

24  
32

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO.

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS.  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LA EROSIÓN ACELERADA  
EN EL MUNICIPIO DE HUASCA DE OCAMPO, ESTADO DE HIDALGO.

Erosión en cárcavas.



T E S I S

que para optar por el título de Licenciado en Geografía.

P R E S E N T A

María del Carmen Romero Terán.

México, D. F.

1989.



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 está 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.

A mi madre: Sra. Crescencia Terán Carranza.

A quien debo la vida y me ha dado comprensión y afecto de manera incondicional.

A la memoria de mi padre: Ignacio Romero Almeida.

Con respeto, por enseñarme que la sencillez y sencillez son dos virtudes invaluable en la vida.

A mis abuelos maternos: Simona Carranza y José Gpe. Terán Casas.

Por sus consejos y mostrarme que todo en la vida se logra con perseverancia y trabajo.

A mis hermanos: Santa, Inés, Isabel, Socorro, Yolanda, José, Roberto, Esther y Luz María.

Por darme confianza y seguridad.

Agradezco a todas aquellas personas que apoyaron de manera directa e indirecta para la culminación de este trabajo.

En especial doy gracias a mi distinguido jurado por la asesoría, apoyo, motivación y tiempo que me brindaron, que sin ello no hubiera sido posible el término de esta tesis. Además, los admiró y son un ejemplo a seguir.

Dr. Mario Arturo Ortiz Pérez, Mtro. Gerardo Edoce Verdinali,

Lic. Lorenzo Vázquez Salem, Dr. José Luis Palacios Priato y

Mtro. Jorge López Blanco.

También me es necesario manifestar mi gratitud a mis mejores amigos: Ma. Josefina Hernández Lozano, Martha Pérez Valádez, José Luis Soto López, Vianey Campuzano F. y Mayte García A.

Así como a mis compañeros: Magdalena Meza, Roberto Bonifaz, Luis Miguel Morales y Omar Mondada.

y en general al Instituto de Geografía de la UNAM.

# I N D I C E .

	Página.
<b>CAPITULO I. INTRODUCCION.</b>	
A. Justificación.	1
B. Objetivos.	2
C. Marco conceptual.	3
1) Antecedentes.	3
2) Conceptos fundamentales.	4
D. Metodología.	17
<b>CAPITULO II. MARCO GEOGRAFICO GENERAL.</b>	20
A. Localización.	20
B. Unidades fisiográficas.	20
1) Hidrografía.	23
2) Clima.	25
3) Geología.	29
C. Complejo clima-suelo-vegetación.	37
<b>CAPITULO III. GEOMORFOLOGIA.</b>	42
A. Zonación geomorfológica.	42
B. Distribución de las unidades geomorfológicas.	50
<b>CAPITULO IV. INVENTARIO DE EROSION EN CARCAVAS.</b>	51
A. Metodología.	51
B. Resultados y discusión.	51
1) Resultados.	52
2) Distribución espacial de la erosión en Carcavas.	53
3) Factores ambientales que controlan la erosión.	55

- Materiales.	55
- Clima.	62
- Pendenza.	67
- Uso del suelo.	74
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES GENERALES.</b>	76
Bibliografía.	78
Cartografía.	80

## CAPITULO I. INTRODUCCION

### A. JUSTIFICACION.

La erosión del suelo es uno de los problemas más serios del medio ambiente. Una variedad de actividades humanas acelera el grado de estos procesos denudatorios a través de la alteración de las características naturales del lugar. La nueva condición de degradación así creada vuelve a repercutir retroalimentando el fenómeno de destrucción de suelos. Los problemas de la erosión acelerada y la subsecuente depositación proveen numerosas oportunidades de investigación para las ciencias tanto naturales como sociales.

La erosión del suelo es un proceso tradicionalmente asociado con la agricultura en las áreas tropicales y semi-áridas. En años recientes, sin embargo, su importancia ha llegado a ser importante en áreas dedicadas al bosque, transporte y recreación. Más aún, la erosión está siendo cada vez más reconocida como un riesgo en los países templados (Morgan, 1979:113).

En México la erosión del suelo representa un problema serio, principalmente en la zona que comprende el Sistema Volcánico Transmexicano, el cual tiene diversos tipos de suelo aptos para la agricultura y climas principalmente templado con lluvias de verano y seco estepario.

La erosión es en sí impresionante en sus diversos aspectos, por el conjunto de procesos que abarca y en especial por los resultados desastrosos que origina con la pérdida



de cientos de hectáreas de suelo agrícola. Existen áreas donde la erosión presenta casos extremos de fase crítica o de erosión muy severa.

Desde épocas prehispánicas el México Central ha presentado una alta densidad de población, en parte por la disponibilidad de buenos suelos para uso agrícola, principalmente de origen volcánico, y de una cantidad aceptable de precipitación pluvial, dentro de un clima templado en general. Sin embargo, algunos problemas medio-ambientales amenazan la estabilidad (natural) de la región y afectan las actividades económicas y su desarrollo (Ecoeco, 1986:1).

Los procesos de erosión acelerada (básicamente en cárcavas) son un fenómeno extendido en el Sistema Volcánico Transmexicano y por lo tanto debe recibir atención para comprender sus causas y por lo menos evitar que siga avanzando; para ello es necesario realizar estudios detallados en las zonas afectadas y tratar de sugerir medidas de control.

## **B. OBJETIVOS.**

### **Objetivo general:**

Caracterizar la erosión acelerada en cárcavas en suelos derivados de material volcánico en el municipio de Huasca de Ocampo, Estado de Hidalgo.

### **Objetivos particulares:**

- 1) Identificar los factores que condicionan los procesos de la erosión en cárcavas en el municipio de Huasca de Ocampo.
- 2) Jerarquizar los factores que condicionan la erosión acelerada (sólo cárcavas) en el municipio de Huasca de Ocampo.
- 3) Cuantificar el alcance espacial de la erosión acelerada

(Únicamente en cárcavas) dentro del municipio de Huasca de Ocampo.

4) Caracterizar los factores que condicionan la distribución espacial del sistema de cárcavas en el municipio de Huasca de Ocampo.

Para desarrollar los objetivos planteados se eligió una zona comprendida dentro del sistema Volcánico Transamericano: el municipio de Huasca de Ocampo en el Estado de Hidalgo, el cual presenta problemas muy serios de erosión de suelo, que repercuten en las zonas de deposición, sobre todo en las presas, ya que se acelera el apolvo y por lo tanto la turbidez debido al alto contenido de sedimentos, principalmente, de arcillas; también por esta razón, se producen cambios de temperatura del agua. Por lo anterior es necesario explicar las causas y factores que ocasionan dicha inestabilidad.

### C. MARCO CONCEPTUAL.

#### 1) Antecedentes.

En México, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ha elaborado mapas de erosión de suelos por entidades federativas, de carácter cuantitativo, en base a datos de inventarios de erosión, realizados por el Departamento de Conservación del Suelo y Agua. Además, existen muchos trabajos elaborados en la Universidad Autónoma de Chapingo, referentes a la erosión de suelos agrícolas en general.

También, se han realizado trabajos referentes a la metodología para cartografiar y predecir el riesgo potencial de erosión, tales como los de Espinoza (1982) y Adame (1987). Ambos estudian el fenómeno en cuanto a su riesgo y no a la erosión real que se presenta, y utilizan escalas de representación 1:50,000.

Por ello resulta necesario el estudio del fenómeno de erosión con mayor detalle, ya que a escalas grandes se podría comprender el problema y sería de utilidad para las prácticas de conservación y retención del suelo; para atacar las causas y no las consecuencias, en lugares prioritarios.

Las cartas que registran tanto aspectos de la erosión como los factores de influencia, son las cartas de morfococonservación elaboradas por el I.T.C., en Holanda (Kirby, 1984:315). Se han realizado investigaciones en torno al fenómeno de erosión en diversos países como: E.U.A., por el Departamento de Conservación del Suelo; en Zimbawe, se han realizado mapas de riesgo de erosión; estudios semidetallados en Pahang Central, en la península de Malasia y en otros. (Morgan, 1979).

"En México se realizan obras de control de la erosión desde hace decenios. La S.A.R.H. promueve el terracedo, la reforestación de vertientes, la construcción de gabiones, pero sus acciones generalmente se enfocan a atacar las consecuencias más que las causas del problema " (Palacio, 1985:47).

## **2) Conceptos fundamentales.**

La erosión es la remoción y el transporte de los detritos por el agua y el viento, dejando a un lado los procesos de depositación y de intemperización, (Hernández Corzo, 1985: ).

Los principales agentes erosivos son el agua, el viento, el hielo y el mar, y su acción puede dividirse en dos grandes categorías o clases:

- 1.- La erosión geológica natural y
- 2.- La erosión antrópica (inducida) o acelerada.

La primera, es ocasionada por la acción constante de los

diversos fenómenos de tipo natural. Es un proceso relativamente lento, que requiere de mucho tiempo (tiempo geológico) para producir cambios importantes en la configuración de la superficie terrestre. Bajo condiciones naturales prevalece un equilibrio entre la erosión y la formación de suelos o bien la madurez de los existentes (Torres, 1981:46).

La erosión inducida ataca materiales superficiales, no consolidados, y es favorecida por la intervención del hombre, que modifica la erosión natural, acelerando el proceso de la pérdida del suelo. Sin embargo, la erosión acelerada, implica más que una simple aceleración de los procesos de la erosión geológica: acelera la naturaleza de dichos procesos y es resultado de un cambio en el balance del medio ambiente entre morfogénesis y pedogénesis. Ahora bien, la erosión acelerada no sólo es resultado de la actividad humana, (Bocco, 1986), ya que bajo condiciones naturales también se presentan eventos locales y ocasionales que temporalmente inducen la aceleración seria de la remoción del suelo.

El cambio gradual o repentino de erosión geológica a procesos de erosión acelerada, es decir, de medio ambiente estable a inestabilidad, puede entonces ocurrir por la intervención humana. La influencia humana actúa en una forma combinada con procesos naturales (Bocco, 1986:25).

La erosión inducida implica la aceleración de los procesos existentes y, además, la creación de unos nuevos.

"La erosión acelerada ocurre en razón de un exceso de la norma geológica, resultante de una perturbación del medio ambiente. Aunque, la ocurrencia del fenómeno natural podría

desentrañar los periodos de erosión acelerada, las actividades humanas son probablemente los agentes más comunes. Consecuentemente la erosión acelerada es denominada en ocasiones como antrópica, histórica o inducida por el hombre" (Toy, 1982:524).

La destrucción de la cubierta vegetal es una de las causas más importantes de la aceleración de los procesos erosivos. También las labores agrícolas extemporáneas favorecen la pérdida del suelo. Asimismo, el uso irracional de bosques y pastizales con las talas desmedidas y prácticas de sobrepastoreo, intensifican los procesos.

La geomorfología del lugar, la topografía, la textura del suelo tienen notable influencia en la velocidad de erosión, (Torres, 1981:45).

La interrelación de los factores que condicionan las formas y procesos de erosión acelerada es extremadamente compleja, ya que todos están íntimamente relacionados, (ver cuadros 1 y 2). Dentro de los factores del medio ambiente, los más importantes son la geología y el clima; dependiendo de éstos, la hidrología de laderas, el tipo de suelo y la vegetación.

La erosión, por otra parte, está en función del potencial de erodabilidad del suelo y de la erosividad de la lluvia. La erodabilidad es la resistencia del suelo tanto al desprendimiento como al transporte. Asimismo, la resistencia del suelo a la erosión depende en parte de la posición topográfica, la pendiente y la magnitud de la perturbación provocada por el hombre. La erodabilidad varía con la textura del suelo, capacidad de infiltración y contenido de materia orgánica (Morgan, 1979:21).

La erosividad es la capacidad de la lluvia para causar erosión. Está en función de las características físicas de la lluvia, tales como la intensidad total, el tamaño de la gota, la velocidad, la cantidad y duración de la precipitación (Finlayson, 1980:30).

De los elementos climáticos, los que más influyen son la precipitación, temperatura y el viento. La precipitación es por su rapidez el más importante, ya que afecta directamente el suelo por el impacto de las gotas de lluvia y da lugar al escurrimiento superficial. Los efectos de la temperatura contribuyen a los cambios de la humedad del suelo.

#### FACTORES QUE CONDICIONAN LA EROSION ACELERADA

##### Factores del medio natural

Geología	E
Litología	R
Geomorfología	O
Hidrología	S
Suelo	I
Clima	O
Vegetación	N

##### Factores socio-económicos

Uso del suelo	}	Agrícola
		Ganadero
		Forestal
		Pastizal
Tenencia de la tierra		
Tradición cultural		
Demografía		

CUADRO No. 1

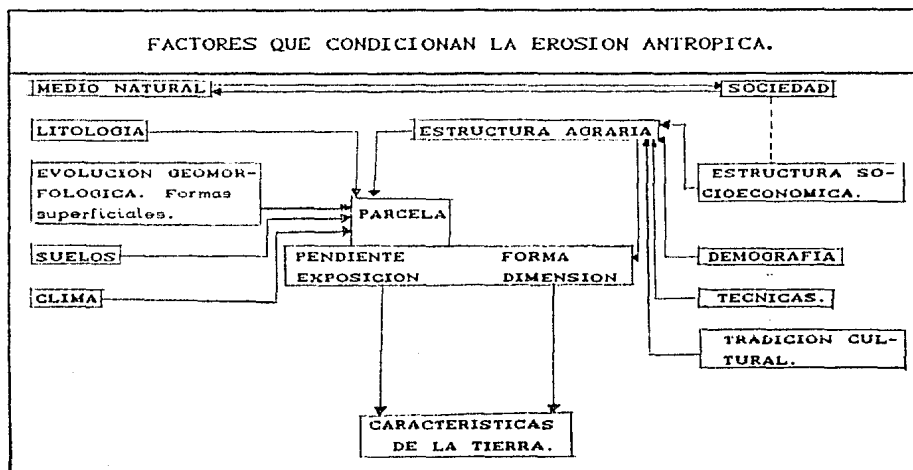
Según Selby (1982), la presencia de *vegetación* compensa grandemente los efectos erosivos de los otros factores. Entre los efectos de *vegetación* tenemos:

- 1) Intercepción y disminución de la velocidad de la gota.
- 2) Efectos de las raíces en el incremento de la fortaleza del suelo, estructura y porosidad.
- 3) Actividades biológicas asociadas con el crecimiento vegetal y

su influencia en la porosidad del suelo y el mantenimiento estable de la velocidad del flujo hipodérmico, y

4) La transpiración de las raíces del suelo aumenta la humedad del suelo.

El factor *topográfico* es evidente en la forma, inclinación y longitud de las laderas. El ángulo de la pendiente es uno de los elementos importantes que determina la eficiencia de la erosión por fragmentación. Sin embargo, no todos los estudios han demostrado un aumento en erosión a medida que el ángulo de la pendiente aumenta, ya que interfiere la acción de otros factores, como el tipo de suelo, que está en estrecha relación con la litología y la topografía (Morgan, 1984:155).



Fuente: Tricart, 1986.

CUADRO No. 2.

La *litología* también, controla el tipo de procesos de flujo y particularmente los procesos resultantes de la erosión hídrica. Por ejemplo: los grados de permeabilidad y la capacidad de

retención de agua de los piroclastos y lavas intemperizadas están, también controlados por el tipo y textura de la roca (Bocco, 1986:30). Asimismo, el perfil del suelo y las características del sustrato son la peculiaridad más relacionada a la litología.

Otro de los factores que cabe mencionar para la erosión geológica o natural es el referente al papel de la neotectónica como probable causa indirecta de disección, debido al cambio de nivel de base, lo que pudiera acelerar los procesos.

En resumen, se puede decir que éstos factores anteriormente citados "influyen de manera decisiva en el accionar de la erosión del suelo, y es necesario mencionar al hombre y las actividades por él realizadas, ya que constituyen, en muchos casos, una de las principales causas que originan o bien determinan un incremento en la acción de los procesos erosivos característicos de las barranqueras, al introducir cambios que alteran el equilibrio dinámico del medio" (Palacio, 1985:47).

Toda *actividad agrícola* involucra alguna perturbación de la vegetación natural. Todos los suelos agrícolas son susceptibles a un grado de erosión. La importancia fundamental de la agricultura en las laderas es su interrelación con la erosión, ya que las características de la pendiente son relevantes para la erosión del suelo por salpicadura, agua corriente y movimientos en masa. Algunas prácticas agrícolas también conducen o llevan a incrementar la erosión especialmente por modificaciones en la permeabilidad del suelo, lo cual modifica el porcentaje del flujo del agua en el perfil (Finlayson, 1980:230).

El problema de erosión de suelo es realmente un



problema de erosión acelerada. El grado de erosión varía de lugar a lugar ya que intervienen factores locales que condicionan los procesos, las formas y tipos de erosión imprimiéndoles características muy particulares

#### Tipos de erosión.

Considerando el agente erosivo, la erosión se clasifica en diferentes tipos: Hídrica continental, glacial, marina y eólica.

En este trabajo se tratará específicamente la erosión en cárcavas, que es un caso particular de la erosión hídrica continental. "La erosión hídrica ha llamado la atención, por lo importante de las formas de relieve a que da lugar en nuestras latitudes y climas: es indudable que la erosión del tipo que se viene hablando, forma parte de un ciclo de equilibrio natural que hay entre el suelo, la vegetación y el clima, que el hombre ha roto en varias regiones de la superficie terrestre, dando lugar a la aceleración de la erosión, cuyos agentes principales son el hombre y el agua" (Hernández, 1988:23).

ver cuadro No. 3..

#### Procesos de erosión hídrica pluvial y fluvial.

##### Flujo superficial.

El impacto de las gotas de lluvia produce la salpicadura (splash) y por lo tanto el movimiento de las partículas del suelo, además se compacta la superficie del suelo y las partículas dispersadas por la salpicadura lo sellan formando una costra (sealing). La costra es menos permeable que el suelo subyacente y las tasas de transmisión de agua son menores para los estratos compactos y los más lavados en relación a capas más profundas. Se formarán charcos de agua permanentes y por

coalescencia da inicio al escurrimiento superficial del agua (Morgan, 1984:147). La escorrentia difusa se observa en muchos medios desprovistos de protección vegetal y provoca la erosión laminar (areolar), que se manifiesta por la presencia de "claros" en el suelo. La escorrentia o arroyada difusa discontinua es aquella en la que el volumen de agua es tal que la lámina empieza a concentrar su caudal y a desbordar, dando lugar a la formación de hilillos o pequeños flujos, que producen el efecto de labrado, de regueros sobre el terreno, en especial si existe una pendiente de cierta consideración. Este proceso da lugar posteriormente a la erosión fluvial o lineal.

