo y vegetación	Superficie en km <sup>2</sup>
1	Cuesta homoclinal muy inclinada	5T	Rectangular	Severa	Matorral crasicaule-Matorral espinoso	4.0
2	Cerro escarpado	7T	Dendrítico	Moderada	Matorral crasicaule	2.8
3	Loma inclinada	4T	Dendrítico	Moderada		2.0
4	Ladera cóncava moderadamente escarpada	6T	Dendrítico	Severa	Matorral crasicaule	1.6
5	Ladera recta moderadamente escarpada	6T	Subdendrítico	Moderada	Matorral crasicaule	7.4
6	Declive muy inclinado	5T	Dendrítico	Moderada	Matorral crasicaule, Matorral subinermes	17.0
7	Loma suave	6T	Dendrítico	Ligera	Izotal	8.0
8	Cerro muy inclinado	5T	Dendrítico	Incipiente	Matorral crasicaule	0.5
9	Barranca moderada	3T	Angular	Moderada	Matorral Crasicaule-Matorral espinoso	2.5
10	Loma moderada	3T	Subdendrítico	Ligera	Matorral crasicaule-Izotal	12.0
11	Terraza suave	2T	Dendrítico	Severa	Matorral espinoso-Agricultura de temporal	7.0
12	Zona Urbana		Dendrítico	Ligera	Agricultura de temporal	0.6
13	Ladera convexa muy inclinada	5T	Dendrítico	Ligera	Matorral crasicaule	2.2
14	Ladera recta escarpada	7T	Subdendrítico	Severa	Matorral crasicaule-Matorral espinoso	1.6
15	Barranca moderadamente escarpada	6T	Dendrítico	Severa	Matorral crasicaule	3.3
16	Loma moderadamente escarpada	6T	Dendrítico	Ligera	Matorral subinermes-Matorral crasicaule	0.8
17	Pie de monte moderado	3T	Dendrítico	Moderado	Matorral crasicaule	8.6

Cuadro. 15 Facetas del Sistema Terrestre Zapotitlán.

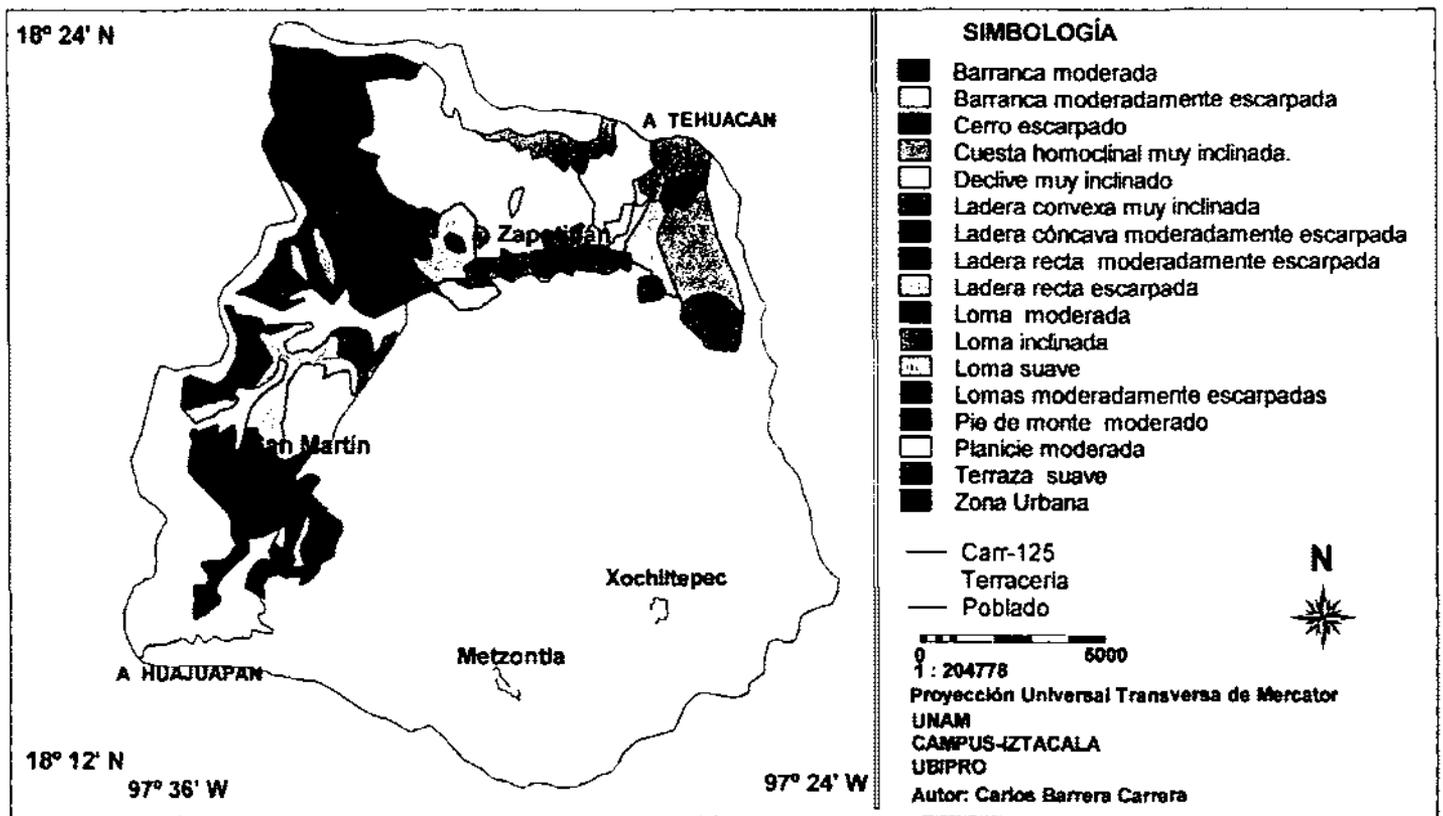


Fig.24. Facetas del Sistema Terrestre Zapotitlán del Valle de Zapotitlán.