El agua que se infiltra da lugar a una circulación subterránea y por lo tanto, a la erosión subterránea (tipo que no se considerará en este estudio).

"Cuando este flujo debajo de una película de suelo de unos cuantos centímetros de espesor forme el flujo o circulación hipodérmica, se presenta su correspondiente proceso y forma de erosión", (sufosión, que da lugar a tuneles) (Hernández, 1985:25).

TIPOS Y PROCESOS DE EROSION HIDRICA CONTINENTAL		
	Movimiento del agua (procesos)	Tipos de erosión
Superficial	Impacto de las gotas de lluvia.	Pluvial (splash)
	Escorrentia o arroyada difusa.	Laminar (areolar)
	Escorrentia o arroyada concentrada	Fluvial (lineal)
Subsuperficial	Flujo hipodérmico	Sufosión (piping).

CUADRO No. 3.

Todo terreno que no está protegido por un manto vegetal, de la clase que sea, queda expuesto a la acción de la erosión hídrica continental, manifestandose de diversas formas de acuerdo al grado de alteración.

#### Formas de erosión hídrica continental (pluvial y fluvial).

Las partículas del suelo se ponen en movimiento bajo la acción dispersante de las gotas de lluvia y luego son transportadas por las arroyatas. La acción dispersante de las gotas imparte turbulencia al flujo laminar. El lavado (flujo) laminar es un proceso erosivo efectivo en suelos limosos, ya que este material es muy erodable por formar agregados muy poco estables.

Los pequeños hilillos de agua al ir en aumento la velocidad y la cantidad de agua producen en el terreno surcos o regueros (rills).

Un canal principal puede así, profundizar y ensanchar, para alcanzar mayores dimensiones, y entonces se denomina cárcava o barranco (se manejan como sinónimos). "Las cárcavas son por lo general profundas y de paredes empinadas que se encuentran en las tierras altas y comúnmente se presentan en suelos profundos y "frágiles". Una cárcava se caracteriza por un desprendimiento de material en la cabecera y avanza por erosión regresiva" (Kirkby, 1984:72). Como distinción de los rills, las cárcavas no pueden ser borradas o corregidas por la labranza del arado.

Las cárcavas pueden formarse donde se presente bien una ruptura de pendiente, bien una alteración de la cubierta vegetal, o cuando el material parental es mecánicamente débil o

inconsolidado. Por lo tanto, las cárcavas son más comunes en materiales como el loess, los piroclásticos, el aluvión, etc. (Selby, 1982:107).

El proceso erosivo se manifiesta a menudo por la formación de nuevos surcos y cárcavas, producto de la ramificación de la cárcava principal. Sucesivamente toda la cuenca queda invadida por las cárcavas, las que forman una densa red hidrográfica, ampliándola considerablemente. Son las condiciones geomorfológicas y pedológicas variables las que determinan la dirección del avance y desarrollo del curso de las cárcavas (Serie Oriente, 1970:3). También influye el uso del suelo, ya que las actividades humanas condicionan e intensifican los procesos. Bocca (1986) señala que el crecimiento y avance de las cárcavas se produce en torno a las carreteras o caminos, o bien a lo largo de los límites de las parcelas y en los terrenos agrícolas abandonados, presentándose un patrón rectangular en la red de cárcavas.

El acarcavamiento, por lo general, está asociado con la erosión acelerada y por lo tanto con la inestabilidad del paisaje (Morgan, 1979:7).

Gradualmente los interfluvios de las cárcavas llegan a interconectarse, y las cárcavas unidas causan una destrucción total, tanto del suelo como de la ladera, e incluso hasta alcanzar el sustrato. A esta clase de formas surgidas de la erosión altamente intensa o muy severa, se le da el nombre de badlands.

Los badlands o sistemas de cárcavas, se caracterizan por presentar un drenaje muy fino y pequeñas laderas escarpadas con interfluvios angostos. Las laderas pueden terminar abruptamente en pedimentos en una escala minúscula. Ellas están frecuentemente

exentas de vegetación (Fairbridge, 1968:817).

La superficie de las barranqueras está sustancialmente más dividida y disecada que la de una cárcava individual. En los badlands ocurren otros fenómenos destructivos al mismo tiempo, tales como el tunelamiento (sufosión), los deslizamientos, la soliflucción, etc. (ver cuadro No.4).

Los túneles subsuperficiales en el suelo han sido variadamente descritos con los siguientes términos: sufosión, erosión subcutánea, piping o túnel-cárcava.

Los túneles subsuperficiales varían grandemente en longitud y diámetro; y cuando se colapsa el "techo" del túnel puede formar una cárcava (Selby, 1982:110).

El tunelamiento es particularmente común en las paredes de las cárcavas y en las cabeceras, donde el flujo hipodérmico confinado es súbitamente acelerado y la presión del escurrimiento permite el transporte de las partículas dentro del suelo, acelerando la erosión regresiva en la cabecera de la cárcava.

#### FORMAS DE EROSION HIDRICA CONTINENTAL

##### ( PLUVIAL Y FLUVIAL )

- 
1. - Lavado laminar (sheet)
  2. - Surcos, regueros o canales (rills)
  3. - Barrancos o cárcavas (gully)
  4. - Barranqueras o badlands.
  5. - Túneles subsuperficiales (piping)

CUADRO No. 4

Clasificación de cárcavas.

Existen varios sistemas de clasificación de cárcavas, uno de

ellos es de acuerdo al tamaño de las cárcavas y el área de drenaje, (Sahwab, 1966:167). También se pueden clasificar de acuerdo a su dinámica, en cárcavas activas e inactivas, con presencia o ausencia de vegetación.

Otra forma de agruparlas es con respecto a su forma, y se hace de acuerdo a varios aspectos:

- 1) Forma en el plano.
- 2) Forma de las laderas.
- 3) Forma del perfil transversal.
- 4) Forma del perfil longitudinal.

Klaus Heine (1971) clasifica las cárcavas de la siguiente manera:

- 1.- Proyección horizontal.
- 2.- De acuerdo al perfil longitudinal.
- 3.- Considerando el perfil transversal.

También, Jancsolev (1971), realizó una clasificación de las cárcavas, de acuerdo, a la forma de la cabecera:

- 1) Cabecera de cárcava tipo "V".
- 2) Cabecera de cárcava tipo "V" con erosión subsuperficial.
- 3) Cabecera de cárcava tipo "U" estrecha.
- 4) Cabecera tipo "U" ancha.
- 5) Cabecera en forma de pozo.
- 6) Cabecera plana.
- 7) Cabecera de cárcava de desplome o corrimiento.

Araya (1966), para estudiar el desarrollo y evolución de las cárcavas, considera su forma en:

- 1.- Planta.
- 2.- Perfil longitudinal.
- 3.- Perfil transversal.

Bergsma (1974:11) las clasifican de acuerdo a la profundidad:

	PROFUNDIDAD
pequeña	1 metro
media	1-5 metros
grande	más de 5m.

Leopold y Miller (1956) clasificaron las cárcavas como continuas y discontinuas (citado por Heede, 1976:4 - 8).

Cárcavas discontinuas. Pueden ser formadas en cualquier parte de las laderas, su inicio es muy común debido a un corte abrupto en la cabecera. Normalmente, la profundidad de la cárcava disminuye corriente abajo. Forma abanicos donde la cárcava es interceptada por el valle.

Las cárcavas discontinuas pueden ocurrir individualmente o en un sistema encadenado. Estas cárcavas pueden ser incorporadas a un sistema continuo, por fusión con un tributario, o puede llegar a ser un tributario de la corriente continua. El sistema de cárcavas continuas puede fundirse con un simple canal continuo.

La extensión de las cárcavas discontinuas puede ser por colapso de los túneles. Los suelos tubificados son un elemento importante en la extensión de la cabecera en este tipo de cárcavas y en la formación de cárcavas tributarias.

Cárcavas continuas.

Las cárcavas continuas casi siempre forman sistemas (red de corrientes). Estas son originadas en terrenos con cualquier tipo de vegetación, pero son predominantes en regiones áridas y semiáridas. Las cárcavas continuas comienzan en el área de la cabecera de la corriente. Alcanzan

rápida profundidad corriente abajo y mantiene aproximadamente esta misma profundidad hasta donde se unen con otra cárcava.

Los badlands son ejemplo de los tipos más generales de cuencas de drenaje. La erosión inicial en badlands es muy rápida y puede estudiarse con detalle.

La evolución de paisaje de los badlands es el resultado combinado de la evolución de las laderas individuales, los pedimentos y de las características de los canales del paisaje.

La denudación es un efecto combinado, causado por varios agentes. La principal influencia es la del agua; pequeñas cárcavas que llegan a alargarse al paso del tiempo, causan la destrucción de la ladera. La erosión en sus diversas partes produce cambios a gran escala en la apariencia del paisaje de los badlands.

#### D. Metodología.

En este estudio se enfoca el problema desde un punto de vista geomorfológico dinámico. La Geomorfología Dinámica, también llamada "de procesos", implica el conocimiento preciso de los fenómenos que se desarrollan sobre el terreno. Uno de los casos más evidente lo constituye la erosión acelerada, es decir, procesos erosivos relativamente rápidos, observables a escala humana y no geológica. La Geomorfología Dinámica se distingue entonces por las escalas de tiempo utilizadas, por el estudio de procesos y por permitir la predicción. Mientras tanto, la Geomorfología Genética o Histórica refiere más a la génesis y evolución de las formas del relieve en el tiempo.

"El enfoque dinámico presenta ciertas ventajas con respecto al histórico en aspectos de planeación del territorio, debido a su



carácter actual" (Palacio, 1985:8). Este estudio pretende identificar y definir las causas principales que originan la degradación del suelo dentro del municipio de Huasca de Ocampo.

El mapeo es complicado cuando varios tipos de erosión ocurren en varias formas en el mismo tiempo y terreno, porque muchos símbolos estarían representados en el mapa, por lo que se dificultaría su lectura. Por ello se hizo indispensable adoptar una simbología manejable y representativa.

Muchas cartas de reconocimiento de erosión tienden a ser de carácter estático, dedicadas al mapeo de rasgos como son los arroyuelos, las cárcavas, pero no tratan de representar y mapear los factores que influyen en la pérdida del suelo.

La escala de trabajo es general, utilizando fotografías aéreas a escala 1:25,000, con dos fechas de vuelo diferentes (1953 y 1981): la representación cartográfica del inventario de erosión en cárcavas es 1:50,000. Las superficies erosionadas y las unidades de paisaje se calcularon con el digitalizador y el mapa final fue elaborado.

Un análisis más detallado, sin embargo, se realiza en las zonas prioritarias, sobre una fotografía aérea ampliada, a escala aproximada de 1:5,000. Y se eligió una zona para la elaboración de perfiles tanto longitudinales como transversales, para un estudio más específico.

#### - Secuencia de este trabajo.

1. Trabajo de gabinete preliminar.
- a) Recopilación de información:
  - Bibliográfica

- Fotogramétrica, etc.

b) Fotorinterpretación preliminar.

c) Mapeo preliminar del uso del suelo.

d) Mapeo preliminar de la erosión.

e) Tratamiento estadístico de datos meteorológicos.

2. Trabajo de campo.

a) Verificación del uso del suelo.

b) Identificación de formas y procesos de erosión.

c) Levantamiento topográfico de perfiles en cárcavas.

d) Recolección de muestras de sedimentos y suelos.

e) Identificación del tipo de cubierta vegetal.

3. Gabinete final.

a) Fotorinterpretación final.

b) Interpretación del análisis de muestras.

c) Mutua comparación de las distintas localidades, en relación con las condiciones que originan la erosión.

d) Mapeo final de la erosión en cárcavas.

e) Redacción del trabajo final.

## CAPITULO 11. MARCO GEOGRAFICO GENERAL.

### A. Localización.

La zona en estudio, municipio de Huasca de Ocampo, se localiza en la porción centro - este del estado de Hidalgo, entre las coordenadas extremas de 20°05' y 20°21' de latitud norte y los 98°27' y 98°38' longitud oeste, con una altitud media de 2,300 m.s.n.m. Comprende una superficie aproximada de 200Km.<sup>2</sup> (ver mapa No.1).

La región está políticamente limitada, al norte con el municipio de Hueyacoctla, estado de Veracruz; al sur por los municipios de Singuilucan, Epazoyucan y Acatlán; al este el municipio de Acatlán y al oeste con los municipios de Atotonilco el Grande y Quilitán de Juárez. La zona queda representada en las cartas topográficas "La Carbonera Jacales" y "Tulancingo", editadas por I.N.E.G.I. a escala 1 : 50,000, del año 1983.

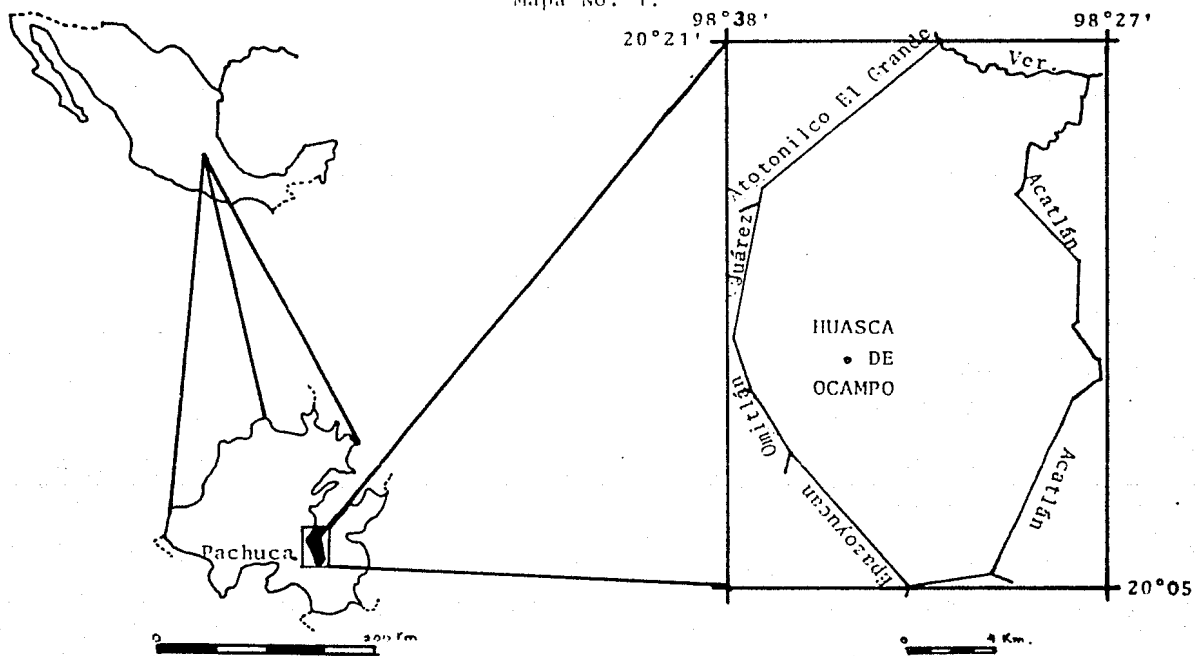
En la zona destacan como poblaciones importantes la cabecera municipal, Huasca de Ocampo, San Miguel Regla Ixtula Sembo y Santa María Regla, ubicadas en la porción centro - este del municipio (ver mapa No.2).

### B. Unidades fisiográficas.

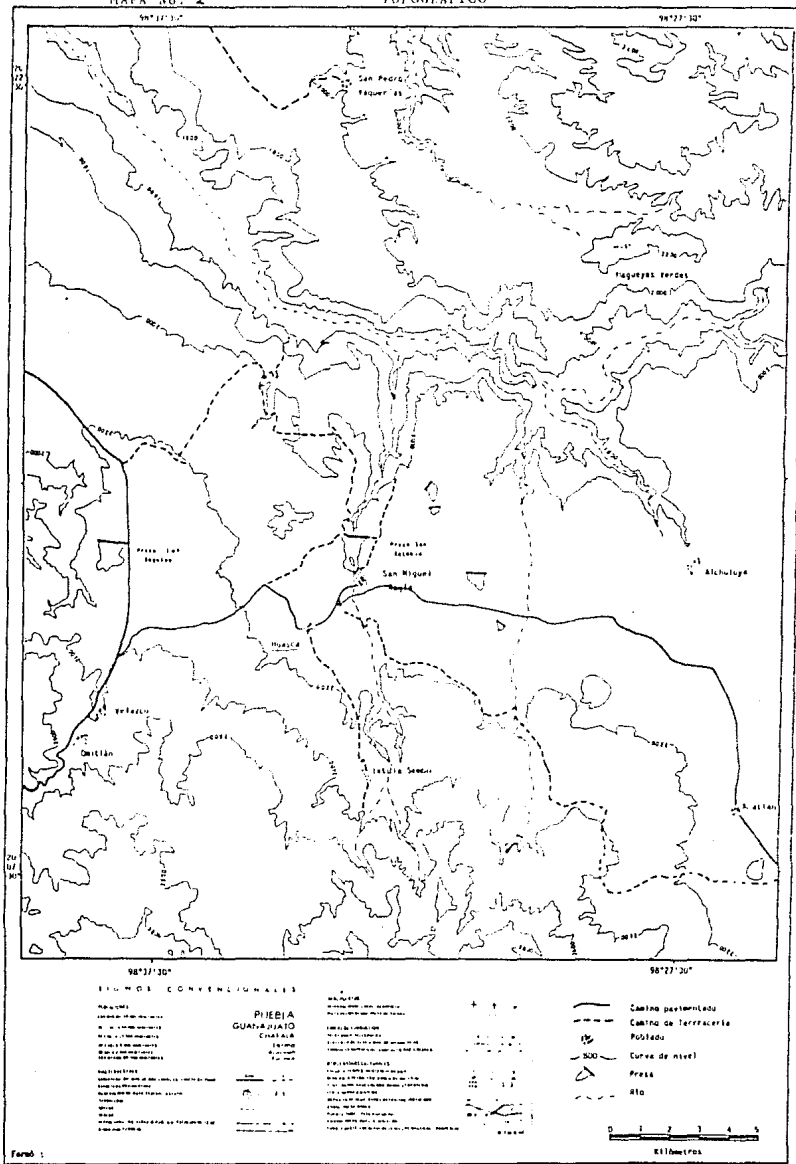
La zona queda incluida en la transición de la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transmexicano y las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. La primera comprende casi toda la zona, caracterizada por la presencia de estructuras volcánicas cenozoicas, predominando al sur y sureste derrames lávicos y conos de escoria. El vulcanismo máfico del Plioceno y Pleistoceno cubre las rocas mesozoicas plegadas de la Sierra Madre Oriental, aflorando estas rocas sedimentarias

LOCALIZACION DE LA ZONA EN ESTUDIO

Mapa No. 1.



Dibujó: M.C. Romero T.



Fuente:

en los laderos de la barranca del Río Grande de Tulancingo y al oeste de San Miguel Regla.

Las principales elevaciones se presentan en la primera provincia en el extremo sur de la carta y sobrepasan claramente los 3100 m.s.n.m., en la sierra "Las Navajas". Otras elevaciones eminentes al suroeste de Huasca son los cerros "Gordo" (2800m.s.n.m.) y "Gallo" (2600 m.s.n.m.). Con una amplitud de relieve de 900-1000m.

Hacia el norte y el centro, las altitudes decrecen de manera notable, siendo comunes las inferiores a los 2000 m.s.n.m. e incluso 1420-1400 en el talweg de la barranca del Río Grande de Tulancingo.

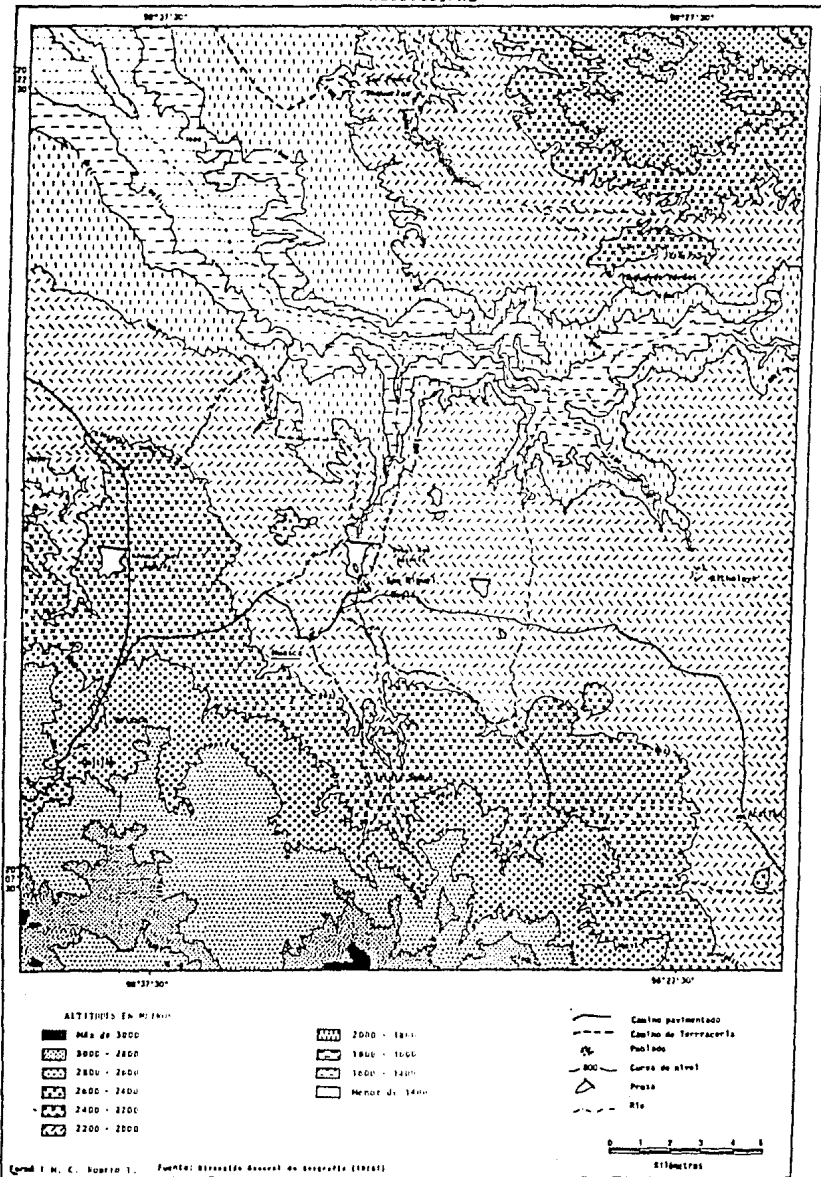
De manera muy general, se observa la presencia de cuatro grandes unidades geomorfológicas como son: las sierras (antes mencionadas), el piedemonte, la meseta lávica y la barranca del Río Grande de Tulancingo (ver mapa No. 3).

El piedemonte, en general, es extenso y formado por derrames lávicos, en su mayor parte.

Otro rasgo fundamental en el paisaje del municipio es la meseta basáltica, la cual cubre una extensa área de la zona; estando cortada por las barrancas del Río Grande de Tulancingo, Sta. Ma. Regla Grande y otras de menores dimensiones; dichas barrancas corren por zonas de debilidad, resultantes de movimientos tectónicos.

#### **1) Hidrografía.**

El río Grande de Tulancingo, es el principal en la zona ya que es el mayor y forma parte de la cuenca del Lago de Meztitlán (al noroeste del municipio). Recibe otros afluentes como el Huasca, que se acrecienta con las aguas de los ríos Izatla, San



0-4 San Miguel, Ixtula, Trianguillo y Regla. ya unidas estas corrientes, confluyen en el río Grande, frente al pueblo de San Sebastian, del municipio de Huasca.

En general la red de drenaje es de tipo dendrítico en las zonas elevadas, mientras que en la porción de la meseta tiende a ser paralela, integrándose a la barranca principal, por medio de barrancas menos profundas (100-200m.), con dirección sur-norte. Otros arroyos son de poca importancia ya que son intermitentes.

## 2) Clima.

Asociado a la diversidad altitudinal referida antes, la región comprende 2 tipos climáticos generales, según la clasificación de Koeppen modificada por E. García (1981), los cuales varían de Cw a BS. (ver cuadro No. 5).

Predomina en la zona el clima templado, el cual se asocia con una vegetación de bosques de pino (2000-3100m), pino-encino, encino-pino y encino; de acuerdo a las diferentes altitudes se ubican las asociaciones vegetales mencionadas en la Sierra de las Navajas y parte del piedemonte. Al norte de la barranca del río Grande de Tulancingo, se presenta el clima seco estepario, teniendo una vegetación de matorral crasicaule y pastizal (ver mapas 4 y 5).

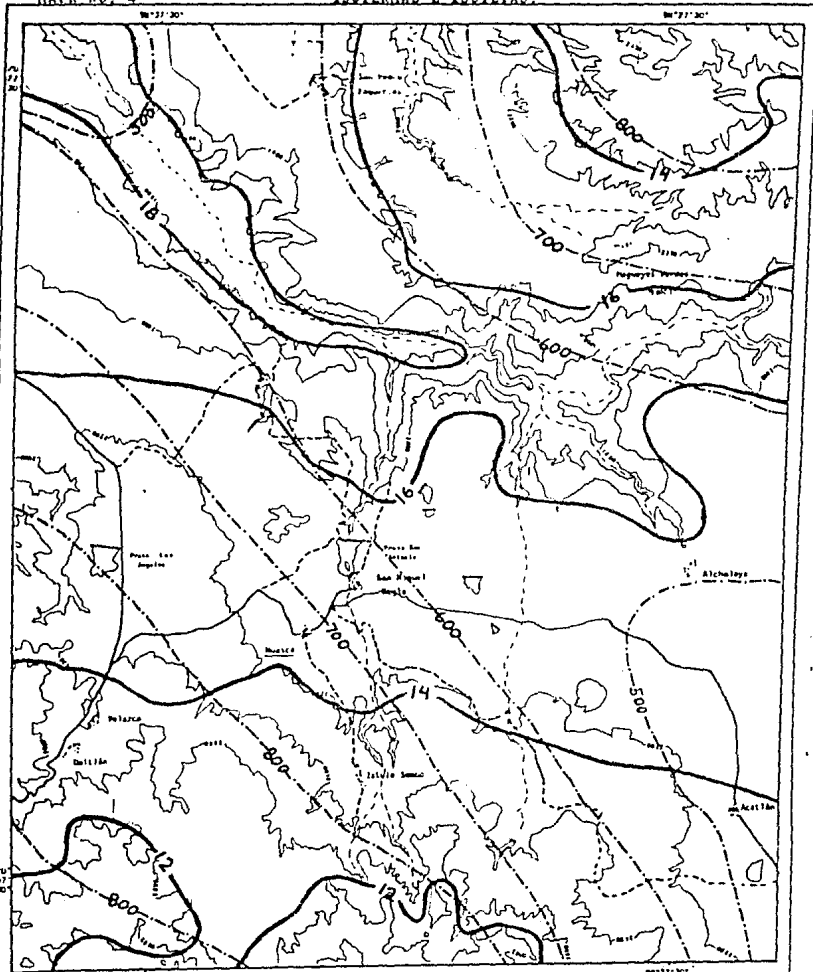


ESTACION	No. de años considerados	CLIMA	T. M. A. C	P. A. mm.	ALTITUD m. s. n. m.
Acatlán	10	CC(w"o)b(Ci')g	13.9	483.2	2140
Atotonilco					
El Grande	10	CC(w)b(Ci')g	16.0	740.9	2120
Huasca	5	CC(w"o)b(Ci')g	15.0	728.1	2040'
Mineral					
El Chico	30	CC(m)(w"o)b(Ci')g	14.7	1541.8	2351
Real del					
Monte	10	CC(w"o)big	12.2	802.3	2676
Omitlán	4	CC(w"o)b(Ci')g	13.5	898.6	2420
Sembo	6	CC(w"o)b(Ci')g	12.5	767.0	2320
Venados	10	BSohw"Ce)g	20.6	438.1	-

T.M.A. = Temperatura media anual.

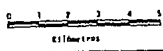
P.A. = Precipitación anual.

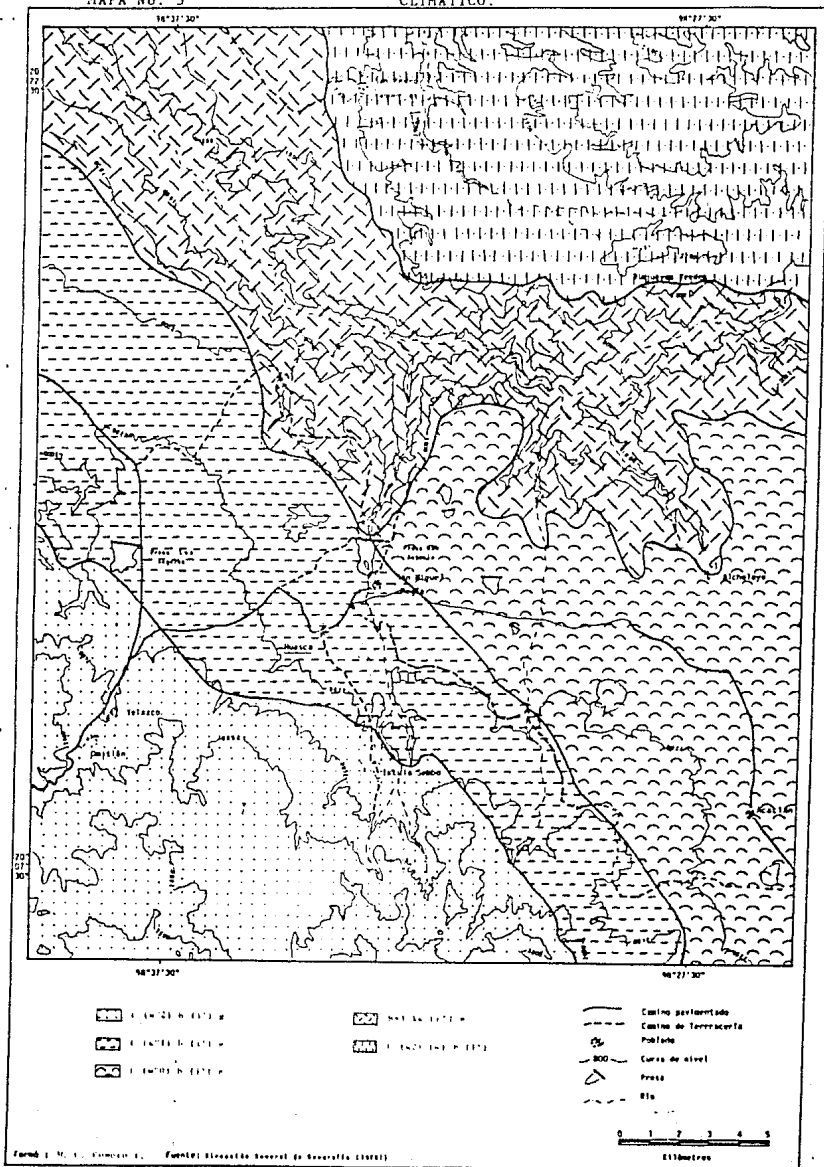
CUADRO No. 5



ISOTERMAS  
 ISOJETAS

- Camino pavimentado
- - - Camino de terracería
- Poblado
- 200
- 300
- 400
- 500
- 600
- △ Presa
- Río





### 3) Geología. (Ver mapa No. 6).

Este apartado fue realizado a partir de la consulta bibliográfica (Segerstrom, 1962; Gayne y Fries, 1963), cartográfica (U.N.E.S.C., 1960) fotointerpretación y algunas evidencias de campo.

El área de estudio muestra un claro predominio de rocas volcánicas. Estas cubren la mayor parte de la zona y se superponen a las rocas sedimentarias marinas mesozoicas (lutitas, margas, areniscas y calizas en su mayor parte).

Movimientos tectónicos elevaron los sedimentos marinos (cretácicos), plegándolos de manera espectacular. Esfuerzos posteriores fracturaron dichas formaciones cretácicas, lo que se asoció a la salida de material volcánico más reciente (Cantu, 1953:25).

La morfología de la zona obedece a una tectónica regional que ha causado, con el fracturamiento, líneas de debilidad donde la erosión vertical ha trabajado intensamente dando origen a una profunda barranca y a los arroyos secundarios laterales en ambas márgenes.

Se reconocen las siguientes unidades crono-estratigráficas, según Segerstrom (1962) y Gayne y Fries (1963).

#### 1. Mesozoica.

##### - Cretácico Inferior. Formación El Doctor.

Es la unidad litológica pre-terciaria más antigua que aflora en la zona. Está compuesta por caliza en capas gruesas con

intercalación de dolomita.

Dicha Formación, aflora en un área relativamente pequeña (al noreste de la zona), en las vertientes de la Barranca del Rio Grande de Tulancingo; subyace a coladas de basalto. Se ha manifestado el afloramiento, debido a la dirección vertical del río anteriormente mencionado.

#### - *Cretácico Superior. Formación Mexcala-Héndez.*

La Formación Mexcala-Héndez se encuentra constituida por arenisca de color gris, en capas variables de delgadas a medianas. Esta unidad litológica es poco resistente a la erosión en esta zona; como resultado se forman depresiones topográficas en relación con las formaciones de calizas más antiguas. Como consecuencia del plegamiento y de la erosión, los flancos de Iutita generalmente señalan los sinclinales y las de calizo los anticlinales.

Las Iutitas ocupan extensiones importantes en las vertientes de la barranca del río grande de Tulancingo y en la porción centro oeste se observe otro afloramiento la "sierra" de los cerros Quemado y Alto (al oeste de la barranca de Santa María Regla).

Las formaciones Mexcala-Héndez, sobreyacen a las formaciones Soyantal (la cual no aflora en la zona) y El Doctor.

## 2. Cenozoica.

### - *Plioceno.*

#### \* *Formación San Cristóbal.*

Consiste en derrames densos de andesita olivínica, con cantidades pequeñas de capas tobáceas basales e intercaladas, que

forman la cumbre del cerro San Cristóbal (al noroeste de la Cd. de Pachuca).

En la zona en estudio, aflora en Omitlán y se extiende hacia el norte. Descansa discordantemente sobre las Formaciones Zumate, Tezantla, Cerezo y Vizcaina (que no afloran en la zona); un poco al noreste del distrito minero de Real del Monte, cerca de Omitlán, parece que se interdigita con la Riolita Navajas, y con la Formación Atotonilco y en esa misma área está cubierta por la Traviata Guajolote y por depósitos aluviales.

La Formación San Cristóbal está constituida casi por completo por derrames de lava y sólo localmente se presentan capas clásticas basales, consistentes en cenizas oscuras, generalmente mezcladas con material volcánico erosionado de las formaciones subyacentes.

#### \* Formación Riolita Navajas.

Está constituida por derrames de lava, por capas de brecha y toba, y por depósitos de aludes ardientes, todos interestratificados entre sí, y con cantidades menores de material volcánico epiclástico.

La Formación se extiende desde Cuyamaloga, sobre la carretera Pachuca-Tulancingo, a una distancia de 19 Km. al norte hasta San Miguel Regla, atravesando así toda la anchura de la Sierra de Pachuca.

La Riolita Navajas descansa discordantemente sobre diversas formaciones volcánicas del Grupo Pachuca, que son anteriores a la Zumate y puede sobreyacer directamente a la Formación Mexcala-Méndez del Cretácico Superior, en las cercanías de San

San Miguel Regla.

Aparentemente la parte principal de la Formación está constituida por derrames de lava. Algunas de las últimas erupciones del centro volcánico de Las Navajas, parecen haber consistido en aludes ardientes compuestos por una matriz de lava, la cual cargaba y transportaba cantidades variables de fragmentos líticos, pumíticos y de obsidiana, de mayor calibre.

En San Miguel Regla, al extremo septentrional de la misma área de afloramiento, a unos 13 km. del supuesto centro eruptivo, depósitos análogos son coherentes y contienen fragmentos de los mismos tipos de obsidiana y de pómez densa, aunque generalmente con menos de 4 cm. de diámetro.

En un sitio denominado "Las Minillas", en la parte suroeste del área de afloramiento "Navajas", se refiere a un área ligeramente inclinada cubierta por bosque, ubicada cerca de la cumbre del cerro Las Navajas, que tiene quizás 2 km. de largo y en dirección nort-sur, en la cual fueron excavados numerosos tajos, por el hombre prehispánico, con el propósito de extraer bloques de obsidiana para la elaboración de puntas y navajas.

Los depósitos de alud ardiente o de derrames de cenizas, ubicadas en San Miguel Regla, se explotan en canteras con el objeto de extraer piedra para la construcción local.

La Formación Navajas está cubierta en el poniente por la Traquita Guajolote, de edad del Pleistoceno temprano, así como por derrames de basalto olivínico, también de edad pleistocénica aún más joven en el noreste, el este y el sureste.

#### \* Formación *Atotonilco El Grande*.

Son depósitos de material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región, y en menor medida de las rocas sedimentarias preterciarias. Se presentan debajo, entre y encima de los diversos barrancos de lava y de las otras capas de roca que constituyen la Riolita Navajas. Están compuestos principalmente por capas de textura variable, desde fangolita hasta conglomerado, pero incluyen capas locales de turba y eolocineritas.