## VII . ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

### 7.1 Regionalización.

Uno de los propósitos fundamentales de la regionalización fisiográfica y ecológica es el de apoyar a las políticas de planeación con base en el conocimiento ambiental del territorio, para poder así definir las aptitudes que tiene un área específica; así como para poder establecer diferentes programas de manejo y conservación de los recursos de una región. La estructura de los sistemas de regionalización permiten abstraer y reconstruir de la realidad la forma de organización de los elementos de la naturaleza que interactúan entre sí; a su vez, facilitan la creación y el diseño de nuevas formas de organización que hagan más eficiente el funcionamiento de la sociedad sobre su base ambiental (SEDESOL, 1993).

Al analizar la ubicación y posición geográfica del área de estudio dentro del contexto nacional y partiendo de las categorías superiores de los sistemas de regionalización utilizados (SEDESOL y MEXE-OXFORD), se tiene que el Valle de Zapotitlán se localiza dentro de la Zona del Trópico seco en la Región de la Sierra Madre del Sur, esta sierra es uno de los sistemas montañosos más complejos y antiguos del país por la variedad de rocas y estructuras que lo forman: intrusivas, volcánicas, sedimentarias y metamórficas de edades del Precámbrico al Neógeno y con estructuras de pliegue, bloque, etc. Se comporta como una expresión de la zona de contacto entre dos placas litosféricas, se extiende 1000 Km. en la margen del sur del país, no se conocen aun estudios geomorfológicos regionales para la Sierra Madre del Sur (Lugo,1992). Siguiendo este mismo esquema pero en una categoría menor, el área de estudio se encuentra en la Provincia ó subregión de las Sierras Centrales de Oaxaca, y hacia un nivel inferior pero más detallado se tiene que por su patrón geomorfológico y origen pertenece al Sistema Ecogeográfico de la Sierra de Zapotitlán. A su vez, esa Sierra fue dividida gracias a un Levantamiento Fisiográfico, en categorías menores y de mayor homogeneidad en cuanto, origen, aspecto, pendiente, litología e hidrología denominadas Sistemas Terrestres o Paisajes Terrestres. Estos últimos, todavía fueron subdivididos en categorías inferiores o dicho de otra forma, en áreas mucho más simples y homogéneas, lo que permitió llegar a definir Unidades Ambientales o Facetas que son porciones del espacio geográfico relativamente simples y homogéneas en todo menos en uso o asociación vegetal.

Todo lo anterior, se hizo con el propósito de tener información detallada del medio físico, lo que seguramente será de gran ayuda en la programación y planeación de futuras investigaciones. Por otra parte, una regionalización detallada facilitará el planteamiento de programas viables de conservación, restauración o manejo de recursos naturales, por lo que se constituirá como un elemento indispensable la toma de decisiones.

De los resultados obtenidos en el levantamiento fisiográfico, se tiene que el Valle de Zapotitlán presenta nueve Sistemas Terrestres, es decir, nueve tipos de unidades de paisajes, como ya se dijo, diferenciadas por su origen, forma o patrón geomorfológico, ritmo topográfico y tipo de hidrología superficial. Si se establece una relación entre la superficie de la cuenca y el número de paisajes que contiene, se tiene que el área en cuestión, es una zona muy compleja y extremadamente variable ya que en una superficie relativamente chica se tienen muchos paisajes. Esta complejidad es consecuencia del origen y antigüedad del área, que lleva implícito una gran cantidad de eventos geológicos que a su vez, han determinado el surgimiento de distintas

estructuras, asociadas igualmente a una variabilidad litológica y edáfica. Esto trajo como consecuencia una evolución muy particular de cada tipo paisaje, ante la respuesta diferencial a los procesos de modelaje ejercidos principalmente por los agentes climáticos. Otro de los puntos que conviene analizar es que la mayoría de los Sistemas Terrestres es de origen endógeno producto de la acción de fuerzas tectónicas (plegamientos, levantamiento y hundimientos), mismas que se dieron en distintos tiempos, magnitudes y bajo diversas circunstancias que se combinaron con eventos alternos de regresiones y transgresiones marinas. Un aspecto más de particularidad del área estudiada es que la mayoría de las rocas que forman las distintas estructuras geológicas son de origen sedimentario. Las manifestaciones volcánicas tienen muy baja influencia sobre la configuración del paisaje actual, en consecuencia la presencia de rocas ígneas es mínima limitándose a pequeños afloramientos de basalto diseminados por la cuenca.

Por otra parte, los agentes formadores externos también han jugado un papel muy importante en el aspecto que actualmente tiene el Valle, la erosión ha desgastado y modificado considerablemente las formas originales, como ejemplo están la reducción de altura de sus elevaciones, la modificación de las pendientes, se abrieron las cerradas cañadas y barracas, y sobre todo, se movilizó de una gran cantidad de materiales que han sido depositados por las corrientes fluviales en los sitios de menor altitud de la cuenca, formando así gruesos aluviones sobre los márgenes del Río Zapotitlán. La intensidad con que actúan los agentes modeladores estará de acuerdo con las condiciones de relieve, altitud, clima etc.

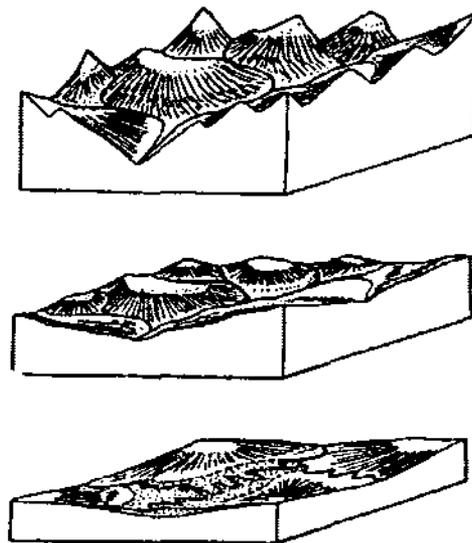


Fig. 25. Esquema de las etapas de desarrollo de un valle . A. Estadio de juventud. B. Estadio de madurez. C. Estadio de senilidad. Los aluviones se presentan en punteado en el esquema (Aubouin, 1980).

Considerando la forma actual del Valle, sus dimensiones, sus tipos de pendientes y sobre todo los valores obtenidos en la curva hipsométrica que explica las relaciones entre la altitud y longitud asociando la altura media y superficie acumulada por debajo de dicha altura con el grado de madurez de la cuenca. Así se tiene que la altura media de la cuenca es de 1800 msnm y de acuerdo a la curva hipsométrica calculada, la superficie acumulada para alturas por debajo de esta media es mayor que el área que se acumula para alturas mayores a la media. Esto nos indica que la cuenca definitivamente no puede ser considerada como joven, sino por el contrario, que ha estado expuesta mucho tiempo a los procesos erosivos lo que le ha permitido llegar a su estado actual de madurez. Al seguir analizando las características de la curva (véase fig. 4), se puede considerar en general a la condición de relieve que prevalece debajo de la altitud media se puede considerar como moderadamente escarpada, no así para los puntos ubicados por arriba de esta altura (intervalo que va de los 1800 msnm hasta los 2500 msnm), donde la condición del relieve se considera como muy escarpada.

No obstante el Valle presenta cierto grado de madurez, la diferencia de altura entre su punto más bajo (1,320 msnm.) y el más alto (2,700 msnm) es de 1,380 m, esto indica que hay mucha diferencia de altitud que se da en un intervalo corto de distancia. Esta situación deriva en la determinación de varios pisos térmicos y gradientes de humedad, lo que seguramente repercutirá en una gran variedad de microclimas (véase fig. 5).

Otro indicador muy valioso para entender el proceso de evolución de la cuenca es el análisis de las pendientes, ya que pueden ayudar a determinar con que velocidad se va dando el proceso de erosión para el valle por el arrastre de los materiales sobre las laderas y con ello el determinar la evolución del mismo. Los valores de las pendientes son muy importantes para darse cuenta de cómo se presentan los cambios en el grado de inclinación del terreno, es por eso que las clases obtenidas en porcentajes para el Valle ayudan a establecer estrategias para una planeación más adecuada de las actividades de explotación y conservación de los recursos que hay presentes en la zona de estudio.

Las pendientes juegan un papel muy importante en la elaboración e implementación de programas de uso, manejo y conservación del suelo, ya que su análisis y entendimiento permite plantear estrategias que sean viables para las actividades en este caso del Valle de Zapotitlán que cuenta en su mayor parte con pendientes de inclinadas a moderadamente escarpadas, esto impone ciertas restricciones disminuyendo la capacidad y aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades productivas primarias. Por otra parte, ir en contra de estas limitantes naturales es incrementar las probabilidades de riesgos de catástrofes naturales como pueden ser deslizamiento de tierras por reptación, soliflujión, desprendimiento de aludes o otros procesos gravitacionales que tienen que ver la resistencia mecánica del material sedimentario.

Los derrumbes se manifiestan en zonas con poca estabilidad ya sea por la presencia de alguna falla sobre la ladera y por lo tanto se da el colapsamiento del material y con ello se deja ver la resistencia de las rocas. Otro proceso de la dinámica de las laderas es por movimientos lentos de material detrítico y grueso (por cambios de temperatura y humedad en la superficie y laderas del subsuelo) y reptación. Otra actividad importante en el modelado de una ladera es por procesos diluviales (escurrimiento en manto en las laderas), etc. Más aun que la zona es propensa a la actividad sísmica por movimientos se da la caída de las rocas por fractura con ello se puede tener algunas zonas de riesgo por desplome principalmente en las facetas conformadas por laderas rectas y convexas en las formaciones Zapotitlán y Cipiapa.

Si se analiza la distribución porcentual de las clases de pendientes que predominan en la cuenca, se tiene que las de clase 2T (2-6%) denominadas suaves comprenden el 19% del área, las de clase 5T (15-25%) de condición inclinada cubren el 21% de la superficie y las de clase 6T (25-40%) que van de muy inclinadas a escarpadas con el 22% del total del área. De todo esto se deduce que cuando menos por la condición topográfica se refiere, solamente el 19% del territorio estudiado tiene alguna posibilidad de uso agrícola de moderada aptitud, limitado por la falta de precipitación y por las restricciones propias del suelo. Tomando este mismo criterio topográfico, el 21% de la cuenca ofrece alguna posibilidad de uso pecuario, sobre todo para la producción de ganado caprino y para el desarrollo de ganadería de traspatio. El otro 60% del territorio no ofrece posibilidades viables para el establecimiento de actividades agrícolas y pecuarias, esto no significa que se puedan realizar; sin embargo el costo energético sería muy alto así como el daño ambiental (erosión, pérdida de la fertilidad del suelo, etc.). Por otra parte, este análisis de distribución de las pendientes confirma los datos obtenidos de la curva hipsométrica que demuestran que la cuenca se encuentran en una etapa de madurez sin llegar aun a su senectud.

Con respecto al análisis que se puede hacer de las formas de relieve que se presentan en el la cuenca, antes que discutir algo, cabe resaltar la gran ayuda que ofrece el mapa topográfico en la obtención e interpretación de los valores altitudinales así como de las pendientes, áreas territoriales y perfiles topográficos, lo que aunado al uso de las fotografías aéreas, ayudo a una la identificación de las formas del relieve y sobre todo a comprender los procesos de formación y dinámica del paisaje. A través de la información fisiográfica se representa una regionalización paisajística basada no solo en la Geología, la Geomorfología, sino en todas aquellas características de diversos tipos que conforman el paisaje natural. (Ortiz, 1990).

Todas las formas del relieve están sujetas a un proceso gradativo el cual se divide en degradación y agradación. La estructura geológica es un factor dominante del control en la evolución de las formas del relieve y se refleja en ellas de esta manera actuando los procesos y las leyes físicas sobre el relieve a través de todo el tiempo geológico. En la medida que actúan los agentes erosivos sobre la superficie produce una secuencia en las formas del relieve.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

Una de las principales características del Valle es que presenta una geomorfología muy compleja compuesta principalmente por laderas, declives y cuevas que se componen de rocas de origen sedimentario (calizas, lutitas y conglomerados) en su mayor parte producto de diferentes formaciones geológicas y producto también de las estructuras como son las fallas y plegamientos hacia las zonas de contacto entre una formación y claro sin dejar a un lado los procesos de erosión que se presentan en el valle.