Se localiza al oeste y entre las barrancas de San Antonio Regla y cerro Quemado, y en el centro de la zona en estudio.

#### - *Pleistoceno y Reciente*.

#### \* Formación *Traquita Guajolote*.

A un Km. al oriente del distrito minero de Real del Monte, se halla un área de afloramiento de forma ovalada y alargada, constituida por lava vesicular de color gris y de composición relativamente máfica. Esta unidad litológica se denomina Traquita Guajolote por la ubicación de un afloramiento cerca del rancho Guajolote. Descansa principalmente sobre la Riolita Navajas, pero también traslapa a la Formación San Cristóbal hacia el noroeste y sobreyace a algunas unidades volcánicas terciarias más antiguas en su borde occidental.

La fuente de aprovisionamiento de la Traquita Guajolote está ubicada en las inmediaciones del cerro Gordo, que parece representar lo que queda de la erosión de un cono piroclástico mezclado con cantidades considerables de lava.

La lava Guajolote es una roca de color gris débilmente



porfídica, altamente vesicular, holocristalina y con textura traquítica.

En esta formación predomina la toba volcánica ácida, ubicada principalmente en la porción centro-sur de la zona, en el piedemonte de la Sierra de Las Navajas y en la misma.

*\* Flujos de basalto de olivino y depósitos asociados.*

Se trata de un campo extenso de derrames de la lava en parte producto de vulcanismofisural o bien relacionados con conos escoriáceos y cineríticos asociados, compuestos principalmente de basalto olivínico, pero incluyendo también cantidades menores de rocas menos máficas. Se extiende en la porción centro y sureste de la zona en donde son muy claros los conos de escoria. Es muy clara la meseta basáltica y se extiende hacia el norte hasta el otro lado de la barranca del río Grande de Tulancingo.

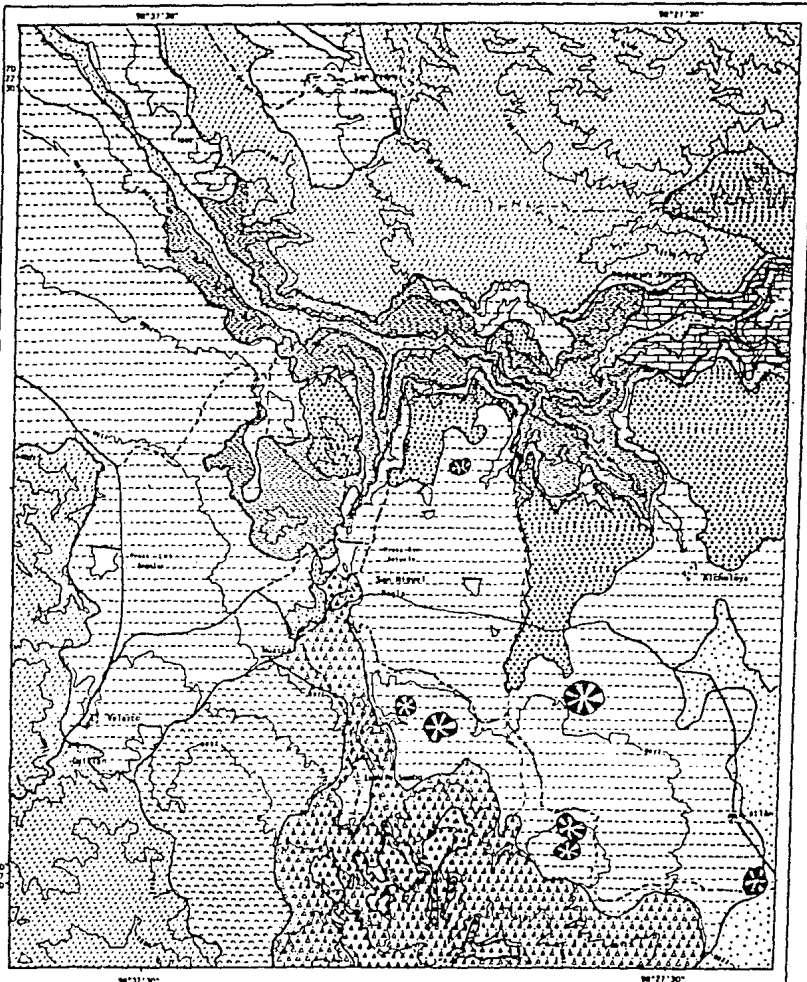
Las rocas máficas yacen discordantemente sobre una u otra de las unidades litológicas más antiguas, hasta las formaciones cretácicas.

El espesor es altamente variable y en algunos sitios quizás exceda a 500 m., si se toma en cuenta la altura de los conos cineríticos más grandes.

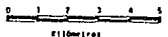
Todas estas rocas de composición predominantemente máfica y de edad pleistocénica, junto con rocas semejantes y otras del Plioceno Superior y del Pleistoceno, tales como las de la Formación San Cristóbal, de la Riolita Navajas, y de la Traquita Guajolote, se considera que forman parte del Sistema Neovolcánico.

\* Aluvión.

Esta unidad representa a los depósitos detríticos no consolidados, constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas, situados en los abanicos aluviales y rellenando los valles fluviales. Se localiza a lo largo del lecho de la barranca del río Grande de Tulancingo, y en la porción central de la zona, al oeste y suroeste de la presa de San Antonio.



- |  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |



Fuente: Dirección General de Geología (1981)

### C) Complejo clima-suelo-vegetación.

A partir del análisis de las cartas edafológicas y uso de suelo. (esc 1:250,000) y la geológica se llega a la siguiente interpretación. (ver mapas 7 y 8)

En la zona se presenta un desarrollo de suelos y vegetación característicos, a partir de la evolución geológica y del clima predominante.

Los andosoles, suelos formados a partir de cenizas volcánicas, se reconocen en el piedemonte noroeste de la sierra de Las Navajas y en la porción sureste de la zona, disponiéndose en áreas de vulcanismo cuaternario. Parte de estos suelos se encuentran cubierta por una vegetación boscosa compuesta por encinos (*Quercus sp.*) y pinos (*Pinus sp.*), principalmente, aunque una buena parte de esta vegetación se encuentra alterada por las actividades humanas (agricultura). Otra unidad de suelos bastante extensa son los luvisoles, ubicados principalmente, en la zona transicional entre la porción terminal del piedemonte y el inicio de la meseta basáltica, en la porción centro-oeste y suroeste. Dada la accesibilidad de estas áreas, la vegetación se encuentra muy alterada, además de que hay mayor concentración de población dedicada a las actividades agrícolas.

Otra unidad de suelos son los vertisoles, que se encuentran directamente asociados a las planicies; se ubican en la porción centro-este y sureste de la zona, coincidiendo con la meseta basáltica. Se presentan rodeados por los luvisoles, pero en pendientes menores. Dadas sus características topográficas y la

concentración de población, encuentran sujetos a un uso agrícola, en buena parte intensivo y con problemas de erosión severa. Quedan únicamente pequeñas áreas de vegetación de bosque de encino, en las laderas de los conos de escoria (aquí hay luvisoles).

Otra área extensa está representada por los suelos feozem, que ocupan la porción este y centro-norte del mapa; la vegetación natural es de matorral crasicaula y bosque de tascate, el resto tiene uso agrícola de temporal y de pastizal inducido.

Los cambisoles, cubren la parte noreste, con un relieve más accidentado, ocupado por vegetación de matorral crasicaula y bosque de pino-encino.

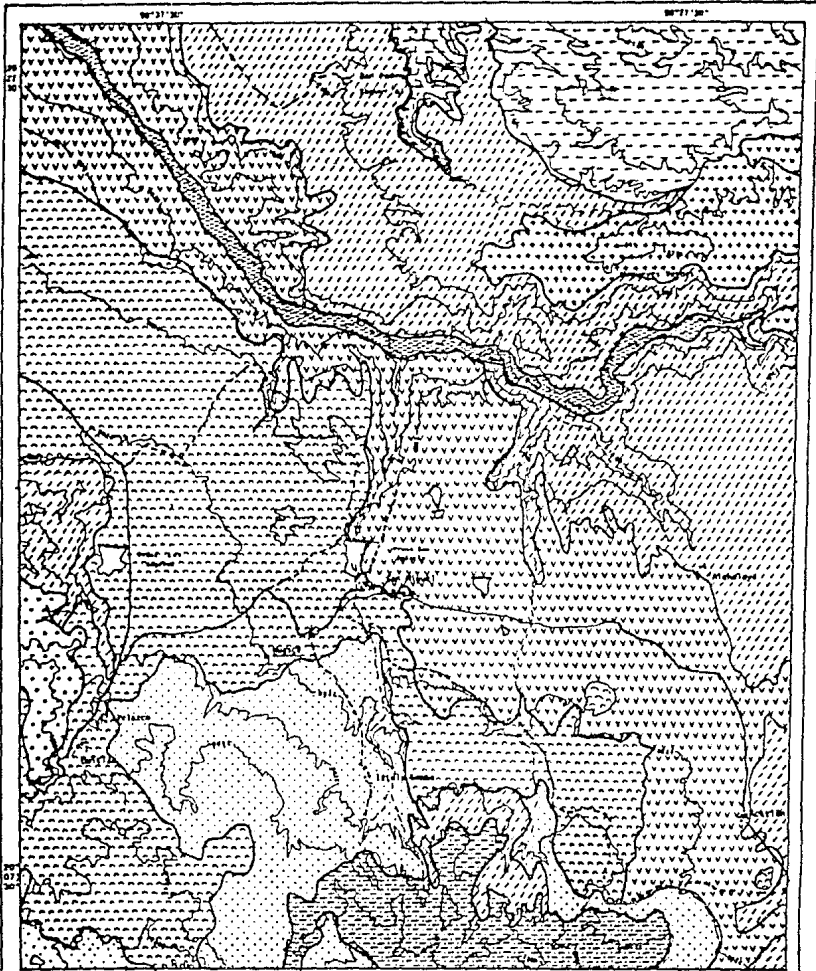
Los fluvisoles, comprenden las terrazas del fondo de la barranca del río Grande de Tulancingo, los abanicos aluviales y las planicies aluviales.

La última unidad es la de los planosoles, en la porción este; la mayor parte tiene uso agrícola de temporal, con numerosas áreas de pastizal inducido y matorral crasicaula.

También es importante, considerar la participación del hombre en algunas modificaciones al medio, que se reflejan en un comportamiento específico de los procesos geomorfológicos (Palacio, 1985:21). De esta manera, las poblaciones se concentran en zonas con características topográficas favorables, las cuales han permitido la ampliación de la red de carreteras y caminos, ya que esta porción (centro, este y oeste) presenta pendientes suaves y coincide con buenos suelos para uso agrícola. Por otra parte, la zona norte queda un tanto desvinculada debido a la presencia de la barranca del río Grande, que funciona como una barrera natural.

En la zona sur, por tener un relieve con mayor pendiente, la dispersión de la población es más grande y las vías de comunicación son limitadas. Por tales motivos se aprecia una menor alteración ambiental que en la parte central de la zona.

Esto se refleja en la presencia de rasgos erosivos muy severos, principalmente badlands, lo que significa un problema muy serio para las zonas centro y sureste del municipio, ya que se pierden anualmente grandes cantidades de suelos agrícolas. El material removido por la erosión en surcos y cárcavas frecuentemente llega a las corrientes y ríos, donde puede causar grandes daños. Así, al acumularse en las presas reduce el abastecimiento de agua y acelera el azolve.

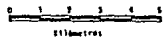


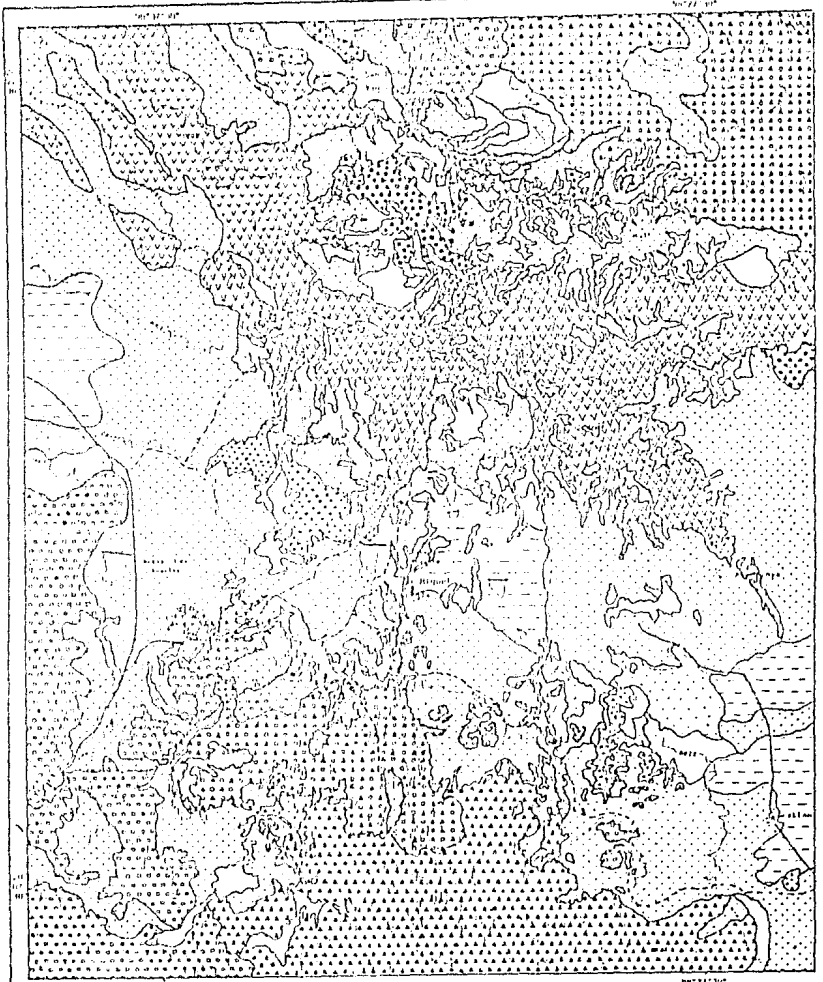
96°27'30"

96°27'30"

TIPO DE SUELO

- |          |          |                      |
|----------|----------|----------------------|
| Andosol  | Litosol  | Cantón perimetral    |
| Vertisol | Krausol  | Cantón de Terracería |
| Andosol  | Cantón   | Poblado              |
| Fanosol  | Fluvisol | Curva de nivel       |
| Fluvisol |          | Prata                |
| Fluvisol |          | Río                  |





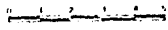
56° 30' 00"

1:50,000

56° 22' 30"

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| BANCAL DE UBAI           | BANCAL DE CASI MEL     |
| BANCAL DE FLORES DA LAGE | CASI MEL               |
| BANCAL DE ENCALOS        | SUBSIDIÇÃO DE BARRAGEM |
| BANCAL DE ESTACAL        | SUBSIDIÇÃO DE BARRAGEM |

- Contorno geotectônico
- Contorno de terracena
- Poço
- Curso de água
- Estrada
- Rio



Formas Geológicas da Serra de Itambé, Minas Gerais, Brasil



## CAPITULO III. GEOMORFOLOGIA.

### A. Zonalidad geomorfológica (ver mapa No.9).

En este capítulo se define la distribución de los tipos de relieve y procesos predominantes en la zona. La delimitación de las unidades de mapeo se realizó mediante fotointerpretación; para su elaboración han sido considerados los aspectos: morfología, edad, génesis y evidencias de campo.

Las formas se encuadran en una clasificación génética, la cual se utiliza, en la mayor parte de los estudios geomorfológicos realizados en el programa de investigación del Sistema Volcánico Transmexicano llevado a cabo en el Instituto de Geografía de la UNAM.

De esta manera se reconocen 4 unidades del paisaje que se presentan en el cuadro No. 6.

Se describen a continuación las cuatro unidades geomorfológicas que se reconocieron:

#### 1. *Formas de relieve de origen volcánico.*

Se refiere a formas de origen volcánico derivadas de la acumulación de lava y piroclastos, esencialmente cuaternarias.

##### 1.1 *Conos cineríticos.*

Se ubican en la porción sureste de la zona (ver mapa No.9). Se trata de conos de escoria (simples y complejos), del Cuaternario. Generalmente están asociados a los flujos lávicos. Son siete elevaciones pequeñas de 100-150m. sobre el

## NOMBRE DE LA UNIDAD.

## TIPO DE ROCA.

## EDAD DE LA ROCA.

1. FORMAS DE RELIEVE DE ORIGEN VOLCANICO.		
1.1 Conos cineriticos	Escoria	Cuaternario.
1.2 Mesetas lavicas	Basalto	Cuaternario.
2. FORMAS DE RELIEVE DE ORIGEN VOLCANICO-DENUDATORIO		
2.1 Piedemonte volcanico del Pleistoceno Tardio	Piroclastos y material retrabajado sobre basalto.	Pleistoceno Tardio.
2.2 Piedemonte volcanico del Pleistoceno Temprano	Basalto cubierto parcialmente por lahar y tobas.	Pleistoceno Temprano..
2.3 Laderas en lavas basicas.	Lavas traquiticicas	Cuaternario.
2.4 Laderas en lavas y tobas acidas.	Toba acida y andesitas.	Terciario Superior.
3. FORMAS DE RELIEVE DE ORIGEN DENUDATORIO-ESTRUCTURAL.		
3.1 Laderas de unidades plegadas.	Lutita-marga.	Cretacico Superior.
3.2 Laderas de barrancas tectonizadas.	Basalto. Lutita Caliza	Cuaternario. Cretacico Sup. Cretacico Inf.
4. FORMAS DE RELIEVE DE ORIGEN FLUVIAL.		
4.1 Planicies acumulativas.	Aluvion.	Reciente.

CUADRO No. 6

relieve circundante, con un diámetro aproximado de 600-700m. Las pendientes de sus laderas son de  $15^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  ; presentando modelado muy débil. Casi todos presentan luvisoles con una cubierta de bosque de encino.

### 1.2 Mesetas.

Esta unidad se encuentra seccionada, se ubica en las porciones: este y oeste (vertiente sur de la barranca del río Grande de Tulancingo) y al centro-norte (vertiente norte del mismo río), ver mapa No.9..

Se trata de coladas de lava, cuaternarias. Se refiere a una sucesión de flujos basálticos que se sobreponen, produciendo un paisaje semi-plano, amesetado, a manera de una planicie lávica.

Los bordes de la mesetas frecuentemente son escarpes verticales (60-80m). Los límites están bien definidos por el borde de la ladera de la barranca del río Grande de Tulancingo.