La pendiente del terreno es una de los elementos más significativos en el análisis geomorfológico, esto se define porque existen los contactos entre las formas del relieve, en general están marcados por cambios en la pendiente del terreno. Por otra parte, la información del mapa geológico ayudo a apoyar los estudios de la edad relativa del relieve mediante el establecimiento de una secuencia de lo más joven se tiene al Sistema Terrestre Aluvión del Cuaternario a lo más antiguo con el Sistema Terrestre Matzitzi del Jurásico. En la génesis del relieve hay procesos muy importantes que dieron origen a las formas del relieve, estos son los procesos endógenos a partir de movimientos tectónicos y exógenos este último se lleva a cabo por la influencia del clima erosión pluvial, fluvial, cólica, gravitacional y acumulación.

Los rasgos del relieve denotan procesos ocurridos en el pasado y su similitud ó diferencia con los actuales. El estudio geomorfológico de las unidades de formas del relieve permite obtener información que permite resolver problemas específicos, para ser aplicados a un tipo especial de relieve para ello existen métodos morfométricos, expresando elementos cuantitativos del relieve, morfogenéticos explicando el origen del relieve; Paleo geomorfológicos indican la secuencia de la evolución del relieve y morfoestructurales que nos indican la relación de las estructuras geológicas con el relieve (Lugo, 1992).

El análisis geomorfológico de acuerdo con Lugo, 1986 es un método que permite a partir de procesos exógenos y de la morfología y estructura del relieve, inferir los procesos endógenos que han actuado y las relativas de las mismas. El aspecto que tienen actualmente las laderas que se presentan en la cuenca, tienen mucho que ver con el modelado del paisaje, esto es, los procesos que se van generando de acuerdo a las características propias de las mismas, dichos procesos se pueden mencionar de la siguiente manera: gravitacionales; son los arrastres de materiales que se dan por la energía de gravedad presente en la corteza terrestre y se dan cambios en la posición de los materiales, esto es muy notorio en la zona principalmente hacia la parte noreste de la cuenca en las inmediaciones del Cerro Cutac, donde se presentan en algunos lugares laderas rectas donde las rocas tienden a fragmentarse y acto seguido por gravedad caer, cabe mencionar que estos movimientos son graduales e ininterrumpidos.

La sucesión de formas cíclicas que se observa en los perfiles longitudinales también es apreciable en los perfiles transversales de los valles, esto por la acción de los agentes erosivos. La reconstrucción morfogenética de una región que corresponda a las características expuestas descansa en la restitución de las formas cíclicas antiguas perfiles longitudinales y transversales sucesión de episodios de excavación y colmatación en un valle.

Un ejemplo palpable de estos procesos cíclicos es la formación de fracturas y ruptura de pendientes que van condicionando el régimen hidrológico ya que al desarrollarse un patrón de drenaje superficial denso es decir muy ramificado, se incrementa la posibilidad de una erosión hídrica importante principalmente en las laderas cóncavas que están asociadas al transporte de los materiales por las pendientes que llegan a presentar, tal es el caso de la Formación Metzontla en su lado oriental, se presentan una zonas con laderas cóncavas de pendiente muy inclinada; esto demuestra que los procesos exógenos son generados por los procesos endógenos, ya que estos últimos al manifestarse como fracturas, fallas, pliegues, rupturas e intrusiones ó actividad volcánica estos fenómenos geológicos condicionan a la actividad de erosión o denudación y a la acumulación.

La configuración del drenaje superficial, depende entre otras cosas de la estructura geológica, las características de los materiales, del grado de inclinación del terreno, y es una función de la infiltración del escurrimiento que caracterice a dichos materiales, otras variables que influyen sobre la infiltración son el tipo y densidad de la vegetación, el contenido de humedad natural del suelo, cultivo del suelo, la composición mineral de las rocas.

Los movimientos neotectónicos son de mucha importancia, principalmente en zonas de alta sismicidad y actividad magmática estos movimientos dan origen a pliegues y rupturas en las rocas y esto origina un riesgo y la expresión del relieve es diversa. Los sismos de gran magnitud mayores a 7 en la escala de Richter los cuales según reportes de Petley, 1998, provocan cambios de altitud de unos 20 cm y algunos metros por colapsamiento en algunos terrenos.

Los procesos exógenos como ya se ha dicho hacen una transformación permanente de la superficie terrestre estos son el intemperismo o meteorización por fenómenos físicos, químicos y bioquímicos de la destrucción de las rocas. La remoción de partículas preparadas por el intemperismo se produce por distintos agentes lo que es un proceso de erosión ó denudación, finalmente las partículas acarreadas son depositadas en forma temporal o permanente, lo que constituye la acumulación. La acción de los ríos se conjuga con la de los movimientos de masas, en la zona se da una erosión fluvial a pesar de que es una región semiárida pero al presentarse una época de lluvias torrenciales del periodo de Julio a Septiembre (Neri,2000) por lo cual se incrementa la actividad erosiva y deposicional en el Valle. Precisamente este proceso cíclico de erosión, transporte y depositación es el que da origen a la única forma secundaria o exógena que hay en al cuenca, expresándose en terrazas aluviales.

La denudación actúa a nivel de la superficie desgastando, y en la siguiente etapa se da un transporte del material producto del proceso anterior todo esto termina en una acumulación condicionando el relieve hacia la parte baja en el Sistema Aluvión donde están las Terrazas. Además los procesos mencionados dependen de la inclinación de la pendiente para el Valle donde se tienen condiciones de pendientes moderadas a inclinadas lo que si condiciona por mucho la actividad de las laderas (Lugo,1991).