En algunas áreas, las mesetas están cubiertas por toba. Algunas coladas están asociadas a los volcanes jóvenes y se observa bien la forma de herradura en la cima del cono, relacionada con el flujo de la colada; otras están asociadas a fisuras.

El drenaje superficial es poco denso, presentándose manantiales en los frentes de algunas coladas.

En general la meseta presenta una pendiente de  $0^{\circ}$ - $3^{\circ}$ .

Presentan en su mayor parte asociaciones de suelos como son: luvisoles, vertisoles, feozem y planosoles. Tiene en general uso de suelo agrícola de temporal, con pastizal y pequeñas áreas de agricultura de riego y matorral crasicaule. Además cuentan con la red de caminos y carreteras más importante de la zona.

## 2. Formas de relieve de origen volcánico-denudatorio.

En esta categoría quedan incluidas las formas del relieve originadas por procesos endógenos, que no conserven su aspecto original, sino que han sido transformadas sustancialmente por la actividad exógena.

### 2.1 Piedemonte volcánico del Pleistoceno Tardío.

Se ubica en la porción sureste del mapa.

Se trata de un piedemonte volcánico acumulativo, constituido por una secuencia de tobas, algunas riolíticas retrabajadas, con material semiredondeado. Actualmente no funciona como piedemonte, ya que no se observa una transición de la pendiente entre la sierra y esta unidad. Parece estar un tanto desvinculado de aquélla. Por ello se infiere que se trata de un piedemonte relativamente antiguo, que fue cubierto por flujos lávicos y tobas, producto de los conos de escoria que se localizan dentro de dicha unidad.

La delimitación del piedemonte fue difícil porque no se observa claramente hasta dónde abarcó y por lo tanto se consideraron otros aspectos, tales como la pendiente, el tipo de suelo y los procesos actuales. Se decidió mapear el piedemonte hasta un flujo lávico cubierto de luvisoles desarrollados dentro de la depresión, la cual está bien delimitada por los cordones laterales (levées) de la colada. La unidad presenta denudación intensa y una pendiente entre  $3^{\circ}$ - $6^{\circ}$ .

Tiene en su mayor parte luvisoles y, en la zona de transición a la meseta, vertisoles; predomina la agricultura temporalera y pastizal inducido, para uso del ganado.

## 2.2 Piedemonte volcánico del Pleistoceno Temprano.

Se localiza en la parte centro-oeste de la carta (mapa No.9).

Es un piedemonte cubierto por derrames lávicos. Se trata de una serie de flujos basálticos (textura traquítica); son de edad cuaternaria, pero anteriores a la mesetas y a los conos.

En algunos lugares las lavas están cubiertas parcialmente por lahares y piroclastos.

Cada flujo produce en el frente lávico un escarpe y una cima plana, y los flujos superpuestos originan un paisaje con pequeños escalones. También hay manantiales en la base de los frentes de las coladas.

Presenta pendientes de  $3^{\circ}$ - $6^{\circ}$ , tiene luvisoles principalmente con uso agrícola de temporal, aunque algunas áreas pequeñas presentan bosque de pino-encino y encino.

## 2.3 Laderas del Cuaternario.

Esta unidad se encuentra localizada en la porción suroeste de la zona (cerros El Gallo y Gordo).

Se trata de laderas de montaña de origen volcánico. Las rocas que las constituyen son lavas máficas de textura traquítica con algunas intercalaciones de piroclastos.

Presenta débil modelado y con pendientes de  $6^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ; este intervalo es grande porque se trata de una zonificación en la que se consideran asociaciones de laderas.

La mayor parte de esta unidad presenta suelos de ando. Dichas laderas están cubiertas por bosque de pino y pino-encino, aunque localmente hay áreas agrícolas entre el bosque.

## *2.4 Laderas del Terciario Superior.*

Se localiza en la porción noreste, suroeste (parte de la sierra de Fachuca) y sur (sierra de Las Navajas).

Son laderas de montaña de origen volcánico, resultado de diversas etapas de actividad volcánica y están constituidas por andesita, toba ácida y brecha volcánica ácida. Las laderas tienen fuerte modelado de vertientes (disección), y un drenaje más integrado. Presenta pendientes mayores ( $20^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ) que la unidad anteriormente descrita, así como una fuerte profundidad de la disección.

Dichas laderas tienen asociaciones de suelos: andosoles, litosoles, cambisoles, regosoles y feozem. La mayor parte de ellos está cubierta por bosque de pino, pino-encino y encino.

## *3. Formas de relieve de origen denudatorio-estructural.*

Se refiere a formas de relieve resultado de movimientos tectónicos, los cuales produjeron plegamiento en algunas formaciones cretácicas, asociadas a fracturamiento, y líneas de debilidad que favorecieron la erosión vertical, y la salida de material volcánico, más reciente.

### *3.1 Laderas de rocas plegadas.*

Se localiza en la parte central de la zona.

Se trata de laderas de montaña de origen plegado, constituida principalmente por rocas sedimentarias marinas (lutitas y algunas intercalaciones de margas) del Cretácico Superior. Tiene una amplitud de relieve de aproximadamente 200m.; presenta pendientes de entre los  $12^{\circ}$  y  $30^{\circ}$ .

Tienen vegetación de encino, en luvisolas.

### *3.2 Laderas de barrancas tectonizadas.*

Se ubican en las porciones centro-norte, este y noroeste del mapa.

Se refiere a laderas de barrancas profundas (400-500m), producto de movimientos tectónicos, asociados a erosión vertical intensa. Por tal motivo, afloran formaciones antiguas de caliza (Cretácico inferior) y lutitas (Cretácico Superior), subyacentes a los basaltos (Cuaternario) que constituyen casi todo el borde la barranca. Estas laderas presentan pendientes entre los 20° -45°. La red de drenaje de dichas vertientes está muy integrada.

Hay predominancia de vertisoles y feozem. La vegetación natural es muy importante porque se encuentra bien conservada, y está constituida principalmente, por asociaciones de matorrales y en algunas barrancas bosque de encino.

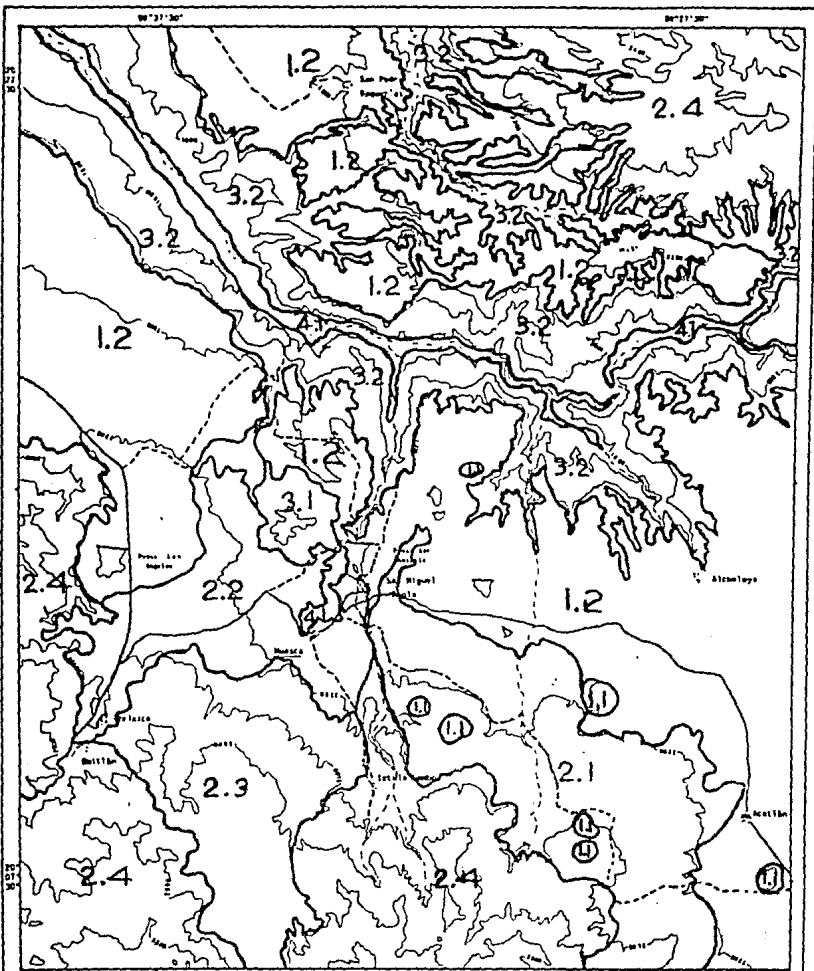
## *4. Formas de relieve de origen fluvial.*

Son formas de relieve exógeno pero de tipo acumulativo.

### *4.1 Planicies acumulativas.*

Se localizan en la parte central de la zona.

Esta unidad está constituida por depósitos de material aluvial (reciente); con pendientes entre los 0°-1.5°, en torno a las presas y en el lecho de la barranca del río Grande de Tulancingo. Presentan fluvisoles, con un uso agrícola y vegetación de galería.



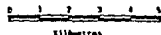
LEGENDA DE LA LECTURA:

1. Formas de relieve de origen volcánico.
- 1.1 Cerros cónicos.
- 1.2 Mesetas llanas.
2. Formas de relieve de origen volcánico desértico.
- 2.1 Piedemonte volcánico del Pleistoceno temprano.
- 2.2 Piedemonte volcánico del Pleistoceno temprano.
- 2.3 Laderas en lavas básicas.
- 2.4 Laderas en lavas ácidas.
3. Formas de relieve de origen desértico-estructural.
- 3.1 Laderas de unidades plegadas.
- 3.2 Laderas de valles tectónicos.
4. Formas de relieve de origen fluvial.
- 4.1 Planicies acumulativas.

SIEMBRO DE LA LECTURA

- Escala  
 Rosillo  
 Faja litoral y material volcánico del Rosillo.  
 Rosillo cubierto por lavas del Pleistoceno.  
 Escalones de lavas.  
 Múltiples Rosillos.  
 Volcán Rosillo.  
 Rosillo (volcán) Rosillo.  
 Rosillo etc.

- Línea punteada  
 Línea de terracerías  
 Poblado  
 Cueva de abuelo  
 Presa  
 Río





## B. Distribución de las unidades geomorfológicas del municipio.

De la superficie total de municipio (300 km.<sup>2</sup>), las unidades volcánicas ocupan el 34%, siendo la mayor la meseta lávica con 99.5km.<sup>2</sup> (33%). El 24% de del municipio lo ocupan los piedemontes (unidades 2.1 y 2.2) con 72 km.<sup>2</sup>. El resto de las unidades ocupan 126 km.<sup>2</sup> (42%) del municipio. Las sierras ocupan el 22% (67km.<sup>2</sup>) de la superficie total del municipio.

Las laderas de los valles tectónizados ocupan el 18% (53km.<sup>2</sup>)

Ello indica que en el paisaje municipal hay predominancia del relieve menos elevado y con pendientes suaves (ver cuadro siguiente).

### DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA UNIDADES DE PAISAJE DEL MUNICIPIO.

Unidades Geomorfológicas.	Superficie		
	km. <sup>2</sup>	%	
Planicies acumulativas	5.9	2.0	
Mesetas lávicas	99.5	33.1	59% Semi-plano.
Piedemontes	72.0	24.0	
Conos	2.3	1.0	23 % Elevaciones
Laderas de montañas	67.0	22.0	
Laderas de valles	53.1	18.0	18 % Barrancas
<b>TOTAL:</b>	<b>300.0</b>	<b>100.0</b>	

## CAPITULO IV. INVENTARIO DE EROSION EN CARCAVAS.

### A. Metodología.

El mapa de las unidades geomorfológicas se utilizó como base para vertir la información de erosión para el inventario.

Se tomo como referencia el trabajo de Bocco (1988), "El inventario de erosión antrópica".

La delimitación de los sistemas de cárcavas se hizo mediante fotointerpretación, utilizando fotografías aéreas blanco y negro de escalas 1:25,000 y 1:35,000.

La información se volcó de las fotos aéreas, al mapa topográfico (DGG, 1983) de escala 1:38,500, por medio del pantógrafo óptico. Se utilizó esa escala del mapa porque a esc. 1:50,000 se perdía información por lo que se realizó una ampliación.

Las áreas fueron cuantificadas por medio del digitalizador utilizando el sistema AU2 Binary Format.

La leyenda del inventario de erosión presenta los resultados del cálculo de las superficies en relación a cada unidad geomorfológica, además de mostrar otros parámetros de relación.

### B. Resultados y discusión.

#### 1) Resultados.

Los resultados del inventario de erosión, se presentan en el cuadro No.7. Estos valores muestran únicamente las superficies de

UNIDADES MAPEADAS	AREA			EROSION EN CARCAVAS		TIPO DE SUELO	LITOLOGIA	GRADO DE PENDIENTE
	Has.	Km.2	* %	Has.	** %			
<b>1 Formas de relieve de origen volcánico.</b>								
1.1 Conos cineríticos.	228.	2.3	0.8	5.4	0.8	Andosol.	Escoria.	15°-20
1.2 Mesetas Lávicas.	9952	99.5	33.1	139.2	20.2	Luvisol y vertisol	Basalto.	0°-3°
<b>2 Formas de relieve volcánico-denudatorio.</b>								
2.1 Piedemonte volcánico del Pleistoceno Tardío	3857.	38.5	12.9	319.8	46.5	Luvisol.	Piroclastos y material retrabajado s. basalto.	3°-6°
2.2 Piedemonte volcánico del Pleistoceno Temprano	3350.	33.5	11.1	192.0	28.0	Luvisol.	Basalto cubierto por lahar y piroclastos.	3°-6°
2.3 Laderas en lavas básicas del Cuaternario.	2021.	20.2	6.7	11.2	1.7	Andosol.	Lavas traquíticas.	6°-20°
2.4 Laderas en lavas y tobas del Terciario Sup.	3928.	39.2	13.0	11.6	1.7	Feozem-Inceptisol.	Toba ácida y andesita.	20°-40°
<b>3 Formas de relieve denudatorio-estructural.</b>								
3.1 Laderas de unidades plegadas del T. Sup.	764.0	7.6	2.5	7.3	1.0	Luvisol	Lutita-Marga.	12°-30°
3.2 Laderas de valles tectonizados del Q.	5318.	53.1	17.7	-	-	Vertisol-Feozem.	Caliza, lutita y basalto.	20°-45°
<b>4 Formas de origen fluvial</b>								
4.1 Planicies acumulativas del Reciente.	590.9	5.9	2.0	1.0	0.14	Fluvisol.	Aluvi6n	0°-1.5°
<b>M U N I C I P I O</b>	<b>30021</b>	<b>300.</b>	<b>100</b>	<b>687.8</b>	<b>100</b>			

CUADRO N°7

\* % respecto al área total del mpio.    \*\* % respecto al total del área acarcavada

los acarrevamientos, ya que no se consideró la erosión laminar, el splash y la erosión en rills, porque no pueden detectarse con precisión a estas escalas; para ello se requieren escalas más grandes tanto de fotografías como de cartas base.

## 2) Distribución espacial de la erosión en cárcavas.

Las unidades volcánico-denudatorias ocupan  $131 \text{ Km}^2$  (44% de la superficie municipal). De ellos 5348 Ha. (78% del área total acarrevada) están severamente afectadas por badlands. El resto de las unidades volcánicas ocupan  $168 \text{ Km}^2$  (22% del municipio). De éstos 153 Ha. (22.2% del área total acarrevada) están intensamente dañadas por cárcavas.

Con respecto a la superficie total del municipio solo el 2.3% esta afectado por cárcavas.

Las unidades de mapeo pueden dividirse de acuerdo al porcentaje de erosión en relación al área total acarrevada, de la siguiente manera:

50-25%	Piedemontes	Muy afectadas.
25-10%	Mesetas	Moderadamente afectadas.
5-0%	Laderas de montañas, conos y planicies acumulativas.	Poco afectadas.

En relación a la superficie total de cada unidad los porcentajes de erosión en cárcavas son los siguientes:

Los conos cineríticos ocupan  $2.3 \text{ Km}^2$  (0.8% de la superficie municipal). De ellos 5.4 Ha. (2% de los  $2.3 \text{ Km}^2$ ) están afectados

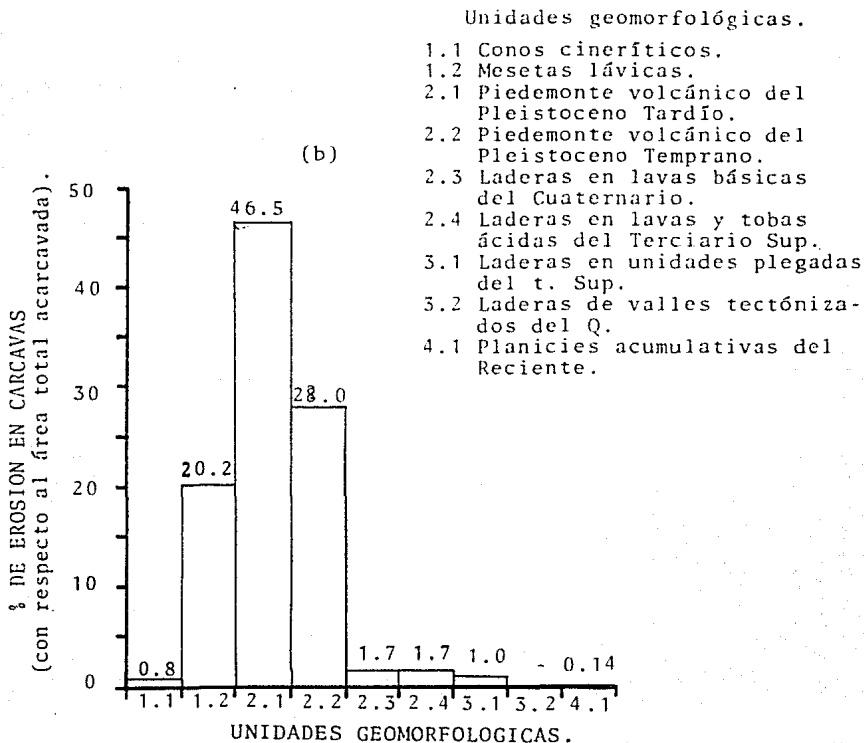
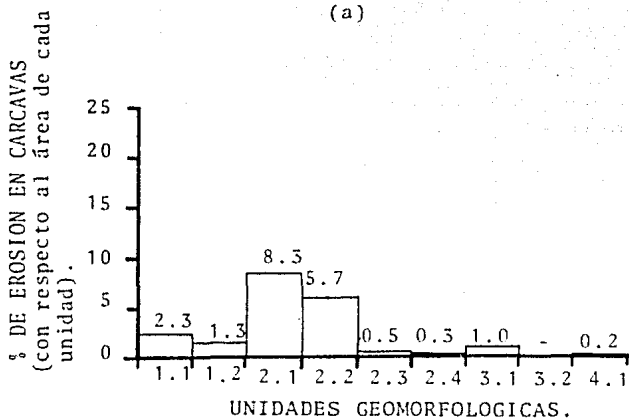


FIGURA No. 1.

por barrancos. Las mesetas lávicas ocupan  $99.5 \text{ km}^2$  (33% del municipio) de éstos solo el 1.3% (139.2 Ha.) está deflado por cárcavas.