Las terrazas aluviales, sea un valle aluvial si un movimiento negativo del nivel base, obliga a las corrientes a ahondar en los aluviones y lo más a menudo en el sustrato con lo que el antiguo fondo aluvial quedará por encima del nuevo cauce, se constituirá en terraza. La terraza tiene una superficie llana la cual acaba en un borde abrupto, esta llanura puede ser producto terminal de colmatación ó superficie tallada de erosión en una capa aluvial ó resto de un nivel de

erosión tallado en la roca *in situ* y recubierto por aluviones. Cada manto del aluvión debe caracterizarse por una composición granulométrica; la disposición de lechos aluviales que la componen, el valor de los índices de aplanamiento. La disposición de las capas aluviales que constituyen la terraza varía según la historia morfológica del valle. También sucede en ciertos casos que el río llegue excavando, a afloramientos de roca más dura que detienen el ensanchamiento del valle Lugo,1989.

El que las terrazas fluviales aparezcan formando retazos discontinuos y estrechos es debido a que, aunque los lechos actuales suelen ser más anchos que los antiguos, su erosión es suficiente para hacer desaparecer las terrazas en la mayor parte de su curso conservándose estas solo en algunos sitios protegidos.(López,1978)

Los procesos de formación de los declives están condicionados por movimientos de las capas de rocas, estos tienen características muy particulares. Los declives que predominan en la cuenca son de forma cóncava de acuerdo a sus pendientes y representa esta forma a una litología compuesta por conglomerado de caliza. Su evolución esta dada por los cambios generados por los procesos de erosión fluvial en los cuales se van desgastando las superficies y abriendo canales, suavizando de este modo las pendientes y su grado de inclinación va haciéndose mas pequeño esto depende de las fracturas ó fallas que se presenten a lo largo de la topografía.

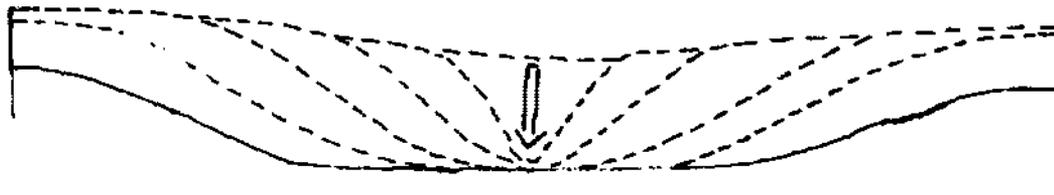


Fig. 26. Perfiles de nivelación del relieve formulado por Davis. Las líneas representan diversas etapas de evolución del relieve por proceso de denudación de los interfluvios (Ortiz,1990).

A las cuestas se les conoce como relieves disimétrico provocado por una capa resistente algo inclinada e interrumpida por la erosión y se compone de un frente, formado por un escarpe debido a la interrupción de la capa resistente, una depresión ortoclinal, depresión que continúa el pie del escarpe, y un reverso que en primera aproximación corresponde al dorso de la capa dura inclinada.

En las Cimas presentes en la cuenca y que obviamente se encuentran en las partes altas y que debido a la denudación que sufre la superficie queda al descubierto el afloramiento rocoso, que con el tiempo van presentando un desgaste lo cual explica que las pendientes de las cimas son moderadas de clase 3T, como se mencionó anteriormente cuando se vieron los valores de pendientes.

Es muy importante señalar, que es necesario realizar estudios geomorfológicos más detallados enfocados a entender los procesos de formación y modelado del paisaje. Esto permitirá detectar la actividad actual que puede estar presente por movimientos neotectónicos, Esto es necesario para establecer mapas de riesgos, y analizar las unidades geomorfológicas que tienen mayor probabilidad de que presenten movimientos de tierras masivos que puedan representar un peligro para la población, su infraestructura o sistemas productivos. De hecho con los resultados obtenidos por la presente investigación se puede decir que los lugares con mayor riesgo de que se presenten estos eventos de movimiento en masa, son aquellos sitios de geomorfología joven, inestables por naturaleza, que tienen condiciones muy inclinadas, que contienen materiales fragmentados o deleznable y sobre todo que carecen de una buena cubierta vegetal. Esta situación se presenta en la porción nor-oriente de la cuenca en el sistema terrestre de Zapotitlán donde se da la formación de lutitas en las inmediaciones del Cerro Cutac. Este riesgo aumenta sobre todo durante el periodo anual de lluvias de julio-septiembre, en el cual se presentan algunas lluvias torrenciales (Neri,2000.)

Por último y con respecto a la elaboración del material cartográfico se puede decir que el programa ILWIS versión 2.2 del Sistema de Información Geográfica ayudó mucho a crear una base de datos, con la cual se pueden realizar análisis posteriores que implique la utilización de modelos que permitan generar más información para el Valle de Zapotitlán. La cartografía que se ha generado puede también servir de base para posteriores estudios relacionados al manejo de los recursos naturales, de conservación de flora y fauna, así como la planeación de las actividades humanas por ejemplo en obras de infraestructura hidráulica y de desarrollo para la región, con una mejor planeación y operación en los proyectos sin dejar a un lado la situación social que se vive en la zona de estudio en determinado momento. Los mapas elaborados pueden representar una gran ayuda para conocer las características físicas del área de estudio y tenerlas en cuenta para el análisis de otro tipo de proyectos como son los relacionados a flora, fauna y usos del suelo.

Es muy importante rescatar de lo anterior, que los sistemas de información geográfica actúan como un medio que permitirían ampliar las posibilidades del análisis convencional y hacer modelos predictivos en relación a aspectos como: degradación de suelos, efectos de la deforestación, tendencia de la erosión y efectos de diferentes usos del suelos y sus impactos sobre el medio físico y sobre todo sentará las bases cartográficas para el establecimientos de proyectos de ordenamiento del territorio que tanta falta hace en las regiones áridas y semiáridas del país, como es el caso del área del Valle de Zapotitlán en el cual no existe una cartografía completa.