De la superficie total del piedemonte antiguo 8.3% está acaravado. El otro piedemonte presenta 5.7% de erosión (192 Ha.) en relación a su superficie ( $33.5 \text{ km}^2$ ).

El resto de las unidades presentan menos del 1% de erosión en relación a la superficie de cada una (ver figura 1-a).

Las unidades más afectadas son:

- 1) Los piedemontes (74.4% del total de la superficie acaravada), que tienen pendientes moderadas ( $3^{\circ}$ - $6^{\circ}$ ).
- 2) Las superficies de campos basálticos con cobertura de piroclastos (meseta lávica); son de pendientes suaves ( $0^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ). Ver figura 1-b y mapa "Inventario de erosión en cárcavas". (ANEXO).

### 3) Factores ambientales que controlan la erosión en cárcavas.

#### - MATERIALES

La mayor parte de la erosión ocurre en suelos luvisoles y vertisoles. Tienen un enriquecimiento de arcilla en algunos de sus horizontes. Frecuentemente son de color rojo. Son suelos poco profundos (60-120cm.), producto de la alteración del basalto o tobas o bien de material re TRABAJADO fluvialmente.

El tipo de escurrimiento depende de la litología superficial y de las características del suelo.

El escurrimiento subsuperficial tiene lugar en el contacto de los suelos con su material parental más impermeable y en la posición alternante de capas escasamente permeables (basalto o

lahar) con otras de mayor permeabilidad (secuencia de tobas). También ocurre entre los Horizontes A y B de los luvisoles (a 30 cm. de profundidad).

Si un material volcánico relativamente permeable (piroclásticos o un suelo derivado) sobreyace a un material razonablemente impermeable (lahar), se puede manifestar la sufozión por el brote del flujo lateral de agua en el contacto de dichas unidades. Estos procesos pueden desencadenar los movimientos en masa (asentamientos, desplomes) y/o la iniciación de cárcavas.

La sufozión no concentrada (generalizada) provoca múltiples hundimientos del terreno, los cuales predominan en las laderas de forma cóncava, porque allí convergen los flujos hídricos.

Al producirse un asentamiento en el terreno, se forma un microescarpe o escalón que permite el inicio de la degradación del suelo por erosión remontante y da lugar a la formación de cárcavas.

Esto depende estrechamente de las propiedades del suelo, por lo que resulta necesario describir las principales características del suelo de la zona.

#### **Análisis de muestras de suelos.**

La localización de los perfiles de suelo se presenta en la fig.2.

Los datos se tomaron para el estudio de los piedemontes, ya que no fue posible cubrir toda la zona. Además las condiciones y el tipo de suelo de las zonas muestreadas son muy semejantes a las del resto de las unidades donde están los mayores valores de erosión.

Se describieron tres perfiles de suelo; las muestras fueron

Localización de pozos de perfiles de suelo.

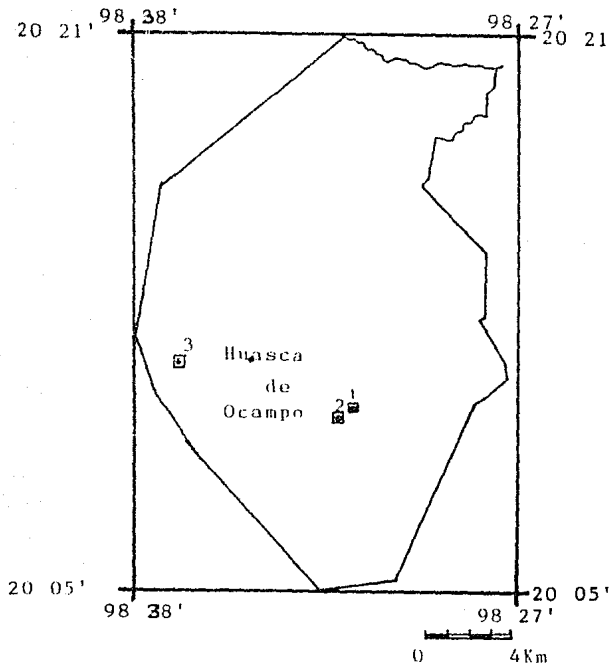
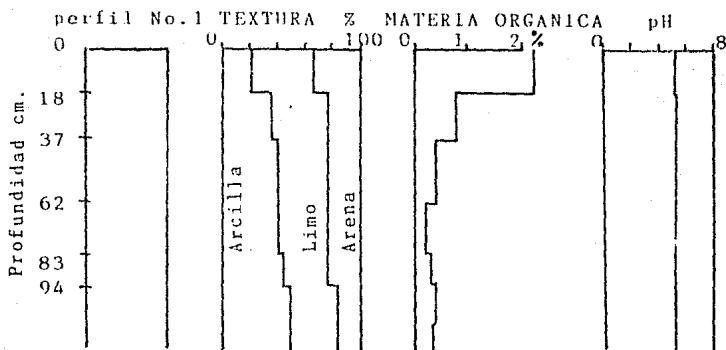


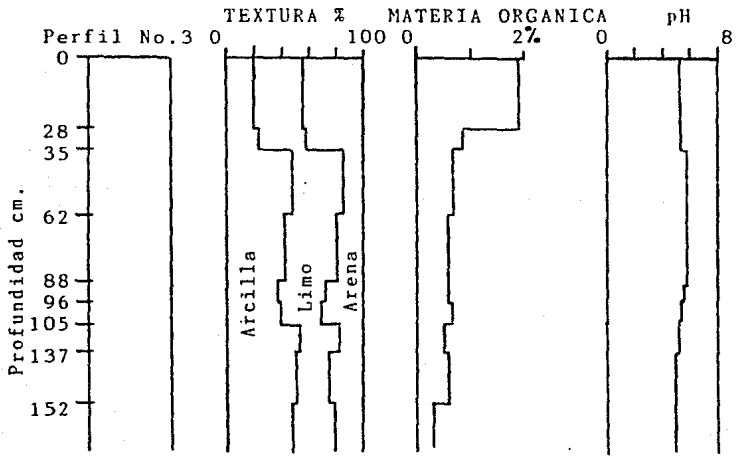
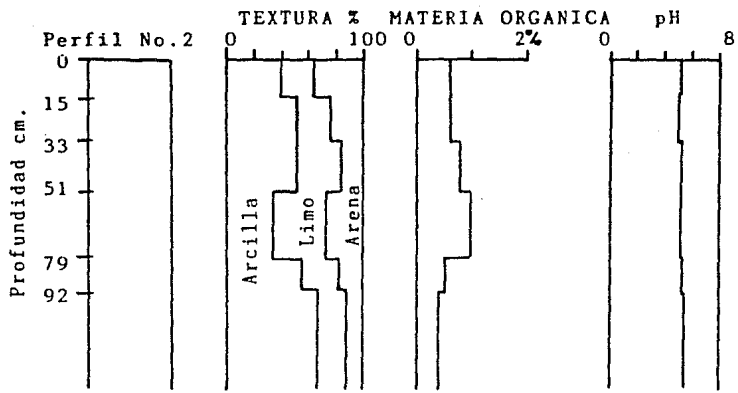
FIGURA No 2



RESULTADOS DE ANALISIS FISICO\_QUIMICOS.

FIGURA No. 3





RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS

FIGURA No. 3

tomadas en orden (perfil No.1, muestras de la 1-6 de los 0cm. a más de 94cm...) para los análisis físico-químicos.

Las zonas de muestreo presentan un régimen de lluvias de verano, con una estación seca muy marcada.

La vegetación natural (encinar) es muy escasa, actualmente es casi por completo de uso agrícola. Algunas zonas tienen pastizal inducido.

#### Análisis físico-químicos.

Se analizaron 22 muestras en el laboratorio de suelos del Instituto de Geografía de la UNAM. Se utilizaron las técnicas estándar.

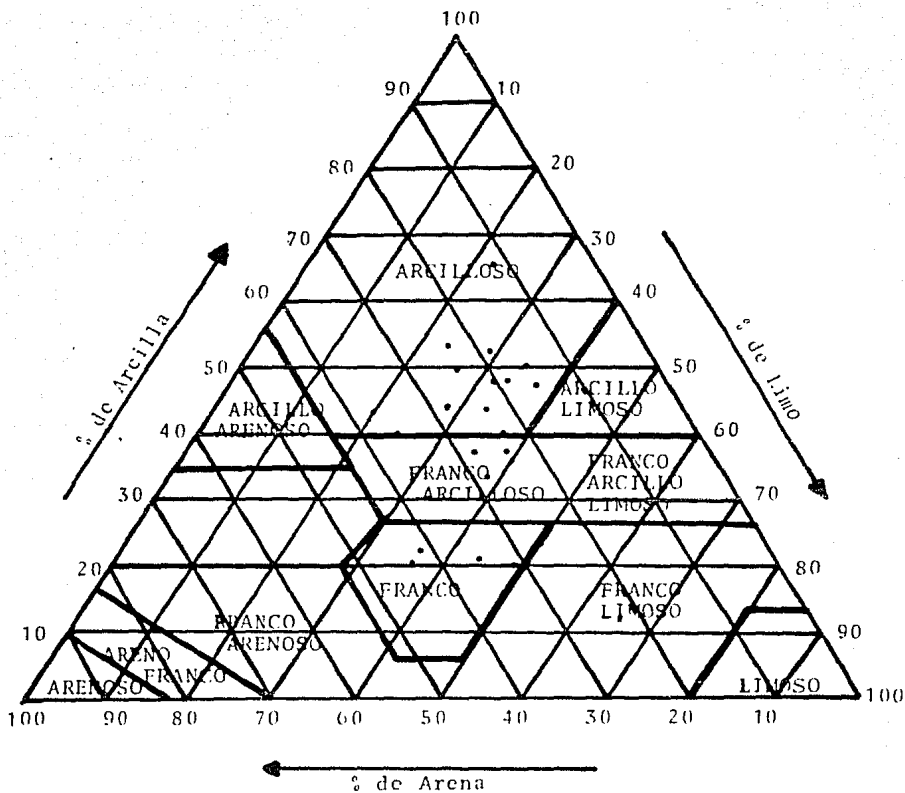
#### Resultados.

En la figura No.3 se muestran los resultados de profundidad, color, textura, estructura, contenido de materia orgánica y pH.

(a) Color: Según las tablas Munsell, en general el rango de colores está entre los rojizos a los amarillentos, en húmedo tienden a ser rojos muy oscuros. Por ello tienden a absorber más calor que los suelos de color claro y pierden mayor cantidad de humedad por evaporación. Ello que implica que el suelo se seque y se agriete, alterando su estructura superficial de donde se deduce la importancia de que el suelo tenga una cubierta vegetal, porque almacena más humedad y no recibe directamente la insolación.

(b) Textura: Los datos se vaciaron en el triángulo textural (ver fig.No.4). El 50% de las muestras quedó en la porción arcillosa, 35% en la porción franco-arcillosa y el 15% como franco. Ninguna muestra es arenosa.

El promedio del contenido de arcilla es alto: 42.7% . Ello favorece la presencia de los procesos de expansión y



Triángulo textural mostrando los porcentajes de arena, limo y arcilla y las clases texturales.

FIGURA No. 4

contracción, como resultado del humedecimiento y secado del perfil del suelo. La contracción probablemente ocasione la formación de grietas en las estación seca.

En el perfil No.1 el contenido de arcilla aumenta en relación con la profundidad. En el pozo No.2 la parte superficial presenta poca arcilla, en la zona intermedia aumenta y a mayor profundidad vuelve a disminuir, hasta la muestra más profunda que tiene un porcentaje de 66% de arcilla. En el perfil No.3 el contenido de arcilla es menor en los primeros centímetros y aumenta a más profundidad. Es importante la predominancia de arcilla en algún horizonte del perfil del suelo, porque influye en el movimiento del agua, ya que esta capa, al saturarse, es relativamente menos permeable que las que tienen mayor cantidad de limo y arena. Por tal motivo impide el movimiento vertical del agua y se puede producir flujo lateral en el contacto del horizonte permeable y el menos permeable.

(c) Contenido de materia orgánica: El perfil No.1 muestra un alto contenido de materia orgánica en el primer horizonte, disminuyendo paulatinamente con la profundidad. En el perfil No.2 el contenido de materia orgánica es en promedio menor de 1%, pero en la porción media presenta un aumento notable, siendo menor en los primeros horizontes y en la parte más profunda. El perfil No.3 es muy parecido en cuanto a su contenido al No.1.

En general el contenido de materia orgánica de estas muestras es bajo, lo que indica mayor susceptibilidad a la erosión. (< materia orgánica, <coloides, estructura más débil).

(d) pH: Los valores del pH tienen poca variabilidad; en promedio es de 5.3. Todas las muestras son básicas o ligeramente básicas.

(e) Estructura: En general los perfiles presentan una estructura

en bloques subangulares medios moderados. La parte superficial, sin embargo, tiene una estructura columnar, lo que favorece la infiltración del agua de lluvia a través de la red de grietas.

En forma preliminar los suelos se pueden clasificar como luvisoles (FAO) o inceptisoles (USDA), ambos derivados de material volcánico.

Este tipo de suelo coincide con zonas que presentan los mismos suelos (según los mapas de INEGI) y presentan porcentajes muy altos de erosión a nivel del inventario. Por tal razón, es necesario analizar las condiciones climáticas que directamente controlan las características del suelo.

#### - CLIMA.

##### **Análisis de datos meteorológicos de las estaciones Huasca y El Sembo.**

Las características climáticas de esta zona pueden considerarse típicas del Centro de México.

El régimen pluvial de las estaciones tienen dos periodos claramente definidos a lo largo del año. La temporada húmeda, se inicia en el mes de mayo con lluvias moderadas que súbitamente se incrementan en junio, julio, agosto y septiembre, alcanzando los máximos volúmenes de precipitación, y descienden hacia octubre, finaliza de esta manera la época lluviosa y en noviembre se inicia el periodo seco que dura hasta abril (ver fig. No.5).

Del total anual de precipitación (778.0mm.-El Sembo y

728mm.-Huasca.) el 80% se concentra en la estación lluviosa (verano), aunque se observa una disminución en el mes de agosto por efecto de la canícula.

La precipitación frecuentemente es en forma de chubascos, lluvias intensas o bien granizadas.

Lauer (1978), presenta en un mapa las características del régimen hídrico de la zona, considerándolo, del tipo climático semiárido, ya que solo presenta 6 meses húmedos, dentro de los pisos altitudinales de 2100-2400m.s.n.m.

Con respecto al régimen térmico, las temperaturas más elevadas son en los meses más secos (marzo, abril y mayo), presentándose también las oscilaciones de temperatura más marcadas (30.5°C). En la época lluviosa la oscilación térmica es la menor del año (ver fig. No.6).

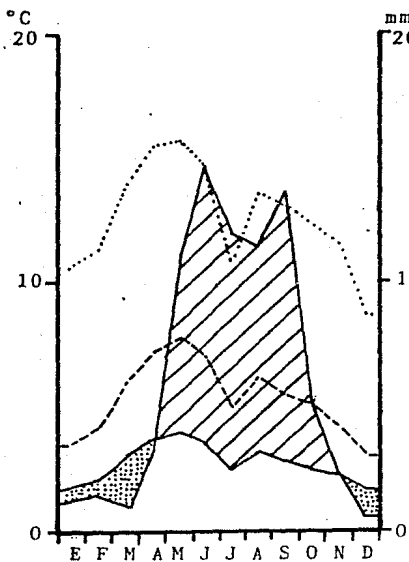
En cuanto a la evaporación potencial ésta excede la cantidad de precipitación, excepto en el periodo de lluvias (ver fig.5).

Esto puede indicar un desajuste en el balance hídrico. Los valores más altos de evaporación corresponden a la época más cálida y seca.

De los elementos climáticos la precipitación es el de mayor importancia para la erosión del suelo. La erosividad de la lluvia depende de la intensidad, cantidad y duración de la precipitación. Por ello es necesario contar con datos del pluviógrafo para observar el comportamiento de las variantes antes mencionadas.

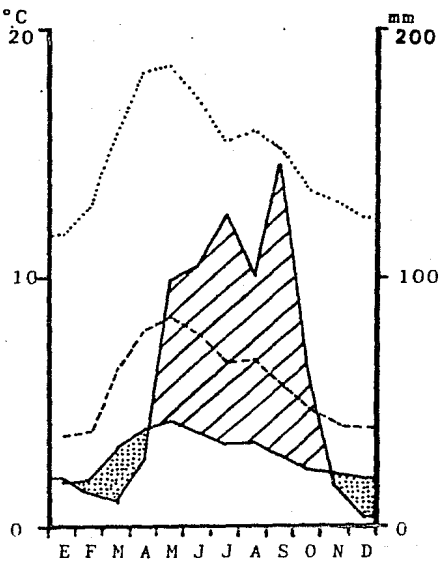
Para este trabajo, no se tienen dichos datos, por lo que se utilizaron los datos de precipitación diaria durante el último año (mayo de 1987-1988), de tal forma que se intentará analizar el comportamiento de la lluvia.