## VIII . CONCLUSIONES.

- Al establecer la relación entre la superficie del Valle y el número de paisajes que contiene, se concluye que se considera como complejo y extremadamente variable, esta complejidad es consecuencia del origen y antigüedad del área.
- Se reconocieron nueve Sistemas Terrestres o Unidades de Paisaje, de los cuales, Zapotitlán y Metzontla abarcan la mayor superficie con el 31% y 26% respectivamente.
- Los Sistemas Terrestres que presentan más heterogeneidad en Facetas ó Unidades Ambientales son Metzontla y Zapotitlán, y en el caso de más homogeneidad, los Sistemas son Agua de Burro y Aluvión.
- La mayoría de los Sistemas Terrestres o paisajes es de origen endógeno producto de la acción de fuerzas tectónicas (plegamientos, levantamiento y hundimientos). La mayoría de las rocas que forman las distintas estructuras geológicas son de origen sedimentario.
- Los Sistemas Aluvión y Zapotitlán son los que mayor impacto han recibido por las actividades humanas. El uso del suelo que existe en la cuenca esta principalmente enfocado a la agricultura de temporal y a las actividades pecuarias de libre pastoreo de cabras; Los talleres de artesanías de mármol y ónix; así como la extracción de sal, son las principales actividades económicas en el Valle.
- Se reconocieron nueve formaciones geológicas que van desde el Paleozoico superior hasta el Cuaternario, registrándose la mayor actividad durante el Cretácico con regresiones y transgresiones marinas, levantamientos y diferentes secuencias de plegamientos.
- La litología superficial es de tipo sedimentaria, con areniscas, lutitas, conglomerados y calizas estas últimas cubren la mayor parte del área superficial con 77 km<sup>2</sup>.
- Las clases de pendientes más representativas corresponden a la denominación de moderadamente escarpadas con el 22% de la superficie de la cuenca hidrológica.
- Los agentes externos también han jugado un papel muy importante en el aspecto que actualmente tiene la cuenca, la erosión ha desgastado y modificado considerablemente las formas originales. Ciclos de erosión, transporte y depositación son los que han formado las terrazas aluviales, únicas formas de origen secundario o exógeno que hay en el Valle.

- La expresión geomorfológica de la cuenca interpretada de la curva hipsométrica, indica que se encuentra en una etapa de madurez por sus características de pendientes escarpadas y sus formas del relieve.
- El Valle presenta una geomorfología muy variada; sus formas del relieve tienen un origen tectónico y un modelado de tipo erosivo, compuesta principalmente por laderas, declives y cuevas que se componen de rocas de origen sedimentario (calizas, lutitas y conglomerados. De las formas la más representativa es la ladera cóncava.
- De acuerdo a las características topográficas del Valle , solo el 19% del territorio tiene alguna posibilidad de uso agrícola de aptitud moderada, limitado por la falta de precipitación y por las restricciones propias del suelo. Tomando este mismo criterio, el 21% de la cuenca ofrece alguna posibilidad de uso pecuario, sobre todo para la producción de ganado caprino y para el desarrollo de ganadería de traspatio. El otro 60% del territorio no ofrece posibilidades viables para el establecimiento de actividades agrícolas y pecuarias.
- Los lugares con mayor riesgo de que se presenten eventos de movimiento en masa, son aquellos sitios de geomorfología joven, inestables por naturaleza, que tienen condiciones muy inclinadas, que contienen materiales fragmentados o deleznable y sobre todo que carecen de una buena cubierta vegetal, tal como ocurre en el sistema Zapotitlán en los alrededores del Cerro Cutac.
- Es necesario establecer mapas de riesgos, y analizar las unidades geomorfológicas que tienen mayor probabilidad de que presenten movimientos masivos de tierras, que puedan representar un peligro para la población, su infraestructura o sistemas productivos.

## IX. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilera H.N. (1989). Tratado de Edafología de México. Fac. de Ciencias . UNAM.. Tomo 1. pp. 41-43.
- Aubovin J.B. Brousse R. Y Lehman J.P. (1980). Tratado de Geología. Tectónica. Tectonofísica y Morfología. Ediciones Omega. Barcelona, Esp. Pp. 585-610.
- Barcelo Duarte J. (1978) Estratigrafía y Petrografía detallada del área de Tehuacan San Juan Raya, Edo. de Puebla. Tesis Profesional Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F. p. 143.
- Bernal Salazar I. S.(1996)Comparación de las características anatómicas del Xilema secundario (elementos de vasos y fibras) entre individuos de Neoboubaunia tetezo en laderas y valles de la comunidad de Zapotitlán de las Salinas, Puebla.
- Bloom L. Arthur.(1974). La superficie de la Tierra. Ediciones Omega. Barcelona. España. pp. 48-52.
- Bocco V.G., Torres G. A., Velásquez M.J. y Siebe G.C.(1998)Geomorfología y Recursos Naturales en Comunidades Rurales. El Caso de nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Colegio Mexicano de Geografía A. C. México. Rev. Geografía y Desarrollo. Núm.16 pp.71-84.
- Botero P. J.(1977). Guías para el análisis fisiográfico. Unidad de Suelos. Centro Interamericano de fotointerpretación. Colombia.
- Botero P. J.(1978) . Fisiografía y Estudios de Suelos. Centro Interamericano de fotointerpretación. Bogota, Colombia pp.1-8.
- Buitrón B. E. (1970) Equinoides del Cretácico Inferior de la Región de San Juan Raya-Zapotitlán, Puebla. Instituto de Geología U.N.A.M. Rev. Paleontología Mexicana. Núm. 30 p.45.
- Buitrón B.E. y Barcelo D.J. (1980) Nerineidos (Mollusca-Gasteropoda ) del Cretácico Inferior de la Región de San Juan Raya, Puebla. Revista del Instituto de Geología U.N.A.M. Vol.4. Núm.1 p. 46-55.
- Cabrera Andrade A.(1983) Levantamiento fisiográfico como alternativa al manejo forestal. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Departamento de Bosques. U.A.CH. México. p.156.
- C. N. A.(1999) Estación meteorológica de Zapotitlán, Puebla. Reporte.
- Campos A.D.F. (1992) Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Carrillo M. y Martínez (1983) Evidencias de Facies Continentales en la Formación Matzitzí, Estado de Puebla. Revista del Instituto de Geología. U.N.A.M. vol. 5 núm. 1 p. 117-118.

- Castillo González J. L. y Cortina Villar (1984). Fisiografía y Uso de Suelo en la parte baja de la cuenca del Río Tuxpan. Veracruz. tesis de lic. F.E.S. Zaragoza, México D.F.
- Castro Meza, B. I., Placido de la Cruz, J. y Almaguer Sierra (1989) Fisiografía y riesgo de erosión en la reserva de la Biosfera el Cielo, Tamaulipas. Instituto de Ecología y Alimentos U.A.T. Biotam vol.1 Núm.1 Abril -Junio.
- Claver Farias I.(1982) Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología. España. p. 146-159.
- Cooke R.V. y Doornkamp J.C.(1978) Geomorphology in environmental Management and Introduction . Clarendon Press. Oxford United Kingdom. .pp.352-354.
- Derrau M. (1981) Geomorfología 3ª ed. Ariel. Barcelona España. p.528.
- Díaz M. P.G. (1991). Efectos dependiendo de la densidad de una cactácea columnar (*Neobuxhamia tetetzo* Coulter) del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura. Fac. de Ciencias .UNAM. México D. F. pp. 103.
- Drury S.A. (1993) Image Interpretation in Geology. Chapman y Hall 2a. London. UK. pp227-230.
- Fuentes A. L., R. López y Soto Mora C. (1971). Metodología para el análisis Geográfico de la zona de San Juan Raya. Boletín del Instituto de Geografía U.N.A.M. Vol. IV México, pp.323-368.
- Fuentes, A. (1972) Las Regiones Naturales de Puebla. Inst. de Geografía, UNAM, Méx.
- García O, F. (1991) Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la cuenca del río Zapotitlán , Puebla. Investigaciones Geográficas Boletín. Vol. 23
- Geissert D. y J.P. Rosignol (1987). La Morfología en la ordenación de los paisajes rurales. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa Ver. México.pp.1-9.
- Gerrad John (1992) Soil Geomorphology An Integration of pedology d geomorphology Chapman and Hall British London p.154-179.
- Girard M.C. y Isavwa L. A. (1990). Uso de la Teledetección en las regiones áridas y semiáridas. La Naturaleza y sus recursos Vol.26 no. 1 pp3-9.
- Gómez O. D. (1980) El medio físico y la planificación. CIFCA Madrid, España pp. 27-32.
- Guerra Peña F. (1980) Fotogeología U.N.A.M. México D.F. p.337.
- Hails John R. (1978) Applied Geomorfology A Perspective of the contribution of geomorfology to interdisciplinaty studie and enviromental management. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam The Netherlands pp.278-307.

- Hernández Corzo Gilberto (1995) Conocimientos Fisiográficos de los mexicas y los mayas. Anuario de Geografía. Año XXVI.1990-1992. Facultad de filosofía y letras UNAM. México, D.F.
- INEGI (1989) Guías para la interpretación de Cartografía. Uso de Suelo. Aguascalientes Ags. México. P.46
- INEGI (1990) Guías para la interpretación de Cartografía. Edafología. Aguascalientes Ags. México p.45.
- I.T.C.(1997)ILWIS 2.1 for Windows The Integrated Land and Water Information System Reference Guide, ILWIS Department International Institute for Aerscape Survey and Earth Sciences Enschede The Netherlands p.616.
- Lahee F.H. (1979). Geología Practica. Ediciones Omega. Barcelona. España. pp. 481-503.
- León Arteta R. (1975) El Levantamiento fisiográfico y la conservación de suelos. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo Escuela Nacional de Agricultura. p.72.
- Limas Hernández A. y Vázquez Soriano M. (1994) México como conjunto de espacios regionales. Unidad de Estudios Regionales, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cuadernos de trabajo No. 22 Junio p.28
- Longwell C.R. y Flint R:F. (1974). Geología Física. Editorial Limusa. México. pp. 70-83.
- López- Blanco J. y Villers-Ruiz L. (1998). Delimitación de unidades biofísicas aplicando un enfoque geomorfológico y SIG, para el ordenamiento territorial de los Cabos, Baja California Sur. Instituto de Geografía. México. Rev. Geografía y Desarrollo, Núm. 16 pp. 85-89.
- López Ramos E. (1979) Carta Geológica de los Estados de Puebla y Tlaxcala. Escala 1:500,000. Instituto de Geología de la U.N.A.M.
- López Vergara M.L. (1978) Manual de fotogeología. Servicios de publicaciones de la J.E.N. Ed. 2ª. Madrid, España. p.119.
- Lugo Hubp, J.(1989) Diccionario Geomorfológico. U.N.A.M. México, D.F. p.337.
- Lugo Hubp, J.(1991) Elementos de Geomorfología Aplicada (métodos cartográficos) Instituto de Geografía. U.N.A.M. México p. 109.
- Lugo Hubp, J. y Córdova C. (1992) Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía Num. 25, México, D. F. 25-41

- Maldonado M. et.al. (1956) Bosquejo Geológico de la Región San Juan Raya Puebla in Maldonado M. (cdit.) Estratigrafía del Mesozoico y Tectónica del Sur del Estado de Puebla: Presa Valsequillo, Sifón de Huexotitlanapa y problemas hidrológicos de Puebla. Congreso Geológico Internacional XX, Libro guía de la excursión A-11 U.N.A.M. p. 9-43.
- Martínez M. L. P. (1992). Levantamiento Ecofisiográfico de la comunidad de Zoyatlan de Juárez, Guerrero. México. Facultad de Ciencias, tesis de Licenciatura Biología. U.N.A.M. D.F. Mex. pp.21-50.
- Mendoza M. E. y Bocco G. (1998) La Regionalización Geomorfológica como base geográfica para el ordenamiento del territorio, una revisión bibliográfica. Instituto de Geografía. U.N.A.M., México, Rev. Serie Varia. Núm. 17 pp.25-51.
- Montaña A. N. M. y Monroy A. A. (2000) Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas, Revista Ciencias Vol.26 Núm. 154 México pp.27-37.
- Muñoz I. D. J.(1999) Estudio Cartográfico y morfológico de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México D.F. p.106.
- Neri Gámez D. M. (2000) Caracterización Hidrológica de la Subcuenca baja del río Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Campus-Iztacala , U.N.A.M., México. p.85 .
- Oliveros Galindo O. (2000) Descripción estructural de las comunidades vegetales en las Terrazas fluviales del Río Salado en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Tesis de Licenciatura Campus-Iztacala U.N.A.M. México. p.84.
- Ortega F. y Gutiérrez. (1978) Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja . Estados de Puebla y Oaxaca. Revista Instituto de Geología. U.N.A.M. vol. 2 núm. 2 p. 112-131.
- Ortiz P. M. A. (1990) Perfiles Geomorfológicos Complejos. Serie Varia T. 1, Núm. 12 Instituto de Geografía, U.N.A.M. México D. F. p.46.
- Ortiz Solorio C. y Cuanalo de la Serna H. (1977) Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo (para la cartografía de tierras erosionadas). Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de agricultura. Rama de suelos. Chapingo. México. p.83.
- Ortiz Solorio C. y Cuanalo de la Serna H. (1978). Metodología del levantamiento fisiográfico. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- Ortíz S. C. A., Pajarito H. D. y Gutiérrez M. del C.(1994) Introducción a la leyenda del Mapa mundial de suelos FAO/UNESCO, versión 1988. Instituto de Recursos Naturales. Edafología Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Cuadernos de Edafología 20. Estado de México, México. p.40.