EL SEMBO





Clima: C(w')b(i')g

HUASCA



Clima: C(w'')b(i')g

 Período árido. ( $P < 1/2 E$ )

 Período húmedo. ( $P > 1/2 E$ )

..... Temperatura media (°C)

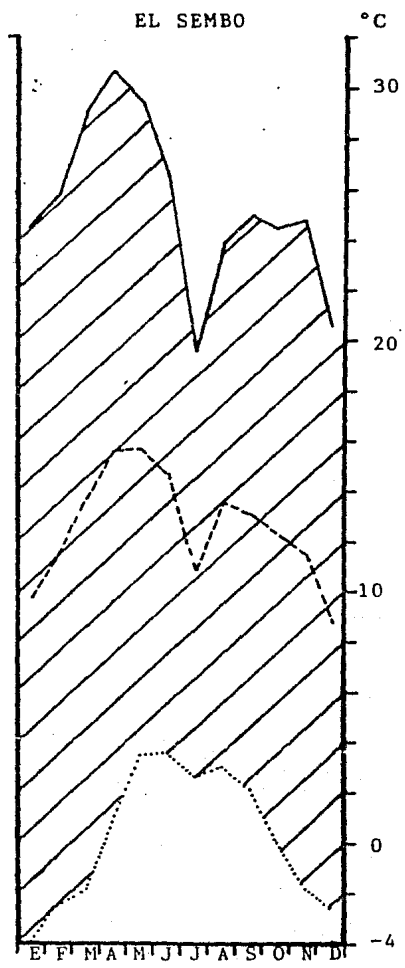
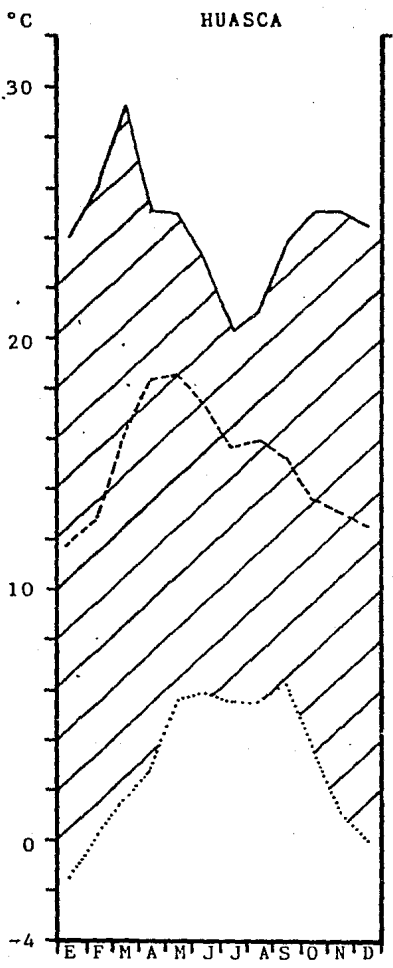
— Precipitación (mm)

--- Evapotranspiración

potencial (mm) = E

— 1/2 de E.

FIGURA N° 5.



— Temperatura máxima.  
 - - - Temperatura media.  
 ..... Temperatura mínima.


 Oscilación térmica.

FIGURA N° 6.



De los 365 días del año, tuvieron precipitación 91 (24% del total); de éstos, 19 días del año presentaron lluvias de más de 10mm pero menores de 50mm, la mayor parte durante el verano; generalmente no se manifestaron continuos los días lluviosos, lo que indica que eran lluvias intensas, seguidas por lloviznas o días sin lluvia.

Se distinguen tres etapas principales en la dinámica de los badlands a lo largo del régimen pluvial.

**PRIMERA.** Estación seca. Se caracteriza porque el suelo está sujeto a agrietamiento, sobre todo la parte superficial del perfil, que tiene una estructura columnar muy clara, y en algunos puntos se observan pequeños polígonos de desecación, debido a la contracción de los materiales constituyentes (alto contenido de arcillas montmorillonitas). El desarrollo de grietas en la pared de las cárcavas se debe a que el suelo adyacente al barranco se seca más rápidamente que en las áreas circundantes. Por lo que los materiales se desprenden en ángulos rectos o presentan fracturamiento ortogonal, y se producen desplomes en las paredes de las cárcavas. En algunas otras tiene lugar deslizamiento del material suelto (arcillas floculadas) en forma de pequeños corredores de avalancha, con conos de talud al pie de las laderas de forma recta y recta-concava y de algunos centímetros o decímetros de altura. Otras paredes presentan únicamente depósitos deluviales, pero el deslizamiento es generalizado en toda la ladera sin que se observen los corredores de avalancha. Obviamente la

influencia del viento es un factor a considerar en la dinámica de las cárcavas.

**SEGUNDA.** Inicio de temporada de lluvias.

Las primeras lluvias movilizan los floculos relativamente sueltos de dichas laderas en grandes cantidades, por lo que el salpicamiento tiene gran importancia en el modelado de la convexidad de las divisorias; la influencia de los hills es poca en esta etapa.

Con lluvias de mayor intensidad la red de grietas y fracturas (circundantes a la cárcava), favorecen la infiltración en el perfil del suelo, acelerando la saturación. En esta capa saturada se dispersa el material, las partículas defloculadas se mueven en el agua del suelo, y por el gradiente hidráulico se produce el flujo lateral, que brota en las paredes de las cárcavas al encontrarse una capa relativamente menos permeable ya sea a nivel de perfil del suelo (capa arcillosa) o en el contacto con otro material más resistente (lahar o basalto), por lo que se produce sufoión generalizada, aunque en ocasiones se concentra en un punto de la cabecera o pared de la cárcava.

Por otra parte, en las divisorias de los badlands el material se va saturando poco a poco hasta volverse más plástico. No se sabe el momento en que esto sucede, ni con qué cantidad de humedad, porque para ello se requieren análisis y observaciones más específicas y continuas.

Después, los canales que funcionan como corredores de avalancha (en la etapa anterior) se llenan de agua, desplazando el material que en ellos se había acumulado en forma de lóbulos o coladas de lodo.

### TERCERA. Estación de lluvias.

Al estar saturado el perfil del suelo, no hay agrietamiento en la superficie del mismo, debido a que los materiales se encuentran ya expandidos, además que el sellado superficial tiene importancia, por lo que se ve una predominancia del escurrimiento superficial en los suelos circundantes a las zonas de badlands, que entonces aportan agua a las cárcavas.

Tienen mayor actividad los rills de las laderas y divisorias de las cárcavas y el fondo del barranco. Como el material de las laderas de las cárcavas está húmedo, es más coherente y lo afecta menos el splash con respecto a la etapa precedente.

La dinámica se vuelve aún más compleja, ya que se asocian los procesos de escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y remoción de masa en las laderas, los cuales se manifiestan al mismo tiempo y es difícil diferenciarlos.

En esta etapa la cárcava profundiza y si aflora el material más resistente, se presenta socavación lateral, por lo que promueve el ensanchamiento por medio de desplomes de porciones de la pared.

La cantidad de agua es importante ya que al flujo superficial se suma al hipodérmico, produciendo erosión fluvial más notoria al existir un poder erosivo mayor.

Otro de los factores importantes que influyen en la distribución y comportamiento de la erosión en cárcavas es el grado de pendiente de las laderas originales, la cual se relaciona con la hidrología de laderas cuyo comportamiento también está muy ligado a la forma de las laderas.

## - PENDIENTE.

El control topográfico determina la convergencia tanto del flujo superficial como del flujo subsuperficial hacia las depresiones topográficas y laderas cóncavas, por lo que puede dar lugar a la iniciación de cárcavas, que se concentran en estas zonas.

En general el grado de pendiente donde se presenta el mayor porcentaje de erosión es de  $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$  (ver figura 7); esto está en estrecha relación con la ubicación del material rojizo en ese rango, además de que son terrenos suaves con suelos óptimos para actividades agrícolas y por lo mismo perturbados en su balance hídrico natural.

### UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- 1.2 Mesetas lávicas.
- 2.1 Piedemonte volcánico del Pleistoceno Tardío
- 2.2 Piedemonte volcánico del Pleistoceno Temprano.
- 2.3 Laderas en lavas básicas del Cuaternario.
- 2.4 Laderas en lavas y tobas ácidas del Terciario Sup
- 4.1 Planicies acumulativas del Reciente.

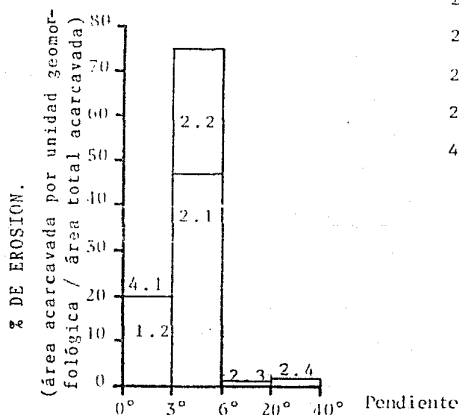


FIGURA No. 7

A mayores pendientes no se encuentran sistemas de cárcavas, ya que tienen distintas condiciones tanto de suelo como de su uso. Las laderas que tienen pendientes mayores de los 6 grados generalmente presentan bosques; por lo que se infiere que este tipo de formas erosivas tienen íntima relación con las actividades agrícolas y ganaderas, sumado al tipo de material que es muy erodable, siendo la pendiente original del terreno un factor de menor importancia relativa.

#### - Morfología y procesos.

En algunos de los apartados anteriores se ha mencionado la relación de los factores edáfico y climático con los procesos, pero también es necesario analizar la conexión que existe entre la morfología y los procesos, porque no se puede desligar uno del otro.

El sistema de cárcavas (badlands) muestra dirección suroeste-noreste y sur-norte, ya que es la dirección general del drenaje de la zona. Presenta un patrón dendrítico, aunque en algunas áreas la cárcavas son paralelas, integrándose al drenaje general.

Se trata de badlands con divisorias convexas, de forma relativamente homogénea o suave, parecido a los llamados "lomos de elefante".

En algunas lugares las cárcavas son muy profundas (8-15m), disecadas en el material rojo, hasta alcanzar el material menos permeable (más resistente), por lo que se presentan más anchas y únicamente llegan a profundizar en el lahar cuando siguen zonas de grietas o fracturas.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

En algunas áreas que presentan depresiones u hondonadas, las cárcavas se han rellenado de material retrabajado, y ahora se han vuelto a disecar.

La profundidad de las cárcavas está relacionada con el espesor del material rojizo (secuencia de tobas o suelo derivado). Donde esta capa se presenta delgada la cárcavas son poco profundas, manifestándose con otra morfología: donde el gradiente de la pendiente es mayor no hay cárcavas, ya que el material rojizo ha sido lavado y aflora el material subyacente más resistente (talar o basalto). En este último caso ocurre una erosión de manifestación más areal que lineal.

#### - Forma de la cabecera de los badlands.

En general la forma de la cabecera de las cárcavas vista en planta es semicircular ("U") o en forma de anfiteatro (circo); presenta asentamientos, microhundimientos o escalones pendiente arriba, y algunas presentan un canal antes del pequeño escarpe del asentamiento.

En las cabeceras tipo "U", se combinan los procesos de erosión fluvial, erosión subsuperficial y remoción en masa.

El flujo subsuperficial actúa en el salto de cabecera de la cárcava, porque la erosión ha cortado el flujo hipodérmico y el agua brota en esta porción.

Las paredes laterales de las cárcavas pueden ser socavadas por el flujo subsuperficial, por lo que se producen derrumbes o deslizamientos tangenciales. La sufosión es generalizada ya que no se observaron concretamente túneles.

Las cabeceras presentan un escarpe, frecuentemente muy activo, y la cárcava crece longitudinalmente por erosión

remontando o regresiva, o bien por sufosión.

Cuando se presenta un canal, la parte frontal del surco erosivo forma una arista aguda en forma de "V", en la cual actúa intensamente el escurrimiento superficial concentrado: el escarpe lateral arriba funciona como salto de cabecera, lo cual produce cavitación y consecuentemente el debilitamiento de la parte inferior del pequeño escarpe y se produce el desplome.

Generalmente se observan grietas de tensión en el contorno de la cabecera y en los límites de las laderas.

#### - Perfil longitudinal.

Se distinguen dos tipos de barrancos: (1) barrancos que tienen un perfil longitudinal escalonado y (2) barrancos que presentan un perfil longitudinal sin escalones (sin rupturas de pendiente), es decir, un gradiente del lecho más o menos uniforme.

(1) Perfil longitudinal escalonado. Este se forma en material original que es una secuencia de tobos y material retrabajado que sobrayacen a basalto o lahar. Por lo general, los escalones muestran una dependencia con respecto a las condiciones litológicas: al aflorar el material más resistente y coherente (lahar o basalto), por tanto menos permeable, se manifiesta una erosión diferencial. Esto es decisivo para la formación de escalones del perfil longitudinal. Después de cada escalón se nota una variación considerable de la pendiente del perfil que en promedio es de 8 grados, a diferencia de la pendiente original de la zonas circundantes a los badlands que es de  $1^{\circ}$ - $6^{\circ}$ .

(2) Perfil longitudinal sin escalones. Se trata de un perfil con una pendiente más uniforme, debido a que el material que aflora es una secuencia de lavas, con un espesor de 8-10m. Se presentan pocos cambios en la forma del fondo de la cárcava, ya que el corte únicamente afecta a esta capa. La pendiente media del perfil es de  $6^{\circ}$ - $7^{\circ}$ , a diferencia de la pendiente de la superficie de la ladera original que es de  $1^{\circ}$ - $3^{\circ}$ .

#### - Perfil transversal.

Se observa una forma en "U" de la sección transversal de las cárcavas.

La forma en "U" se explica con la presencia de una capa resistente (lahar o basalto) bajo una no resistente pero de material relativamente estable.

La forma de la sección transversal de una cárcava depende del balance que hay entre la litología y los procesos de incisión y denudación. La incisión es rápida en materiales que presentan poca resistencia y entonces la pendiente es fuerte.

En algunas secciones de algunos badlands no se nota ciertamente una forma en "U", sino que las laderas son convexas o recta-convexa con fondo casi plano, esto se debe a que por incisión se ha alcanzado el material más resistente y comienza a ensancharse por erosión lateral en la base de las paredes.

Otros badlands presentan un perfil transversal asimétrico, donde una de sus laderas tiene una forma convexa y la otra es un tanto irregular, ya que se nota mayor predominancia de rills por lo que es rugosa.

Los badlands frecuentemente crecen por donde el agua fluye



en tómbolos. ésta se mueve de la ladera inicialmente inafectada hacia una cárcava.

La relación entre las laderas pendiente arriba de las cárcavas y las cárcavas mismas es muy compleja.

#### - USO DEL SUELO.

La erosión se ubica o se dispone en las zonas que tienen uso agrícola, principalmente, de temporal y localmente pastos.

La zona de los piedemontes tiene antecedentes de utilizar los pastos y las parcelas abandonadas para el uso ganadero, el cual contribuye a la compactación del suelo por el "pie de vaca" y destruye la estructura del suelo.

Muchas cárcavas se desarrollan a partir de linderos de campos y veredas (terrenos más compactados), que favorecen el flujo superficial, por lo que se inicia la formación de rills.

También en los cortes para la construcción de carreteras se produce el brote del flujo subsuperficial, ya que se genera inestabilidad en la hidrología de la ladera, por lo que da inicio a la formación de cárcavas por surosión.

Generalmente se observan cárcavas rectilíneas paralelas a la dirección de la carretera, incorporándose al sistema dendrítico de cárcavas mayores de la zona o a veces también originándolos. También es frecuente encontrar barrancos entre los límites de las parcelas.

La red de cárcavas de primer orden, propiciadas por las actividades humanas (como la construcción de surcos y zanjas de drenaje) es importante, por lo que la erosión acelerada es aún

más marcada.

El cultivo del maguey era importante como una técnica de conservación del suelo, o bien para delimitar las parcelas pero actualmente está en decadencia, y en ocasiones acentúa la erosión principalmente en el contorno de las cabezeras de las cárcavas donde se han sembrado.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES GENERALES.

- 1) La mayor superficie de erosión en cárcavas ocurre en los piedemontes.
- 2) La ubicación de las zonas más erosionadas se presenta en los suelos relativamente recientes derivados de la alteración de materiales volcánicos, luvisoles, con abundantes arcillas.
- 3) El rango de pendiente donde se presenta los valores más altos de erosión en cárcavas es de  $0^{\circ}$ - $6^{\circ}$ , lo que indica que la pendiente no es un factor determinante.
- 4) Las zonas más erosionadas coinciden con el uso de suelo agrícola de temporal y localmente pastos.
- 5) Las zonas que presentan menor superficie erosionada son las laderas de montañas cubiertas por bosque, a pesar de tener pendientes fuertes.
- 6) El desarrollo y la ubicación de los badlands está frecuentemente asociado a los materiales inconsolidados de color rojo.
- 7) Algunas cárcavas fueron iniciadas como resultado de surcos o zanjias de drenaje, límites de parcelas, veredas y parcelas abandonadas, ya que el suelo se encuentra más compactado, y favorece el escurrimiento superficial.
- 8) La aceleración de los procesos en los badlands es importante por las prácticas agrícolas y ganaderas, aunque es más notoria por la marcada variación climática con una estación seca bien definida.
- 9) Los badlands frecuentemente se forman donde el agua fluye en

túneles, moviéndose de la ladera inicialmente inafectada hacia una cárcava recientemente formada.

10) Las cárcavas se desarrollan donde el flujo superficial se concentra, debido a la cultivación o al corte de las laderas para la construcción de caminos o carreteras.

11) Cuando el material subyacente (lahar o basalto) no permeable alcanza la superficie o cuando la erosión incide ésta capa ocurre la sufosión y la brotación de agua. Estos procesos frecuentemente disparan los movimientos de masa y/o la iniciación de cárcavas.

12) Los rills son claramente dependientes del suplemento de áreas de escurrimiento superficial y se comportan, más como los canales de ríos (tipo Horton) que las mismas cárcavas.

13) Las zonas más susceptibles a la erosión son aquellas desprovistas de alguna cubierta vegetal, en la que el sellado superficial y la compactación del suelo son importantes, asociado ello a las actividades humanas.

14) Las unidades con mayor riesgo a la erosión son los piedemontes, por ser susceptibles ya que tienen las condiciones de suelo, uso de suelo y pendiente, donde se presenta el 46.5% de la superficie total erosionada.

## BIBLIOGRAFIA.

- Adame Martínez, Salvador. (1987). Metodología para predecir riesgo potencial y velocidad actual de erosión. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M.
- Araya, Francisco. (1966). El sistema de la erosión lineal en el clima templado cálido transicional de Chile. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana. Tomo III. Soc. Mex. de Geog. y Estadística. pp. 226-243.
- Belousov, V. (1979). Geología Estructural. Mir, Moscú. 302pp.
- Bergsma, E. (1974). Photo-interpretation for soil erosion and conservation surveys. ITC, The Netherlands. 47 pp.
- Bocco Vardinelli, Gerardo. (1986). Some Comments on Volcanic Geomorphology as related to anthropic erosion processes. ITC, pp.95.
- (1986). Aspects of the anthropic erosion in Tlalpujahua river basin. Central México. An Applied geomorphological approach. ITC, The Netherlands. pp.
- (1988). El inventario de erosión antrópica: Adecuamiento en la cuenca del río Tlalpujahua. Sin publicar. pp. 1-5.
- Boul V. S., Hole F. D. y R. J. Mc. Cracken. (1981). Génesis y clasificación de suelos. México. 417pp.
- Cantú Treviño, Sara. (1953). La Vega de Metztlán en el Estado de Hidalgo, México. Tesis (Maestría). Facultad de Filosofía y Letras. U.N.A.M.
- Cook, R. U. (1974). Geomorphology in Environmental Management. Clarendon Press, Oxford, Great Britain. 413pp.
- Espinoza Rodríguez, José M. (1984). Metodología para cartografiar la erosión potencial. México, D.F. 124 pp. Tesis de Licenciatura en Geografía. Fac. de Filosofía y Letras.
- Fairbridge, R. (1968). The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Vol. 3 1295 pp.
- Finlayson, Brian y Stathan. (1980). Hillslope Analysis. Butterworths, London. 230pp.
- Fitz Patrick. (1978). Introducción a las ciencias del suelo. Publicaciones Cultural, México. 197pp.
- García, Enriqueta. (1981). Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen. México. 252pp.
- Gerits J., A. C. Ineson, J. M. Verstraten, Amsterdam, R. B. Bryan y Scarborough. "Rill Development and Badland Regolith Properties". Braunschweig. Catena Supplement No.8 141-160pp.
- Geyne A. R., Carl Fries, Jr. Kenneth Segerstrom. (1963). Consejo de Recursos Naturales no Renovables, México. 222pp.
- Roudie Andrew and Malcolm Anderson. (1981). Geomorphological Techniques. British Geomorphological Research Group. London. 395pp.
- Hadley R. F. et al. (1985). Recent developments in erosion and sediment yield studies. Technical Documents in Hydrology. UNESCO, Paris. 127pp.
- Heede, Burochard. (1976). Gully Development and control: The status of our knowledge. USDA. Forest Service. Research Paper RM-169. 42 pp.