- Osorio B. O. (1996) Descripción de la vegetación en los alrededores del cerro Cutac, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas , Puebla. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- Patrick McCullagh (1978). Modern Concepts in Geomorfology. Oxford University Press. Great Britain. Pp. 56-76.)
- Peña Monné J. L. (1997) Cartografía geomorfológica Básica y Aplicada. Ediciones Geoforma. Logroño, España. pp.145-199.
- Petley, D. N . (1998) Geomorphological mapping for hazard assessment in a neotectonic terrain. The Geographical Journal, Vol.164, Num. 2 pp.183-201.
- Quiñones G.H. (1987). El Sistema fisiográfico. Dirección General de Geografía. Rev. de Geografía. INEGI. num.2. año 1. pp. 13-20.
- Ritter O. H. & Walter R. (1992) Manual de Geomorfología. Preparatoria Agrícola. Chapingo. México.
- S.A.R.H. (1988). Diagnostico para el manejo de Cuencas. Editada por la Dirección General de Normatividad Agrícola. México. D.F.
- SEDESOL (1993). Memoria técnica y metodológica para el ordenamiento ecológico. Dirección General de Planeación Ecológica General del Territorio Nacional. México. pp.5-10.
- Strahler N.A.(1979). Geografía Física. Editorial Omega. 4a. de. Barcelona, Esp. .pp. 452-454.
- Toledo M. C. A. (1994). Diagnostico Ecogeografico y Ordenamiento Territorial del municipio de Alcozagua, Gro. a través de un SIG. México D.F. Division de Estudios. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias U.N.A.M.
- Valero G. J. (1982) Levantamiento Fisiográfico de la zona de temporal del área de influencia del campo agrícola experimental Río Bravo U.A.N.L. Tesis de Ingeniero Agrónomo. pp.4-28
- Vega, P. E. V. (1992) Empleo de modelos de simulación para el estudio de la dinámica del replazamiento de especies y de los patrones de dispersión espacial en una comunidad vegetal del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM. México D.F. pp.99.
- Velasco M. – Hernandez y Lucero M.R. – Arellano (1996) Una Localidad Nueva de la Formación Matzitzí en el Río Calapa Límite estatal de Oaxaca y Puebla, México. Revista Instituto de Geología U.N.A.M. vol. 13 núm. 1 pp. 123-127.
- Velasco M. H. A. (1983) Uso y Manejo del Suelo. Editorial Limusa. México pp. 33-39.
- Viers G. (1973) Geomorfología. Elementos de Geografía. Edit. Oikos-tan. España.

## ANEXO

## CRITERIOS UTILIZADOS PARA ESTABLECER LAS CLASES DE PENDIENTES

CLASE DE PENDIENTE	PORCENTAJE	CATEGORIA	GRADOS
CLASE 2	2-6%	Llana	0-1
CLASE 3	6-10%	Suave	2-4
CLASE 4	10-15%	Moderada	4-8
CLASE 5	15-25%	Inclinada	9-12
CLASE 6	25-40%	Muy inclinada	13-17
CLASE 7	40-100%	Escarpada	18-30
CLASE 8	mayor al 100%	Muy Escarpada	Mayores de 30

Clases de pendiente de acuerdo al porcentaje, con su categoría y grado respectivo

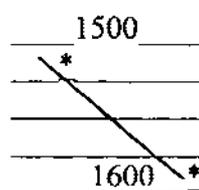
Tomado de Velasco, 1983. Las mediciones que se hicieron para la pendiente son las siguientes:

#### MÉTODO UTILIZADA PARA EL CALCULO DE LAS PENDIENTES A PARTIR DE UN MAPA TOPOGRÁFICO

Se trabajó con el mapa topográfico escala 1:50,000, para ello se empezó a medir en las curvas de nivel haciendo trazos que cortan las curvas de nivel para obtener el porcentaje de pendiente que hay en el terreno con la siguiente fórmula:

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{diferencia de alturas}}{\text{distancia horizontal}}$$

$$\% \text{ pendiente} = (\text{tang } \alpha) \times 100$$



$$\text{Si } \alpha = 45^\circ \text{ entonces el } \% \text{ pendiente} = (\text{tangente } 45^\circ) \times 100 = 1 \times 100 = 100\%$$

## MÉTODO UTILIZADO PARA EL TRAZO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO

El perfil es la construcción gráfica en donde se registran, a una escala vertical y otra horizontal, las variaciones de altura (desniveles) que se presentan a lo largo de una línea considerada; en otras palabras, es la intersección del terreno con un plano vertical cualquiera.

1. Sobre la hoja de trabajo, sobrepuesta en el mapa topográfico se traza una línea recta paralela al borde de la hoja y se le asigna una cota cuyo valor sea inferior a la mínima de terreno considerado.
2. Posteriormente sobre la recta se van colocando puntos y se anotan los valores de las cotas que van interceptando.
3. Por último se hace el vaciado y la unión de puntos en la línea de corte considerada para cada valor de cota.

INEGI (1987) Guías para la interpretación de Cartografía. Topografía. México, D.F. p.30