- Hernández Dorzo, Gilberto. (1985). "La erosión hídrica. Enfoque técnico". Divulgación Geográfica No.2. Instituto de Geografía de la UNAM. 18-31pp.
- Heine, Klaus. (1971). "Observaciones morfológicas de las barrancas en la Cuenca Puebla-Huixtla". Comunicaciones No.4. pp. 7-22.
- Imeson, A. C. and J. P. Ewead. "Gully types and prediction". K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift XIV. No.5. 420-441pp.
- Jaroslav, Hylský. (1970). "Erosión en Cárcavas". Serie Oriente No.8 y No.9. Academia de Ciencias de Cuba.
- Jones Anthony. (1971). "Soil Piping and Stream Channel Initiation". Water Resources Research. Vol.7 No.1 602-610pp.
- Kirkby, M. and R. Morgan. (1984). Erosión de suelos. Limusa. México. 375pp.
- Krol, G. J. (1985). Basic Hydrology: Soil-and ground-water. ITC. The Netherlands. 31pp.
- Lauer, Wilhelm. (1975). "Tipos del clima en la vertiente oriental de la meseta mexicana. Comentario para la carta climática, 1:500,000". Fundación Alemana para la investigación Científica. Comunicaciones Proyecto Puebla-Huixtla No. 15. México. pp. 235-248.
- Morgan, R.P.C. (1979). Soil Erosion. Topics in Applied Geography. Longman. USA. 113pp.
- Ollier, C. D. (1969). Volcanoes. Australian University Press. Canberra.
- Ortiz Pérez, Mario Arturo. (1987). "Los cambios de nivel de base como mecanismos morfogenéticos de la asimetría de valles". Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM. No. 17. 9-44pp.
- Palacio Prieto, José Luis. (1985). Geomorfología Regional del oriente de Michoacán y occidente del Estado de Morelos. Tesis de Doctor en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.
- (1985). "EL Croquis Geomorfológico una alternativa en Geomorfología Aplicada". Divulgación Geográfica No.3. Instituto de Geografía de la UNAM.
- Patton, Peter C. ( ). "Gully Erosion, Northwestern Colorado: A Threshold Phenomenon". Geology Vol.3 No.2. 88-90pp.
- Primavesi, Ana. (1984). Manejo Ecológico del Suelo. El Ateneo. Buenos Aires. Argentina. 494pp.
- Programa de Ordenamiento y Restauración Ecológica en el Municipio de Hueasca de Ocampo. Estado de Hidalgo. (1985).
- Segerstrom, Bennett. (1962). Geology of South-Central Hidalgo
- Selby, M.J. (1982). Hillslope Materials & Processes. Oxford University Press. 110pp.
- Stewart, Sharpe. (1941). "Geomorphic aspects of normal and accelerated erosion". Trans. Am. Geoph. Un. II No.22. 236-240pp.
- Torres, Ruiz E. (1981). Manual de conservación de suelos agrícolas. México. pp. 5-164.
- Toy, Terrence J. (1982). "Accelerated erosion: Processes, problems and prognosis". Geology, Vol. 10. 524-529pp.
- Tricart y Kilian. (1982). La Eco-Geografía y la ordenación del medio natural. Anagrama. Barcelona. 288 pp.
- Trudgill, Stephen. (1983). Weathering and Erosion. Butterworth. Cambridge University. 189pp.

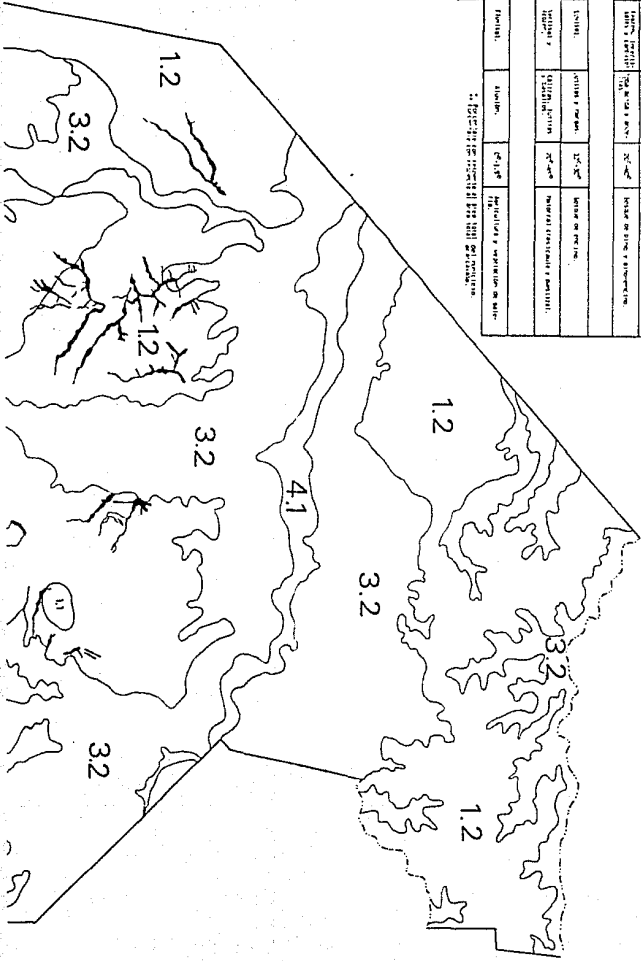
- Vazqu es Salem, Lorenzo. (1985). Estudio Geomorfológico del Noroeste de la Cuenca Puebla-Tlaxcala, México, D.F. 182pp. Tesis de Licenciatura en Geografía. Fac. de Filosofía y Letras, UNAM.
- Williams A. R. and R. F. C. Morgan. (1976) "Geomorphological mapping applied to soil erosion evaluation". Journal of soil and water conservation. Vol.31. No.4.164-168pp.
- Zachar, D. (1982). Soil Erosion. Developments in Soil Science 10. Amsterdam, The Netherlands. 547pp.

## CARTOGRAFIA

- Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional De Estadística. Geografía e Informática. 1983. Carta geológica 1:250,000. Hoja Pachuca, clave F-1411. México.
- (1983). Carta Edafológica. 1:250,000. Hoja Pachuca. clave F-1411. México.
- (1983). Carta Uso del Suelo. 1:120,000. Hoja Pachuca. cive F-1411. México.
- (1983). Carta Topográfica. 1:50,000. Hoja Tulancingo. Clave . México.
- (1983). Carta Topográfica. Hoja Carbonera Jacales. 1:50,000. Clave . México.
- Proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. (1978). Carta. Tipos Climáticos Microt rmicos en la Vertiente Oriental de la Meseta Mexicana Central. 1:500,000.

INVENTARIO DE EROSION EN CAI  
DEL MUNICIPIO DE HUASCA DE  
ESTADO DE HIDALGO.

CATEGORIA VEGETAL	L			E			Y			N			O			A		
	mas	1°	2°	mas	1°	2°	mas	1°	2°	mas	1°	2°	mas	1°	2°	mas	1°	2°
1) Zona de cultivo en																		
1.1 Zona de cultivo en	236	123	8.8	9.5	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
1.2 Zona de cultivo en	90	90	110	100	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
2) Zona de cultivo en																		
2.1 Zona de cultivo en	240	240	120	110	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
2.2 Zona de cultivo en	270	270	110	100	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
2.3 Zona de cultivo en	200	200	8.8	11.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
3) Zona de cultivo en	200	200	110	110	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
4) Zona de cultivo en																		
4.1 Zona de cultivo en	200	120	2.8	2.8	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
4.2 Zona de cultivo en	110	110	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5) Zona de cultivo en																		
5.1 Zona de cultivo en	100	100	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
5.2 Zona de cultivo en	100	100	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6) Zona de cultivo en																		
6.1 Zona de cultivo en	100	100	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6.2 Zona de cultivo en	100	100	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
TOTAL VEGETAL	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

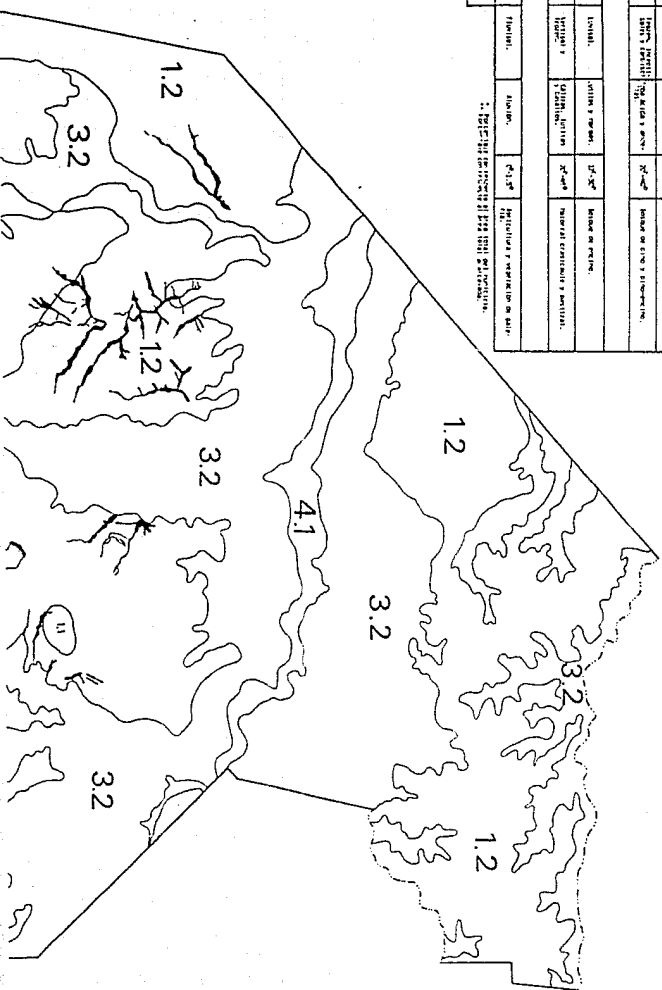


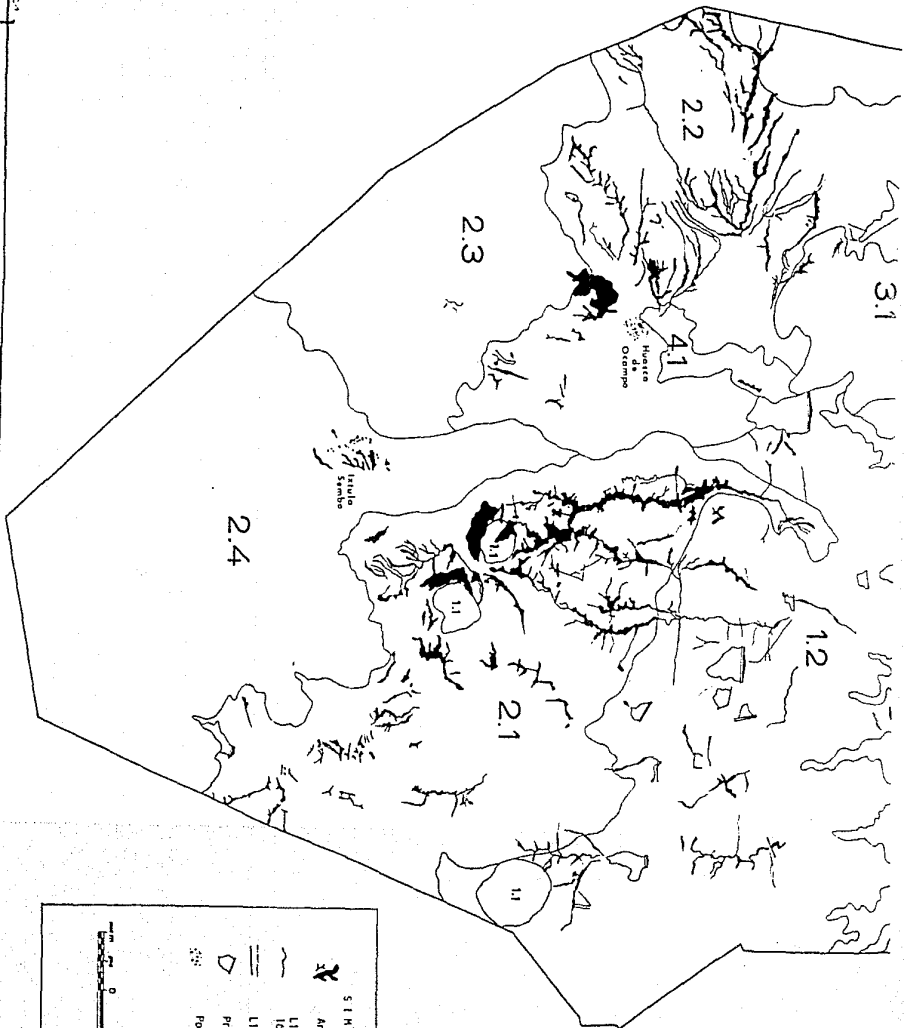


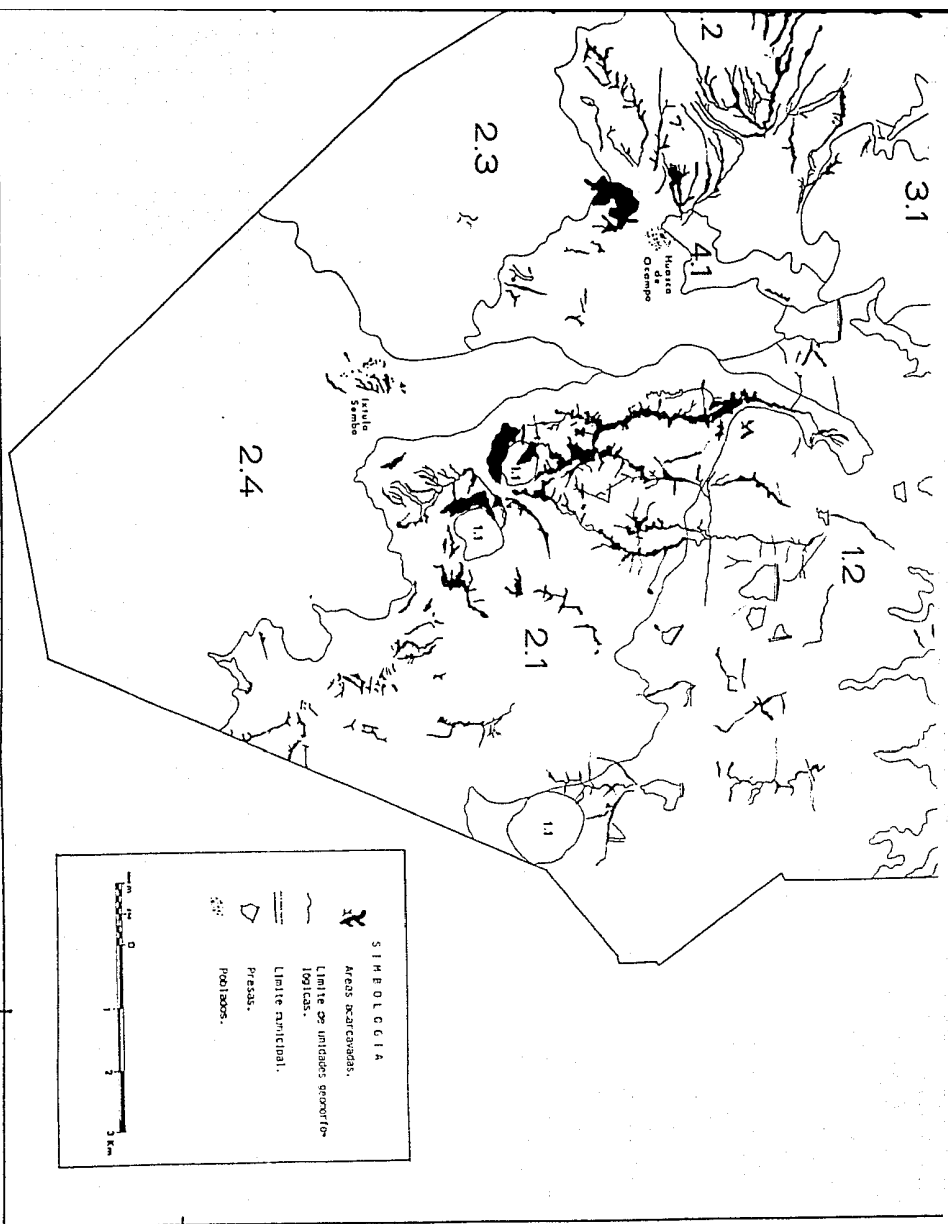
# INVENTARIO DE EROSION EN CARCAVAS DEL MUNICIPIO DE HUASCA DE OCAJUPA, ESTADO DE HIDALGO.

T. N. D. A.		MUNICIPIO		ESTADO	
1	Nombre	12	12	12	12
2	Localidad	12	12	12	12
3	Caracterización	12	12	12	12
4	Superficie	12	12	12	12
5	Observaciones	12	12	12	12
6	Fecha	12	12	12	12
7	Elaborado por	12	12	12	12
8	Revisado por	12	12	12	12
9	Aprobado por	12	12	12	12
10	Fecha de aprobación	12	12	12	12






1. Erosión de tipo 1.2 y 3.2.







**SIMBOLOGIA**

-  Areas de riberas.
-  Límite de unidades geográficas lógicas.
-  Límite municipal.
-  Presas.
-  Poblados.



96°27'

20°07'